

Landtechnik Bauwesen

Bedeutung der Landtechnik
Energie
Schlepper- und Transporttechnik
Arbeitslehre
Bauwesen
Verfahrenstechniken der
pflanzlichen und tierischen
Produktion

Die
Landwirtschaft
Band 3

Die Landwirtschaft 3

Landtechnik/Bauwesen

Die Landwirtschaft

Lehrbuch für Landwirtschaftsschulen

1 Pflanzliche Erzeugung	Band 1 A	Grundlagen
	Band 1 B	Acker- und Pflanzenbau Dauergrünland
2 Tierische Erzeugung	Band 2 A	Grundlagen
	Band 2 B	Rinder, Schweine und weitere Nutztiere
3 Landtechnik/ Bauwesen	Verfahrenstechniken – Arbeit – Gebäude	
4 Betriebswirtschaft	Band 4 A	Agrarpolitik – Marktwirtschaft – Landwirtschaftliches Recht
	Band 4 B	Betrieb – Steuer – Soziales
5 Berufs- und Arbeitspädagogik	(Ergänzungsband)	
6 Waldwirtschaft	(Ergänzungsband)	

Landtechnik Bauwesen

Verfahrenstechniken – Arbeit – Gebäude

Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner
und

AOR Dr. agr. Hermann Auernhammer

Privatdozent Dr. agr. Josef Boxberger

Prof. Dr. agr. Manfred Estler

Prof. Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer

Prof. Dr. agr. Hans Schön

LOR Dr. agr. Arno Strehler

Institut und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen
Universität München-Weihenstephan

Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität
Bonn

Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirt-
schaft Braunschweig-Völkenrode

Achte, völlig neubearbeitete Auflage



BLV Verlagsgesellschaft München
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup



CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Die Landwirtschaft: Lehrbuch für Landwirtschaftsch. /

[Hrsg. vom Verb. d. Landwirtschaftsberater in Bayern e. V.] –

München: BLV Verlagsgesellschaft;

Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag

Teilw. unter d. Schriftl. von Johann Dörfler u. Heinrich Hüffmeier. –

Teilw. nur in d. BLV Verl.-Ges., München. –

Teilw. nur im Landwirtschaftsverl., Münster-Hiltrup

NE: Dörfler, Johann [Hrsg.]; Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern

Bd. 3. Landtechnik, Bauwesen. – 8., völlig neubearb. Aufl. – 1986

Landtechnik, Bauwesen: Verfahrenstechniken – Arbeit – Gebäude /

[Hrsg. vom Verb. d. Landwirtschaftsberater in Bayern e. V.].

Heinz-Lothar Wenner... –

8., völlig neubearb. Aufl. – München:

BLV Verlagsgesellschaft;

Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag, 1986.

(Die Landwirtschaft; Bd. 3)

ISBN 3-405-12964-8

NE: Wenner, Heinz-Lothar [Mitverf.]

Bildnachweis:

Alle Darstellungen sind, soweit nicht anders gekennzeichnet, Originaldarstellungen der Autoren.

Zeichnungen: Franz Pöhlmann, Kurt Trzewik

Fotos: Dr. W. Alsing, Dr. H. Auernhammer

© BLV Verlagsgesellschaft mbH, München, 1986

6 7 8 9 0 1 2 3 4 5

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf deshalb der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.

Gesamtherstellung: Ludwig Auer GmbH, Donauwörth

Printed in Germany · ISBN 3-405-12964-8

Vorwort

Das Lehrbuch »Die Landwirtschaft« umfaßt die sechs aufeinander abgestimmten Bände »Pflanzliche Erzeugung«, »Tierische Erzeugung«, »Landtechnik/Bauwesen«, »Betriebswirtschaft«, »Berufs- und Arbeitspädagogik« und »Waldwirtschaft«.

Die Lehrbücher sollen den Studierenden in den landwirtschaftlichen Fachschulen helfen, gute fachliche Grundkenntnisse zu erwerben, damit die zukünftigen Betriebsleiter die harten Wettbewerbsbedingungen auch fachlich bewältigen können.

Der Fortschritt und der ständige Wandel in der Landwirtschaft erfordern ein Überarbeiten der Lehrbücher in kurzen Zeitabständen. Die vorliegende 8. Auflage von Band 3 »Landtechnik/Bauwesen« berücksichtigt die neuesten Erkenntnisse der Forschung und Erfahrungen aus der landwirtschaftlichen Praxis. Gleichzeitig ist der Lehrbuchinhalt auf die Erfordernisse der Lehrpläne und einer erfolgreichen Unterrichtspraxis an den landwirtschaftlichen Fachschulen abgestimmt.

Der neue Band »Landtechnik/Bauwesen« wurde im Umfang wesentlich reduziert. Dabei wurde der Inhalt verdichtet, pädagogisch aufbereitet und überschaubarer gegliedert. Der Anteil an Abbildungen und Tabellen erhöhte sich wesentlich. Insgesamt hat sich der Schwerpunkt des Buches vom Nachschlagewerk mehr zum Lehrbuch hin entwickelt.

Die Verfahrenstechnik steht bei der Abfassung der einzelnen Kapitel und Abschnitte im Mittelpunkt der Betrachtung. Im Lehrbuchaufbau sind deshalb vier landtechnische Bereiche zu erkennen:

- Eine Gesamtübersicht der wichtigsten landtechnischen Verfahren,
- die Beschreibung der technischen Funktionen einer Maschine bzw. einer baulichen Einrichtung, soweit dies für das Verständnis der nachfolgenden Bereiche notwendig ist,
- das Aufzeigen landtechnischer bzw. baulicher Verfahren und deren betriebliche Zuordnung,
- die vergleichende Zusammenstellung von Leistung, Arbeitszeitbedarf, Kapitalbedarf und Kosten der einzelnen landtechnischen bzw. baulichen Verfahren.

Das Lehrbuch behandelt im ersten (kleineren) Teil landtechnische Grundlagen einschließlich Arbeitslehre sowie Funktion und Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude. Im zweiten (größeren) Teil werden Verfahrenstechniken der pflanzlichen Produktion, der tierischen Produktion, der Futterernte und der Futtermittelkonservierung bearbeitet.

Die Beachtung ökologischer und umwelthygienischer Belange wird durchgehend in allen Bereichen des Lehrbuches gefordert und aufgezeigt.

Im gesamten deutschen Sprachraum hat das Lehrbuch großen Anklang gefunden. Die Autoren, die Schriftleitung, der Herausgeber und die Verlage hoffen, daß sich die neu erschienene 8. Auflage im Unterricht und in der landwirtschaftlichen Praxis wieder gut bewährt und eine große Verbreitung erlangt.

Schriftleitung:

Werner Götz Dr. Heinrich Hüffmeier

Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes

- Band 1 Teil A Pflanzliche Erzeugung – Grundlagen**
Chemische Grundlagen – Bodenkunde – Pflanzenernährung und Düngung – Pflanzenzüchtung und Saatgutwesen – Agrarmeteorologie – Grundlagen des Pflanzenschutzes – Fruchtfolge – Alternativen im Landbau
- Band 1 Teil B Pflanzliche Erzeugung – Acker- und Pflanzenbau/Dauergrünland**
Getreidebau – Hackfruchtbau – Öl- und Hülsenfruchtanbau – Feldfutterbau – Grassamenbau
Grundlagen der Grünlandnutzung – Produktionstechnik – Produktionstechnische Daten – Anhang
- Band 2 Teil A Tierische Erzeugung – Grundlagen**
Bedeutung der Veredelungswirtschaft für den landwirtschaftlichen Betrieb – Grundlagen der Futtermittelkonservierung – Grundlagen der Fütterung – Grundlagen der Tierzucht – Tiergesundheit
- Band 2 Teil B Tierische Erzeugung – Rinder, Schweine und weitere Nutztiere**
Rinderhaltung und -fütterung, Rinderzucht, Schweinehaltung und -fütterung, Schweinezucht – Pferde – Schafe – Legehennen – Mastgeflügel – Karpfen und Forellen – Damwild
- Band 3 Landtechnik/Bauwesen**
Einordnung und Bedeutung der Landtechnik – Energie für die Landwirtschaft – Schlepper- und Transporttechnik – Grundlagen der Arbeitslehre – Funktion und Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude – Verfahrenstechniken der pflanzlichen Produktion – Verfahrenstechniken der Futterernte und Futtermittelkonservierung – Verfahrenstechniken der tierischen Produktion
- Band 4 Teil A Betriebswirtschaft – Agrarpolitik, Marktwirtschaft/ Landwirtschaftliches Recht**
Volkswirtschaft – Agrargeschichte – Agrarpolitik – Marktwirtschaft – Verwaltung und Verwaltungsrecht – Prozeßrecht – Privatrecht
- Band 4 Teil B Betriebswirtschaft – Betrieb, Steuer, Soziales**
Buchführung in der Landwirtschaft – Steuerkunde – Sozialversicherungswesen in der Landwirtschaft – Landwirtschaftliche Betriebslehre – Landwirtschaftliche Hauswirtschaft
- Band 5 Berufs- und Arbeitspädagogik**
Erziehung – Schulische und berufliche Bildung
- Band 6 Ergänzungsband Waldwirtschaft**
Waldpflege – Technik und Betrieb – Forstpolitik

Autoren und Hauptfachgebiete

AOR Dr. agr. Hermann Auernhammer	Arbeitslehre, Prozeßsteuerung
Privatdozent Dr. agr. Josef Boxberger	Bauwesen, Tierische Produktion
Prof. Dr. agr. Manfred Estler	Schleppereinsatz, Pflanzliche Produktion
Prof. Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer ¹⁾	Energie, Schlepper- und Transporttechnik, Pflanzenschutz
Prof. Dr. agr. Hans Schön ²⁾	Arbeitslehre, Futterernte und Futter- konservierung, Tierische Produktion
LOR Dr. agr. Arno Strehler	Energie, Getreidelagerung, Trocknungstechnik
Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner	Grundsatzfragen der Landtechnik, Elektrizitätsanwendung

¹⁾ Institut für Landtechnik der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn

²⁾ Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig – Völkenrode

Inhalt

1 Einordnung und Bedeutung der Landtechnik

- 1 Funktion und Aufgaben der Landtechnik 13
- 2 Ziele der Landtechnik 13

2 Energie für die Landwirtschaft

- 1 Energie – Grundlage der Agrarproduktion 18
 - 1.1 Energiearten 18
 - 1.2 Energieumwandlung 19
 - 1.3 Energieeinsatz in der Landwirtschaft 19
- 2 Mechanische Energie 20
- 3 Thermische Energie (Wärme) 20
 - 3.1 Wärmeerzeuger 22
 - 3.2 Preiswürdigkeit verschiedener Brennstoffe 24
- 4 Elektroenergie 25
 - 4.1 Stromarten und Elektromotor 25
 - 4.2 Einsatz der Elektroenergie im landwirtschaftlichen Betrieb 28
- 5 Solarenergie 31
- 6 Sonstige Energiequellen 31

3 Schlepper- und Transporttechnik

- 1 Der Schlepper – Zentralmaschine der Landtechnik 33
- 2 Aufbau des Schleppers 33
 - 2.1 Schleppermotor 33
 - 2.1.1 Dieselmotor 34
 - 2.1.2 Betriebsverhalten und Beurteilung des Dieselmotors 36
 - 2.2 Fahrwerk 38
 - 2.2.1 Kräfte am Rad 38
 - 2.2.2 Fahrmechanik 39
 - 2.3 Geräteankopplung 41
 - 2.3.1 Geräteanhangung 41
 - 2.3.2 Geräteanbau 42
 - 2.4 Fahrerinformationssystem 42
- 3 Schlepperwahl 43
 - 3.1 Betriebliche Gesichtspunkte 44
 - 3.1.1 Betriebsgröße und Bodennutzung 44
 - 3.1.2 Anzahl der Schlepper 44
 - 3.1.3 Bodenart, Hanglagen 44
 - 3.1.4 Schlagkraft 46
 - 3.2 Technische Ausstattung 46

- 3.2.1 Bauarten 46
- 3.2.2 Getriebeabstufung 48
- 3.2.3 Bereifung 48
- 3.2.4 Kraftheber 48
- 3.2.5 Sichtverhältnisse 49
- 3.2.6 Schlepperkosten 49
- 3.3 Übermotorisierung oder ökonomisch sinnvolle Schlepperausstattung? 50

4 Transporttechnik 50

- 4.1 Grundbegriffe 50
- 4.2 Transportfahrzeuge 53
 - 4.2.1 Ladehilfen 53
 - 4.2.2 Bereifung 54
- 4.3 Transportverfahren 54

4 Grundlagen der Arbeitslehre

- 1 Die menschliche Arbeit 55
 - 1.1 Arbeit und ihre Formen 55
 - 1.2 Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft 57
- 2 Arbeitsgestaltung 57
 - 2.1 Pausen- und Arbeitszeitgestaltung 57
 - 2.2 Arbeitsplatzgestaltung 58
 - 2.3 Minderung der Umgebungsbelastung 58
 - 2.4 Verbesserung der Arbeitssicherheit 62
- 3 Arbeitszeitermittlung und Arbeitszeitplanung 65
 - 3.1 Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes (Ist-Zeit) 65
 - 3.2 Arbeitsanalyse 68
 - 3.3 Verwenden von Planzeiten (Arbeitszeitbedarf) 70
 - 3.4 Ermitteln der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag) 72
- 4 Kosten der Arbeitserledigung und Verfahrensvergleich 74
 - 4.1 Arbeitskosten 75
 - 4.2 Maschinenkosten 75
 - 4.2.1 Feste Kosten 76
 - 4.2.2 Veränderliche Kosten 77
 - 4.3 Gebäudekosten 78
 - 4.4 Kosten der Arbeitserledigung 80
- 5 Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz 81
 - 5.1 Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes 81
 - 5.2 Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes 83
- 6 Computereinsatz zur Prozeßsteuerung und Prozeßüberwachung 85
 - 6.1 Computersysteme für den landwirtschaftlichen Betrieb 85

- 6.2 Computersysteme und Prozeßsteuerung 87
- 6.3 Prozeßsteuerungssysteme im landwirtschaftlichen Betrieb 90

5 Funktion und Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude

1	Anforderungen an Betriebsgebäude	93
2	Bauteile und Bauweisen	93
2.1	Anforderungen und Eigenschaften der Bauteile	93
2.1.1	Wärmeschutz und Wärmehaushalt	93
2.1.2	Feuchtigkeitsschutz	96
2.1.3	Wärmespeichervermögen	97
2.1.4	Brandschutz	97
2.1.5	Statische Eigenschaften	97
2.2	Bauteile	99
2.2.1	Wände	99
2.2.2	Dächer	100
2.2.3	Decken	100
2.2.4	Türen, Tore, Fenster	101
2.2.5	Fußboden	101
2.3	Bauweisen	102
3	Stall-Lüftung	105
3.1	Allgemeine Anforderungen	105
3.2	Berechnungsgrundlagen	106
3.3	Lüftungssysteme	108
3.3.1	Schwerkraftlüftung	108
3.3.2	Ventilatorenlüftung	109
3.3.3	Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen	110
3.4	Immissionsschutz (Stallabluft)	111
4	Stallheizung und Wärmerückgewinnung	112
4.1	Stallheizung	112
4.2	Wärmerückgewinnung	112
5	Beleuchtung	114
6	Stallreinigung und -desinfektion	115
6.1	Geräte und Einrichtungen	115
6.2	Ausführen des Reinigens und Desinfizierens	116
7	Hofplanung	116
7.1	Gliederung und Zuordnung der Gebäude	117
7.2	Standort	117
8	Bauvorbereitung und Bauplanung	119
8.1	Kapitalbedarfsermittlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude	120
8.2	Baurecht	121
8.3	Vorplanung und Entwurf	123
8.4	Planung und Bauberatung	123
8.5	Ausschreibung und Vergabe	124
8.6	Baustellenvorbereitung	124

6 Verfahrenstechniken der pflanzlichen Produktion

1	Bodenbearbeitung	125
1.1	Anforderungen und Verfahrensübersicht	125
1.2	Geräte für die Grundbodenbearbeitung	126
1.2.1	Pflug	127
1.2.2	Schälgrubber	135
1.3	Geräte für die Oberflächen-Nachbearbeitung	139
1.3.1	Feingrubber	140
1.3.2	Eggen	140
1.3.3	Abrollende Geräte	141
1.3.4	Verfahrenstechnische Kenndaten	143
1.4	Geräte mit Zapfwellenantrieb	144
1.4.1	Bodenfräse, Rotoregge	144
1.4.2	Kreiselegge, Kreiselgrubber	145
1.4.3	Rüttelegge, Taumelegge	148
1.4.4	Verfahrenstechnische Kenndaten	148
1.5	Gerätekombinationen	149
1.5.1	Kombinationen für Grundboden- und Stoppelbearbeitung	149
1.5.2	Kombinationen für die Saatbettbereitung	150
1.5.3	Kombinationen von Bodenbearbeitungs- und Sägeräten	152
1.5.4	Vergleich der Minimalbestellverfahren	154
1.6	Geräte der Unterbodenlockerung	156
2	Mineraldüngung	157
2.1	Mineraldüngerstreuer	157
2.1.1	Bauarten	157
2.1.2	Einsatz der Mineraldüngerstreuer	158
2.2	Düngerlagerung und -transport	158
2.2.1	Lose-Dünger-Kette	160
2.2.2	Geräte für Transport, Ein- und Auslagerung	161
2.3	Flüssige Mineraldüngung	162
2.4	Verfahrensvergleich	163
3	Pflanzenschutztechnik	164
3.1	Schlepper-Anbauspritzen	165
3.1.1	Arbeitsprinzip	165
3.1.2	Aufbau und Geräteinsatz	168
3.2	Verfahrenskennwerte	170
4	Getreidebau	171
4.1	Saatbett-Vorbereitung	171
4.2	Aussaat	171
4.2.1	Aussaatechnik	171
4.2.2	Drillmaschineneinsatz und verfahrenstechnische Kenndaten	172
4.3	Erntetechnik	175
4.3.1	Voraussetzungen für den Mähdrusch	175
4.3.2	Mähdrescherbauarten	175
4.3.3	Kornbergung	180
4.3.4	Mähdreschereinsatz und verfahrenstechnische Kenndaten	182
4.3.5	Strohverarbeitung	183
4.4	Körnerkonservierung	184
4.4.1	Notwendigkeit der Konservierung	184

4.4.2	Verfahrensübersicht	184
4.4.3	Erhöhung des Säuregrades	184
4.4.4	Kühlkonservierung	185
4.4.5	Luftdichte Lagerung	185
4.4.6	Körnertrocknung	185
4.4.7	Vergleich der verschiedenen Körnerkonservierungsverfahren	192
4.5	Lagerung von trockenen Körnerfrüchten	192
4.5.1	Vorzüge einer hofeigenen Lagerung	192
4.5.2	Systemübersicht	192
4.5.3	Technischer Aufbau, Wertung und Kosten der verschiedenen Lagerbehälter	193
4.5.4	Belüftungseinrichtungen	194
4.5.5	Lagerungstechnik	194
4.5.6	Vergleich der Lagerungssysteme	195
4.5.7	Planungsdaten	195
4.6	Getreideförderung	195
4.6.1	Anforderung an die Technik	195
4.6.2	Bauartenübersicht	196
4.6.3	Technische Beschreibung der Fördergeräte	196
4.6.4	Günstige Anwendungsbereiche und vergleichende Wertung von Fördergeräten	199
4.7	Getreidereinigung und -sortierung	201
4.7.1	Anforderung an die Technik	201
4.7.2	Reinigungsverfahren	201
4.7.3	Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichen Bauarten	201
4.7.4	Vergleich der verschiedenen Reiniger hinsichtlich Reinigungskosten	203
4.8	Beizen von Getreide	203
4.8.1	Anforderungen an die Technik	203
4.8.2	Beizverfahren	204
4.8.3	Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichen Bauarten	204
4.8.4	Verfahrensvergleich	205
4.9	Lagerungsanlagen	205
4.9.1	Anforderungen an die Technik	205
4.9.2	Planungsgrundlagen	205
4.9.3	Planungsbeispiele	206
5	Rapsanbau	208
5.1	Bodenbearbeitung, Saat und Pflege	208
5.2	Erntetechnik	208
5.3	Verfahrensvergleich	209
6	Körnermaisbau	209
6.1	Bestelltechnik	209
6.1.1	Einzelkornsaat	209
6.1.2	Geräteinsatz	211
6.1.3	Verfahrensvergleich	213
6.2	Erntetechnik	214
6.2.1	Allgemeine Anforderungen	214
6.2.2	Kolbenernte	214
6.2.3	Körnerernte	214
6.2.4	Ernte von Maiskörnern und Rohfaserträgern	215
7	Zuckerrübenbau	220
7.1	Bestelltechnik	220
7.2	Rubepflege	222
7.3	Vergleich der Saat- und Pflegeverfahren	223
7.4	Erntetechnik	224
7.4.1	Allgemeine Anforderungen	224

7.4.2	Einphasige Verfahren	225
7.4.3	Zweiphasige Verfahren	226
7.4.4	Dreiphasige Verfahren	227
7.4.5	Vergleich der Bauteile	227
7.4.6	Verfahrensvergleich	230
8	Futterrüben	231
8.1	Bestellung und Pflege	231
8.2	Erntetechnik	232
8.3	Rübenlagerung	232
8.4	Verfahrensvergleich	233
9	Kartoffelbau	233
9.1	Legetechnik	233
9.2	Kartoffelpflege	236
9.3	Erntetechnik	237
9.3.1	Kartoffelerntemaschinen	237
9.3.2	Einsatz des Sammelroders	239
9.4	Lagerung und Aufbereitung	240
9.4.1	Technisch-bauliche Lagereinrichtungen	241
9.4.2	Sortieren und Verpacken	243

7	Verfahrenstechniken der Futterernte und Futtermkonservierung
----------	---

1	Grünfütterung	245
1.1	Weidehaltung	245
1.1.1	Zäune und Geräte für die Weidehaltung	245
1.1.2	Vergleich und Zuordnung der Weideverfahren	247
1.2	Sommerstallfütterung	248
1.2.1	Verfahren der Sommerstallfütterung	248
1.2.2	Vergleich und Zuordnung der Verfahren der Sommerstallfütterung	249
1.3	Vergleich zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung	249
2	Winterfutterbergung	250
2.1	Mähverfahren	251
2.1.1	Bauarten von Mähwerken	251
2.1.2	Anbau der Mähwerke am Schlepper	253
2.1.3	Vergleich der Mähverfahren und betriebliche Zuordnung	253
2.1.4	Aufbereiten des Grüngutes	254
2.2	Verfahren der Futterwerbung	256
2.2.1	Spezialmaschinen für das Zetten und Wenden	256
2.2.2	Spezialmaschinen für das Schwaden	257
2.2.3	Universalmaschinen für die Futterwerbung	258
2.2.4	Vergleich der Werbegeräte	260
2.3	Futterbergung	260
2.3.1	Anforderungen und Verfahrensübersicht	260
2.3.2	Langgut- bzw. Schnittgutkette	262
2.3.3	Kurzgutkette	267
2.3.4	Ballenkette	276
3	Verfahrenstechnik der Futtermkonservierung	281
3.1	Gärfutterbereitung	281
3.1.1	Anforderungen	281
3.1.2	Gärfutterbehälter	283
3.2	Ernte von Anwelksilage	292

3.2.1	Absätzliches Verfahren	292
3.2.2	Fließverfahren	292
3.2.3	Vergleich und Zuordnung der Verfahren für die Anweilksilage	294
3.3	Ernte von Silomais	294
3.3.1	Absätzliches Ernteverfahren	296
3.3.2	Fließverfahren	296
3.3.3	Zuordnung und Beurteilung von Silomais-Ernteverfahren	297
4	Verfahren der Heubereitung und Grünfuttertrocknung	299
4.1	Anforderungen und Grundlagen	299
4.1.1	Trocknungsvorgang	299
4.1.2	Bestimmung der erforderlichen Wasserentzugsmenge	300
4.1.3	Verbesserung der Trocknung	300
4.2	Trocknungsverfahren	300
4.2.1	Bodentrocknung	300
4.2.2	Belüftungstrocknung	301
4.2.3	Warmlufttrocknung	304
4.2.4	Heißlufttrocknung	305
4.2.5	Vergleich der Trocknungsverfahren	306
4.3	Lagerung von Heu	306
4.4	Ernteverfahren für Heu- und Trockengut	309

8	Verfahrenstechniken der tierischen Produktion
----------	--

1	Allgemeine Anforderungen	313
2	Milchviehhaltung	313
2.1	Melken und Milchbehandlung	314
2.1.1	Milchbildung und maschineller Milchentzug	314
2.1.2	Aufbau einer Melkanlage	316
2.1.3	Teilautomatische Melkanlagen	319
2.1.4	Organisation der Melkarbeiten	319
2.1.5	Melkverfahren	322
2.1.6	Wartung und Reinigung von Melkanlagen	323
2.1.7	Vergleichung der Arbeitsverfahren für das Melken	324
2.1.8	Kühlung und Lagerung der Milch	326
2.1.9	Milchräume	328
2.2	Fütterungsverfahren	329
2.2.1	Anforderungen an die Fütterungsverfahren für das Milchvieh	329
2.2.2	Freßplatzgestaltung bei Rindern	329
2.2.3	Mechanisierung der Grundfuttervorlage	333
2.2.4	Mechanisierung der Kraftfuttervorlage	337
2.2.5	Prozeßgesteuerte Fütterung und Herdenüberwachung	339
2.3	Stallformen für Milchvieh	340
2.3.1	Anbindestall	340
2.3.2	Der Kurzstand als gebräuchlichste Form des Anbindestalles	342
2.3.3	Laufstall	347
2.3.4	Sonderstallformen	351
2.4	Vergleich der Stallformen für die Milchviehhaltung	351
2.5	Planung von Milchviehställen	353

3	Rindviehaufzucht und Rindviehmast	354
3.1	Kälberaufzucht und Kälbermast	355
3.1.1	Tränke- und Fütterungsverfahren	355
3.1.2	Haltung von Aufzuchtältern	356
3.1.3	Verfahrensvergleich für die Kälberaufzucht	357
3.2	Mastbullenhaltung	360
3.2.1	Anbindeställe	360
3.2.2	Eingestreute Laufställe	361
3.2.3	Voilspaltenbodenstall	362
3.2.4	Fütterungsverfahren für die Bullenmast	364
3.3	Vergleich und Planung von Verfahren der Rindermast	365
4	Schweinehaltung	367
4.1	Hofeigene Futteraufbereitung	367
4.1.1	Schrotmühlen	368
4.1.2	Mahl- und Mischanlagen	370
4.1.3	Aufbereitung von CCM	373
4.2	Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung	374
4.2.1	Trockenfütterung	374
4.2.2	Wasserversorgung in der Schweinehaltung	376
4.2.3	Flüssigfütterung	377
4.2.4	Vergleich der Fütterungsverfahren	378
4.3	Verfahren der Zuchtsauenhaltung	380
4.3.1	Allgemeine Anforderungen	380
4.3.2	Stall für leere und tragende Sauen	381
4.3.3	Stall für Jungsauen	382
4.3.4	Deckstall	385
4.3.5	Abferkelstall	385
4.3.6	Ferkelaufzuchtställe	390
4.3.7	Raumprogramm und Planungsbeispiele	391
4.3.8	Verfahrensvergleich	394
4.4	Verfahren der Schweinemast	395
4.4.1	Allgemeine Anforderungen	395
4.4.2	Buchtenformen	396
4.4.3	Spaltenböden für Mastschweine	398
4.4.4	Verfahrensvergleich	398
4.4.5	Planungsbeispiel	400
5	Hühnerhaltung	400
5.1	Legehennenhaltung	401
5.1.1	Bodenhaltung	401
5.1.2	Käfighaltung	402
5.1.3	Neuere Entwicklungen	405
5.1.4	Vergleich der Haltungssysteme für Legehennen	405
5.1.5	Planungsbeispiele	406
5.2	Küken- und Junghennenaufzucht	406
6	Verfahrenstechniken für Fest- und Flüssigmist	409
6.1	Festmist	410
6.2	Flüssigmist	412
6.2.1	Flüssigmistableitung aus dem Stall	413
6.2.2	Flüssigmistlagerung	416
6.2.3	Flüssigmistentnahme	417
6.2.4	Flüssigmistausbringung	420
6.3	Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und Dungausringung	423
6.4	Verfahren der Dungbehandlung	424
	Sachregister	425

Internationale Basiseinheiten

Größe	Formelzeichen	Einheit	Zeichen
Länge	l, s	Meter	m
Masse	m	Kilogramm	kg
Zeit	t	Sekunde, Minute, Stunde, Tag	s, min, h, d
Stromstärke	J	Ampere	A
Temperatur	T, δ	Kelvin (oder Grad Celsius)	K, °C
Lichtstärke	J_v	Candela	cd

Wichtige Größen und deren Einheiten

mechanische und wärmetechnische Größen	inter-nationale SI-Einheit	Umrechnung
Kraft F	N (Newton)	1 N = 1 kg m/s ² 1 kp = 9,81 N
Druck p mechanische Spannung	Pa (Pascal) bar	1 Pa = 1 N/m ² = 10 ⁻⁵ bar 1 bar = 10 N/cm ² 1 at (technische Atmosphäre) = 0,981 bar 1 atm (physikalische Atmosphäre) = 760 Torr = 1,013 bar 10 m Ws = 736 mm Hg = 736 Tor = 0,981 bar
Arbeit W Energie E Wärmemenge Q	J (Joule)	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 kWh = 3,6 MWh = 3,6 MJ 1 PSh = 0,736 kWh 1 kcal = 4,19 kJ = 1,16 × 10 ⁻³ kWh
Leistung P Wärmestrom φ	W (Watt)	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s ≈ 0,1 kpm/s 1 PS = 0,736 kW 1 kcal/s = 4,19 kW 1 kcal/h = 1,16 J/s = 1,16 × 10 ⁻³ kW
spezifische Energie e spezifische Enthalpie h	J/kg	1 J/kg = 1 Nm/kg 1 kcal/kg = 4,19 kJ/kg
spezifische Wärmekapazität c	kJ/kg K	1 kJ/kg K = 0,239 kcal/kg grd
Wärmeleitzahl λ	W/m K	1 W/m K = 0,86 kcal/m h grd 1 cal/cm s grd = 4,19 W/cm K
Wärmeübergangszahl α Wärmedurchgangszahl k	W/m² K	1 W/m ² K = 0,86 kcal/m ² h grd 1 cal/cm ² s grd = 4,19 W/cm ² K

Vorsatzzeichen

Vielfaches			Bruchteile		
Zehnerpotenz	Vorsatz	Zeichen	Zehnerpotenz	Vorsatz	Zeichen
10 ¹²	Tera	T	10 ⁻¹	Dezi	d
10 ⁹	Giga	G	10 ⁻²	Zenti	c
10 ⁶	Mega	M	10 ⁻³	Milli	m
10 ³	Kilo	k	10 ⁻⁶	Mikro	μ
10 ²	Hekto	h	10 ⁻⁹	Nano	n
10 ¹	Deka	da	10 ⁻¹²	Piko	p

Die Bezeichnung Landtechnik (Agrartechnik) umfaßt im weitesten Sinne die *Nutzung technischer Hilfsmittel* zur Mechanisierung der landwirtschaftlichen Erzeugung. Dazu gehören:

- ▶ Die Entwicklung, Konstruktion und technische Funktion landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte,
- ▶ die Stalleinrichtungen für die Nutztierhaltung und technische Einrichtungen der Innenwirtschaft,
- ▶ die Konstruktion, Nutzung und Unterhaltung der Betriebsgebäude,
- ▶ der Einsatz und die Verwendung von einzelnen Maschinen sowie die Gestaltung geschlossener Mechanisierungsverfahren,
- ▶ der Verbrauch von Kraftstoffen, Elektrizität, Brennstoffen und anderen technischen Hilfsmitteln,
- ▶ die Unterhaltung, Reparatur und Unterbringung der Maschinen, Geräte und technischen Hilfsmittel,
- ▶ die Beurteilung und Einordnung dieser Technik im Hinblick auf Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit, also die arbeitswirtschaftliche und betriebswirtschaftliche Bewertung landtechnischer Maßnahmen.

1 Funktion und Aufgaben der Landtechnik

Funktion – Grundsätzlich hat die Landtechnik die **dienende Funktion**. Sie ist als wichtiger Produktionsfaktor der Landwirtschaft einzustufen. Folglich haben alle landtechnischen Maßnahmen die Aufgabe, einen Beitrag zur Verbesserung der Lebensbedingungen auf dem Bauernhof zu leisten. Insbesondere sollen sie dazu beitragen, die Einkommen der in der Landwirtschaft tätigen Personen zu sichern. Von größter Bedeutung sind dabei die Auswirkungen der technischen Hilfsmittel auf Boden, Pflanze,

Tier und Mensch (Arbeitskraft), also die Wechselbeziehungen zwischen Technik, Biologie und Betriebswirtschaft. Besonders enge Verflechtungen bestehen zwischen der Landtechnik und dem Produktionsfaktor Arbeit, weshalb die »Arbeitswirtschaft« heute vielfach auch Bestandteil des Lehrgebietes Landtechnik wurde. Da alle diese Verknüpfungen für den landwirtschaftlichen Produktionsprozeß ausschlaggebend sind, werden sie in diesem Lehrbuch vorrangig behandelt.

Die rein technischen Grundlagen der Maschinen- und Bautechnik, also die Konstruktion und die technische Ausführung von Geräten, Maschinen und Gebäuden, sind zwar eine wichtige Grundlage der Landtechnik, jedoch mehr dem Bereich des Ingenieurwissens zuzuordnen. Daher werden im Folgenden rein technisch-ingenieurmäßige Zusammenhänge nicht dargestellt; jedoch wird ein breites Wissen über Gerätetechnik und -funktion vorausgesetzt.

Aufgaben – Die vordringliche Aufgabe der Landtechnik besteht darin, alle technischen Hilfsmittel (Geräte, Maschinen, Gebäude) unter günstigen Einsatzbedingungen der menschlichen Arbeit zu optimalen Produktionsverfahren für die Erzeugung von Nahrungsmitteln zusammenzustellen. Die Technik ist also auf die Erzeugungsnotwendigkeiten abzustimmen. Dabei kommt es oft weniger auf die Einzelmaschine an, als vielmehr auf die Bildung sinnvoller Arbeitskettens im Rahmen von Gesamtverfahrensabläufen.

2 Ziele der Landtechnik

Ziele – Im einzelnen lassen sich folgende grundsätzliche Ziele der Landtechnik unterscheiden, die teils übergreifenden Charakter aufweisen:

- ▶ **Verbessern des Produktionsertrages**:
 - *Steigern der Erträge*, z. B. durch optimale Bodenbearbeitung und Saatbettbereitung, exakte Saatgutablage, günstige Anpassung der Futterrationen an die Zunahme der Masttiere.

- *Vermindern der Verluste* und des *Produktionsrisikos*, z. B. durch exaktes Köpfen der Zuckerrüben, Beschleunigen des Vorwelkens von Halmfutter, verlustarme Futterkonservierungsverfahren, Techniken zur besseren Tierüberwachung zur Vermeidung von Krankheiten, hohe Schlagkraft zur Nutzung optimaler Erntetermine,
- *Erhöhen bzw. Erhalten der Produktqualitäten*, z. B. durch beschädigungslose Kartoffelernte, Sortier- und Aufbereitungsanlagen, Milchkühlung,

► **Verbessern der Arbeitserledigung:**

- *Einsparen von Arbeitskräften* und *Vermindern der Arbeitszeit*, z. B. durch leistungsfähige Bodenbearbeitung, Mähdrusch, Einzelkornsägen für Zuckerrüben, Großballentechnik, Spaltenbodenaufstellung, Liegeboxenlaufstall,
- *Verringern der Arbeitsschwere*, z. B. durch Ladarbeiten mit Frontlader, Sammelpresse mit Schleuder, Silofräse, Melkmaschine,
- *Steigern des Arbeitskomforts*, z. B. durch Kabine auf Schlepper und Mährescher, geräumigen Melkstand, gezielte Beleuchtung

► **Verbessern der Wirtschaftlichkeit der Produktion:**

- *Rationellerer Einsatz von Produktionsmitteln*, z. B. durch gestaffelte und exakte Mineräldüngerausbringung, Pflanzenschutztechnik mit angepaßten Aufwandsmengen, leistungsgerechte Kraftfutterdosierung für Kühe,
- *Vermindern der Mechanisierungskosten*, z. B. durch Verringerung der Investitionshöhe für Maschinen und Gebäude, bauliche Selbsthilfe, geringen Kraftstoffverbrauch, bessere Maschinennutzung, überbetrieblichen Einsatz, längere Nutzungsdauer, geringe Reparaturaufwendungen,
- *bessere Produktionsüberwachung* und *Betriebsführung mit technischen Managementhilfen*, z. B. durch Mikroprozessoren zur Produktionsüberwachung und -steuerung, Kleincomputer zur Betriebsführung.

Diese Ziele der Landtechnik, die einen Hinweis auf die klassischen Produktionsfaktoren Boden – Arbeit – Kapital geben, erlangten im Verlauf der stürmischen landtechnischen Entwicklung der letzten 40 Jahre unterschiedliche Bedeutung. Bis etwa 1950 standen hohe Erträge zur Sicherung der Ernährung der Bevölkerung im Vordergrund. Der danach einsetzende wirtschaftliche Aufschwung verursachte dann aber ein schnelles Abwandern von Arbeitskräften aus der Landwirtschaft. Als Folge davon begann eine umfassende Mechanisierung. Sie führte zusam-

men mit großen Ertragssteigerungen dazu, daß sich die Produktivität der verbleibenden Arbeitskräfte – gemessen in t Getreideeinheiten/AK – innerhalb der letzten 35 Jahre auf den 7fachen Wert erhöhte (Abb. 1). Nur dadurch konnte die Landwirtschaft mit der allgemeinen Einkommensentwicklung einigermäßen schritthalten!

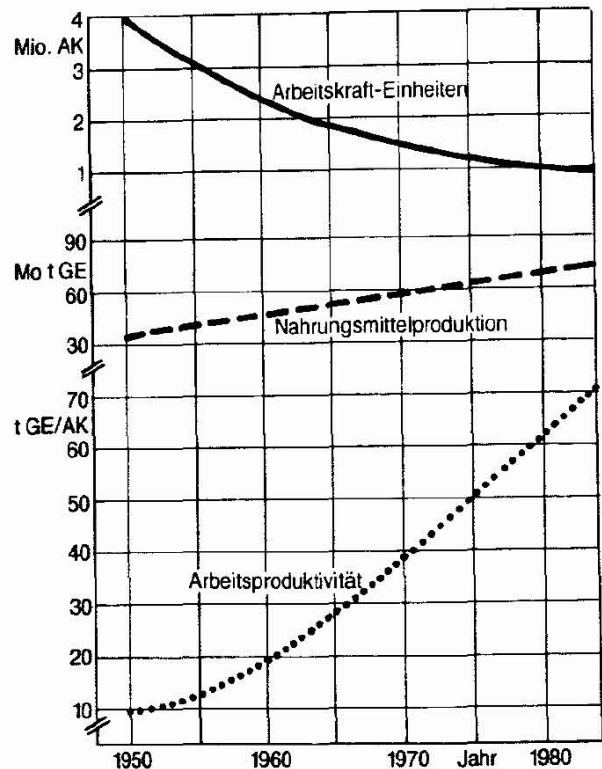


Abb. 1 Abnahme der Zahl der Arbeitskräfte, Steigerung der Nahrungsmittelproduktion und Zunahme der Arbeitsproduktivität in der westdeutschen Landwirtschaft.

Diese gewaltige **Produktionssteigerung je Arbeitskraft** war jedoch nur zu erreichen, weil immer mehr und immer leistungsstärkere Maschinen verwendet wurden. Es erfolgte also ein Austausch von Arbeitskräften durch technische Hilfsmittel (Abb. 2). In nur 25 Jahren vollzog sich der vollständige Übergang von der Handarbeits- und Gespannstufe zu hochmechanisierten Arbeitsverfahren.

Auch aus wirtschaftlichen Gründen mußte diese Entwicklung stattfinden, weil die *menschliche Arbeitskraft* immer teurer wurde (Abb. 3). Jedoch belasten die hohen Ausgaben für die Technik die landwirtschaftliche Produktion erheblich, zumal etwa 50% der jährlichen Gesamtausgaben der westdeutschen Landwirtschaft auf die Landtechnik entfallen (Abb. 4). Damit kam es zwangsläufig zur *Übermechanisierung*. Sie ist in erster Linie durch die bei uns vorherrschende kleinbäuerliche Besitzstruktur bedingt (mittlere Betriebsgröße in der Bundesrepublik Deutschland etwa 17 ha LF); denn auch kleinbäuerli-

che Betriebe benötigen eine technische Mindestausstattung, z. B. einen 2-Schar-Pflug mit 40 kW-Schlepper.

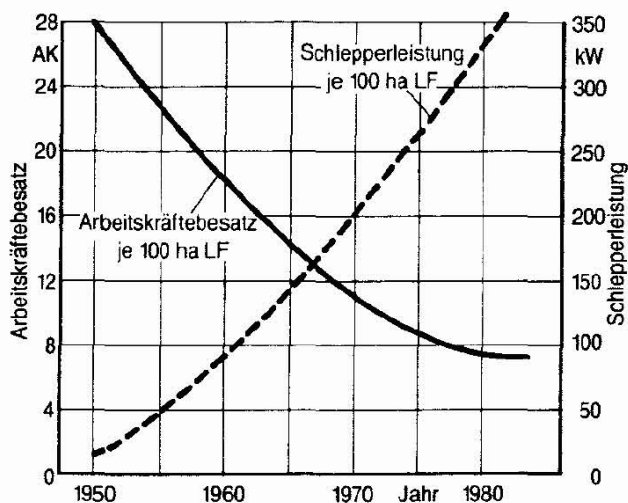


Abb. 2 Austausch von Arbeitskräften durch Maschinen (Beispiel: installierte Schlepperleistung in kW je 100 ha LF).

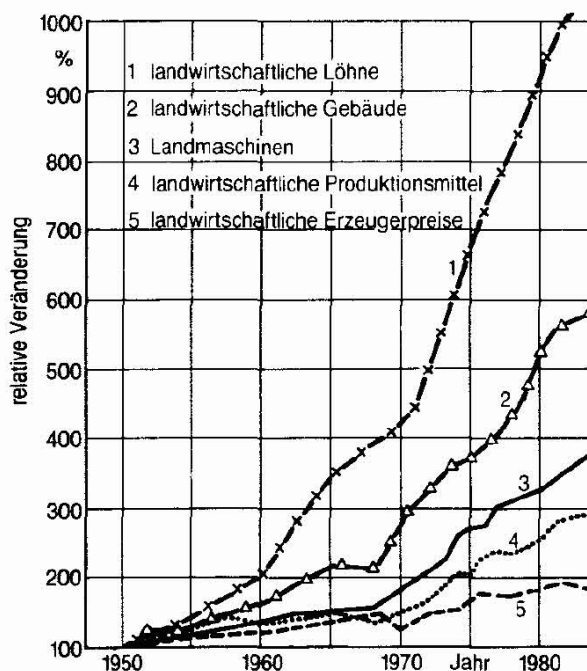
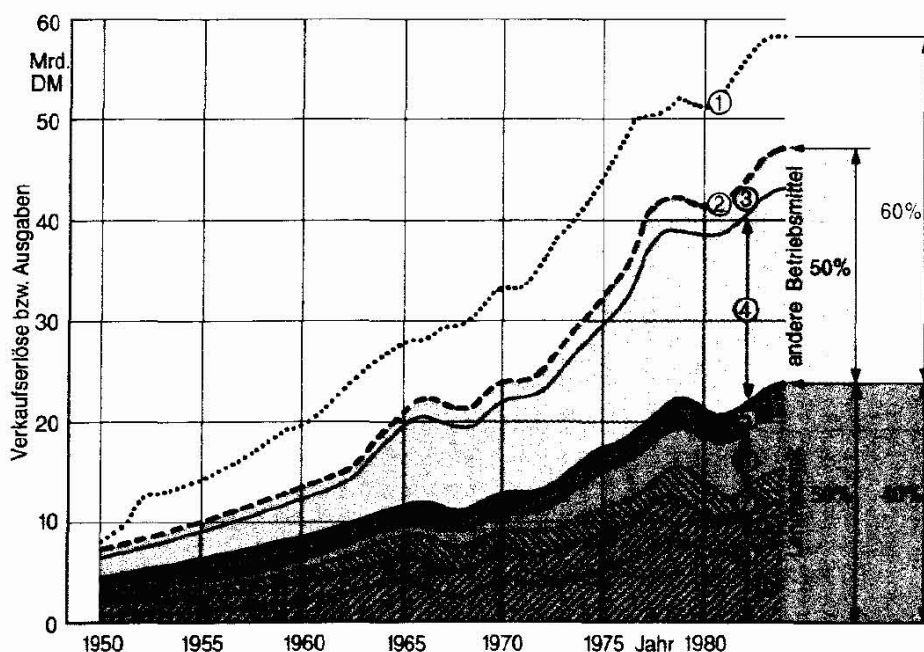


Abb. 3 Preisindexentwicklung wichtiger landwirtschaftlicher Betriebsmittel.

Abb. 4 Entwicklung der Verkaufserlöse und der Ausgaben der westdeutschen Landwirtschaft. 1 = Verkaufserlöse, 2 = Gesamtausgaben (ohne Steuern und Versicherungen), 3 = Sonstige Ausgaben, 4 = Betriebsmittel (z. B. Futtermittel, Dünger, Pflanzenschutz, Saatgut), 5 = Löhne und Arbeitgeberanteil, 6 = Energie, 7 = Gebäude, 8 = Maschinen, a) Unterhalt, b) Investitionen.



Heute steht die **Wirtschaftlichkeit der Mechanisierung** im Vordergrund. Dabei besitzt die sinnvolle Auslastung des investierten Maschinenvermögens große Bedeutung, in erster Linie durch überbetriebliche Maschinenverwendung. Aber auch andere Rationalisierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Aufwands-Ertrags-Relationen erhalten zunehmendes Gewicht, wobei die Mikroelektronik vielfältige Ansätze bietet und in Zukunft auch innerhalb der Landtechnik eine wichtige Rolle spielen wird.

Hinzu kommen aktuelle, **zusätzliche Ziele** der Landtechnik, die neben den grundsätzlichen Aufgaben mehr die ökologischen Zusammenhänge berücksichtigen:

- ▶ **Vermindern der Umweltbelastung:**
 - Verringern von Geruchs- und Geräuschemissionen, z. B. durch Stallluftreinigung, Abluftführung, Flüssigmistbelüftung, Schalldämpfung für Heubelüftungsanlagen.

Tabelle 1 Bewertung von Maschinen und Beurteilungskriterien für landtechnische Arbeitsverfahren.

	Merkmal	Definition	allgemeine Kennwerte und Dimensionen (bzw. spezifische Kennzahlen) Beispiele
Technik	Arbeitsqualität	Funktionseignung je nach Anforderung von Boden, Pflanze und Tier	mittlere Bodenkrümelgröße in mm, Häcksellänge in mm, Milchflußgeschwindigkeit in kg/min
	Ertragsgestaltung	Einfluß der Technik auf – Ertrag – Verluste	dt/ha, kg/Tier, Futterverwertung 1:3,2 Gewichtsprozente
	technische Leistung	Arbeitsbreite × Arbeitsgeschwindigkeit, mittlere Durchsatzleistung	ha/h dt/h
	Störanfälligkeit	Funktionssicherheit bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen	Störzeiten in % min bzw. h/Tag
	landwirtschaftliche Leistung	erzielbare Leistung einschließlich Wendezeiten, Rüstzeiten, Wegezeiten, Störzeiten	ha/h oder dt/h Kühe/h
	Leistungsbedarf für Schleppermotor bzw. Elektromotor sowie für Gerät	mittlerer Leistungsanspruch der Maschine bzw. des Verfahrens, Anspruch der Leistungsspitzen	kW/Gerät kW/m Arbeitsbreite kW/dt und h
	Energiebedarf	Verbrauch an Treibstoff, Elektrizität oder Brennstoff	l/ha bzw. l/h, kWh/dt oder kJ/dt
Arbeit	Arbeitseinsatz	für das gesamte Arbeitsverfahren – Zahl der Arbeitskräfte – Arbeitszeitbedarf	AK AKh/ha, AKh/Tier und Jahr
	Arbeitskomfort	Anforderungen an Gerätebedienung; körperliche und geistige Belastung	dB (A), Pulsfrequenz, ergonomische Kennwerte
Ökonomik	Kapitalbedarf	Investitionshöhe für Geräte, Maschinen, Gebäude und Inneneinrichtungen	DM insgesamt, DM/ha, DM/kW, DM/Tierplatz
	technische Nutzungsdauer	begrenzt durch Verschleiß und Abnutzung, durch technische Veralterung	h oder ha
	Unterhaltungskosten	jährliche Kosten für Reparaturen, Pflege und Unterstellung	%/Jahr (vom Anschaffungspreis ausgehend)
	Kosten der Arbeitserledigung	jährliche Kosten der Arbeit, der Maschinen und Gebäude für ein Verfahren	DM/ha und Jahr, DM/dt, DM/Tier und Jahr
	landtechnische Zuordnung	Möglichkeit der Eingliederung in das gesamte Produktionsverfahren bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen (z. B. Betriebsgrößen, Ertragsniveau, Gebäudesituation)	allgemeine Angaben wie: sehr gut gut mittel schlecht

- *Boden- und Grundwasserschutz*, z. B. durch bodenschonende Schlepperbereifung, Techniken zur Erosionsverminderung, zeitgerechte und dem Nährstoffbedarf angepasste Gülleausbringung, sach- und bedarfsgerechten Pflanzenschutz,

► **Tiergerechte Nutztierhaltung:**

- dem Tierverhalten *angepasste Aufstallungsformen*, z. B. durch optimale Standausbildung im Anbindestall, richtige Buchtengröße und -form bei Masttieren,
- *Vermeiden tierschädigender Einrichtungen*, z. B. durch richtige Trogausbildung und Anbindevorrichtung, klauenschonende Spaltenböden, tiergerechte Liegeboxenabtrennungen,

► **Verbesserung der Energiesituation** landwirtschaftlicher Betriebe:

- *Vermindern des Energiebedarfes*, z. B. durch Turbo-Aufladung des Dieselmotors, Stromeinsparung durch Trauf-First-Lüftung, bessere

energetische Wirkungsgrade bei Trocknungsanlagen, Wärmedämmung beheizter Ställe,

- *Nutzung alternativer Energiequellen*, z. B. durch Stroh- und Holzfeuerung, Stallluftwärmetauscher und Wärmepumpen, Biogasanlagen, Solartechnik.

Beurteilung – Zur Beurteilung landtechnischer Verfahren werden eine Vielzahl von Kriterien und Kennzahlen benötigt. Sie sind in Tabelle 1 zusammengefaßt und, soweit verfügbar, im vorliegenden Buch bei den einzelnen Arbeitsverfahren angegeben. Sie bilden die Grundlage für eine objektive Bewertung und betriebliche Zuordnung von Arbeits- und Produktionsverfahren.

Bei Angaben von Massen wird abweichend von den internationalen Normen vorwiegend – besonders bei Tieren – zum besseren Verständnis der Begriff des Gewichtes verwendet, z. B. bei Tiergewicht, Lebendgewicht in kg.

1 Energie – Grundlage der Agrarproduktion

Alle Vorgänge auf der Erde und alle Prozeßabläufe in der Landwirtschaft sind durch Einsatz und Umwandlung von Energie gekennzeichnet. Der starke Anstieg des Fremdenergieeinsatzes ermöglichte seit 1950 die beachtliche Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge, der Arbeitsproduktivität und der Einkommen.

Zur heutigen Erzeugung von Agrarprodukten werden in erheblichem Umfang direkte Energieträger (Kraftstoffe, Heizöl, Strom) sowie indirekte Energieträger (Mineraldünger, Maschinen, Baustoffe) verwendet, für deren Herstellung bereits Energie verbraucht wurde.

Aufgrund der Sonnenenergienutzung durch die Photosynthese ergibt sich in Mitteleuropa ein Verhältnis zwischen dem *Gesamtenergieeinsatz* (direkte und indirekte Energieträger) und dem *Energieertrag* in den Agrarprodukten von etwa 1:2,5. Es handelt sich also um eine positive **Gesamt-Energiebilanz**. Werden jedoch in einer Energiebilanzrechnung nur der Einsatz aller Direktenergieformen und nur der Energieertrag der Pflanzenproduktion verglichen, liegt dieses Verhältnis bei 1:16. Die tierische Veredelung hat demgegenüber eine stark negative Energiebilanz.

Die Landwirtschaft insgesamt ist einer der wenigen Produktionsbereiche der Volkswirtschaft, die Fremdenergie bei stark positiver Bilanz in hochwertige Energieformen (Nahrungsmittel) umwandelt. Trotzdem ist es vordringliche Aufgabe der Landtechnik, Fremdenergie in verschiedenen Formen im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß bestmöglich zu nutzen, d.h. verlustarm und umweltschonend. Voraussetzung sind klare Zielvorgaben in einer ganzheitlichen Betrachtung von in sich geschlossenen Kreisläufen, also die Umsetzung von Energie in einem Energiefluß und Masse in einem Stofffluß (Abb. 5). In diese Prozeßabläufe sind alle Auswirkungen einzubeziehen, also auch Emissionen und Bodenverdichtungen usw.

1.1 Energiearten

Generell wird zwischen Primärenergie und Sekundärenergie unterschieden.

Als **Primärenergien** werden die vom Menschen nutzbaren Energiequellen bezeichnet, die entweder an Energieträger, z. B. fossile Brennstoffe, oder an einen Energiefluß, z. B. die Sonnenstrahlung, gebunden sind (Tabelle 2). Gebräuchlich ist auch eine Unterteilung in *begrenzt verfügbare Energien*, z. B. fossile Brennstoffe, und in *erneuerbare* (regenerative) *Energien*, z. B. Sonnenstrahlung, Biomasse. In der Primärenergienutzung haben die fossilen und damit die begrenzt verfügbaren Energieträger die größte Bedeutung. Die augenblickliche Situation der Primärenergieverwendung in der Bundesrepublik Deutschland geht aus Abb. 6 hervor.

Um die Primärenergien als Wärme, mechanische Arbeit und Licht verwenden zu können, werden sie in

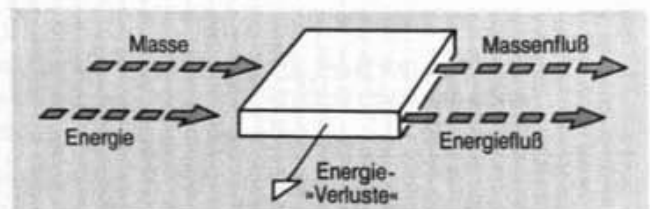


Abb. 5 Fluß-Schaubild von Energie und Masse in landtechnischen Prozeßabläufen.

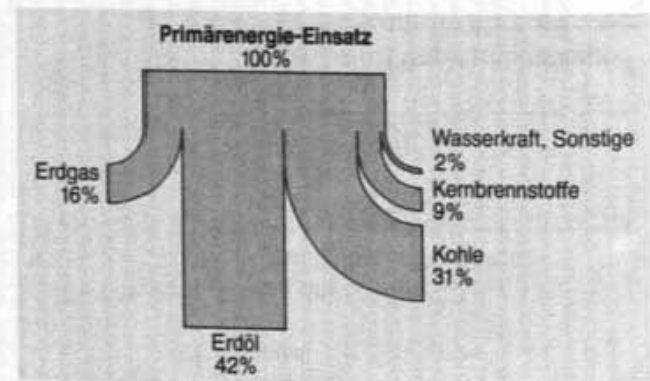


Abb. 6 Primärenergieeinsatz in der Bundesrepublik Deutschland (1984).

Tabelle 2 Energiequellen, deren Energieträger und gebräuchliche Energiewandler.

Energiequellen	Energieträger	Energiewandler
Futtermittel und Muskelkraft	Zugtiere	Pflug und andere Arbeitsmaschinen
chemische Energie (fossile und regenerative)	Kraft- und Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas, Holz)	Wärme­kraft­ma­schinen (Verbrennungsmotoren), Wärmeerzeuger
nukleare Energie	spaltbare Stoffe	Kernreaktoren, Wärme­kraft­ma­schinen
geothermische Energie	Erdboden, Grundwasser, Flüsse	Wärmepumpen
Sonnenenergie	Sonnenstrahlung, Umgebungsluft	Solarkollektoren, Solarzellen, Wärmepumpen
biochemische Energie	Biomasse	Fermenter, Gasmotoren
Rotationsenergie (gemeinsam mit Massenanziehung)	Erdanziehung, Wind, Flüsse, Wellen, Gezeiten	Kraftwerke (Wasser, Windturbinen, Gezeiten)

der Regel in **Sekundärenergien** (»sekundäre Energieträger«, z. B. Strom, Kraftstoffe, Heizöl) überführt.

1.2 Energieumwandlung

Für die Auswahl geeigneter Fremdenergie ist die Kenntnis der Gesetzmäßigkeiten der Energieumwandlung notwendig. Die Energieumwandlung folgt dem Gesetz von der Erhaltung der Energie (Energieerhaltungsgesetz, HELMHOLTZ 1847). Nach diesem Gesetz geht bei der Umwandlung physikalisch gesehen keine Energie verloren und es wird keine gewonnen (erster Hauptsatz der Thermodynamik). Jede Art der Energie, also auch mechanische Arbeit und Wärme, sind wesensgleich (MAYER 1840 und JOULE 1843).

Die **Energieumwandlung** erfolgt jedoch nicht ausschließlich in der gewünschten Richtung; so wird die chemische Energie der Kraftstoffe nicht nur in die gewünschte mechanische Arbeit des Motors, sondern auch in nicht nutzbare verlorene Wärme gewandelt. Die Energieumwandlung ist also mit *Verlusten* behaftet (deshalb sind alle natürlichen und techni-

schen Energieumwandlungen nicht umkehrbar). Die Höhe der Verluste bzw. die Güte der Umwandlung wird durch einen **Wirkungsgrad** (Nutzungsgrad) der eingesetzten Energie gekennzeichnet.

Beim Umwandeln von chemischer oder Wärmeenergie in mechanische Arbeit spricht man vom *thermischen Wirkungsgrad*, bei der Nutzwärmeerzeugung, z. B. in Heizkesseln, vom *Brennstoffnutzungsgrad* oder *feuerungstechnischen Nutzungsgrad*, und bei der Umwandlung von mechanischer Energie, z. B. in Getrieben, vom *mechanischen Wirkungsgrad*.

Das Erfassen aller Prozeßverluste in einem *Gesamtwirkungsgrad*, z. B. eines Ackerschleppers, ist nur über Wirkungsgradketten, d. h. die Multiplikation der Einzelwirkungsgrade, möglich (s. Kapitel 3, Seite 33).

1.3 Energieeinsatz in der Landwirtschaft

Für den Einsatz verschiedener Energiearten in Landwirtschaft und Gartenbau muß zwischen dem Energiebedarf für die Agrarproduktion und für den privaten Bereich (Wohnhaus) unterschieden werden

$$\begin{aligned} \text{thermischer Wirkungsgrad (\%)} &= \frac{\text{erzeugte mechanische Arbeit}}{\text{zugeführte Wärmeenergie}} \cdot 100 \\ \text{Brennstoffnutzungsgrad (\%)} &= \frac{\text{nutzbare Wärme}}{\text{zugeführte Wärmeenergie}} \cdot 100 \\ \text{mechanischer Wirkungsgrad (\%)} &= \frac{\text{abgegebene mechanische Arbeit}}{\text{zugeführte mechanische Arbeit}} \cdot 100 \end{aligned}$$

(s. Beispiel eines Schweinezucht- und Mastbetriebes, Abb. 7). Die flüssigen Kraft- und Brennstoffe besitzen für die Agrarproduktion die bei weitem größte Bedeutung (Tabelle 3).

Als **Basiseinheit** für die Energie dient 1 J (Joule). Für die elektrische Energie hat sich als Einheit 1 kWh (Kilowattstunde) eingebürgert. Diese Energieeinheit entspricht 3,6 MJ (s. Basiseinheiten Seite 12).

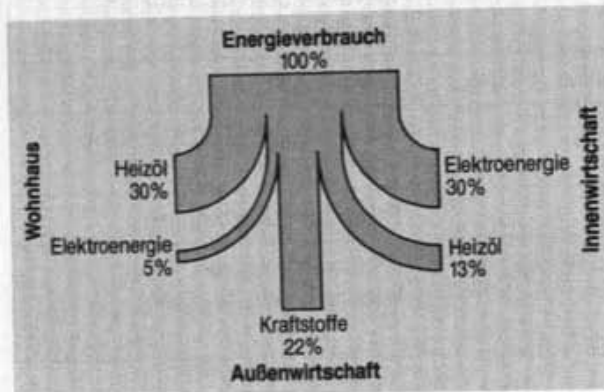


Abb. 7 Aufgliederung des Energieeinsatzes am Beispiel eines Schweinezucht- und Schweinemastbetriebes.

2 Mechanische Energie

Mechanische Energie ist die Fähigkeit eines Körpers, aus sich heraus Arbeit zu verrichten. Dabei unterscheidet man zwischen *potentieller Energie* (Lageenergie) und *kinetischer Energie* (Bewegungsenergie).

Beispiele:

- Wird das Gewicht der Masse m eines Greiferaufzuges um eine Höhe h angehoben, so muß entlang dieses We-

ges die Gewichtskraft überwunden, d. h. Arbeit verrichtet werden. Dieser Betrag wird als **potentielle Energie** in dem Gewicht gespeichert. Das Gewicht kann nun aus sich heraus Arbeit zum Rücktransport der Greiferlaufkatze leisten.

- Wird eine Axt der Masse m entlang einer horizontalen Strecke s auf eine Geschwindigkeit v beschleunigt, so muß hierfür Muskelenergie (Arbeit) aufgebracht werden, die in der Axt als **kinetische Energie** gespeichert wird. Beim Auftreffen auf den Stamm kann die Axt aus sich heraus Arbeit zum Holzspalten verrichten.
- Gleiches gilt für eine Drehbewegung. Kinetische Energie der Drehbewegung ist vielfältig nutzbar, z. B. zum Überwinden von Spitzendrehmomenten im Feldhäcksler oder bei der Dreschtrommel.

Die **physikalischen Zusammenhänge der Mechanik** sind in Tabelle 4 zusammengefaßt.

3 Thermische Energie (Wärme)

Die in Kraft- und Brennstoffen gespeicherte chemische Energie läßt sich in Wärme *und* mechanische Arbeit umwandeln; sie sind »äquivalent«. Auch die Wärmemenge wird in Joule angegeben. 1 J entspricht der mechanischen Arbeit, die zur Verschiebung des Angriffspunktes einer Kraft von 1 N (Newton) entlang dem Weg von 1 m aufgewandt wird. Der Wärmestrom ist dann äquivalent der mechanischen Leistung P und wird in W (Watt) angegeben.

Die Nutzung der chemischen Energie zur Erzeugung von Wärme oder von mechanischer Arbeit erfolgt

Tabelle 3 Einsatz von Fremdenergie in der landwirtschaftlichen Produktion der Bundesrepublik Deutschland (1983, einschließlich Garten- und Weinbau).

Energieträger	Verbrauch je Jahr	Energieinhalt			Ausgaben ¹⁾	
		Mrd. kWh	Mio. GJ	%	Mrd. DM	%
Treibstoffe (Dieselöl und Benzin) und Schmierstoffe	2,4 Mrd. l	24	86	52	2,9 ²⁾	57
Brennstoffe						
Heizöl (allein Gartenbau 1,3 Mrd. l) zusätzlich private Haushalte	1,6 Mrd. l 1,5 Mrd. l	16	58	35	1,1	2,1
Kohle (vorwiegend Gartenbau) zusätzlich private Haushalte	0,15 Mio. t 0,23 Mio. t	1,2	4	3	0,1	1
elektrischer Strom zusätzlich private Haushalte	4,8 Mrd. kWh 2,5 Mrd. kWh	4,8	17	10	1	20
gesamte Agrarproduktion (ohne Haushalte)		46	165	100	5,1	100

¹⁾ Ohne Mehrwertsteuer.

²⁾ Gasöl-Verbilligung ist berücksichtigt.

Tabelle 4 Wichtige Grundgleichungen der Mechanik.

Beziehungen	Größengleichung	Einheit
geradlinige Bewegung		
Geschwindigkeit = $\frac{\text{Weg}}{\text{Zeit}}$	$v = \frac{s}{t}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}}$
Beschleunigung = $\frac{\text{Geschwindigkeitsänderung}}{\text{Zeit}}$	$a = \frac{\Delta v}{t}$	$\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$
Kraft = Masse \times Beschleunigung	$F = m \cdot a$	N
Gewichtskraft = Masse \times Erdbeschleunigung ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$, d. h. die Gewichtskraft einer Masse von 1 kg beträgt 9,81 N)	$G = m \cdot g$	N
Arbeit = Kraft \times Weg	$W = F \cdot s$	Nm
potentielle Energie = Gewichtskraft \times Höhe	$E_p = G \cdot h$	J
kinetische Energie (Bewegungsenergie) = Masse $\times \frac{(\text{Geschwindigkeit})^2}{2}$	$E_k = m \cdot \frac{v^2}{2}$	J
Leistung = $\frac{\text{Arbeit}}{\text{Zeit}}$	$P = \frac{W}{t}$	W
Drehbewegung		
Winkelgeschwindigkeit = $\frac{\text{Umfangsgeschwindigkeit}}{\text{Radius}}$	$\omega = \frac{u}{r}$	$\frac{1}{\text{s}}$
Drehzahl = $\frac{\text{Anzahl der Umdrehungen}}{\text{Zeit}}$	$n = \frac{z}{t} = \frac{\omega}{2\pi}$	$\frac{1}{\text{s}}$
Drehmoment = Kraft \times Hebelarm	$M = F \cdot r$	Nm
Drehleistung = Drehmoment \times Winkelgeschwindigkeit	$P_D = M \cdot \omega$	W
Beispiel einer zugeschnittenen Größengleichung mit P_D in kW; M in Nm; n in 1/min	$P_D = \frac{M \cdot n}{9550}$	kW

Technisch-physikalische Größen werden durch *Kursivbuchstaben* bezeichnet und bestehen aus dem Zahlenwert und deren Einheit. Die Einheit wird durch gerade gestellte Buchstaben gekennzeichnet. Technisch-physikalische Zusammenhänge werden in Größengleichungen ausgedrückt. Werden die physikalischen Größen in den gebräuchlichen Einheiten angegeben, handelt es sich um zugeschnittene Größengleichungen. Es müssen dann stets die anzuwendenden Einheiten genannt werden.

- durch Verbrennen von Brenn- und Kraftstoffen in
- ▶ Wärmekraftmaschinen (Otto- oder Dieselmotoren),
 - ▶ Wärmeerzeugern (Warmluft-, Warmwasser- oder Dampferzeuger).

Der Energieinhalt des eingesetzten Energieträgers wird als verfügbare Wärmemenge in J bzw. kJ/kg Brennstoff, dem **Brennwert** (bei 0°C und 1,013 bar) angegeben. Tatsächlich wird aber bei jeder Verbrennung zugleich Wasser verdampft, und die dafür verbrauchte latente Wärme ist für die beabsichtigte Energieumwandlung nicht nutzbar; sie muß vom

Brennwert abgezogen werden. Es verbleibt als Kenngröße der **Heizwert** (s. Tabelle 5, Seite 24).

Der *Wirkungsgrad* der in der Landwirtschaft verbreitetsten Wärmekraftmaschine, dem Dieselmotor, beträgt ohne Nutzung der Abwärme etwa 32% (Abb. 8, Seite 22). Bei langsam laufenden Groß-Dieselmotoren werden aber bereits 50% erreicht. Beim Einsatz von Dieselmotoren zum Antrieb von Wärmepumpen oder in Heizkraftwerken und bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme erhöht sich der Wirkungsgrad bis auf 80%.

Demgegenüber beträgt der Wirkungsgrad von Wärmeerzeugern, z. B. dem Heizkessel, bis 88% (Abb. 9, Seite 25).

Bei Gasfeuerung kann durch Absenken der Abgas-temperatur (Verringern der Abgasverluste) und Rückgewinnung der latenten Wärme in Rauchgas-kondensatoren («Brennwertgerät») ein Kesselwir-kungsgrad von 100%, bezogen auf den Heizwert, er-reicht werden.

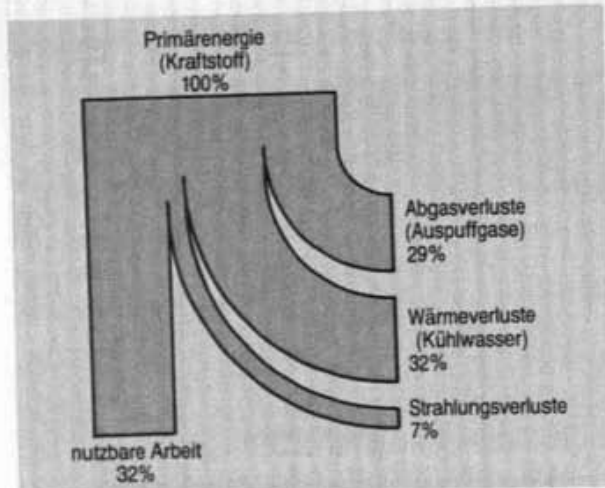


Abb. 8 Energieflußdiagramm eines wassergekühlten Dieselmotors.

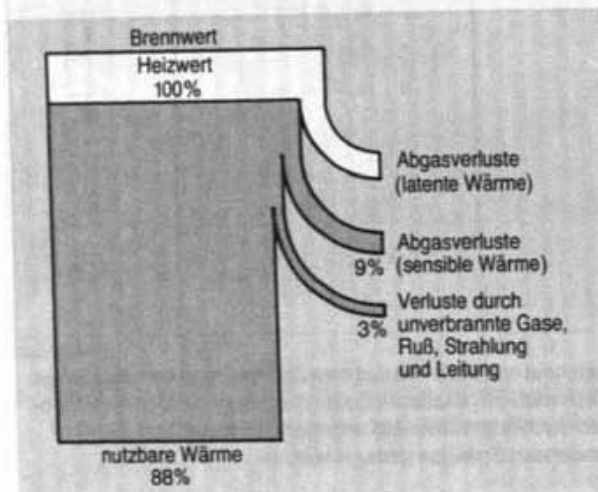


Abb. 9 Energieflußdiagramm eines Heizkessels.

3.1 Wärmeerzeuger

Die Wärmeerzeugung läuft nach verschiedenen Sys-temen und Ausführungsformen ab (Abb. 11).

Zur Wärmeerzeugung benutzt die Landwirtschaft neben Heizöl vor allem Holz. Stroh wird nur in Über-schußregionen zur Wärmeerzeugung verwendet. Spezielle Kessel für Stroh wurden im Leistungsbe-reich von 10–1000 kW entwickelt. Anlagen hoher Leistung dienen Wärmegroßverbrauchern wie Bren-nereien, Trocknungsanlagen und Aufzuchtbetrie-ben. Anlagen guter Auslastung und hoher Leistung werden mit automatischer Brennstoffnachführung ausgerüstet.

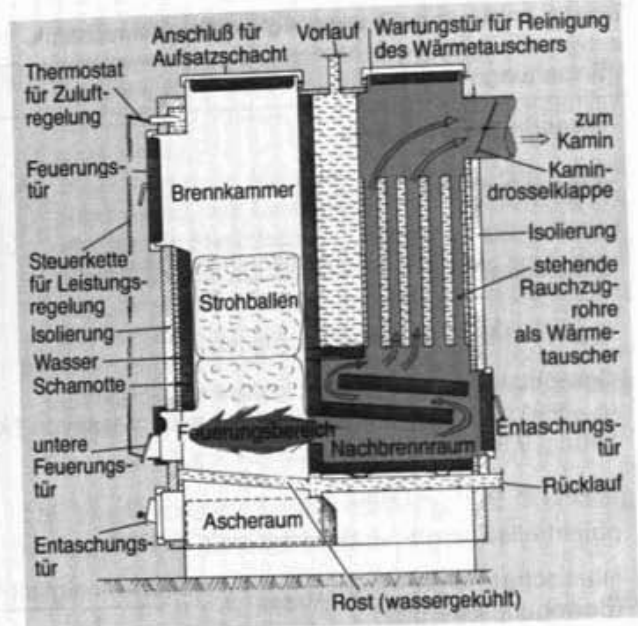


Abb. 10 Unterbrandkessel für Hochdruckballen und Scheitholz.

Leistung: 30–100 kW.

Preis: Einschließlich Aufsatzschacht 100–200 DM/kW Heizleistung.

Vorteile: Tragbarer Anschaffungspreis, hohe Feuerungsqualität, mit aufgesetztem Füllschacht lange Nachheizintervalle (bis 8 h).

Nachteile: Großes Bauvolumen, Mehrarbeit gegenüber Anlagen mit automati-scher Brennstoffnachführung.

Zur **Strohfeuerung** im Rahmen der Wohnhaushei-zung kommen vorwiegend Unterbrandkessel (Abb. 10) für Hochdruckballen infrage. Sie arbeiten ausreichend umweltfreundlich und liegen mit einem Preis von 100–200 DM/kW im tragbaren Kostenbe-reich. Empfehlenswert sind Aufsatzschächte für Strohballen, um längere Heizintervalle zu erhalten. Grundsätzlich sollen **Feststoffkessel** ohne automati-sche Brennstoffnachführung mit einem **Wärmespei-cher** (Wassertank) kombiniert werden. Je kW-Heiz-leistung sind 100 l Wasserspeicher erforderlich. Die-se Empfehlung gilt auch für Holzkessel, die für kurze und lange Scheite angeboten werden. Die in Abb. 12 dargestellte Form des Anschlusses hat sich für die meisten Anwendungsfälle in der Praxis bewährt, wo-bei vollständig auf den Ölbrenner verzichtet wird. Der Kessel lädt in seinem optimalen Lastbereich (ho-her Wirkungsgrad, geringe Emission) den Speicher auf, wobei eine Temperaturschichtung im Tank er-reicht wird, so daß der Speicher lange heißes Wasser abgibt. Die Heizleistung kann in jeder Laststufe dem

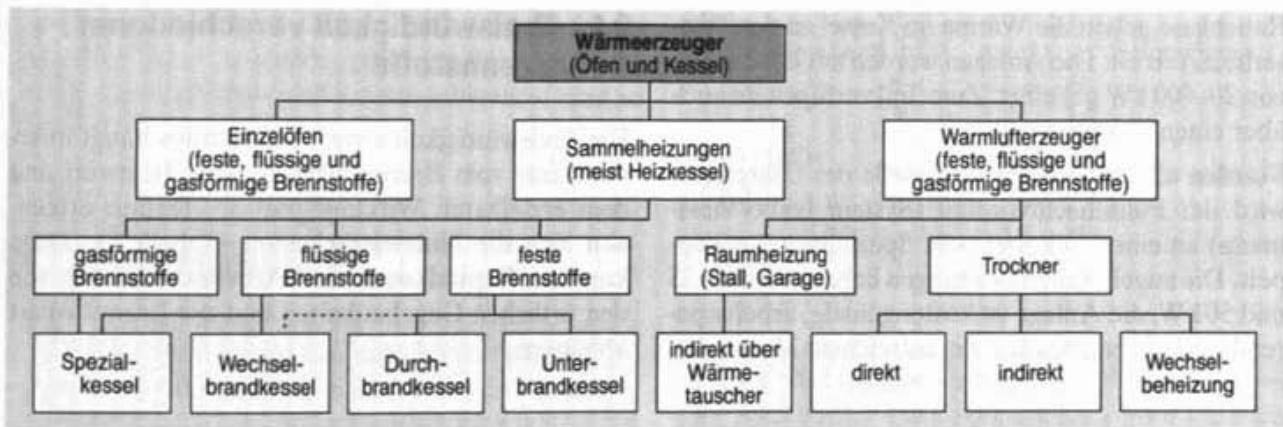


Abb. 11 Systeme und Ausführungsformen der Wärmebereitstellung.

Speicher entnommen werden, ohne Einfluß auf die Feuerungsqualität. Der Boiler dient der Brauchwassererwärmung, er wird auch über den Speicher geladen.

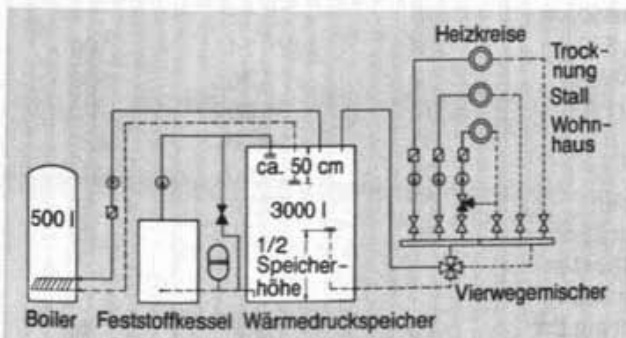


Abb. 12 Schaltschema zum Anschluß eines Wärmespeichers an einen Feststoffkessel.

Öfen und Kessel werden in großer Zahl auch für kurzes **Scheitholz** angeboten. Aufgrund der Arbeitseinsparung und der höheren Feuerungsqualität sollten Unterbrandkessel vorgezogen werden. Allerdings hat man erhebliche Arbeit mit der Holzerkleinerung (kurzes Scheitholz bis 3 Akh/m^3). Ab 50 kW Heizleistung sind Kessel für langes Scheitholz sinnvoll, die Arbeitseinsparung bei der Holzerkleinerung, Ein- und Auslagerung mit Feuerung beträgt gegenüber kurzem Scheitholz 50–70%.

Auch **Grobhackschnitzel** lassen sich in handbeschickten Unterbrandkesseln kostengünstig verfeuern. Einige Firmen bieten hierfür automatische Brennstoffnachführungssysteme an.

Neben Grobhackschnitzeln werden **Feinhackschnitzel** (die schwieriger zu trocknen sind) für die Schwachholznutzung meist im Wald mit Schlepperanbaugeräten hergestellt. Neben speziellen Feuerungsanlagen mit Kessel (Vorschub oder Unter Schub) werden auch Voröfen und Einschübefeuerungen als Ersatz für Ölbrenner angeboten.

Die gebräuchlichen **Bauarten** sind:

- Einschübefeuerung (Abb. 13),

- Voröfen mit Schnecken oder Hubkolbennachführung,
- Voröfen mit Füllschacht.

Einschiebefeuerungen – Eine Feuerungsmulde mit Schneckenförderer wird an Stelle des Ölbrenners in einen geeigneten Ölkessel oder einen Feststoffkessel eingebaut.

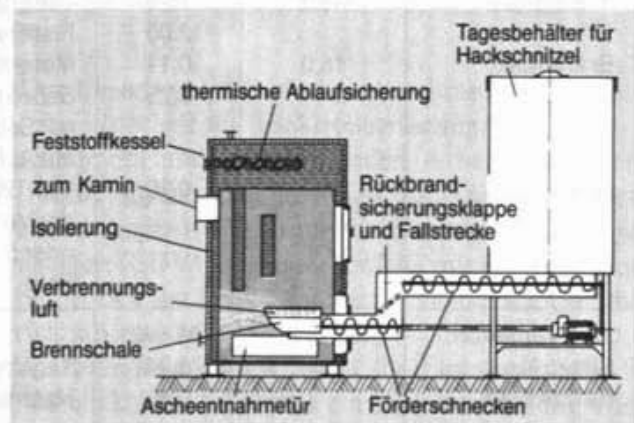


Abb. 13 Hackschnitzelfeuerung mit einsteckbarer Feuerungsmulde (Einschiebefeuerungen).

Leistung: 20–50 kW.

Preis: Einschließlich Tagesbehälter und Schaltschrank ohne Kessel 200–300 DM/kW.

Vorteile: Kostengünstig, sichere Ascheförderung, mit elektrischer Zündvorrichtung geringer Arbeitsaufwand.

Nachteile: Feuerungsqualität geringer als beim Voröfen.

Voröfen mit Schnecken- oder Hubkolbennachführung – Anstelle des Ölbrenners wird der Voröfen an den Kessel angekoppelt. Die Flamme und die heißen

Rauchgase geben die Wärme im Kessel an den Wasserheizkreis ab. Die Anlagen werden mit Leistungen von 20–800 kW geliefert. Zum Teil verfügen sie auch über einen Vorschubrost.

Vorofen mit Füllschacht – Anstelle des Ölbrenners wird der Füllschachtvorofen (System Ivabo/Viessmann) an einen Ölkessel oder Spezialkessel gekoppelt. Die angebotenen Leistungen liegen zwischen 25 und 50 kW, die Anlage ist kostengünstig, arbeitssparend, jedoch empfindlich bei astreichem Material.

3.2 Preiswürdigkeit verschiedener Brennstoffe

Die Preiswürdigkeit eines Brennstoffes hängt in erster Linie vom Brennstoffpreis, dem Heizwert und dem erzielbaren Wirkungsgrad ab. Daraus errechnen sich die **Nutzwärmekosten** (Tabelle 5). Dazu kommen Kapitalkosten und Arbeitskosten, die von den örtlichen Gegebenheiten und der Brennstoffart abhängen.

Tabelle 5 Heizwerte und Heizkosten der Nutzwärme verschiedener Brennstoffe.

Brennstoff	Heizwert MJ/kg	Preis (mit MwSt) am Verbrauchsort		Wirkungs- grad zur Nutzung %	Nutzwärmekosten	
		DM/kg			absolut DM/GJ	relativ ¹⁾ %
Steinkohle ²⁾	32,3	0,56	Transport 650 km	75	23,33	92
Koks ²⁾	29,4	0,62	Transport 650 km	75	28,12	111
Braunkohle ²⁾	20,6	0,39	Transport 650 km	70	25,24	100
Heizöl leicht	42,0	0,85	Tank ab 5000 l	80	25,30	100
		0,90	Tank 1000 l	80	26,80	106
Flüssiggas	46,2	1,20	Tank (2 t)	85	30,55	121
		2,00	Flaschen	85	50,90	201
Brennholz	16,0	0,11	Meterstücke	70	10,21	40
		0,25	Scheitholz 25 cm mit Selbstkosten zur Aufbereitung	70	22,32	88
Stroh	14,3	0,10	10,- DM/dt am Ort der Verbrennung oder 5,- DM/dt ab Feld	70	10,00	40
zum Vergleich: Strom für Heizzwecke	MJ/kWh 3,6	DM/kWh 0,24 0,10	Tagstrom Nachtstrom	98 98	66,70 25,60	264 101

¹⁾ Heizöl = 100%.

²⁾ Bei Kohle Einzelabnahme von 2 t ab Händler unterstellt.

Tabelle 6 Anwendungsbereiche und Leistung von Wärmeerzeugern in der Landwirtschaft.

Anwendungsbereich	Leistung in kW	Wärmeerzeuger	Energieträger
Wohnhaus Heizung und Brauch- wasser	5– 50	Einzelöfen, Zentralheizung, (Warmwasser und Luft)	Heizöl, Kohle, Stroh, Holz, Gas, Strom, Solarenergie
Werkstatt, Heizung	3– 5	Einzelöfen oder Anschluß an Zentralheizung	Öl (auch Altöl), Kohle, Holz, Gas, Strohbricketts
Aufzuchtstall, Heizung	3–300	Einzelöfen oder Zentralhei- zungsanschluß	Öl, Gas, Kohle, Holz, Stroh
Ställe, Brauchwasser	1– 3	elektrische Speicheröfen; Boiler einzeln oder Heizkes- selanschluß	Strom, Gas, Öl, Kohle, Holz, Stroh Solarenergie
Trocknung	40–800	Warmlufttrockner stationär oder versetzbar; Anschluß an Zentralheizung	Öl, Kohle, Holz, Stroh, Gas (Solarenergie bei geringem Leistungsbedarf)

Alle genannten Energieträger finden in der Landwirtschaft ihren Anwendungsbereich. Die gebräuchlichen Anwendungs- und Leistungsbereiche sind in Tabelle 6 zusammengefaßt.

4 Elektroenergie

Die elektrische Energie ist eine *Sekundärenergie*, die sich leicht in mechanische, thermische, chemische Energie und in Licht umformen läßt.

Ihre Anwendung hat folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- ▶ Sofort verfügbar, geringe Bereitstellungsverluste,
- ▶ einfach schalt- und regelbar,
- ▶ hohe Wirkungsgrade bei der Umformung,
- ▶ abgasfrei,
- ▶ wartungsarme Geräte mit geringer Lärmbelästigung.

Nachteile:

- ▶ In der Regel an öffentliches Versorgungsnetz und an Standort gebunden,
- ▶ begrenzte Leistung,
- ▶ teuer.

Die wichtigsten elektrischen Größen sind die *Spannung*, der *Strom* und der *Widerstand*. Die Spannung ist mit dem Druckgefälle, der Strom mit der Durchflußmenge und der Widerstand mit der Rohrreibung einer Wasserleitung vergleichbar.

4.1 Stromarten und Elektromotor

Gleichstrom – Bei Gleichstrom bleibt die Richtung von Spannung und Strom stets gleich. Die Zusammenhänge beschreibt das »**Ohmsche Gesetz**«:

$$\text{Strom} = \frac{\text{Spannung}}{\text{Widerstand}}$$

$$I = \frac{U}{R}; \quad 1 \text{ A} = \frac{1 \text{ V}}{1 \Omega}$$

Der **Stromkreis** besteht aus Stromerzeuger und Stromverbraucher, die durch zwei voneinander getrennte Leiter (»Strombahnen«) miteinander verbunden sind. Der *Widerstand* hängt vom Leiterquerschnitt, der Leiterlänge und vom Material ab. Metalle (besonders Kupfer) sind gute Leiter, Kunststoffe (Isolatoren) dagegen schlechte.

elektrische Leistung = Spannung × Stromstärke

$$P = U \cdot I$$

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$$

elektrische Arbeit = Spannung × Stromstärke × Zeit

$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$1 \text{ Ws} = 1 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} \cdot 1 \text{ s}$$

Vorteile des Gleichstromes:

- ▶ Speicherbar in Akkumulatoren (»Batterien«),
- ▶ erforderlich für elektrochemische Vorgänge (z. B. Verchromen),
- ▶ Motoren mit besten Drehzahleigenschaften.

Nachteile des Gleichstromes:

- ▶ Nicht transformierbar (Erzeuger- und Verbraucherspannung sind identisch) und daher nicht über weite Strecken zu leiten,
- ▶ aufwendige Schaltgeräte und Motoren,
- ▶ eng begrenzte Leistung bei Akkumulatoren.

Der **Einsatz** von Gleichstrom beschränkt sich in der Landwirtschaft auf Elektroausrüstungen an Acker-schleppern und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen (Start-, Signal-, Beleuchtungs- und Überwachungseinrichtungen). Elektronische Datenverarbeitungsanlagen (EDV) arbeiten ebenfalls mit Gleichstrom, der jedoch fast immer aus Wechselstrom mit Gleichrichtern erzeugt wird.

Als **Energiespeicher** werden dabei fast ausschließlich Blei-Akkumulatoren mit einer Nennspannung von 12 oder 24 V verwendet. Die Kurzzeitleistungen (bis 30 s) können 5 kW erreichen, die Dauerleistungen liegen jedoch mit maximal 0,5 kW (Lichtmaschine) erheblich darunter.

Wechselstrom – Beim Wechselstrom ändern **Spannung** und **Strom** periodisch ihre Richtung und Größe in Form einer Sinusfunktion. Die Frequenz f (Einheit Hertz Hz = 1/s) gibt an, wie viele Vollschnwingungen in einer Sekunde erfolgen. Beträgt die Frequenz 50 Hz, wie im europäischen Verbundnetz, dann steigt die Spannung (Strom) 50mal in der Sekunde von Null auf den positiven Scheitelwert und 50mal in der Sekunde von Null auf den negativen Scheitelwert. Spannung und Strom werden nicht in Scheitelwerten (z. B. im 220 V-Netz 310 V), sondern in *Effektivwerten* angegeben. Der Effektivwert ist der quadratische Mittelwert einer Vollschnwingung. Ein Wechselstrom mit einem Effektivwert von 1 A hat die gleiche Wärmewirkung wie ein Gleichstrom von 1 A.

Spannungen und Ströme bauen immer **elektromagnetische Felder** auf; beim Wechselstrom ändern diese Felder Größe und Richtung. Diese Wechselfelder erzeugen (induzieren) in Leitern wiederum Spannungen und Ströme, wobei auf die Leiter Kräfte ausgeübt werden. Diese Verknüpfung von elektrischen Wechsel-Spannungen bzw. Wechsel-Strömen mit elektromagnetischen Wechsel-Feldern und mechanischen Kräften stellt die Grundlage für alle elektrischen Maschinen dar:

- ▶ **Generatoren** wandeln mechanische Energie in elektrische,
- ▶ **Motoren** wandeln elektrische Energie in mechanische;
- ▶ **Transformatoren** ändern die Größe von Wechselspannungen und Wechselströmen.

Durch die Induktion des elektromagnetischen Wechselfeldes erreichen bei induktiven (Motoren und Drosselspulen) und kapazitiven Verbrauchern (Kondensatoren) Spannung und Strom nicht gleichzeitig ihr Maximum; es tritt eine *Phasenverschiebung* φ zwischen 0 und 90° ein. Dadurch verringert sich die nutzbare Leistung P (Wirkleistung) bzw. die Arbeit W .

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$W = P \cdot t$$

Der $\cos \varphi$ wird als Leistungsfaktor bezeichnet und liegt beim Motor je nach Belastung zwischen 0,6 und 0,9. Der Stromzähler berücksichtigt nur die nutzbare Leistung.

Vorteile von Wechsel- bzw. Drehstrom:

- ▶ Einfache Erzeugung mit hoher spezifischer Leistung (kW/kg Generator),
- ▶ leicht transformierbar, dadurch mit hohem Wirkungsgrad über weite Strecken übertragbar,
- ▶ einfache, robuste Motoren.

Nachteile von Wechsel- bzw. Drehstrom:

- ▶ Nicht unmittelbar speicherbar,
- ▶ Motoren mit schlechten Drehzahlregeleigenschaften.

Drehstrom (Dreiphasenwechselstrom) ist eine Verknüpfung von drei zeitlich verschobenen Wechsel-

Wirkleistung bei Drehstrom:

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

$$\sqrt{3} = 1,73$$

U = Spannung zwischen zwei Außenleitern
 I = Strom im Außenleiter

strömen. Werden die zeitlich verschobenen elektromagnetischen Wechselfelder auch räumlich verschoben (z. B. durch Anordnung der Spulen im Winkel von 120°), so entsteht ein »umlaufendes« elektromagnetisches Feld, das sogenannte *Drehfeld*.

Der **Drehstrommotor – Asynchronmotor (ASM)** wird in der Landwirtschaft häufig verwendet. Im feststehenden Teil des ASM (Stator) sind in Eisenkernen drei um 120° räumlich versetzte Spulensysteme angeordnet (bei einfacher Polpaarzahl). In ihnen wird das Drehfeld aufgebaut und läuft um (bei doppelter Polpaarzahl nur mit halber Drehzahl, bei dreifacher nur 1/3). Im rotierenden Teil des ASM (Rotor) liegen im Eisenkern Stäbe aus Aluminium, die durch Aluminiumscheiben an beiden Stirnseiten des Läufers kurzgeschlossen sind (Kurzschlußläufer). Das Drehfeld des Stators induziert in die Läuferstäbe Ströme, die wiederum ein Magnetfeld aufbauen, so daß in Verbindung mit dem Ständerdrehfeld ein Drehmoment auf den Rotor ausgeübt wird.

Die Rotordrehzahl ist immer um einen Schlupf (%) geringer als die Drehzahl des Drehfeldes, da bei gleichen Drehzahlen keine Ströme im Läufer induziert und damit kein Drehmoment gebildet würde (daher asynchroner Lauf).

$$\text{Rotordrehzahl} = \frac{\text{Netzfrequenz}}{\text{Polpaarzahl}} - \text{Schlupf}$$

$$n = \frac{f}{p} \cdot 60 \cdot \left(1 - \frac{s}{100}\right)$$

Tabelle 7 Drehzahlen von Drehstrom-Motoren.

Polpaarzahl	1	2	3	4
Drehfeld-Drehzahl 1/min	3000	1500	1000	750
Nenndrehzahl ASM (5% Schlupf) 1/min	2850	1425	950	712

Beim Drehstrom-Asynchronmotor mit Kurzschlußläufer sind also nur bestimmte Nenndrehzahlen möglich (Tabelle 7), Zwischenwerte erfordern Anpassungsgetriebe. Der ASM ist im Gegensatz zum Dieselmotor kurzzeitig hoch überlastbar und »drehzahlsteif«, d. h. die Motordrehzahl sinkt auch bei Überlastung nur wenig ab (Abb. 14). Er eignet sich also besonders für den Antrieb von Geräten, die konstante **Drehzahlen** erfordern und hohe Drehmomentspitzen aufweisen (Gebläse, Häcksler).

Die *Wirkungsgrade* des ASM liegen bei Nennlast je nach Motorstärke sehr hoch: 0,7 bei 1 kW Motor; 0,8 bei 3 kW, 0,85 bei 5,5 kW, 0,9 bei 18,5 kW.

ASM mit Kurzschlußläufer entnehmen dem Stromnetz einen sehr hohen **Anlaufstrom** (bis zum 8fachen

Nennstrom), so daß eine große Belastung der Leitungsnetze auftritt. Die meisten Elektro-Versorgungs-Unternehmen (EVU) schreiben deshalb für Motoren mit einer Nennleistung über 4 kW eine *Anlaufstrombegrenzung* vor. Die gebräuchlichste Methode ist die λ - Δ -Anlaufschaltung. Der Motor läuft in der λ -Schaltung an (Abb. 15, links; jedoch ohne N-Anschluß) und wird, wenn er in etwa die Nenn-drehzahl erreicht hat, auf die Δ -Schaltung (Abb. 15, rechts) umgeschaltet.

Dadurch wird der Anlaufstrom auf ein Drittel gegenüber dem Direktanlauf verringert. Da jedoch das Anlaufmoment in λ -Schaltung auch nur etwa ein Drittel beträgt, treten bei Anlauf unter Last Schwierigkeiten auf.

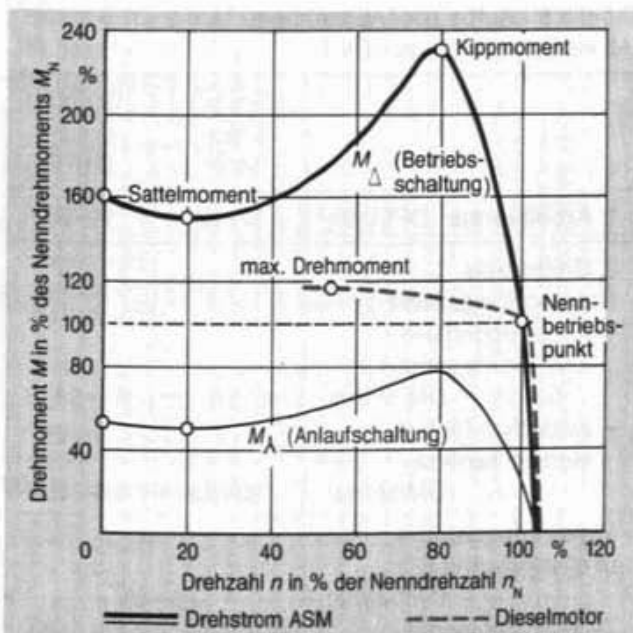


Abb. 14 Drehmomentverlauf von Asynchron-Elektromotor und Dieselmotor gleicher Nennleistung.

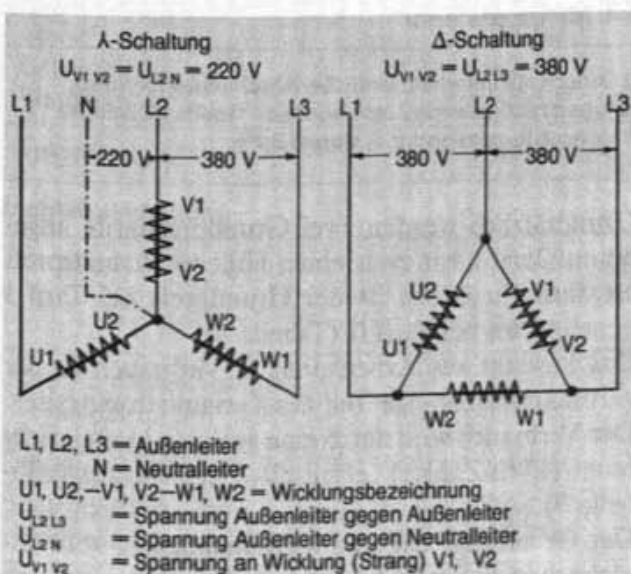


Abb. 15 Stern-Dreieck-Schaltung.

Für die **Auswahl** eines Drehstrom-Asynchronmotors (nach Möglichkeit Norm-Motoren nach DIN 42 673 bzw. 42 677) sind folgende **Kriterien** zu beachten:

- ▶ Die **Nennleistung** eines ASM wird auf dem Typenschild immer als die an der Welle abgegebene Leistung in kW angegeben (dieser Wert stimmt in etwa mit der Leistungsaufnahme aus dem Netz überein bei 80% Wirkungsgrad des Motors und 80% mittlerer Belastung).
- ▶ Die **Betriebsart**, z. B. in der Regel Dauerbetrieb oder seltener Kurzzeitbetrieb.
- ▶ Der Motor soll **nicht zu groß** gewählt werden, sonst sind die Folgen schlechter Leistungsfaktor, schlechter Wirkungsgrad und hohe Zuschläge für Überanschlußwerte.
- ▶ Bei automatischem Betrieb ist dem Motor unbedingt ein **Motorschutzschalter** vorzuschalten, eventuell Motorvollschutz.
- ▶ Je höher die **Nenn-drehzahl** ist, desto leichter und billiger wird der Motor; schnell laufende Motoren mit angebaute Getriebe (Getriebemotoren) können billiger sein als Motoren mit hoher Polpaarzahl.
- ▶ Die **Schutzarten** für Berührungs-, Fremdkörper- und Wasserschutz, die auf dem Typenschild (nach DIN 40 050) angegeben sind; für den Einsatz in landwirtschaftlichen Betriebsräumen ist mindestens die Schutzart IP 44 erforderlich.
- ▶ Die **Bauform** (z. B. B 3 für Fußbefestigung) je nach Lageranordnung, Befestigungsart und Wellenausführung (DIN 42 950).
- ▶ Bei **Schweranlauf** eventuell Sonderläufer für hohes Anlaufmoment.

Unfallschutz – Obwohl nur ca. 2% der Elektroenergie der Bundesrepublik Deutschland durch die Landwirtschaft verbraucht wird, entfielen 1982 ca. 20% der **tödlichen Unfälle** durch elektrischen Strom auf sie. Die Ursachen sind erschwerte Betriebsbedingungen, Nachlässigkeit, mangelnde Wartung und Pflege der Betriebsmittel. Deshalb sollte unbedingt beachtet werden:

- ▶ Erweiterungen, Umbauten und Reparaturen an elektrischen Betriebsmitteln dürfen nur von einer Elektrofachkraft (Elektromeister) vorgenommen werden, die die entsprechenden technischen Regeln (VDE-Bestimmungen) beachtet.
- ▶ Alle elektrischen Anlagen in der Landwirtschaft müssen nach dem Energiewirtschaftsgesetz nach der Inbetriebnahme in bestimmten Zeitabständen (in Bayern alle 8 Jahre) durch einen Sachverständigen überprüft und erforderlichenfalls innerhalb einer angemessenen Frist instand gesetzt werden; die Prüfkosten hat der Betreiber zu tragen.

- ▶ Elektrische Betriebsmittel, insbesondere Leuchten, Schaltanlagen, Motoren und Wärmegeräte sind unbedingt von Stroh, Heu usw. freizuhalten.
- ▶ Beschädigte Betriebsmittel müssen sofort außer Betrieb genommen werden.
- ▶ Funktion der FI-Schutzschalter (für Fehlerstromüberwachung) wöchentlich durch Betätigen der Prüftaste T überprüfen.
- ▶ Keine Sicherungen flicken, keine FI-Schutzschalter überbrücken.
- ▶ Bei Erdarbeiten beschädigte Erdungsanlagen sofort instandsetzen lassen.
- ▶ Vorsicht beim Unterfahren von Freileitungen.

4.2 Einsatz der Elektroenergie im landwirtschaftlichen Betrieb

Die Elektrizität beansprucht heute ein Fünftel der gesamten Aufwendungen für Fremdenergie in der landwirtschaftlichen Erzeugung (s. Tabelle 3, Seite 20). Während jedoch die benötigten Treibstoffmengen für sämtliche Schlepper seit etwa 1970 kaum noch zunehmen, verzeichnet der Einsatz von Elektroenergie in der Landwirtschaft weiter eine leichte Steigerung (Abb. 16), insbesondere in Betrieben mit intensiver Tierhaltung. Die durchschnittlichen Verbrauchswerte liegen bei etwa 600 kWh/ha LF und Jahr. Die Kosten für elektrischen Strom in Höhe von ca. 1,5 Mrd. DM (Gesamtausgaben Landwirtschaft ohne MwSt und Ausgleichsabgabe) werden nach sehr unterschiedlichen Tarifen berechnet.

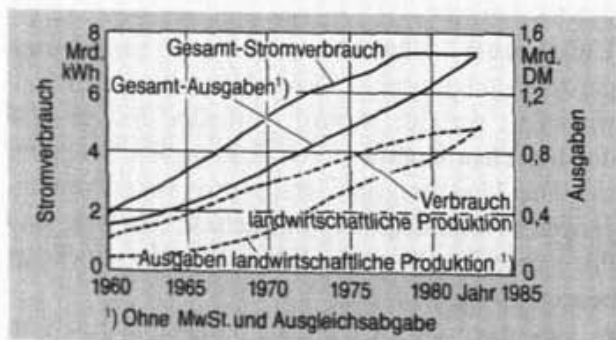


Abb. 16 Entwicklung des Verbrauchs und der Ausgaben der Landwirtschaft für elektrischen Strom in der Bundesrepublik Deutschland.

Tarifgestaltung – Nach der Bundestarifordnung Elektrizität (BTO Elt) setzen sich grundsätzlich die Tarife aus folgenden Positionen zusammen:

- ▶ **Arbeitspreis** für den Stromverbrauch,
- ▶ **Grundpreis** für das Bereitstellen elektrischer Leistung (Bereitstellungspreis) und für die Miete von Zähler und Tarifschaltungen (Verrechnungspreis),

- ▶ **Abgaben, Ausgleichsabgabe (Kohlepfennig) und Mehrwertsteuer.**

Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) bieten im wesentlichen folgende Allgemeine Tarife an: Grundpreistarif I und II, Kleinverbrauchstarif und Schwachlasttarif.

Die meisten landwirtschaftlichen Betriebe beziehen ihre elektrische Energie nach einem **Grundpreistarif**. Der an das EVU zu entrichtende Gesamtstrompreis beträgt:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtstrompreis} &= \text{Arbeitspreis} \times \text{Verbrauch} \\ &+ \text{Grundpreis} \\ &+ \text{Ausgleichsabgabe} \\ &+ \text{Mehrwertsteuer} \end{aligned}$$

Tabelle 8 Aufbau der Allgemeinen Tarife (Abweichungen je nach EVU).

	Grundpreistarif I	Grundpreistarif II
1. Arbeitspreis DPf/kWh	17–19	14–16
2. Grundpreis <i>Bereitstellungspreis¹⁾</i> – für die ersten 0–5 Tarif-ha insgesamt DM/Monat	4 –8	8 –14
– zusätzlich für jedes weitere Tarif-ha DM/Monat	1,0–1,2	1,3– 2,0
<i>Verrechnungspreis</i> Drehstromzähler DM/Monat	2,6–4,5	
Zweitarifzähler mit Tarifschaltung DM/Monat	4,8–8,5	
3. Ausgleichsabgabe %	2,7–4,1 ²⁾	
4. Mehrwertsteuer %	14	

¹⁾ Jedoch nur unterhalb tariflicher Anschlußwertgrenzen; für Überanschlußwerte Zuschläge nach Tabelle 10, Seite 30.

²⁾ Je nach Bundesland, z. B. Bayern 3,3%.

Grundsätzlich werden zwei Grundpreistarife angeboten. Tarif I hat zwar einen höheren Arbeitspreis als Tarif II, jedoch ist der Grundpreis bei Tarif I günstiger als bei Tarif II (Tabelle 8).

Das Produkt aus Arbeitspreis \times Verbrauch ist der verbrauchsabhängige Teil des Gesamtstrompreises. Der Verbrauch wird durch eine geeichte Meßeinrichtung (kWh-Zähler) ermittelt (Richtwerte s. Tabelle 9).

Der Grundpreis dagegen wird unabhängig vom tatsächlichen Stromverbrauch erhoben und setzt sich aus dem Bereitstellungspreis, eventuell einem Zu-

Tabelle 9 Richtwerte für den Jahresstromverbrauch in der Tierhaltung.

Rindviehhaltung

Verbraucher	kWh/a und Kuh mit Nachzucht
Melkanlage	40– 60
Spülautomat	40– 70
Heißwasserbereiter	70–120
Milchkühlanlage	60–130
Entmistungsanlage	2– 7
Kreiseltauchpumpe	8– 12
Futtereinlagerung mit Fördergebläse	5– 10
Greiferanlage	2– 4
Höhenförderer	1– 3
Heubelüftung und Trocknung	30–170
Siloentnahmefräse	5– 30
Futtermittelanlage	2– 5
Mahl- und Mischanlage	15– 25
Kraftfutterdosierer	5– 10
Stalllüfter	50–140
Beleuchtung	15– 25
insgesamt	250–550
Verbraucher	kWh/a und Mastplatz
Bullenmast mit Aufzucht insgesamt	50–200

Mastschweinehaltung

Verbraucher	kWh/a und Mastplatz
Mahl- und Mischanlage	6–10
Fütterungsanlage für Trockenfutter	1– 4
Flüssigfütterungsanlage	5–15
Kreiseltauchpumpe	1
Stalllüftung	15–30
Beleuchtung	2– 7
Warmwasser	1– 3
insgesamt	30–60

Zuchtsauenhaltung

Verbraucher	kWh/a und Zuchtsau mit Ferkel
Mahl- und Mischanlage	10– 15
Ferkelheizung	160–400
Kreiseltauchpumpe	2– 3
Stalllüftung	50– 80
Beleuchtung	25– 85
Warmwasser	3– 5
insgesamt	250–600

Hühner

	kWh/a und Legehennen
insgesamt	3–4

schlag für Überanschlußwerte und dem Verrechnungspreis zusammen. Der *Bereitstellungspreis* berücksichtigt die hohen Aufwendungen der EVU für die zeitlich unbegrenzte Bereitstellung elektrischer Energie. Dabei wird als Bemessungsgrundlage für den Bereitstellungspreis eine sogenannte *Leistungshilfsgröße* herangezogen, und zwar für landwirtschaftliche Betriebe die landwirtschaftlich genutzte Fläche (Tarif-ha).

Die Verknüpfung des Bereitstellungspreises mit der Betriebsgröße geht von der Annahme aus, daß größere Betriebe leistungsfähigere Geräte benötigen als kleinere (der Bereitstellungspreis für den Haushaltsbedarf des Landwirtes wird entweder getrennt berechnet oder ist im landwirtschaftlichen Betriebsbedarf enthalten).

Ausgehend von einem Mindestbetrag für fünf Tarif-Hektar steigt der Bereitstellungspreis mit der Betriebsgröße unter der Voraussetzung linear an, daß bestimmte vorgegebene tarifliche Anschlußwerte (kW-Freigrenzen) nicht überschritten werden.

Beim *Überschreiten dieser Freigrenze* wird ein Zuschlag für den Überanschlußwert erhoben. Sowohl die Freigrenze als auch die Höhe der Zuschläge für Überanschlußwerte werden je nach EVU verschieden berechnet (s. Tabelle 10, Seite 30, EVU Gruppe A und B). Hinzu kommt, daß die Ermittlung des tariflichen Anschlußwertes in kW je nach installierten Verbrauchern bei den einzelnen EVU sehr unterschiedlich erfolgt (EVU Gruppe A in der Regel günstiger als Gruppe B).

Vor dem Kauf größerer Stromverbraucher soll daher geklärt werden, wie diese Berechnung des zuständigen EVU erfolgt und ob Zuschläge für Überanschlußwerte erhoben werden (Abb. 17, Seite 30).

Der **Kleinverbrauchstarif** hat für die Landwirtschaft nur in Sonderfällen Bedeutung, z. B. bei sehr niedrigem Stromverbrauch je ha in reinen Ackerbaubetrieben mit großer landwirtschaftlicher Nutzfläche. Der an das EVU zu entrichtende Gesamtstrompreis errechnet sich bei diesem Tarif:

$$\begin{aligned} \text{Gesamtstrompreis} &= \text{Arbeitspreis} \times \text{Verbrauch} \\ &+ \text{Verrechnungspreis} \\ &+ \text{Ausgleichsabgabe} \\ &+ \text{Mehrwertsteuer} \end{aligned}$$

Bei diesem Tarif entfällt der Bereitstellungspreis, allerdings beträgt der Arbeitspreis 45–60 Dpf/kWh.

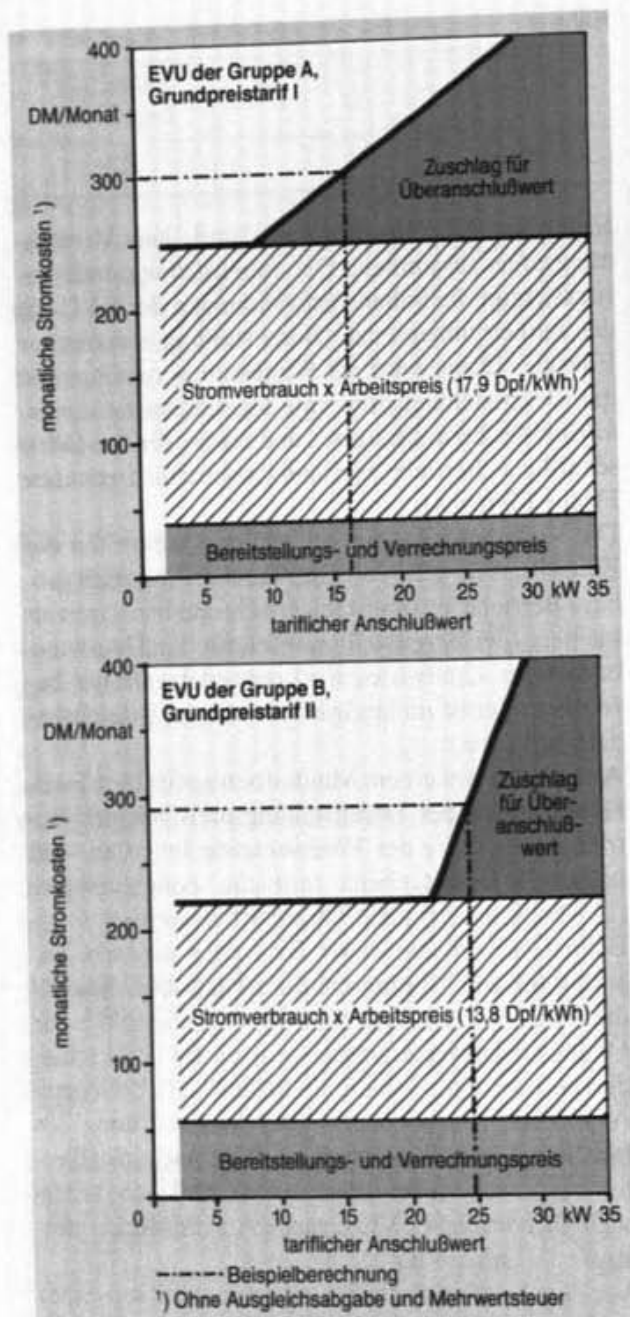


Abb. 17 Beispiele zur monatlichen Strompreismittlung für einen Milchviehbetrieb mit 30 Kühen (mit Nachzucht) und 30 Tarif-ha; mittlerer Monatsstromverbrauch 1170 kWh (ohne Haushalt), insgesamt installierte Nennleistung aller Elektrizitäts-Verbraucher 43 kW, tarifliche Anschlußwerte EVU-A = 16,2 kW und EVU-B = 25 kW.

Tabelle 10 Anhaltswerte für die Berechnung des Zuschlages zum Bereitstellungspreis für Überanschlußwerte.

	Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU)			
	Gruppe A		Gruppe B	
Anschlußwert-Freigrenze für die ersten 5 ha	kW		14	
für jeden weiteren Tarif-ha	kW		von 5–15 ha je ha 0,5 kW ab 15 ha je ha 0,2 kW	
Zuschlag für Überanschlußwerte je 0,5 kW	DM/Monat		DM/Monat	
	Grundpreistarif		Grundpreistarif	
	I	II	I	II
	2,70–3,70	3,60–5,40	6–8	12–15

Der **Schwachlasttarif** kann nur zusätzlich zu einem Grundpreistarif oder zum Kleinverbrauchstarif gewählt werden. Während der Schwachlastzeit, je nach EVU verschieden (meist 22.00–6.00 Uhr), wird ein niedrigerer Arbeitspreis von 10,2–11,5 Dpf/kWh verrechnet. Jedoch erhöht sich bei den meisten EVU der Grundpreis je nach gewähltem Grundpreistarif; außerdem wird die Elektro-Installation aufwendiger. Einige EVU gewähren den Schwachlasttarif nur für bestimmte Verbraucher wie Heißwasserspeicher, Speicherheizung und Wärmepumpe. Ein Umstellen auf Schwachlasttarif ist daher erst nach Rücksprache mit dem EVU und genauer Kosten-Nutzen-Analyse sinnvoll.

Die **Ausgleichsabgabe** wird aus der Summe »Arbeitspreis × Verbrauch + Grundpreis« berechnet und vom EVU an das Bundesamt für gewerbliche Wirtschaft abgeführt. Sie dient der Sicherung des Einsatzes von Kohle in der Elektrizitätswirtschaft.

Tarifauswahl – Grundsätzlich kann der Landwirt zwischen den ihm angebotenen Tarifen wählen. Abgerechnet wird jedoch vom EVU seit 1980, ohne besondere Aufforderung, immer nach dem für den Verbraucher günstigsten Tarif (*Bestabrechnung*), also Grundpreistarif I oder II oder Kleinverbrauchstarif. Da der landwirtschaftliche Stromverbrauch in der Regel nur gemeinsam mit dem Haushaltsverbrauch erfaßt werden kann (bei Neuinstallationen jedoch auch getrennte Messung), wird für die gemeinsame Abrechnung eine sogenannte lineare Komponente angewandt.

Sie bewirkt, daß ab dann, wenn bei sehr hohem Stromverbrauch nach Tarif II der durchschnittliche Gesamtstrompreis in Dpf/kWh (also einschließlich Bereitstellungspreis) unter den Arbeitspreis des Tarifes I sinkt, linear mit weiterem Anstieg des Jahresstromverbrauches nach dem Arbeitspreis des Tari-

fes I ohne Bereitstellungspreis abgerechnet wird. Dadurch kann der durchschnittliche Strompreis nicht unter den Arbeitspreis nach Tarif I sinken.

Verminderung der Stromkosten – Sie kann erreicht werden durch:

- ▶ Begrenzen des tariflichen Anschlußwertes auf die Freigrenze,
- ▶ Einsparungen beim Stromverbrauch.

Die **Begrenzung der Anschlußwerte** ist von besonderer Bedeutung, denn die Zuschläge für Überanschlußwerte sind oft beträchtlich (Abb. 17).

Die **Überanschlußwerte** können durch folgende Maßnahmen eingegrenzt werden:

- ▶ Wahl von Arbeitsverfahren mit geringen Anschlußwerten,
- ▶ Gebläseförderung mit hohem Leistungsbedarf vermeiden, eventuell vorgeschaltete Dosiereinrichtungen einsetzen oder mechanische Förderer verwenden (zur Futtereinlagerung, Körnerförderung),
- ▶ leistungsstarke Geräte mit nur geringer Einsatzzeit über den Zapfwellenantrieb des Schleppers betreiben (Silobefüllgebläse, Flüssigmispumpe),
- ▶ Wärmeerzeugung zur Trocknung und Klimatisierung durch andere Energiearten vorsehen (Öl, Gas),
- ▶ Wahlschalter, Verriegelung oder Lastabwurf verhindern gleichzeitige Inbetriebnahme leistungsstarker Verbraucher,
- ▶ Betrieb bestimmter Verbraucher in Schwachlastzeiten verlagern (Heißwasserspeicher, Mahl- und Mischanlagen) und über Rundsteueranlage des EVU verriegeln.

Eine **Einschränkung des Stromverbrauches** läßt sich in vielen Produktionsbereichen erzielen. Beispiele sind Trauf-First-Lüftung statt Zwangslüftung in der Rinderhaltung oder Silagebereitung statt Unterdachd Trocknung.

Einsparungsmaßnahmen bei der Elektroenergie dürfen jedoch in keinem Fall zu einer Verschlechterung der Produktionstechnik führen. Vielmehr kommt es darauf an, den elektrischen Strom als kostbare Energieform sinnvoll und richtig einzusetzen.

5 Solarenergie

Der Energiestrom der Sonne beträgt an der Sonnenoberfläche 43 MW/m^2 und am äußeren Rand der Erdatmosphäre noch $1,4 \text{ kW/m}^2$ im Wellenlängenbereich von $0,2\text{--}4,0 \mu\text{m}$. Davon erreichen

infolge Reflexion an den Wolken, der Atmosphäre und der Erdoberfläche und durch Absorption in der Atmosphäre nur 43% als sogenannte **Globalstrahlung** die Erdoberfläche. Als maximale Strahlungsintensität verbleiben rund 1 kW/m^2 . Abhängig vom Standort, der Witterung und dem Tag/Nacht-Wechsel schwankt die Globalstrahlung sehr stark.

In der Bundesrepublik Deutschland beträgt die nutzbare Energie pro Tag im Jahresmittel ca. $2,6 \text{ kWh/m}^2$, an einem Sonnentag hingegen $5\text{--}7 \text{ kWh/m}^2$. Für die Nutzung der Globalstrahlung werden im wesentlichen 2 Wirkmechanismen eingesetzt:

- ▶ Solarzellen
- ▶ Solarkollektoren

Solarzellen beruhen auf dem Photovolta-Effekt, wonach durch Lichtabsorption in einer Photozelle (Halbleiter) ein Gleichstrom erzeugt wird. Der Wirkungsgrad von Solarzellen liegt z. Z. nur bei 10–15%, so daß eine Anwendung vorerst auf Gleichstromverbraucher geringer Leistung begrenzt ist (Batterieaufladung bei Weidezaungeräten).

Solarkollektoren bestehen aus einem »Absorber« und einer Abdeckung zur Verringerung der Rückstrahlung. Der gleiche Wirkmechanismus liegt dem Folienanbau mit transparenter Mulch- und Bedeckungsfolie und dem Gewächshauseffekt zugrunde. Da die Rückstrahlung der Absorberfläche außerhalb des Sonnenspektrums im Infrarotbereich liegt, kann sie durch geeignete Bedeckungsmaterialien abgeblockt werden.

6 Sonstige Energiequellen (Nutztierwärme, Biogas)

Die Nutzung der *geothermischen Energiequellen* (Luft, Wasser, Erdwärme) und von *Wärmequellen der Tierproduktion* (Milch, Stallluft) hängt von deren Temperaturniveau ab. Nutzbar werden diese Energiequellen durch die Verwendung von Wärmetauschern ohne oder mit nachgeschalteter Wärmepumpe.

Wärmetauscher – Sie dienen der Gewinnung von Nutzwärme, z. B. aus der Stallabluft.

Beispiel:

Bei der Abkühlung von Stallluft um 1°C werden $0,28 \text{ Wh/kg}$ trockene Luft, $0,54 \text{ Wh/kg}$ Dampf und durch Kondensation 690 Wh/kg Wasserdampf frei. Je wärmer und je feuchter die Stallluft ist, desto höher ist die Wärmerückgewinnung.

In Stallluftwärmetauschern werden die Warm- und Kaltluftströme entlang einer gemeinsamen Trennfläche geführt, durch die die Wärme direkt übertragen wird. Bei Taupunktunterschreitung des feuchteren Luftstromes erfolgt Kondensation (zusätzliche Übertragung latenter Wärme). Ein Stoffaustausch (Sorption) findet nicht statt. Als Trennflächen dienen Folien, Rohre oder Platten mit großer Oberfläche; im Selbstbau haben sich PE-Wellrippenrohre bewährt. Der *Wärmeaustauschgrad* der Wärmetauscher liegt zwischen 15 und 40%.

Wärmepumpen – Sie haben die Aufgabe, die durch Wärmetauscher gewonnene Wärmeenergie auf ein höheres Temperaturniveau zu transformieren, um eine Nutzung z. B. als warmes Brauchwasser oder in Warmwasserheizungsanlagen zu ermöglichen. In der

landwirtschaftlichen Praxis haben nur *Kompressionswärmepumpen* Bedeutung, die als Umkehrung eines Kühlaggregates arbeiten.

In Abhängigkeit von der genutzten Energiequelle und dem Grad der Temperaturerhöhung werden Arbeitszahlen (*Wirkungsgrad*) von 2,5–4 erreicht. Das bedeutet, daß 1 kWh für den Elektro-Antrieb der Wärmepumpe in 2,5–4 kWh Nutzenergie umgewandelt wird. Weite Verbreitung findet die Wärmepumpe inzwischen zur Nutzung der Milchabwärme für die Warmwasserbereitung (Abb. 19), aber auch in vermehrtem Umfang zur Gewinnung von Wohnheizenergie aus der Stallabluft.

Beispiel:

Ein Stall mit 30 GV gibt ca. 9 kW Wärme ab. Mit einer Wärmepumpe von 4 kW kann somit bei einer Arbeitszahl von 3,25 eine Heizleistung von 13 kW zur Verfügung gestellt werden. Dies reicht zum Heizen eines gut gedämmten Wohnhauses mit 100 m² Wohnfläche aus.

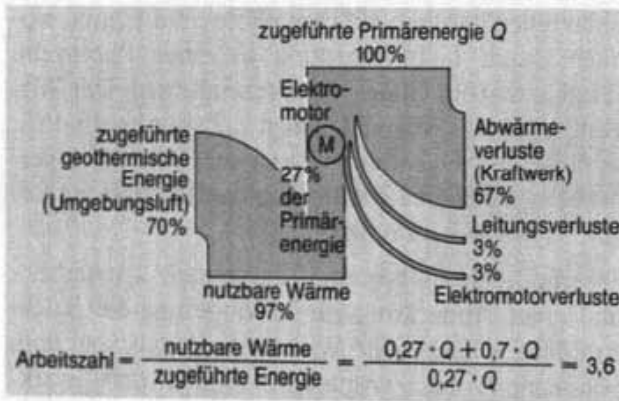


Abb. 18 Energieflußdiagramm einer Elektrowärmepumpe.

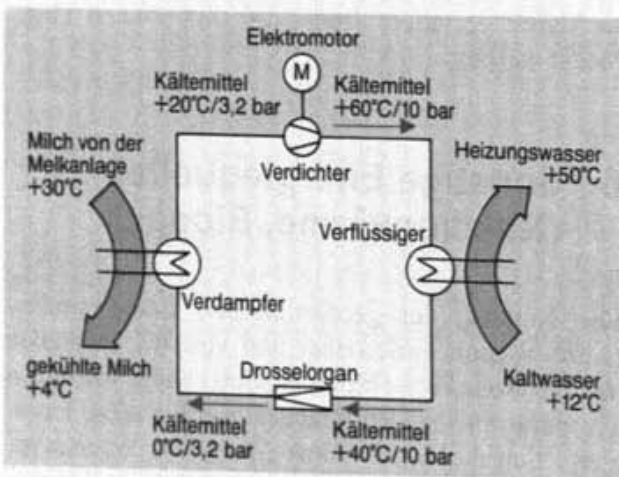


Abb. 19 Funktionsschema einer Wärmepumpe zur Nutzung der Milchabwärme für die Warmwasserbereitung.

Biogasanlagen – Sie nutzen die biochemische Energie in Reststoffen der tierischen und pflanzlichen Produktion durch die Erzeugung von Biogas. Deren Wirkungsweise beruht auf der Umwandlung von organischer Trockenmasse durch anaerobe Bakterien im Bereich mittlerer Temperaturen (35° C) bei einem pH-Wert von 6,9–7,5 in ein Gasmisch aus 60–65 Vol.-% Methan (CH₄) und Reste von H₂S und CO₂. Es handelt sich damit um ein explosives, giftiges und korrosives Gas (Sicherheitsmaßnahmen erforderlich). Die *Gasausbeute* liegt zwischen 0,15 und 0,7 m³/kg organische Trockenmasse.

Der *Gasanfall* schwankt wegen der erforderlichen Prozeßtemperaturen von ca. 35° C und dem damit jahreszeitlich unterschiedlichen Prozeßwärmebedarf (Wärmedämmung). Der *Gasnutzungsgrad* (Energie-nutzungsgrad) hängt wesentlich von den angeschlossenen Verbrauchern und der Speichermöglichkeit ab. Von den in Frage kommenden Verbrauchern wie Heizung, Trocknung und Wärme-Kraftmaschinen hat nur die Verwendung als Heizölersatz Bedeutung. Die *Wirtschaftlichkeit* einer Biogaserzeugung wird durch den notwendigen Kapitalbedarf der Gesamtanlage (1000–2500 DM/GV) und insbesondere von der sinnvollen Verwertung des erzeugten Biogases bestimmt. Sowohl hoher Kapitalaufwand als auch zu geringe Nutzung im Sommer erschweren den wirtschaftlichen Einsatz.

Tabelle 11 Grundbegriffe, Grundgleichungen, Kennwerte, Vor- und Nachteile von Dieselmotoren¹⁾.

Begriffe	Gleichungen	Zahlenwerte
Motorhubraum	$V_H = V_h \times \text{Anzahl der Zylinder}$	
Verdichtungsverhältnis	$\varepsilon = \frac{V_h + V_c}{V_c}$	14 – 22 : 1
Motorleistung		Verdichtungsenddruck 35–60 bar
Viertaktmotor	$P = \frac{V_H \times p_m \times n}{1200}$	Motordrehzahlen (n) 2000–2600/min
Zweitaktmotor	$P = \frac{V_H \times p_m \times n}{600}$	
Nutzleistung ²⁾ (effektive Motorleistung, nach DIN 70020 Nettoleistung)	$p_m =$ mittlerer Verbrennungsdruck im Brennraum	mittlerer Verbrennungsdruck 7–11 bar
Motorverlustleistung	$P_e = P -$ Motorverlustleistung	Wirkungsgrad 23–33 (50) %
	durch Reibung, Gaswechsel, Antrieb von Hilfseinrichtungen (z. B. Einspritzpumpe, Kühlwasserpumpe)	
Hubraum-Leistung	$P_H = \frac{P_e}{V_H}$	15–20 kW/dm ³
Leistungsmasse	$m_P = \frac{\text{Motormasse}}{\text{Nutzleistung } P_e}$	5,5–9,5 kg/kW
spezifischer Kraftstoffverbrauch	$b_e = \frac{B \times 1000}{P_e}$ $B(\text{kg/h}) =$ stündlicher Kraftstoffverbrauch	210–340 g/kWh
Vorteile	geringer Kraftstoffverbrauch, günstig im Teillastbereich, da λ groß; großes Drehmoment bei geringer Drehzahl; gute Lager- und Transportfähigkeit von Dieselmotorkraftstoff	
Nachteile	teuere Motoren; hohe Geräuschemission, rauher Motorlauf; Filterbarkeitsgrenze »Sommerdiesel« 0° C, »Winterdiesel« –12° C, bei tieferen Temperaturen Zusatz von Fließverbessern, Normalbenzin oder Petroleum erforderlich	

¹⁾ S. Abb. 20

²⁾ Bei SAE-Leistungsmessung werden auf dem Prüfstand Hilfseinrichtungen entfernt, daher liegt die SAE-Leistung (SAE-PS) 10–17% über DIN-Leistung, bei CUNA-Leistungsmessung (Italien) 5–10% über DIN-Leistung.

daraus ableitenden Vor- und Nachteile ist für den landwirtschaftlichen Schlepper nur der Dieselmotor von Bedeutung.

2.1.1 Dieselmotor

Der Dieselmotor ist durch eine *innere* und damit *ungleichmäßige* Gemischbildung von Dieselmotorkraftstoff und Luft sowie deren Selbstzündung gekennzeichnet. Dazu muß die angesaugte Luft im Brennraum auf 35–60 bar verdichtet und dadurch auf 500–700° C

erhitzt werden. Der Dieselmotorkraftstoff wird gegen Ende des Kompressionshubes eingespritzt. Zur Verbrennung von 1 kg Dieselmotorkraftstoff sind etwa 15 kg Luft erforderlich. Dieses Verhältnis von Luftmasse zu Kraftstoffmasse ist durch die Luftzahl $\lambda = 1$ gekennzeichnet.

Dieselmotoren arbeiten immer mit Luftüberschuß ($\lambda = 1,1-10$, sogenannte magere Verbrennung). Mit steigender Luftzahl λ nimmt die Emission von Ruß, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff (HC) ab, von Stickoxid (NO_x) aber zu. Die Verbrennung im

Dieselmotor ist nie rußfrei. Um unterhalb der »Rauchgrenze« zu bleiben, muß beim Nebenkammervverfahren $\lambda > 1,1-1,25$ und bei Direkteinspritzung $\lambda > 1,4-1,5$ betragen.

Verbrennungsmerkmale beim Dieselmotor:

- ▶ Je höher die Verdichtung der angesaugten Luft im Brennraum (Zylinder), desto höher die Gas-temperatur zur Verdampfung des Dieselkraftstoffes, desto besser die Verbrennung (also der thermische Wirkungsgrad); jedoch sind Grenzen durch die Wirtschaftlichkeit und die technische Ausführbarkeit gegeben.
- ▶ Je mehr Luft (Sauerstoff) im Zylinder vorhanden (z. B. durch Aufladung), desto mehr Kraftstoff kann eingespritzt werden, desto größer die Hubraumleistung.
- ▶ Je besser Verbrennungsluft und verdampfter Kraftstoff vermischt wird, z. B. durch angepaßte *Brennraumformen*, *Verbrennungsverfahren* (Kolbenkammer-, Nebenkammervverfahren), *Aufladung*, desto besser die Luftausnutzung und desto geringer die Geräuschemission.

Bei Saugmotoren werden die Kraftstoffmenge und damit die Hubraumleistung durch die angesaugte Luftmenge begrenzt. Volumendurchsatz und Luftdichte bestimmen die Luftmenge (Luftdurchsatz). Ein **hoher Motorwirkungsgrad** oder eine Leistungssteigerung ist möglich durch eine

- ▶ bestmögliche Füllung (geringe Drosselung und Verwirbelung beim Ansaugen),
- ▶ Kühlung der Ansaugluft,
- ▶ Vorverdichtung der Ansaugluft.

Die Vorverdichtung der Ansaugluft außerhalb des Brennraumes bezeichnet man als *Aufladung*, wobei die Dichtesteigerung im Vergleich zum Saugmotor als *Aufladegrad* gekennzeichnet wird. Die möglichen Aufladeverfahren (Abb. 22) können einzeln oder in Kombinationen angewandt werden.

Abgasturbolader – Bei Dieselmotoren in Acker-schleppern werden einstufige Abgasturbolader (Abb. 21) verwendet, eventuell in Verbindung mit Ladeluftkühlung und Resonanzaufladung. Beim Abgasturbolader treiben die heißen Abgase des Motors das Turbinenrad des Laders. Das auf der gleichen Welle sitzende Verdichterrad (Strömungsverdichter) drückt die Verbrennungsluft mit einem Überdruck von 400–600 mbar in den Verbrennungsraum. Je höher der »Ladedruck« und je niedriger die Lufttemperatur nach der Aufladung, desto höher ist der Aufladegrad und desto größer ist die mögliche Drehmoment- und Leistungssteigerung (Abb. 23, Seite 36).

Vorteile:

- ▶ Steigerung der Hubraumleistung um 15–20%,
- ▶ besserer Drehmomentverlauf im Nutzdrehzahlbereich,
- ▶ verringerter spezifischer Kraftstoffverbrauch,
- ▶ günstiger spezifischer Kraftstoffverbrauch im Teillastbereich,
- ▶ verbesserte Emissionswerte.

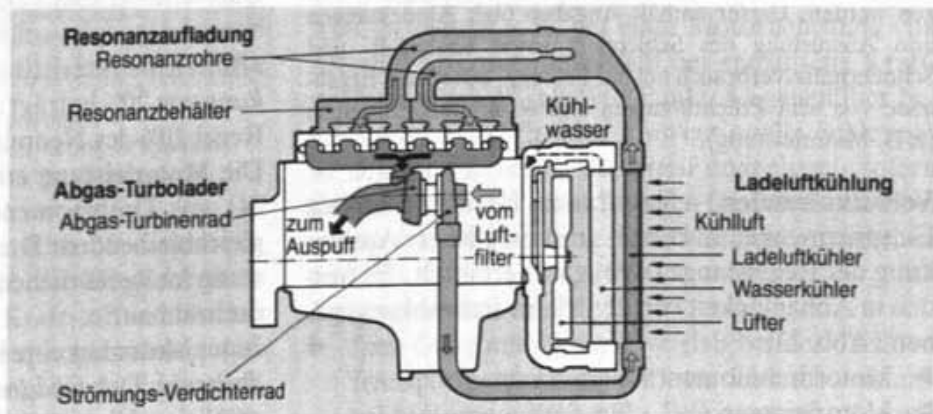


Abb. 21 Gebräuchliche Aufladeverfahren bei Schleppermotoren.

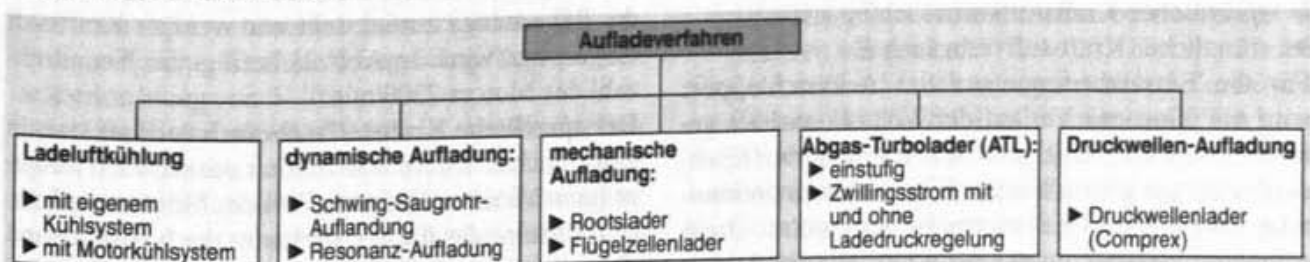


Abb. 22 Aufladeverfahren für Dieselmotoren.

Nachteile:

- ▶ höherer Bauaufwand und Raumbedarf,
- ▶ hochwärmefeste Werkstoffe erforderlich,
- ▶ für hohe Leistung Ladeluftkühlung erforderlich,
- ▶ Drehmomentabfall im niedrigen Drehzahlbereich,
- ▶ schlechtes Lastannahmeverhalten.

2.1.2 Betriebsverhalten und Beurteilung des Dieselmotors

Unter **Betriebsverhalten** werden die Eigenschaften eines Motors im praktischen Einsatz verstanden. Das Betriebsverhalten sagt z. B. aus, wie sich die Drehzahl des Dieselmotors in einem Ackerschlepper bei sich änderndem Zugwiderstand verhält, also sich der veränderten Zugleistung anpaßt. Es wird z. T. auch als *Leistungsverhalten* bezeichnet. Das Betriebsverhalten des Dieselmotors unterscheidet sich deutlich vom Elektromotor (s. Kapitel »Energie«, Seite 27). Das Betriebsverhalten des Dieselmotors kann am besten mit folgenden, für jeden Motor unterschiedlichen **Kennlinien** angegeben werden:

- ▶ Vollastkennlinien,
- ▶ Motorkennfeld.

Vollastkennlinien und *Motorkennfeld* sind in den Prüfberichten von Ackerschleppern (Bericht über technische Untersuchungen nach dem O.E.C.D.-Standard-Code) enthalten. In der Bundesrepublik Deutschland werden die technischen Untersuchungen durch die DLG durchgeführt. Für jeden DLG-geprüften Schlepper kann ein *Prüfbericht* bezogen werden. Dieser enthält Angaben über Abmessungen und Ausrüstung des Schleppers sowie Kraftstoff- und Schmiermittelverbrauch bei der Prüfung, außerdem Ergebnisse von acht Pflichtübungen und wahlfreien Prüfungen (z. B. Motorleistung).

Vollastkennlinien – Sie werden für die maximale Einspritzmenge, also bei größtmöglicher Auslenkung der Regelstange (»Vollgas«) ermittelt. Es werden in Abhängigkeit von der Motordrehzahl angegeben (Abb. 23):

- ▶ Motordrehmoment M ,
- ▶ Motorleistung P_e ,
- ▶ spezifischer Kraftstoffverbrauch b_e ,
- ▶ stündlicher Kraftstoffverbrauch B .

Für die Einsatzbedingungen des Ackerschleppers wird ein günstiger Verlauf der Vollastkennlinie gefordert, worüber eine gute Abstimmung der Kraftstoffversorgung entscheidet. Für das **Motordrehmoment** ist ein Anstieg über einem bestimmten Drehzahlabfall (»Drückung«) erwünscht. Dies bedeutet, daß bei stärkerer Belastung des Motors und dem da-

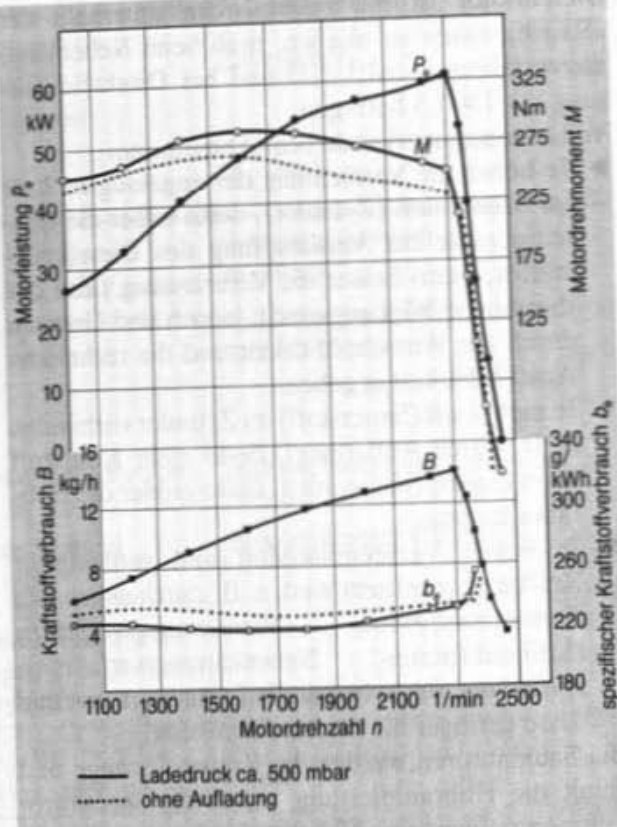


Abb. 23 Vollastkennlinie eines aufgeladenen Viertakt-Dieselmotors mit direkter Einspritzung, luftgekühlt (nach DLG-Prüfberichten).

mit verbundenen Drehzahlabfall das Drehmoment noch ansteigt, wodurch kleinere Belastungsspitzen, z. B. durch einen ungleichmäßigen Schwad beim Häckseln oder kurze Anstiege bei Transportwegen besser überwunden werden können.

Dies wird als gutes *Durchzugsvermögen* des Motors bezeichnet; dazu sollte die Drehmomentkurve eine »Büffelcharakteristik« aufweisen. Bei einer *Drückung* von 20% beträgt der Drehmomentanstieg in der Regel 10% des Nenn Drehmomentes.

Die **Motorleistung** errechnet sich (Tabelle 11, Seite 34) aus Drehmoment und Drehzahl. Bei nahezu gleichbleibendem Drehmoment steigt die Motorleistung im wesentlichen entsprechend mit der Motordrehzahl an.

Jeder Motor hat eine konstruktionsbedingte *Höchstdrehzahl*. Der *Enddrehzahlregler* verhindert ein wesentliches Überschreiten dieser Drehzahl, indem er die Regelstange zurückstellt und weniger Kraftstoff eingespritzt wird. In Abb. 23 beträgt die Nenn Drehzahl des Motors 2300/min.

Der **spezifische Kraftstoffverbrauch** verläuft stets in einer flachen Kurve oder mit einem schwach ausgeprägten Minimum bei etwa 70% der Motornenn Drehzahl. Infolge des flachen Verlaufes der b_e -Kurve muß der *stündliche Kraftstoffverbrauch* B einen der Motorleistung ähnlichen Kurvenverlauf ergeben.

Motorkennfeld – Es veranschaulicht den spezifischen Kraftstoffverbrauch des Dieselmotors für den gesamten Lastbereich, d. h. bei unterschiedlichen Einspritzmengen. In Abb. 24 ist das Motorkennfeld desselben Motors – wie bei den Vollastkennlinien – angegeben. Bei allen Dieselmotoren liegt der günstigste spezifische Kraftstoffverbrauch im Bereich von 60–80% der Motornennleistung. Dies entspricht auch der durchschnittlichen Motorbelastung beim landwirtschaftlichen Einsatz. Aus dem Motorkennfeld kann für die verschiedenen Arbeiten der spezifische Kraftstoffverbrauch näherungsweise entnommen werden. Der Drehzahlbereich mit dem günstigsten Kraftstoffverbrauch ist konstruktionsbedingt. Wenn das Motorkennfeld des verwendeten Schleppers bekannt ist, kann bei Zugarbeit der *energetisch günstigste Betriebspunkt* z. B. durch geeignete Wahl von Gangabstufung und Motordrehzahl ausgenutzt werden (s. Abschnitt 2.4 »Fahrerinformationssystem«, Seite 42).

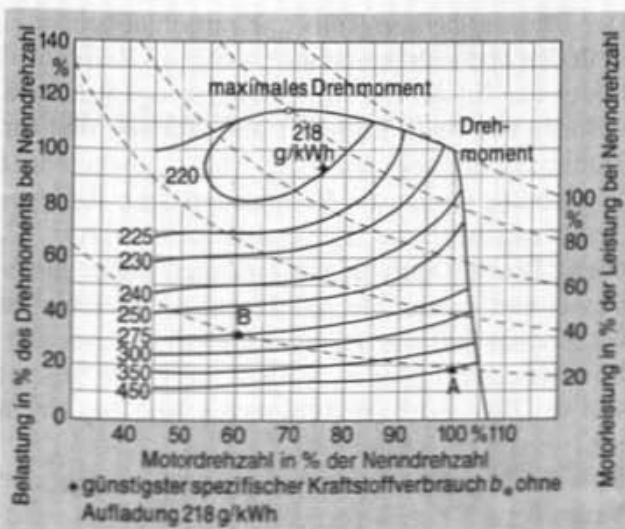


Abb. 24 Motorkennfeld eines aufgeladenen Viertakt-Dieselmotors mit direkter Einspritzung, luftgekühlt (nach DLG-Prüfberichten).

Die Zusammenhänge sind in Abb. 25 dargestellt. Demnach besteht grundsätzlich die Möglichkeit einer Senkung des spezifischen Kraftstoffverbrauches durch den Schleppereinsatz im sogenannten »gedrückten Bereich«, also entlang der Vollastkennlinie. Dies läßt sich in der Praxis jedoch nur mit Hilfe von Fahrerinformationssystemen erreichen. Die dadurch mögliche **Kraftstoffeinsparung** liegt in der Größenordnung von 5–10%.

In der landwirtschaftlichen Praxis ist ein Verschieben des **Betriebspunktes** über die Motordrehzahl jedoch oft nicht möglich, besonders bei schneller Fahrt ohne hohe Zugleistung sowie bei Zapfwellenbetrieb von leistungsschwachen Arbeitsgeräten bei Normdrehzahl.

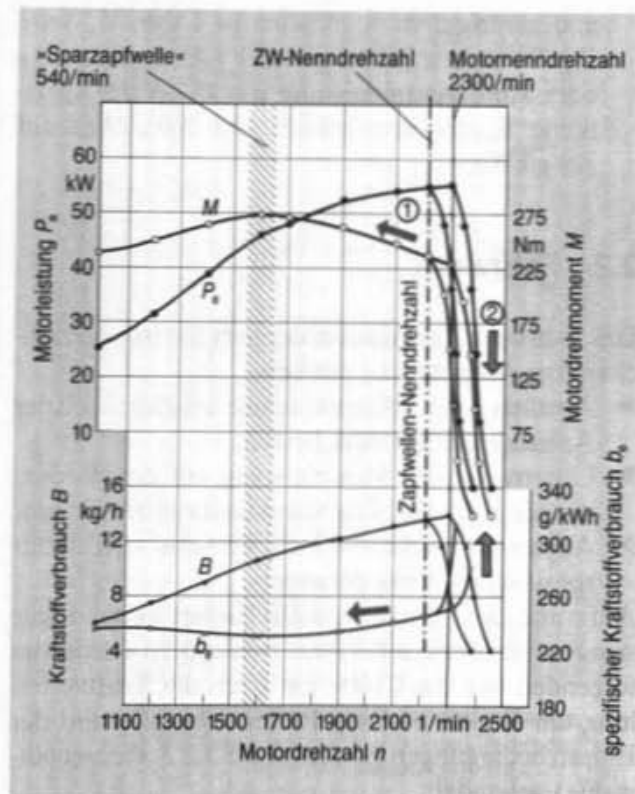


Abb. 25 Betriebsverhalten eines Dieselmotors im Voll- und Teillastbereich, Betriebsbereich der »Sparzapfwelle« (nach DLG-Prüfberichten). ① = Vollastbereich, Verschieben des Betriebspunktes in den »gedrückten« Bereich, b_s sinkt, ② = Teillastbereich, Verschieben des Betriebspunktes auf der Abregelkurve, b_s steigt.

In diesem Fall wird der Betriebspunkt auf der Abregelkurve verschoben.

Beim Ackerschlepper steigt bei Teillast und hoher Motordrehzahl der spezifische Kraftstoffverbrauch, der Wirkungsgrad verschlechtert sich also. Gemäß Abb. 24 beträgt z. B. bei einer Motorbelastung von 20% und Motornennndrehzahl der spezifische Kraftstoffverbrauch 450 g/kWh (Punkt A) gegenüber bestenfalls 218 g/kWh. Der konventionelle Schlepper ist deshalb für solche Arbeiten ungeeignet, sofern keine technischen Einrichtungen für den Betrieb bei reduzierter Motordrehzahl und Teillast vorgesehen sind.

Auswege daraus sind:

- ▶ **Spar-Gang** mit 40 km/h, so daß bei der üblichen Transportgeschwindigkeit von 25 km/h anstelle bei Motornennndrehzahl – Betriebspunkt A – mit reduzierter Motordrehzahl im Betriebspunkt B gefahren werden kann (Abb. 24). Der spezifische Kraftstoffverbrauch verringert sich dadurch von 450 auf 275 g/kWh. Der Schallpegel (dBA) am Fahrerohr sinkt um 10–15%, die entspricht etwa einer Halbierung des Schalldruckes (Lärm).
- ▶ **Spar-Zapfwellendrehzahl** von 750/min, so daß der Betrieb der Arbeitsgeräte mit 540/min im günstigen Motordrehzahlbereich von 1500–1700/min

und niedrigerem b_e möglich ist (Abb. 25, Seite 37). So sinkt z. B. bei gleicher »Anzapfleistung« oder Motorgesamtleistung von 45 kW der spezifische Kraftstoffverbrauch von 260 g/kWh auf 230 g/kWh.

2.2 Fahrwerk

Das Fahrwerk des Ackerschleppers hat im wesentlichen drei **Aufgaben** zu erfüllen:

- ▶ Abstützen der Schleppermasse einschließlich der Anbaugeräte auf dem Boden,
- ▶ Übertragen der Motorleistung auf den Boden, um den Fahr- und Zugwiderstand zu überwinden,
- ▶ Anpassung an die standort-, betriebs- und kulturspezifischen Anforderungen.

Aufgrund der nahezu ausschließlichen Verwendung von Radfahrwerken bei Ackerschleppern werden im folgenden nur die Kräfte am Rad, die Kraftverteilung am Boden und die Reifenwahl aufgrund der Einsatzbedingungen (s. Abschnitt 3.2.3 »Schlepperwahl«) behandelt.

2.2.1 Kräfte am Rad

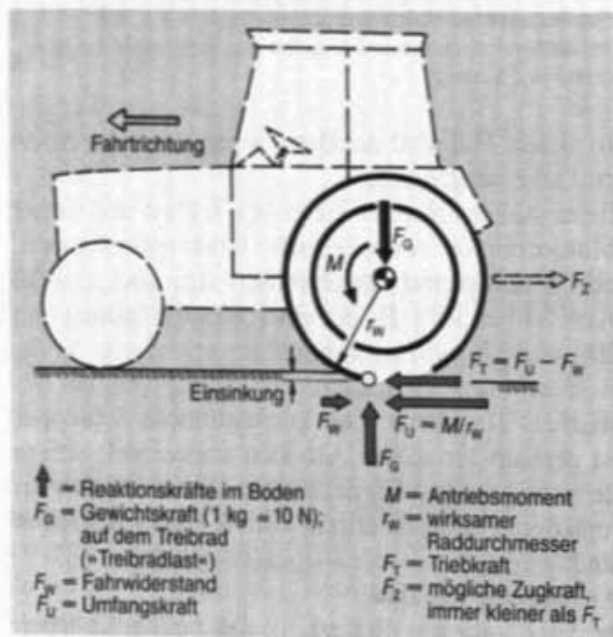


Abb. 26 Kräfte am Treibrad des Schleppers.

Kräfte am Rad – Die auf den Boden übertragene **Triebkraft** dient zur Überwindung des Fahrwiderstandes und – sofern vorhanden – eines Zugwiderstandes. Bei der Kraftübertragung auf den Boden (Abb. 26) erfolgt eine Boden- und Reifendeformation sowie ein Gleiten (»Verschieben«) des Bodens. Hierdurch ist der tatsächlich zurückgelegte Weg eines Rades geringer, als er sich bei freiem Abrollen des Rades ergeben würde. In der Praxis ist dann die

tatsächliche Fahrgeschwindigkeit v_F geringer als die theoretische, aus der Raddrehzahl errechnete Geschwindigkeit v_o .

Der prozentuale Geschwindigkeitsverlust wird als **Schlupf** σ bezeichnet. Eine Kraftübertragung ohne Schlupf ist nicht möglich. Der dabei verbrauchte Leistungsanteil – die Schlupfleistung P_s – ist demnach immer erforderlich und verringert den Wirkungsgrad der Kraftübertragung.

$$\text{Schlupf des Treibrades} = \frac{v_o - v_F}{v_o} \cdot 100$$

σ in %

Kraftverteilung am Boden – Die Größe der vom Boden aufnehmbaren Radumfangskraft und damit der Triebkraft F_T des Rades hängt von der Gewichtskraft F_G auf dem Treibrad und einem Triebkraftbeiwert κ ab:

$$F_T = F_G \cdot \kappa$$

Der **Triebkraftbeiwert** (früher »Kraftschlußbeiwert«) stellt den Haftreibungsbeiwert zwischen Reifen und Boden dar. Infolge der »Materialpaarung« Fahrwerk – Boden ist er von Bodenart und -zustand und der Treibradausbildung abhängig. Mit zunehmender Verformung nimmt die Berührungsfläche Reifen – Boden und damit der Triebkraftbeiwert zu (Abb. 27, oben). Dies gilt auch für zunehmenden Reifendurchmesser und -breite. Mit zunehmendem Verschieben des Bodens fällt der Triebkraftbeiwert wieder ab – bei Straßenfahrt (Beton, Asphalt) bei einem Schlupf von ca. 20% und beim Einsatz im Feld bei einem Schlupf von ca. 60%.

Eine **Triebkraftherhöhung** kann sowohl durch eine Vergrößerung der Treibradlast bzw. der Treibachslast als auch durch einen verbesserten Triebkraftbeiwert erzielt werden.

Ein **Erhöhen der Treibradlast** (im Rahmen der zulässigen Radlast und der gesetzlichen Bestimmungen) ist möglich durch:

- ▶ Zusatzgewichte,
- ▶ Wasserfüllung der Reifen (75–100%ige Füllung, Frostschutz!),
- ▶ Anbaugeräte (Frontlader, Arbeitsgeräte),
- ▶ Stützlasten (Aufsattellast, z. B. durch Einachsanhänger),
- ▶ Regelhydraulik.

Ein **Erhöhen des Triebkraftbeiwertes** ist erreichbar durch:

- ▶ Allradantrieb,
- ▶ Reifenwahl (Abmessung, Profil, Bauweise: Diagonal- oder Gürtelreifen),
- ▶ Differentialsperre (je ungünstiger die Bodenverhältnisse, desto wirksamer),

► Sonderfahrwerke (Gleisketten, Klappgreifer, Halbrauen).

Bei ungünstigen Bodenverhältnissen beruht die Triebkrafterhöhung durch Allradantrieb weniger auf der Nutzung der Vorderachslast als vielmehr auf dem besseren Wirkungsgrad der Kraftübertragung. Das Fahren der Räder hintereinander in gleich breiter Spur verringert den Rollwiderstand und verbessert die Kraftübertragung (»Multipaß-Effekt«). Die Überlegenheit der allradgetriebenen Schlepper wird demnach um so größer, je ungünstiger die Bodenverhältnisse sind.

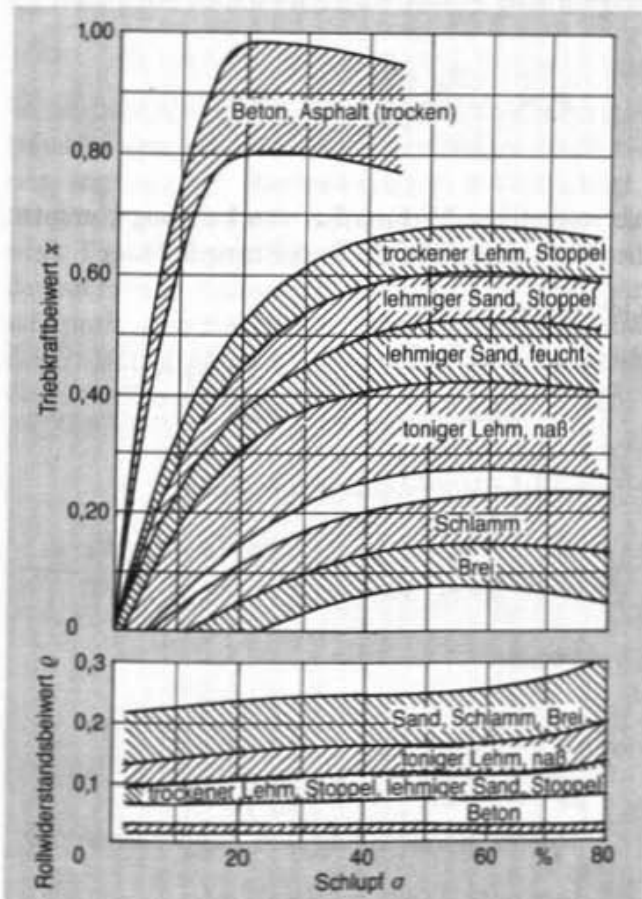


Abb. 27 Triebkraftbeiwerte (oben) und Rollwiderstandsbeiwerte (unten) in Abhängigkeit von Schlupf und Fahrbahn.

Unter Berücksichtigung aller auftretenden Verluste läßt sich ein Wirkungsgrad η_T der Treibräder bzw. bei Allradschleppern der Kraftübertragung auf den Boden errechnen:

$$\eta_T = \frac{\kappa}{\kappa + \rho} (1 - \sigma)$$

Die Betriebseigenschaften eines Ackerschlepper-Treibradreifens sind in Abb. 28 dargestellt.

Die Einzelwirkungsgrade multiplizieren sich bei Wirkungsgradketten. Der Gesamtwirkungsgrad zur Ermittlung der erforderlichen **Motorleistung** ist demzufolge:

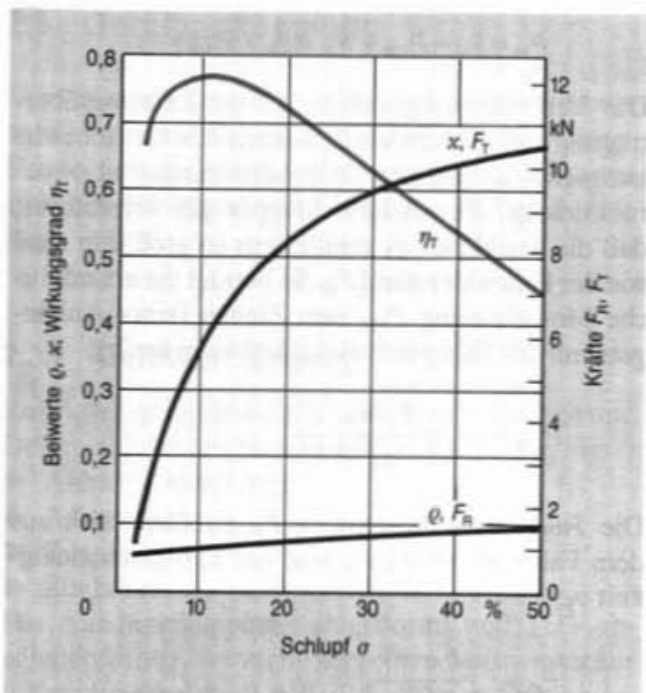


Abb. 28 Abhängigkeit von ρ , κ und η_T von der Größe des Schlupfes σ (Betriebs-eigenschaften) für einen Treibradreifen (16,9/14-30 AS mit $F_G = 15\,820\text{ N}$); Reifennendruck = 1,1 bar; Bodenart = lehmiger Ton; Bodenfeuchte = 17,3-20,8%; Bodenzustand = geeggte Getreidestoppel.

Gesamtwirkungsgrad bei Zugarbeit:

$$\eta_{\text{ges}} = \eta_G \cdot \eta_T$$

Beispiel:

Bei einem praxisüblichen Schlupf von 20% beträgt $\eta_T = 60-70\%$. Für $\eta_T = 70\%$ und die Verwendung eines Lastschaltgetriebes mit $\eta_G = 85\%$ beträgt theoretisch der mechanische Gesamtwirkungsgrad des Ackerschleppers bei Zugarbeit, z. B. beim Pflügen nur rund 60%. Berücksichtigt man auch noch den thermischen Wirkungsgrad des Dieselmotors mit rund 30%, so errechnet sich ein energetischer Gesamtwirkungsgrad des Ackerschleppers beim Ziehen von rund 18%; d. h. es können nur 18% der im Kraftstoff vorhandenen Energie als Zugarbeit genutzt werden.

2.2.2 Fahrmechanik

Die Fahrmechanik berücksichtigt die energetischen Zusammenhänge beim Schleppereinsatz und ist damit von den *Konstruktionsmerkmalen* (z. B. Allradantrieb) und den *technischen Daten* (z. B. Achslasten) abhängig. Dabei steht in der Praxis die Ermittlung der erforderlichen Motorleistung aus den Leistungsansprüchen beim Schleppereinsatz im Vordergrund.

Die **erforderliche Motorleistung** P_M ergibt sich als Summe der Leistungsansprüche zum Ziehen P_Z , zum Antreiben P_{ZW} und zum Heben P_H , den Verlustleistungen zur Überwindung des Fahrwiderstandes P_F , der Getriebeverluste P_{VG} und der Schlupfverlustleistung P_S .

$$P_M = P_Z + P_{ZM} + P_H + P_F + P_{VG} + P_S$$

Die Verlustleistungsanteile infolge Leistungsübertragung und Schlupf werden durch den Getriebewirkungsgrad η_G und den Treibradwirkungsgrad η_T berücksichtigt. Für Allradschlepper gilt vereinfacht, daß die Triebkraft F_T mindestens so groß sein muß wie der Fahrwiderstand F_W . So beträgt die erforderliche Motorleistung P_{ZM} zum Ziehen (eines Anhängers mit der Fahrgeschwindigkeit v_F in km/h):

$$P_{ZM} = \frac{F_T \cdot v_F}{\eta_T \cdot \eta_G \cdot 3600}$$

Die Fahrwiderstandsleistung P_F errechnet sich aus dem Fahrwiderstand F_W und der Fahrgeschwindigkeit v_F :

$$P_F = \frac{F_W \cdot v_F}{3600}$$

Der Fahrwiderstand F_W eines Radfahrzeuges setzt sich beim landwirtschaftlichen Einsatz im wesentlichen zusammen aus:

- ▶ Rollwiderstand F_R
- ▶ Steigungswiderstand F_S

Die ebenfalls dazugehörigen Luftwiderstände können bis 25 km/h ebenso vernachlässigt werden wie die Beschleunigungswiderstände (gebräuchlich ist auch eine Leistungsreserve von ca. 10%).

Die Rollwiderstandsleistung P_R errechnet sich für gleiche Beiwerte aller Räder:

$$P_R = \frac{F_R \cdot v_F}{3600} = \frac{F_G \cdot \rho \cdot v_F}{3600}$$

Der Rollwiderstand beruht auf der elastischen Verformung des Reifens (Einfederung) und dem Einsinken des Rades im Boden. Er ist um so größer, je tiefer das Rad einsinkt. Kleine Raddurchmesser und Schräglauf erhöhen den Rollwiderstand.

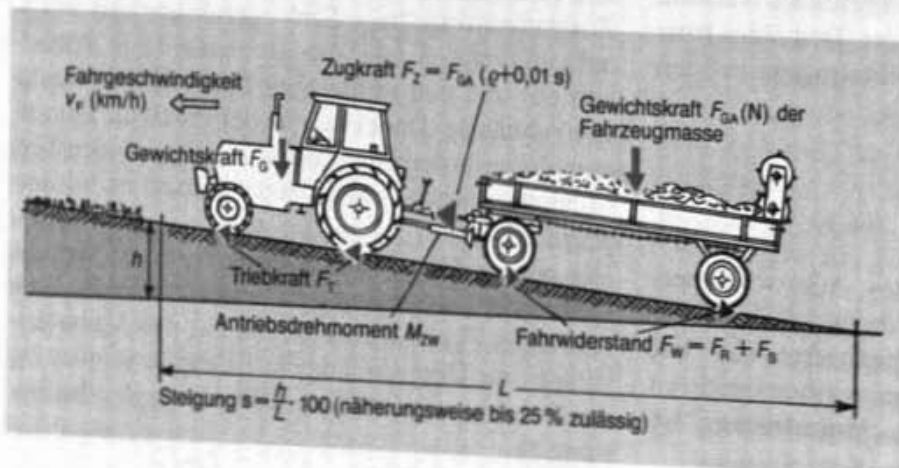


Abb. 29 Kräfte am Ackerschlepper und am Arbeitsgerät für Arbeiten am Hang.

Der Rollwiderstandsbeiwert ρ (Abb. 27, unten, Seite 39) gibt an, welcher Anteil der Radlast als Widerstand der Fortbewegung entgegenwirkt. Ein erhöhter Luftdruck wirkt sich auf harter Fahrbahn (Beton, Asphalt) günstig, auf weicher Fahrbahn ungünstig aus. Von der Höhe des Schlupfes ist der Rollwiderstand weitgehend unabhängig. Er ist jedoch für das Treibrad nur etwa halb so groß wie für das frei rollende Rad (z. B. beim Anhänger).

Um die Hangabtriebskraft bzw. den Steigungswiderstand F_S zu überwinden, tritt bei Bergfahrten ein zusätzlicher Leistungsbedarf auf (Abb. 29). Die Steigungsleistung P_S wird folgendermaßen errechnet:

$$P_S = \frac{F_G \cdot 0,01 s \cdot v_F}{3600}$$

Als wesentliche Verbraucher von Leistung kommen die Zug- und die Zapfwellenleistung in Frage.

Zugleistung:

$$P_Z = \frac{F_Z \cdot v_F}{3600} = \frac{F_{GA} (\rho + 0,01 s) \cdot v_F}{3600}$$

erforderliche Motorleistung zum Ziehen:

$$P_{ZM} = \frac{F_Z \cdot v_F}{\eta_G \cdot \eta_T \cdot 3600} = \frac{F_{GA} (\rho + 0,01 s) \cdot v_F}{\eta_G \cdot \eta_T \cdot 3600}$$

Drehleistung:

$$P_{ZW} = \frac{M_{ZW} \cdot n_{ZW}}{9550}$$

erforderliche Motorleistung zum Zapfwellenantrieb:

$$P_{ZWM} = \frac{M_{ZW} \cdot n_{ZW}}{9550 \cdot \eta_{ZW}}$$

Die Hubleistung P_H – also die hydraulische Leistung

– hängt wesentlich davon ab, ob in dem Ackerschlepper ein Konstant-Mengensystem (offenes System) oder ein Konstant-Drucksystem verwendet wird. Die erforderliche Motorleistung für die Hydraulik P_{HM} ist abhängig vom Förderstrom Q , der Druckerhöhung p und dem hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad η_H (ca. 80%).

$$P_{HM} = \frac{Q \cdot p}{\eta_H \cdot 6}$$

P_{HM} in kW
 Q in l/min
 p in bar
 η_H in %

Im landwirtschaftlichen Einsatz mit wechselnden Arbeitsbedingungen werden die Lastspitzen durch einen sogenannten **Auslastungsgrad** berücksichtigt, der rechnerisch wie ein Wirkungsgrad behandelt wird. Ein Auslastungsgrad von 90% bedeutet also, daß stets eine *Leistungsreserve* von 10% verfügbar sein muß, also die erforderliche Motorleistung um diesen Betrag über der zuvor errechneten Summe der Einzelleistungen liegen sollte.

2.3 Geräteankopplung

Der Ackerschlepper kann nur mit Hilfe entsprechender Geräte landwirtschaftliche Arbeiten verrichten. Daher sind die nötigen Verbindungsmöglichkeiten zwischen Schlepper und Gerät von großer Bedeutung.

2.3.1 Geräteanhangung

Zur Anhangung landwirtschaftlicher Maschinen und Geräte am Ackerschlepper stehen zur Verfügung:

- ▶ Anhängerkupplung,
- ▶ Ackerschiene,
- ▶ Zugpendel,
- ▶ Zughaken.

Die **Anhängerkupplung** ist genormt und TÜV-abnahmepflichtig. Sie verwendet einen Normenstecker (»Kupplungsbolzen«) von 30,5 + 1 mm Durchmesser und ermöglicht Stützlasten bis 2,5 t. Die *Höhe* der Anhängerkupplung kann verstellbar sein, so daß bei schwerem Zug eine zusätzliche Belastung der Hinterachse erfolgt.

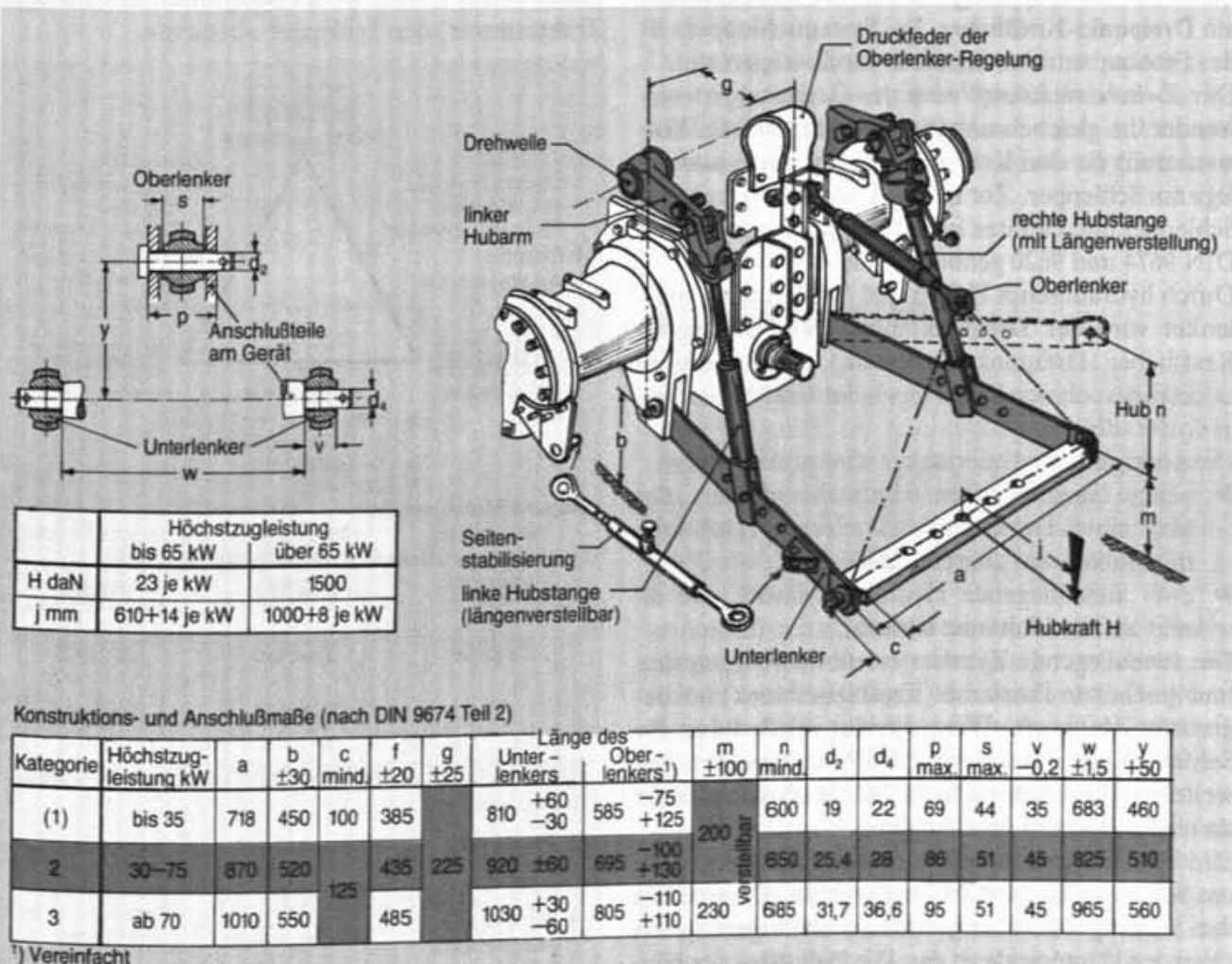


Abb. 30 Konstruktions- und Anschlußmaße, Schema und Bezeichnungen des Dreipunkt-Krafthebers.

Die Anhängung an der **Ackerschleife** wird bei außerhalb der Schleppermitte arbeitenden Anhängegeräten angewendet. Die Lochteilung der Ackerschleife ist genormt. Mit ihrer Anbringung an den Unterlenkern kann eine Höhenverstellung des Gerätes vorgenommen werden (Abb. 30, Seite 41).

Das **Zugpendel** erlaubt die einfache Anhängung und Nachführung (Schleppkurve) von Arbeitsgeräten. Es ist seitlich und in Fahrtrichtung versetzbar. Für zapfwellengetriebene Geräte muß der Gelenkwellenanschluß über der Zugdeichsel liegen (amerikanische Lösung). Es ist zum Ankuppeln von Anhängern auf öffentlichen Straßen *nicht* zugelassen.

Wenig gebräuchlich ist der **Zughaken** (unterer »Hitchhaken« für tiefe Anhängung), der jedoch eine Anhängerschnellkupplung ermöglicht. Er hat etwa die gleiche Lage wie das Zugpendel. Für den Transport auf öffentlichen Straßen ist eine *TÜV-Einzelabnahme* erforderlich.

2.3.2 Geräteanbau

Der Geräteanbau am Schlepper erfolgt hauptsächlich über ein Kupplungsdreieck (*Dreipunktbau*) am **Dreipunkt-Kraftheber**. Bei Systemschleppern ist der Frontanbaubereich ebenfalls damit ausgerüstet.

Der *Zwischenachskraftheber* des Geräteträgers verwendet die gleichen unteren Anschlußpunkte. Voraussetzung für den Kraftheber ist eine *Hydraulikanlage* am Schlepper. Zur freien Austauschbarkeit von Schlepper und Geräten ist der Dreipunktbau nach DIN 9674 und 9620 genormt (Abb. 30).

Durch hydraulisches Heben und Senken der Unterlenker wird der Dreipunktbau zum Dreipunkt-Kraftheber (Dreipunkt-Hydraulik), der Regelfunktionen übernehmen kann (regelnder Kraftheber; *Regelhydraulik*).

Die **Hubkraft** der Unterlenker wird erzeugt durch

- ▶ einen innenliegenden Hydraulikzylinder, der über einen Hebel an der Drehwelle (Hubwelle mit Hubarmen) angreift *oder*
- ▶ zwei außenliegende Hydraulikzylinder, die direkt auf die Hubarme wirken.

Der innenliegende Zylinder erlaubt eine kompakte und geschützte Bauweise (Kraftheberblock) bei begrenzter Hubkraft. Diese Lösung wird daher für Schlepperleistungen bis ca. 110 kW angewendet. Zur weiteren Hubkraftsteigerung ist ein *Zusatzzylinder* an einem Hubarm gebräuchlich.

Die am Dreipunktbau wirkenden Kräfte greifen am Schlepper im *ideellen Zugpunkt* an. Dieser stellt den Schnittpunkt einer gedachten Verlängerung von Ober- und Unterlenkern dar. Die Belastung der Hinterräder ist um so größer, je näher der ideale Zug-

punkt an der Hinterachse liegt, d. h. je steiler der Oberlenker oder je größer die Koppelhöhe (am Pflug) ist.

2.4 Fahrerinformationssystem

Der Schleppereinsatz erfolgt nach den Hauptkriterien:

- ▶ Geringer Zeitbedarf,
- ▶ geringe Verluste,
- ▶ geringer Energiebedarf.

Die Schlepperbedienung durch den Fahrer basiert auf Erfahrung (Schulung) und Information (Anzeige) über die augenblicklichen *Einsatzdaten* (Betriebsparameter).

Die **Verknüpfung von Schlepper – Fahrer – Gerät** ist in Abb. 31 dargestellt.

Dabei ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob der Fahrer Überwachungs-, Steuer- oder Regelaufgaben übernimmt, wofür die entsprechenden Meß-, Steuer- oder Regelgeräte eingesetzt werden. In der Praxis überwiegt die Handregelung, wobei der Fahrer auf Grund eines angezeigten *Meßwertes* (»aktueller Betriebsparameter«, z. B. der Motordrehzahl auf dem Traktormeter) den Schlepper »bedient«.

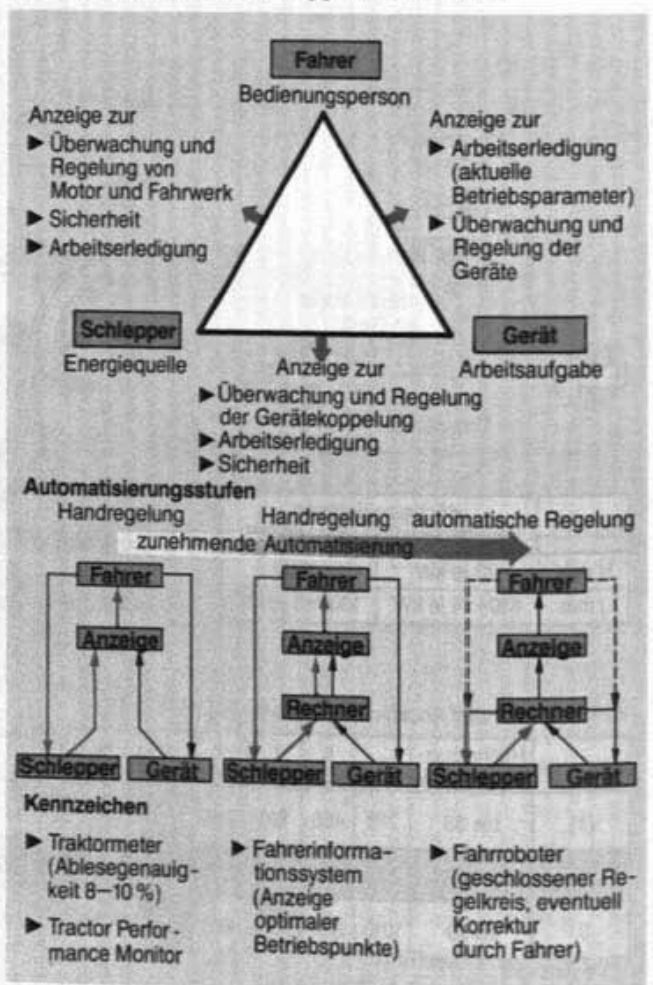


Abb. 31 Grundlagen von Fahrerinformationssystemen.

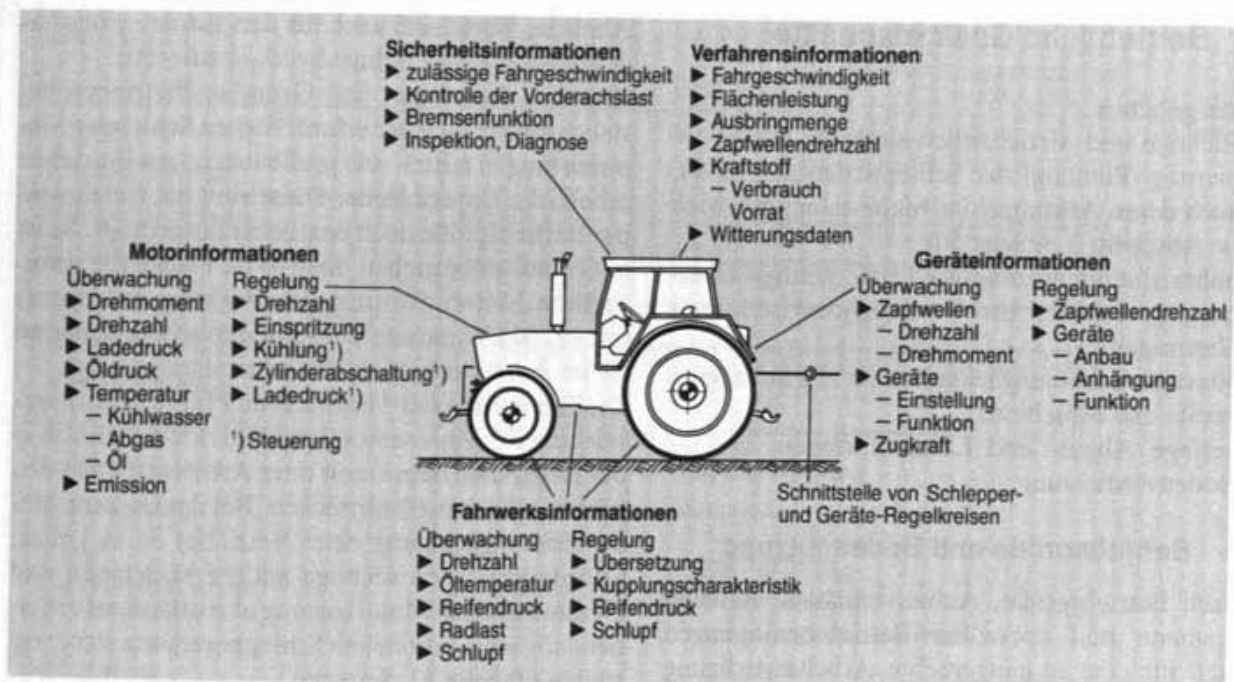


Abb. 32 Übersicht der Schlepperinformationssysteme.

Die vielfältigen Einflußfaktoren für einen optimierten Schleppereinsatz überfordern häufig den Fahrer. Durch geschlossene Fahrerkabinen verliert er zudem den »Kontakt« zur Arbeitsaufgabe und benötigt daher verfeinerte *Entscheidungshilfen* (Informationen) für das richtige Bedienverhalten. Daher versucht man, durch die Verrechnung der verschiedensten Meßwerte in *Prozeßrechnern* (»Bordcomputern«) ein sogenanntes **Fahrerinformationssystem** aufzubauen. Die letzte Automatisierungsstufe sind Fahrerroboter (Abb. 31).

Die möglichen *Informationskreise* zur Überwachung, Steuerung und Regelung können unterteilt werden in:

- ▶ Verfahrensinformationen,
- ▶ Motorinformationen,
- ▶ Fahrwerksinformationen,
- ▶ Geräteinformationen,
- ▶ Sicherheitsinformationen.

Die Vielzahl von möglichen Angaben zwingt in der Praxis zu einer qualifizierten, d. h. von der Arbeitsaufgabe abhängigen Auswahl. Zu den bislang angebotenen Informationssystemen werden auch verfeinerte Anzeigensysteme der aktuellen Betriebsparameter gezählt. Durch solche visuelle Fahrerbeeinflussung kann die Flächenleistung gesteigert (z. B. beim Pflügen um 15%) und der Kraftstoffbedarf gesenkt (bis 25%) werden.

Moderne **Anzeigesysteme** sollten die folgenden Angaben enthalten, möglichst in digitaler Form:

- ▶ Motordrehzahl,
- ▶ Zapfwellendrehzahl,
- ▶ Fahrgeschwindigkeit,

- ▶ Schlupf,
- ▶ Flächenleistung,
- ▶ Kraftstoffverbrauch,
- ▶ Motorzustandsdaten.

Die technische Entwicklung hierfür ist jedoch noch nicht abgeschlossen und wird wesentlich von der Bereitstellung preiswerter, für den Einsatz in der Landwirtschaft geeigneter *Meßwertaufnehmer* (Sensoren) abhängen.

3 Schlepperwahl

Der Ackerschlepper muß als zentrale und mobile Energiequelle im landwirtschaftlichen Betrieb den vielfältigen Ansprüchen der Maschinen und Geräte gerecht werden und ist deshalb in ein betriebsspezifisches Gesamt-Mechanisierungskonzept einzuordnen.

Im landwirtschaftlichen Betriebsablauf läßt sich eine termingerechte Arbeitserledigung nur durch den Einsatz leistungsfähiger Maschinen und Geräte sicherstellen. Die schleppergebundene Gerätetechnik verlangt ausreichende Motorleistungen und geeignete Schlepperbauformen.

Pauschale Empfehlungen für die Schlepperwahl und eine feste Zuordnung von Leistung und Anzahl der Schlepper zu bestimmten Betriebsgrößen und -typen sind nicht möglich, da die jeweils vorliegenden, individuellen Bedingungen in den landwirtschaftlichen Betrieben zu unterschiedlich sind.

3.1 Betriebliche Gesichtspunkte

Hierzu gehören:

- ▶ Richtige und wirtschaftlich sinnvolle Dimensionierung (Planung) der Schlepperleistung (kW), auch deren Abstufung im Mehrschlepperbetrieb (s. Abschnitt 3.3, Seite 50);
- ▶ hoher Energienutzungsgrad bzw. geringe Übertragungsverluste, also bestmögliche Leistungsübertragung;
- ▶ günstige Anbaumöglichkeiten für alle Schleppergeräte und Maschinen;
- ▶ geringe Abgas- und Lärmemissionen, geringe Bodenverdichtung.

3.1.1 Betriebsgröße und Bodennutzung

Je nach Betriebsgröße, Anbauverhältnis, Arbeitszeitspannen und speziellen Betriebsbedingungen müssen für eine termingerechte Arbeitserledigung ausreichende Schlepper-Motorleistungen bereitgestellt werden.

Im **Ackerbaubetrieb** stellt die *Grundbodenbearbeitung* die höchsten Anforderungen an die bereitzustellende Schlepperleistung. Dies gilt vor allem für das Pflügen im Herbst. Dabei ist bei einer exakten Berechnung von der zu pflügenden Fläche je Jahr und den *verfügbaren Feldarbeitstagen* auszugehen. Bei Unterstellung der z. B. im KTBL-Taschenbuch genannten Feldarbeitstage in der Herbstzeitspanne ist jedoch zu berücksichtigen, daß in dieser Zeitspanne außer dem Pflügen auch noch die Bestellung des Wintergetreides vorgenommen werden muß. Dadurch verringert sich die für das Pflügen verfügbare Anzahl von Feldarbeitstagen.

In **Grünlandbetrieben** wird dagegen die erforderliche Schlepper-Motorleistung meist durch das *Futtermähen* mit dem rotierenden Mähwerk bestimmt. Um das Wetterisiko zu mindern und um eine hohe Mähleistung zu erzielen, werden Arbeitsbreiten von ca. 2,1 m und Arbeitsgeschwindigkeiten von 6–8 km/h bevorzugt. Hierfür sind bei normalen Einsatzverhältnissen ca. 48 kW erforderlich (Abb. 33).

Ähnliche Werte sind auch für den Einsatz eines Ladewagens mit Silierschneidwerk anzusetzen.

Zwischen Ackerbau- und Grünlandbetrieben bestehen hinsichtlich der **erforderlichen Schlepper-Motorleistung** in mittel- und großbäuerlichen Betrieben erhebliche Unterschiede. Diese sind bei zunehmender Betriebsgröße noch deutlicher ausgeprägt. So ist in Grünlandbetrieben über 40 ha Fläche die erforderliche Motorenleistung des stärksten Schleppers mit ca. 50 kW nahezu konstant geblieben, während sie im Ackerbaubetrieb weiterhin stark ansteigt.

Die Bemessung der Motorleistung für den *leistungsstärksten Schlepper* eines Betriebes richtet sich also in der Regel nach dem Gerät oder Arbeitsgang mit den höchsten Leistungsansprüchen. Bei der Gesamt-Mechanisierungsplanung eines Betriebes ist es jedoch erforderlich, auch wichtige andere Maschinen und Geräte auf diese Motorleistung abzustimmen, um einen möglichst rationellen Schleppereinsatz sicherzustellen (Tabelle 13, Seite 46).

3.1.2 Anzahl der Schlepper

Betriebe mit nur einem Schlepper sind in der Praxis fast nicht anzutreffen. Im Durchschnitt sind z. B. in Ackerbaubetrieben bei 10–20 ha LF 2 Schlepper, bei 30–40 ha 3 Schlepper und bei 150 ha 5 Schlepper vorhanden. Ähnliche Verhältnisse liegen in den Grünlandbetrieben vor.

Der zweite (und gegebenenfalls weitere) Schlepper weist in der Regel eine niedrigere Motorleistung auf. Er hat also *spezielle Aufgaben* zu erfüllen (z. B. bei Saat, Pflege, Heuwerbung). Motorleistung, Bauart und technische Ausstattung sollen dann auf diese Arbeiten ausgerichtet sein.

3.1.3 Bodenart, Hanglagen

Die jeweils vorwiegende **Bodenart** bestimmt die erforderliche Schlepper-Motorleistung bei den verschiedenen *Bodenbearbeitungsmaßnahmen*. So kann beim Pflügen auf schwerem, tonigem Boden bei gleicher Arbeitsbreite und Arbeitstiefe die notwendige

Tabelle 12 Beispiel für die Bestimmung der notwendigen Motorleistung des stärksten Schleppers im Betrieb beim Pflügen.

verfügbare Feldarbeitstage	Tage	8	12	16
Fläche für Herbstfurche	ha	30	30	30
erforderliche Flächenleistung	ha/Tag	3,75	2,5	1,85
erforderliche Flächenleistung	ha/h	0,47	0,31	0,23
erforderliche Pflug-Arbeitsbreite	m	1,40	1,05	0,70
erforderliche Pflug-Scharzahl		4	3	2
erforderliche Schlepper-Motorleistung ca.	kW	85	60	40

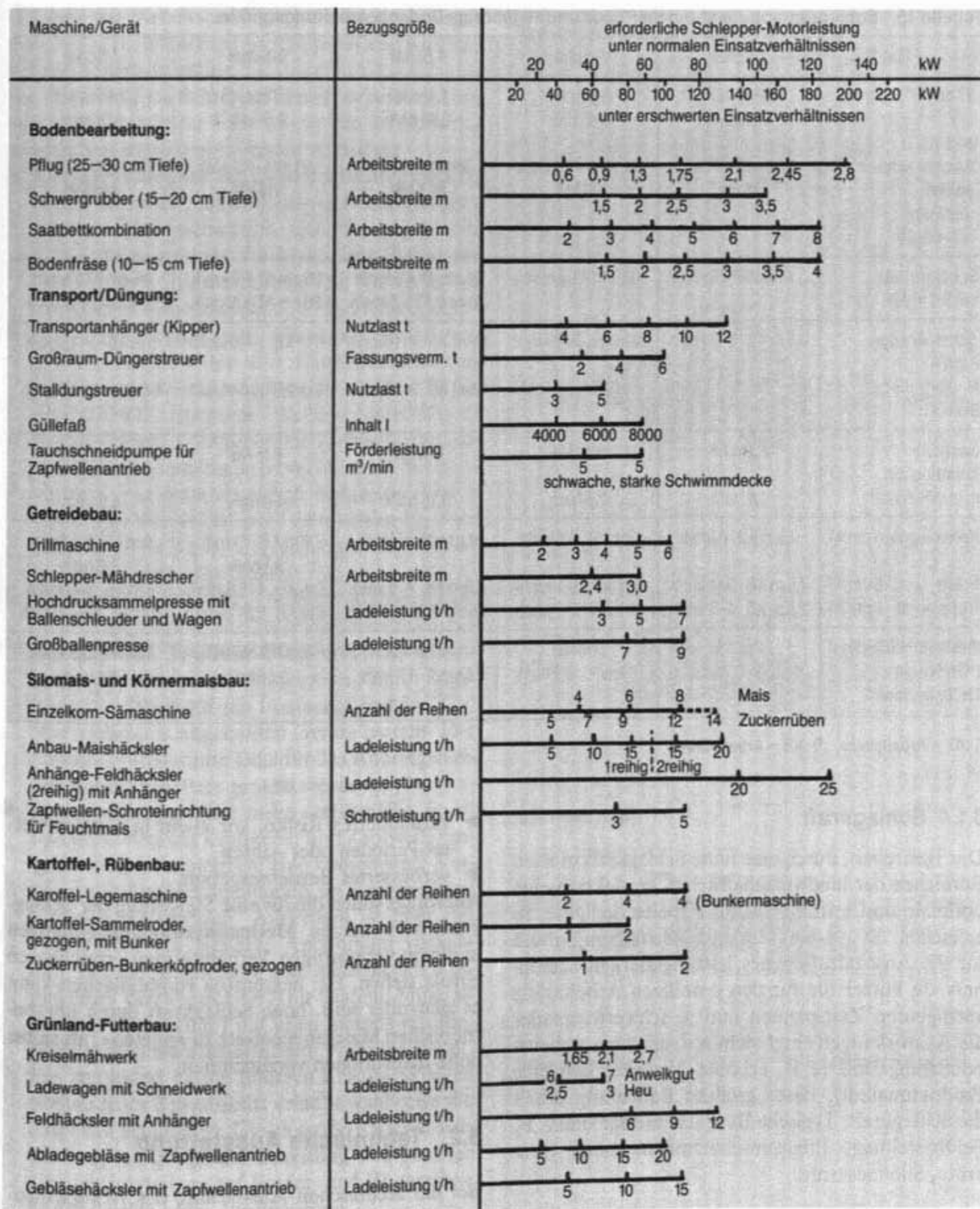


Abb. 33 Richtwerte für die benötigte Schleppermotorleistung wichtiger Maschinen und Geräte.

Schlepperleistung fast doppelt so hoch sein wie auf leichten, sandigen Böden. Dagegen erfordert die Arbeit im **hängigen Gelände** im Vergleich zur Ebene oft keine höhere Motorleistung. Trotzdem werden in vielen Betrieben aus Sicherheitsgründen Schlepper

mit bis zu 20% mehr Leistung verwendet. Hanglagen erfordern jedoch oft eine *spezielle technische Ausstattung* des Schleppers, z. B. Allradantrieb, tiefe Schwerpunkt lage, große Spurweite und gute Bremsen.

Tabelle 13 Schleppermotorleistung für Pflüge und zugehörige Bodenbearbeitungsgeräte.

Pflug	2-Schar	3-Schar	4-Schar	5-Schar	7-Schar
27 cm AT ¹⁾ 6 km/h	0,6 m AB ²⁾ 0,28 ha/h	0,9 m AB 0,43 ha/h	1,4 m AB 0,65 ha/h	1,75 m AB 0,8 ha/h	2,45 m AB 1,08 ha/h
Boden leicht-schwer mittel daN/dm ² 47-66-80	27,8 kW-47 kW 38 kW	41,7 kW-70,7 kW 57 kW	65 kW-110 kW 88,5 kW	81 kW-137 kW 110 kW	113,5 kW-192 kW 155 kW
Schälgrubber mit 2,5 m AB	(15 cm AT 4 km/h)	(20 cm AT 4 km/h)	25 cm AT 4,5 km/h 20 ccm AT 5,5 km/h	25 cm AT 5,2 km/h 20 cm AT 6,5 km/h	25 cm AT 7 km/h 20 cm AT 8,5 km/h
Scheibenegge 8 cm AT	2,5 m AB 6-9 km/h	3 m AB 7-9 km/h	4,5 m AB 7-10 km/h	6 m AB 7-10 km/h	6 m AB 9-13 km/h
Spatenrollegge 8 cm AT	2,5 m AB 9-13 km/h	3 m AB 9-14 km/h	4,5 m AB 9-13 km/h	6 m AB 9-14 km/h	6 m AB 11-15 km/h
Saatbett- kombination 6 cm AT 8 km/h	2,5 m AB 1,5 ha/h	4 m AB 2,5 ha/h	6 m AB 3,75 ha/h	8 m AB 4,8 ha/h	11 m AB 6,2 ha/h
Kreiselegge 8 cm AT	2,5 m AB 6 km/h	3 m AB 7,2 km/h	4,5 m AB 7 km/h	6 m AB 7 km/h 3,1 ha/h	6 m AB 9,5 km/h 3,9 ha/h
Fräse 8 cm AT	2,5 m AB 3-4 km/h	3 m AB 3-5 km/h	4,5 m AB 4-5 km/h	6 m AB 4-5,5 km/h	6 m AB 5-7 km/h
Rüttelegge 8 cm AT	2,5 m AB 4-6 km/h	3 m AB 5-7 km/h	4,5 m AB 5-6,5 km/h	6 m AB 5,5-7 km/h	6 m AB 6,5-9 km/h
Bestellkombination (Kreiselegge + Drillmaschine)	2 m AB 6 km/h 0,75 ha/h	3 m AB 6 km/h 11,5 ha/h	4,5 m AB 6 km/h 1,7 ha/h	6 m AB 6 km/h 2,05 ha/h	6 m AB 8,5 km/h 2,5 ha/h

¹⁾ AT = Arbeitstiefe. ²⁾ AB = Arbeitsbreite.

3.1.4 Schlagkraft

Das Bestreben, durch eine hohe Schlagkraft in allen Bereichen der landwirtschaftlichen Produktion eine optimale und termingerechte Arbeitserledigung zu erreichen, ist oft ein wichtiger Bestimmungsgrund für die Anschaffung eines leistungsstarken Schleppers. Je kürzer die für den jeweiligen Arbeitsgang verfügbaren Zeitspannen und je schwerwiegender die Auswirkungen einer nicht zeitgerechten Arbeitserledigung sind (z. B. erhöhte Verluste, sinkende Produktqualität), desto größere Bedeutung erhält die Schlagkraft. Typische Beispiele hierfür sind z. B. Feldbestellung, Pflanzenschutzmaßnahmen, Heuernte, Silomaiserte.

Eine **erhöhte Schlagkraft** kann folgende positive Auswirkungen bringen:

- ▶ Höhere Qualität der Arbeitserledigung,
- ▶ verbesserte und sicherere Ernteerträge und Produktqualität,
- ▶ Verringern von Verlusten,
- ▶ optimale Wirkung der Produktionshilfsmittel (z. B. bei Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen),

▶ vermindertes Risiko, vor allem in Schlechtwetter-Perioden oder -jahren,

▶ verbessertes Betriebsergebnis.

Allerdings sollen die für eine Steigerung der Schlagkraft notwendigen **Mechanisierungsaufwendungen** in einem vernünftigen Verhältnis zum erreichbaren Erfolg stehen. Bei begrenzten Einsatzflächen kann es sinnvoller sein, hohe Schlagkraft durch überbetrieblichen Maschineneinsatz zu »mieten«, als selbst hohe Investitionen vorzunehmen.

3.2 Technische Ausstattung

Bei der technischen Ausstattung des Ackerschleppers stellen neben der erforderlichen Motorleistung auch die möglichst effiziente Umsetzung der Motorleistung in Gerätenutzleistung, die Schlepperbauart, Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterachse sehr wichtige Einflussfaktoren dar.

3.2.1 Bauarten

Der Schlepper ist nur in Verbindung mit angebauten, angehängten oder angetriebenen Maschinen und

Geräten zur Arbeitserledigung einsetzbar (ausgenommen z. B. Walzarbeit im Flachsilo) und wird damit zur Arbeitsmaschine.

Die verschiedenen **Schlepper-Bauarten** besitzen eine sehr unterschiedliche Eignung für die im landwirtschaftlichen Betrieb anfallenden Arbeiten:

- ▶ **Standardschlepper mit Hinterradantrieb** werden nur noch in den leistungsschwächeren Größenklassen (durchschnittlich 26 kW) angeboten. Demzufolge sind sie die bevorzugte Bauart für Bestell- und Pflegearbeiten. Der Geräteanbau beschränkt sich meist auf den Heckanbaubereich.
- ▶ **Standardschlepper mit Allradantrieb** und ungleich-großen Vorder- und Hinterrädern werden in einem Motorleistungsbereich von ca. 40 bis über 120 kW angeboten. Sie sind echte Universal-Schlepper. Kraftheber und Zapfwelle sind serienmäßig heckseitig angebracht, als Sonderausrüstung aber auch zusätzlich frontseitig. Durch den engen Wendekreis sind sie sehr wendig. Zum Übertragen höherer Zugleistungen sind Frontballastgewichte erforderlich.
- ▶ **Geräteträger** werden mit Motorleistungen bis ca. 55 kW angeboten. Ihr Haupteinsatzbereich besteht bei den Saat- und Pflegearbeiten, da aufgrund der speziellen Bauweise ein nahezu ungehinderter Blick auf die frontseitig und im Zwischenachsraum angebauten Geräte besteht. Der vordere Aufbaubereich kann für das Anbringen eines Vorratsbehälters genutzt werden.
- ▶ **Systemschlepper** sind meist serienmäßig front- und heckseitig mit Kraftheber und Zapfwelle ausgerüstet. Dies ermöglicht eine konsequente Nutzung und Gerätekombination im vorderen und hinteren Anbaubereich. Außerdem ist über der Hinterachse ein weiterer Anbaubereich vorhanden, der die Möglichkeit zum zusätzlichen Aufbau eines Vorratsbehälters (für Saatgut, Mineraldünger, Spritzbrühe) mit allen hieraus resultierenden arbeitswirtschaftlichen Vorteilen bietet. Ein zumindest in den höheren Leistungsklassen vorhandener Schwenksitz erlaubt wahlweise die Zug- und Schubfahrt. Gleich große Räder in Verbindung mit geeigneter Bereifung und günstige Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterachse gewährleisten hohe Zugleistungen.
- ▶ **Stelzenschlepper** mit universell verwendbarem Anbaubereich zwischen den Achsen werden besonders im Weinbau und im Feldversuchswesen verwendet.
- ▶ **Schmalspurschlepper** (»Plantagenschlepper«) sind schmale Standardschlepper. Sie werden vor allem im Obst-, Wein- und Hopfenbau eingesetzt.

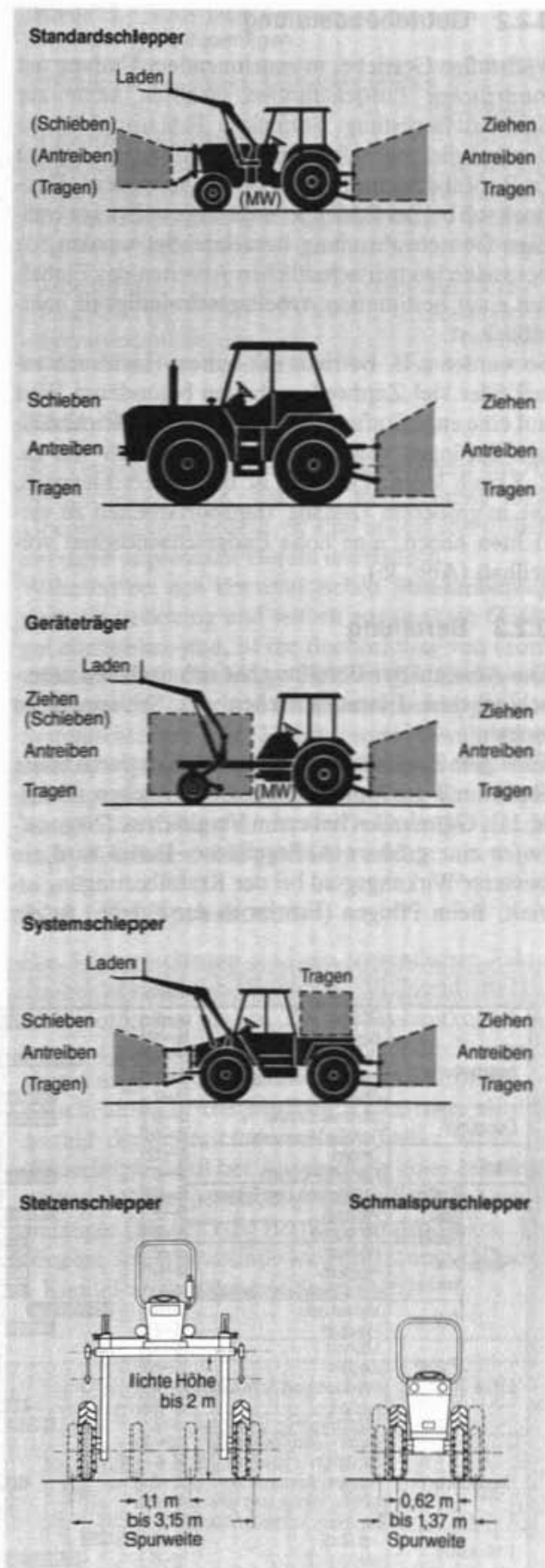


Abb. 34 Schlepperbauarten (Funktionen und Anbauräume).

3.2.2 Getriebeabstufung

Vielstufige Getriebe, in zunehmendem Umfang mit *zusätzlichen Lastschalstufen*, gehören heute zur Standardausrüstung. Stufenlose Fahrtriebe werden lediglich bei selbstfahrenden Arbeitsmaschinen (z. B. Mähdrescher, Feldhäcksler) verwendet. Dennoch soll bei der Schlepperwahl die jeweils zweckmäßige Getriebeabstufung berücksichtigt werden, da bei vielen landwirtschaftlichen Arbeiten das Einhalten einer bestimmten **Arbeitsgeschwindigkeit** unerlässlich ist.

So werden z. B. Betriebe mit hohem Hackfruchtanteil oder viel Zapfwellenarbeiten besonderen Wert auf eine enge Stufung des Getriebes mit gleichmäßigen Sprüngen von ca. 1 km/h im Bereich von ca. 2–8 km/h legen. Dagegen ist bei Ackerschleppern, die in größerem Umfang Transportarbeiten zu verrichten haben, eine hohe Endgeschwindigkeit vorteilhaft (Abb. 35).

3.2.3 Bereifung

Die Auswahl der Bereifung hat sich nach den unterschiedlichen Einsatzbereichen des Schleppers zu richten.

Eine **gute Zugkraftübertragung** läßt sich durch breite Reifen mit großem Durchmesser erreichen (Tabelle 14). *Gürtelreifen* haben im Vergleich zu *Diagonalreifen* eine größere Auflagefläche. Damit wird ein besserer Wirkungsgrad bei der Kraftübertragung erzielt. Beim Pflügen (Fahren in der Furche) ist ein

Abstimmen von *Reifenbreite* und *Schnittbreite* des Pflugkörpers erforderlich.

Trotz zweckmäßiger Schlepper-Bauart und geeigneter Bereifung können bei **reiner Zugarbeit** vom Schlepper nur ca. 45–50% der Motorleistung in effektive Geräte-Nutzleistung umgesetzt werden. Daher gewinnt die Kraftübertragung über die Zapfwelle auf die Geräte infolge des günstigeren Wirkungsgrades zunehmende Bedeutung (Abb. 36).

Je breiter der Reifen, desto geringer ist (bei konstantem Gewicht) die **Bodenverdichtung** und die Tiefe der Fahrspuren. Auf druckempfindlichen Böden empfiehlt sich deshalb die Verwendung von Zwillingbereifung, Gitterrädern oder künftig auch von speziellen Breitreifen (»Terrareifen«).

Für **Pflegearbeiten** sollen schmale Reifen mit großem Durchmesser verwendet werden. Sie ermöglichen ein Fahren in den wachsenden Pflanzenbeständen ohne Beschädigung der Pflanzen und ohne Schädigung der Bodenstruktur.

3.2.4 Hubkräfte am Kraftheber

Schwere Geräte und vor allem Gerätekombinationen stellen infolge ihres hohen Eigengewichtes und der großen Baulänge (Schwerpunktsabstand) erhebliche Anforderungen an die Hubkräfte des Schleppers (Tabelle 14). Als **Faustzahl** kann gelten, daß die Hubkraft ca. das 2–3fache des Geräte-Eigengewichtes betragen soll.

Die **Schlepperhydraulik** hat darüber hinaus eine

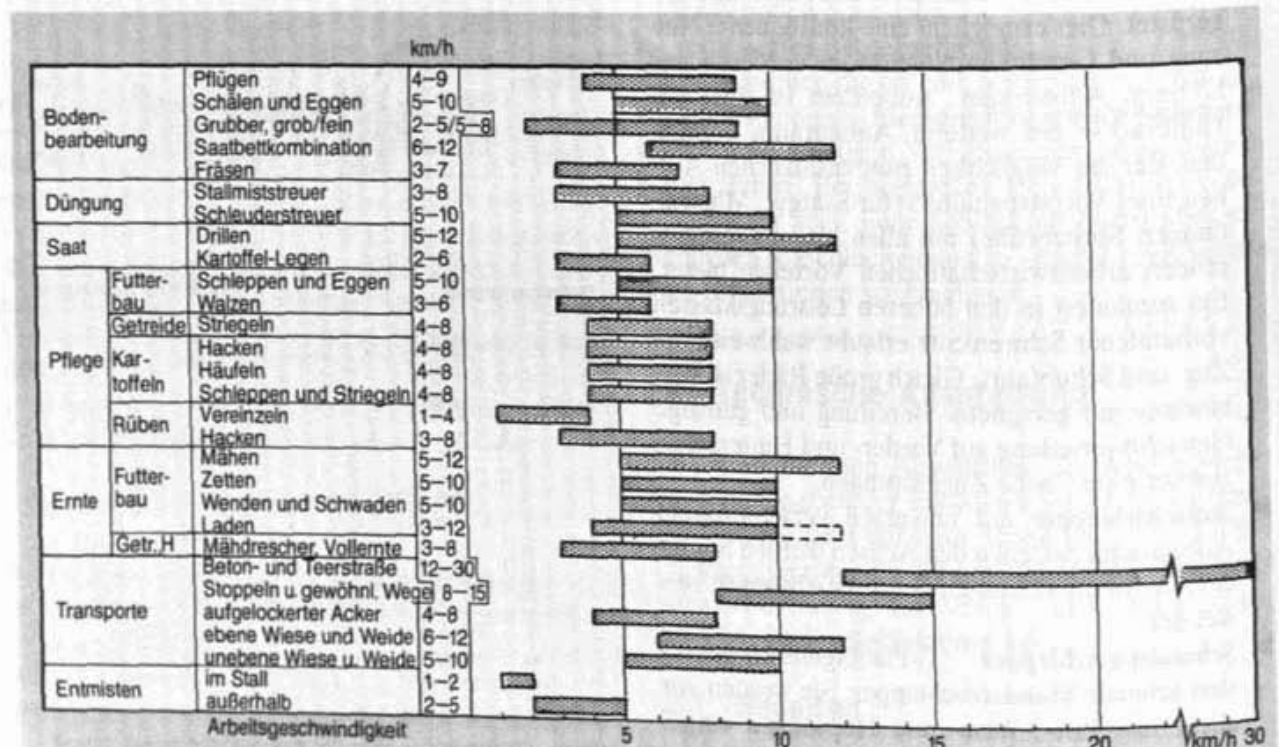


Abb. 35 Anforderungen an Ackerschlepper (Arbeitsgeschwindigkeit von Maschinen und Geräten).

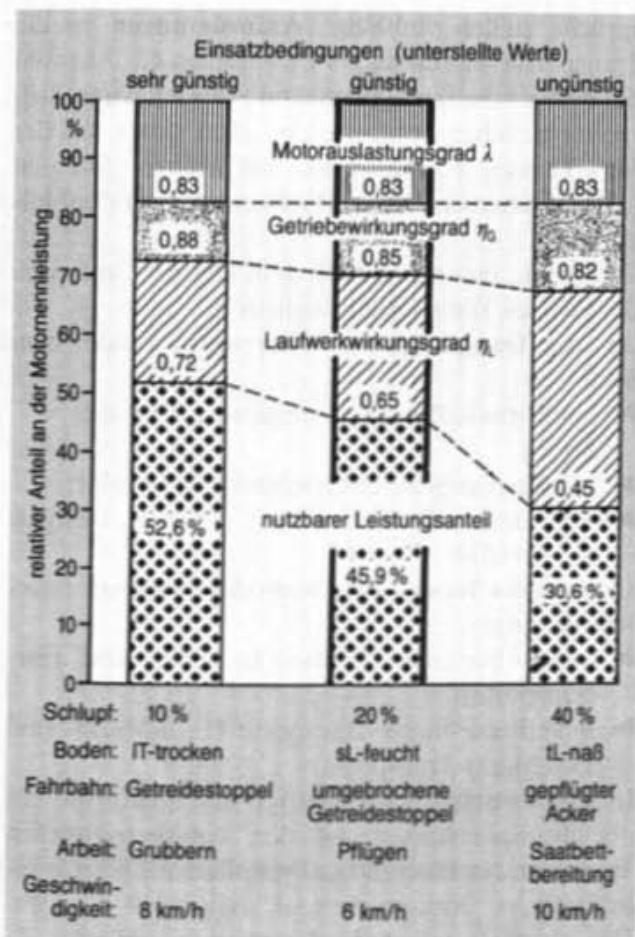


Abb. 36 Wirkungsgrade des Allradschleppers bei Zugarbeit (Bodenbearbeitung, gleiche Bereifung).

Reihe weiterer **Funktionen** zu übernehmen und muß hierfür ausgelegt sein:

- ▶ Betätigen des Frontladers, Kippen von Anhängern sowie Antrieb von Ölmotoren (z. B. Mähwerksantrieb). Hierfür ist ein ausreichender Öl-vorrat und eine hohe Literleistung notwendig (Tabelle 15).
- ▶ Bedienungshydraulik für Geräte (hydraulische Drehung am Vollandpflug, Einklappen von Seitenteilen bei Saatbettkombinationen oder Sägeräten). Hierfür muß der Schlepper mit einer ausreichenden Anzahl von Steuerelementen und Schnellverschlußkupplungen für die flexiblen Schlauchleitungen ausgerüstet sein.

Tabelle 14 Wichtige Schlepper-Kenndaten.

Motorleistung	kW	25	40	55	75	100
zulässiges Gesamtgewicht	kg	3100	4300	5700	6900	8400
Hinterrad-Bereifung		9,5–32 bis 12,4–28	12,4–32 bis 16,9–28	14,9–24 bis 16,9–34	13,6–38 bis 18,4–38	18,4–38 bis 20,8–38
Hubkraft am Heckkraftheber						
durchschnittlich	daN	1700	2000	3100	4300	5600
maximal	daN	2100	2500	3700	5100	6400

Tabelle 15 Fördermenge und Druck moderner Schlepperhydraulikanlagen.

Kraftheber, Frontlader, Mähwerksantrieb	18–30 l/min
hydraulische Bremsen	10 l/min
hydraulische Lenkung	6–8 l/min
freie Arbeitszylinder	10–20 l/min
hydraulische Drehung am Aufsattelpflug	32 l/min
Schlepperballenwerfer	38 l/min
Arbeitsdruck	155–175 (230) bar
Fördermenge	28–46 l/min
hydraulische Leistung	7–12 kW

3.2.5 Sichtverhältnisse

Bei Verwendung von Geräten, die während des Arbeitsprozesses eine ständige Beobachtung bzw. Überwachung erfordern, ist eine ungehinderte Sicht auf diese angebauten Geräte unerlässlich.

Während bei den konventionellen **Standardschleppern** die heckseitig und seitlich angelenkten Geräte gut einzusehen sind, ist die Beobachtung von Frontanbaugeräten schwierig. Gleiches gilt für **Systemschlepper** mit Mittelkabine. **Frontsitzschlepper** oder Systemschlepper mit Frontkabinen gewährleisten zwar eine gute Sicht auf die Frontanbaugeräte, weniger dagegen auf Anbaugeräte im Heck-Kraftheber. Eine Sonderstellung nimmt der **Geräteträger** ein, der nach allen Seiten eine gute Sicht erlaubt.

3.2.6 Schlepperkosten

Die Schlepperkosten sind ein wesentlicher Faktor des wirtschaftlichen Einsatzes. Während die Betriebsstoffkosten nur ca. 25% der Gesamtkosten betragen, stellen die Kapitalkosten (Abschreibung und Verzinsung) einen überaus wichtigen Faktor dar. Entscheidend ist die **jährliche Auslastung**, also die Anzahl der *Einsatzstunden/Jahr*. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei Anschaffung eines leistungsstärkeren Schleppers trotz gleichbleibenden Arbeitsumfanges (ha/Jahr) die Betriebsstunden sinken. Die einzelne Schlepperstunde wird also teurer. (Näheres s. Kapitel »Arbeitslehre«, Seite 74 ff.)

3.3 Probleme der Übermotorisierung

Die landwirtschaftlichen Betriebe Bayerns (über 2 ha LF) weisen die in Tabelle 16 genannte Schlepper-Ausstattung auf.

Tabelle 16 Schlepperausstattung in landwirtschaftlichen Betrieben Bayerns.

Betriebsgröße ha LF	15–20	50–100	100–150
Schlepper-Motorleistung kW/100 ha LF	460	250	200
kW/Betrieb	80	190	250
kW des stärksten Schleppers im Betrieb	50	95	105

Daraus könnte man den Schluß ziehen, daß die Betriebe mit 15–20 ha LF eindeutig übermotorisiert sind. Tatsache ist aber, daß auch in solchen Betriebsgrößen für die *termingerechte Arbeiterledigung* eine entsprechende **Mindestausstattung** mit Schlepperleistung bereitgestellt werden muß. Denn einige wichtige Maschinen und Geräte stellen hohe Ansprüche an die Mindest-Motorleistung der Schlepper. Dies gilt vor allem für Pflug, 1reihigen Maisfeldhäcksler, rotierendes Mähwerk und Ladewagen mit Silierschneidwerk (s. Abb. 33, Seite 45).

Erst mit steigender Betriebsgröße kann eine *exaktere Abstimmung* von erforderlicher Schlagkraft und Schleppermotorleistung vorgenommen werden.

Unterschiede können sich aber auch durch vorhandene Bodennutzungssysteme und Betriebsorganisationen ergeben. So ist in Betrieben mit ausgeprägtem Zuckerrüben- oder Silomaisanbau eine höhere Schleppermotorleistung insgesamt und auch des stärksten Schleppers notwendig als in typischen Getreide- oder sogar Grünlandbetrieben.

4 Transporttechnik

Der landwirtschaftliche Transport ist Bestandteil jedes Produktionsverfahrens. Die Transporttechnik hat die Aufgabe, den Massefluß mit technischen Hilfsmitteln zu erleichtern oder zu mechanisieren. Immerhin entfallen 30–60% des Gesamtarbeitszeitbedarfes der pflanzlichen Produktion auf Transportarbeiten, und es werden dazu ca. 45% des Gesamtenergiebedarfes benötigt.

Die Intensivierung der pflanzlichen und der tierischen Produktion, gestiegene Flächenerträge und Leistungen der Erntemaschinen, zunehmende Transportentfernungen und höhere Qualitätsan-

sprüche stellen vielfältige **Anforderungen** an die Transportverfahren und erschweren so die Auswahl der geeigneten Transporttechnik. Die zulässige *Zeitspanne* zwischen der Ernte bzw. dem Laden und der Verarbeitung beträgt u.U. nur wenige Stunden (z. B. Grünerbsenernte, Milchtransport in die Molkerei).

Transporte lassen sich nach dem Ortsnetz und nach der Art des Transportgutes gliedern.

Art des Transportgutes – Hier unterscheidet man nach

- ▶ landwirtschaftlichen Erntegütern (Getreide, Stroh),
- ▶ wirtschaftseigenen Betriebsmitteln (Gülle),
- ▶ zugekauften Betriebsmitteln (Dünger, Saatgut, Kraftstoffe).

Ortsnetz der Transporte – Nach dem Ortsnetz unterscheidet man

- ▶ innerbetriebliche Transporte (Feld- und Hoftransporte),
- ▶ außerbetriebliche Transporte (Feld-Markt- und Hof-Markt-Transporte).

Im landwirtschaftlichen Betrieb entfallen etwa 75% der Transportmassen auf den **innerbetrieblichen Transport**. Nachfolgend soll vor allem die hierfür gebräuchliche Transporttechnik behandelt werden. Diese hat folgende **Anforderungen** zu erfüllen:

- ▶ Hohe Transportleistung,
- ▶ wirksame Be- und Entladehilfen,
- ▶ vielseitige Verwendbarkeit,
- ▶ gute Eignung für das landwirtschaftliche Wegenetz,
- ▶ bodenschonende Fahrwerke,
- ▶ Erfüllen der gesetzlichen Bestimmungen (StVZO),
- ▶ keine Minderung der Gutqualität,
- ▶ geringe Anschaffungskosten.

4.1 Grundbegriffe

Transportmittel – Die Mechanisierung des Guttransportes erfolgt mit Hilfe von Transportmitteln, die sich unterteilen in:

- ▶ Transportfahrzeuge (Schlepper, Anhänger, Stapler),
- ▶ Stetigförderer (Kettenförderer, Förderbänder, Körnergebläse),
- ▶ Krane und Aufzüge.

Für den *landwirtschaftlichen Transport* haben die Fahrzeuge die größte Bedeutung.

Transportleistung – Sie errechnet sich aus der transportierten Masse und der dafür benötigten Zeit, einschließlich der erforderlichen Rüst-, Lade- und Rangierzeiten. Sie gilt also für den gesamten Transport-

ablauf und wird zusätzlich durch verfahrensbedingte Unterbrechungszeiten, z. B. Warten auf den Anhänger, verringert.

Zur überschlägigen **Berechnung** wird daher oft nur die *technische Transportleistung* ohne Berücksichtigung der Nebenzeiten herangezogen:

$$\text{technische Transportleistung} = \frac{\text{Transportvolumen} \times \text{Ladedichte} \times \text{Fahrgeschwindigkeit}}{\text{Transportentfernung}}$$

Hierbei stellt das Produkt aus Transportvolumen und Ladedichte die *Nutzmasse* dar.

Transportvolumen – Es wird begrenzt durch die zulässige Schütthöhe und die zulässigen Fahrzeugabmessungen (Tabelle 17).

Ladedichte – Sie hängt von der Schüttdichte des Transportgutes und der Transportform ab (Abb. 37, Seite 52, Tabelle 18, Seite 52).

Sie kann **erhöht** werden durch

- ▶ Vorverdichten des Erntegutes (Preßgut wie Ballen, Pellets),
- ▶ Verdichten beim Laden (Ladewagen),
- ▶ Ändern der Struktur (Häckseln).

Sie wird **verringert** durch

- ▶ losen Transport von Stückgut (z. B. 30% bei HD-Ballen),
- ▶ Verwenden von Aufsatzbehältern, Paletten, Großkisten (bis 50%)
- ▶ verkehrs- und verfahrenstechnisch bedingte geringe Ausnutzung des Transportvolumens (Tragfähigkeit des Weges, geringe Durchfahrtshöhen).

Fahrgeschwindigkeit – Sie ist durch das *landwirtschaftliche Wegenetz* bestimmt. Nur auf Beton-, Asphalt- und Pflasterwegen können die von der StVZO zugelassenen Fahrgeschwindigkeiten erreicht werden (Tabelle 17). Die tatsächliche Trans-

Tabelle 17 Gesetzliche Vorschriften für Transportanhänger nach der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) (Auszug).

Bezeichnung	Grenzwerte	Bemerkungen
zulässige Abmessungen:		
Breite	2,5 m	landwirtschaftliche Produkte, Arbeitsmaschinen 3 m
Höhe	4,0 m	bei landwirtschaftlichen Produkten auch darüber
Länge	12,0 m	Einzelfahrzeug
	15,0 m	Sattelzug
	18,0 m	Züge, z. B. Ackerschlepper mit zwei Hängern
zulässige Achslasten:		
Einzelachse	10 t	auch Tandemachse
Doppelachse	16 t	
zulässiges Gesamtgewicht:		
Einachsanhänger	12,5 t	bei Auflaufbremse 8 t
Zweiachsanhänger	16,0 t	
Dreiachsanhänger	22,0 t	
Schlepper mit Anhänger	38,0 t	
erforderliche Bremsanlage:		
Gesamtgewicht ≤ 4 t	≤ 25 km/h	Seilzugbremse auf eine Achse
	> 25 km/h	Auflaufbremse auf zwei Achsen
Gesamtgewicht ≤ 8 t	≤ 25 km/h	Auflaufbremse auf eine Achse
	> 25 km/h	Auflaufbremse auf zwei Achsen
Gesamtgewicht > 8 t	≤ 25 km/h	automatische Druckmittelbremse (Luft, Öl) auf einer Achse
	> 25 km/h	Zweileitungsbremsanlage auf zwei Achsen
erforderliche Fahrerlaubnis:		
Klasse 5 ¹⁾	≤ 25 km/h	zwei Anhänger mit Auflaufbremse
Klasse 3	> 25 km/h	maximal drei Achsen ≤ 7,5 t zulässiges Gesamtgewicht
Klasse 2	> 25 km/h	zwei Anhänger, > 7,5 t zulässiges Gesamtgewicht des Schleppers

¹⁾ Oder 4 (vor dem 1. 4. 1980 ausgestellt).

Tabelle 18 Mittlere Schüttdichten («Raumgewichte») von landwirtschaftlichen Transportgütern mit praxisüblichen Trockenmassegehalten.

Transportgut	Transportform	Schüttdichte, Raumgewicht dt/m ³	Ladedichte dt/m ³
Stroh	lose, verdichtet;	0,2–0,4	1,00 0,7 0,9 1,5 4,0
	HD-Ballen, gestapelt;	0,8–1,3	
	HD-Ballen, lose;	0,8–1,2	
	Großballen, rund;	1,2–1,8	
	Großballen, kubisch; Pellets, Briketts	4–6	
Grüngut	lose	3,5	3,5
Kartoffeln	lose,	5,5	5,5
	Großkiste		4,4
Zuckerrüben	lose,	7,0	7,0
	lose, mit Erdanhang		8,0
Getreide	lose	6,4–8,2	7,0
Stallmist	gestapelt	3,5–10,0	7,5
Mineraldünger	lose, gesackt, auf Palette	8,0–15,0 (18)	10,0
			7,0
Erde	lose	15,0	15,0
Holz	Hackschnitzel	2,5–3,5	3,0

portgeschwindigkeit hängt außerdem von der **Weglänge** ab (Abb. 38).

Bei einer zulässigen Fahrgeschwindigkeit von 40 km/h und 10 km Weglänge liegt die mittlere Trans-

portgeschwindigkeit bei nur 30 km/h bzw. bei zulässigen 80 km/h bei nur ca. 50 km/h. Deshalb sind einer Steigerung der innerbetrieblichen Transportleistung durch *Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit* Grenzen ge-

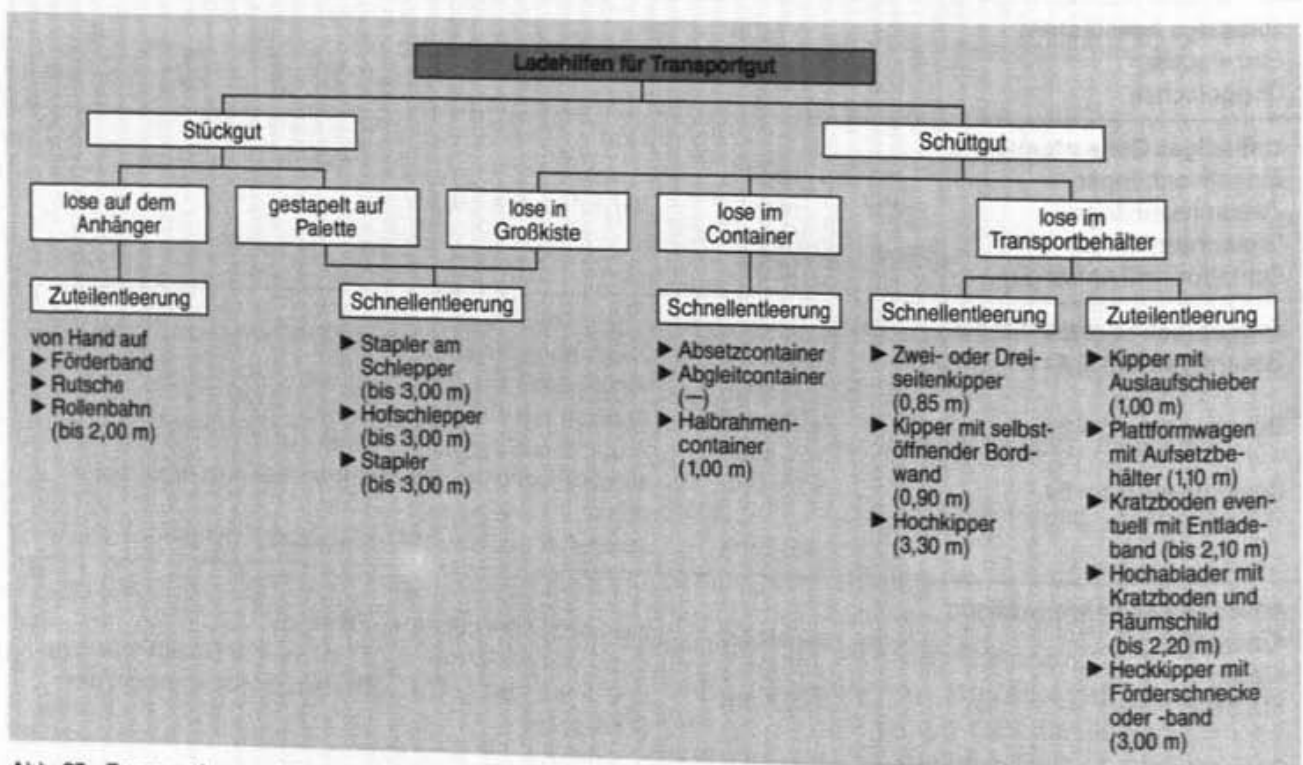


Abb. 37 Transportform und Ladehilfen für landwirtschaftliche Anhänger, Überladehöhen in ().

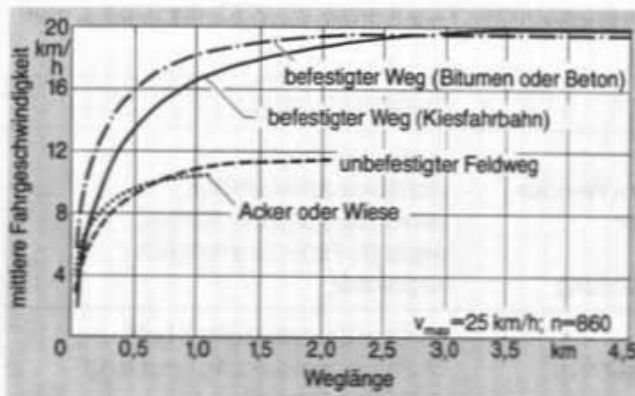


Abb. 38 Mittlere, in der Praxis ermittelte Transportgeschwindigkeiten in Abhängigkeit von Wegeart und Wegelänge.

setzt (bis zu Feldentfernungen von 3 km werden bestenfalls 20% erzielt). Zweckmäßig ist also eine Steigerung der Transportleistung durch Erhöhen der Nutzmasse, z. B. durch Verwenden von Anhängern mit zulässigem Gesamtgewicht von 8 t oder mehr.

Leistungsbedarf des Transportes – Er läßt sich mit Hilfe der im Abschnitt »Fahrmechanik« (Seite 39) angegebenen Formeln errechnen. Als **Richtwert** kann ein spezifischer Leistungsbedarf bezogen auf die Nutzmasse angegeben werden. Bei einer Geschwindigkeit von 25 km/h beträgt dieser für Anhänger $\leq 0,5$ kW/dt und für Anhänger + Schlepper $\leq 0,7$ kW/dt (befestigter Weg, maximal 3% Steigung). Nachdem ca. 40% des Schleppereinsatzes für Transportarbeiten (davon ca. 50% Leerfahrten) und damit im Teillastbereich des Schleppermotors erfolgt, sind »Transportschlepper« mit einem »Spargang« auszurüsten (s. Abschnitt »Aufbau des Schleppers«, Seite 33 ff.).

4.2 Transportfahrzeuge

Auf die speziellen Anforderungen an Transportfahrzeuge wird bei der Behandlung der einzelnen Produktionsverfahren eingegangen. Für den innerbetrieblichen Transport haben die **Anhänger** die größte Bedeutung. Sie werden in der Praxis nach sehr verschiedenen Kriterien eingeteilt (Tabelle 20).

Lastkraftwagen, selbstfahrende Transportfahrzeuge (SF-Ladewagen) und Container haben in der Bundesrepublik Deutschland wenig Bedeutung.

Für eine **vergleichende Wertung** der verschiedenen Bauarten sind in Tabelle 21 (Seite 54) die Vor- und

Tabelle 19 Standardabmessungen für Plattformwagen.

zulässiges Gesamtgewicht	Länge	Breite	Bordwandhöhe	Plattformhöhe
unter 4 t	4 m	1,8 m	0,4 m	1,1 m
über 5 t	5 m	2,0 m	0,5 m	1,1 m

Tabelle 20 Einteilung und Bezeichnung von landwirtschaftlichen Anhängern.

Merkmal	Bezeichnung
Bauart Anzahl der Achsen	Einachsanhänger, Zweiachsanhänger, Tandemanhänger,
Schwerpunktanlage	Hochlader, Tieflader
Aufbau	Plattformwagen, Muldenwagen, Container, Faßwagen
Ladehilfe	Kipper (zwei Seiten, drei Seiten), Hochkipper, Kratzbodenwagen
Verwendung	Universalwagen, Ladewagen, Stallmiststreuer

Nachteile, das zulässige Gesamtgewicht, der Nutzmasseanteil und der spezifische Anschaffungspreis von Einachs- und Zweiachs-Anhängern einander gegenübergestellt.

Als **Universalanhänger** überwiegt mit ca. 75% der **Plattformwagen** (zwei Drittel mit festem Wagenboden und abklappbaren Seiten- und Rückwänden, ein Drittel als Kipper) und bei den **Spezialwagen** der **Einachsanhänger** (zwei Drittel mit festen Aufbauten, ein Drittel Kipper). Für Plattformwagen haben sich die in Tabelle 19 angeführten **Standardabmessungen** eingeführt.

4.2.1 Ladehilfen

Die einzelnen Transportphasen sind durch Be- und Entladevorgänge miteinander verknüpft. Daher werden für hohe Transportleistungen auch leistungsfähige Be- und Entladehilfen benötigt. Dabei setzen auch Fördervorgänge unter Ausnutzung des Gutgewichts (»Schwerkraftförderung«, z. B. aus Bunker oder Erntemaschine) eine Mechanisierung zum Erreichen der erforderlichen Abgabehöhe (Überladehöhe) voraus. Die Neigung der Bodenfläche (z. B. Kipper, Rutsche) muß stets größer sein als der Reibungswinkel des Gutes (allgemein 45°).

Tabelle 21 Vor- und Nachteile, zulässiges Gesamtgewicht und spezifische Anschaffungspreise von Einachs- und Zweiachs-Anhängern.

Kennzeichen	Einachsanhänger	Zweiachsanhänger
Vorteile	gut manövrierfähig, geringer Platzbedarf beim Wenden, zusätzliche Belastung der Schlepperhinterachse, einfache Gelenkwellenführung	große Ladefläche, vielfältige Abladehilfen, verwindungssteifer Aufbau, separate Federung möglich, koppelbar
Nachteile	schwieriges Umhängen, veränderliche Deichselstützlast (nach StVZO ¹⁾), nur mit Schlepper zu bewegen, muß zugelassene Kupplung haben, nicht hinter Arbeitsgeräten	geringe Standfestigkeit bei Drehschemellenkung (am Hang Achsschenkellenkung), keine zusätzliche Belastung der Schlepperhinterachse, schlecht manövrierfähig (rückwärts rangieren)
zulässiges Gesamtgewicht		
Zweiseitenkipper t	3,5–12,5	bis 16
Dreiseitenkipper t	6,5– 8	
Anteil der Nutzmasse %	ca. 75	87–68
spezifischer Anschaffungspreis ²⁾		
Plattformwagen DM/t	800 ³⁾	1150
Zweiseitenkipper DM/t	–	1400/2500 ⁴⁾
Dreiseitenkipper DM/t	1500	1600
Hochkipper DM/t	2000	–
Hochkipper DM/t	2500	–

¹⁾ Über 3% und unter 20% der Gesamtnutzlast, maximal 2,5 t. ²⁾ Bis 25 km/h. ³⁾ Kratzbodenwagen. ⁴⁾ Bis 80 km/h.

Die **Überladehöhe** ist ein wichtiges Auswahlkriterium (Abb. 37, Seite 52). Für eine möglichst geringe Gutbeschädigung ist außerdem die Anpassungsmöglichkeit der Überladehöhe – und damit der Fallhöhe – wichtig.

4.2.2 Bereifung

Der **Anhängerreifen** hat folgende **Aufgaben**:

- ▶ Möglichst schonende Abstützung der Gesamtmasse gegen die Fahrbahn bzw. den Boden,
- ▶ Führung des Fahrzeuges und Übertragung von Bremskräften,
- ▶ Verringerung des Zugkraftbedarfes durch geringen Rollwiderstand,
- ▶ Abfedern der Transportmasse.

Diese Anforderungen werden durch spezielle »Ackerwagen«-Reifen mit einem Längsrillenprofil (»Rollprofil«) erfüllt (technische Daten in DIN 7813).

Niederquerschnittsreifen erlauben bei gleichem Außendurchmesser infolge der höheren Tragfähigkeit einen geringeren Reifeninnendruck und damit eine Senkung des Bodendruckes. Sofern die Reifentragfähigkeit bei Einachsanhängern nicht ausreicht, werden *Tandemachsen* (Achsabstand unter 1 m) oder

Doppelachsen (Achsabstand 1–1,99 m) verwendet, die aus lauftechnischen Gründen höhere Fahrgeschwindigkeiten erlauben, aber zur Bodenschonung bei Kurvenfahrt »gelenkt« sein sollen.

Der Einsatz von *Breitreifen* oder *Zwillingsbereifung* scheitert oft an den gesetzlichen Bestimmungen (Fahrzeugbreite!) oder den gegebenen Reihenabständen.

In der Regel verursachen kleine Anhängerreifen höhere Bodendruckschäden als die Schlepperreifen (z. B. Flüssigmisttankwagen).

4.3 Transportverfahren

Die Transportverfahren werden nach der *zeitlichen Bindung* von Arbeitsgerät (z. B. Feldhäcksler) und Anhänger (z. B. Häckselwagen) unterschieden in:

- ▶ Absätzigverfahren,
- ▶ Umhängeverfahren,
- ▶ Parallelverfahren.

Eine **hohe Transportleistung** wird für gegebene Feldentfernungen, Wegeverhältnisse und Fahrgeschwindigkeiten nur durch die Betrachtung des gesamten *Transportablaufes* erreicht. Weitere Zusammenhänge s. »Futterernte«, Seite 245 ff.

Die Arbeit in der Landwirtschaft wird geprägt durch den Umgang mit Boden, Pflanze und Tier. Üblich sind vielfach überlange Arbeitszeiten (Abb. 39). Sie werfen die Frage nach leistungsfähigerer Technik und nach mehr Technisierung auf. Diese Technik als Ersatz für Arbeitskraft und Arbeitszeit muß jedoch richtig in den Betrieb eingebunden und im Verfahren sinnvoll organisiert werden, um den günstigsten Betriebserfolg zu erreichen. Buchführungsergebnisse zeigen, daß dies gut ausgebildeten Landwirten besser gelingt als Landwirten ohne fachspezifische Ausbildung (Abb. 40).

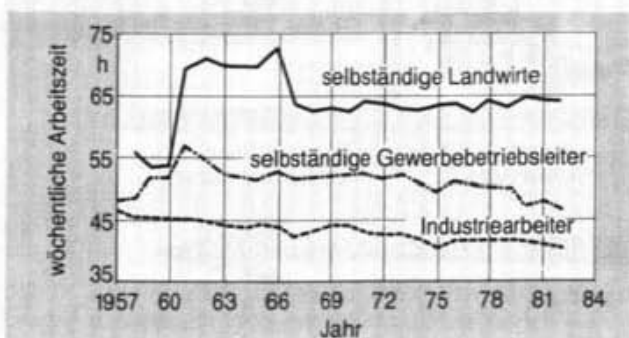


Abb. 39 Wöchentliche Arbeitszeiten im Vergleich.

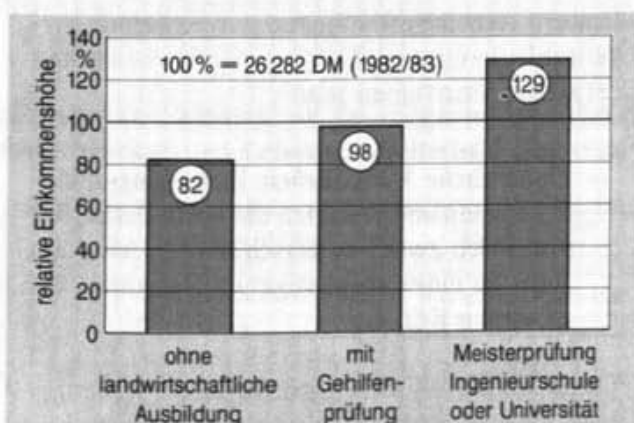


Abb. 40 Einkommenshöhe je Familienarbeitskraft in Abhängigkeit von der Fachbildung bei Vollerwerbsbetrieben.

Folglich benötigt der Landwirt vermehrte Kenntnisse in der Arbeitslehre, insbesondere über:

- Die menschliche Arbeit, ihre Formen und Abhängigkeiten,

- die Gestaltung der Arbeit und optimaler Arbeitsplätze,
- die Fragen der Arbeitssicherheit,
- die Arbeitszeit, Arbeitsplanung und Arbeitsorganisation,
- die Kosten der Arbeitserledigung,
- den überbetrieblichen Maschineneinsatz,
- die Hilfen bei der Prozeßüberwachung und der Prozeßsteuerung.

1 Die menschliche Arbeit

Trotz vermehrten Einsatzes von Technik zur Arbeitserledigung steht der Mensch mit seiner Arbeit im Mittelpunkt des täglichen Arbeitsablaufes. Dabei sind seine Aufgaben vielfältig. Sie reichen von ausschließlich körperlicher Arbeit bis zur rein geistigen Tätigkeit.

1.1 Arbeit und ihre Formen

Der **Begriff Arbeit** wird vielschichtig verwendet. Rein *physikalisch* wird Arbeit dann verrichtet, wenn eine Kraft über einen bestimmten Weg wirkt (Arbeit = Kraft × Weg). Wird diese Arbeit auf die Zeit bezogen, dann handelt es sich um

$$\text{Leistung} = \frac{\text{Kraft} \times \text{Weg}}{\text{Zeit}}$$

Betriebswirtschaftlich ist die menschliche Arbeit jene Tätigkeit, welche der Sicherung des Lebens, der Entwicklung des Menschen und der menschlichen Gemeinschaft dient. Sie umfaßt materielle und ideelle Werte und bezieht sich auf die einzelne Arbeitskraft, wobei planerische und beschreibende Fakten im Vordergrund stehen. Wichtige Maßstäbe in diesem Zusammenhang zeigt Tabelle 22, Seite 56.

Hinsichtlich der **Arbeitsausführung** ist menschliche Arbeit die Abfolge der Teilschritte »wahrnehmen, entscheiden und handeln«. Arbeit besteht demnach aus körperlicher und geistiger Tätigkeit (Abb. 41, Seite 56).

Tabelle 22 Einheiten der menschlichen Arbeit in der Landwirtschaft.

Einheit	Definition	Anmerkung
Arbeitskraft (AK)	eine voll arbeitsfähige männliche oder weibliche Person, die dem Betrieb voll zur Verfügung steht (kalkulatorische Einheit)	Voll-AK = 2300 AKh/Jahr Teilzeit-AK = 0,1 AK je 190 AKh Teil-AK: 14–15 Jahre = 0,5 AK über 65 Jahre = 0,3 AK
Arbeitskraftstunde (AKh)	Zeitmaß für eine Arbeitskraft; dabei ist eine Arbeitsausführung unterstellt, welche eine geeignete und geübte Arbeitskraft auf Dauer (einschließlich Pausen) erbringen kann; Arbeitsbedarf	Basis für diese Einheit ist die »REFA-Normalleistung« (Zu- und Abschläge zwischen 0,7 und 1,4)
Arbeitsleistung (z. B. ha/AKh GV/AKh t/AKh)	die kalkulatorisch ermittelte Leistung je Arbeitskraftstunde, wobei alle erforderlichen Tätigkeiten eingeschlossen sind	treffender ausgedrückt als z. B. – Flächenleistung – Bergeleistung – Pflückleistung – Melkleistung

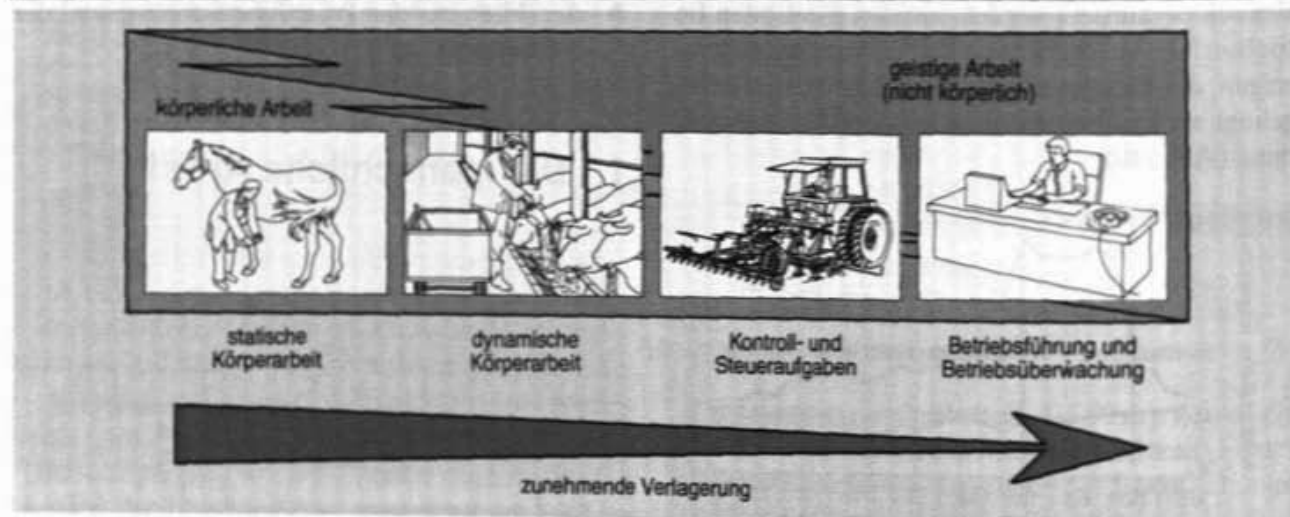


Abb. 41 Formen der menschlichen Arbeit.

► **Körperliche Arbeit** (physische Arbeit) ist überwiegend Muskelarbeit. Sie wird nach dem Grad der Bewegungsabläufe unterschieden in:

- *Statische Muskelarbeit*: Es wird kein Bewegungsweg zurückgelegt (Haltearbeit); die Arbeit führt zu einer Verkrampfung der Muskulatur; daraus folgend ist die Durchblutung der Muskulatur mangelhaft; Ermüdung tritt sehr schnell ein; auf Dauer kann der Mensch dabei nur 15% der maximalen Kraft erbringen.

Da die Arbeitsergebnisse bei statischer Arbeit unbefriedigend sind, sollte durch bessere Arbeitsgestaltung Abhilfe geschaffen werden!

- *Einseitige dynamische Muskelarbeit*: Es wird ein Bewegungsablauf durchgeführt; die Beanspruchung der Muskulatur ist ständig einseitig; da hohe Kräfte möglich sind, können bleibende körperliche Schäden eintreten.

Bessere Arbeitsgestaltung oder wechselnde Arbeitsabläufe müssen Ziele bei der Verbesserung derartiger Situationen sein!

- *Dynamische Muskelarbeit*: Bewegungsabläufe belasten und entlasten die Muskulatur; der Ausgleich zwischen verschiedenen Muskeln führt zu einer ausgewogenen Belastung des gesamten Körpers.

Diese Art der Muskelarbeit ist die menschengerechte Form der muskulären Beanspruchung!

- **Geistige Arbeit** ist das Erfassen und Durchdringen von Zusammenhängen, das Vergleichen und Beurteilen und das daraus folgende »Ziehen von Schlüssen« und »Fällen von Entscheidungen«. Diese Tätigkeiten werden auch als Informationsverarbeitung bzw. als Informatik bezeichnet.

► **Mischformen** zwischen körperlicher und geistiger Arbeit: In der Landwirtschaft treten die Formen der Arbeit in reiner Form nur selten auf. Vielmehr handelt es sich fast immer um Mischformen, bei welchen durch die Technisierung schwere körperliche Arbeit immer mehr abgebaut wird. Dabei wird jedoch häufig übersehen, daß mit der Technisierung die geistige Arbeit zunimmt und zusätzliche Beanspruchungen durch die Arbeitsumgebung entstehen (Abb. 42). Unter Umständen führt dies zu einer insgesamt stärkeren Beanspruchung des Menschen. Diese Zusammenhänge spiegeln sich auch im Krankheitsbild der landwirtschaftlichen Bevölkerung wider. Gegenüber der übrigen Wohnbevölkerung zeigt sie vermehrt Erkrankungen des Bewegungs- und Stützapparates sowie des Nerven- und Kreislaufsystems.

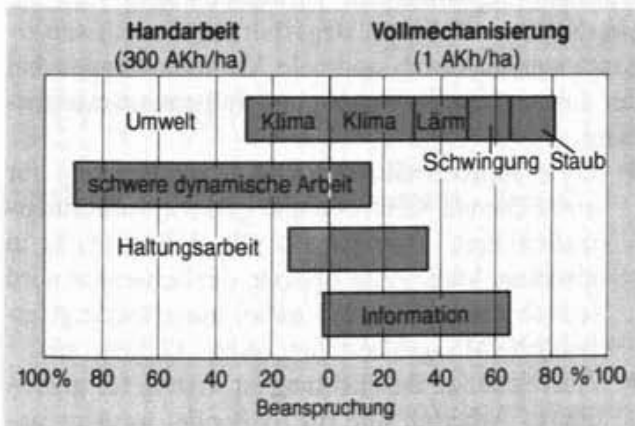


Abb. 42 Beanspruchung des Menschen bei Handarbeit und Vollmechanisierung in der Getreideernte.

1.2 Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft

Menschliche Leistung ist das Ergebnis von **Leistungsfähigkeit** und **Leistungsbereitschaft**. Begrenzt

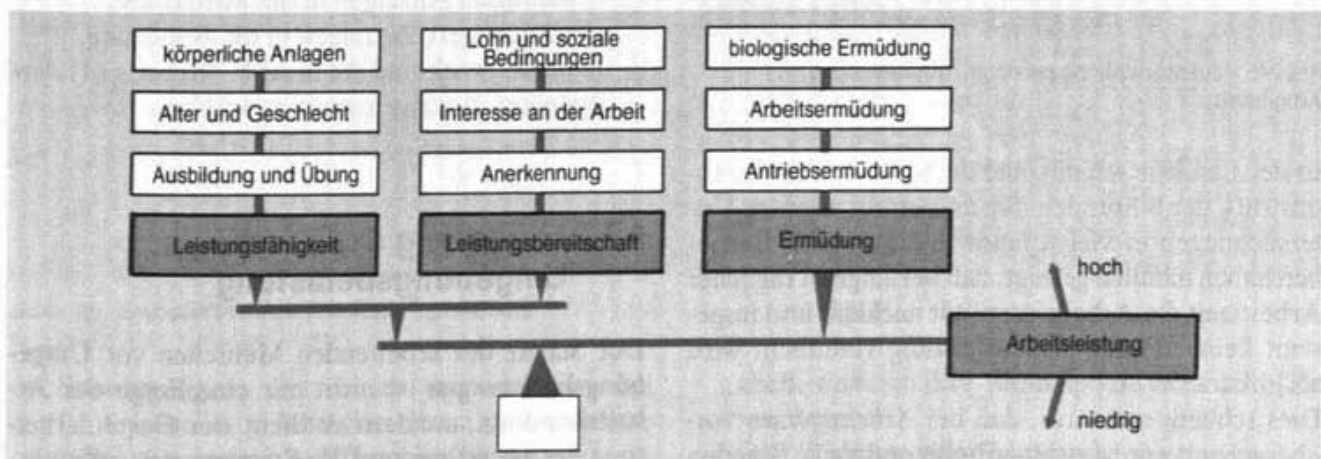


Abb. 43 Faktoren der Arbeitsleistung.

wird die zu erbringende Arbeitsleistung durch die **Ermüdung**. Ähnlich einer Waage (Abb. 43) besteht somit ein Zusammenspiel zwischen diesen drei Bereichen. Nur deren Kenntnis ermöglicht eine Beurteilung und darauf aufbauend eine Verbesserung der menschlichen Arbeit unter humanen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Näheres dazu im Band 5 »Berufs- und Arbeitspädagogik« unter »Arbeitsleistung«.

2 Arbeitsgestaltung

Aufgabe der Arbeitsgestaltung ist es, die Arbeitsbelastung des einzelnen Menschen so zu begrenzen, daß weder eine Über- noch eine Unterforderung erfolgt. Dies dient ökonomischen und humanen Zielen. Dazu sind Kenntnisse erforderlich über:

- Die Pausen- und Arbeitszeitgestaltung,
- die Arbeitsplatzgestaltung,
- geringere Umgebungsbelastungen,
- bessere Arbeitssicherheit.

2.1 Pausen- und Arbeitszeitgestaltung

Jede Arbeit ermüdet. Folglich ist eine richtige Arbeits- und Pausengestaltung wichtig. In erster Linie ist dabei der natürliche **Tagesrhythmus** des Menschen zu beachten. Dieser erfordert wegen des natürlichen Leistungsabfalles eine längere **Mittagspause** und eine ausgeprägte **Nachtruhe**. Zusätzlich sind während der beiden Halbtage Pausen erforderlich, welche je nach **Arbeitsschwere** in unterschiedlichen Zeitabständen eingelegt werden müssen. Grundsätzlich sind jedoch häufigere kurze Pausen günstiger zu beurteilen als wenige längere (Abb. 44, Seite 58).

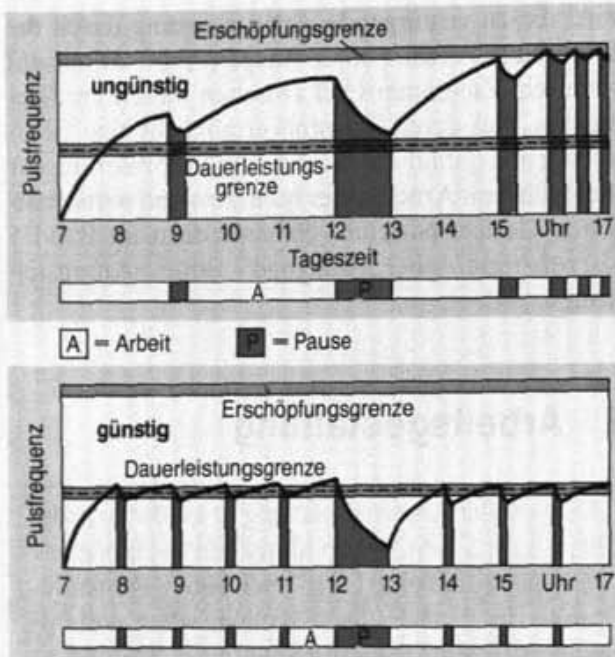


Abb. 44 Günstige und ungünstige Pauseneinteilung bei schwerer Arbeit.

Auch die **Länge der täglichen Arbeit** muß im Zusammenhang mit der Arbeitsschwere gesehen werden. Viele Landwirte sind der Meinung, daß mit längerer Arbeitszeit auch die Arbeitsleistung im gleichen Umfang steigt. Dies gilt nur für leichtere Arbeiten (Abb. 45).

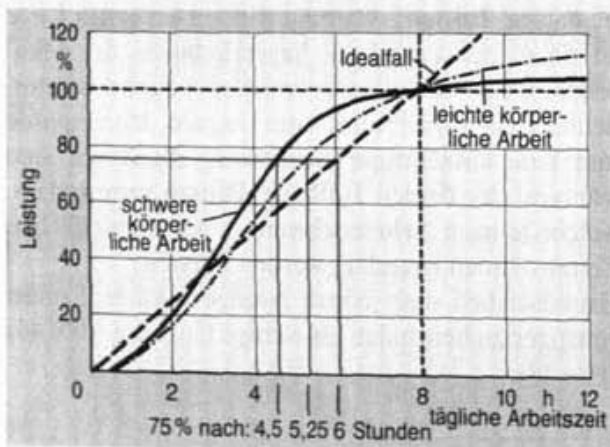


Abb. 45 Zusammenhang zwischen Arbeitsleistung und Arbeitszeit.

In der Landwirtschaft sollte deshalb – wie in der Industrie – der 8-Stunden-Tag angestrebt werden. Untersuchungen in vielen landwirtschaftlichen Betrieben haben nämlich gezeigt, daß bei längerer täglicher Arbeitszeit die Arbeitsintensität nachläßt und insgesamt keine höhere Arbeitsleistung vollbracht wird als in kürzerer Arbeitszeit.

Dies schließt nicht aus, daß bei *Arbeitsspitzen* vorübergehend mit Maschinen zehn und mehr Stunden gearbeitet wird. Jedoch sollte daraus keine Regel

werden. Gute Arbeitsplanung und überlegte intensive Arbeit ermöglichen auch im bäuerlichen Betrieb eine geregelte Arbeitszeit.

2.2 Arbeitsplatzgestaltung

Die Anatomie des Menschen, eine günstige Arbeitshaltung und die Ansprüche an die Umgebung bestimmen die richtige Gestaltung des Arbeitsplatzes. Dazu zählen:

- ▶ Die ergonomische, d. h. arbeitsgerechte Gestaltung des Arbeitsplatzes,
- ▶ die Licht- und Beleuchtungsverhältnisse,
- ▶ die Informationsvermittlung,

Die wichtigsten ergonomischen Grundsätze sind in Abb. 46 zusammengefaßt.

Optimale ergonomische Voraussetzungen sind die eine Seite der Arbeitsplatzgestaltung. Sie müssen ergänzt werden durch optimale Voraussetzungen bei der *Informationsaufnahme* und *Informationsumsetzung*.

- ▶ Gute **Sichtverhältnisse** sind Voraussetzung für ausreichende Kontrolle und gezielte Steuerungsmaßnahmen. Dies gilt für alle Arbeitsplätze in gleichem Maße. Am Beispiel der Schlepper wird jedoch ersichtlich, daß dabei bauartbedingt erhebliche Mängel bestehen (Abb. 47, Seite 60).
- ▶ Ausreichende **Beleuchtung** ist wichtig für griffficheres Arbeiten und für fließende, weniger unfallgefährdete Arbeitsbewegungen. Wesentliche Richtwerte sind in Tabelle 23 (Seite 60) zusammengefaßt.
- ▶ Funktionell richtig gestaltete **Anzeigeeinstrumente** sind erforderlich für eine sichere Übermittlung von Informationen. Bedeutend ist deren richtige Gestaltung und deren Anbringung im Blickfeld. Dabei gilt die Einreihung:
 - Gesamtanzahl der Instrumente beschränken,
 - wichtigste Anzeigen in die Mittelzone,
 - unwichtigere Anzeigen in die Randzone.
 Je nach Zweck sind die in Abb. 48 (Seite 61) dargestellten Anzeigeformen zu wählen.

2.3 Minderung der Umgebungsbelastung

Der Schutz des arbeitenden Menschen vor **Umgebungsbelastungen** ist nicht nur eine Frage des Arbeitskomforts, sondern er dient der Gesunderhaltung des Menschen und der Steigerung der Arbeitsleistung. Die wesentlichen Faktoren sind:

Maßnahme	Bedeutung	Beispiel
① Hebel- und Werkzeuggestaltung	Griffform: Kraftübertragung falsch 80%, richtig 100% Bewegung und Werkzeuggestaltung müssen übereinstimmen	
② Haltearbeiten vermeiden	bei Haltearbeiten (statischen Arbeiten) und ungünstiger Arbeitshaltung verkrampfen sich die Muskeln; Blut- und Sauerstoffzufuhr der Muskeln werden eingeschränkt; es kommt zur schnellen Ermüdung	Kraftfutterzuteilung
③ richtige Arbeitshaltung	gegenüber Liegen erhöht sich der Energieumsatz bei: 3-5% 8-10% 30-40% 50-60% Sitzen – bei leichter Arbeit ohne Ortswechsel Stehen – schwere Arbeit oder häufiger Ortswechsel andere Arbeitshaltungen vermeiden!	Melken
④ Greifraum und Betätigungsfeld beachten	durch die Anatomie des Menschen ergeben sich verschiedene Greifräume; <i>großer Greifraum</i> : Vorratsbehälter – schwere Hebel <i>kleiner Greifraum</i> : genaue Arbeit – leichte Hebel <i>Beidhandgreifraum</i> Fußhebel sollten möglichst nur sitzend und im flachen Winkel zu bedienen sein	Greifraum geometrisch maximaler Greifraum

Abb. 46 Grundsätze für die Arbeitsplatzgestaltung.

► **Schwingungen:** Sie treten insbesondere bei Schleppern in gefährlicher Form auf, da diese Schwingungen mit 3–5 Hz weitgehend der Eigenschwingung von Wirbelsäule und Magen entsprechen,

wodurch ihre Wirkung verstärkt wird (Resonanz).

Die Wirkung von Fahrzeugschwingungen wird durch die Wahrnehmungsstärke k gemessen. Die

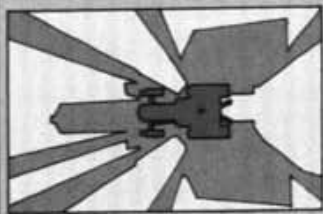
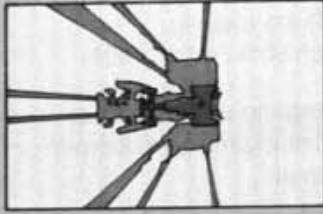
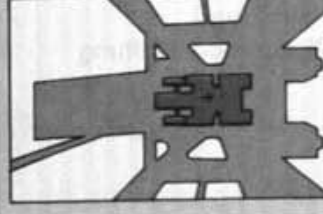
Sichtbeeinträchtigung	Standardschlepper	Geräteträger	Trac-Schlepper
auf Umfeld Boden			
Umfeld Geräte			
Frontanbau	100% Frontlader	75% Frontlader	100% Frontlader
Seitenanbau	58% Anbau-mais-häcksler	50% Seitenmähwerk	75% Anbau-mais-häcksler
Heckanbau	5%	5%	16%
Vorderräder	mittel	gering	mittel

Abb. 47 Sichtfeldeinengung an Ackerschleppern.

Tabelle 23 Empfohlene Werte für den Beleuchtungsbedarf (Auszug aus DIN 18910).

Arbeitsbereich	Beleuchtungsstärke Lux	Abstand der Leuchten in m bei Verwendung von:			
		Glühlampen		Niederdruckleuchtstofflampen	
		60 W	100 W	20 W	40 W
Rindviehställe					
Milchviehställe					
Futtermgang	30	2,0	4,0	4,0	10,0
Melkgang im Stall	120	-	-	-	2,5
Mistgang	60	-	2,0	2,0	5,0
Mastvieh-Laufställe					
Futtermgang	60	-	2,0	2,0	5,0
Nebenräume					
Futtermbereitung	60	-	2,0	2,0	5,0
Warteraum für Milchkühe	30	2,0	4,0	4,0	10,0
Melkstand	250	-	-	-	1,25
Milchraum	120	-	-	-	2,5
Lagerräume	60	-	2,0	2,0	5,0
sonstige Arbeitsbereiche					
Arbeitsplatz für Reparaturen und Wartung	120 bis 250	-	-	-	2,5
Durchgänge und Treppen	30	2,0	4,0	4,0	10,0

Anzeigeform				
	analoges Signal	digitales Signal	Lichtsignal	akustisches Signal
Einsatzform	einordnende Beobachtung (wechselnde Vorgänge)	exakte Meßwerte (ablesen)	Zustandsänderung gelb = in Funktion grün = in Ordnung rot = Gefahr	gefährvolle Zustandsänderung

Abb. 48 Formen und Einsatzkriterien für Anzeigeelemente.

gesundheitlichen Auswirkungen der Schwingungen sind abhängig von der Dauer der Einwirkung (Abb. 49).

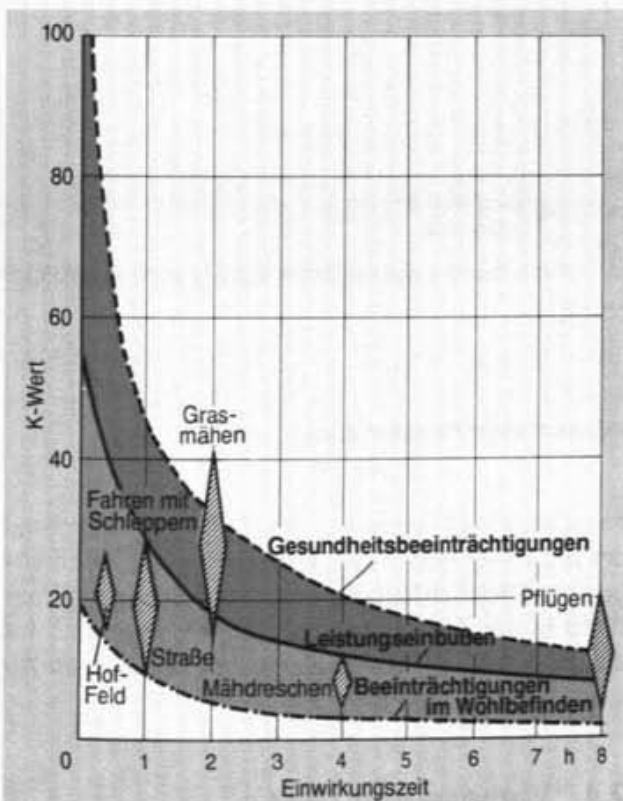


Abb. 49 Schwingungsbelastungen auf den Menschen bei ausgewählten Beispielen.

Gute Schleppersitze dämpfen die Schwingungen weitgehend ab, wenn sie auf den Schleppertyp abgestimmt sind. Problematisch ist jedoch das schnelle Altern der Dämpfungselemente und das zu umständliche Einstellen auf das Gewicht bei wechselnden Schlepperfahrern.

- **Lärm:** Durch ihn werden erhebliche *Gesundheitsschäden* verursacht. Lärmschäden wirken schleichend und werden oft erst nach Jahrzehnten bemerkt. Sie beziehen sich nicht nur auf das Gehör, sondern auch auf die seelische (physische) Bela-

stung des Menschen. Zum Messen bedient man sich des Schalldruckes, ausgedrückt in Dezibel dB(A). Dieses Maß ist logarithmisch aufgeteilt. Eine Lärmsteigerung um 10 dB(A) bedeutet dabei eine *Lärmverdoppelung*.

Seit dem 1. Januar 1981 darf der Schallpegel am Ohr des Schlepperfahrers 90 dB(A) bei Nenn-drehzahl nicht überschreiten. Bei älteren Schleppern, die diesen Wert meist überschreiten und beim Einsatz bestimmter Geräte, z. B. Mais-häcksler, ist das Tragen eines Gehörschutzes zu empfehlen.

- **Klima:** Es umfaßt die Faktoren Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Luftfeuchte und wird durch die sogenannte *Effektivtemperatur* gekennzeichnet. Zwischen Effektivtemperatur, Körperreaktion und Arbeitsleistung besteht ein eindeutiger Zusammenhang: Ab einer Lufttemperatur von 20°C ist eine Verschlechterung, über 30°C ein deutliches Absinken der Arbeitsleistung zu erwarten.

Der **Optimalbereich** für landwirtschaftliche Tätigkeiten liegt zwischen 18°C und 21°C. Dieser Optimalbereich wird in der pflanzlichen Produktion bei Schlepperarbeit häufig überschritten, insbesondere dann, wenn aus Gründen des Witterungs- und Lärmschutzes unbelüftete Kabinen eingesetzt werden. Bei Sonneneinstrahlungen können die Kabineninnentemperaturen bis zu 70°C über der Außentemperatur liegen. Überstehende Kabinendächer, negative Neigung der Scheiben und Sonnenschutzrollos können zu einer erheblichen Temperaturabsenkung beitragen. Optimale Temperaturen in Kabinen können mit Klimaanlage erzielt werden.

- **Luftfremde Stoffe (Staub):** Dabei ist zu unterscheiden zwischen mineralischen Partikeln, die zu Silikose führen können, lebenden Organismen (Pilze, Pollen, Keime), die Allergien verursachen und Pflanzenbehandlungs- sowie Düngemitteln, von denen einige toxische Wirkung haben können.

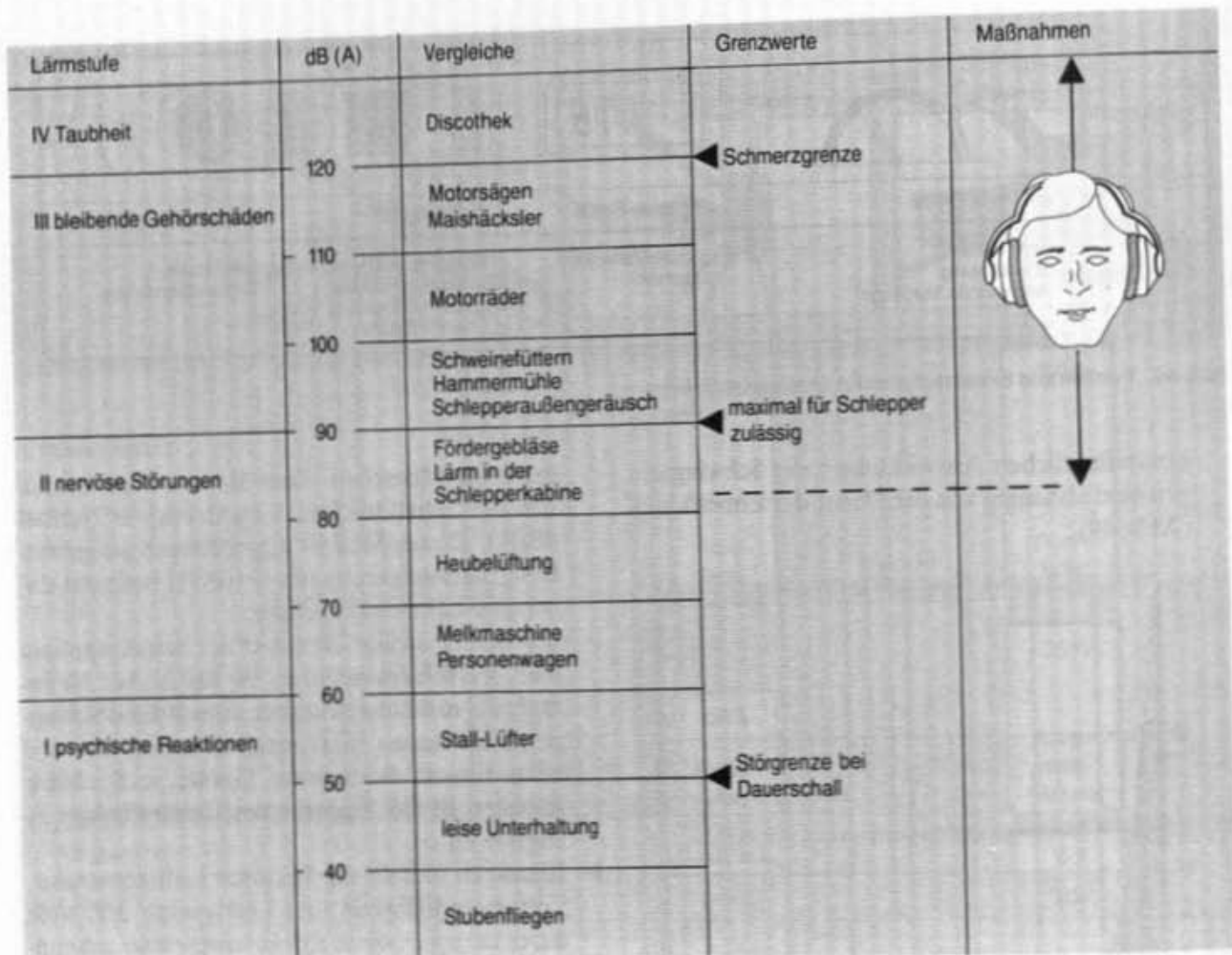


Abb. 50 Lärmkala mit Stufeneinordnung und deren gesundheitliche Auswirkungen beim Menschen (mit Vergleichsbeispielen).

Bei einer Reihe von landwirtschaftlichen Arbeiten (z. B. Bodenbearbeitung bei trockenem Wetter, Mähdrusch, Schweinefüttern mit Trockenfutter) wird die zulässige Belastung häufig überschritten.

Als *Staubschutzmaßnahmen* bieten sich personengetragene Atemschutzmittel und geschlossene, klimatisierte Kabinen an, deren Staubabscheidung etwa 99% beträgt. Bei kurzzeitigen Staubbelastungen genügen preisgünstige Atemschutzhelme und Atemschutzhauben. Bei längeren Arbeiten unter Staubeinwirkung empfiehlt sich jedoch der Einsatz einer belüfteten Kabine, welche durch geeignete Filter und leichten Kabinenüberdruck einen umfassenden Staubschutz ohne eingeschränkte Bewegungsfreiheit gewährleistet.

Optimale Arbeitsplatzgestaltung und Schutz vor Umgebungseinflüssen muß stärker in das Bewußtsein der landwirtschaftlichen Bevölkerung gebracht werden. Nur dadurch ist die Belastung der Arbeitskräfte zu senken und der arbeitende Mensch vor gesundheitlichen Schäden zu schützen. Insbesondere gilt dies für Arbeitsplätze, auf welchen lange Ar-

beitszeiten zugebracht werden. Mit im Vordergrund des Interesses stehen hier der Arbeitsplatz »Melken« in der Milchviehhaltung und der Schlepperführerstand in der Außenwirtschaft. Beispielhaft sind für diesen in Abb. 51 die wichtigsten Forderungen zusammengefaßt.

2.4 Verbesserung der Arbeitssicherheit

In der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland verunglücken jährlich etwa 500 Personen tödlich, ereignen sich 13 000 schwere Unfälle und 200 000 leichtere Arbeitsunfälle.

Bezogen auf alle in der Landwirtschaft Beschäftigten bedeutet dies, daß je landwirtschaftlicher Arbeitskraft etwa alle 10 Jahre ein Unfall stattfindet (Vergleichszahlen: Industrie etwa alle 30 Jahre, Forstwirtschaft etwa alle 3 Jahre). Die durch die Unfälle entstehenden direkten Kosten betragen 1,2 Mrd. DM und belasten jede in der Landwirtschaft versicherte Arbeitskraft mit ca. 550 DM/Jahr. Hinzu


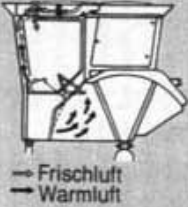
Arbeitsplatzbereich	Anforderungen				
Führerstand 	Sitz <i>Bandscheibenstütze</i> <i>Formsitz</i> <i>Lehne</i> <i>verstellbar</i> <i>5°-15°</i> <i>Sitzverstellung</i> <i>hoch ca.</i> <i>400 ± 80 mm</i> <i>längs ca.</i> <i>±75 mm</i> <i>Querneigung</i> <i>Fahrgewicht</i> <i>einstellbar</i> <i>50-120 kg</i>	Bedienungselemente <i>Erreichbarkeit</i> <i>Kraft-körperfern</i> <i>Präzision-körpernah</i> <i>griffiges</i> <i>Lenkrad</i> <i>Pedale rutschsicher</i> <i>hängend</i> <i>automatisches</i> <i>An- und Abkuppeln</i> <i>Hebel leicht</i> <i>zugänglich,</i> <i>sicher unterscheidbar</i>	Information <i>gutes Sichtfeld</i> <i>Anzeigen</i> <i>blendfrei</i> <i>Größe</i> <i>Anordnung</i> <i>sinnrichtige</i> <i>Funktion</i> <i>(Hebel und Anzeigen)</i> <i>geeignete</i> <i>Spiegel</i>	Einstieg <i>Weite > 40 cm</i> <i>rutschsicher</i> <i>Handgriffe</i> <i>freie Plattform</i>	Kabine <i>gute Sicht</i> <i>Kopffreiheit</i> <i>klimatisiert</i> <i>Lärm- und</i> <i>Staubschutz</i>
Kabine 	Arbeit <i>leichter Ein- und Ausstieg</i> <i>ausreichende Kopf- und Beinfreiheit</i> <i>gute Sichtverhältnisse</i> <i>Gerätekontrolle</i> <i>und Bedienung</i> <i>bei geschlossener Kabine</i>	Lärm und Schwingungen <i>Lärmdämmung</i> <i>Schwingungsdämpfung</i>	Klima <i>negative</i> <i>Neigung der Scheiben</i> <i>weiter Dachüberstand</i> <i>richtige Luftführung</i> <i>regelbarer Luftdurchsatz</i> <i>Defroster</i> <i>ausreichende Abschirmung</i> <i>gegen Motor- und Getriebeabwärme</i> <i>(Klimaanlage)</i> <i>(Kompressor)</i>	Staub <i>Filteranlage</i> <i>(95% Abscheidung)</i> <i>Überdruck</i> <i>in der Kabine</i> <i>20 Pa</i> <i>leichte Reinigungsmöglichkeit</i>	Sicherheit <i>Umsturzvorrichtung</i>

Abb. 51 Anforderungen an den Arbeitsplatz »Schlepper«.

kommen noch erhebliche Folgekosten für den Betrieb. Diese für die Landwirtschaft unbefriedigende Unfallsituation ist zurückzuführen auf die

- ▶ **mangelhafte sicherheitstechnische Ausrüstung** von Maschinen und Gebäuden sowie die geringe Motivation für sicherheitsgerechtes Arbeiten;
- ▶ **vielseitige landwirtschaftliche Arbeit** an verschiedenen Arbeitsplätzen sowie die häufige Arbeitsüberlastung bei mehr als acht Stunden Arbeitszeit je Tag;
- ▶ **besondere Arbeitsverfassung** der landwirtschaftlichen Familienbetriebe, denn 45% aller Arbeitsunfälle betreffen mithelfende Familienangehörige. Besonders gefährdet sind Jugendliche und äl-

tere Menschen (letztere verursachen 65% der tödlichen Arbeitsunfälle!).

Besondere **Gefahrenschwerpunkte** bei der landwirtschaftlichen Arbeit sind in Abb. 54 (Seite 65) dargestellt. Fehlverhalten des Arbeitenden (Abb. 52, Seite 64) und vorhandenes Gefahrenpotential sind zusammen häufige Unfallursachen.

Die **Verbesserung der Arbeitssicherheit** ist deshalb dringend erforderlich. Geeignete Maßnahmen hierzu sind in Abb. 53 (Seite 64) ausführlich dargestellt. Dabei besteht das Ziel nicht nur in der Reaktion auf schon geschehene Unfälle, vielmehr müssen alle Arbeiten vorbeugend auf ihre möglichen Gefahren hin durchdacht und überprüft werden.



Verhalten	Bewegungsablauf	Folgerungen
der Mensch verhält sich bei <i>gleichen Bedingungen</i> anders als normalerweise 	wird <i>bewußt</i> geändert, um unter Streß zu beschleunigen, abzukürzen oder zu vereinfachen	<ul style="list-style-type: none"> – vorangegangene Streßsituationen mindern – sicherheitsgerechtes Verhalten mit entsprechendem Bewegungsablauf einüben, festigen und überprüfen
der Mensch verhält sich bei <i>geänderten Bedingungen</i> gewohnheitsmäßig 	wird <i>nicht</i> geändert, obwohl andere Bedingungen gegeben sind	<ul style="list-style-type: none"> – Technik an übliche Bewegungsabläufe anpassen – Veränderungen erkennbar machen – motivieren, damit auf Veränderungen reagiert wird

Abb. 52 Ursachen für das Unfallgeschehen.


	Begründung	Beispiele
technische und bauliche Gestaltung von Maschinen und Geräten	<p>passiv: Schutzeinrichtung, um den Menschen von Gefahrenbereichen fernzuhalten; Maschinen müssen dazu von den Berufsgenossenschaften geprüft werden und mit dem »GS-Sicherheitszeichen« versehen sein; bei Gebäuden ist dies teilweise in die Verantwortung des Landwirts gegeben</p> <p>aktiv: Maßnahmen, welche von vorneherein gefährliche Situationen vermeiden, zur optimalen Arbeitsplatzgestaltung beitragen und die allgemeinen Arbeitsgewohnheiten und natürlichen Arbeitsbewegungen des Menschen besonders berücksichtigen</p>	 <p>Prüfzeichen besondere Verantwortung des Landwirts bei Treppen, Geländern, Bodenbelägen usw.</p> <p>ebenerdige Lagerung von Heu und Silage besser als deckenlastige Lagerung und Hochbehälter; Melkstände besser als Melken in Anbindeställen; optimale Führerstände mit günstigem Auf- und Abstieg</p>
Ausbildung sicherer Arbeitsgewohnheiten	<ul style="list-style-type: none"> – Erlernen sicherheitsgerechten Arbeitens; da es schwierig ist, einmal eingprägtes Handeln abzuändern, müssen beim ersten Erlernen möglichst viele Gefahrenmomente angesprochen werden – sicheres Verhalten muß so lange geübt werden, bis ein hoher Automatisierungsgrad erreicht wird – Hinweise auf Gefahrensignale, um den Arbeitsablauf geänderten Bedingungen anzupassen 	richtiges Anprechen und Treiben von Tieren; gefahrenloses An- und Abkoppeln von Geräten; sicherheitsgerechtes Beseitigen von Maschinenstörungen; richtiger Umgang mit motorisiertem Werkzeug (z. B. Motorsäge, Winkelschleifer, Kreissäge)
Motivation zu sicherheitsgerechtem Handeln	das Handeln des Menschen wird von positiven Erfahrungen bestimmt; sicherheitsgerechtes Arbeiten ist häufig mit größerem Aufwand verbunden, die »Belohnung« aber nicht sichtbar; sicherheitsgerechtes Arbeiten muß deshalb auch mit anderen Vorteilen verbunden sein	sicherheitsgerechte Arbeitsplätze, die bequemer und rationeller sind als herkömmliche Arbeitsverfahren; sicherheitswidriges Verhalten mit negativem Image verbinden; Beitragsminderung bei vorbildlicher sicherheitsgerechter Ausstattung landwirtschaftlicher Betriebe

Abb. 53 Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit in der Landwirtschaft.

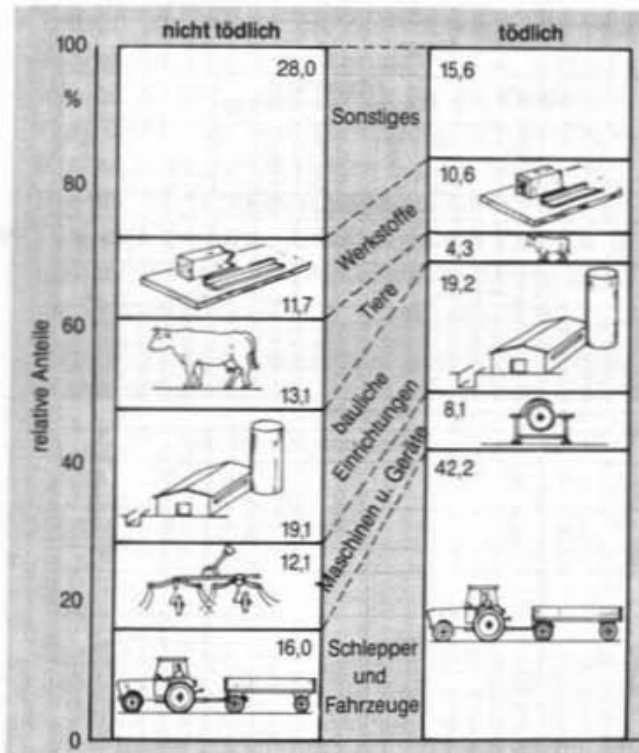


Abb. 54 Arbeitsunfälle nach ihren Unfallgegenständen (Stand 1984).

3 Arbeitszeitermittlung und Arbeitszeitplanung

Die menschliche Arbeit ist der wertvollste und wichtigste Produktionsfaktor. Deshalb ist ein gut geplanter und durchdachter Einsatz besonders wichtig. Dabei kann jedoch nicht auf einer einmal durchgeführten Planung beharrt werden. Vielmehr ist eine *laufende Arbeitszeitkontrolle* notwendig, weil im landwirtschaftlichen Betrieb Anbauflächen, Tierbestände, Techniken und Verfassung der Arbeitskräfte einem mehr oder weniger starken Wandel unterliegen.

Jährlich oder bei wesentlichen Änderungen sollte deshalb im Sinne eines optimalen Einsatzes der Arbeitskräfte eine Anpassung des Arbeitsangebotes des Betriebes und des Arbeitsanspruches der Produktionsverfahren durch **Arbeitszeitkalkulationen** stattfinden. Dazu benötigt man Kenntnisse über

- ▶ Möglichkeiten der Arbeitsanalyse (IST),
- ▶ Anwendung von Planzeiten zur Modellkalkulation (SOLL),
- ▶ Erstellung von Arbeitsvoranschlägen (Kapazitätsplanung).

3.1 Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes (Ist-Zeit)

Durch die stark wechselnden Arbeiten im Betrieb und durch länger andauernde Phasen hoher bzw. niedriger Arbeitsbelastung wird für den Landwirt die objektive Beurteilung des tatsächlichen Arbeitsaufwandes im Betrieb ohne Aufzeichnungen nahezu unmöglich. Folglich besteht die Notwendigkeit, den tatsächlichen Arbeitsaufwand zu ermitteln (Abb. 55).

- ▶ Das **Arbeitstagebuch** stellt die älteste Form der Arbeitsaufwandsermittlung dar. Es erfordert Angaben über Tag, Monat, Wetter, Regenmenge, Arbeitsort (-stelle), Arbeitsart, Anzahl der beschäftigten Personen und der eingesetzten Schlepper (Abb. 56, Seite 66). Das Arbeitstagebuch ist einfach zeitlich aufeinanderfolgend (chronologisch) geordnet. Mit diesen Angaben ist die Auswertung nur im Hinblick auf die im Betrieb verbrauchte Arbeitszeit je Tag, Monat oder Jahr möglich. Aussagen über die verschiedenen Betriebszweige sind sehr schwierig und zeitaufwendig.
- ▶ Die **Arbeitszeitkarte** ist auf die Arbeitskräfte bezogen. Je Person ist eine eigene Karte zu führen, welche im Aufschreibenumfang und der Fragestellung »Was will ich wissen?« selbst definiert wird und ebenfalls Arbeitskraft und Schlepperstunden in chronologischer Reihenfolge enthält (Abb. 56). Je Person können auch mehrere Karten geführt werden, wodurch eine Zeitkontierung für einzelne Betriebszweige möglich wird. Die Auswertung erfolgt durch Summenbildung auf der Rückseite der Karte(n).
- ▶ Das **Zeitkonto** ist auf den Betriebszweig bezogen und trennt den Arbeitsaufwand nach z. B. Weizen, Gerste, Mais, Milchvieh. Auf eigens dafür angelegten Blättern erfolgt die Aufzeichnung des Arbeitsergebnisses und des Datums. Der Zeit-

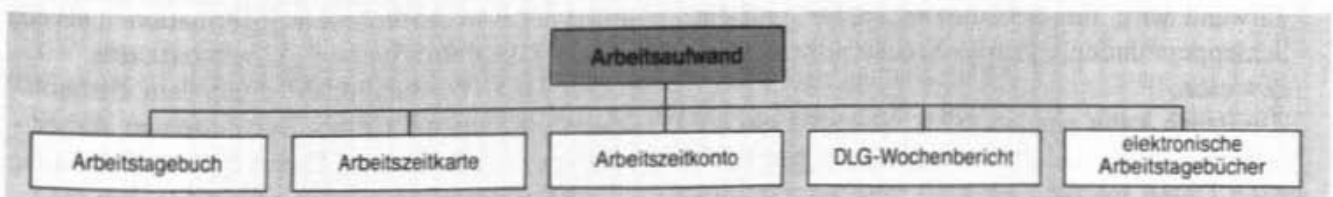


Abb. 55 Hilfsmittel zur Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes im landwirtschaftlichen Betrieb.

Arbeitstagebuch			Monat					
Tag und Wetter	Arbeitsstelle (Schlag)	Art der Arbeit	Zugkräfte		Arbeitskräfte Ständige		Arbeitskräfte Nichtständige	
			Pferde	Schlepper	Männer	Frauen	Männer	Frauen
			Arbeitsstunden (AKh)					

Arbeitszeitkarte für:												Leistungsjahr von:												bis:												Ablage-Nr.:											
Arbeitskraft-Stunden (AKh)												Schlepper-Stunden (Sh)																																			
Getreide		Neuanlagen	Beregnung	Futterbau	Rindvieh	Schweinemast	Maschinenschneepflege	Nachbarschaft	Betriebsleitung	nicht zuteilbar	AKh gesamt	Tag	Getreide		Futterbau	Rindvieh	Nachbarschaft	nicht zuteilbar	Sh gesamt																												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	5	6	9	11	12																												
												1																																			
												2																																			

Zeitkonto												Jahr:											
Getreide:												Betrieb:											
Arbeitsaufwand für	Arbeitsergebnis		Pflügen		Saatbeet		Drillen		Dü-Streuen		Spritzen		Ernte		Stoppelbearb.		Nichtständige						
ha	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	AKh	ASh	NAKh	Datum			

Naturalkonto												Jahr:											
Getreide:												Betrieb:											
Mengen je ha oder Stück für	Saatgut		-10/20		KAS		U46		Avadex		Ernte												
																			Datum				

Abb. 56 Beispiele für Formblätter zur Ermittlung des Arbeitszeitaufwandes.

aufwand wird für Arbeitskraftstunden und für Schlepperstunden den spezifischen Arbeiten zugewiesen.

Zusätzlich kann ein einfaches *Naturalkonto* geführt werden, so daß die wichtigsten betrieblichen Daten festzuhalten sind. Die Auswertung der Zeitkonten ist wesentlich einfacher und lie-

fert dabei wesentlich mehr Informationen als das Arbeitstagebuch und die Arbeitszeitkarte.

- Der **DLG-Wochenbericht** dient dem chronologisch täglichen Erfassen der einzelnen Arbeitsgänge je Arbeitskraft. Dabei ist eine Zuweisung auf Kostenstellen möglich (Abb. 57). Ein manuelles Auswerten dieser Berichte ist durchführbar.

Besser ist jedoch die Kombination mit der Schlagkartei (+ Buchführung), wobei dann die Wochenberichte als Eingabe für die Zeitkontierung dienen und – in Verbindung mit den EDV-Kostenleistungsrechnungen –, Ist-Soll-Vergleiche und Verfahrensvergleiche möglich werden.

► Das **elektronische Arbeitstagebuch** existiert in mehreren Formen. Grundsätzlich erfolgen dabei die Teilschritte

- Datenerfassung,
- Kodierung und Dateneingabe,
- Auswertung durch EDV.

Alle neueren Ansätze zielen dabei auf die Bereiche Schlagkartei und Buchführung. Lösungen existieren für Großrechenanlagen (über Buchstellen zu nutzen) und für Kleincomputer. Gerade die zuletzt genannte Form dürfte künftig für größere landwirtschaftliche Familienbetriebe in-

Wochen-Arbeitszeit			Woche: 46 /85		Name: Meier														
Tag	Datum	h	AKh	Arbeitsplatz (Code)	Arbeitsart	Geräte	Sorte	Menge	Einheit	Sh	Sh	Sh	Fläche	Hof	Lohn	Kosten-, Hilfskostenstellen			Bemerkungen ha m cm km/h
										Schlep-per allgemein			Fruchtarten/ Ställe		Unterhaltung/ Reparatur				
14.11.	1		Hof		Pflug herrichten													1	
	10		Feld		Pflügen					10								10	
15.11.	13.5		Feld		Pflügen					13.5								13.5	
16.11.	6		Feld		Pflügen					6								6	
	4		Hof		Hanomag													4	
					Getriebeausbau														
17.11.	8		Stall		Kälber misten														8
	4		Hof		Schlüter													4	
					Getriebeeinbau														
18.11.	7		Feld		Pflügen					7								7	

Abb. 57 DLG-Wochenbericht.

Schlagkarteidaten									
Betrieb:						Stand: 7. 8. 85			
SCHLAGKARTEI FÜR 014 An der Hecke									
Größe:	2,4 ha	Bodentyp:	sL						
Hofentfernung:	1200 m	Ton:	.0%						
Ackerzahl:	48	Humus:	2.1%						
Vorfrucht		Fruchtart	Winterweizen KO	Fläche	2,4	kg N/ha	130	Ertrag	56
Vorvorfrucht			Winterraps KO		2,4		190		28
Arbeiten auf der Gesamtfläche für Winterroggen KO									
Datum	AK	Arbeitsart	Schlepper	h	Bemerkung	Produkt	Z/A	Menge/ha	DM/ha Arb. erl./ Produktmenge
31. 8.	Joachim	N.-Düngen	MB-Trac 72	1,1		Kalkammonsalpeter	A	1,25 dt	41,12
31. 8.	Rainer	Grubbern m Nach	Schlüter	2,6					
5. 9.	Joachim	K.-Düngen gekoe	MB-Trac 72	1,5		40-Kornkali + MgO	A	4 dt	95,4
5. 9.	Joachim	P.-Düngen gekoe	MB-Trac 72	1,5		Novaphos	A	4,16 dt	123,33
3. 10.	Rainer	Pflügen	Schlüter	4,3					
5. 10.	Praktik-L	Kreiselegen	Deutz	2,1					
5. 10.	Joachim	Dnllen	Hanomag 48	2,5	Merkatal	Merkator-SG	A	1,12 dt	110,58
6. 10.	Joachim	Bod. Herb. Beha.	MB-Trac 72	1,6	325 K/m ²	Stomp	A	5 Liter	112,5
22. 2.	Joachim	N.-Düngen	MB-Trac 72	1,1		Kalkammonsalpeter	A	2,58 dt	84,99
14. 5.	Joachim	Bestands-Kontrl.		8					
16. 5.	Joachim	N.-Düngen	MB-Trac 72	9		Kalkammonsalpeter	A	2,08 dt	68,54
7. 8.	Rainer	Getr. Drusch	MD-SNH 380	2,3					
7. 8.	Praktik-L	Getr. Transport	MB-Trac 72	4		Merkator-Ertrag	Z	52,5 dt	2703,75
*** Summe *** 22,7 h				9,4 h/ha		Marktleist.		2703,75 DM/HA	
Insgesamt wurden ausgebracht				162,7 kg N/ha		Saatgut		110,58 DM/HA	
				95,8 kg P205/ha		Düngem.		413,39 DM/HA	
				160 kg K20/ha		Pflanz.-Sch.		12,5 DM/HA	
						Sonstiges		DM/HA	
						Arb. erledigt		DM/HA	
						Gewinnbeitr.		2067,27 DM/HA	
Auswertung									

Abb. 58 Beispiel für ein Protokoll eines elektronisch geführten Arbeitstagebuches (Einbindung in die Schlagkartei).

interessant werden. Abb. 58 (Seite 67) zeigt einen Ausschnitt aus einer derartigen Schlagkartei mit den Bereichen

- Schlagkarteidaten
- Arbeitszeitkontierung nach Arbeitsperson, Tätigkeit und Schlepperstunden
- Naturalkontierung
- Auswertung

Vergleichend sind die aufgezeigten Hilfsmittel entsprechend Tabelle 24 einzuordnen. Alle genannten Hilfsmittel ermöglichen bei sorgfältigem Aufschreiben während des ganzen Jahres zutreffende Angaben über:

- ▶ Den Arbeitszeitaufwand je Woche, je Monat und je Jahr,
- ▶ die Arbeitsleistung der einzelnen Arbeitskräfte (h/Jahr),

- ▶ den Arbeitsaufwand für die verschiedenen Betriebszweige (h/ha bzw. h/GV),
- ▶ den Schleppereinsatz,
- ▶ die überbetriebliche Zusammenarbeit.

3.2 Arbeitsanalyse

Tieferegehende Arbeitsanalysen erfordern dagegen mehr Auswertungsaufwand und sind nicht mit allen Methoden der Arbeitszeitaufwandsmittlung zu erbringen. Folgende Schritte sind erforderlich:

- ▶ Arbeitsaufriß
- ▶ Betriebszweiganalyse
- ▶ Arbeitsablaufanalyse
- ▶ Arbeitsplatzanalyse

Tabelle 24 Möglichkeiten zur Ermittlung des Arbeitsaufwandes im Vergleich.

System	Erfassung von	Vorteile	Nachteile
Arbeitstagebuch	Arbeitsort, Arbeitsart, Arbeitskraftstunden, Schleppereinsatzstunden	einfach zu führen, kann viele zusätzliche Informationen aufnehmen, Gesamtarbeitsaufwand relativ einfach zu ermitteln	Trennung nach Arbeitskräften schwierig, Zuordnung nach Betriebszweigen schwierig, Betriebszweigauswertung fast nicht möglich, Auswertungshilfsmittel nicht vorhanden
Arbeitszeitkarte	Arbeitsart, Arbeitskraftstunden, Schleppereinsatzstunden, Bezug zum Betriebszweig	Anpassung an betriebliche Bedürfnisse, einfach zu führen, einfache Kontierung, einfache Auswertung, durch Summenbildung	keine Zusatzinformationen, Naturaldaten nicht zu erfassen, Vergleich über Jahre schwierig (Schlagaufteilung)
Arbeitszeitkonto	Arbeitsort, Arbeitsart, Arbeitskraftstunden, Schleppereinsatzstunden, Bezug zum Betriebszweig, Naturaldaten	einfacher Aufbau, einfach zu erweitern, relativ einfache Auswertung	keine Zusatzinformationen, doppelte Kontierung der Naturaldaten auf dem Naturalkonto und in der Buchführung, Vergleich über Jahre schwierig (Schlagaufteilung)
DLG-Wochenbericht	Arbeitsort, Arbeitsart, Arbeitskraftstunden, Schleppereinsatzstunden, Unterhalt, Reparaturen, Kostenstellen	einfacher Aufbau, einfache Vorauswertung, Grundlage für Schlagkartei, durch EDV Bezug zur Buchhaltung möglich	Kontenrahmen erforderlich, vollständige Analyse nur über EDV-Auswertung
elektronisches Arbeitstagebuch	Arbeitsort, Arbeitsart, Arbeitskraftstunden, Schleppereinsatzstunden, Unterhalt, Reparaturen, Kostenstellen	bei guten Auswerteprogrammen umfassendste Übersicht möglich, Vergleich über die Jahre möglich	Kontenrahmen erforderlich, bei Fremd-EDV Wartezeiten möglich, teuerstes Verfahren

Arbeitsaufriß – Geordnet nach den Zeitspannen ergibt ein Sortieren der während des Jahres durchgeführten Arbeiten und deren wöchentliches Aufsummieren die zeitliche Verteilung der Arbeit über das Jahr.

Im **Grünlandbetrieb** (Abb. 59) verursacht die Winterfutterbergung eine hohe Arbeitsspitze. Im **Getreide-Hackfruchtbaubetrieb** (Abb. 60) verhindern die Hackfruchtspflege und die Arbeitsspitze im Herbst eine weitere Intensivierung der Betriebsorganisation. Extreme Arbeitsspitzen wirken sich immer ungünstig auf den Betrieb aus, weil sie über längere Zeit hinweg Höchstleistungen von den Arbeitskräften erfordern und weil sie bei ungünstiger Witterung Qualitätseinbußen zur Folge haben.

Arbeitswirtschaftliche *Verbesserungen* müssen vorrangig in den Arbeitsspitzen versucht werden. Dazu ist eine weitere Analyse des Arbeitszeitbedarfes erforderlich.

Betriebszweiganalyse – In Verbindung mit der betriebswirtschaftlichen Buchführung werden Arbeitsaufwand und Ertrag gegenübergestellt. Dies muß für

den gesamten Betriebszweig auf der einen und für den einzelnen Schlag auf der anderen Seite erfolgen (z. B. Arbeitszeitkonto, DLG-Wochenbericht oder elektronisches Arbeitstagebuch). Dann ist es möglich:

- ▶ Die kritischen Betriebszweige herauszufinden,
- ▶ die kritischen Schläge festzustellen,
- ▶ Ansatzpunkte für Verbesserungen abzuleiten in Form
 - geänderter Fruchtfolgen für einzelne Schläge,
 - geänderter Fruchtfolgerotationen für den gesamten Betrieb,
 - geänderter technischer Hilfsmittel,
 - verbesserter Arbeitsabläufe.

Arbeitsablaufanalyse – Der Mensch neigt dazu, einmal gewählte Formen und Abläufe bei der täglichen Arbeit beizubehalten. Für alle Arbeiten in Arbeitsspitzen muß deshalb überlegt werden, ob nicht durch Änderung des Arbeitsablaufes eine Verbesserung möglich ist, z. B. durch:

- Kombination von Arbeitsgängen (Kreiselege + Drillmaschine),

Abb. 59 Arbeitsaufriß für einen Grünlandbetrieb.

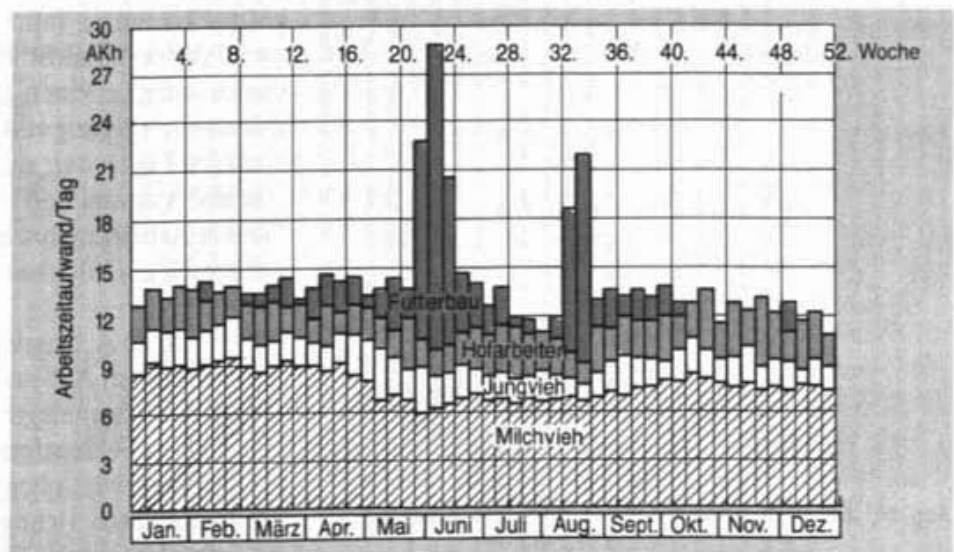
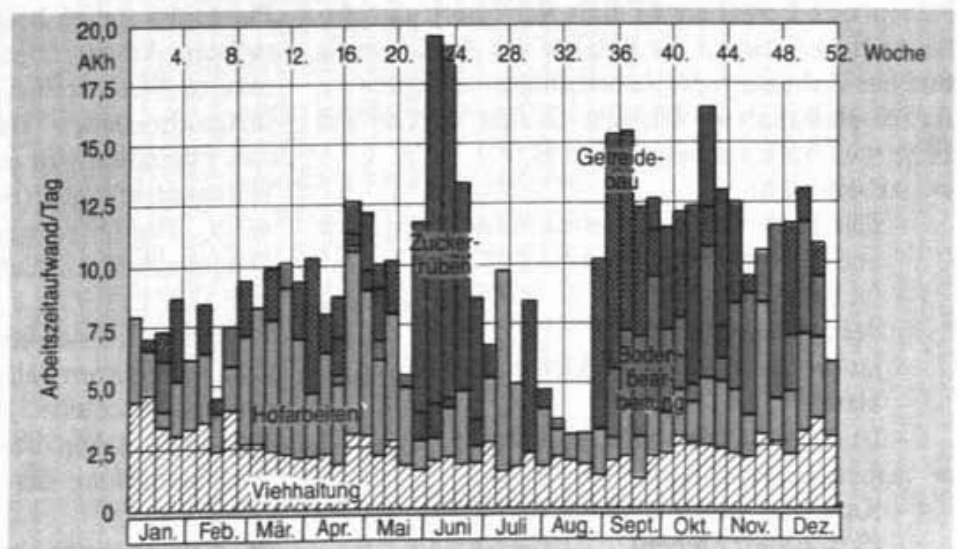


Abb. 60 Arbeitsaufriß für einen Getreide-Hackfruchtbaubetrieb.



- Verbesserung der Schlagformen (Grünland- oder Mähdruschfrüchte in Spitzen und Schrägen),
- Verlegen von Feldzu- und Feldabfahrten,
- Nichtbearbeiten der Vorbeete,
- verbesserte Reihenfolge beim Melken der Kühe oder eigenes zusätzliches Melkzeug für schwermelkende Kühe (Abb. 61).

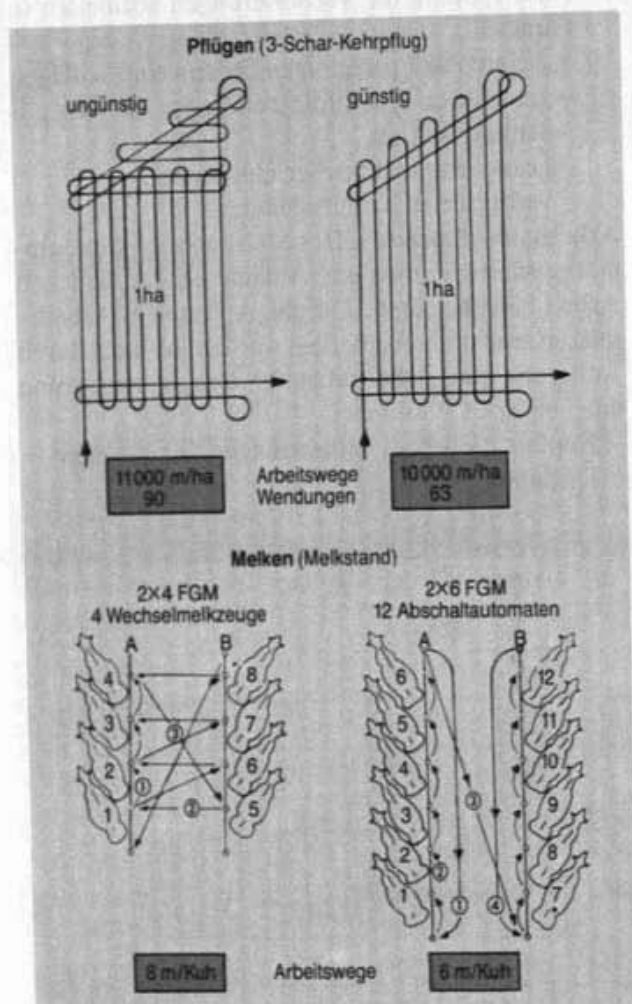


Abb. 61 Beispiele für falschen und richtigen Arbeitsablauf.

Neben den Bemühungen zum Verringern der Arbeitszeit ist auch auf die Belange der Arbeitskräfte und ein Verbessern des Arbeitsplatzes zu achten.

Arbeitsplatzanalyse Kritische Stellen werden mit Hilfe von Prüflisten beurteilt, z. B.:

► **Arbeitskraft:**

- Hat die Arbeitskraft ausreichende körperliche und geistige Fähigkeiten?
- Ist die Arbeitskraft für die Aufgabe ausgebildet bzw. angelernt?
- Ist die Arbeitsaufgabe klar und eindeutig erklärt?
- Ist die Arbeitskraft für die Aufgabe motiviert?

► **Arbeitsplatz:**

- Kann die Arbeitshaltung verbessert werden (Sitzen statt Stehen)?

- Lassen sich statische Haltearbeiten vermeiden (Fahren statt Tragen)?
- Sind alle benötigten Teile und Hebel im Griffbereich?
- Wird zweckmäßiges Werkzeug verwendet?
- Sind die Maschinen ordnungsgemäß gewartet?
- Reicht die Beleuchtung aus?
- Können Schwingungen, Staub und Lärm vermindert werden?
- Läßt sich die Umgebungstemperatur verbessern?
- Wird der Unfallschutz beachtet?

Dagegen gehört die Ist-Zeitanalyse auf der Basis von **Zeitmessungen** in die Hand des Spezialisten (Spezialberater, Fach- und Hochschulen). Sie wird für den praktischen Betrieb nur vor sehr kritischen Umstellungen erforderlich und sie liefert vor allem die Basisdaten für Planzeiten.

3.3 Verwenden von Planzeiten (Arbeitszeitbedarf)

Mit **Planzeiten** (auch Arbeitszeitbedarf genannt) wird der voraussichtliche Zeitbedarf bezeichnet, der unter vorgegebenen Bedingungen im Durchschnitt für die Erledigung einer bestimmten Arbeit erforderlich ist. Planzeiten sind die wichtigsten Kennzahlen für die Auswahl und Planung von Arbeitsverfahren. Die in Arbeitsanalysen ermittelten Planzeiten haben allgemeine Gültigkeit unter folgenden Voraussetzungen:

- Normale Arbeitsleistung einer vollwertigen, ausgebildeten Arbeitskraft (= 1 AK),
- genau festgelegte Arbeitsbedingungen (z. B. 1000 m Feldentfernung, 300 m Schlaglänge, 5 ha Schlaggröße, ebenes Gelände),
- methodisch richtige und geübte Arbeitsausführung bei günstigem Arbeitsablauf.

Planzeiten stehen heute der Landwirtschaft für die meisten Arbeitsgänge zur Verfügung. Das umfassendste Werk stellen die in zweijährigem Turnus fortgeschriebenen Daten im KTBL-Taschenbuch dar. Planzeiten gibt es darüberhinaus in regionalen Datensammlungen (Berater der Länder oder Kammern). Planzeiten werden auch in EDV-gestützten Datenbanken gespeichert und fortgeschrieben (z. B. in BALIS).

Planzeiten können unterschiedlich dargestellt werden. Sie besitzen dabei die in Abb. 62 aufgezeigten Vor- und Nachteile.

Planzeiten stellen die Grundlage dar für die

- Überprüfung der Ist-Situation im Ist-Soll-Vergleich,
- Planung neuer Verfahren.

Form	Inhalt	Vorteile	Nachteile																							
Tabelle <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Gerät</th> <th colspan="3">Parzellengröße in ha</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fingerbalken 1,5 m</td> <td>2,0</td> <td>2,0</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Doppelmessermähwerk 1,5 m</td> <td>1,4</td> <td>1,4</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>Kreiselmäherwerk 1,6 m</td> <td>—</td> <td>1,1</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>Mähquetschzetter 2,5 m</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>0,7</td> </tr> </tbody> </table> <p>Unterstellung: 120 dt/ha; 1. Schnitt ebenes Gelände; 1 km Feldentfernung</p>	Gerät	Parzellengröße in ha			1	2	3	Fingerbalken 1,5 m	2,0	2,0	—	Doppelmessermähwerk 1,5 m	1,4	1,4	—	Kreiselmäherwerk 1,6 m	—	1,1	1,1	Mähquetschzetter 2,5 m	—	—	0,7	<p>für definierte Einflußgrößen wird der Arbeitszeitbedarf als Wert in AKh oder in AKmin angegeben; dieser Wert ist in seiner Zusammensetzung nicht näher spezifiziert; für geänderte Einflußgrößen (ha Schlaggröße oder Bestandsgröße) werden die vergleichbaren Werte genannt</p>	<ul style="list-style-type: none"> — jeder Wert ist fertig anwendbar berechnet — jeder Wert kann direkt in seiner absoluten Größe abgelesen werden — jeder Wert kann beliebig oft nachgeschlagen werden 	<ul style="list-style-type: none"> — die Zahl der dargestellten Werte ist begrenzt — die unterstellten Bedingungen sind nicht problemlos auf jeden praktischen Betrieb übertragbar — Interpolationen sind linear, obwohl fast immer nichtlineare Bedingungen herrschen — die Extrapolation kann zu sehr ungenauen Werten führen
Gerät		Parzellengröße in ha																								
	1	2	3																							
Fingerbalken 1,5 m	2,0	2,0	—																							
Doppelmessermähwerk 1,5 m	1,4	1,4	—																							
Kreiselmäherwerk 1,6 m	—	1,1	1,1																							
Mähquetschzetter 2,5 m	—	—	0,7																							
Histogramm 	<p>für definierte Einflußgrößen wird der Arbeitszeitbedarf mit den daran beteiligten Abschnitten ausgewiesen; unterschiedliche Einflußgrößen lassen sich so in der Auswirkung sofort optisch ableiten</p>	<ul style="list-style-type: none"> — durch die optische Wirkung werden Zusammenhänge einfacher durchschaubar — Hauptanteile sind sofort erkennbar — Ergebnisstreuung kann mit dargestellt werden 	<ul style="list-style-type: none"> — Teilwerte müssen abgelesen werden — großer Platzbedarf für die Darstellung — je Merkmal wird eine Säule benötigt 																							
Graphik (Nomogramm) 	<p>mehrere Geräte oder Einflußgrößen können im Vergleich in Abhängigkeit von einer Einflußgröße dargestellt werden; die Zeitbedarfswerte müssen entsprechend dem Maßstab abgelesen werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> — sehr gute Vergleichsmöglichkeit — sehr gutes Abschätzen des weiteren Verlaufs — verbesserte Extrapolationsmöglichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> — kein Wert als Zahlenwert vorhanden — Übung in der Anwendung erforderlich 																							
EDV-gestützte Kalkulationssysteme <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Kriterien</th> <th>Voreinstellung</th> <th>Ihr Wert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Feldgröße</td> <td>1 ha</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>Feldlänge</td> <td>250 m</td> <td>230</td> </tr> <tr> <td>Feldentfernung</td> <td>1000 m</td> <td>650</td> </tr> <tr> <td>Halbtagsdauer</td> <td>4 h</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Kalkulationsergebnis:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Arbeitszeitbedarf</td> <td>14,2 AKh</td> </tr> <tr> <td>Arbeitsleistung</td> <td>0,8 ha/h</td> </tr> <tr> <td>Arbeitsbelastung</td> <td>112,0%</td> </tr> </table>	Kriterien	Voreinstellung	Ihr Wert	Feldgröße	1 ha	88	Feldlänge	250 m	230	Feldentfernung	1000 m	650	Halbtagsdauer	4 h	5	Arbeitszeitbedarf	14,2 AKh	Arbeitsleistung	0,8 ha/h	Arbeitsbelastung	112,0%	<p>in der EDV gespeicherte Zeitformen (Funktionen) werden im Dialog mit dem Rechner verknüpft; es entsteht ein sehr betriebsnahes Ergebnis; Voreinstellwerte helfen bei Unsicherheiten, Fehler zu vermeiden</p>	<ul style="list-style-type: none"> — an den Einzelbetrieb am besten anzupassen — sehr schnelles System — bearbeitet auch umfassende Planungsansätze 	<ul style="list-style-type: none"> — nur in Verbindung mit EDV möglich — teuer in der Erstellung 		
Kriterien	Voreinstellung	Ihr Wert																								
Feldgröße	1 ha	88																								
Feldlänge	250 m	230																								
Feldentfernung	1000 m	650																								
Halbtagsdauer	4 h	5																								
Arbeitszeitbedarf	14,2 AKh																									
Arbeitsleistung	0,8 ha/h																									
Arbeitsbelastung	112,0%																									

Abb. 62 Darstellungsformen von Planzeiten.

3.4 Ermitteln der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag)

Erfordert ein unzureichendes ökonomisches Ergebnis oder eine zu hohe arbeitszeitliche Belastung eine Neu- oder Umorientierung im Betrieb durch

- ▶ geänderte Anbauverhältnisse,
- ▶ stärker spezialisierte Tierhaltung oder
- ▶ Einsatz leistungsfähigerer Technik,

dann ist dafür die zu erwartende arbeitswirtschaftliche Situation abzuschätzen. Dies erfolgt im **Arbeitsvoranschlag**. Dabei wird über den Jahresablauf eine Zuordnung der zu erledigenden Arbeiten vorgenommen, wobei die im Betrieb anfallenden Arbeiten nach ihrer **Zeitbindung** eingeordnet werden (Tabelle 25).

Während bei den *laufenden Arbeiten* (Viehbestand) die tägliche Arbeitszeit mit Hilfe des Arbeitszeitbedarfes einfach zu bestimmen ist, wird der Arbeitsanspruch der **termingebundenen Arbeiten** insbesondere bestimmt vom

- ▶ Pflanzenwachstum und von der
- ▶ Witterung.

Beide lassen sich durch die Temperatur (bzw. Temperatursumme) am betreffenden Standort beschreiben und führen zu unterschiedlichen Zeitspannen für unterschiedliche klimatische Regionen (s. Band 4B, »Arbeitszeitbedarf und Zeitspannen«).

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

- ▶ **Feldarbeitszeitspanne** als insgesamt verfügbarer Zeitspanne, in der Feldarbeiten notwendig sind (länger als die Vegetationsperiode),
- ▶ **Einzelzeitspannen** für bestimmte termingebundene Arbeiten; sie überlappen sich bei unterschiedlichen Kulturen oder fallen zeitlich zusammen,

- ▶ **Blockzeitspannen** als sinnvolle Zeitspannen, in welchen bestimmte Tätigkeiten verrichtet werden müssen,

Innerhalb der **Blockzeitspannen** ist aber nur während der verfügbaren **Feldarbeitstage** die Arbeitsdurchführung möglich. Deshalb sind von der gesamten Blockzeitspanne die Sonn- und Feiertage und die Schlechtwettertage abzuziehen. Letztere werden mit 80%iger Sicherheit bestimmt von

- ▶ der Höhe der Tagesniederschläge:
 - größer als 5 mm/Tag bei der Frühjahrsbestellung und Ernte,
 - größer als 8 mm/Tag bei den übrigen Feldarbeiten,
- ▶ der Bodenart,
- ▶ der Mechanisierung.

Bei der Bestimmung der Blockzeitspannen und der Feldarbeitstage ergeben sich in der Praxis Schwierigkeiten, weil

- ▶ die Blockzeitspannen im einzelnen Betrieb erheblich abweichen können,
- ▶ häufig zu wenig der optimale Einsatz- und Erntezeitpunkt berücksichtigt wird,
- ▶ eine nur 80%ige Sicherheit für viele Betriebe ein zu großes Risiko darstellt,
- ▶ insbesondere bei der Heu- und Anwelksilageberingung nicht nur die Zahl der Tage, sondern die Wahrscheinlichkeit mehrerer, mindestens aber zweier hintereinander folgender Schönwettertage entscheidend ist,
- ▶ die notwendige Schlagkraft häufig auch verfahrenstechnisch bedingt wird (z. B. durch die Notwendigkeit, einen Silobehälter in drei Tagen zu füllen oder die Silomaisernte eine Woche nach dem ersten Frost abzuschließen).

Beim Erstellen eines Arbeitsvoranschlages müssen deshalb auch betriebliche und örtliche Erfahrungen mit einfließen. Besonders wertvoll sind hierzu be-

Tabelle 25 Aufgliederung der anfallenden Arbeiten eines Betriebes.

Arbeit	Beispiel	Bedeutung
verschiebbare und bedingt termingebundene Arbeiten	alle Arbeiten, die zum Inganghalten eines Betriebes anfallen, wie Betriebsführung, Wirtschaftsführen, Reparaturen und Hofarbeiten	teilweise auch während der Arbeitsspitzen notwendig, meist aber verschiebbare Füllarbeiten während der Arbeitstäler
termingebundene Arbeiten	Arbeiten, welche z. B. zu einem bestimmten Wachstumstermin erledigt werden müssen und nicht ohne Einbußen verschoben werden können; dazu gehören fast alle Arbeiten der pflanzlichen Produktion (Saat, Pflege, Ernte)	produktive Tätigkeit mit starker Auswirkung auf den Ertrag
laufende Arbeiten	fallen täglich in ungefähr gleichem Umfang an, z. B. Stallarbeiten	produktive Tätigkeit während des ganzen Jahres

etriebsinterne Aufzeichnungen, z. B. im Arbeitstagebuch.

Für die **bedingt** und **nicht termingebundenen Arbeiten** können die in Tabelle 26 genannten Zahlen einen Anhaltswert geben.

Entsprechend den betrieblichen oder planerischen Gegebenheiten ist dann der Arbeitsvoranschlag zu berechnen. Nacheinander werden dazu die Arbeitszeitbedarfszahlen für die laufenden Arbeiten, die be-

dingt termingebundenen und die termingebundenen Arbeiten für jede Blockzeitspanne ermittelt (Beispiel in Tabelle 27).

Anhand des daraus erstellten gesamten Arbeitsvoranschlags (Abb. 63, Seite 74) erfolgt dann das **Ermitteln der erforderlichen Verfahrensleistung**. Dabei sind folgende Fragen zu klären:

► Kann der **Arbeitsanspruch** aller Produktionsverfahren durch die **Arbeitsmacht** des Betriebes ab-

Tabelle 26 Bedingt termingebundene Arbeiten in den einzelnen Blockzeitspannen¹⁾.

Betriebe der Größenklasse ha LF	Arbeitszeitbedarf in AKh/ha LF für Betriebsführung, Wirtschaftsführen, Reparaturen und Hofarbeiten in den Zeitspannen								Bedarf je Jahr	
	FB Frühjahrsarbeiten	HH Hackfrucht-pflege	HH Heu-ernte	FG Frühge-treide-ernte	SG Spätge-treide-ernte	HE Hack-frucht-ernte	SH Spät-herbst-arbeiten	Winter-arbeiten	AKh/ha LF und Jahr	Sh/ha LF und Jahr
unter 20	7,0	1,8	3,8	2,7	4,2	5,6	3,3	15,3	43,7	3,9
20– 30	4,2	1,4	3,0	1,7	3,3	4,8	2,2	10,7	31,3	3,6
30– 50	2,4	0,8	1,8	0,8	2,0	2,6	1,3	5,5	17,2	3,6
50– 75	2,1	0,7	1,6	0,7	1,8	2,6	1,1	4,8	15,4	3,4
75–100	1,9	0,6	1,4	0,6	1,8	2,4	1,0	4,1	13,8	2,6
100–150	1,8	0,6	1,3	0,6	1,8	2,4	1,0	3,6	13,1	2,6
150–200	1,8	0,6	1,3	0,6	1,8	2,4	0,9	3,4	12,8	2,5
über 200	1,7	0,5	1,2	0,6	1,7	2,2	0,9	3,3	12,1	2,5

¹⁾ Quelle: KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band 1, Arbeitsvoranschlag, 1. Fortschreibung.

Tabelle 27 Beispiel für die Berechnung des Arbeitszeitbedarfes in der Blockzeitspanne Spätgetreideernte (SG) (28 ha LF; 14 ha Getreide; 18 Milchkühe mit Nachzucht).

laufende Arbeiten	bedingt termingebundene Arbeiten	termingebundene Arbeiten
18 Milchkühe (Sommerstallfütterung) Rüstarbeiten 1,1 AKmin/Tier Füttern 4,0 AKmin/Tier Melken, 3 MZ ¹⁾ , Rohrmelk-anlage 5,0 AKmin/Tier Kühlen + Reinigen 0,9 AKmin/Tier Entmisten 1,6 AKmin/Tier Sonderarbeiten 0,9 AKmin/Tier 13,5 AKmin/Tier	für die Betriebsgrößenklasse 20–30 ha LF 3,3 AKh/ha	Parzellengröße 1 ha Dreschen (SF; 2,6 m AB) 2 AKh/ha Kornabfuhr 40 dt/Fahrt 0,55 AKh/ha Korneinlage-rung (Gebläse) 0,9 AKh/ha Strohein-arbeitung (Grubber 1,9 m AB) 1,1 AKh/ha 4,55 AKh/ha
20 Stück Jungvieh 5,2 AKmin/Tier 3 Kälber 6,8 AKmin/Tier		
18 Kühe × 13,5 243 AKmin/Tag 20 Stück Jung-vieh × 5,2 104 AKmin/Tag 3 Kälber × 6,8 21 AKmin/Tag 368 AKmin/Tag	28 ha LF × 3,3 = 92,4 AKh bei 32 Feld-arbeitstagen = 2,89 AKh/Tag oder 174 AKmin/Tag	14 ha Getreide × 4,55 = 63,7 AKh bei 32 Feldarbeits-tagen = 1,99 AKh/Tag oder 120 AKmin/Tag

¹⁾ Melkzeug.

gedeckt werden? (Im Beispiel in Abb. 63 wären dazu 3 AK erforderlich!)

- ▶ Wie ist der **Arbeitsausgleich** über die Blockzeitspannen? (Im Beispiel in Abb. 63 sehr ungünstig; vergleiche SG mit HH und HE.)
- ▶ Wie hoch ist der gleichbleibende **Arbeitszeitbedarfssockel** aus Stallarbeiten und bedingt termingebundenen Arbeiten? (Im Beispiel in Abb. 63 erfordert er gleichbleibend etwa 1 AK!)

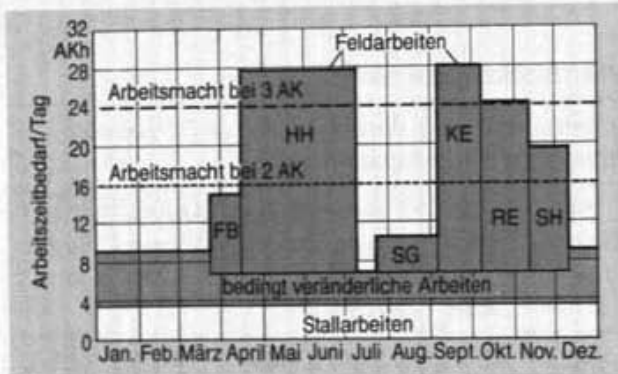


Abb. 63 Arbeitsvorschlag für einen Gemischtbetrieb.

Die Antworten auf diese Frage führen zur Wahl der geeigneten Arbeitsverfahren. Mehrere Wege ermöglichen dabei ein **Senken des Arbeitszeitbedarfes**:

- ▶ **Hereinnehmen zusätzlicher technischer Hilfsmittel**, um den täglichen Arbeitszeitbedarf zu senken, vor allem bei den Stallarbeiten, z. B. durch ein zusätzliches Melkzeug; Kraftfutterdosierung aus einem Muldenwagen anstelle der Einzelzuteilung; Flüssigmistbereitung anstelle von Festmist; Futterzuteilung vom Ladewagen mit Querförderband direkt in den Trog. Alle diese Maßnahmen reduzieren den täglichen Aufwand und damit den Jahresaufwand beträchtlich, denn:

1 Minute täglich weniger entspricht
6 Stunden/Jahr

- ▶ **Ändern der Anbauverhältnisse**: Hierdurch verlagern sich Arbeiten aus einzelnen Blockzeitspannen in andere, z. B. durch Anbau von Wintergerste statt Weizen; unterschiedliche Saatzeitpunkte zur Ernteverchiebung; unterschiedliche Konservierungsverfahren.
- ▶ **Ersatz bestehender Technik** durch leistungsfähigere Technik: Arbeitsspitzen lassen sich eventuell durch eine leistungsfähigere Technik abbau-

en, z. B. durch Einsatz eines zweireihigen Maishäckslers anstelle eines einreihigen; größere Schnittbreite bei Mähreschern, mehr Schare bei Pflügen.

- ▶ **Abbau der Arbeitsspitzen** durch überbetrieblichen Maschineneinsatz: Häufig treten Arbeitsspitzen und Arbeitstäler in der Planung auf. Hier kann der überbetriebliche Maschineneinsatz den Ausgleich ermöglichen durch
 - Lieferung von Leistungen im Maschinenring in Arbeitstälern,
 - Inanspruchnahme von Leistungen über den Maschinenring in Arbeitsspitzen.

4 Kosten der Arbeitserledigung und Verfahrenvergleich

Der Einsatz von menschlicher Arbeit und von Technik im Betrieb verursacht Kosten. Diese ermöglichen das **ökonomische Beurteilen und Einordnen** von Arbeits- und Produktionsverfahren.

Sie werden beurteilt durch:

- ▶ **Vergleich von Arbeitsverfahren**: Dabei wird unter konkurrierenden Lösungen anhand der *Kosten der Arbeitserledigung* die kostengünstigste ausgewählt (Kostenminimierung). Um den Einfluß der Kosten für die Technik abschätzen zu können, muß dabei die Arbeit kostenmäßig bewertet werden.
- ▶ **Bewertung der Produktionsverfahren**: Dies ist die Gesamtkostenrechnung für den Betrieb, wobei unter Berücksichtigung aller Kosten im Deckungsbeitrag der Betriebszweig analysiert wird (»Kostenoptimierung« s. Band 4 B). Sie ist erforderlich, wenn das gesamte Arbeits- und Produktionsvolumen beurteilt werden muß und damit die Grenzkosten zur Richtschnur werden. Hierbei wird die Arbeit nicht mit den Kosten bewertet, vielmehr erbringt der Deckungsbeitrag eine Entlohnung für den eingesetzten Faktor Arbeit. Für diese Beurteilung liefert die Landtechnik die erforderlichen Kennwerte.

Beide Beurteilungsformen erfordern Kenntnisse über die verschiedenen Kostenarten der Arbeit.

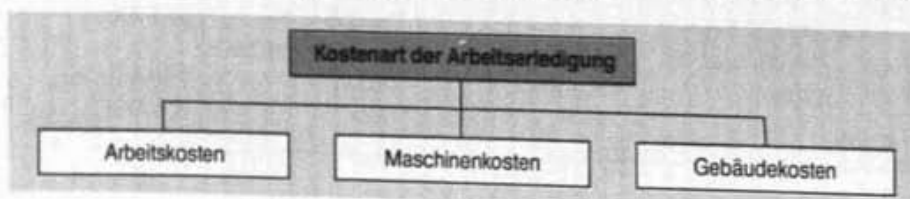


Abb. 64 Kostenarten der Arbeitserledigung.

4.1 Arbeitskosten

Die Arbeitskosten eines Verfahrens werden wie folgt bestimmt:

Arbeitskosten (DM)	=	Arbeitszeitverbrauch (AKh)	×	Kosten der Arbeitsstunde (DM/h)
--------------------	---	----------------------------	---	---------------------------------

Während der Arbeitszeitverbrauch mit Ist- oder Planzeiten für jedes Verfahren einfach zu ermitteln ist, bereitet die Bewertung einer Arbeitsstunde Schwierigkeiten. So kann in Arbeitstälern die geleistete Arbeitsstunde nur einen geringen Wert haben, während sie in Arbeitsspitzen, z. B. bei der Ernte, sehr hoch bewertet werden muß. Zur Ermittlung der

Kosten der Arbeitserledigung werden deshalb Richtwerte herangezogen (s. Band 4B, »Arbeitskosten«). Folgende Richtsätze sind möglich:

- ▶ Für **familieneigene Arbeitskräfte** kann die Entlohnung einer vergleichbaren außerlandwirtschaftlichen Tätigkeit unterstellt werden (Tabelle 28),
- ▶ für **Fremdarbeitskräfte** nach dem Tarifrahmen für Landarbeiter (Tabelle 29) oder nach den Richtsätzen der Maschinenringe und der Lohnunternehmer (Tabelle 30).

4.2 Maschinenkosten

Die Maschinenkosten setzen sich aus den in Abb. 65 (Seite 76) genannten Kostenelementen zusammen.

Tabelle 28 Richtsätze für den Lohnansatz des Betriebsleiters und mithelfender Familienangehöriger (Quelle: Agrarbericht 1985, Materialband S. 164/165).

	DM/Jahr	DM/h bei 2135 h/Jahr ¹⁾
Vergleichslohn Männer	35 013	16,40
Vergleichslohn Frauen	23 894	11,19
Betriebsleiterzuschlag je ha LF	70	0,033

¹⁾ Tariflich entlohnte Jahresarbeitszeit.

Tabelle 29 Tariflöhne für Landarbeiter im Stundenlohn; Bundesdurchschnitt, gültig ab 1. Juni 1984 (Quelle: Gesamtverband der Deutschen Land- und Forstwirtschaftlichen Arbeitgeberverbände e. V.).

Lohngruppe Tätigkeitsbereich	1 Hilfsarbeitskräfte für leichte Arbeiten	2 angelernte Arbeiter für leichte Arbeiten	3 Hilfsarbeitskräfte für schwere Arbeiten	4 angelernte Arbeiter für schwere Arbeiten	5 Spezialarbeiter, Schlepperfahrer	6 landwirtschaftliche Facharbeiter	7 Handwerker	8 Meister
Nettostundenlohn DM/h	7,07	7,83	9,09	10,20	10,84	11,53	12,21	12,84
Lohnnebenkosten für Sozialleistungen DM/h ¹⁾	3,89	4,31	5,00	5,61	5,96	6,34	6,72	7,06
Bruttostundenlohn DM/h	10,96	12,14	14,09	15,81	16,80	17,87	18,93	19,90

¹⁾ 55% Zuschlag zum Nettostundenlohn.

Tabelle 30 Verrechnungssätze für Arbeitskräfte im überbetrieblichen Einsatz.

Maschinenringsätze DM/h ¹⁾	Arbeitskraft			
	Maschinen-Bedienung 9-10	sozial-offen 9-10	privat 9-10	wirtschaftlich 9-11
Lohnunternehmersätze DM/h ²⁾	Arbeitskraft 20-30			

¹⁾ Nach MR-Verrechnungssätzen 1984.

²⁾ Nach KTBL-Taschenbuch 1984.



Abb. 65 Elemente der Maschinenkosten.

4.2.1 Feste Kosten

Feste Kosten fallen jährlich unabhängig vom Umfang des Maschineneinsatzes an. Sie umfassen:

- ▶ Abschreibung
- ▶ Zinsanspruch
- ▶ Versicherungskosten
- ▶ Unterbringungskosten

Abschreibung – Sie umfaßt die nutzungs- und altersbedingte Wertminderung, denn am Ende der wirtschaftlichen Nutzung sollte das eingesetzte Kapital wieder zur Verfügung stehen.

$$\text{Abschreibung} = \frac{\text{Anschaffungspreis} - \text{Restwert}}{\text{Nutzungsdauer}}$$

Der Umfang der Abschreibung wird bestimmt von der

- **Nutzungsdauer nach Arbeit** (ha oder h): Eine Maschine ist nach einer bestimmten Lebensleistung, gemessen in Arbeitsfläche (ha) oder Einsatzstunden (h), verbraucht. Dies ist dann gegeben, wenn die Reparaturkosten höher sind als die Belastung durch die Abschreibung.
- **Nutzungsdauer nach Zeit** (Jahren): Unabhängig vom Einsatzumfang sind landwirtschaftliche Maschinen nach einer gewissen Zahl von Jahren technisch veraltet, so daß ihr Einsatz unwirtschaftlich wird. Eine technisch wesentlich verbesserte Maschine produziert dann trotz ihres höheren Kapitalbedarfes billiger, sei es durch höhere Schlagkraft, geringeren Zeitbedarf oder bessere Arbeitsqualität.

Bei der Abschreibung muß deshalb entschieden werden, ob eine Maschine wegen ihres Arbeitsumfanges vorzeitig verbraucht wird oder ob sie nach einer gewissen Zeitspanne technisch veraltet. Als Grenzwert dafür dient die *Abschreibungsschwelle*:

$$\text{Abschreibungsschwelle} = \frac{\text{Nutzungsdauer nach Arbeit (ha oder h)}}{\text{Nutzungsdauer nach Jahren}}$$

Für ausgewählte Beispiele ist die Nutzungsdauer und die jeweilige Abschreibungsschwelle in Tabelle 31

aufgezeigt. Außerdem werden dort die festen Kosten und der entsprechende Anteil für die Abschreibung genannt.

Liegt der Einsatzumfang *unter* der Abschreibungsschwelle, dann kann der entsprechende Festkostenanteil direkt in die Kalkulation übernommen werden. Das ist wegen der geringen Auslastung der Maschinen in der Praxis meist der Fall.

Liegt der Einsatzumfang *über* der Abschreibungsschwelle, dann erfolgt die Berechnung nach dem Beispiel in Tabelle 32.

Insgesamt nehmen im Vergleich bei den festen Kosten die Kosten für die Abschreibung und den Zinsanspruch die vorherrschende Stelle ein.

Zinssatz – Für das durch die Maschinen festgelegte Eigen- oder Fremdkapital besteht ein Zinsanspruch. Der *Zinssatz* wird durch den Kapitalmarkt bestimmt. Der durchschnittliche Zeitwert einer Maschine wird als *Kapitalwert* unterstellt.

Bei linearer Abschreibung ist dies die Hälfte des Anschaffungspreises.

$$\text{Zinssatz (DM/Jahr)} = \frac{\text{Anschaffungspreis (DM)}}{2} \times \text{Zinssatz}^1)$$

¹⁾ Meist 8%.

Versicherungskosten – Sie sind in Form der Haftpflichtversicherung bei Schleppern und selbstfahrenden Maschinen anzurechnen und den Versicherungspolicen zu entnehmen. Bei einer groben Überschlagsrechnung können 0,5% des Anschaffungspreises unterstellt werden.

Unterbringungskosten – Sie entstehen durch jährliche Gebäudekosten für Unterstellräume einschließlich der Feuerversicherung.

Die Unterbringungskosten werden üblicherweise bei den Gebäudekosten berücksichtigt. Ist dies nicht der Fall, dann kann für die Maschinenkostenrechnung überschlagsmäßig 1% des Anschaffungspreises der Maschinen unterstellt werden.

$$\text{Unterbringungskosten (DM/Jahr)} = 1\% \text{ vom Anschaffungspreis (DM) der Maschinen}$$

Tabelle 31 Beispiele für die Nutzungsdauer von Maschinen (nach KTBL-Taschenbuch).

Maschinen und Gerät	Nutzungsdauer		Abschreibungsschwelle nach h bzw. ha/Jahr n/N	feste Kosten in DM/Jahr	
	nach Arbeit h bzw. ha	nach Jahren		insgesamt	davon für Abschreibung
Schlepper (60–81 kW)	10 000 h	12	833 h	9 541	6 167
Frontlader, Größe 3	2 500 h	12	208 h	678	458
2,5-m-Drillmaschine	1 250 ha	14	89 ha	657	421
Ladewagen, 30 m ³	700 ha	8	81 ha	4 703	3 563
3,8-m-Mähdrescher	1 300 ha	10	130 ha	16 696	11 700
Rübenvollernter, 1reihig	300 ha	8	31 ha	8 250	6 250

Tabelle 32 Beispiel für die Berechnung der festen Kosten bei einem Einsatzumfang je Jahr über der Abschreibungsschwelle (Schlepper mit Allradantrieb, 70 kW).

Anschaffungspreis	A	74 000 DM
Abschreibungsschwelle	$\frac{n}{N}$	$\frac{10\,000}{12} = 833 \text{ h/Jahr}$
angenommene Einsatzstunden/Jahr	n'	1 000
Nutzungsdauer	N'	$\frac{10\,000}{1\,000} = 10 \text{ Jahre}$
Abschreibung	$\frac{A}{N'}$	7400 DM
+ Zinsansatz	$\frac{A + R}{2} \times p$	2960 DM
+ Versicherung	0,5% × A	370 DM
+ Unterbringung	1% × A	740 DM
= Festkosten		11470 DM

4.2.2 Veränderliche Kosten

Die veränderlichen Kosten werden ganz vom Umfang des Landmaschineneinsatzes (h oder ha) bestimmt. Sie beinhalten:

- ▶ Betriebsstoffkosten
- ▶ Reparaturkosten

Betriebsstoffkosten – Sie umfassen die Aufwendungen für Kraft-, Schmier- und Hilfsstoffe (z. B. Bindegarn). Die Kosten errechnen sich aus dem Einsatzumfang, dem Verbrauch und dem Preis.

Der Verbrauch an Treibstoff bei Schleppern kann je nach Auslastung aus Abb. 66 abgeschätzt werden. Der Energieverbrauch der Elektrogeräte errechnet sich grob aus dem Anschlußwert und der Einsatzzeit. Für den Schmierölverbrauch wird ein Schätzwert von 2% des Dieselölverbrauches unterstellt.

Die Betriebsstoffkosten können nach folgender Formel errechnet werden:

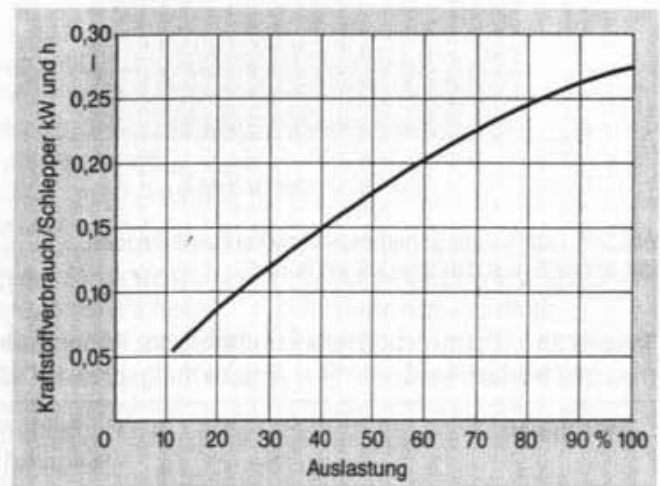


Abb. 66 Richtwerte für den Kraftstoffverbrauch von Schleppern in Abhängigkeit von der Auslastung.

Reparaturkosten – Diese sind schwer kalkulierbar und von vielfältigen Faktoren, z. B. Einsatzdauer, Konstruktion, Bedienung, Pflege abhängig. Eine

$$\text{Betriebsstoffkosten (DM)} = \text{Treibstoffverbrauch je nach Auslastung (l/kW und h)} \times \text{Schlepperstärke (kW)} \times \text{Treibstoffpreis (DM/l)}$$

Vorausschätzung kann deshalb nur auf Grund von Richtwerten erfolgen, die als Prozentanteil vom Anschaffungswert und Einsatzumfang angegeben werden. Tabelle 33 zeigt einige Richtwerte für den Schleppereinsatz. Die übrigen Werte sind bei den Kennzahlen der einzelnen Mechanisierungsverfahren aufgeführt.

Aus der Summe aller Kostenelemente ergeben sich die gesamten Maschinenkosten, wie sie als Beispiel für einen 60-kW-Schlepper mit Allrad-Antrieb in Abb. 67 und Abb. 68 bei zunehmendem jährlichen Einsatzumfang dargestellt sind.

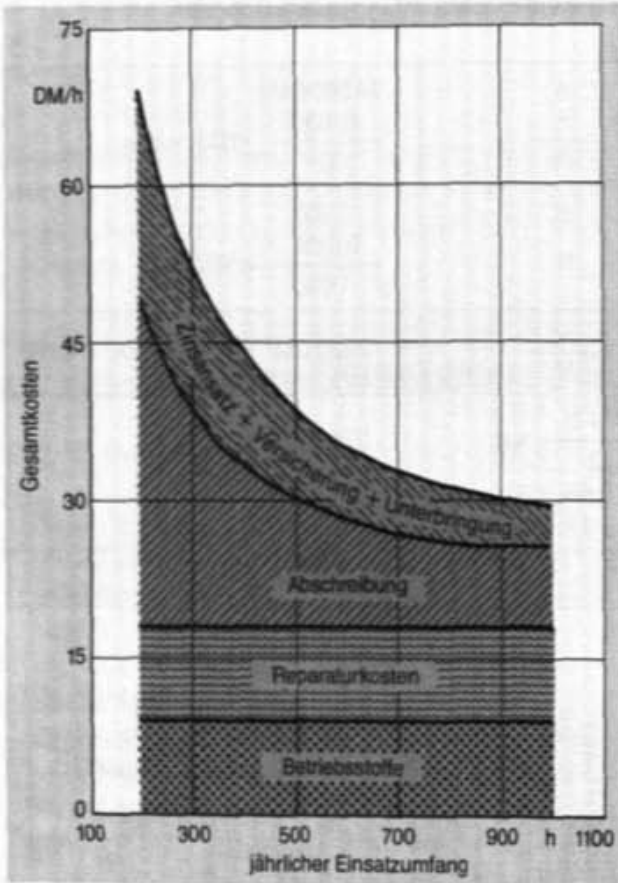


Abb. 67 Kosten der Schlepperstunde bei zunehmenden jährlichen Einsatzstunden (60 kW Allrad).

SCHEMA ZUR BERECHNUNG DER MASCHINENKOSTEN					
1	MASCHINE (Art-Typ-Größe)	Allrad Schlepper 70 kW, Kabine			
2	Anschaffungspreis (A)	DM	74 000,-		
3	wirtschaftliche Nutzungsdauer (n) (nach Arbeit)	h, kW, %	10 000		
4	wirtschaftliche Nutzungsdauer (n) (nach Zeit)	Jahre	12		
5	Restwert (B)	DM	0		
6	Abschreibungsschwellen (n/n)	h, kW, % / Jahr	8,5		
7	Kalkulationszinsfuß (p)	%	8		
8	jährliche Auslastung	h, kW, % / Jahr	500		
9 FESTKOSTEN DM/Jahr					
10	Abschreibung $\frac{A-B}{n}$		6 167		
11	Zinsansatz $\frac{A+B}{2} \times \frac{p}{100}$		2 960		
12	Unterbringung (ca. 1% von A)		740		
13	Versicherung (ca. 0,5% von A)		370		
14	Summe der Festkosten		10 237		
15 VERÄNDERLICHE KOSTEN DM / h, kW, %					
16	Reparaturkosten $\frac{600 \times A}{n}$		4,8		
17	Betriebsstoffkosten				
	Dieselmotoren $\frac{8,6}{100} \times 1 / h, kW, \%$	9,95 DM / l	8,17		
	Schmierstoffe $\frac{11,6}{100} \times 1 / h, kW, \%$	9,58 DM / l	6,90		
	Hilfsstoffe $\frac{21}{100} \times 100 / h, kW, \%$	DM / kWh	-		
18	Summe veränderliche Kosten		17,95		
19 GESAMTKOSTEN DM / h, kW, %					
20	jährliche Auslastung h, kW, % / Jahr	300	500	700	1000
21	Festkosten	34,12	20,47	14,63	10,47
22	veränderliche Kosten	17,95	17,95	17,95	17,95
23	Gesamtkosten	52,07	38,42	32,57	28,42

Abb. 68 Schema zur Berechnung der Maschinenkosten.

4.3 Gebäudekosten

Die jährlichen Gebäudekosten sind nur dann den Arbeitsverfahren anzulasten, wenn diese an spezielle Gebäude gebunden sind (z. B. Melkstandgebäude). Da jedoch Maschinen und Gebäude zunehmend in kompletten Arbeitsverfahren verknüpft werden, sind die speziellen Gebäudekosten bei Verfahrens-

Tabelle 33 Richtwerte für die Ermittlung der Reparaturkosten bei Schleppern und Anbaugeräten (nach KTBL-Taschenbuch) (A = Anschaffungswert in DM).

Maschinen	Reparaturkosten % von A/1000 h	Maschinen	Reparaturkosten % von A/100 h
Schlepper mit Hinterradantrieb 15–82 kW	9–11	Frontlader	1,73–2,11
Schlepper mit Allradantrieb 23–105 kW		Hecklader	
Frontsitzschlepper 38–88 kW	9–14	Heckschwenklader	2,61–3,24
Geräteträger und Trac-Schlepper 26–77 kW			
			DM/t
	9–11	Plattformwagen	0,22
	9–11	Kipper	0,22

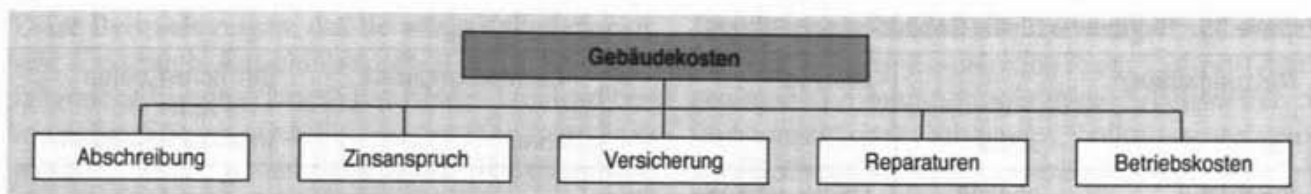


Abb. 69 Elemente der Gebäudekosten.

vergleichen zu beachten. Wie sich die Gebäudekosten zusammensetzen, zeigt Abb. 69.

Alle diese Kosten werden in % vom Gebäudeneuwert (Kapital- oder Investitionsbedarf der Gebäudeherstellung) berechnet. Deshalb sind Kenntnisse über die Methoden des Ermitteln des Kapitalbedarfes für landwirtschaftliche Betriebsgebäude erforderlich. Sie lassen sich nach Tabelle 34 einordnen. Derzeit wird verstärkt die Kostenblockmethode eingesetzt und vom KTBL fortgeschrieben. So gewonnene Daten können dann für das Ermitteln der Kostenelemente herangezogen werden.

► Die **Abschreibung** ist unterschiedlich nach der Nutzungsdauer der Gebäude anzusetzen (Tabelle 35, Seite 80). Jedoch ist zu bedenken, daß selbst Massivgebäude mit einer Lebensdauer von bis zu 100 und mehr Jahren in Zeitabständen von 20–30 Jahren Umbauten erfahren.

► Der **Zinsanspruch** sollte ebenfalls an die Laufzeit der Investition gebunden werden. Dann muß jedoch nicht der üblicherweise angesetzte halbe Neuwert verzinst werden, sondern die in Tabelle 36 (Seite 80) genannten relativen Anteile.

Tabelle 34 Methoden zum Ermitteln des Kapitalbedarfes von landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden und deren Vor- und Nachteile.

Methode	Wesen	Vorteile	Nachteile
Schätzung nach Nutzungseinheit	über Nachkalkulation wird der Kapitalaufwand je Nutzungseinheit ermittelt, z. B. DM/Kuhplatz DM/m ³ Güllelagerraum	einfache Anwendung zur überschlagsmäßigen Orientierung	keine Aussage über die Ursachen des Kapitalbedarfes, preislich eine Rückschau, Fortschreibung über Index erforderlich
Schätzung nach Bauvolumen	über Nachkalkulation wird der Kapitalaufwand je m ² bebauter Fläche oder je m ³ umbauten Raumes ermittelt, z. B. DM/m ² Dunglager DM/m ³ Lagerraum	exaktere Überschlagsrechnung für Planungszwecke mit Einbeziehung des Bauvolumens, exakter als Bezug zur Nutzungseinheit, läßt Bezug zur Nutzungseinheit ebenfalls zu	keine Aussage über die Ursachen des Kapitalbedarfes, preislich eine Rückschau, Fortschreibung über Index erforderlich
Schätzung nach Kostenblöcken	über Nachkalkulation wird der Kapitalaufwand für die Kostenblöcke Gebäudehülle Milch Fütterung Gülle ermittelt und in Tabellenform zur Verfügung gestellt	durch das Strukturieren in Kostenblöcke können unterschiedlich genutzte Gebäude kalkuliert werden, Anwendung einfach, Ergebnisse relativ genau	bestehende Rasterung der Kostenblöcke noch zu ungenau, preislich eine Rückschau, Fortschreibung über Index erforderlich
Bedarfsanalyse nach Menge und Preis	für ein Gebäude wird rechnerisch der Bedarf an Baumaterialien und Arbeitszeit (Planzeit) ermittelt und dieses Mengengerüst mit Preisen versehen	exakte Mengenanalyse, regionale Preisunterschiede sind zu berücksichtigen, Eigenleistung kann einfließen und bewertet werden	hoher Aufwand für Modellaufstellung erforderlich, Anwendung nur über die EDV möglich

Tabelle 35 Richtwerte für die Gebäudeabschreibung.

Nutzungsdauer		Beispiel	Abschreibungszeit Jahre	jährliche Kosten in % vom Investitionsbedarf
Typ	Jahre			
langfristig	über 20	Massivgebäude Lagerbehälter	25	4 (3–5)
mittelfristig	10–20	Fahrhilfen, Futterkrippen, Fußböden	12,5	8 (6–10)
kurzfristig	unter 10	Einrichtungen, bewegliche Einbauten	8 ½	12 (10–15)

- ▶ Die **Versicherung** liegt im Bereich von 1,2–3% und beträgt im Mittel etwa 2,2% vom Neuwert.
- ▶ Die **Reparaturkosten** liegen im Bereich von 1–3%, wobei folgende Abstufung sinnvoll ist:
 - langfristige Nutzung: 1% vom Neuwert
 - mittelfristige Nutzung: 2% vom Neuwert
 - kurzfristige Nutzung: 3% vom Neuwert
- ▶ **Betriebskosten** sind allgemein nicht dem Gebäude zuzuschreiben, sondern direkt der Nutzung, z. B. Stromkosten je Kuh und Jahr (ohne Ventilation) 40–50 DM

Insgesamt ergibt die Summe der Teilkosten Jahreskosten für Gebäude in Höhe von 8–20% vom Neuwert.

Tabelle 36 Höhe des zu verzinsenden Anteiles vom Neuwert eines Gebäudes bei unterschiedlicher Gebäudenutzungsdauer (die üblichen Zinssätze sind blau hervorgehoben).

Abschreibungszeit Jahre	Anteil vom Neuwert bei einem Zinssatz von		
	4%	6%	8%
25	60	64	67
12,5	58	60	62
8 ½	57	60	61

4.4 Kosten der Arbeitserledigung

Die Arbeits-, Maschinen- und (soweit sinnvoll) die Gebäudekosten ermöglichen es, die Kosten gesamtter Arbeitsverfahren zu ermitteln und mit Verfahrensalternativen zu vergleichen. Als Beispiel wird hier an den arbeitswirtschaftlichen Vergleich verschiedener Futterbergeverfahren angeknüpft (Abb. 70 und 71).

In den gezeigten Beispielen unterscheiden sich die Kosten bei 10 ha Erntefläche um etwa 210 DM/ha oder um 58%, wobei jedoch die Bergeleistung im

Verfahren II um 65% gesteigert wird. Unterschiedlich ist auch der mögliche Anteil betriebseigener Arbeit. Im Verfahren I kann dieser Anteil zwischen 24% (5 ha Erntefläche) und 35% (20 ha Erntefläche) von den Gesamtkosten einnehmen. Ist die betriebs-eigene Arbeit billiger als die angesetzten 12 DM/AKh, dann verschiebt sich der Punkt der Kostengleichheit zwischen Eigen- und Fremdmechanisierung von ca. 8 ha auf ca. 4,5 ha Erntefläche im Verfahren I. Ist sie dagegen teurer als die angesetzten 12 DM/AKh, dann wäre in diesem Verfahren die Fremdmechanisierung immer die überlegene Alternative.

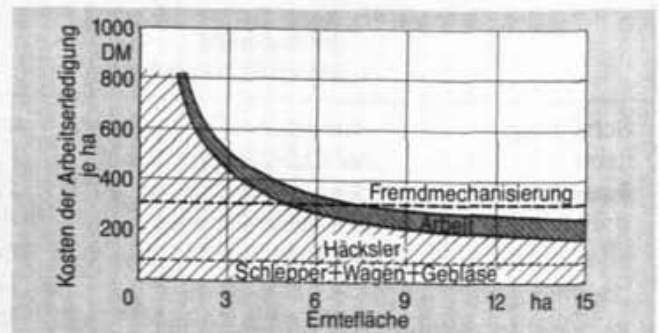


Abb. 70 Kosten der Arbeitserledigung für die Maissilageernte (Verfahren I: Hochsilo; einreihiges absätziges Verfahren; 1 AK; 12 DM/AKh).

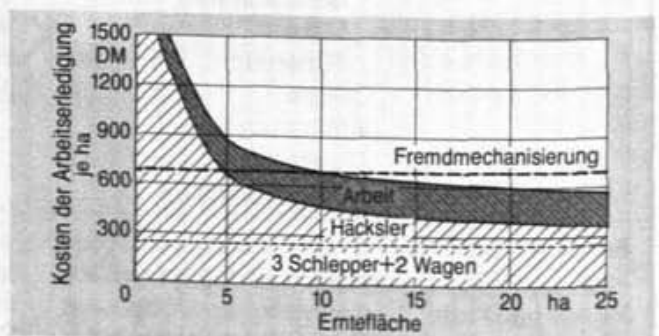


Abb. 71 Kosten der Arbeitserledigung für die Maissilageernte (Verfahren II: Flachsilo; einreihiges Umhängeverfahren; 3 AK, davon 2 Maschinenring-AK; 12 DM/AKh).

Diese Beispiele zeigen, daß derartige Kalkulationen sehr vielseitige Aufschlüsse geben und damit umfangreiche Entscheidungshilfen für den Landwirt bereitstellen können. Diese Aussagen müssen ergänzt werden, wenn gesamtbetriebliche Kalkulationen ökonomische Verfahrenseinordnungen erlauben und damit die richtige Entscheidung für den Betrieb erbringen.

5 Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz

Der überbetriebliche Maschineneinsatz gewinnt in der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Er bietet für jeden Landwirt folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- ▶ Abbau von Arbeitsspitzen, vor allem in spezialisierten Betrieben,
- ▶ besser ausgelastete Maschinen und damit geringere Kosten,
- ▶ verringerter Investitionsbedarf,
- ▶ schnelleres Abschreiben der Maschinen und damit eine bessere Möglichkeit, den technischen Fortschritt zu nutzen,
- ▶ Nutzung leistungsfähiger Maschinen und Arbeitsverfahren und damit ein besseres Verwerten der Arbeitsstunden (z. B. Mähdröschler),
- ▶ Einsatz von schlagkräftigen Arbeitsverfahren mit mehreren Arbeitskräften (z. B. Silomais-ernte),
- ▶ Inanspruchnahme von Spezialwissen und Können beim Einsatz von Spezialmaschinen (z. B. Pflanzenschutz),
- ▶ überbetriebliche Kranken- und Feiertagsvertretung.

Nachteile:

- ▶ Erhöhtes Risiko gegenüber Eigenmechanisierung bei streng termingebundenen Arbeiten (z. B. Rapsdrusch),
- ▶ Zwang zu Absprache, Planung und Koordination.

Die genannten Nachteile fallen weniger ins Gewicht, weil der Wille zur Kooperation in der Landwirtschaft zunimmt und durch schlagkräftige Arbeitsketten im überbetrieblichen Einsatz das Risiko gegenüber einer Eigenmechanisierung sogar gemindert wird.

5.1 Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes

Ein überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz ist in mehreren Formen möglich (Abb. 72).

Maschinengemeinschaften – Bei dieser Form der überbetrieblichen Zusammenarbeit werden einzelne Maschinen von mehreren Landwirten gemeinsam angeschafft und genutzt.

Maschinengemeinschaften setzen einen gut ausgeprägten Gemeinschaftssinn voraus und sollten vorwiegend auf Maschinen beschränkt werden, deren Einsatz nicht stark termingebunden ist. Klare Absprachen über Einsatz, Pflege, Reparatur und Wiederbeschaffung sind notwendig und verhindern sonst unvermeidlichen Streit. Allgemein ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- ▶ Senken des Investitionsbedarfes,
- ▶ Senken der Festkosten,
- ▶ geringer Organisationsaufwand.

Nachteile:

- ▶ Auf wenige Maschinen beschränkt,
- ▶ auf Maschineneinsatz beschränkt,
- ▶ Probleme bei Verantwortung für Maschinenpflege und Reparatur,
- ▶ Probleme bei der Reihenfolge des Maschineneinsatzes.

Bezogen auf alle Möglichkeiten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes sind die Möglichkeiten der Maschinengemeinschaft eingeschränkt.

Maschinenring – Beim Maschinenring handelt es sich um einen freiwilligen Zusammenschluß von 600 bis 1500 Landwirten (meistens auf Kreisebene) in einer nach den Ideen von GEIERSBERGER entwickelten Organisation.

Ursprüngliches Ziel dieser Selbsthilfeorganisationen war die bessere Nutzung der vorhandenen Maschinenkapazität auf kleinen und mittelbäuerlichen Be-

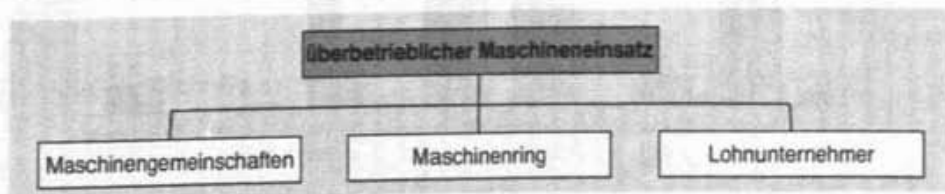


Abb. 72 Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes.

etrieben. Inzwischen hat sich die **Zielsetzung** der Maschinenringe erweitert. Sie wollen allen Betrieben – unabhängig von der Betriebsgröße – die arbeitswirtschaftlichen Vorteile des Großbetriebes mit mehreren Arbeitskräften und leistungsfähigen Arbeitsverfahren verschaffen.

Die überbetriebliche Zusammenarbeit wird im Maschinenring durch festgesetzte **Verrechnungssätze** gegenseitig bargeldlos abgerechnet. Jeder Betrieb kann Maschinenarbeit »verkaufen« und »einkaufen«. Eigene Maschinen oder Arbeitskräfte besitzt der Ring nicht, so daß die unternehmerische Freiheit der Einzelmitglieder voll gewahrt bleibt.

Die **Organisation** des Maschineneinsatzes wird überwiegend vom **Geschäftsführer** übernommen, der einem gewählten Vorstand verantwortlich ist. Er ist meist hauptberuflich tätig und berät als Fachmann die Landwirte bei der Anschaffung fehlender Maschinenkapazitäten, die bei der großen Zahl der Mitglieder ausreichend genutzt werden können.

Kleinere Betriebe können so Großmaschinen kostengünstig einsetzen und Großbetriebe durch zusätzliche Hilfe ihre Arbeitsspitzen abbauen. Nebenerwerbsbetriebe können auf eigene Maschinenschaffungen völlig verzichten. Als **Dienstleistungsunternehmen** für das Vermitteln und Organisieren des überbetrieblichen Maschinen- und Arbeitseinsatzes arbeiten Maschinenringe auch mit Lohnunternehmern und Maschinengemeinschaften zusammen. Mittlerweile hat der Maschinenring in vielen Regionen seinen festen Platz bei der Arbeitserledigung im landwirtschaftlichen Betrieb. Insbesondere werden Spezialarbeiten mehr und mehr von ihm durchgeführt (Abb. 73).

Neben dem reinen überbetrieblichen Maschineneinsatz vermittelt der **Maschinen- und Betriebshilfsring** inzwischen auch überbetriebliche Arbeitseinsätze. Damit lassen sich Urlaubs-, Feiertags- und Krankheitsvertretungen für den Einzelbetrieb durchführen, welche die sozialen Probleme der Familienbetriebe verringern können. Auch dieser Einsatz er-

folgt – ähnlich wie bei Maschinenarbeiten – zwischen den Betrieben nach festen Verrechnungssätzen. Der Betriebshilfsdienst stellt auch Bautrupps mit Spezialkenntnissen für das Errichten neuer Gebäude in Selbsthilfe.

Allgemein zeichnet sich der überbetriebliche Maschineneinsatz im Maschinenring durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile:

- ▶ »Einkauf« von Arbeit und Maschinen möglich,
- ▶ »Verkauf« von Arbeit und Maschinen möglich,
- ▶ verstärkte Partnerschaft zwischen Voll-, Zu- und Nebenerwerbsbetrieben durch Spezialisierung der Landwirte auf Spezialarbeiten unter fester Organisation durch den Geschäftsführer,
- ▶ feste Verrechnungssätze.

Nachteile:

- ▶ Hoher organisatorischer Aufwand,
- ▶ erhebliche Verwaltungskosten (z. Teil aus öffentlichen Mitteln),
- ▶ starke Einengung bei Maschinenarbeiten auf die Außenwirtschaft,
- ▶ Terminprobleme in Regionen mit gleichen Betriebsformen (z. B. Grünlandgürtel),
- ▶ keine Haftung bei unzureichender Arbeitsqualität oder Terminkosten.

Lohnunternehmen – Beim Lohnunternehmer »kauft« der Landwirt Maschinenarbeit. Diese umfaßt in der Regel komplette Arbeitsverfahren (z. B. Bergung und Einlagerung von größeren Silomaisflächen; Spätdüngung von Getreide). Aufgrund der dabei möglichen Belastung durch erhebliche Anfahrwege und -zeiten fordert der Lohnunternehmer u. U. größere Einsatzflächen. Dies setzt eine große Leistungsfähigkeit des Lohnunternehmers voraus.

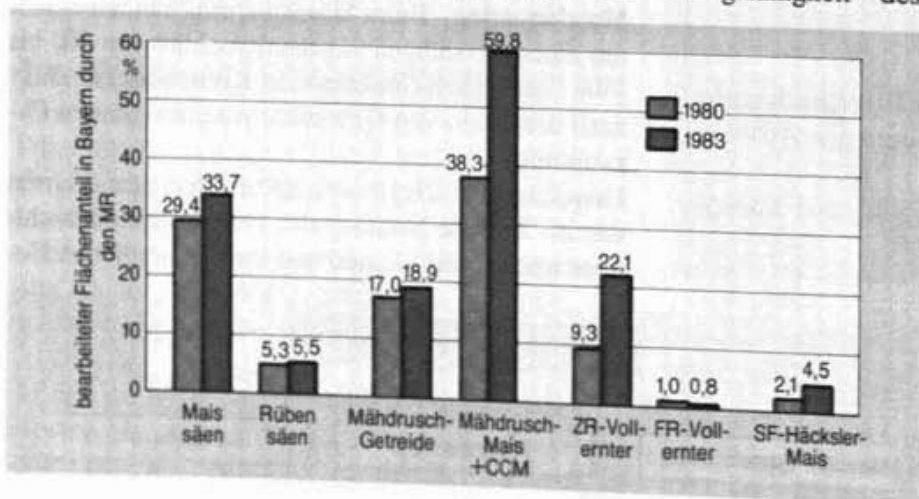


Abb. 73 Einsatzumfang durch den Maschinenring in Bayern bei ausgewählten Arbeiten (Quelle: KTBL-Jahresbericht 1980 und statistisches Jahrbuch).

Lohnunternehmer können deshalb nur dann bestehen, wenn der Landwirt den Lohnunternehmer nicht als »Feuerwehr« für Arbeitsspitzen in ungünstigen Jahren betrachtet, sondern ein langfristiges Partnerschaftsverhältnis anstrebt.

Von den Lohnunternehmern werden neben hoher Risikobereitschaft und guten fachlichen Kenntnissen vor allem Organisationstalent und kaufmännische Fähigkeiten verlangt, um den vielfältigen Wünschen der Kunden zu entsprechen.

Allgemein zeichnet sich der überbetriebliche Maschineneinsatz durch Lohnunternehmer durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile:

- ▶ Verantwortung und Haftung des Lohnunternehmers,
- ▶ kein Organisationsaufwand für die Allgemeinheit,
- ▶ Erledigung umfassender Arbeiten mit Stellung der benötigten Betriebs- und Hilfsstoffe wie Pflanzenschutzmittel, Düngemittel usw.,
- ▶ Spezialeinsätze für spezifische Arbeit möglich.

Nachteile:

- ▶ Echte Barausgaben des Landwirts,
- ▶ Gegenleistung des Landwirts nicht möglich,
- ▶ größere Flächen und günstige Strukturen als Voraussetzung.

Allgemein läßt sich feststellen, daß für den einzelnen Landwirt jede Form des überbetrieblichen Maschineneinsatzes Vorteile bringt. Es liegt an ihm persönlich, diese Vorteile zu nutzen und dabei eventuell auftretende Nachteile so gering wie möglich zu halten.

5.2 Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes

Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes werden durch Maschinenkostenkalkulationen und durch Angebot und Nachfrage bestimmt. Basis der reinen Kostenkalkulation ist dabei eine sehr hohe Maschinenauslastung in Höhe der Abschreibungsschwelle oder regional abgeänderter Nut-

zungsumfänge. Grundsätzlich ist deshalb für den Einzelbetrieb nur dann ein Kostenvorteil in der Eigenmechanisierung möglich, wenn er ähnlich hohe Auslastungswerte erreicht oder wenn er – wie häufig in der Praxis üblich – eine Maschine im Betrieb wesentlich länger nutzt, als dies durch die Abschreibungssätze nach Zeit vorgegeben ist.

Um eine Entscheidung über mögliche Kostenvorteile zu erlangen, muß deshalb der Landwirt die Kosten der Eigenmechanisierung und des überbetrieblichen Maschineneinsatzes gegenüberstellen (Tabelle 37, Seite 84, zeigt ausgewählte Beispiele aus den Verrechnungssätzen). Dies geschieht durch:

▶ **Vergleich der Kosten der Arbeitserledigung:** Dabei werden lediglich die entstehenden Kosten bei Eigenmechanisierung und die überbetrieblichen Verrechnungssätze gegenübergestellt. Sie errechnen sich als **Gesamtkosten** aus:

Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes	=	Arbeitskraftkosten	× h
		+ Schlepperkosten	× h
		+ Maschinenkosten	× habzw.h

Für die Entscheidung, ob Eigenmechanisierung oder überbetrieblicher Maschineneinsatz zu wählen ist, muß der Landwirt wissen, an welchem Arbeitsumfang (ha oder h) bei beiden Möglichkeiten **Kostengleichheit** besteht. Sie errechnet sich nach untenstehender Formel.

Für das **Beispiel** in Abb. 70 (Seite 81) (Verfahren I) ergibt sich danach bei Ansatz der eigenen Arbeitskosten:

$$\text{Arbeitsumfang bei Kostengleichheit} = \frac{1654}{454 - (115 + 115)} = 7,38 \text{ ha}$$

und *ohne* Ansatz der eigenen Arbeitskosten

$$\text{Arbeitsumfang bei Kostengleichheit} = \frac{1654}{454 - 115} = 4,88 \text{ ha}$$

▶ **Vergleich der betrieblichen Gesamtmaschinenkosten:** Dabei sind für den Betrieb entsprechende Verfahrensalternativen zu erarbeiten und anhand der Kosten gegenüberzustellen. Tabelle 38 (Seite 84) zeigt eine derartige Kalkulation für einen Modellbetrieb.

Arbeitsumfang (ha bzw. h/Jahr) bei Kostengleichheit	=	Maschinen-Festkosten	
		Kosten für überbetrieblichen Maschineneinsatz	– veränderliche Kosten bei Eigenmechanisierung

Derartige Ergebnisse zeigen sehr deutlich, daß eine sinnvolle Nutzung des überbetrieblichen Maschinen-

einsatzes auch finanziell sehr wohl meßbar und in hohem Maße effektiv ist.

Tabelle 37 Beispiele für Verrechnungssätze von Maschinenringen (ohne Fahrer)
(nach KTBL 1984 und KBM-Bayern 1983/84).

Arbeitskraft oder Maschine	Einheit	Verrechnungssatz DM	Maschine	Einheit	Verrechnungssatz DM
Arbeitskraft	h	11-14	Kreiselmähwerk	ha	22-30
Schlepper je kW	h	0,41	Hochdruckpresse	Ballen	0,22-0,25
Allradschlepper	h	+25%	Feldhäcksler		
Anhänger	h	1-2,20	1reihig	h	55-65
Pflug	ha	30	2reihig	h	65-75
Gerätekombination	ha	12	Silopresse	m ³	3-4
Fräse	h	30-40	Mähdrescher ¹⁾	ha	220-260
Stallmiststreuer	h	20-25	über 2 ha	ha	170-210
Güllewagen mit Pumpe	h	35-40	Maisdrescher ¹⁾	ha	280-320
Großflächenstreuer	dt	1,8-4	Bunkerköpfer	ha	500-600
Drillmaschine	ha	18-25	mehreihiger Zucker-		
Einzelkornsäugerät	ha	30	rüben-Ernter	ha	540
Kartoffellegemaschine	ha	40-50	Kartoffelvollernter	ha	450-520

¹⁾ Mit Fahrer.

Tabelle 38 Auswirkungen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes auf die Kostenbelastung und den ökonomischen Erfolg eines Betriebes (30 ha LF; Modellbetrieb, nach PFADLER).

Maschinenkosten	alle Maschinen im Eigenbesitz	Maschinen, die über Maschinenring in Anspruch genommen werden	Eigenmaschinen und überbetriebliche Arbeitserledigung
		SF-Mähdrescher 88 000 DM ZR-KRB 37 000 DM 1reihiger Mais- häcksler 7 500 DM Drillmaschine 5 000 DM Einzelkorn- säugerät 6 000 DM	
Maschineneuwert	255 000 DM	Summe 143 500 DM	111 500 DM
jährliche Abschreibung 10%	25 500 DM	14 350 DM	11 150 DM
Zinsen bzw. Zinssatz 5%	6 375 DM	3 587 DM	2 787 DM
Unterbringung (1%) (Maschinenhalle)	2 550 DM	1 435 DM	1 115 DM
Versicherung	650 DM	550 DM	100 DM
Summe der jährlichen Festkosten einschließlich Zinsen	35 075 DM	19 922 DM	15 152 DM
Gesamtdeckungsbeitrag	102 280 DM	9 480 DM ¹⁾	92 800 DM
fixe Kosten: Maschinen einschließlich Zinsen	35 075 DM		15 152 DM
sonstige Fixkosten	21 179 DM		21 179 DM
Gewinn	46 026 DM		56 469 DM

¹⁾ Summe der Verrechnungssätze für die überbetrieblich in Anspruch genommenen Maschinen.

6 Computereinsatz zur Prozeßsteuerung und Prozeßüberwachung

Arbeit ist im Sinne der Systemtheorie die Tätigkeit des Menschen, um mit geeigneten Hilfsmitteln aus einer definierten *Eingabe* (Input) eine sinnvolle *Ausgabe* (Output) zu erreichen. Die Tätigkeit des Menschen besteht dabei aus den Systemteilen *Wahrnehmen*, *Entscheiden* und *Handeln* (Abb. 74).

Am **Beispiel** der Kraftfuttergabe für die Milchkuh heißt dies: Um die Kraftfuttermenge richtig dosieren zu können, muß der Landwirt den Output (= Milchmenge) kennen. Ebenso muß er den Input (= Grundfuttermenge + Qualität) kennen. Zusammen mit der ihm geläufigen Information (Nährstoffbedarf der Kuh für Erhaltung und Leistung) kann er dann die richtige Kraftfuttermenge errechnen. Diese Menge wird er zuteilen (aktiv werden) und er wird kontrollieren, ob diese Menge auch aufgenommen wird.

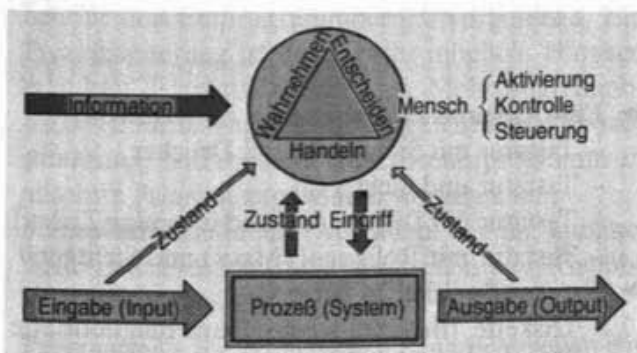


Abb. 74 Mensch und Arbeitssystem.

Dieses Beispiel stellt einen Regelkreis dar, denn die einmal errechnete Kraftfuttermenge bleibt nicht konstant. Vielmehr muß sie der sich ändernden Leistung innerhalb der Laktation angepaßt (nachgeregelt) werden. Üblicherweise erfolgt dies heute in der Praxis auf manuellem Wege, d. h. von Hand. Dabei können erhebliche Fehler auftreten, weil der Mensch für viele der benötigten Informationen keine geeigneten Sensoren (Sinne) besitzt (Ermittlung von Mengen, Gewichten, Temperaturen usw.). Geeignete

Hilfsmittel in Form von Technik und Elektronik (Computern) eröffnen neue Möglichkeiten. Eine schrittweise Automatisierung von Regelkreisen (Prozessen) mit Einbindung in die Betriebsführung führt bei gut durchdachter Einführung in den Betrieb zu einer

- ▶ Erleichterung der Arbeit,
- ▶ Verbesserung der Arbeitsqualität,
- ▶ Erhöhung des Betriebserfolges.

6.1 Computersysteme für den landwirtschaftlichen Betrieb

Allgemeines – Der Einsatz von Computern im landwirtschaftlichen Betrieb darf nicht isoliert aus der Sicht der Betriebsführung oder aus der Sicht der Prozeßsteuerung und Prozeßüberwachung betrachtet werden. Nur der Verbund der beiden Bereiche wird das optimale Betriebsergebnis bringen.

Die Hauptbestandteile eines Computersystems sind in Abb. 75 dargestellt.

Grundsätzlich bestehen Computersysteme aus Hardware und Software (Abb. 76, Seite 86).

Hardware sind all jene »harten« Teile, welche materielle Gegenstände darstellen. Die einzelnen Komponenten enden jeweils in genormten Steckverbindungen oder als Steckkarten mit firmenspezifischen Anschlüssen bzw. mit Anschlüssen nach der Euro-Norm.

Software ist die »weiche« Ware oder – anders ausgedrückt – alles, was in Form von Programmen den eigentlichen Computer lauffähig macht. Nur das Zusammenwirken von Hard- und Software ergibt ein arbeitsfähiges Computersystem, wobei die *Leistungskennzahlen* der Verarbeitung und Speicherung in folgenden Begriffen benannt werden:

1 Bit	= eine Entscheidung in Form von Ja (1) oder Nein (0)
1 Byte	= 8 Bit
1 kB (Kilobyte)	= 1024 Byte
1 MB (Megabyte)	= 1024 kB
1 GB (Gigabyte)	= 1024 MB

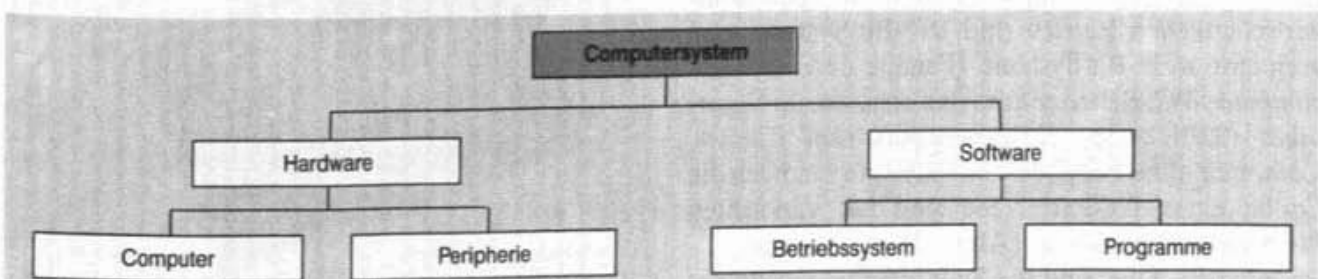


Abb. 75 Die Hauptbestandteile eines Computersystems.

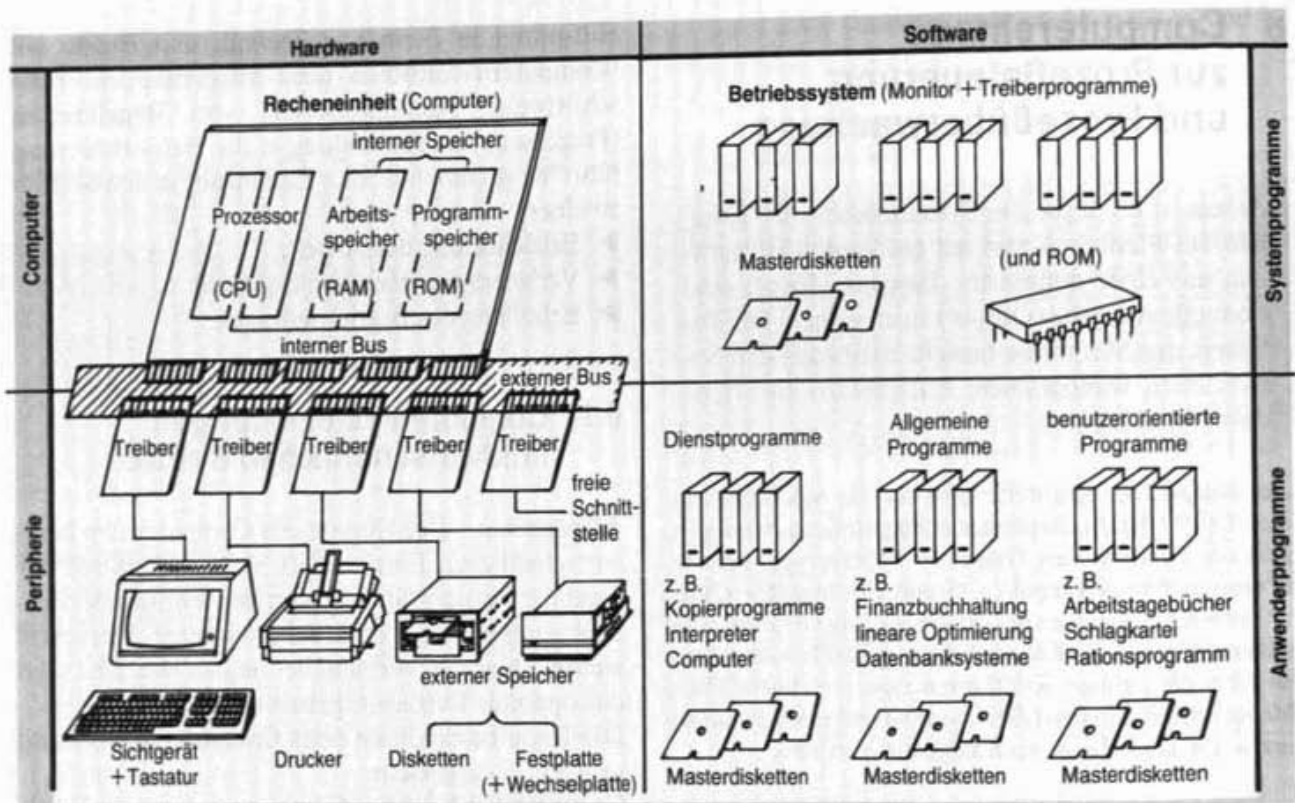


Abb. 76 Systematischer Aufbau eines Computersystems.

Computer – Er ist das Herzstück eines Computersystems. Er besteht aus

- ▶ der **Zentraleinheit** (CPU), auch Prozessor genannt,
- ▶ dem **Programmspeicher** (ROM) und
- ▶ dem **Arbeitsspeicher** (RAM).

Diese Einheiten werden über Daten- und Adreßleitungen, den **Bus**, verbunden.

Entscheidend für die Leistung des Computers ist die Größenordnung von Prozessor und Bus.

Ausgewogen ist die Leistung bei 8 Bit-Systemen. Hier besteht die Wortlänge der CPU aus 8 Bit und der Bus-Durchsatz erfolgt ebenfalls mit 8 Bit. *16/8-Bit-Systeme* besitzen eine CPU mit einer 16 Bit-Wortlänge, aber einen 8 Bit Bus. Jeder Wortdurchsatz muß deshalb vor dem Eintritt in den Bus in zwei Werte zerlegt und am Busende wieder zusammengefügt werden. *16/16-Bit-Systeme* sind in der CPU-Verarbeitung und in der Busleistung ausgeglichen, während 32-Bit Prozessoren mit einem Bus von 16, 18 oder auch 22 Bit eingesetzt werden.

Die angebotenen Computersysteme für den landwirtschaftlichen Betrieb sind 16/8-Bit-Systeme und vermehrt 16/16-Bit-Systeme (Familie der *Personalcomputer*, PC. Seltener kommen sogenannte *Superminis* (32/18- oder 32/22-Systeme) zum Einsatz. Computer ohne Peripherie haben heute nur noch die Größe einer Postkarte. Sie sind auf genormten Steckkarten angeordnet (Abb. 77).

Peripherie – Dies sind die Teile, die die Größe des Computersystems ausmachen. Sie bestehen aus:

- ▶ **Ein-/Ausgabe zum Menschen** in Form von:
 - Tastatur mit Sichtgerät und Drucker
 - Tastatur und Sichtgerät
 - Tastatur mit Display (eine oder wenige Zeilen)
 - Tastatur mit Rollkugel (Maus) und Sichtgerät
- ▶ **Externe Speicher** in Form von:
 - Diskette (flexible, wechselbare magnetisierte Kunststoffscheibe)
 - Festplatte (fest eingebaute magnetisierte Kunststoffscheibe)
 - Fest-/Wechselplatte (eine Festplatte kann gewechselt werden)
 - Magnetbandkassette
- ▶ **Ein-/Ausgabekanäle** zu Prozessen oder übergeordneten Computersystemen; diese Kanäle müs-

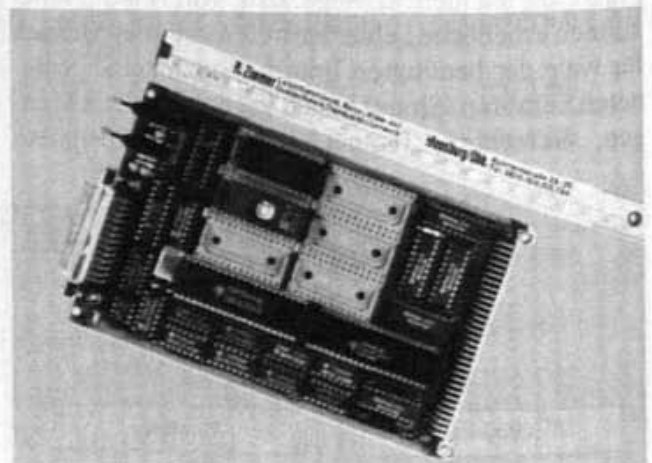


Abb. 77 Kompletter Computer auf einer Normsteckkarte.

sen in ihrer Auslegung an die übergeordnete Übertragungsgeschwindigkeit und an die dabei verwendete Protokollform (Zeichenfolge) angepaßt sein; wichtig sind Verbindungen über Bildschirmtext (Btx) und über fest geschaltete Telefonleitungen.

Für einen landwirtschaftlichen Betrieb werden Computersysteme mit Tastatur, Sichtgerät, Drucker und externem Speichermedium benötigt. Dabei ist die Diskette billig, aber im Speichervermögen begrenzt. Komfortabler sind Festplatten mit mindestens 10 MB und einer Diskette zur Datensicherung.

Betriebssystem – Dies ist ein Programm (Folge von Anweisungen), welches den gesamten Rechnerablauf überwacht (auch Monitor genannt). Betriebssysteme entscheiden über die universellen Einsatzmöglichkeiten eines Computersystems. Es sind verschiedene Formen üblich (Abb. 79).

Davon werden im landwirtschaftlichen Betrieb vor allem **Einplatzsysteme** eingesetzt (z. B. die Produkte CP/M und MS-DOS). Betriebssysteme der ersten Generation auf Personalcomputern sind ausschließlich für den Einprogrammbetrieb vorgesehen. Eine Prozeßsteuerung ist damit nicht möglich. Hingegen erlauben Einplatzsysteme mit Mehrprogrammbetrieb (multitasking) eine *eingeschränkte* Prozeßsteuerung, sofern dem Prozeßsteuerprogramm die absolute Priorität zugewiesen werden kann.

Mehrplatzsysteme sind vor allem für die kommerzielle Datenverarbeitung vorgesehen bzw. Großbetrieben vorbehalten.

Programme – Sie ermöglichen den universellen Einsatz eines Computersystems, wobei zwischen mehreren Arten unterschieden wird (Abb. 78).

Während der Landwirt *Systemprogramme* und *Dienstprogramme* als Betriebssystem erwirbt, stellen die **allgemeinen Programme** und die **benutzerorientierten Programme** einen Hauptteil des Kapitalbedarfes bei der Systemanschaffung dar. Dabei sind allgemeine Programme wie

► Tabellenkalkulation
► Optimierung
► Finanzbuchhaltung

preisgünstig, weil hohe Stückzahlen die Erstinvestition für die Herstellung reduzieren. Künftig wird dafür jedoch eine Gebühr für die Pflege und Fortschreibung erhoben werden. Individuelle, d. h. betriebspezifische Programme sind z. B. Steuerprogramme für Grundfutterbewertung und die Kraftfuttermittlung. Diese Programme sind auf einen kleinen Anwenderkreis beschränkt und bleiben deshalb teuer.

Programme sind in höheren *Programmiersprachen* (BASIC, COBOL, FORTRAN C usw.) geschrieben und werden mit Kopierschutz in maschinenverarbeitbarer Form geliefert. Selbst entwickelte Programme oder Programme in Quellcode müssen dagegen erst in die Maschinensprache übersetzt werden, wozu eigene (teure) *Hilfsprogramme* in Form von Interpretern und Compilern erforderlich sind.

6.2 Computersysteme und Prozeßsteuerung

Computersysteme zur allgemeinen Betriebsführung, Betriebsüberwachung und Betriebsabrechnung können aufgrund der dabei verwendeten Betriebssysteme nur in Ausnahmefällen zur Prozeßsteuerung im technischen Sinne eingesetzt werden, denn grundsätzlich bestehen aus der Sicht beider Bereiche unterschiedliche Anforderungen (Tabelle 39, Seite 88).

Prozeßsteuerungscomputer müssen dabei aber nicht alle genannten Anforderungen erfüllen. Vielmehr besteht eine Trennung in Steuerung und Regelung.

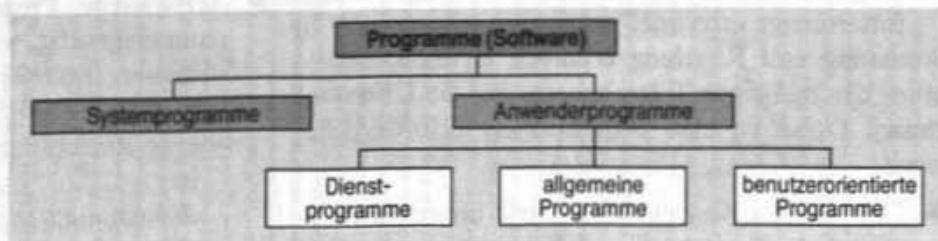


Abb. 78 Programmarten.

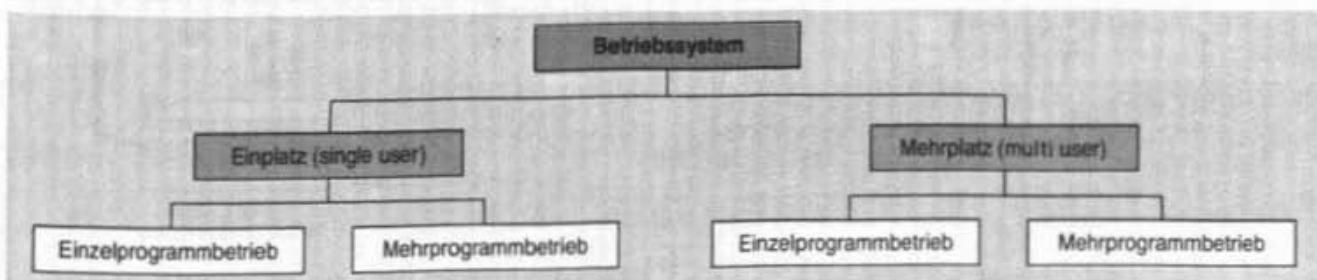


Abb. 79 Betriebssystemformen.

Tabelle 39 Funktionale Anforderungen für Betriebscomputer und Prozeßsteuerungscomputer.

Anforderungsbereich	Betriebscomputer	Prozeßsteuerungscomputer
Dateneingabe	manuell von Datei vom Prozeßsteuerungscomputer (Quasi-Datei)	Zustand eines Systemteils (Sensor, z. B. vom Thermometer gemessene Temperatur)
Programm	wechselnd von Aufgabe zu Aufgabe, wird vom externen Speicher geladen	gleichbleibend für spezifische Aufgabe im Datenzugriff (Festprogramm)
Datenausgabe	für den Menschen auf Sichtgerät oder Drucker oder in Zwischenspeicher	auf Aktivierung einer Prozeßänderung (Aktor)
System optimiert auf	hohen Datendurchsatz, kurze Antwortzeiten für den Benutzer	<ol style="list-style-type: none"> 1. höchstmögliche Ansprechbereitschaft des Sensors (der Sensoren) 2. kürzestmöglicher Zeitverzug bis Aktivierung des Aktors 3. Speicherung produktionsrelevanter Daten 4. Information an den Benutzer

- ▶ **Steuerung** geht von vorgegebenen Informationen aus und führt diese entsprechend dem Programm durch. Eine Rückmeldung und Anpassung findet nicht statt (z. B. wird in der Kraftfutterabrufanlage nur nach dem Einzeltier und nach Zeitintervallen zugeteilt. Es gibt keine Möglichkeit der Überprüfung, ob das entsprechende Tier die zugeteilten Mengen auch wirklich aufgenommen hat).
- ▶ **Regelung** baut auf der Steuerung auf und überprüft die Steuerungsmaßnahme in einem vorgegebenen Toleranzbereich. Wird dieser eingehalten, dann läuft die Steuerung unbeeinflusst weiter, ansonsten wird über die Nachregelung eine neue Steuergröße gewählt = *Rückkoppelung* (z. B. kann bei der oben genannten Kraftfutterabrufanlage eine Verbindung zur Milchleistung hergestellt und danach die jeweils gültige Kraftfuttermenge errechnet werden).

Steuerung und Regelung erlauben in der Bestimmung des zulässigen Toleranzbereiches die **Überwachung**. Dabei ist eine Signalisierung erforderlich, wenn:

- ▶ Der *Toleranzbereich* über- oder unterschritten wird (z. B. Krankheitsverdacht bei Tieren),

- ▶ ein *oberer Grenzwert* überschritten wird (z. B. Körpertemperatur bei Nutztieren),
- ▶ ein *unterer Grenzwert* unterschritten wird (z. B. drohender Nachtfrost in der Vegetationsperiode).

Computer für die Prozeßsteuerung (gilt für Steuerung und Regelung) können im wesentlichen in drei Formen eingesetzt werden (Abb. 80).

- ▶ **Alleinstehende Prozeßsteuerungssysteme** werden dann eingesetzt, wenn
 - immer das *gleiche Programm* eingesetzt wird,
 - die *Steuerparameter* nur *selten* geändert werden müssen,
 - die automatisch erfaßte *Datenmenge gering* ist (Beispiel: Kraftfutterabrufanlage in Abb. 81) oder als Vorstufe für ein verbundenes System.
- ▶ **Verbundene Prozeßsteuerungssysteme** werden dann eingesetzt, wenn:
 - immer die *gleichen Programme* verwendet werden,
 - eine *Rückkoppelung* (Regelung) erforderlich ist,
 - die *automatisch erfaßten Daten* intern vollständig *verdichtet* werden können (Beispiel: Milch-

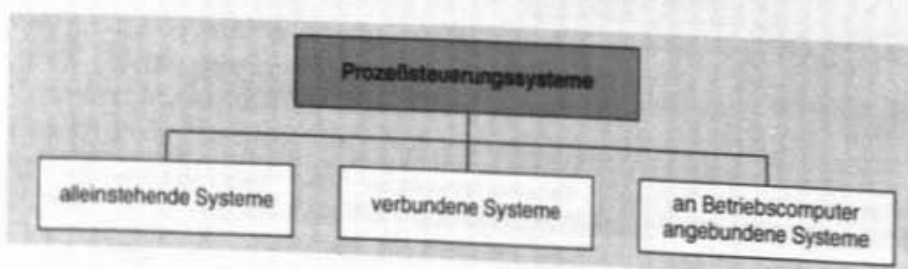


Abb. 80 Einsatzformen von Prozeßsteuerungscomputern.

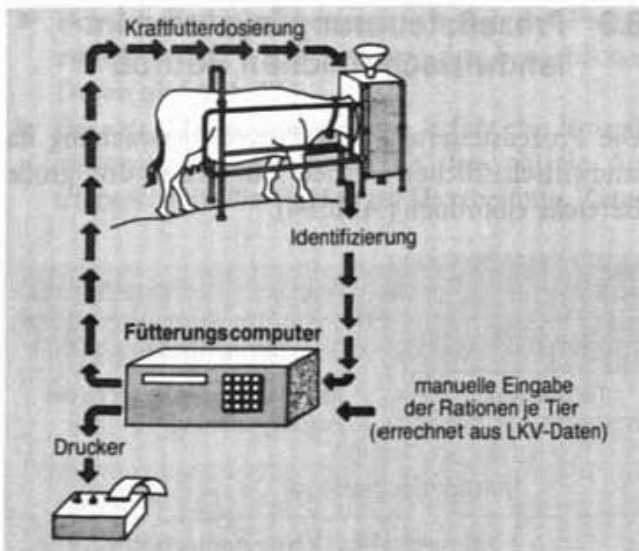


Abb. 81 Alleinstehendes Prozeßsteuerungssystem.

mengenerfassung und Kraffutterabrufanlage in Abb. 82),
 oder als Vorstufe für ein an den Betriebscomputer angebundenes System.

- An **Betriebscomputer** angebundene Systeme können über feste Leitungen oder über tragbare (portable) Daten- bzw. Programmspeicher verbunden sein. Sie werden dann eingesetzt, wenn:
 - gleiche oder unterschiedliche Steuerprogramme in den Prozeßsteuerungscomputern benötigt werden,
 - eine Rückkoppelung in den Prozeßsteuerungscomputern und in den Betriebscomputer erforderlich ist,
 - automatisch erfaßte Daten als große Einzeldatenmengen gespeichert werden sollen,

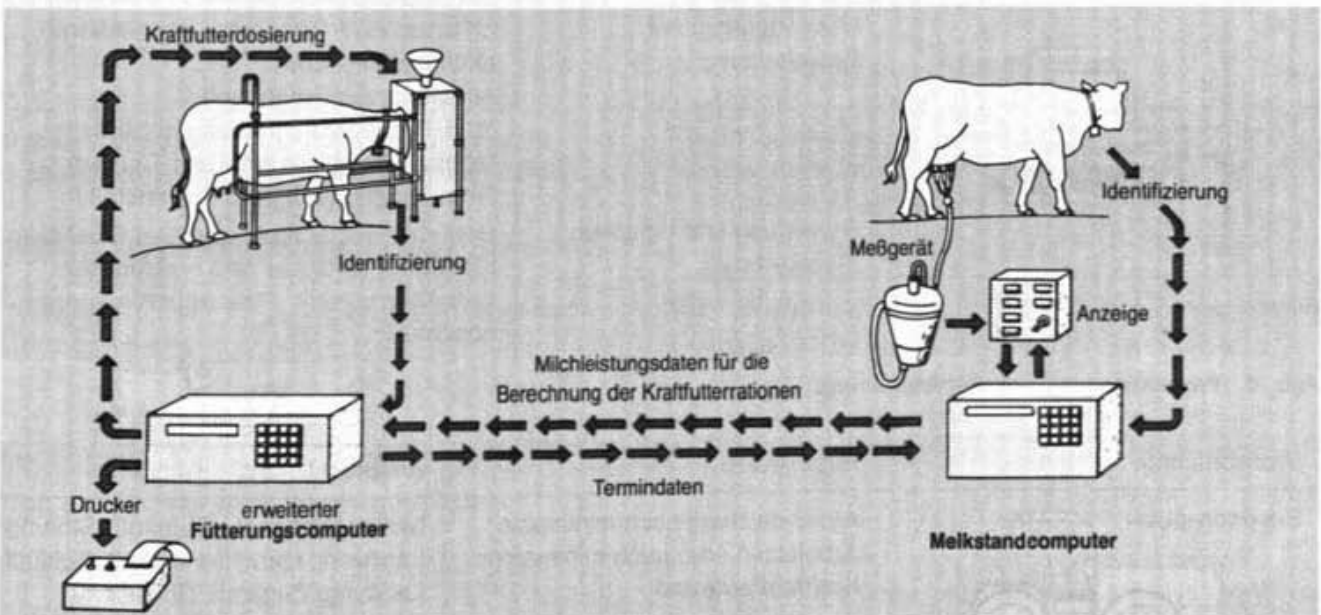


Abb. 82 Verbundenes Prozeßsteuerungssystem.

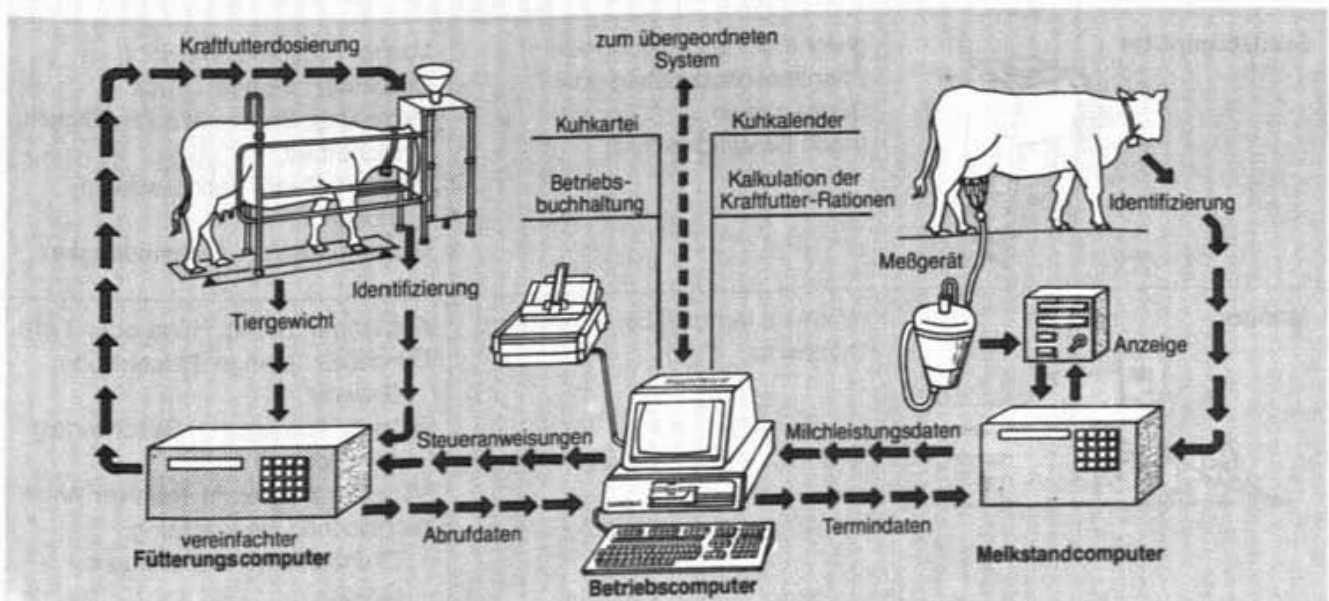


Abb. 83 An Betriebscomputer angebundene Prozeßsteuerungssysteme.

- daraus *umfangreiche Datenanalysen* abgeleitet werden sollen oder
 - *Optimierungen* in Verbindung mit *Fremddaten* erforderlich sind.
- Derartige Systeme sind häufig Endsysteme in Betriebszweigen (Abb. 83, Seite 89).

6.3 Prozeßsteuerungssysteme im landwirtschaftlichen Betrieb

Die Prozeßsteuerung und Prozeßüberwachung im landwirtschaftlichen Betrieb läßt sich in drei große Bereiche einordnen (Abb. 84).

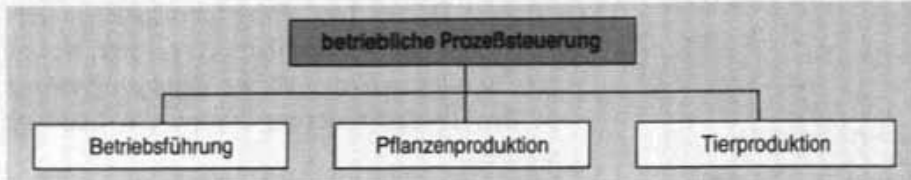


Abb. 84 Einsatzbereiche der Prozeßsteuerung.

Prozeßtechnik	Regelkreis	Aufgabenbereiche
Betriebscomputer 	Planung (Simulation und Optimierung) Überwachung und Entscheidung Bewertung und Vergleich (Auswertung)	gesamtbetriebliche oder teilbetriebliche Planung über Simulation und/oder Optimierung (z. B. Düngerplan, Futterplan) Erfassen und Aufbereiten produktionstechnischer Daten Ableitung von Prognosen (z. B. Betriebsbuchhaltung mit Arbeitstagebuch, Schlagkartei und Tierkartei, Finanzbuchhaltung mit Kostenstellen) Betriebszweigabrechnung; Betriebsabrechnung; vertikaler und horizontaler Betriebsvergleich; Finanzbuchhaltungsabschluß

Abb. 85 Prozeßsteuerung in der Betriebsführung.

Prozeßtechnik	Regelkreise	Ansprechbereich: Kriterien
Bordcomputer 	Arbeitsleistung nach minimaler Arbeitszeit oder nach minimalem Kraftstoffaufwand	Motor: Drehzahl, Kraftstoff, Störung Laufwerk: Geschwindigkeit, Schlupf Leistung: Zugkraft, Schlupf Zapfwelle: Drehzahl, Drehmoment Störungen
Spritzcomputer 	gleichmäßige Zuteilung von Pflanzenschutzmitteln oder Düngemitteln (nach Bestandsdichte)	Vorrat: Füllstand, Gewicht Durchsatz: Menge, Druck Verteilung: Breite, Gleichmäßigkeit, Sicherheit Vorfahrt: Reale Fahrgeschwindigkeit Bestand: Dichte, Gleichmäßigkeit
Monitor 	minimale Verluste bei maximalem Durchsatz	Aufnahme: Breite, Höhe oder Tiefe Durchsatz: Menge, Polsterhöhe, Gewicht Antrieb: Auslastung, Geschwindigkeit, Schlupf Verluste: Stückzahl, relativer Anteil technische Überwachung: Drehzahlen, Temperaturen, Drücke

Abb. 86 Prozeßsteuerung in der Pflanzenproduktion.

- ▶ Bei der **Betriebsführung** spielt sich der Prozeß zwischen dem Menschen und den betrieblichen Daten ab (Abb. 85).
- ▶ Bei der **Pflanzenproduktion** erfaßt die Prozeßsteuerung den Schlepper als die zentrale Antriebseinheit, die Geräte zur Bearbeitung, Zutei-

lung und Dosierung und zur Ernte, bzw. selbstfahrende Spezialmaschinen (Abb. 86).

- ▶ Bei der **Tierproduktion** steht die Prozeßsteuerung für die leistungsgerechte Fütterung, die Fruchtbarkeits- und Gesundheitsüberwachung im Vordergrund (Abb. 87).

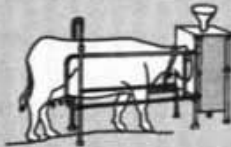

Prozeßtechnik	Regelkreis	Ansprechbereich: Kriterien
Fütterungscomputer 	Tierleistung »Fleisch« Tierleistung »Milch« Tierleistung »Eier«	Tier: Identifizierung, Körpermasse Futter: Inhaltsstoffe, Aufnahme Umwelt: Temperatur, Feuchtigkeit (Licht) Tier: Identifizierung, Milchmenge, Milchinhaltstoffe, Körpermasse Futter: Inhaltsstoffe, Aufnahme Umwelt: Temperatur, Feuchtigkeit Termine: Abkalbung, Trockenstellung Tier: Körpermasse, Eierzahl, Eiergewicht Umwelt: Temperatur, Feuchtigkeit, Licht
elektronische Stalltafel 	Fruchtbarkeitsüberwachung und Terminkontrolle	Tier: Identifizierung, Temperatur, Aktivität, Körpermasse Termine: Alter, letzte Geburt, Befruchtungstermine, Behandlungen, erwartete Geburt
Gesundheitsprogramm 	Gesundheitsüberwachung	Tier: Identifizierung, Temperatur, Aktivität, Körpermasse, (Zellzahl in der Milch, Puls)

Abb. 87 Prozeßsteuerung in der Tierproduktion.

Das landwirtschaftliche Bauwesen unterliegt, vergleicht man alte Bauernhöfe mit neu gebauten, einem deutlich sichtbaren Wandel. Ursachen sind

- ▶ die Einführung neuer Arbeitsverfahren,
- ▶ die Verwendung neuer Baustoffe,
- ▶ der Einsatz neuer Konstruktionen,
- ▶ die stärkere Funktionstrennung (z. B. Gärfuttersilo statt deckenlastiger Lagerung).

1 Anforderungen an Betriebsgebäude

Je nach Nutzung ergeben sich für landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterschiedliche **Funktionen** und **Anforderungen**:

- ▶ **Schutzfunktion:** Schutz vor Witterung (Kälte, Wärme, Regen, Sonneneinstrahlung, Blitz), Diebstahl und Ungeziefer;
- ▶ **Arbeitsfunktion:** Optimale arbeitswirtschaftliche Bedingungen (z. B. Inneneinrichtung, Anordnung der Gebäude zueinander, Türöffnungen, Belichtung, Stützenfreiheit).

Außerdem sollen die Betriebsgebäude kostengünstig zu erstellen und zu unterhalten sein. Die anteiligen Kosten der Gebäude an den Gesamtkosten der tierischen Produktionsverfahren sind erheblich. Sie reichen von 10% bis über 20%.

Zudem werden bauliche Investitionen durch die ständig steigenden Baupreise erschwert (s. Abb. 3, Kapitel 1, Seite 15).

Weitere Anforderungen ergeben sich aus dem Tierschutz und dem Umweltschutz (Immissionsschutz, Gewässerschutz). Darüber hinaus sollen neue landwirtschaftliche Wohnhäuser und Betriebsgebäude landschaftsgebunden gebaut werden.

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude (Abb. 88) dienen

- ▶ der Unterbringung von Tieren,
- ▶ der Lagerung von Futtermitteln, Verkaufsprodukten und Betriebsmitteln,
- ▶ der Unterstellung von Maschinen.

2 Bauteile und Bauweisen

2.1 Anforderungen und Eigenschaften der Bauteile

Bauteile müssen den speziellen Anforderungen ihrer Anwendung angepaßt werden. Vor allem für den Stallbau sind der Wärmeschutz und der Wärmehaushalt von besonderer Bedeutung.

2.1.1 Wärmeschutz und Wärmehaushalt

Wärmeschutz – Der Wärmeschutz der raumumschließenden Bauteile dient:



Abb. 88 Einteilung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude.

- Dem Aufrechterhalten der im Innenraum erforderlichen Temperaturen (in beheizten Ställen: Heizkostensparnis);
- dem Verhindern von Oberflächenkondensat (Tauwasser); die warme Stallluft ist mit Wasserdampf beladen, der an den kälteren Bauteilen kondensiert und als Wassertropfen sichtbar wird;
- dem Vermeiden von Kernkondensat (Kondenswasser), das im Innern von Bauteilen auftritt; es ist zunächst nicht sichtbar, kann den Bauteilen aber erheblichen Schaden zufügen;
- dem Verhindern von Frostschäden.

Deshalb sind Bauteile so auszubilden, daß sie den Wärmeaustausch zwischen Innen- und Außenluft möglichst verhindern und einen *Temperaturausgleich* durch Wärmespeicherung herbeiführen.

Der Wärmeaustausch (Wärmedurchgang) kann in beiden Richtungen erfolgen. Er wird durch die Wärmedämmung der Bauteile und durch die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen bestimmt. In dicht belegten Stallungen besteht ein Temperaturgefälle von innen nach außen. Im *Winter* ist man darauf bedacht, Wärmeverluste zu vermeiden. Im *Sommer* dagegen muß Wärme aus dem Innenraum abgeführt werden.

Wärmehaushalt – Die Bedeutung der Wärmedämmung läßt sich am besten anhand der **Wärmebilanz** (Wärmestrombilanz) aufzeigen.

$$\begin{aligned} \text{Wärmeanfall im Stall} &= \text{Wärmeverluste der raumumschließenden Bauteile} \\ &+ \text{Wärmeverlust durch Luftwechsel} \end{aligned}$$

Die Wärmebilanz ist ausgeglichen, wenn die Wärmeverluste durch Bauteile und Luftwechsel dem Wärmeanfall im Stall entsprechen. Reicht dagegen der Wärmeanfall im Stall nicht aus, um die Verluste durch Bauteile und Lüftung zu decken, so muß entweder die Wärmedämmung erhöht, zugeheizt oder Wärme zurückgewonnen werden.

Zur raschen **Berechnung** der Wärmedämmung dient ein zusätzliches Kriterium, die **Restwärme**.

$$\begin{aligned} \text{Restwärme} &= \text{Wärmeanfall im Stall} \\ &- \text{Wärmeverluste durch Luftwechsel} \end{aligned}$$

Die in Tabelle 41 zusammengestellten Daten des Wärmeanfalls im Stall, der Wärmeverluste über die Lüftung und der Restwärme sind ausgewählte Beispiele.

Die Wärmeverluste hängen unmittelbar von den Außentemperaturen ab und damit von der Klimazone,

in welcher sich der Stall befindet. Die Berechnung mit verschiedenen Außentemperaturen ergibt für die verschiedenen Klimazonen unterschiedliche Werte für die Restwärme.

Die **Wärmeverluste** über die Bauteile lassen sich nach folgender Formel berechnen:

$$Q_B = k \times F \times (t_i - t_a)$$

Q_B = Wärmeverluste der raumumschließenden Bauteile
 k = Wärmedurchgangskoeffizient
 F = Fläche des Bauteiles
 $t_i - t_a$ = Temperaturdifferenz zwischen innen und außen

Anhand dieser Formel muß nun für jedes einzelne Bauteil der Wärmeverlust ermittelt werden. Die Werte für die Flächen ergeben sich aus dem Bauplan. Die k -Werte sind Tabellen zu entnehmen oder zu errechnen.

Das **Beispiel** eines Bullenmaststalles (Abb. 89) zeigt zunächst die Flächenanteile der Bauteile.

Besonderes Augenmerk ist auf Wände und Decke zu richten, denn sie machen zusammen über 90% der Fläche der Stallhülle aus. Hier wirkt sich also ein günstiger k -Wert besonders nachhaltig aus.

Um den Wärmehaushalt dieses Rindermaststalles (Abb. 89) beurteilen zu können, muß als nächstes die Restwärme ermittelt und den Wärmeverlusten gegenübergestellt werden (Tabelle 40).

Tabelle 40 Vergleich von Restwärme (Q_R) und Wärmeverlusten der Bauteile eines Rindermaststalles für 90 Mastbullen.

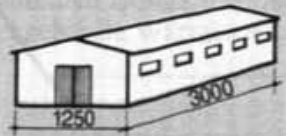
Wärme	Rechengang	Hinweis
Q_{Stall}	$90 \times 768 = 69\,120 \text{ W}$	
Q_L bei $t_a = -16^\circ \text{C}$	$90 \times 590 = 53\,100 \text{ W}$	s. Tabelle 41
Q_R bei $t_a = -16^\circ \text{C}$	$90 \times 178 = 16\,020 \text{ W}$	
Q_B bei $t_a = -16^\circ \text{C}$ $t_i = +16^\circ \text{C}$	19 162 W	s. Abb. 89

Der Vergleich ergibt, daß der Wärmeverlust der raumumschließenden Bauteile größer ist als die Restwärme, die also nicht ausreicht, um die Verluste über die Bauteile zu decken. In diesem Fall müßte entweder zugeheizt, eine Wärmerückgewinnungsanlage eingesetzt oder die Wärmedämmung an geeigneter Stelle verstärkt werden, wozu sich vor allem die großflächige Stalldecke eignet.

Tabelle 41 Wärmefall im Stall, Wärmeverluste über Lüftung und Restwärme in W je Tier (nach MITTRACH und DIN 18910).

Tierart	Wärmefall im Stall	Wärmeverluste (max.) über Lüftung bei t_a			Restwärme bei t_a		
		-12°C	-14°C	-16°C	-12°C	-14°C	-16°C
Kuh 600 kg LG $t_i = 10^\circ\text{C}$	986	738	763	778	251	226	211
Mastrind 400 kg LG Mastrind 600 kg LG $t_i = 16^\circ\text{C}$	768 986	562 714	577 733	590 749	206 275	191 256	178 240
Mastkalb 100 kg LG Mastkalb 200 kg LG $t_i = 18^\circ\text{C}$	261 452	274 445	281 456	287 465	-12 9	-19 -2	-25 -11
tragende Sauen 200 kg LG $t_i = 12^\circ\text{C}$	341	245	273	279	97	69	63
Sauen (200 kg LG) mit Ferkel $t_i = 18^\circ\text{C}$	341	309	326	340	33	16	2
Mastschwein 60 kg LG Mastschwein 100 kg LG $t_i = 16^\circ\text{C}$	139 197	106 159	112 168	117 176	34 39	28 30	23 22

t_i = Temperatur innen. t_a = Temperatur außen.



Belegung: 90 Mastbullen (400 kg LG)
Innenklima: 16°C, 80% rel. Feuchte
Außenklima: -16°C, rel. Feuchte

Bauteil	Aufbau	Fläche		k-Wert W/m²K	Wärmeverluste	
		m²	% der Gesamtfläche		W	% der Gesamtleistung
Wände	36,5 cm Ziegel, beidseitig Putz	219	33,5	0,91	6377	33,5
Dachdecke	5 cm Kunststoff-Hartschaum	378	57,9	0,722	8733	45,6
Fenster zwei Tore	Isolierverglasung 5 cm Kunststoff-Hartschaum, Holz	35 21	5,4 3,2	3,2 0,696	3584 468	18,7 2,4
Wärmeverluste aller Bauteile					19162	

Abb. 89 Wärmeverluste der Bauteile eines Rindermaststalles (nach ENGLERT) (Maße in cm)

$$Q_{De} = Q_R - (Q_W + Q_F + Q_T)$$

Die beim Bilanzausgleich über die Wärmedämmung der Decke *maximal zulässigen Wärmeverluste* errechnen sich aus der Restwärme aller Tiere (Q_R), der Wärmeverluste über Wände, Fenster und Tore (Q_W , Q_F , Q_T). Weil Q_B kleiner oder gleich Q_R aller Tiere sein sollte, wird anstelle von Q_B die Restwärme Q_R gesetzt. Q_{De} bezeichnet die Wärmeverluste über die Decke.

Tabelle 42 Ermittlung der maximalen Wärmeverluste über die Stalldecke; Stall für 90 Mastbullen.

Q_W	6377 W	Q_R	16 020 W
Q_F	3584 W	$-(Q_W + Q_F + Q_T)$	10 429 W
Q_T	468 W		
Summe	10 429 W	= Q_{De}	5 591 W

Aus dem nun bekannten Wert für die maximalen Wärmeverluste über die Decke läßt sich im nächsten Schritt der notwendige k -Wert (k_{De}) ermitteln. F_{De} ist die Fläche der Decke.

$$k_{De} = \frac{Q_{De}}{F_{De} \times (t_i - t_a)}$$

Tabelle 43 Ermittlung des Mindest- k -Wertes für die Decke eines Rindermaststalles für 90 Mastbullen.

Q_{De}	aus Tabelle 42	5591 W
F_{De}	aus Abb. 89	378 m ²
$t_i - t_a$	$t_i = +16^\circ\text{C}$ $t_a = -16^\circ\text{C}$	32 K
k_{De}		0,462 W/m² K

Unter den gegebenen Verhältnissen ($t_a = -16^\circ\text{C}$) müßte die Wärmedämmung der Decke also deutlich verbessert werden. Die Auswahl des Deckenmaterials oder der Dämmstoffdicke läßt sich entweder anhand von k -Wert-Tabellen vornehmen oder aus der Wärmeleitfähigkeit errechnen.

Während der **Wärmedurchgangskoeffizient** k den Wärmedurchgang durch ein Bauteil kennzeichnet, drückt die **Wärmeleitfähigkeit** λ die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes aus (Tabelle 45).

Bei Bauteilen mit ungünstigem k -Wert besteht allerdings unabhängig vom Flächenanteil die Gefahr der Bildung von Oberflächenkondensat, da bei niedrigen Außentemperaturen die Temperatur auf der innenliegenden Oberfläche des Bauteils soweit fallen

Tabelle 44 Notwendige k -Werte von Bauteilen, um tauwasserfreie Oberflächen der Stallbauteile zu erlangen (nach MITTRACH).

Stall- temperaturen t_i ($^\circ\text{C}$)	Außentemperaturen (t_a) und relative Stallluftfeuchten			
	-12°C		-16°C	
	70%	80%	70%	80%
10	1,45	0,93	1,23	0,78
12	1,36	0,86	1,16	0,73
14	1,28	0,80	1,10	0,70
16	1,20	0,76	1,05	0,66
18	1,14	0,72	1,00	0,63

Tabelle 45 Vergleich von Wärmeleitfähigkeit und Wärmedurchgangskoeffizient.

	Dimension	Kriterium	Anwendung
Wärmeleitfähigkeit λ	W/m K	Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes	Vergleich von Baustoffen, Berechnung des k -Wertes
Wärmedurchgangskoeffizient k	W/m ² K	Wärmedurchgang eines Bauteiles	Vergleich von Bauteilen, Berechnung von Wärmeverlusten (Q_B)

kann, daß der Taupunkt unterschritten wird und der in der Stallluft enthaltene Wasserdampf sich auf dem Bauteil niederschlägt (z. B. Schwitzwasserbildung an Fenstern, an nicht wärmedämmten Türen). Der gleiche Effekt tritt ein, wenn in die Wand integrierte Stahlbetonstützen, Streifenfundamente oder Ringanker keine Wärmedämmung aufweisen. Deshalb müssen diese Bauteile möglichst die Anforderungen des *Mindestwärmeschutzes* erfüllen.

2.1.2 Feuchtigkeitsschutz

Bei der praktischen Ausführung der Wärmedämmung muß insbesondere der *Feuchtigkeitsschutz* berücksichtigt werden. Denn die Wärmedämmung beeinflusst die Temperaturen, wodurch die Aufnahmefähigkeit der Luft für Wasserdampf zu- oder abnimmt. Bauschäden entstehen vor allem, wenn die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft nicht mehr ausreicht und das Wasser auf Bauteilen kondensiert. Kurzzeitig auftretende Kondensate können durch wasseraufnahmefähiges Material (z. B. Holz) aufgenommen werden. Langfristig führen sie jedoch zu Schimmelbildung und damit zu Bauschäden.

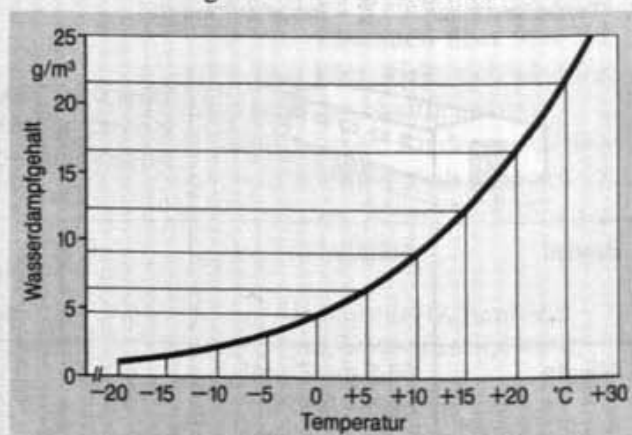


Abb. 90 Maximaler Wasserdampfgehalt der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur.

Bei mehrschichtigen Wandbauteilen mit deutlich verschiedener Wärmeleitfähigkeit muß auf eine bauphysikalisch richtige Anordnung der Baustoffe geachtet werden. Unsachgemäße Anordnung kann zum gefürchteten Kernkondensat führen, wenn im Bauteil die Taupunkttemperatur unterschritten wird.

Tabelle 46 Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Taupunkt.

Raumtemperatur °C	Taupunkt bei einer relativen Luftfeuchte von			
	60%	70%	80%	90%
10	2,0°C	4,4°C	6,7°C	8,1°C
15	7,3°C	9,4°C	11,3°C	13,4°C
20	12,0°C	14,3°C	16,4°C	18,3°C

Kernkondensat wird verhindert durch

- ▶ richtige Anordnung der Baustoffe (von innen nach außen geringer werdender Wasserdampfdiffusionswiderstand),
- ▶ eine Dampfsperre oder Dampfbremse auf der Innenseite,
- ▶ eine Hinterlüftung zwischen der inneren und äußeren Bauteilschicht.

Materialien mit hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand werden als **Dampfsperren** oder **Dampfbremsen** eingesetzt (z. B. Kunststoff- oder Aluminiumfolie).

2.1.3 Wärmespeichervermögen

Eine weitere wichtige Eigenschaft von Baustoffen und Bauteilen ist das *Wärmespeichervermögen*. Die vorübergehende Wärmespeicherung und Wärmeab-

gabe führt zu ausgeglicheneren Temperaturverhältnissen im Innenraum (Abb. 91) durch Abschwächung der Maximaltemperaturen (Amplitudendämpfung) und durch Verschiebung der Temperaturmaxima (Phasenverschiebung).

Besondere Bedeutung hat die Wärmespeicherung bei Bullen- und Schweinemastställen. Sie trägt zu einer Abschwächung der hohen Sommertemperaturen bei, die sonst selbst bei richtig dimensionierten Lüftungsanlagen nicht zu vermeiden sind.

Der Temperaturverlauf auf der Wandoberfläche außen und innen zeigt für Sommer und Winter die **Amplitudendämpfung** (Höchstwert im Sommer außen 49° C, innen 35° C; Dämpfung um 14 K, niedrigster Wert im Winter außen -19° C, innen 5° C, Dämpfung um 14 K) und die **Temperaturphasenverschiebung**. Im Sommer treten die höchsten Temperaturen an der Wandoberfläche außen gegen 14 Uhr auf, innen deutlich abgeschwächt gegen 18.15 Uhr. Ähnlich verhält es sich im Winter. Während die tiefsten Temperaturen außen gegen 5 Uhr erreicht werden, wurden die tiefsten Temperaturen innen gegen 8 Uhr gemessen.

2.1.4 Brandschutz

Im Rahmen des Brandschutzes werden Baustoffe und Bauteile nach deren *Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Hitze* beurteilt. Dies gilt besonders für **Brandwände**, die bei Gebäuden mit einer Länge von mehr als 40 m in einem Abstand von bis zu 30 m vorzusehen sind. Besonders voluminöse Gebäude (Bergeräume) werden in Brandabschnitte mit maximal 5000 m³ umbauten Raum unterteilt.

Brandwände müssen feuerbeständig ausgeführt sein. Das dafür verwendete Bauteil muß daher aus nicht brennbaren Baustoffen bestehen. Baustoffe gelten als nicht brennbar, wenn sie dem Brandversuch 1½ h und danach dem Löschwasser standhalten. Sie müssen dabei ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit behalten und den Übergriff des Feuers verhindern. Nicht brennbare Baustoffe dürfen nicht zur Entflammung gebracht werden können und auch ohne Flamme nicht veraschen (Beispiele: Steine, Mörtel, Beton, Stahl). Die genannten Werte sind nicht in allen Bundesländern gleich.

2.1.5 Statische Eigenschaften

Dächer, Decken, Wände und Fundamente sind Kräften und Lasten ausgesetzt (z. B. Eigengewicht, vertikale Verkehrslasten, horizontale und schräge Lasten).

Unter **Eigengewicht** versteht man die Gewichte (Kräfte), die vom Baukörper selbst ausgehen (Abb. 92, Seite 98). Für die statische Berechnung werden

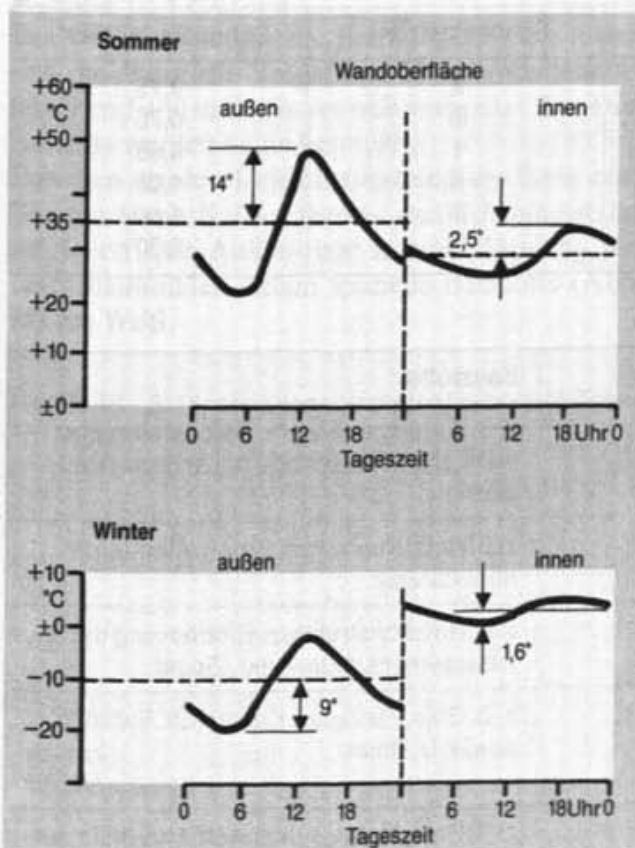


Abb. 91 Amplitudendämpfung und Temperaturphasenverschiebung an einer Außenwand.

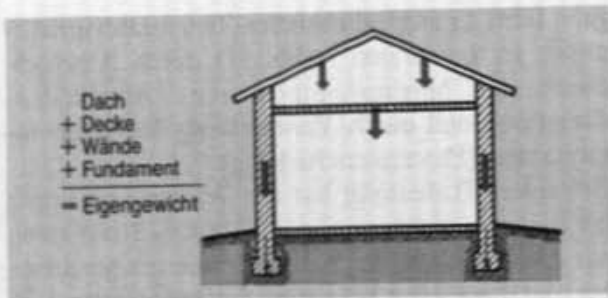


Abb. 92 Eigengewicht eines Gebäudes.

die benötigten Werte aus DIN 1055 Bl. 1-5 entnommen.

Die **vertikalen Verkehrslasten** entstehen durch die Gebäudenutzung, z. B. durch Personen, Tiere, Lagerung von Getreide, Futtermittel, Unterstellung von Maschinen, Fahrzeugen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um wechselnde und bewegliche Lasten, zu denen auch die *Schneelast* gezählt wird.

Bei den im landwirtschaftlichen Bauwesen vorherrschenden Flachbauten sind es vor allem die in rauheren Klimatalagen herrschenden Schneelasten, die besonderen Einfluß auf die konstruktiven Teile der Gebäude haben (Tabelle 47).

Neben den vertikalen Eigen- und Verkehrslasten wirken auf Gebäude und Bauteile auch **horizontale und schräg gerichtete Kräfte**. In diesem Zusammen-

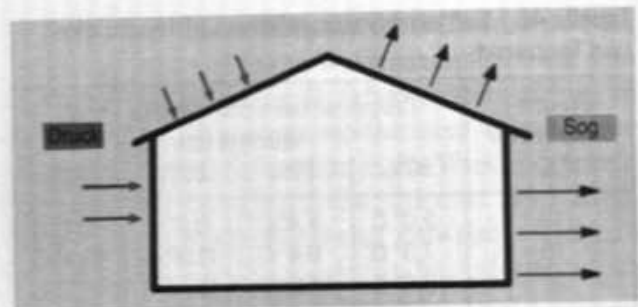


Abb. 93 Einwirken von Windkräften.

hang sind für landwirtschaftliche Betriebsgebäude vor allem die Windlasten zu nennen (Abb. 93).

Die *Windkräfte* greifen nicht in vertikaler Richtung, immer aber im rechten Winkel zur Bauteilfläche an (Sog, Druck). Dies gilt ebenso für Quer- und Längsseiten der Gebäude. Während in Querrichtung die tragende Konstruktion die Kräfte vielfach ohne

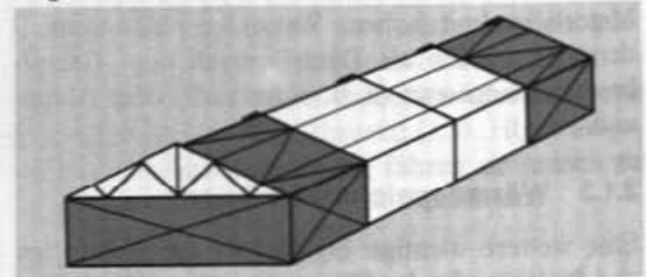


Abb. 94 Windverband eines Gebäudes.

Tabelle 47 Beispiele für regional bedingte Schneelasten (aus Schneelastzonen-Karte DIN 1055).

Ort	Geländehöhe (m über NN)	Schneelastzone	Schneelast (kN/m ²)
Oldenburg	<50	II	0,75
Straubing	330	III	0,75
Landsberg	600	I	0,85
Weilheim	560	II	1,05
Regen	600	III	1,60
Sonthofen	740	III	2,30

Tabelle 48 Bauteile, deren Aufgaben und Baustoffbeispiele.

Bauteil	Aufgaben	Baustoffe
Wand	Schutz vor Niederschlägen, Wind; statische Funktion; Wärmeschutz, Wärmespeicherung	z. B. Ziegelmauerwerk, Betonsteinmauerwerk, Holz, Kunststoffe mit anderen Baustoffen
Decke	Tragfähigkeit; Wärmeschutz	z. B. Holz, Kunststoff, Beton, Aluminium, Mineralfaser
Dach	Schutz vor Niederschlägen, Sonneneinstrahlung	z. B. Holzkonstruktion, Eindeckung mit Faserzement, Aluminium, Ziegel
Fenster	Lichtdurchlässigkeit; Schutz vor Niederschlägen, Wind, Wärmeschutz; Notlüftung	z. B. Glas, Plexiglas, Kunststoff, Rahmen aus Holz, Beton
Tore, Türen	Zugang für Menschen, Tiere; Einfahrt für Maschinen; Fluchtweg; Witterungsschutz, Wärmeschutz	z. B. Holz, Metall, Kunststoff, Mineralfaser

Schwierigkeiten aufnehmen kann und lediglich gegen das Abheben zu sichern ist, muß im Wand- und Deckenbereich oft zusätzlich eine Aussteifung vorgesehen werden (Skelettbauweise), Rahmenbau (Abb. 94).

2.2 Bauteile

Bauteile bestehen in der Regel aus verschiedenen Baustoffen, deren Auswahl sich nach den Anforderungen bzw. Aufgaben des Bauteiles richtet (Tabelle 48).

2.2.1 Wände

An Wandbauteile, besonders bei Außenwänden (Tabelle 49), werden folgende **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Schutz gegen direkte Witterungseinflüsse,
- ▶ Wärmedämmung,
- ▶ Wärmespeicherung,
- ▶ Beständigkeit gegen mechanische Einwirkungen,
- ▶ Beständigkeit gegen Ungeziefer,
- ▶ Selbstreinigung der Außenseite bei Regen,
- ▶ Reinigungsmöglichkeit mit Hochdruckgeräten (s. Abschnitt 6, Seite 115),
- ▶ Erfüllen von Brandschutzvorschriften,
- ▶ einfache Reparatur.

Bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden haben sich die Baustoffe Ziegel und Holz besonders bewährt und sind nach wie vor weit verbreitet. Die Fundamente werden heute betoniert.

Daneben werden Leichtbetonsteine aus Bims oder Blähton sowie Kalksandsteine und Schalungssteine eingesetzt. Als Außen- und Innenverkleidung von Leichtbauwänden stehen spezielle Baustoffe (Abb. 95) zur Wahl.

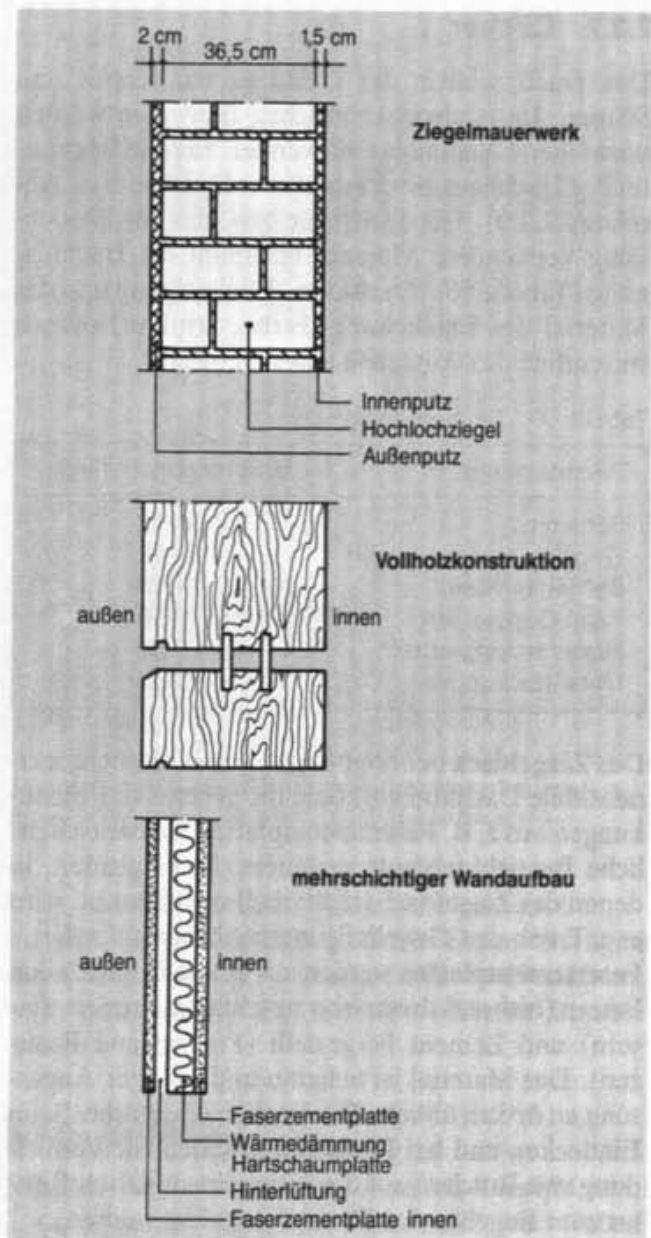


Abb. 95 Beispiele für den Aufbau von Außenwänden.

Tabelle 49 Eigenschaften von verschiedenen Außenwänden.

	Wärmedämmung	Wärmespeicherung	Schutz vor mechanischer Einwirkung, Ungeziefer	Reinigungsmöglichkeit	Tragfähigkeit
Ziegel-Mauerwerk	bei ausreichender Wandstärke gut	gut	sehr gut	gut	sehr gut
Vollholzkonstruktion	gut	mittel	gut	gut bis befriedigend	gut
mehrschichtiger Wandaufbau	sehr gut	gering	zusätzliche Vorkehrungen erforderlich	vom Material der Innenseite abhängig	nur mit zusätzlichen Maßnahmen

2.2.2 Dächer

Das Dach schützt das Gebäude vor Regen und Schnee. Im landwirtschaftlichen Bauwesen werden vorwiegend *Kaltdächer* verwendet. Hierbei liegt unter der Dachhaut ein durchlüfteter Dachraum (s. Abschnitt 2.2.3). Die Dachhaut bzw. das zur Eindeckung verwendete Material bestimmt die Dachneigung (Tabelle 50). Dachform, Dachneigung und das Material der Eindeckung (Farbe, Struktur) prägen wesentlich das Aussehen eines Gebäudes.

Tabelle 50 Dacheindeckungen.

Dachdeckung	Dachneigung in Grad
Schiefer	30–50
Ziegel	20–60
Betondachstein	20–60
Papp-Deckungen	3–30
Faserzementplatten	5–30
Metalldeckungen	3–25

Das **Ziegeldach** benötigt wegen seines Gewichtes eine stabile Dachkonstruktion, die gegenüber Eindeckungen aus z. B. Faserzementplatten landwirtschaftliche Betriebsgebäude verteuern. In Gegenden, in denen das Ziegeldach traditionell verbreitet ist, wird es z. T. von den Genehmigungsbehörden gefordert.

Faserzementplatten werden aus einem Gemisch von Fasern (bisher Asbest, jetzt zunehmend Kunststoffasern) und Zement hergestellt (Pressen und Erhitzen). Das Material ist hellgrau und wird zur Anpassung an örtlich übliche Dachfarben eingefärbt. Beim Eindecken und bei Reparaturen sollen zur Vermeidung von Brüchen auf die Faserzementplatten Bretter zum Begehen des Daches ausgelegt werden.

Dacheindeckungen aus **Well-** bzw. **Profilaluminium** sind leicht und reflektieren die einstrahlende Wärme.

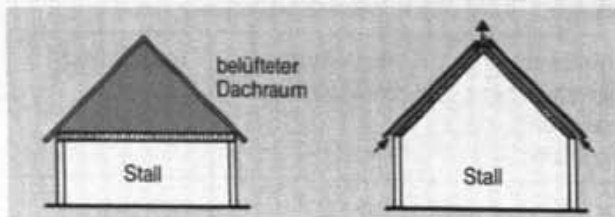


Abb. 96 Kaltdach; links: mit ebener Decke, rechts: mit schräger Decke.

2.2.3 Decken

Dachkonstruktion, Eindeckung und Decke stehen in enger Beziehung und sind aufeinander abzustimmen. Dachziegel sollen z. B. auf der Ober- und Un-

terseite annähernd gleichen Temperaturen ausgesetzt sein, um die Gefahr von Frostschäden zu vermeiden. Dies erfordert das *hinterlüftete Kaltdach*, bei dem sich auf der Unterseite der Dachhaut ein belüfteter Raum befindet (Abb. 96). Die richtig angeordnete Hinterlüftung stellt auch sicher, daß eindringende Feuchtigkeit schadlos abtransportiert wird.

Bei *Warmdächern*, die im landwirtschaftlichen Bauwesen kaum Bedeutung haben, entfällt die Hinterlüftung der Dachhaut. Dach und Decke sind ohne Zwischenraum miteinander verbunden.

Bei Gebäuden mit wärmegeprägten Innenräumen kommt der Decke wegen ihres hohen Flächenanteils besondere Bedeutung zu (Abb. 97).

An Decken werden folgende **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Wärmedämmung,
- ▶ Beständigkeit gegen Ungeziefer,
- ▶ gute Reinigungsmöglichkeit.

Für die **technische Ausführung** ergeben sich daraus insbesondere hinsichtlich des Einsatzes verschiedener Wärmedämmstoffe Konsequenzen (Abb. 97):

- ▶ Dämmstoffe, deren Gefüge (z. B. expandiertes Polystyrol) die Aufnahme von Wasserdampf zuläßt, was zu einer verringerten Wärmedämmung führt, müssen mit einer Dampfbremse geschützt werden.
- ▶ Dämmstoffe können in Form von Platten, Matten oder als Schüttungen verarbeitet werden. Platten, für die meist spezielles Befestigungsmaterial geliefert wird, sind einfach und schnell zu verlegen. **Beispiele:**
 - Platten aus Polystyrol-Extruderschaum,
 - Holzwolle-Leichtbauplatten mit mittlerer Wärmedämmschicht aus Polystyrol-Partikelschaum und PVC-Dampfbremse,
 - Polyurethanplatten, beidseitig mit Aluminiumfolie kaschiert.

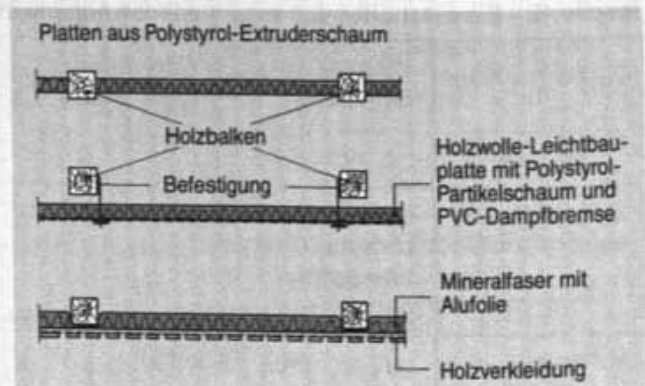


Abb. 97 Aufbau verschiedener Holzbalckendecken.

- ▶ Dämmmatten müssen in einem weiteren Arbeitsgang gegen Wasserdampf geschützt werden

(z. B. Einbau einer Kunststoff- oder Alu-Folie). Dämmmatten sind allerdings auch mit aufkaschierter Aluminiumfolie lieferbar.

- Schüttfähige Dämmstoffe erfordern neben der Dampfbremse eine Verkleidung.

2.2.4 Türen, Tore, Fenster

Türen und Tore für landwirtschaftliche Betriebsgebäude werden den Anforderungen angepaßt und können z. T. in Normgrößen bezogen werden.

Während bei kleineren Garagen in erster Linie *Kipptore* verwendet werden, kommen bei Stalltoren und Toren für Maschinenhallen sowohl *Schiebetore* als auch zweiteilige *Flügel Tore* zum Einbau. Außentüren von Ställen und anderen Warmbereichen müssen wärmegeämmt sein.

Insbesondere **Stalltüren** und **-tore** sind erheblichen Belastungen ausgesetzt. Daher ist vor allem auf sorgfältige Verarbeitung und auf solide Beschläge zu achten.

Fenster dienen bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden überwiegend der Belichtung und werden in der Größe auf diesen Zweck ausgerichtet und angeordnet.

In der Hühnerhaltung wird mit Lichtprogrammen die Tageslänge manipuliert, weswegen auf Fenster verzichtet wird. Wegen besserer Stallübersicht, Tierkontrolle und Sauberhaltung sollte bei den anderen Nutztieren auf das natürliche Tageslicht nicht verzichtet werden.

Je nach Raumnutzung liegt die *Gesamtfensterfläche* zwischen 5 und 20% der Bodenfläche des Raumes.

Im allgemeinen sind bei Ställen die Fenster an den Längswänden des Gebäudes angeordnet. Dies ergibt eine zur Stallmitte abfallende *Belichtungsstärke*. Einen Ausgleich bewirkt die Firstbelichtung oder generell die Belichtung über Dachfenster oder Lichtplatten. Bei der Kombination von Fenstern in den Längswänden mit Firstbelichtung entsteht eine gleichmäßige Helligkeit im Gebäude (Abb. 98).

Fenster weisen selbst in gedämmter Ausführung einen hohen Wärmedurchgang auf (Hitze im Sommer, Wärmeverluste im Winter). Bei dem in der Bundesrepublik Deutschland vorherrschenden Klima kann nicht mit einem Wärmegewinn durch die eintretende Wintersonne gerechnet werden. In Ställen beträgt die Fensterfläche ca. 10% der Bodenfläche.

Stallfenster sollen wegen der Wärmeverluste und der Bildung von Oberflächenkondensat mit möglichst guter Wärmedämmung versehen sein (z. B. Isolierglas, Kunststoffdoppelstegplatten). Das gilt ebenso für Fensterstock und Fensterrahmen.

Stallfenster sollen nur in Notfällen als Lüftungselement Verwendung finden, wenn z. B. die Lüftungs-

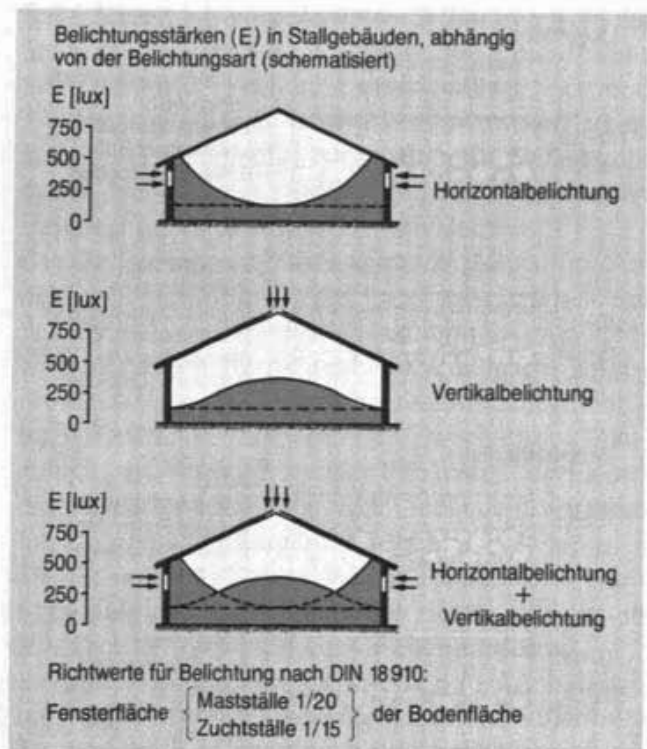


Abb. 98 Belichtungsstärke (E) in Stallgebäuden bei unterschiedlicher Belichtungsart (nach RITTEL und NEUBERT).

anlage ausfällt. Fenster sind als Zuluftelement ungeeignet. Auf komplizierte Schwenkeinrichtungen kann daher verzichtet werden. Für die Notlüftung und Säuberung genügt es, wenn Fenster herausnehmbar sind.

2.2.5 Fußboden

Stallfußböden dienen den Tieren als *Liegeflächen*, Menschen und Tieren als *Verkehrsflächen*. Neben Rostböden, denen noch eine spezielle Mistableitungsfunktion zukommt, werden bei Ställen und anderen Betriebsgebäuden Fußböden verwendet, an die folgende **Anforderungen** zu stellen sind:

- Griffige, rutschfeste Oberfläche,
- Dichtigkeit,
- Beständigkeit gegen mechanische Belastungen und chemische Angriffe,
- leichte Reinigung und Desinfektion.

Im Tierbereich kommt dazu noch:

- Geringe Verletzungsgefahr,
- ausreichende Wärmedämmung,
- hohe Elastizität oder Plastizität.

Während die oberen Schichten im **Aufbau von Stallfußböden** je nach Verwendungszweck unterschiedlich sind, sollte die unterste Schicht aus einer Rollierung bestehen, die das kapillare Aufsteigen von Feuchtigkeit unterbietet. Als Tragschicht folgt darauf Beton, unter Umständen mit Armierung (Abb. 99, Seite 102).

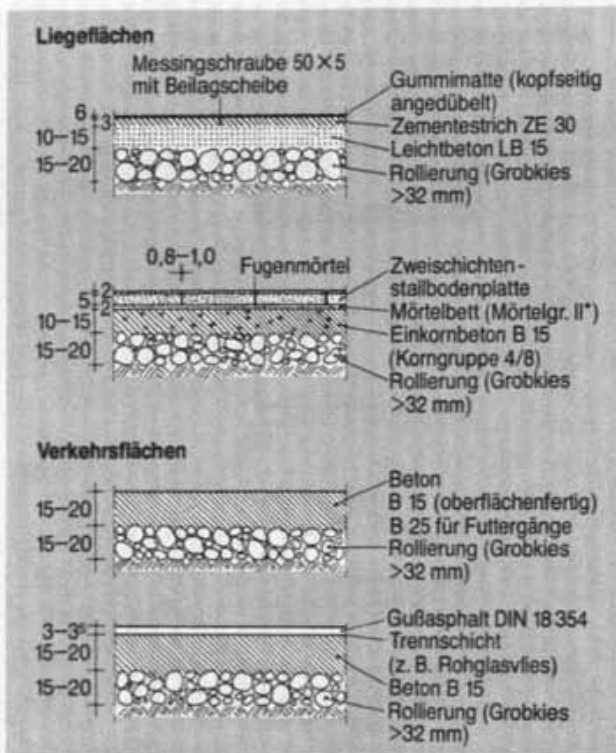


Abb. 99 Beispiele für Fußböden für Liege- und Verkehrsflächen (ALB).

In landwirtschaftlichen Betrieben wird der Beton häufig bei einer Transportbetonfirma bestellt und selbst verarbeitet. Für die ordnungsgemäße Bestellung ist die Kenntnis einiger Fachausdrücke wichtig. **Beispiel:** Transportbeton für einen befahrbaren Futtergang. Die Bestellung enthält folgende qualitativen Merkmale:

B 25, wu, K3, A/B 16 oder 32

Die **Fachbegriffe** haben dabei folgende Bedeutung:

- ▶ **B 25** kennzeichnet die Festigkeitsklasse des Betons (25 N/mm^2), die für eine befahrbare Fläche erforderlich ist;
- ▶ **wu** steht für wasserundurchlässig; das bedeutet auch, daß dieser Beton widerstandsfähig ist gegen schwachen chemischen Angriff;
- ▶ **K3** bezeichnet die Konsistenz, d. h. es handelt sich hier um einen weichen Beton, der durch Stochern ausreichend verdichtet werden kann;
- ▶ **A/B 16 oder 32** bezieht sich auf die Kies-Sand-Zusammensetzung, die verwendet werden muß.

2.3 Bauweisen

Die verschiedenen Bauweisen lassen sich nach der Art der Herstellung ordnen (Abb. 100).

Insbesondere bei hohen Ansprüchen an das Raumklima ist die **konventionelle Bauweise** immer noch geschätzt. Sie verbindet bei richtigem Einsatz der

Baustoffe gute Wärmedämmung mit Wärmespeichervermögen, wodurch die Außentemperaturen nur stark gedämpft und phasenverschoben einwirken. Die Wände bestehen aus Mauerwerk. Der *Dachstuhl* wird entweder als Zimmermannskonstruktion, immer häufiger aber mit vorgefertigten Holzfachwerkbindern ausgeführt (Abb. 101).

Konstruktionen mit *ebener Stalldecke* erfordern für die notwendigen Stallhöhen entsprechende Traufhöhen bzw. einen hohen Aufwand für die Wandbauteile. Einsparungen ergeben sich bei Bindern mit angehobenem Untergurt. Noch günstiger sind Ständerkonstruktionen, wobei die eingebauten Stützen aber einer späteren Nutzungsänderung entgegenstehen können.

Mit Kastenträgern oder Leimbindern entstehen stützenfreie Konstruktionen mit großem Luftraum und Dach-Decken.

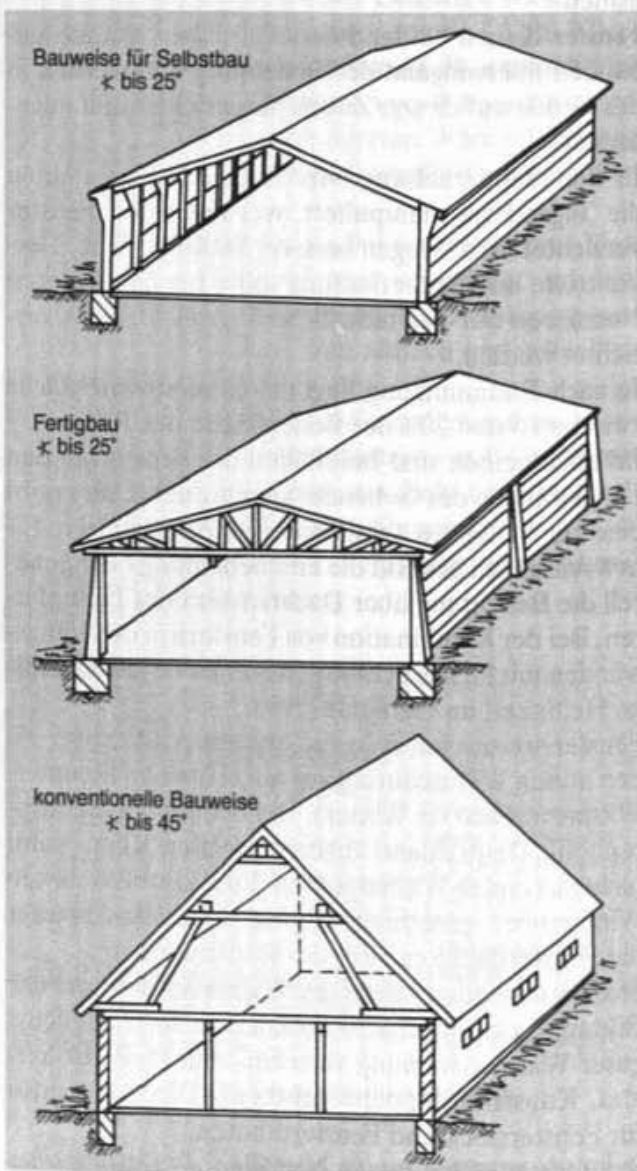


Abb. 100 Bauweisen nach Art der Herstellung.

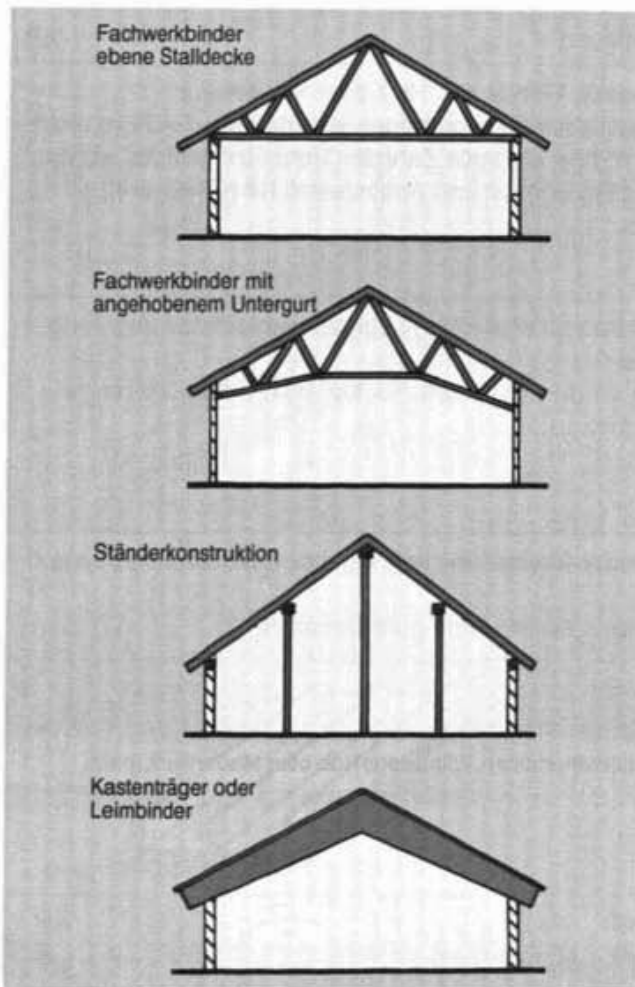


Abb. 101 Bauweisen mit unterschiedlicher Dach- bzw. Deckenkonstruktion (ALB).

Vorteile der konventionellen Bauweise: Einsatz von Eigenleistungen, massive Bauteile.

Nachteile: Lange Abschreibung, Einzelplanung.

Beim Bauen mit **vorgefertigten Teilen** treten an die Stelle des Mauerwerks Wandteile, die entweder nur Schutzfunktion (Skelettbauweise) oder Schutz- und Tragfunktion (Tafel- oder Plattenbauweise) übernehmen (Fundamente: konventionell). Der Vorteil dieser Bauweise gegenüber dem konventionellen Bau liegt in der deutlich kürzeren Bauzeit.

Die starken jahreszeitlichen Schwankungen der Arbeitskräfteauslastung in der Landwirtschaft machen den Einsatz von **Eigenleistungen** beim Bau von landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden möglich, sofern die Bauweisen den Einsatz bautechnisch ungeschulter Arbeitskräfte zulassen. Der Zweck dieser Maßnahme, die Verringerung der Baukosten, darf allerdings nicht zu Lasten der vom Gebäude erwarteten Funktionen und Bauqualität gehen.

Die Auswahl der Bauweisen und Baustoffe für landwirtschaftliche Betriebsgebäude richtet sich vor allem nach der **Gebäude- bzw. Behälternutzung**.

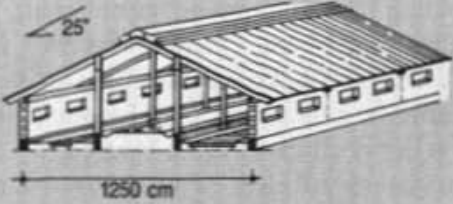

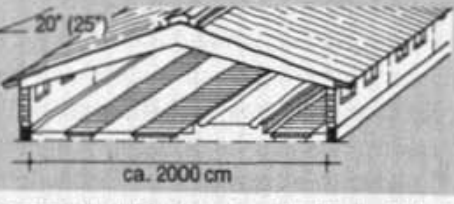
Bei **Rinderställen** werden für Kühe in Anbindehaltung und Bullenmast wegen gleicher Gebäudebreite die gleichen Konstruktionen und Bauweisen eingesetzt (Abb. 102). **Schweine**ställe lassen sich wegen ihrer kleinräumigen Aufteilung in unterschiedlichsten Bauweisen unterbringen. Bei Schweine-ställen wird sich die Auswahl der Bauweise nach dem wärmetechnischen Verhalten der raumumschließenden Bauteile richten.

Bei Bauweisen für **Unterstell- und Lagerhallen** (Abb. 103, Seite 104) richtet sich die Auswahl nach den Stützenabständen und nach dem Investitionsbedarf. Der Planung derartiger Hallen soll eine exakte Kalkulation der Nutzung vorausgehen (z. B. mit Stellplänen der Maschinen).

Bei **Lagerbehältern** für Grundfutter und Flüssigmist überwiegt die Stahlbetonbauweise. Getreide und Trockenfutter wird in Holz-, Stahl- und Kunststoffbehältern gelagert (Abb. 104, Seite 105).

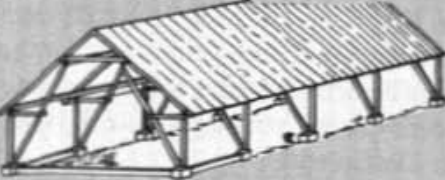
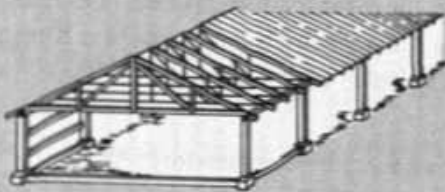
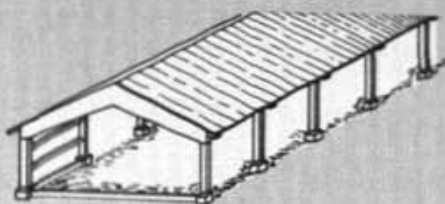
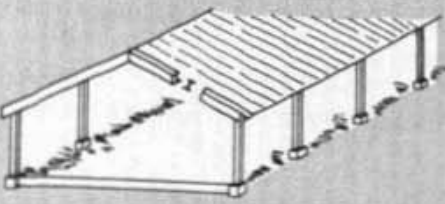
Abb. 102 Bauweisen für Rinderställe, Beispiele für Holzkonstruktionen, Wände aus Holz oder Mauerwerk (nach RITTEL).

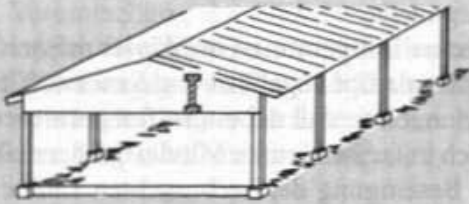
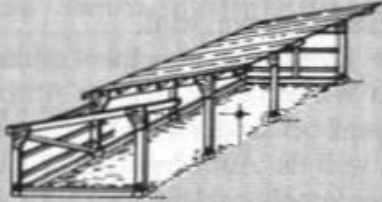
Bauweise	Bemerkungen
	<p>Fachwerkbinder auf Mauerwerk (hochgezogener Untergurt); bei 12,5 m Gebäudebreite für Anbindeställe und Bullenmastställe</p>
	<p>Leimbinder oder Kantholzbinder auf Mauerwerk oder Holzstützen freitragend; Dach = Decke, Trauf-Firstlüftung möglich, keine Stützen im Stall, bei 12,5 m Breite für Anbinde- oder Bullenmaststall</p>

Bauweise	Bemerkungen
	Stützenstall , Wände aus Holz oder Mauerwerk; Stützen müssen so angeordnet sein, daß sie die Tiere nicht behindern bzw. die volle Zahl der Tierplätze genutzt werden kann, für Bullenmast und Anbindestall für Kühe bei 12,5 m Breite
	Stützenstall für dreireihigen Liegeboxenlaufstall und Jungvieh; Stützen werden außerhalb der Kanäle für die Mistableitung angeordnet
	Leimbinder für dreireihigen Liegeboxenlaufstall und Jungvieh; stützenfreie Konstruktion gute Übersicht

Fortsetzung Abb. 102 Bauweisen für Rinderställe, Beispiele für Holzkonstruktionen, Wände aus Holz oder Mauerwerk (nach RITTEL).

Abb. 103 Bauweisen für Maschinenhallen und Lagerhallen (ALB).

Bauweise	Bemerkungen
	Zimmermannskonstruktion , gut zu erweitern, für die Verwendung eigenen Bauholzes gut geeignet, Streben teilweise hinderlich
	Konstruktion mit aufgesetzten Nagelbindern , Hallenbreite bis 25 m, Dachraum kann nicht genutzt werden
	Konstruktion mit Kastenträgern oder Leimbändern , Hallenbreite bis 25 m, eingespannte Stützen aus Holz, Stahl oder Beton, freier Dachraum
	Stahlhalle , Hallenbreite ab 12 m; freier Dachraum, mit Holzverkleidung sehr kostengünstige Lösung

Bauweise	Bemerkungen
	Betonhalle, Dacheindeckung nur mit Faserzement oder Blechdach, Seitenwände aus Betonfertigteilen oder Mauerwerk, teure Bauweise
	Pultdachhalle, Hallenbreite 6,5–8 m, gut für den Eigenbau geeignet

Fortsetzung Abb. 103 Bauweisen für Maschinenhallen und Lagerhallen (ALB).

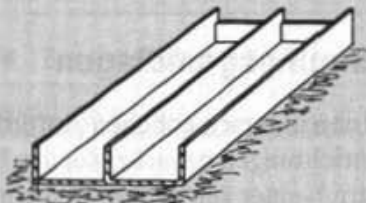

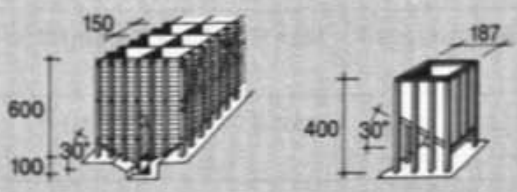

Bauweise	Bemerkungen
	Gärfutterflachsilo aus Stahlbeton, monolithisch oder in Fertigbau
	Gärfutterhochsilo, Stahlbeton monolithisch, Stahlplatten oder Bandstahl, gewickelt, Durchmesser 3–6 m, auch für CCM- und Feuchtgetreidelagerung
	Getreide- und Trockenfutterlagerung aus Holzkonstruktionen
	Flüssigmistbehälter aus Stahlbeton, monolithisch oder in Fertigteilen, Seitenwände auch aus Holz, Stahlplatten oder gewickeltem Bandstahl, Durch- messer 9–20 m, Höhe 3–6 m

Abb. 104 Beispiele für Bauweisen von Lagerbehältern (nach RITTEL).

3 Stall-Lüftung

3.1 Allgemeine Anforderung

Bei der Stallhaltung entstehen Gase, die teils von Tieren erzeugt, teils bei der Zersetzung von Kot und

Harn gebildet werden (Tabelle 51, Seite 106). Außerdem wird die Stallluft mit Wasserdampf angereichert. Gleichzeitig sinkt der Sauerstoffgehalt durch den Verbrauch der Tiere.

Die Gase schädigen beim Überschreiten der zulässigen Konzentration Menschen, Tiere (Reizung der Schleimhäute, z. T. Erregung des zentralen Nerven-

systems) und Gebäude. Die *Bildung der Gase* muß daher so weit wie möglich eingeschränkt werden durch:

- ▶ Hygienemaßnahmen: Sauberhaltung des Stalles, regelmäßige Reinigung,
- ▶ sorgfältige Fütterung,
- ▶ zügiger Abtransport des Mistes.

Diese Maßnahmen tragen – wenn auch nur geringfügig – zur Verringerung der Geruchsstoffe in der Stallabluft bei (Immissionen).

Die **Aufgabe der Lüftungseinrichtungen** besteht darin, daß diese Gase, vor allem aber der Wasserdampf, abtransportiert werden und eine geregelte Frischluftzufuhr erfolgt. Die ebenfalls erzeugte Wärme muß im Sommer durch Lüftung abgeführt werden, im Winter trägt sie zur Erhaltung des gewünschten Temperaturniveaus bei (Tabelle 52).

Für die Stalllüftung ergeben sich daraus zwei verschiedene Aufgaben:

- ▶ Im Sommer: hauptsächlich Wärmeabfuhr (aus dem Tierbereich);
- ▶ im Winter: hauptsächlich Abfuhr von Wasserdampf und Gasen.

Die Hauptaufgabe **im Sommer** besteht also in einem »Kühleffekt«, bei dem allerdings eine Temperaturabsenkung im Stallbereich nicht unter Außenlufttemperaturen möglich wird. Die hierzu erforderliche hohe Luftmenge (Maximalluftfrate) richtet sich nach der anfallenden Wärmemenge, die wiederum von

Tierart und Tierbesatz abhängt. Sauerstoffzufuhr und Abfuhr der Gase sind bei diesen Luftfraten immer sichergestellt.

Bei den tiefen Temperaturen **im Winter** müssen Gase und Wasserdampf abgeführt und Sauerstoff zugeführt werden, ohne daß dabei die Temperaturen im Stallbereich unter bestimmte Mindestgrenzen absinken. Die Beseitigung der verbrauchten Luft erfordert eine »Minimalluftfrate«, die wiederum von Tierart und Tierbesatz bestimmt wird.

Der durch die Lüftung verursachte Luftdurchsatz führt zu einem Wärmeverlust. Da der Abtransport von Wasserdampf bei sinkenden Stalltemperaturen geringer wird, weil die Aufnahmefähigkeit kälterer Luft für Wasserdampf nachläßt, die Luftfrate aber wegen der zu verhindernden Unterkühlung nicht zu erhöhen ist, kommt einer ausgeglichenen Wärmebilanz zur Temperaturerhaltung große Bedeutung zu (s. Abschnitt 2.1.1, Seite 93).

3.2 Berechnungsgrundlagen

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen an Lüftungseinrichtungen bedarf es für den Sommer- und Winterbetrieb einer getrennten Berechnung von *Maximal-* und *Minimalluftfrate*.

Sommerluftfrate – Bei der Berechnung der Sommerluftfrate wird unterstellt, daß die durchzusetzende Luft eine Wärmemenge von 0,9 Wh/m³K abführt. In

Tabelle 51 Im Stallbereich entstehende Gase und zulässige Konzentration (nach DIN 18910).

Bezeichnung	Entstehung	zulässige Konzentration
NH ₃ Ammoniak	bakterielle Zersetzung der Fäkalien	max. 0,05 l/m ³ (50 ppm)
H ₂ S Schwefelwasserstoff	Fäulnis der organischen Substanz	max. 0,01 l/m ³ (10 ppm)
CO ₂ Kohlendioxid	Atmungsluft der Tiere und bakterielle Zersetzung der Fäkalien	max. 0,35 Vol.-%

Tabelle 52 Wärme- und Wasserdampfproduktion verschiedener Tierarten (nach DIN 18910).

Tiergattung	Tiergewicht kg	Wärmeabgabe je Tier W	Wasserdampfabgabe je Tier g/h
<i>Rinder:</i>			
Kälber	100	261	106
Jungvieh	300	621	230
Milchkühe	600	986	356
Mastbullen	400	768	314
<i>Schweine:</i>			
Mastschweine	60	139	59
tragende Sauen	150	269	102
Sauen mit 10 Ferkeln	200	341	145

die Berechnung geht neben Tierzahl und Tierart auch die Temperaturzone ein.

Zur Vereinfachung der Berechnungen sind in der DIN 18910 Rechenwerte für die Sommerluftraten tabellarisch angegeben (Tabelle 53 und 54). Die lokal zutreffende Temperaturzone ist dem Kartenmaterial der DIN 18910 zu entnehmen.

Winterluftrate – Die Winterluftrate läßt sich nach dem Wasserdampf- und dem Kohlendioxidmaßstab berechnen. In die Berechnung gehen neben Tierart, Tiergewicht und Tierzahl indirekt die erforderliche Stalltemperatur und die Luftfeuchte ein. Die Rechenwerte richten sich außerdem nach der Temperaturzone (s. DIN 18910).

Tabelle 53 Sommerluftraten für Rindviehställe in m³/h (nach DIN 18910).

Tiergewicht in kg	60	100	150	200	300	400	500	600	800
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 3 K	65	94	129	163	223	275	319	354	400
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 4 K	48	70	97	122	167	206	239	266	300

Δ t' = angestrebte Temperaturdifferenz t_a-t_i (s. Tabelle 41, Seite 95)

Tabelle 54 Sommerluftraten für Schweineställe in m³/h (nach DIN 18910).

Tiergewicht in kg	10	20	30	60	100	150	200	300
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 2 K	25	36	47	75	106	145	184	263
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 3 K	17	24	31	50	71	97	123	175

Δ t' = angestrebte Temperaturdifferenz t_a-t_i (s. Tabelle 41, Seite 95)

Tabelle 55 Winterluftraten für Rinder, Temperaturzone -14°C (nach MITTRACH).

Tierart	Tiergewicht	Außentemperatur (t _a)	Innentemperatur (t _i)	Winterluftraten nach Wasserdampfmaßstab		
				Abluftdurchsatz	Zuluftdurchsatz	
	kg	°C	°C	m ³ /h	m ³ /h	
Kühe und Nachzucht	100	-14	10	18,56	17,08	
	200			30,12	27,71	
	300			40,28	37,06	
	400			49,04	45,12	
	500			56,39	51,88	
	600			62,35	57,36	
Mastrinder	150		16	16	17,56	15,63
	200				21,59	19,22
	300				28,86	25,69
	400				35,12	31,26
	500				40,38	35,94
	600				44,63	39,72
Mastkälber	60	18	18	11,21	9,86	
	100			15,50	13,64	
	150			20,47	18,01	
	200			25,15	22,13	

Tabelle 56 Winterluftraten für Schweine, Temperaturzone -14°C (nach MITTRACH).

Tierart	Tiergewicht	Außentemperatur (t_a)	Stall		Winterluftraten nach Wasserdampfmaßstab	
			Innentemperatur (t_i)	Luftfeuchte	Abluftdurchsatz	Zuluftdurchsatz
	kg	°C	°C	rel., %	m ³ /h	m ³ /h
Jungsauen leere und tragende Sauen Eber	100	-14	12	80	11,03	10,02
	150				15,00	13,62
	200				18,97	17,22
	300				26,76	24,30
Mastschweine	30		16	80	4,62	4,12
	60				6,48	5,78
	100				9,12	8,14
Sauen mit Ferkel	150		18	70	12,82	11,33
	200				16,16	14,29
	300				22,97	20,31
Absatzferkel und Vormast bis 30 kg	10		20	60	3,72	3,26
	20				4,41	3,87
	30	5,23			4,59	

3.3 Lüftungssysteme

Lüftungssysteme müssen die verbrauchte, mit Gasen angereicherte Luft ab- und die Frischluft zuführen, ohne daß dabei Stallpersonal und Tiere zu Schaden kommen. Da sich die Gase relativ gleichmäßig über das gesamte Stallprofil verteilen, weil die ständige Thermik durch die Wärmeproduktion der Tiere sie an einer Schichtung hindert, muß der gesamte Stallraum mit der Frischluft gespült werden.

Dabei darf keine *Zugluft* auftreten. Unter *Zugluft* versteht man »kühlere« Luft, die im Tierbereich eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s überschreiten sollte.

Lüftungsanlagen bestehen aus Zuluft- und Abluft-einrichtungen. Wegen des ständigen Wechsels der Luftraten müssen außerdem Steuerungs-, eventuell auch Regelungseinrichtungen vorhanden sein. Die verschiedenen Systeme werden nach der Einrichtung der Zu- und Abluftführung eingeteilt (Abb. 105).

3.3.1 Schwerkraftlüftung

Die **Schachtlüftung** (Abb. 107, Seite 110) geht auf eine Zeit zurück, in der Ventilatoren heutiger Lei-

stungsfähigkeit nicht erhältlich waren. Sie beruht auf dem Prinzip des Luftauftriebs in einem isolierten Schacht und funktioniert daher vor allem dann, wenn die Stallluft wärmer ist als die Außenluft, also im Winter.

Dieses Prinzip widerspricht dem Grundsatz, daß im Winter bei tiefsten Temperaturen die kleinste Luftmenge durchzusetzen ist. Gerade dann erreicht die Schachtlüftung nämlich die höchste Fördermenge. Um überhaupt eine Anpassung an die unterschiedlich erforderlichen Luftmengen zu erhalten, werden die Kamine oder Schächte reichlich dimensioniert. Mit einer Drosselklappe wird bei tieferen Temperaturen dann der Luftstrom verkleinert.

Die folgenden *Nachteile* machen die Schachtlüftung für neuzeitliche Stallungen ungeeignet:

- ▶ Schlechte Anpassung an den erforderlichen Luftdurchsatz,
- ▶ keine Sommerlüftung,
- ▶ wegen Mindestschachthöhe (5 m) bei Flachbauten nicht geeignet,
- ▶ bei dichter Belegung hoher Kapitalbedarf für die Schächte.

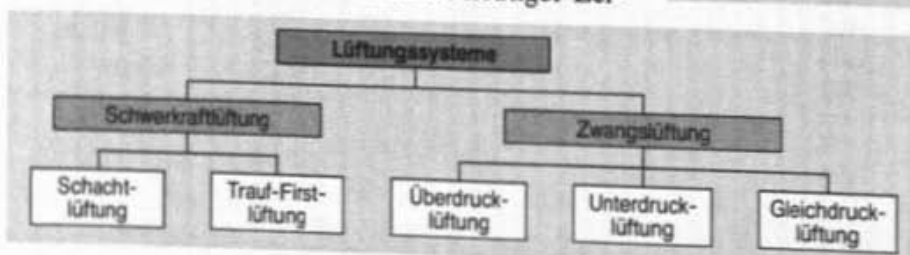


Abb. 105 Einteilung der Lüftungssysteme.

Bei der **Trauf-First-Lüftung** (Abb. 107, Seite 110) kommt die Zuluft über durchgehende, regelbare Zuluftöffnungen an der Traufe des Gebäudes herein und entweicht über Öffnungen am Dachfirst, die gegen Witterungseinflüsse abgedeckt sind. Die Trauf-First-Lüftung ist nur bei Baukonstruktionen möglich, bei denen die Decke der Dachneigung angepaßt ist.

Die *Strömungsgeschwindigkeit* in der Abluftöffnung hängt neben den Innen- und Außentemperaturverhältnissen vor allem von der Auftriebshöhe (Differenz aus Zuluft Eintritt und Abluft Austritt) und damit auch von der Stallhöhe ab, außerdem aber auch von den auf dem Gebäude lastenden Windkräften.

Aus diesem Zusammenhang läßt sich eine direkte Beziehung zwischen Stallhöhe und Breite der Aus- bzw. Eintrittsquerschnitte herstellen. Je größer die Auftriebshöhe ist, desto geringer kann die Austrittsfläche sein.

3.3.2 Ventilatorenlüftung

Vor allem die Anpassung an den unterschiedlichen Luftdurchsatz macht den Einsatz von Ventilatoren erforderlich, die über ein Verändern der Drehzahl in der Fördermenge auf den jeweils notwendigen Luftdurchsatz abgestimmt werden können. Je nach Anordnung der Ventilatoren unterscheidet man zwischen

- ▶ Überdrucklüftung,
- ▶ Unterdrucklüftung,
- ▶ Gleichdrucklüftung.

Die für Sommer- und Winterlüftung unterschiedlichen Luftraten erfordern eine Regeleinrichtung für die Zu- und Abluftseite. Hierfür werden *Steuer- oder Regelgeräte* eingesetzt. Die einfachste und dabei billigste und sicherste Form stellen Stufentransformatoren dar, bei denen z. B. verschiedene Drehzahlen von Hand einstellbar sind. Stufentransformatoren verwendet man vor allem in Stallungen, in denen Tiere mit geringerer Empfindlichkeit gegenüber Temperatur- und Luftfeuchtedifferenzen untergebracht sind.

Zur automatischen Anpassung an die unterschiedlichen Bedingungen liefern verschiedene Hersteller Regelgeräte, die nach einer oder mehreren Regelgrößen die Drehzahl der Ventilatoren verändern. Als Regelgröße wird hauptsächlich die Temperatur (mit Thermostaten), seltener die Luftfeuchte (mit Hygrometer), verwendet. Derartige Anlagen arbeiten entweder in Drehzahlstufen (in Verbindung mit Stufentransformatoren) oder stufenlos (elektronische Drehzahlregelung).

Axialventilatoren fördern die Luft in Achsrichtung des Lüfters, **Radialventilatoren** erzeugen einen

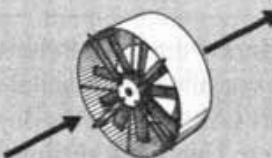
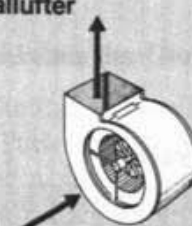
Ventilatorenbauart	Eigenschaften
Axiallüfter 	hoher Luftdurchsatz bei normalerweise niedrigem Druck, gut zu reinigen
Radiallüfter 	normalerweise für hohe Drücke, leise, für übliche Stalllüftung bisher wenig gebräuchlich

Abb. 106 Vergleich von Ventilatorbauarten.

Luftstrom in radialer Richtung (Abb. 106). Für die Stalllüftung, bei der bei geringem Druck hohe Luftmengen durchzusetzen sind, werden vorwiegend Axialventilatoren eingesetzt. Nur bei höheren Drücken (z. B. lange Kanäle) verwendet man vereinzelt auch Radialventilatoren, deren Fördermenge bei steigendem Druck weniger abfällt. Sie können zukünftig an Bedeutung gewinnen, wenn zum Schutz der Umwelt zentrale Anlagen zur Geruchsbeseitigung erforderlich werden, zu denen die Stallluft über lange Kanäle zu transportieren ist.

Die *Leistung* der Ventilatoren wird zunächst »freiblasend«, also ohne Gegendruck, abgegeben. Stall-Ablufthauben, Windabweiser u. ä. verursachen jedoch einen Strömungswiderstand (saug- oder druckseitige Drosselung). Je nach Einbausituation muß daher der Luftdurchsatz bei einem statischen Druck von 0,3–0,5 mbar (eventuell auch mehr) aufgebracht werden. Der Luftdurchsatz ist aus der zu jedem Ventilator gehörenden Kennlinie abzulesen.

Überdrucklüftung – Bei diesem System drücken Ventilatoren die Luft direkt oder über einen Kanal mit Verteilöffnungen in den Stall. Dabei entsteht ein Überdruck, der bewirkt, daß über im Querschnitt genau angepaßte Öffnungen die Abluft entweicht.

Unterdrucklüftung – Bei Unterdrucklüftung saugen Ventilatoren die verbrauchte Luft aus dem Stall ab, während die Frischluft über Schächte oder Kanäle eintritt. Die Zuluft einrichtungen müssen wärmege-dämmt sein.

Der freie Querschnitt der Eintrittsöffnungen muß genau nach Ventilatorenleistung und Einströmungsgeschwindigkeit (z. B. 2–2,5 m/s) berechnet werden. Fenster sind als Zuluftelemente nicht geeignet.

Gleichdrucklüftung – Zu- und Abluft gehen über Ventilatoren (s. Abb. 107, Seite 110). Dieses System

eignet sich vor allem für schwierige Fälle, bei denen z. B. der Stallgrundriß sich mehr der quadratischen Form nähert und somit die vorgenannten Systeme nicht mehr ausreichen.

Neben einigen qualitativen Merkmalen unterscheiden sich die Lüftungssysteme vor allem im Kapitalaufwand und im Energiebedarf (Abb. 107). Als Basiswert wird die stark verbreitete Unterdrucklüftung verwendet.

3.3.3 Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen

Für eine richtige Berechnung müssen folgende Punkte erfüllt sein.

- ▶ Wärmedämmung des Gebäudes überprüfen, nötigenfalls verbessern, Restwärme ermitteln, bei negativem Ergebnis Heizung vorsehen;

Abb. 107 Merkmale der Lüftungssysteme.

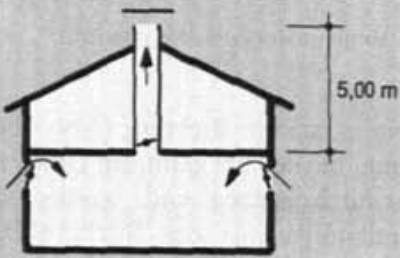

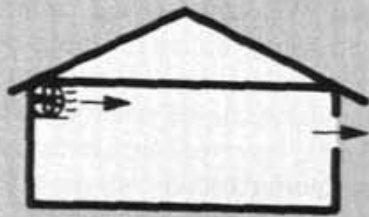
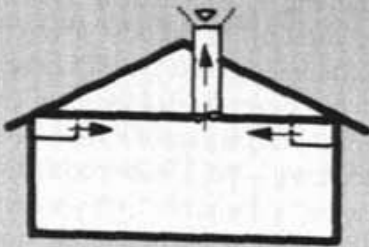
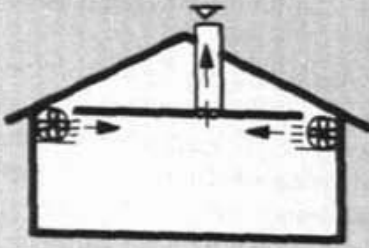
Lüftungssystem	Beurteilung
	Schachtlüftung mindestens 5 m Schachthöhe erforderlich, funktionsfähig nur bei niedrigen Außentemperaturen, keine Energiekosten; Kapitalbedarf wie Unterdrucklüftung
	Trauf-First-Lüftung Voraussetzung: Dach = Decke; Schwierigkeiten bei Inversionswetterlagen, Zuluft muß regelbar sein; Kapitalbedarf wie Unterdrucklüftung
	Überdrucklüftung Probleme bei Windlagen, Bauschäden, keine gezielte Abluft, gut mit Heizung zu verbinden; Kapitalbedarf wie Unterdrucklüftung; Energiebedarf: 105–125 kWh/GV und Jahr
	Unterdruck-Lüftung einfache Anlage, gezielte Abluft (Umweltschutz), Kombination mit Heizung schwierig; Energiebedarf: 98–105 kWh/GV und Jahr
	Gleichdruck-Lüftung aufwendige Anlage, sichere Luftverteilung, Funktion witterungsunabhängig, einfache Kombination mit Heizung; hoher Kapitalbedarf (1,5 bis 2mal so groß wie Unterdrucklüftung); Energiebedarf: ca. 205 kWh/GV und Jahr

Tabelle 57 Schema zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen.

		Unterdrucksystem		Gleichdrucksystem
		Sommer	Winter	Sommer
Luftmenge	m ³ /s
geteilt durch die Luftgeschwindigkeit	m/s	2–2,5	0,8–1,5	6–maximal 10
ergibt den Zuluftquerschnitt	m ²

- ▶ Tierzahl und Tiergewichte zusammenstellen;
- ▶ Berechnung der Sommer- und Winterluftstraten;
- ▶ Zuluftquerschnitte nach den in der Tabelle 57 angegebenen Werten berechnen;
- ▶ Ventilatoren aufteilen; Abstand zwischen zwei Ventilatoren 6–10 m;
- ▶ Ventilatorengröße aus Luftdurchsatz errechnen;
- ▶ Ventilortypen aus Unterlagen zusammenstellen, statischen Druck beachten.

Möglichkeiten der Geruchsminderung sind:

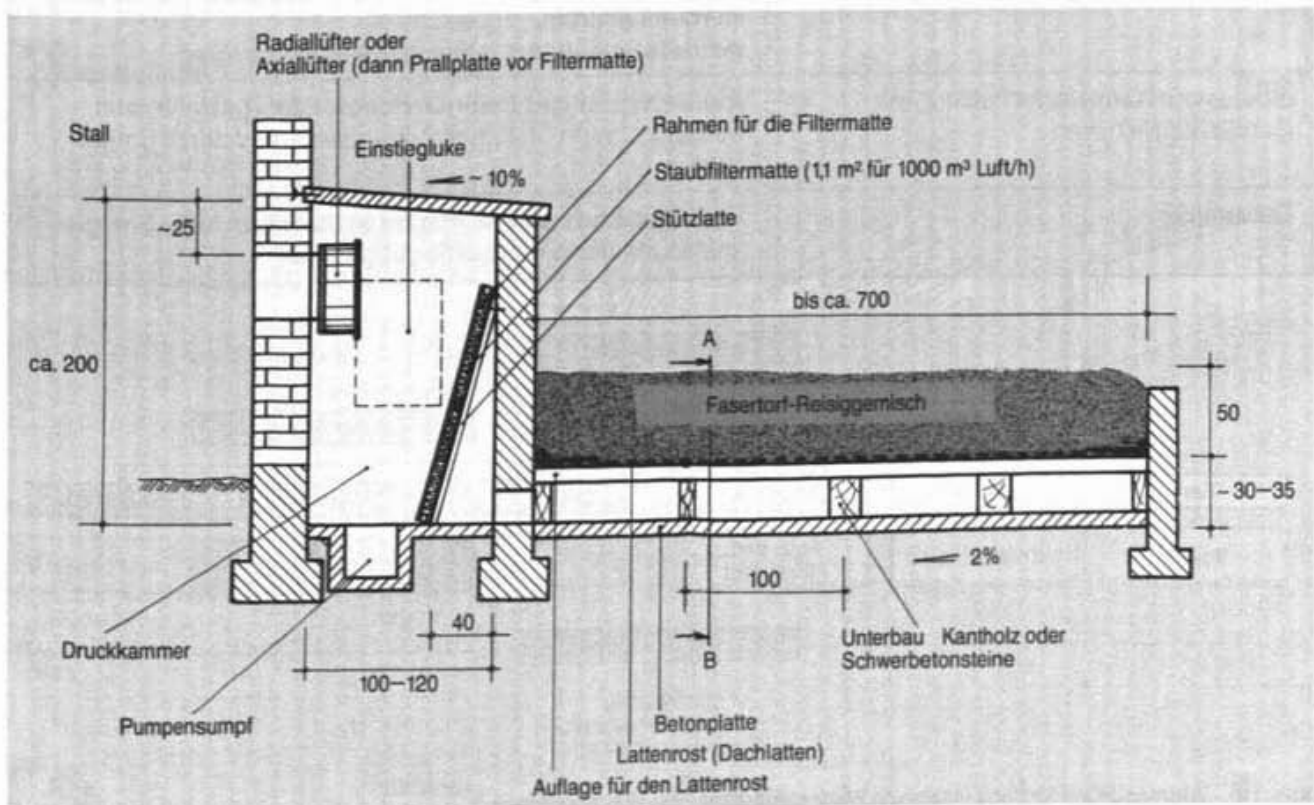
- ▶ Hohe Luftmengen (Geruchsverdünnung),
- ▶ By-Pass-Anlagen (Frischluftheimengung),
- ▶ hohe Abluftgeschwindigkeit (z. B. 7–12 m/s),
- ▶ senkrechte Abluftführung über Dach (Schachtende 1,5 m über First),
- ▶ Filteranlagen.

3.4 Immissionsschutz (Stallabluf)

Die Stallluft verbreitet unangenehme Gerüche, die zu mehr oder weniger starken Belastungen der Umwelt führen können. Insbesondere bei der Schweine- und Hühnerhaltung kann die Geruchsbelastung ertragbare Grenzen überschreiten, so daß entweder für Abhilfe zu sorgen ist oder die Produktion eingestellt werden muß.

Mit Hilfe von **Filteranlagen** wird versucht, die Gerüche aus der Stallabluf zu entfernen. Biofilter (Abb. 108) wirken biologisch, indem auf einer möglichst großen Filterfläche, durch die die Stallluft geleitet wird, die Gase von Bakterien abgebaut werden. Der Transport der Stallluft durch den Filter erfordert zusätzlichen Energie- (höhere Leistung der Abluftventilatoren) und Wartungsaufwand.

Abb. 108 Erdfilteranlage (nach ZEISIG) (Maße in cm).



4 Stallheizung und Wärmerückgewinnung

Eine wirkungsvolle Stallheizung ist nur in Verbindung mit einer richtig dimensionierten Lüftungsanlage möglich. Die Wärmerückgewinnung ist prinzipiell durch die Rückführung der Wärme (z. B. aus der Abluft) in den Stall als Stallheizung einzustufen (siehe auch Kapitel 2 »Energie«).

Eine Heizung wird erforderlich, wenn

- ▶ die Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile nicht ausreicht,
- ▶ die Tiere bei hoher Wasserdampf- und Gasproduktion zu wenig Wärme erzeugen (z. B. Kälber, Schweine).

4.1 Stallheizung

Stallheizungsanlagen bestehen aus technischen und baulichen Einrichtungen für Wärmeerzeugung, Wärmetransport und Wärmeverteilung.

Die **Wirtschaftlichkeit** der Heizung hängt neben den Festkosten der Anlage von den Energiekosten ab.

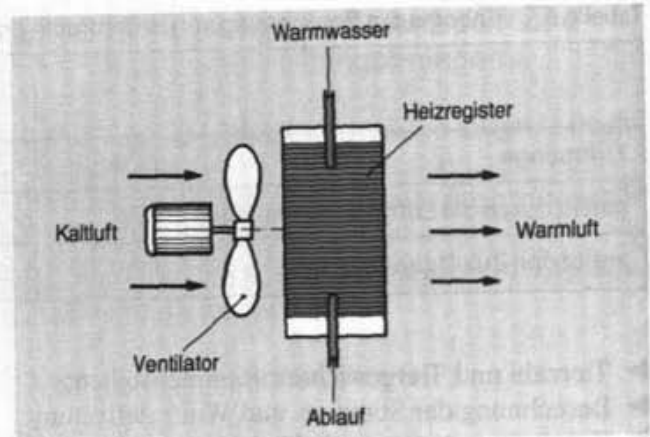


Abb. 109 Gebläsekonvektor (Schema).

- Die **Wärmeverteilung** kann erfolgen über:
- ▶ Warmlufterzeuger (mit Öl, Gas, Strom),
 - ▶ Gebläsekonvektoren (mit Warmwasser, Dampf),
 - ▶ Infrarotstrahler (Gas, Strom),
 - ▶ Radiatoren (Heizkörper).

4.2 Wärmerückgewinnung

Für die Wärmerückgewinnung stehen eine Reihe von **Wärmequellen** zur Verfügung (Abb. 110).

Tabelle 58 Vergleich von Warmluft-, Warmwasser- und Gasheizung.

Heizungsart	Eigenschaften
ölbefeuerte Warmluftanlage	direkte Befuerung: kostengünstig, energiesparend, Abgase im Warmluftstrom, indirekte Befuerung: schlechterer Wirkungsgrad
ölbefeuerte Warmwasserheizung mit Gebläsekonvektoren	anpassungsfähiges Heizsystem, besonders geeignet zum Heizen mehrerer Stallräume, energiesparend durch Umluftbetrieb
Gasstrahler	kapitalsparende Anlage, Abgase im Stallraum, hohe Energiekosten, als lokale Heizquelle gut geeignet



Abb. 110 Wärmequellen für den Einsatz von Wärmetauschern bzw. Wärmepumpen.

Für das **Heizen** von Ställen kann die Wärme aus der Stallabluft entnommen werden. Für Schweineställe nutzt man vereinzelt auch Erdwärmespeicher. Dabei handelt es sich um ein in der Erde verlegtes Luftkanalsystem, durch das die Stallzuluft geführt wird und in dem sie sich im Winter erwärmt bzw. im Sommer abkühlt.

Zur **Rückgewinnung** der Wärme aus der Stallluft werden Wärmetauscher eingesetzt. An Wärmetauscher sind folgende **Anforderungen** zu stellen:

- ▶ Hohe Beständigkeit gegen die korrosionsfördernden Bestandteile der Stallluft (Wasserdampf, Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlendioxid),
- ▶ gute Wärmeübertragungsleistung, ohne daß Wasserdampf, Gase und Geruchstoffe mit übertragen werden,
- ▶ niedriger Strömungswiderstand der luft- oder wasserführenden Teile, um den Stromverbrauch für Ventilatoren und Pumpen in tragbaren Grenzen zu halten,
- ▶ Ausnutzen des Selbstreinigungseffektes durch Abwaschen des Staubes der Stallluft mit Hilfe des Kondenswasserniederschlages; in günstigen Fällen läßt es sich erreichen, daß der Wärmetauscher nur ein- bis zweimal jährlich mit Wasserstrahl gereinigt werden muß; Kondens- und Reinigungswasser müssen aufgefangen und abgeleitet werden können,
- ▶ einfaches Anpassen an Lüftungs- und Stallsysteme,
- ▶ geringer Kapitalbedarf.

Die verschiedenen **Wärmetauscher** lassen sich nach dem Strömungsprinzip, den verwendeten Materialien und den Bauarten zuordnen (Abb. 111).

Bei den verschiedenen Materialien gewinnen **Kunststoffe** zunehmend an Bedeutung, weil sie sehr korrosionsbeständig sind. Um die ungünstige Wärmeleitfähigkeit abzumildern, soll die Materialdicke möglichst gering sein (unter 2 mm).

Die Wärmeübertragungsleistung wird vor allem durch das **Strömungsprinzip** bestimmt. Wegen der geringen Temperaturdifferenzen eignet sich das Gleichstromprinzip nicht. Das Kreuzstromprinzip führt zu vereinfachten Konstruktionen. Höchste Wärmeleistungen sind mit Gegenstromwärmetauschern zu erzielen (Abb. 112).

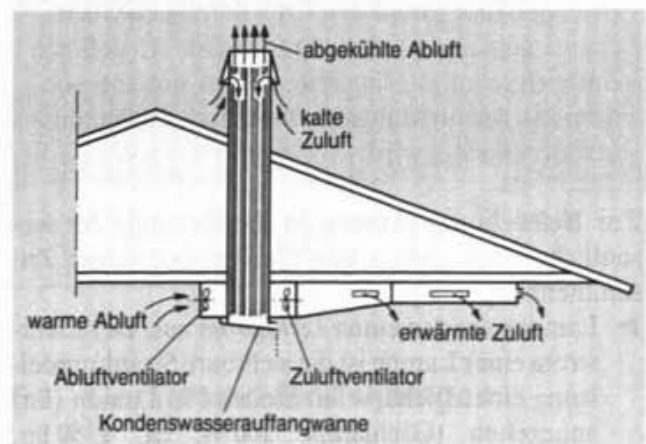


Abb. 112 Beispiel eines Gegenstrom-Wärmetauschers (Luft-Luft).

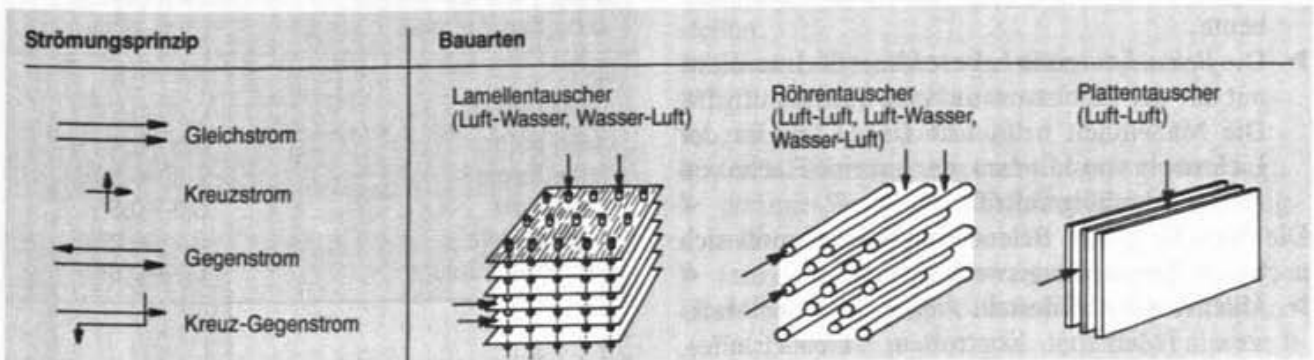


Abb. 111 Prinzip und Bauarten von Wärmetauschern zur Wärmerückgewinnung aus der Tierhaltung (nach SCHULZ).

Tabelle 59 Materialien für Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung aus der Tierhaltung.

Materialien	Korrosion	Wärmeübertragung	Standfestigkeit	Gewicht
Edelstahl	beständig	gut	hoch	hoch
Glas	beständig	gut	niedrig	hoch
Kunststoffe Thermoplaste GFK	beständig beständig	gering gering	niedrig hoch	gering mittel

Tabelle 60 Einsatzgebiete verschiedener Wärmetauscherprinzipien.

Wärmetauscher	Bemerkungen
Luft-Luft-Wärmetauscher	vorwiegend bei Wärmerückführung in den Stall, Beispiel: Mastschweine
Luft-Wasser-Wärmetauscher	vorwiegend bei Wärmetransport in eine andere Stalleinheit, Beispiel: vom Bullenmaststall zum Kälberaufzuchtstall
Luft-Wasser-Wärmetauscher mit Wärmepumpe	vorwiegend bei Stallabwärmernutzung und Anhebung des Temperaturniveaus, Beispiel: Wohnhausheizung

5 Beleuchtung

Die Beleuchtung in landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden muß den Erfordernissen entsprechend geplant werden. Das bedeutet, daß die Lampen nicht gleichmäßig verteilt werden, sondern die Beleuchtungsstärke je nach Helligkeitsbedarf angelegt wird.

Zur **Beleuchtungsplanung** ist die Kenntnis der wesentlichen lichttechnischen Größen und deren Zusammenhang nötig:

- ▶ Lampen senden einen *Lichtstrom* aus. Der Lichtstrom einer Lampe ist die sichtbare Strahlungsleistung einer Lichtquelle. Sie wird in Lumen (lm) angegeben (Glühlampe 100 W, ca. 1350 lm, Leuchtstofflampe 40 W, 1700–3000 lm). Leuchtstofflampen haben demnach – bezogen auf die elektrische Leistung (W) – eine höhere Lichtausbeute.
- ▶ Die *Beleuchtungsstärke* bezeichnet die Intensität, mit der der Lichtstrom auf eine Fläche auftrifft. Die Maßeinheit heißt Lux (lx). 1 Lux ist der Lichtstrom von 1 Lumen, der auf eine Fläche von 1 m² gleichmäßig auftrifft.

Die Verteilung der Beleuchtungskörper muß sich nach dem **Beleuchtungszweck** richten:

- ▶ **Milchvieh-Anbindestall:** Ausleuchten der Melkzone (Melken, Kontrollen, Geburtshilfe), Leuchten in Stallängsrichtung, Montage im Abstand von 0,6 m von der Standfläche.
- ▶ **Milchviehlaufstall:** Gleichmäßige Beleuchtung mit 30 Lux zur guten Sicht im Fütterungs- und Entmistungsbereich einschließlich Sammelraum; Abkalbe- und Krankenstände 120 Lux; im Melkstand Leuchten über dem Melkerflur.

- ▶ **Rindermastställe:** Leuchten im Fütterungsreich.
- ▶ **Schweineställe:** Leuchten über Futtergang, bei Aufzuchtställen über den Buchten; im Abferkelstall gruppenweise schaltbar.
- ▶ **Außenanlagen:** Lichtpunkthöhe mindestens 5 m, Hauptverkehrswege beleuchten, eventuell zentrale Fernschaltung.

Für das Ausleuchten eines Raumes wird in DIN 18910 die Beleuchtungsstärke angegeben. Liegt der Lampentyp fest (Lichtstrom der Lampe nach Herstellerangabe), so erfordert die Berechnung der **Lampenzahl** die Kenntnis

- ▶ der mittleren Beleuchtungsstärke (Tabelle 62),
- ▶ der zu beleuchtenden Fläche in m² (z. B. Stallgrundfläche),

Tabelle 61 Beleuchtungswirkungsgrad (nach HEA).

Wand-, Decken-, Bodenfarbe, bzw. Material	Wirkungsgrad
weiß	0,7 – 0,8
heller Mörtel	0,35 – 0,5
heller Beton	0,3 – 0,4
heller Ziegel	0,2 – 0,3
helles Holz	0,3 – 0,5
dunkles Holz	0,1 – 0,25
mattes Aluminium	0,75 – 0,84

- ▶ des Beleuchtungswirkungsgrades, der die Reflexion des Lichtes, z. B. von Stallboden, Wänden und Decken angibt (Tabelle 61).

Die Formel zur Ermittlung der Anzahl der Leuchten steht unten.

Die Zahl 1,25 bezeichnet einen Korrekturfaktor für Alterung und Verschmutzung der Leuchten.

$$\text{Anzahl der Leuchten im Raum} = \frac{\text{Stallgrundfläche} \times \text{Beleuchtungsstärke} \times 1,25}{\text{Lichtstrom} \times \text{Beleuchtungswirkungsgrad}}$$

Tabelle 62 Angaben zur Beleuchtungsplanung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude und Hofanlagen (nach DIN 18 910 und HEA).

Raumart	zu installierende elektrische Leistung		
	Beleuchtungsstärke lx	Glühlampen W/m ²	Leuchtstofflampen W/m ²
Milchviehanbindestall			
Melkzone	120	16–25	6 – 8
übriger Raum	30	4– 6	1,5– 2
Milchviehlaufstall	80	4– 6	1,5– 2
Tränkkälberstall	30	4– 6	1,5– 2
Milchraum	120	6–25	6 – 8
Melkstand	240	32–50	12 –16
Abferkelstall	60	8–12	3 – 4
Mastschweineestall	30	4– 6	1,5– 2
Stall für Eber und Sauen	30	4– 6	1,5– 2
Pferdestall	60	8–12	3 – 4
Hühnerstall	15	2– 3	0,8– 1
Schafstall	60	8–12	3 – 4
Futterraum, Garage, Lagerraum	60	8–12	3 – 4
Werkstatt	120	16–25	6 – 8
Scheune, Heuboden, Geräteschuppen	30	4– 6	1,5– 2
Hofeinfahrt	15	2– 3	0,8– 1,2
Gebäudeeingänge	15	2– 3	0,8– 1,2
Gefahrenstellen	30	4– 6	1,5– 2
Hofraum, Allgemeinbeleuchtung	5	0,8– 1,2	0,2– 0,3

6 Stallreinigung und -desinfektion

Die Reinigung und Desinfektion von Stallungen ist heute fester Bestandteil der Stallarbeiten. Trägt bereits die Reinigung zu einer deutlichen Verringerung der Bakterien bei, so wird durch die Desinfektion der Keimgehalt noch weiter verringert (Abb. 113).

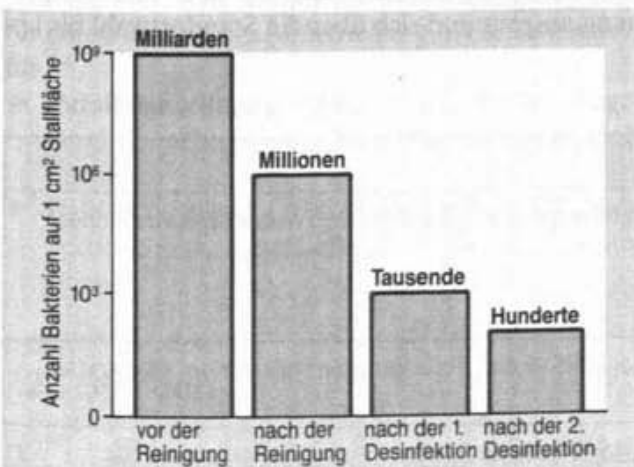


Abb. 113 Auswirkungen von Reinigungs- und Desinfektionsmaßnahmen auf den Keimgehalt von Stalloberflächen (nach STEIGER u. a.).

6.1 Geräte und Einrichtungen

Die Reinigung und Desinfektion von Stallungen wird heute mit dem *Hochdruckreiniger* durchgeführt. An Hochdruckreiniger sind folgende **Anforderungen** zu stellen:

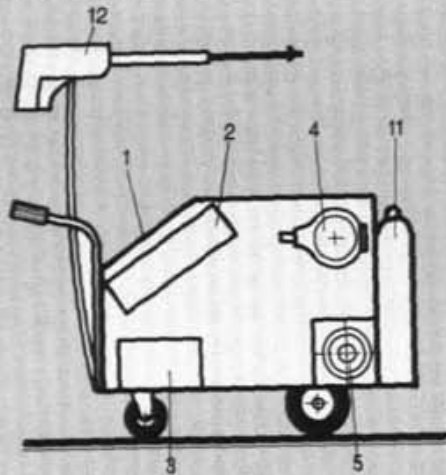
- ▶ Einwandfreies Reinigen aller Objekte,
- ▶ gründliche Desinfektion,
- ▶ geringer Arbeitsaufwand,
- ▶ leichte Handhabung und einfache Bedienung,
- ▶ geringer Betriebsmittelverbrauch und Wartungsaufwand,
- ▶ lange Haltbarkeit.

Hochdruckreiniger gibt es als *Kalt-* und *Heißwassergeräte*. Der Aufbau unterscheidet sich nur unwesentlich (Abb. 114, Seite 116).

Wichtiger Bestandteil der Geräte ist die Hochdruckpumpe. Sie erhält das Wasser direkt oder über einen Vorlaufbehälter. Die Förderleistung liegt bei 750–1000 l/h (Betriebsdruck 100–120 bar).

Die Spritzeinrichtung besteht aus einem Hochdruckschlauch mit angeflanschem Gestänge und der Düse. Bei großen Stallungen wird die Druckleitung fest verlegt. Die Düse muß auf den Wasserdurchsatz der Pumpe abgestimmt sein (meist Flachstrahldüsen, für Reinigung Spritzwinkel von 15, 25 oder 40°, für Desinfektion von 50 oder 65°). Über eine Dosiereinrich-

Kaltwasserhochdruckreiniger



- 1 Instrumententafel
- 2 Schaltkasten
- 3 Vorlaufbehälter
- 4 Hochdruckkolbenpumpe
- 5 Elektromotor
- 6 Ölbrenner
- 7 Brennkammer
- 8 Abgasstutzen
- 9 Öltank
- 10 Wasserenthärter
- 11 Medienbehälter
- 12 Handspritzpistole

Heißwasserhochdruckreiniger

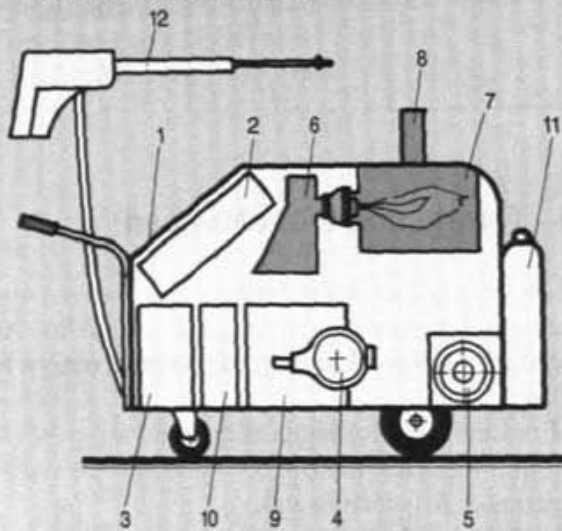


Abb. 114 Schematischer Aufbau von Kalt- und Heißwasser-Hochdruckreinigern.

tung werden Reinigungs- und Desinfektionsmittel aus den Behältern angesaugt. Die Behälter sollen ein Mindestfassungsvermögen von 20 l aufweisen.

Heißwassergeräte erreichen durch die Wassererwärmung einen besseren Reinigungseffekt. Die Wassererwärmung erfolgt mit Öl- oder Gasbefeuerung, eventuell mit Durchlauferhitzer oder Motorabwärme. Heißwassergeräte verursachen zwar höhere Kosten, haben dafür aber eine bessere Reinigungs- und Desinfektionswirkung (Einsatz z. B. in Kälbermastbetrieben) als Kaltwassergeräte.

Viele Kaltwassergeräte lassen sich an eine Warmwasserversorgung anschließen.

6.2 Ausführen des Reinigens und Desinfizierens

Die Reinigung hat das Ziel, Schmutz und andere unerwünschte Ablagerungen aus dem Stall zu entfernen, um so den Mikroorganismen die Lebensgrundlage zu entziehen.

Die verschiedenen Arbeiten unterliegen einer Reihenfolge mit notwendigen **Wartezeiten** (Tabelle 63).

7 Hofplanung

Die Hofplanung faßt die Einzelgebäude eines Hofes zu einer den Funktionen angepaßten Hofanlage zusammen, schließt diese nach Wahl des Standortes an die öffentliche Versorgung an, gibt den Gebäuden Form und bindet den Hof in die Landschaft ein.

Die Hofplanung umfaßt somit eine weite Palette unterschiedlicher Bereiche, die von der Funktionsplanung ausgeht und sich über die Standortwahl bis hin

Tabelle 63 Arbeitsgänge bei Reinigung und Desinfektion.

Arbeitsgang	Bemerkungen
Vorarbeiten	Demontage von leicht abbaubaren Einrichtungsteilen einschließlich wasserempfindlicher Teile, Besenreinigung, elektrische Anlagen stromlos schalten
Einweichen	1–1,5 l Wasser/m ² mit 10 bar, Arbeitsabstand 1,5–2,5 m, Reinigungsmittel nur bei Kälberstall und Abferkelboxen
Reinigen	ca. 3 h nach Einweichen, 75–120 bar, 13–15 l Wasser/min
Desinfektion	nach Abtrocknen des Stallfußbodens, 400–500 l/h, 10–12 bar, Arbeitsabstand 1,5–2,5 m, 0,4 l/m ² Gebrauchsverdünnung (Einwirkungszeiten nicht unterschreiten)



Abb. 115 Funktionen bei der Hofplanung.

zu den Fragen der Gestaltung erstreckt. Die Hofentwicklung ist ein langfristiger dynamischer Prozeß, der nicht mit dem Neubau abgeschlossen ist, sondern im Rahmen der Betriebsentwicklung eine ständige Anpassung der Hofplanung erfordert.

7.1 Gliederung und Zuordnung der Gebäude

Die Hofanlage besteht im allgemeinen aus Wohnhaus, Stallungen, Lagerräumen, Maschinenhalle und Garagen. Über befestigte Hofflächen oder Straßen werden diese Gebäude erschlossen und verbunden. Die funktionsgerechte Zuordnung der Gebäude untereinander engt den planerischen Spielraum ein. Sofern der gefundene Standort nicht die Anordnung stark einschränkt, lassen sich die verschiedenen Anordnungsbeispiele nach folgenden Gesichtspunkten werten:

- ▶ Verkehrsablauf innerhalb des Hofes (kurze Wege, geräumige Verkehrsflächen),
- ▶ Erweiterungsmöglichkeiten der einzelnen Gebäude,
- ▶ Anforderungen an Grundstücksform und -größe,
- ▶ Kosten für befestigte Flächen.

Anhand der schematisierten **Anordnungsbeispiele** für einen *Ferkelerzeugerbetrieb* ergibt die Bewertung für

- ▶ **Parallelanordnung** (Abb. 116): kurze Wege, länglich rechteckiges Grundstück, geringe Hofflächen;
- ▶ **freie Anordnung** (Abb. 117): größerer Flächenbedarf, gute Erschließung, einfache Erweiterung.

7.2 Standort

Das Problem der Standortwahl stellt sich in erster Linie bei Aussiedlungsprojekten und ist somit häufig die Konsequenz mangelnder Erweiterungsfähigkeit im Dorfbereich. Bei der Wahl des Standortes geht es

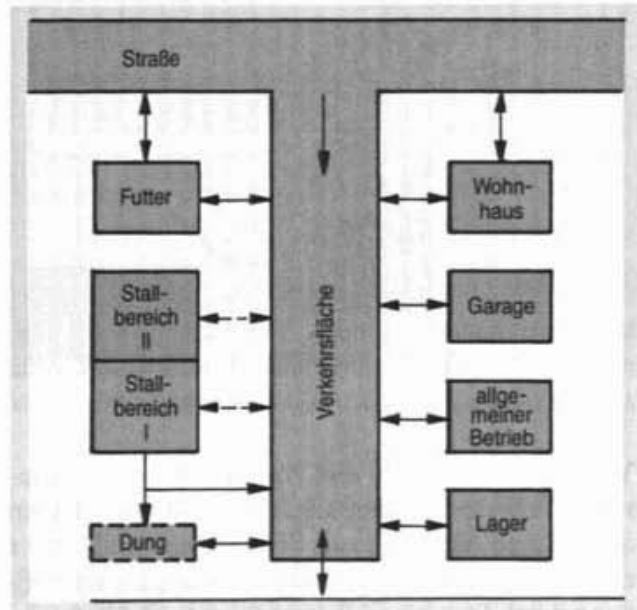


Abb. 116 Parallelanordnung landwirtschaftlicher Wohn- und Wirtschaftsgebäude.

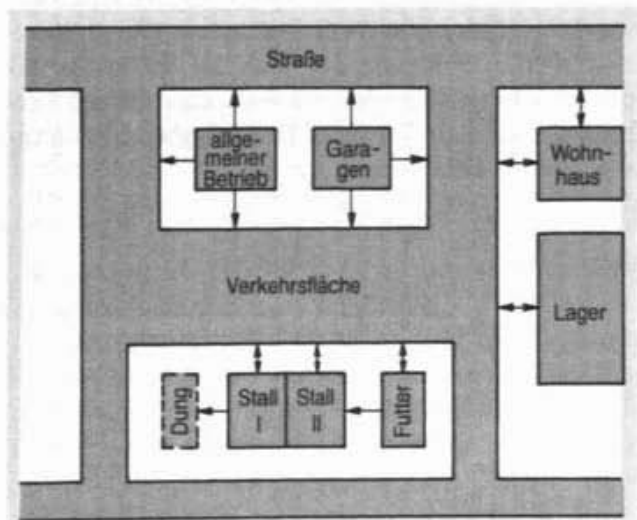


Abb. 117 Anordnung landwirtschaftlicher Wohn- und Wirtschaftsgebäude in einem offenen Rechteck.

auch um die Verbesserung der *inneren Verkehrslage* (kurze Wege zu den Feldern bzw. Grünland, Viehtrieb!). Der neue Standort soll daher in enger Zu-

sammenarbeit mit der Flurbereinigungsbehörde und der Landwirtschaftsverwaltung gesucht werden.

Verkehrslage – Ebenso bedeutungsvoll kann auch die *äußere Verkehrslage* sein, denn sie ist nicht nur ein Baukostenfaktor (Verkehrerschließung). Die Auswirkungen des Standortes äußern sich u. U. später in den täglichen Transporten (z. B. Milchabholung; Lagerhaus) sowie im Einfluß auf das Leben der bäuerlichen Familie (Entfernung zu Schule, Kirche, Gemeindeverwaltung, Arzt, Apotheke).

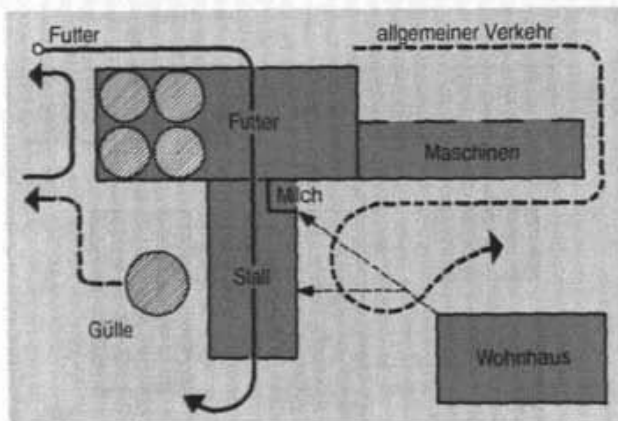


Abb. 118 Innere und äußere Verkehrerschließung.

Versorgung mit Strom und Wasser – Neben der günstigen Verkehrerschließung, die sich in vielen Fällen durch kurze Abstände zum öffentlichen Straßennetz erreichen läßt, muß in die Hofplanung die Erschließung durch Strom und Wasser (eventuell Abwasserkanal) einbezogen werden. Bereits im Planungsstadium muß das Gespräch mit dem Elektrizitäts- und dem Wasserversorgungsunternehmen gesucht werden. Erschließungs- und Nutzungskosten hängen wesentlich von der Inanspruchnahme der *Elektrizitäts- und Wasserversorgung* ab. Aus der Funktionsplanung lassen sich die verschiedenen elektrischen Verbraucher hinsichtlich ihres Leistungsbedarfes (Anschlußwert) entnehmen (Abb. 119).

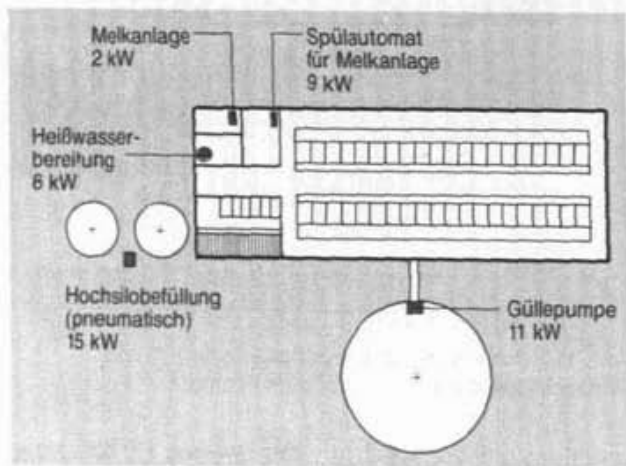


Abb. 119 Funktionsplan eines Milchviehstalles mit elektrischen Verbrauchern.

Schon bei der Auswahl des Verfahrens sollen der elektrische Leistungs- und Energiebedarf einbezogen sein (s. Kapitel 2, Abschnitt 4, Seite 25 ff.).

Bei der *Wasserversorgung* muß ebenfalls der Verbrauch innerhalb der ganzen Hofanlage anhand von Richtwerten kalkuliert werden (Wohnbereich, Tierproduktion, Maschinenpflege). In der Tierproduktion ist vor allem auch ein hoher Trinkwasserverbrauch zu berücksichtigen (s. Kapitel 8, Seite 313). Bei der Wahl des Standortes ist auch das örtliche Klima einzubeziehen. Zwar spielen durch die Verwendung moderner Baustoffe Gesichtspunkte wie »Wetterseite« und Sonneneinstrahlung – abgesehen vom Wohnbereich – eine untergeordnete Rolle. Extreme Windlagen, aber auch »Kälteseen« sollten jedoch gemieden werden.

Immissionsschutz – Bei Produktionsverfahren mit starker Geruchsentwicklung (z. B. Mastschweinehaltung) muß der Standort nach den besonderen Anforderungen des Immissionsschutzes gewählt werden. Unter Immissionen versteht man im landwirtschaftlichen Bereich hauptsächlich Luftverunreinigungen, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Gegenstände negativ auswirken. Unter Immissionen können aber auch Geräusche, Erschütterungen usw. verstanden werden (s. auch Band 4 A, Kapitel 1).

Die **Geruchsimmissionen** lassen sich durch baulich-technische Maßnahmen und durch den Abstand zur Wohnbebauung einschränken. Um bei Wahl und Beurteilung des Standortes einheitliche Maßstäbe anlegen zu können, wurde als Grundlage für Verwaltungsvorschriften die *VDI-Richtlinie 3471* für die Schweinehaltung entwickelt. Die Richtlinie bewertet das Produktionsverfahren nach einem *Punktesystem* (Tabelle 64). Das Ergebnis für das Produktionsverfahren liefert durch Abgreifen im Diagramm (Abb. 120) den Mindestabstand zur nächsten Wohnbebauung.

Für die genaue Beurteilung muß die Richtlinie in allen Einzelheiten herangezogen werden. Die Anwendung ist vor allem für den Bereich zwischen der 25- und der 100-Punkte-Kurve gedacht. Ställe, die weiter entfernt liegen als die 25-Punkte-Kurve angibt, sollen ohne Einschränkung genehmigt werden. Bei Abständen unterhalb der 100-Punkte-Kurve bedarf es einer Sonderbeurteilung durch Sachverständige. Die Geländeform (z. B. Berg- und Hanglage) geht ebenfalls in die Detailberechnung ein, ebenso die Klimasituation.

Gelände – Die Standortwahl muß sich außerdem nach der Eignung des Geländes für die geplante Bebauung richten. Neben der Gebäudeform kommt es vor allem auch auf die Bodenbeschaffenheit (Tragfähigkeit) und den Grundwasserstand an.

Hofplanung und Gebäudeform sind dem gewählten

Tabelle 64 Punktebewertung von Schweineställen nach VDI-Richtlinie 3471.

Kriterien	Punkte
Entmistung und Lagerung	
1. Festmistverfahren	
Tiefstall	60
mechanische Entmistung auf	
– dreiseitig umwandeten Platz für Stapelfestmist	50
– Transportfahrzeug	40
– offenen Festmistkegel	20
2. Flüssigentmistung	
– perforierte Böden über 45% Anteil	10
– perforierte Böden unter 45% Anteil	5
– Schieberentmistung	0
3. Flüssigmistlagerung	
– Behälter mit geschlossener Abdeckung ¹⁾	50
– Behälter mit einfacher Abdeckung	30
– Behälter mit geschlossener natürlicher Schwimmdecke	30
– Behälter ohne Abdeckung	0
– Lagerung im Stall	30
Stalllüftung	
1. Sommerluft rate (DIN 18910)	
Temperaturdifferenz ≤ 2 K	10
Temperaturdifferenz ≤ 3 K	5
Temperaturdifferenz > 3 K	0
2. Abluftaustritt	
senkrecht über Dach,	
– Höhe ≥ 1,5 m über höchstem Dachpunkt	15
– Höhe < 1,5 m über höchstem Dachpunkt	5
seitlicher Austritt, freie Lüftung	0
3. Austrittsgeschwindigkeit bei Sommerluft rate und senkrecht über Dach	
≥ 12 m/s	25
≥ 10 m/s	20
≥ 7 m/s	10
< 7 m/s	0
Sonstiges	
1. Abzüge für besondere Futtermittel	
– trockene Abfälle	0
– Küchenabfälle und Futtermittel mit geringem Eigengeruch	bis – 10
– Molke, Schlachtabfälle und ähnliche Futtermittel mit starkem Eigengeruch	bis – 25
2. Standorteinflüsse	
	± 20
3. Flüssigmistlagerkapazität	
≥ 6 Monate	10
≥ 5 Monate	5
≥ 4 Monate	0

¹⁾ Mit Druckausgleichseinrichtung.

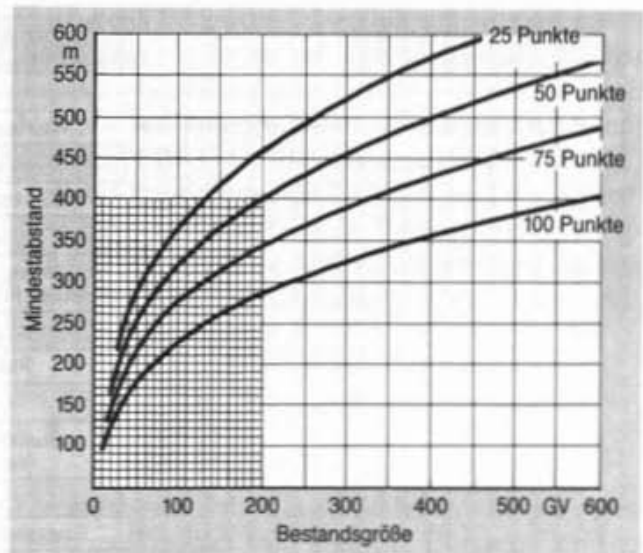


Abb. 120 Mindestabstand von Schweineställen in Abhängigkeit von Bestandsgröße (GV) und Punktezahl (nach VDI 3471).

Standort sorgfältig anzupassen, wobei allerdings eine unzumutbare Beeinträchtigung der Funktion ausgeschlossen werden muß.

8 Bauvorbereitung und Bauplanung

Durch sorgfältige Bauvorbereitung lassen sich Fehler und Verzögerungen in der Bauausführung vermeiden. Die Bauvorbereitung umfaßt alle Maßnahmen, die bis zum Baubeginn erforderlich sind. Das ist u. a. die *Vorplanung*, auf der ein Entwurf aufgebaut wird. Aus dem *Entwurf* entwickelt sich die Planung, die dann als Grundlage für die Ausschreibung und Vergabe dient.

Der *Bauplanung* muß eine *betriebswirtschaftliche Planung* vorausgehen. Sie bildet die Grundlage für das Raumprogramm, das unter Einbeziehung moderner technischer Verfahren zum Funktionsprogramm entwickelt wird (*Vorplanung*). Der eigentlichen Planung geht eine Grobkalkulation der Baukosten auf der Basis von Richtwerten und des Bauentwurfes voraus.

Nach Abschluß der *Planungsarbeiten* wird das *Genehmigungsverfahren* eingeleitet, in dessen Rahmen alle baurechtlichen Fragen zur Klärung bzw. Überprüfung anstehen. Nach Erteilung der Genehmigung erfolgt die *Ausschreibung*, die wiederum als Grundlage für die *Vergabe* dient.

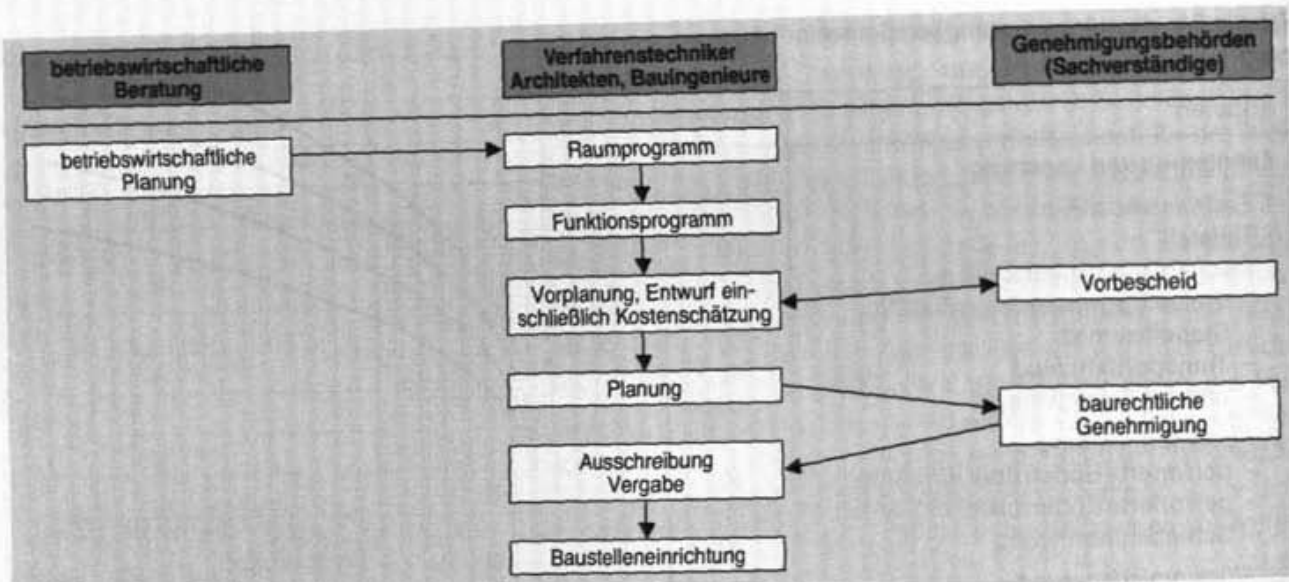


Abb. 121 Bauvorbereitungen.

8.1 Kapitalbedarfsermittlung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Bei den jährlichen Ausgaben der Landwirtschaft betragen die Investitionen in landwirtschaftliche Betriebsgebäude mehr als 1,5 Mrd. DM/Jahr. Bezogen auf die Vollerwerbsbetriebe in der Bundesrepublik Deutschland bedeutet dies eine jährliche Ausgabe von etwa 20 000,- DM je Betrieb oder von etwa 20% im Vergleich zu den Ausgaben für Maschinen und Geräte.

Ungünstigere gesamtwirtschaftliche Rahmenbedingungen und die langfristige Bindung des Kapitals in Gebäude zwingen den Landwirt, Neu-, Um- oder Erweiterungsbauten noch gezielter als bisher zu planen und mögliche Alternativen noch sorgfältiger abzuwägen.

Im Rahmen einer Baumaßnahme werden unterschiedliche Anforderungen an die erforderlichen Methoden zur Kapitalbedarfsermittlung und die benötigten Daten gestellt (Tabelle 65).

Während im Stadium der Projektion Schätzwerte ausreichen, bedarf es in allen darauf folgenden Schritten eines verbesserten Datenmaterials. Hier kommt die **Kostenblockmethode** (s. Kapitel 4, Abschnitt 4.3, Seite 78) in Betracht.

Sie gliedert ein Gesamtgebäude in die dafür erforderlichen funktionellen Blöcke (Tabelle 66, Seite 122) für

- ▶ den Stall (Hülle),
- ▶ die Futterlagerung,
- ▶ die Gülleabführung und -lagerung,
- ▶ die Milchgewinnung und -lagerung.

Innerhalb dieser Blöcke berücksichtigt sie den gesamten Kapitalbedarf für das Gebäude und die erforderlichen

Tabelle 65 Baupreisermittlung nach DIN 276 »Kosten von Hochbauten«.

Stadium	Zweck	Berechnungsgrundlage		Methode der Baupreisermittlung
		Pläne	Daten	
Projektion	Finanzierungsüberlegung	grobes Raumprogramm, Strichzeichnungen	Schätzwerte	Kostenschätzung
Entscheidungsphase	Entscheidung über Bauweise	detailliertes Raumprogramm, Entwurfszeichnung	Schätzwerte	Kostenberechnung (z. B. Kostenblockmethode)
Entscheidungsphase bis Baubeginn	Vergabe, Kostenkontrolle	Ausführungspläne	Ausschreibungsergebnisse	Kostenanschlag
nach Bauabschluß	Finanzierungsnachweis	Ausführungspläne	Rechnungen	Kostenfeststellung

derlichen Einrichtungen einschließlich der Installationen. Allerdings werden diese Bereiche nicht gesondert ausgewiesen.

Für alle Kostenblöcke sind *alternative Möglichkeiten* vorhanden, so daß in Grenzen eine freie Kombinierbarkeit der Blöcke für ein Gesamtgebäude besteht (Abb. 122).

Insgesamt ermöglicht die Kostenblockmethode eine weitgehend praxisnahe Kalkulationsmöglichkeit, wenn

- ▶ neu gebaut wird,
- ▶ die erforderlichen Gebäudeteile problemlos abgrenzbar sind,
- ▶ dafür die benötigten Daten vorhanden sind,
- ▶ auf eine Trennung in Baumengen und Einzelpreise verzichtet wird.

Darüber hinausgehende Forderungen bei Umbauten und bei Fragen nach Möglichkeiten betrieblicher Be-

teilung in Form von Arbeitsleistung oder Materialeinbringung bedürfen differenzierter methodischer Ansätze. Sie führen zu einer Bedarfsanalyse nach Mengen und Preisen. Die dazu geeigneten Methoden wie ISBAU im Bayerischen Landwirtschaftlichen Informationssystem (BALIS) und das System KALBAU der Landtechnik Weihenstephan befinden sich jedoch erst im Aufbau und sind auch künftig nur über eine leistungsfähige EDV-Anlage einsetzbar.

8.2 Baurecht

Landwirtschaftliche Baumaßnahmen können einen Interessenkonflikt mit anderen Bürgern verursachen, weswegen in der Regel die Zustimmung mehrerer Behörden erforderlich ist, z. B.:

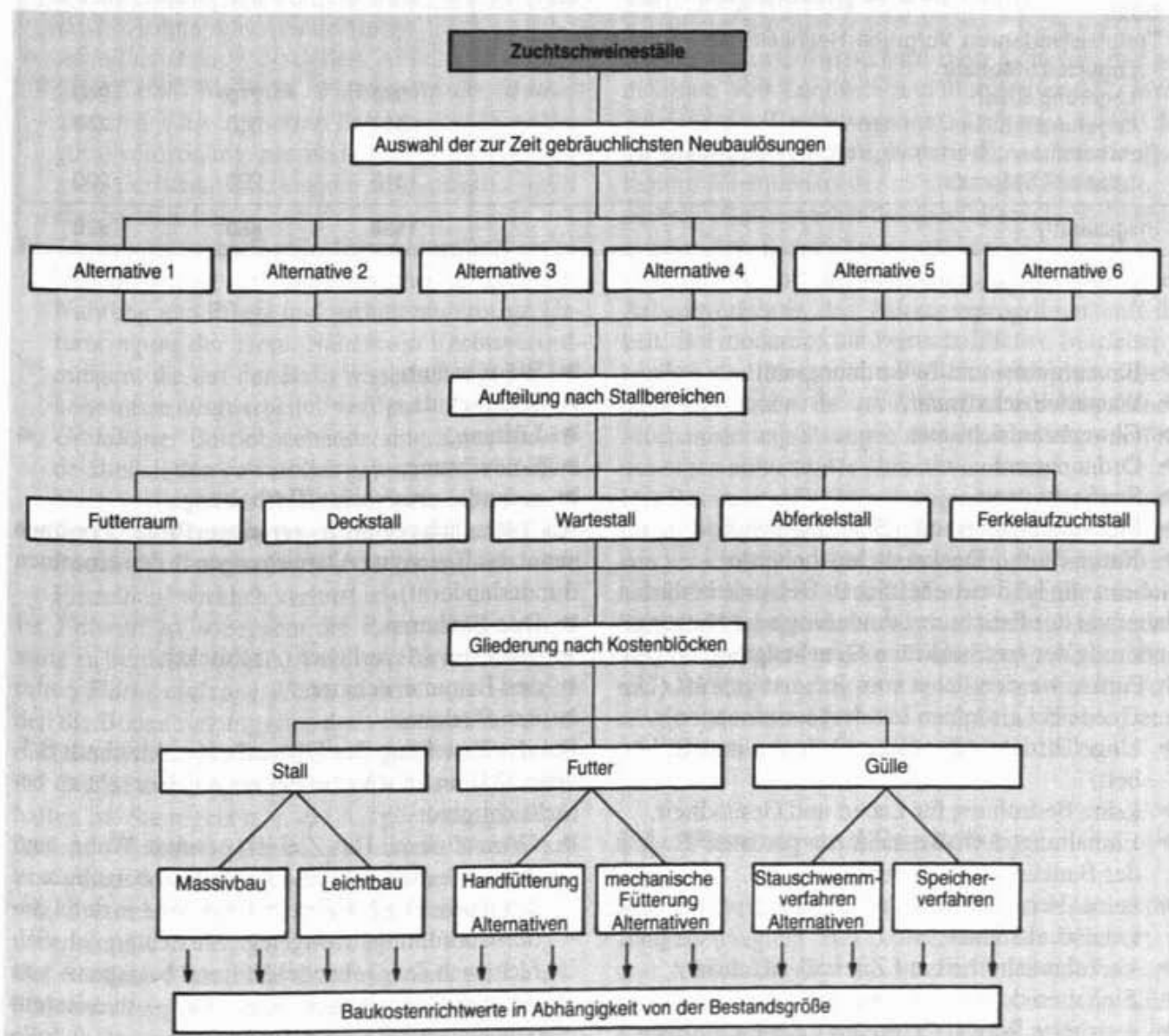


Abb. 122 Ablaufschema zur Berechnung von Baukostenrichtwerten für Zuchtschweinställe nach der Kostenblockmethode (nach GARTUNG, KRENTLER UND SIEVERS).

Tabelle 66 Kapitalbedarf für einen Mastschweine Stall nach der Kostenblockmethode (vierreihig, Kurzbuchten mit 10 Plätzen, Längströge, Teilspaltenboden) (nach KTBL).

Kostenblock Beschreibung	Endmastplätze		
	160	320	480
	DM/Mastplatz		
Stall			
Massivbau, gedämmt; nur Endmaststall	580	500	480
Endmaststall mit Nebenraum	690	550	520
Futter			
Trockenfütterung			
Futterwagen, einfach	80	60	50
Futterwagen mit Dosierung	100	60	60
mechanische Fütterung, Gewichtsdosierung	200	170	170
Flüssigfütterung			
Handzuteilung, ein Ventil/Trog	120	80	80
Dosierhilfen	160	120	110
automatische Futtermittelzubereitung und Dosierung	210	150	130
Gülle			
Treibmistverfahren, Vorgrube, Hochbehälter			
Lagerzeit 5 Monate			
Lagerung außen	360	270	240
Lagerung $\frac{3}{4}$ außen, $\frac{1}{4}$ innen	340	260	230
Rohrentmischungsverfahren, Vorgrube, Hochbehälter			
Lagerzeit 5 Monate	310	230	200
insgesamt ¹⁾	1130	880	920

¹⁾ Summe der fettgedruckten Preisdaten.

- ▶ Bauaufsichts- und Bauordnungsamt
 - ▶ Wasserwirtschaftsamt
 - ▶ Gewerbeaufsichtsamt
 - ▶ Ordnungsamt
 - ▶ Straßenbauamt
 - ▶ Flurbereinigungs- oder Siedlungsbehörde
 - ▶ Naturschutz-, Denkmalschutzbehörde
- Nahezu alle landwirtschaftlichen Gebäude bedürfen daher vor der Errichtung, Änderung oder Nutzungsänderung der **baurechtlichen Genehmigung**. Folgende Punkte werden dabei vom Bauamt geprüft (Unterschiede bei einzelnen Länderbauordnungen):
- ▶ Ungefährdete öffentliche Ordnung und Sicherheit,
 - ▶ keine Bedrohung für Leben und Gesundheit,
 - ▶ Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Baukunst und Technik,
 - ▶ keine Verunstaltung des Gebäude-, Orts- und Landschaftsbildes,
 - ▶ Verkehrssicherheit auf Zu- und Abfahrten,
 - ▶ Einhalten der Grenzabstände,
 - ▶ gesicherte Wasserversorgung,
 - ▶ Standsicherheit,
 - ▶ Brandschutz,

- ▶ Wärmeschutz,
 - ▶ Schallschutz,
 - ▶ Lüftung,
 - ▶ Beleuchtung,
 - ▶ gesunde, artgerechte Tierhaltung.
- Als öffentlich-rechtlich **verantwortliche Personen** nennt das Baurecht (Abweichungen in den einzelnen Bundesländern!):
- ▶ Den Bauherrn,
 - ▶ den Entwurfsverfasser (Architekt),
 - ▶ den Bauunternehmer,
 - ▶ den Bauleiter.
- Bei der **Erstellung des Entwurfes** (s. Abschnitt 8.3, Seite 123) sind nach dem geltenden Baurecht zu berücksichtigen:
- ▶ **Grenzabstand:** Das Ziel ist, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und einen Nachbarnschutz zu erreichen. Die Mindestabstände sind in den Länderbauordnungen festgelegt. Sie richten sich vielfach nach der Gebäudehöhe und betragen – von Ausnahmeregelungen abgesehen – mindestens 3 m.
 - ▶ **Brandschutz:** Nach der jeweils geltenden Bauordnung; Regelung muß bei Behörden er-

fragt werden. Auswirkung: Gebäudeabstand, Bildung von Brandabschnitten (Brandwände).

Wärmeschutz: Nach dem Energieeinsparungsgesetz, bei Stallbauten Ausführung nach wirtschaftlichen Überlegungen (wird verschiedentlich nicht geprüft).

- ▶ **Immissionsschutz:** Nach Bundesimmissionsschutzgesetz zusätzliche Genehmigungspflicht wegen Möglichkeit der besonderen Umweltgefährdung für Anlagen mit mehr als 700 Mastplätzen, 250 Sauenplätzen, 7000 Legehennenplätzen, 14 000 Junghennen oder Mastgeflügelplätzen. Dabei entsprechen 1 Sauenplatz 3 Mastschweineplätze, 30 Hennenplätze oder 60 Junghennen- oder Mastgeflügelplätze. Die einzelnen Tierbestände sind zu »kumulieren«, soweit sie 10% der genannten Grenzwerte überschreiten. Standortwahl nach VDI-Richtlinie 3471 (s. Kapitel 7 »Hofplanung«, Seite 116).

- ▶ **Abfallbeseitigung:** Nach dem Abfallbeseitigungsgesetz und Wasserhaushaltsgesetz des Bundes und den Wassergesetzen der Länder, Überdüngungsverordnung zur Festsetzung der Ausbringung tierischer Exkremente auf landwirtschaftliche Nutzflächen.

- ▶ **Tierschutz:** Nach Bundestierschutzgesetz vor allem Sicherung der angemessenen artgemäßen Nahrung und Pflege und verhaltensgerechte Unterbringung der Tiere. Näheres in Rechtsverordnungen, die auf der Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse ausgearbeitet werden.

- ▶ **Gestaltung:** Betriebsgebäude sind Zweckgebäude ähnlich den gewerblich genutzten Gebäuden. Nach vorliegender Rechtsprechung schreitet die Bauaufsicht erst ein, »wenn das ästhetische Empfinden des Durchschnittsbetrachters (nicht eines Einzelnen) wirklich verletzt ist«.

Im Entwurf ist außerdem die Baunutzungsverordnung zu berücksichtigen. Auf dieser Verordnung beruhen *Flächennutzungspläne*, in denen die Gemeinden die Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen festlegen, und *Bebauungspläne*, in denen das Bauen auf den ausgewiesenen Flurstücken enthalten ist. Sie regeln u. a. die Aufgliederung in Bauflächen (Wohnbauflächen, gewerbliche Bauflächen usw.) und Baugebiete sowie die bauliche Nutzung von Grundstücken (z. B. Geschößflächenzahl, Baumassenzahl).

Die **bauliche Selbsthilfe** nimmt im Baurecht keine Sonderstellung ein. Das heißt, es bestehen grundsätzlich keine Einwände, wenn Unternehmer- oder Handwerkerarbeiten vom Bauherrn einwandfrei ausgeführt werden. Ein genügend sachkundiger

Landwirt kann im Einzelfall je nach Länderbauordnung den Bauleiter oder Bauunternehmer in ihrer Stellung als öffentlich-rechtlich Verantwortliche vertreten.

Auch gegen die **Nachbarschaftshilfe** am Bau gibt es keine prinzipiellen Einwände. Die Nachbarschaftshilfe wird erst dann zur *strafbaren Schwarzarbeit*, wenn die Leistungen in erheblichem Umfang aus Gewinnsucht erbracht werden.

Außerdem ist vorab zu klären, ob **Arbeitsunfälle** bei der Selbst- und Nachbarschaftshilfe noch durch die Landwirtschaftliche Berufsgenossenschaft abgedeckt werden oder Versicherungsschutz bei der Bau- oder Berufsgenossenschaft eingeholt werden muß. Die Entscheidung richtet sich nach dem Verhältnis der Gesamtbaukosten zum Umfang der Einnahmen aus dem landwirtschaftlichen Betrieb.

8.3 Vorplanung und Entwurf

Aus dem betriebswirtschaftlichen Konzept, das gemeinsam von Landwirt und Berater erstellt wird, entsteht das *Raumprogramm*. Letzteres bildet die Grundlage für die Bauplanung. Es umfaßt den gesamten Raumbedarf der zu planenden Produktionseinheit, ohne zunächst die ebenfalls zu berücksichtigenden Arbeitsverfahren einzubeziehen.

Aus dem Raumprogramm wird nach Auswahl der Arbeitsverfahren das *Funktionsprogramm* entwickelt. Bei modernen landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden sind Raum- und Funktionsprogramm nicht mehr zu trennen, da von Anfang an arbeitssparende Mechanisierungslösungen und die baulichen Anforderungen aufeinander abzustimmen sind.

Das Raum- und Funktionsprogramm bildet die Basis für den *Vorentwurf*. Die Vorentwürfe werden mit den verschiedenen, für die betreffende Baumaßnahme erforderlichen Baufachleuten (Bauingenieure, Statiker) abgesprochen und abgestimmt. Aus diesem Vorentwurf können erste überschlägige Kalkulationen des Kapitalbedarfes abgeleitet werden (s. Abschnitt 8.1, Seite 120). Der endgültige *Entwurf* enthält dann bereits die Bauform und die Bauweise.

8.4 Planung und Bauantrag

Ziel der weiteren Planungsschritte ist zunächst die Baugenehmigung. Bei problematischen Standorten und Ausführungsformen ist eine Bauvoranfrage zu empfehlen. Die Genehmigungspflicht ist in den **Länderbauordnungen** geregelt. Moderne landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterliegen im allgemeinen der Genehmigungspflicht.

Folgende **Unterlagen** (Bauvorlagen) müssen für den Antrag auf Erteilung einer Baugenehmigung (Bauantrag) zusammengestellt werden:

- ▶ **Lageplan:** Aus amtlicher Flurkarte, Maßstab nicht kleiner als 1:1000, mit vorhandenen und geplanten baulichen Anlagen (zur Übersicht auch 1:5000).
- ▶ **Bauzeichnungen:** Maßstab 1:100, Grundriß (aller Geschosse) mit Angabe der Nutzung und weiterer Einzelheiten, Schnitte (längs und quer) (Abb. 123), Ansichten; Angabe der Baustoffe und Bauarten, Änderungen (Umbauten).
- ▶ **Baubeschreibung:** Erläuterung von Konstruktion und Nutzung, Baukosten, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung.
- ▶ **Nachweise der Standsicherheit, des Wärme- und Schallschutzes und des Brandschutzes:** Darstellung des statischen Systems, Konstruktionszeichnungen, statische Berechnungen.
- ▶ **Grundstücksentwässerung:** Anlagen zur Beseitigung von Abwasser und Niederschlagswasser im Entwässerungsplan, Maßstab mindestens 1:1000, eventuell mit Beschreibung.

Die Bauvorlagen werden bei der zuständigen Bauaufsichtsbehörde eingereicht.

Außerdem sind die **Rechte und Pflichten der Grundstücksnachbarn** zu berücksichtigen. Sie sind im Bundesbaugesetz und auch in den Länderbauordnungen geregelt. So müssen u. a. den Eigentümern der benachbarten Grundstücke die Bauvorlagen zur Einsicht gegen Unterschrift gegeben werden.

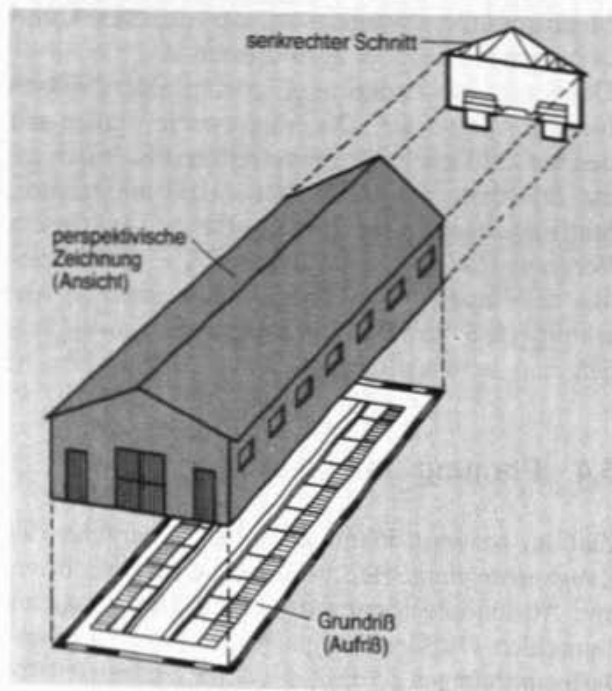


Abb. 123 Entstehung von Grundriß und senkrechten Schnitten.

8.5 Ausschreibung und Vergabe

Zu den Aufgaben des **Architekten** gehört neben der Ausschreibung der Bauleistungen die Anfertigung von Werkplänen und Detailzeichnungen (Maßstab 1:50, 1:10, eventuell 1:1), da die im Maßstab 1:100 vorliegenden Eingabepläne in ihrer Genauigkeit oft nicht ausreichen.

Weiterhin erstrecken sich die Aufgaben des Architekten auf Berechnung der Baukosten, Beaufsichtigung und Abrechnung. Durch fachgerechte Auswahl und Überwachung der Baufirmen trägt er dazu bei, daß der Bau ordnungsgemäß und kostengünstig abgewickelt wird.

Der Bau genehmigungspflichtiger Vorhaben kann erst beginnen, wenn die **Baugenehmigung** erteilt ist und die darin für den Baubeginn angeführten Auflagen erfüllt sind. Der Bauunternehmer verantwortet die Ausführung des Baues, die ordnungsgemäße Einrichtung und den sicheren Betrieb der Baustelle. Dazu ist außerdem ein verantwortlicher Bauleiter einzusetzen (Abweichungen bei einzelnen Länderbauordnungen!).

8.6 Baustellenvorbereitung

Die sorgfältige Baustelleneinrichtung trägt dazu bei, daß die Baudurchführung erleichtert wird und schützt vor Beschädigung und Verlust von Baustoffen.

Einige **wichtige Maßnahmen** sind:

- ▶ Bau einer Lkw-tragfähigen Zufahrt mit Wendemöglichkeit,
- ▶ Deponieplätze für Aushub und Baustoffe,
- ▶ absperrbare Bauhütte,
- ▶ Wasser- und Stromanschluß für die Baustelle,
- ▶ Einrichten einer Toilette.

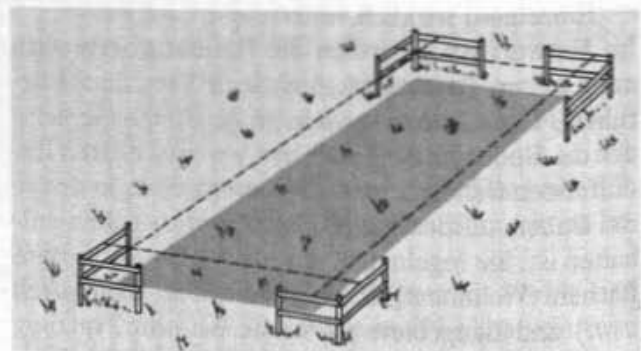


Abb. 124 Einrichten eines Schnurgerüsts.

Vor Beginn des Aushubes wird gemäß den Maßvorgaben im Lageplan ein **Schnurgerüst** erstellt, das die Gebäudeabmessungen darstellt. Ebenso sind die **Höhenmaße** festzulegen. Beides muß vor Baubeginn von der Bauaufsichtsbehörde abgenommen werden.

1 Bodenbearbeitung

1.1 Anforderungen und Verfahrensübersicht

Die Maschinen und Geräte für die Bodenbearbeitung greifen mechanisch in das Bodengefüge ein. Sie unterstützen so biologische, chemische und physikalische Vorgänge, die eine gute Bodenstruktur und das Pflanzenwachstum fördern.

Ihrem Einsatz sind folgende Ziele gesteckt:

► **Boden:**

- Erhalten oder Verbessern der Bodenstruktur,
- Herstellen eines günstigen Verhältnisses von luft- und wasserführenden Hohlräumen (Poren),
- Verhindern von Erosionsschäden,
- Ausnutzen der Zeitspannen, in denen die günstigste Bearbeitbarkeit des Bodens gewährleistet ist.

► **Pflanze:**

- Erfüllen der Pflanzen-Ansprüche an den Luft-, Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens,
- Schaffen günstiger Voraussetzungen für rasches, sicheres Keimen, optimales Pflanzenwachstum, sichere und hohe Ernteerträge,
- mechanische Bekämpfung von Unkräutern und Ungräsern.

► **Technik:**

- Lockern, Krümeln, Wenden und Mischen des Bodens in unterschiedlicher Tiefe und mit der erforderlichen Intensität, angepaßt an die Anforderungen des jeweiligen Standortes und der betreffenden Fruchtart,
- Einarbeiten von Ernterückständen, organischem und mineralischem Dünger,
- termingerechter und rentabler Geräteeinsatz durch hohe Flächenleistung, Gerätekoppelung und Kombination von Arbeitsgängen,
- Kosteneinsparung durch vielseitige und überbetriebliche Nutzung,
- energiebewußte Maschinenanwendung.

Bei diesen Maßnahmen wird der Boden zu unterschiedlichen Zeitpunkten, aber auch in verschiedener Tiefe bearbeitet. Die **technischen Maßnahmen** für die Bodenbearbeitung gliedern sich deshalb in vier wesentliche Bereiche:

► **Grundbodenbearbeitung** (Primär-Bodenbearbeitung): Bearbeiten des Bodens auf der gesamten Krumentiefe; in der Regel zur Hauptfrucht durchgeführt.

► **Stoppelbearbeitung:** Mitteltiefes Bearbeiten der abgeernteten Felder (vor allem Getreide), zugleich Einarbeiten von Ernterückständen.

► **Saatbettbereitung** (Sekundär-Bearbeitung, Oberflächen-Nachbearbeitung): Vorbereiten des Saatbettes für die Kulturpflanzen; Nachbearbeiten des tiefer gelockerten Bodens in einen flachen Horizont, der etwa der Saatgut-Ablagetiefe entspricht.

► **Unterbodenlockerung:** Bodenverbessernde Maßnahme, die nur in längeren zeitlichen Abständen durchgeführt wird; grobes Aufbrechen des Bodens unterhalb der Krume.

Das außerordentlich umfangreiche **Angebot von Maschinen und Geräten** für diese vielfältigen Bereiche der Bodenbearbeitung läßt sich nach dem in Abb. 125 (Seite 126) gezeigten Schema einordnen. Die wesentlichen **Effekte der Bodenbearbeitungsgeräte** bestehen im Wenden, Lockern, Mischen, Krümeln, Einebnen und Verdichten. Die einzelnen Bodenbearbeitungsgeräte bewirken diese Effekte in unterschiedlicher Weise, teilweise sehr gut, zum Teil nur bedingt (Abb. 126, Seite 126).

Es zeigt sich, daß die vielfältigen Aufgaben der Bodenbearbeitung von *einem* Universalgerät nicht zu bewältigen sind. Deshalb steht heute eine umfangreiche Palette unterschiedlicher Geräte- und Werkzeugformen zur Verfügung, von denen einige nur spezifische Wirkung erfüllen können, andere dagegen vielseitiger einzusetzen sind.

Aus ackerbaulichen und verfahrenstechnischen Gründen wird in zunehmendem Umfang das Zusammenfassen von Einzelgeräten zu Gerätekombinationen angestrebt. Deshalb kommt der »Kombinationsfähigkeit« der Geräte eine besondere Bedeutung zu.



Abb. 125 Einordnung der Bodenbearbeitungsgeräte.

1.2 Geräte für die Grundbodenbearbeitung

Beim Einsatz der Geräte für die Bearbeitung des Bodens auf volle Krumentiefe werden folgende **Ziele** verfolgt:

- ▶ Grobes und strukturschonendes Bearbeiten des Bodens,
- ▶ dem Standort und den Ansprüchen der Fruchtarten angepaßtes Wenden, Lockern, Krümeln und Durchlüften des Bodens,
- ▶ gezieltes Einarbeiten organischer Substanzen

- (Ernterückstände, Pflanzenbewuchs, Mist usw.) und von Mineraldünger,
 - ▶ mechanische Unkrautbekämpfung durch tiefes Unterbringen (»Ersticken«),
 - ▶ hohe Flächenleistung und termingerechte Arbeiterledigung,
 - ▶ bodenschonendes Anwenden der Geräte und der erforderlichen Schleppermotorleistungen,
 - ▶ hohe Funktionssicherheit und Verschleißfestigkeit,
 - ▶ geringer Reparatur- und Wartungsaufwand.
- Für diese Aufgaben steht eine umfangreiche **Gerätepalette** zur Verfügung.

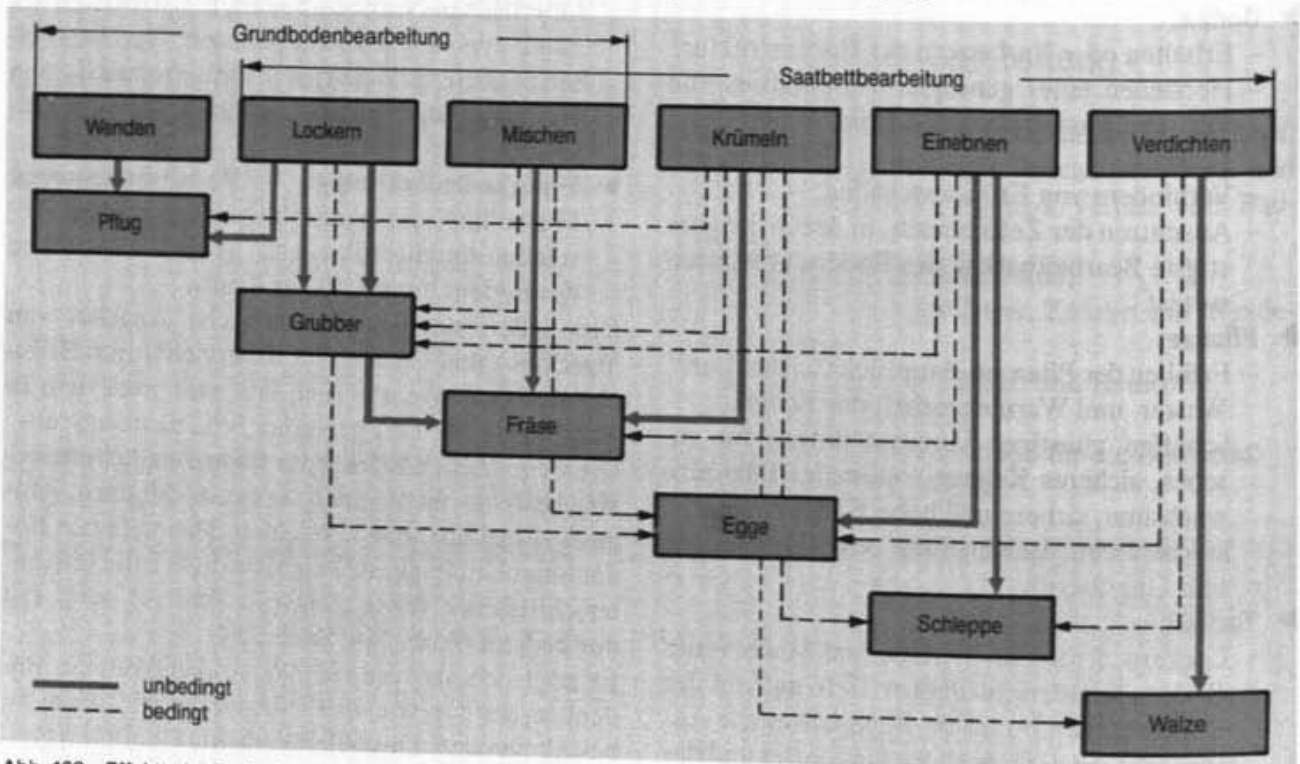


Abb. 126 Effekte der Bodenbearbeitungsgeräte.

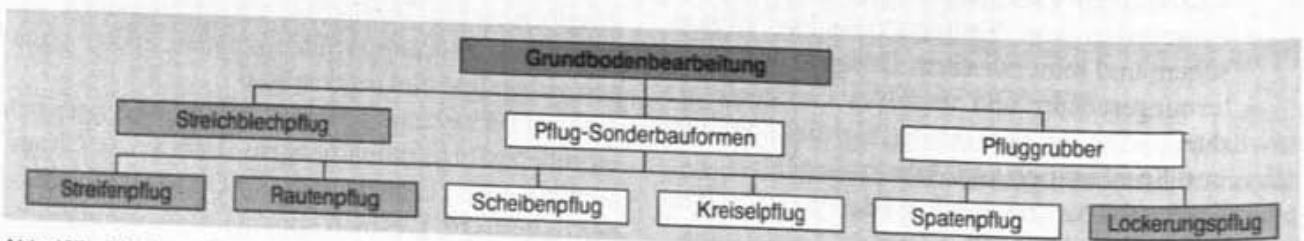


Abb. 127 Pflugbauarten.

Der *Streichblechpflug* (einschließlich der Varianten Streifen- und Rautenpflug) hat nach wie vor die größte Bedeutung und Verbreitung. Aus aktuellen Gründen (Bodenschonung, Strukturverbesserung, mehr »hebende« anstelle der »wendenden« Bearbeitung) finden jedoch z. B. Lockerungspflug, Pfluggrubber und Spatenmaschine zunehmendes Interesse (Abb. 127).

1.2.1 Pflug

Das sehr vielseitige und zahlreiche Angebot an Pflugbauformen und -typen läßt sich anhand einiger wesentlicher Unterscheidungsmerkmale systematisch einordnen (Abb. 128–132).

Arbeitswerkzeug – Beim **Streichblechpflug** (auch als »Scharpflug« bezeichnet) wird ein rechteckiger Erdbalken exakt aus dem ungepflügten Land herausgeschnitten und durch die Vorwärtsbewegung des Pfluges über das gewölbte Streichblech geschoben (Abb. 128). Dabei wird der Erdbalken in sich verschoben, gebröckelt, um ca. 120–140° gewendet und seitlich in die vom vorhergehenden Körper gezogene Furche abgelegt. Wie intensiv diese Vorgänge ablaufen, hängt vor allem ab von:

- ▶ der Körperform (Streichblechwölbung),
- ▶ der Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ vorhandenen Vorwerkzeugen,
- ▶ Bodenart und -zustand.

Dagegen zieht der **Scheibenpflug** eine muldenförmige Furche ohne exakte Furchenkante. Das gewölbte Scheibenschar hebt den Bodenausschnitt an und stürzt ihn, unterstützt vom Abstreifer, zur Seite.

Der **Meißelpflug** kann den erfaßten Bodenbereich lediglich grob aufbrechen und lockern, im Gegensatz zum Streichblechpflug jedoch nicht gezielt wenden.

Anlenkung am Schlepper – Von den drei Arten der Anlenkung des Pfluges am Schlepper haben unter unseren Einsatzbedingungen nur der Anbau- und der Aufsattelpflug Bedeutung. Sie werden am Gestänge des Heckkrafthebers angebracht (Abb. 129). Der Anhängerpflug ist nur noch im außereuropäischen Bereich anzutreffen, wo er vorzugsweise am Zugpendel des Schleppers angehängt wird.

Arbeitstiefe – Schälplflug, Saatpflug und Tiefpflug unterscheiden sich hinsichtlich der bevorzugt eingehaltenen Arbeitstiefe, den Abmessungen und der Anzahl der jeweils vorhandenen Pflugkörper. Je geringer die Arbeitstiefe, desto kleiner ist der Körper und desto größer ist die Körperanzahl pro Pflug.

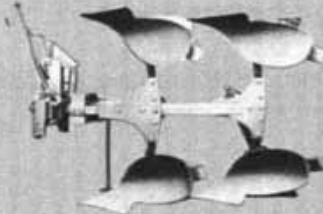
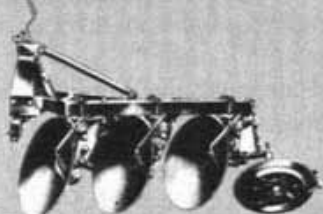

Arbeitswerkzeug	
Streichblechpflug (starr oder angetrieben)	Scheibenpflug (abrollend)
Arbeitswerkzeug	Kennzeichen
Streichblechpflug 	starres Schar und starrer Streichblech-, Streifen- oder Rautenkörper <i>oder</i> starres Schar, anstelle des Streichbleches ein von der Zapfwelle angetriebener, mit Schlägerwerkzeugen bestückter Kreiselkörper
Scheibenpflug 	gewölbte, selbstschärfende und schräg angestellte Hohl-scheibe; rollt beim Ziehen durch den Boden selbsttätig ab
Meißelpflug 	starre, schmale Meißelwerkzeuge an schräg stehender Halterung; teilweise kleine, verstellbare Scharplatten vorhanden

Abb. 128 Arbeitswerkzeuge am Pflug.

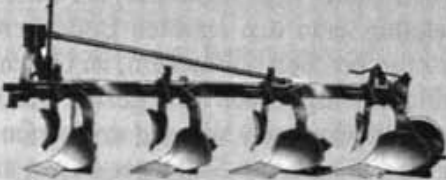

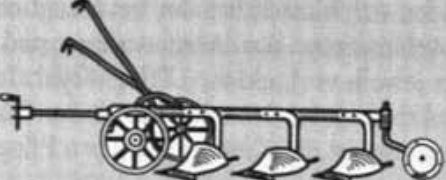
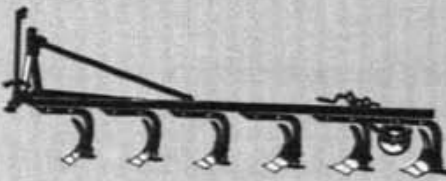
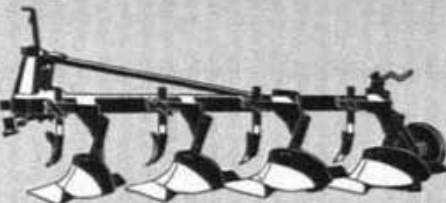
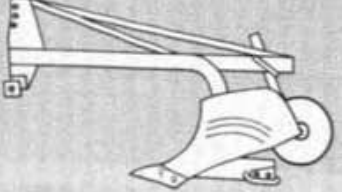
Anlenkung am Schlepper		
Anbaupflug	Aufsattelpflug	Anhängepflug
Anlenkung am Schlepper	Kennzeichen	
Anbaupflug 	mit Ober- und Unterlenker am normalen Dreipunktgestänge des Heckkrafthebers am Schlepper angebaut; aus Gewichtsgründen maximal Vier-Schar-Pflüge (stabile Voldrehpflüge) oder Fünf-Schar-Pflüge (leichtere Beetpflüge) verwendbar; typischer Regelhydraulik-Pflug, Ober- und Unterlenkerregelung möglich, Furchen-Laufrad zum Teil als Stützrad bei Straßenfahrt verwendbar	
Aufsattelpflug 	vorn von den Unterlenkern des Krafthebers, hinten von hydraulisch betätigtem Stützrad getragen; bei Zugwiderstandsregelung werden die Regelimpulse nur von den Unterlenkern übertragen; vorwiegend Pflüge mit großer Arbeitsbreite (fünf und mehr Körper)	
Anhängepflug 	an Ackerschiene oder Zugpendel des Schleppers angehängt; eigene Lauf- und Stützräder, über welche auch die Arbeitstiefe, Querneigung eingestellt wird; im Ausland häufiger, bei uns kaum noch verwendet	

Abb. 129 Pflug-Anlenkung am Schlepper (oben).

Abb. 130 Arbeitstiefe beim Pflügen (unten).

Arbeitstiefe		
Schälflug	Saatpflug	Tiefpflug
Arbeitstiefe	Kennzeichen	
Schälflug 	verkleinerte Pflugkörper, Schnittbreite ca. 20–25 cm/Schar, Arbeitstiefe bis ca. 15 cm; große Rahmenhöhe und Körperlängsabstände, um Verstopfungen zu vermeiden	
Saatpflug 	Universalpflug, derzeit bevorzugte Bauform, Schnittbreite vorwiegend 35 cm/Schar (seltener 30 oder 40 cm), Arbeitstiefe bis ca. 35 cm; unterschiedliche Rahmenhöhen, Körperlängsabstände und Stabilitäten vorhanden	
Tiefpflug 	extrem vergrößerter Streichblechkörper, Schnittbreite ca. 50–60 cm/Körper, Arbeitstiefe bis über 1 m; Spezialpflug für Meliorationsarbeiten, meist einfurzig verwendet	

Richtung der Bodenwendung – Beet- und Kehrflug unterscheiden sich in der Richtung der Bodenwendung. Obwohl der *Beetpflug* vor allem hinsichtlich Gewicht und Einstellmöglichkeiten gewisse Vorteile

besitzt, wird der *Kehrflug* (Volldrehpflug) in ständig steigendem Maße bevorzugt. Er ist vielseitiger einzusetzen und hinterläßt eine ebenere Feldoberfläche.

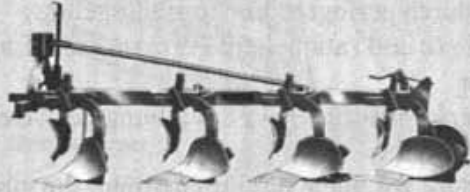
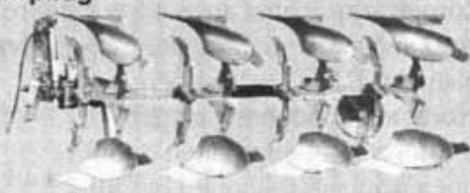
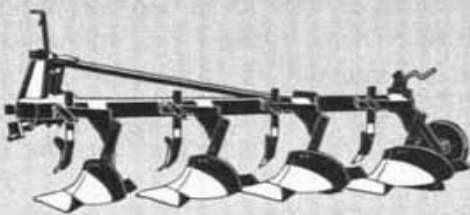
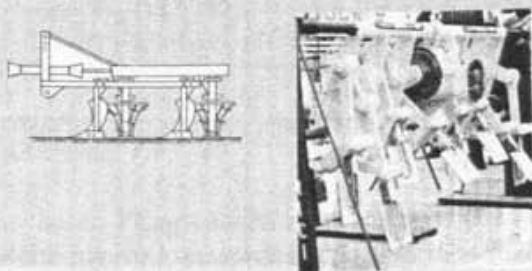
Richtung der Bodenwendung	
Beetpflug	Kehrflug (Volldrehpflug)
Richtung der Bodenwendung	Kennzeichen
<p>Beetpflug</p> 	<p>Erd balken wird nur nach einer Seite (meist nach rechts) gewendet; um bei breiten Feldern zeitaufwendige Leerfahrten am Vorgewende zu vermeiden, werden diese in 40–50 m breite Beete unterteilt; durch Zusammen- oder Auseinanderschlag in der Beetmitte entsteht unebene Feldoberfläche; einfache und billige Bauform</p>
<p>Kehrflug</p> 	<p>heute fast ausschließlich als Volldrehpflug; je zwei Pflugkörper spiegelbildlich auf einer Drehachse angeordnet; Erd balken wird stets nach einer Seite gewendet, dadurch ebene Feldoberfläche; besonders geeignet für unregelmäßig geformte und für hängige Flächen; jedoch schwerer, teurer und etwas schwieriger einzustellen</p>

Abb. 131 Richtung der Bodenwendung beim Pflügen (oben).

Abb. 132 Kraftübertragung beim Pflügen (unten).

Kraftübertragung	
gezogene Pflüge	Pflüge mit Zapfwellen-Antrieb
<p>Streichblech-, Streifen-, Rauten-, Scheiben-, Lockerungspflug</p>	<p>Kreiselpflug, Spatenmaschine</p>
Kraftübertragung	Kennzeichen
<p>gezogene Pflüge</p> 	<p>Pflug am Schlepper angebaut, aufgesattelt oder angehängt; erforderliche Zugkraft wird ausschließlich über die Schlepper-Antriebsräder übertragen; Bearbeitungseffekt verfahrenstechnisch abhängig von Körperform und Fahrgeschwindigkeit</p>
<p>Pflüge mit Zapfwellenantrieb</p> 	<p>bei Kreiselpflug (mit Pflugschar und rotierendem Kreiselpörper) verringerter <i>Zugkraft</i>bedarf, aber zusätzlicher <i>Drehleistungs</i>bedarf; dadurch im Vergleich zum gezogenen Pflug ca. 20% höherer <i>Gesamtleistungs</i>bedarf; krümelt und mischt jedoch intensiver; bei Spatenmaschine Antrieb der Einzelspaten über Rotor oder gekröpfte Welle; fast nur <i>Drehleistungs</i>bedarf erforderlich; Bearbeitungseffekt abhängig von Spaten-Bissenlänge, Spatenform und Arbeitsgeschwindigkeit</p>

Kraftübertragung – Der *gezogene Pflug* ist als Standardbauform und überwiegend verwendeter Pflugs-*typ* anzusehen. Er kann jedoch den erfaßten Erdbal-*ken* nicht mischen. Deshalb ist beim *Kreiselpflug* das feststehende Streichblech durch einen rotierenden, von der Schlepperzapfwelle angetriebenen Kreis-*körper* mit Schlägerleisten ersetzt. Auch die *Spaten-**maschine* wird mit hohem Wirkungsgrad von der Schlepperzapfwelle angetrieben. Sie soll vor allem eine Pflugsohlenbildung vermeiden (Abb. 132).

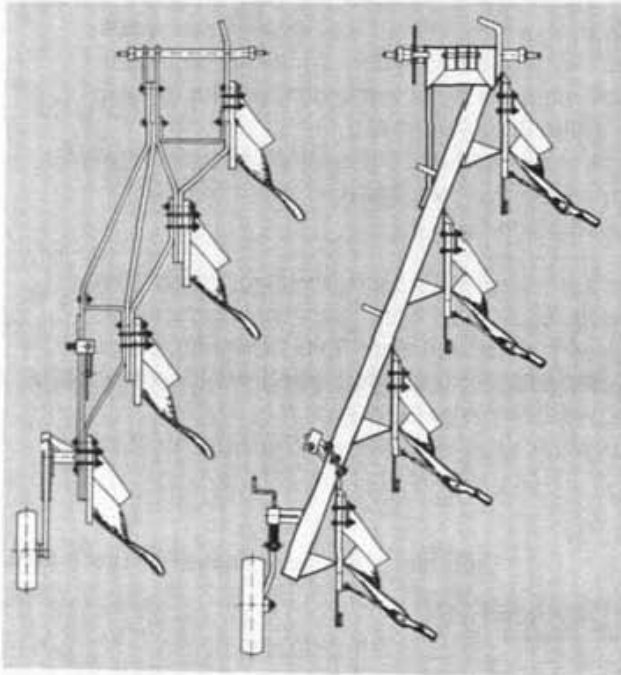


Abb. 133 Pflugbauformen, links: Rahmenbauweise, rechts: Holmbauweise.

Streichblechpflug – Der Pflugaufbau und die Bauteile beeinflussen sehr wesentlich die Einsatzmöglichkeiten des Streichblechpfluges. Die *Holmbauweise* hat die frühere *Rahmenbauweise* fast völlig verdrängt (Abb. 133).

Als wesentliche **Vorteile** sind zu nennen:

- ▶ Baukastenprinzip möglich, d. h. die Körperzahl kann je nach den Einsatzbedingungen vergrößert oder verkleinert werden;
- ▶ einfaches Anbringen und Verstellen der Vorwerkzeuge,
- ▶ meist »außenliegende« Körper und Vorwerkzeuge, dadurch geringere Verstopfungsgefahr,
- ▶ einfachere und rationellere Fertigung und Lagerhaltung.

Die **Körperform** wird von der Wölbung des Streichbleches bestimmt.

Sie beeinflußt vor allem das Furchenbild, die günstige Fahrgeschwindigkeit und den Einsatzbereich.

Von der Körperform ist aber auch die erzielbare Bodenlockerung und damit die **Zunahme des Bodenvolumens** abhängig. Die Zunahme beträgt bei

- ▶ Kulturform auf Sandboden ca. 30%,
- ▶ Universalform auf Lehmboden ca. 40%,
- ▶ Schraubenform auf Tonboden ca. 50%.

Allgemein gilt, je *steiler* das Streichblech ist, desto

- ▶ besser die Lockerung,
- ▶ ebener die Bodenoberfläche,
- ▶ besser geeignet für leichtere Böden,
- ▶ höher der Zugkraftbedarf.

Je *stärker es gewandelt* ist, desto

- ▶ geringer die Lockerung,

Körperform	Einsatzbereich (Bodenart)	Furchenbild und Dammform	mögliche Arbeitsgeschwindigkeit km/h	gute Wendung bei Verhältnis Breite (b): Tiefe (t)
Kulturform 	Sand bis sandiger Lehm (auch für Schäl-pflug)	schüttend, eben	4–5	b mind. = t
Universalform 	sandiger bis schwerer Lehm	bröckelnd, deutliche Dämme	5–6	b mind. = t
Wendelform 	Lehm und Ton	rauh, leicht geformte Dämme	5–7	ca. 1,2:1
Schraubenform 	Grasland	steif, Dämme deutlich geformt	7–8	ca. 1,4:1

Abb. 134 Übersicht über Pflugkörperformen und deren Einsatzbereiche.

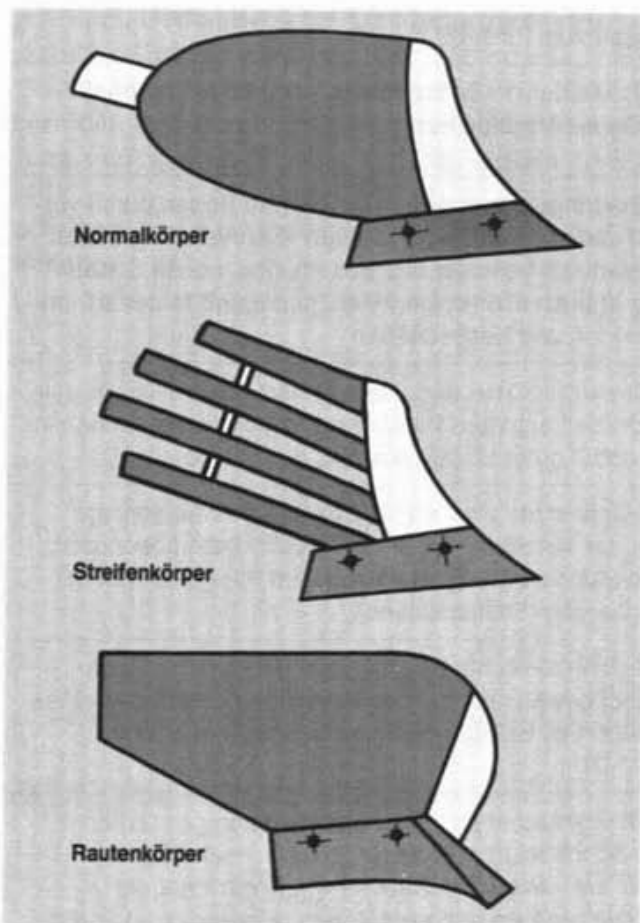


Abb. 135 Merkmale wichtiger Pflugkörperformen.

- ▶ ausgeprägter die Erdbalkendämme,
- ▶ höher die mögliche Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ besser geeignet für schwerere Böden.

Neben dem vorwiegend verwendeten, herkömmlichen Streichblechpflug gibt es einige **Sonderbauformen** (Abb. 135).

Der **Streifenkörper** besitzt anstelle des vollflächigen Streichbleches einzelne Streifen. Streifenkörper »putzen« sich auf schweren, klebenden sowie lockeren, puffigen Böden besser als Normalkörper.

Beim **Rautenkörper** ist die vordere Streichblechkannte vorgewölbt und bewirkt einen rautenförmigen Erdbalken-Querschnitt. Die breitere Furche verbessert vor allem bei Schleppern mit breiter Bereifung die Triebkraftübertragung zwischen Reifen und Boden.

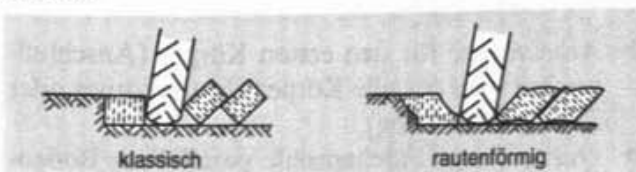


Abb. 136 Erdbalkenform, links: konventioneller Pflug, rechts: Rautenpflug.

Auch den **Pflugscharen** können spezielle Einsatzbereiche zugeordnet werden, die bei Auswahl und Einsatz des Pfluges zu berücksichtigen sind (Abb. 138).

Bauform	Anbringung an	Wirkung
Messersech 	Grindel, Holm oder Rahmen	Vorschneiden des Erdbalkens; seitliche Führung des Pfluges
Scheibensech 	Grindel, Holm oder Rahmen	Vorschneiden des Erdbalkens; Durchschneiden von Pflanzenresten
Anlagesech 	Anlage	Vorschneiden des Erdbalkens; seitliche Führung des Pfluges; weniger Verstopfungen
Düngereinleger 	Grindel, Holm oder Rahmen	Einlegen von Stalldung, Pflanzenmaterial (z.B. Gründüngung) oder Ernterückständen
Strohleithorn 	Pflugkörper, Grindel	Einlegen von Ernterückständen; Verhindern von Verstopfungen
Einlegestreichschiene 		

Abb. 137 Anbringung und spezielle Wirkung der wichtigsten Vorwerkzeuge am Pflug.

Vorwerkzeuge unterstützen die Arbeit des Pfluges beim exakten Herausschneiden des Erdbalkens und beim Einarbeiten von Ernterückständen.

Nachwerkzeuge haben verschiedene Aufgaben:

- ▶ Am Pflugkörper angebrachte Lockerungszinken oder -schare brechen verhärtete oder verdichtete Bodenschichten auf (z. B. Pflugsohlen).
- ▶ Ein am Pflugrahmen vor dem ersten Körper angeordnetes Schar lockert den in der Furche von den Schlepperreifen festgefahrenen Boden auf.

Überlastsicherungen sollen beim Einsatz des Pfluges auf stark steinigem oder extrem verhärteten Böden nicht fehlen, damit insbesondere Schar und Streichblech vor Überbeanspruchung geschützt und teure Reparaturen vermieden werden. Dies ist um so wichtiger, je schneller gepflügt wird und je leistungsstärker der Schlepper ist (Abb. 139, Seite 133).





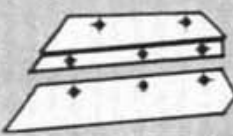


Scharform	für Bodenart	Erläuterungen zum Einsatz
Spitzschar 	leicht bis mittelschwer	schlanke Schneide und Spitze, bleibt lange scharf, auch für flaches Pflügen (Schälfrucht)
Schnabelschar 	mittel bis schwer, nicht extrem steinig	besseres Eindringungsvermögen auf hartem Boden durch vorgezogenen und nach unten gerichteten »Schnabel«; größerer Untergriff, dadurch besserer Sitz des Pfluges, behält Schärfe und Untergriff auch über längere Zeit; genügend Material zum Nachschmieden und Nachschärfen
Perfektschar 	universell, für problemlose Böden	verschleißfestes, selbstschärfendes Schar; durch Welle in der Scharspitze (Sicke) gegen Verbiegungen stabilisiert, großer Untergriff, damit guter Einzug und Sitz des Pfluges
Winkelschar 	steinig	als Winkel-Spitzschar stellt es ein Spezialschar für steinige Böden dar; der Verstärkungswinkel gewährleistet besondere Stabilität; besonders geeignet für schwere Pflugbauarten mit Überlastsicherung (Steinauslöser)
	schwer, bindig, klebend	als Winkel-Schnabelschar Spezialschar für schwere Böden; der Schnabel gewährleistet gutes Eindringen auch bei leichteren Pflugbauarten; weniger geeignet für Pflüge mit Stein-sicherung
Klingenschar 	leicht bis mittelschwer, steinfrei	das Spitz-Klingenschar ist dünner als die oben genannten Spitz- und Schnabelschare, daher kein Nachschärfen erforderlich; als »Wegwerfschar« oft wirtschaftlicher als Normalschare, da kein Nachschmieden erforderlich ist und Preis nur ca. 25–30% eines Normalschares beträgt
	leicht bis mittelschwer, auch hart und steinig	das Meißel-Klingenschar zeigt durch die meißelartige Spitze ein besseres Eindringvermögen auf verhärteten oder steinigen Böden
Meißelschar 	sehr steinig, extrem hart	Scharspitze (Zone des stärksten Verschleißes) besteht aus einem fest angeschweißten oder nachschiebbaren Meißel, seine hohe Materialqualität bewirkt verzögerte Abnutzung; bei Nachschiebmeißel kann Untergriff rasch an die jeweiligen Einsatzverhältnisse angepaßt werden
Wechselspitzen-Schnabelschar 	hart bis steinig	verschleißfeste Scharspitze kann bei Abnutzung leicht und rasch ausgewechselt werden, behält Untergriff für lange Zeit, Nachschmieden und Nachschärfen der Spitze entfällt

Abb. 138 Pflugscharformen und deren Einsatzbereiche.

Die richtige **Pflugeinstellung** soll sicherstellen, daß

- ▶ das ganze Feld gleichmäßig und vollständig bearbeitet wird,
 - ▶ die Erdbalken gleichmäßig gewendet werden,
 - ▶ keine unregelmäßige Bodenoberfläche entsteht.
- Dafür sind verschiedene Einstellmöglichkeiten am Pflug bzw. am Krafthebergestänge des Schleppers vorhanden:

- ▶ **Furchentiefe:** möglichst für alle Körper gleichmäßig,

- ▶ **Arbeitsbreite** für den ersten Körper (Anschlußfurchen) oder für alle Körper (Einzelkörper oder Zentralverstellung),
- ▶ **Querneigung:** Furchensole parallel zur Bodenoberfläche.

Pflug-Sonderbauformen – Neben dem vorwiegend verwendeten Anbau- oder Aufsattel-Streichblechpflug gibt es einige Sonderbauformen.

Bei **Front-Heckpflug-Kombinationen** sind die Körper teils frontseitig, teils heckseitig am Schlepper an-

geordnet. Dadurch soll bei Allradschleppern eine zusätzliche Gewichtsbelastung der Vorderräder, eine gleichmäßige Belastung aller angetriebenen Schleperräder und somit eine bessere Zugkraftübertragung und weniger Schlupf erreicht werden (Abb. 140).

Scheiben- und **Kreiselpflug** finden bei uns kaum Anwendung.

Die zapfwellengetriebene **Spatenmaschine** soll die

Grundbodenbearbeitung auf schweren, verhärteten und nassen Böden ohne Schlupfgefahr ermöglichen, die Pflugsohlenbildung vermeiden und ein größeres Porenvolumen schaffen. Es werden zwei Bauformen angeboten (Abb. 141, Seite 134):

- ▶ Rotationsprinzip (ähnlich wie bei der Bodenfräse),
- ▶ Stich-Wurf-Prinzip mit gesteuerten Einzelspaten und Prallfläche.

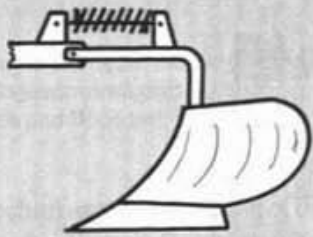
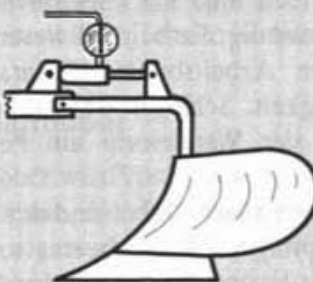
Überlastsicherung	Funktionsmerkmale
<p>mechanisch</p> 	<p>als Überlast-Sicherungselement werden vorwiegend Schraubenfedern, Blattfedern oder Gummipuffer verwendet; Anbringung über den Pflugkörpern oder innerhalb des Pflugholm-Hohlprofils; ein spezielles Kniehebelsystem bewirkt, daß die größte Rückstellkraft in Arbeitsstellung vorliegt und beim Auslenken (Auftreffen auf ein Hindernis) abnimmt (dadurch schonende Sicherung), Auslösewiderstand für jeden Körper getrennt einstellbar; sehr funktionssicher, preiswert, unproblematisch hinsichtlich Wartung und Einstellung, deshalb heute oft bevorzugt eingebaut</p>
<p>hydraulisch</p> 	<p>von der Schlepperhydraulik gespeistes Sicherungssystem mit entweder zentralem Druckspeicher für alle vorhandenen Pflugkörper oder Einzelspeicher pro Körper; Auslösewiderstand kann durch Druckveränderung den jeweiligen Einsatzverhältnissen angepaßt werden; sehr elegante Lösung, aber im Vergleich zum mechanischen System teurer; etwas höhere Rückstellkräfte einstellbar</p>

Abb. 139 (oben) Überlastsicherungen und deren Funktionsmerkmale.

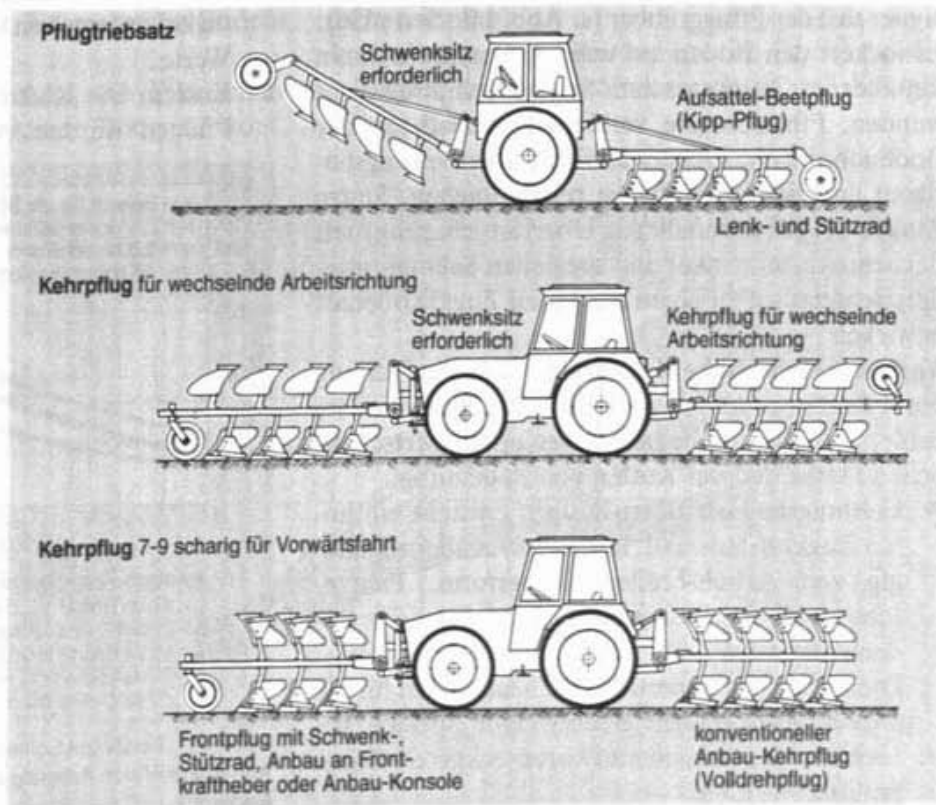


Abb. 140 Front-Heckpflug-Kombinationen.

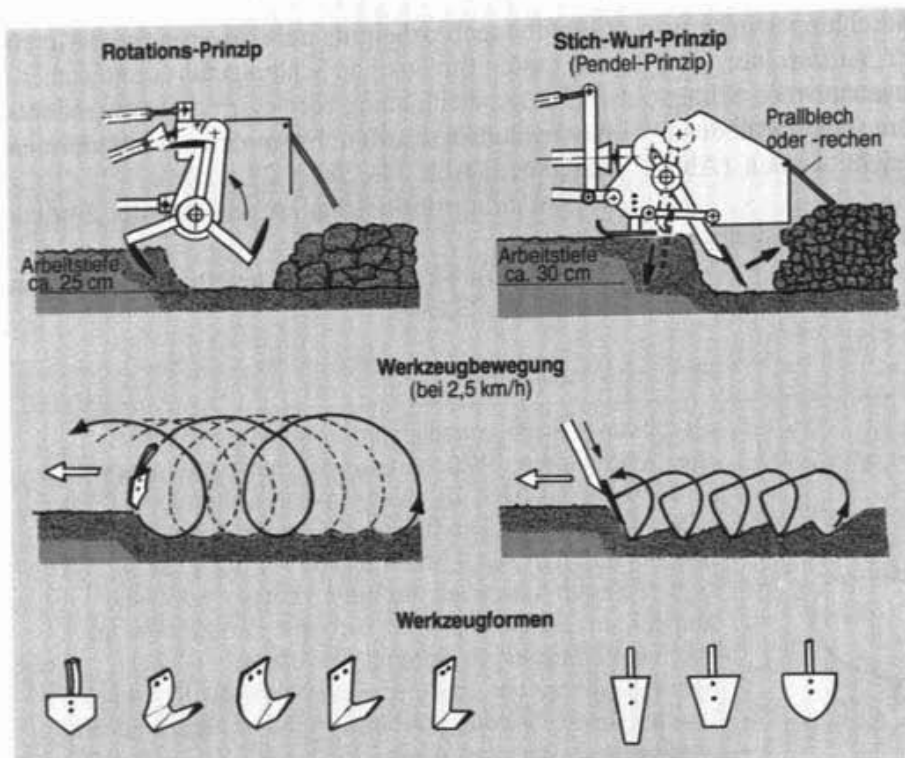


Abb. 141 Aufbau und Wirkungsweise von Spatenmaschinen mit Rotations- und Stich-Wurf-Prinzip.

Der **Lockerungspflug** (Parapflug) besitzt schräg angeordnete Zinken mit schmalen Scharen, die etwa auf Pflugtiefe durch den Boden gezogen werden. Die Lockerungswirkung läßt sich durch verstellbare Scharplatten verändern. Dieser Pflugtyp wird bevorzugt bei Minimal-Bestellverfahren zur Bodenlockerung (ohne Wendung) eingesetzt.

Pflug-Grubber – Für einen (zumindest zeitweisen) Ersatz des Pfluges bei der Grundbodenbearbeitung eignet sich der Pfluggrubber (s. Abb. 146, Seite 136). Er lockert den Boden auf volle Krumentiefe, kann ihn aber im Gegensatz zum Streichblechpflug nicht wenden. Pflanzenreste verbleiben deshalb an der Bodenoberfläche. Außerdem sind Bearbeitungshorizont und Bodenoberfläche relativ uneben. Starre Zinken (gegebenenfalls mit Überlastsicherung) mit flachem Anstellwinkel und speziellen Schmal- oder Spitzscharen sollen einen tragbaren Zugkraftbedarf bewirken.

Verfahrenstechnische Kenndaten – Für die Planung des Pflugeinsatzes ist vor allem die Kenntnis des Schlepper-Leistungsbedarfes, der arbeitswirtschaftlichen Daten und der Kosten von Bedeutung.

► **Leistungsbedarf:** Beim Pflügen entsteht ein hoher Zugkraftaufwand. Dieser ist vor allem abhängig von Arbeitsbreite, Körperform, Fahrgeschwindigkeit, Bodenart und spezifischem Bodenwiderstand.

Die nötige Schlepper-Motorleistung kann für die jeweils vorliegenden Bedingungen speziell berechnet oder anhand von vorberechneten Daten ermittelt werden.

- **Flächenleistung:** Sie wird im wesentlichen beeinflusst von Arbeitsbreite (Scharzahl), Fahrgeschwindigkeit, Schlaggröße und Schlaglänge sowie von der Wendeform am Feldende (Abb. 144).
- **Arbeitszeitbedarf:** Dabei sind der Zeitbedarf für das Auspflügen des Vorbeetes sowie nicht vermeidbare Verlustzeiten berücksichtigt. Für verschiedene Arbeitsbreiten und Arbeitsgeschwindigkeiten ergeben sich die in Abb. 145 gezeigten Werte.
- **Kosten:** Die Kosten der Arbeitserledigung beim Pflügen werden vor allem vom bauartspezifischen

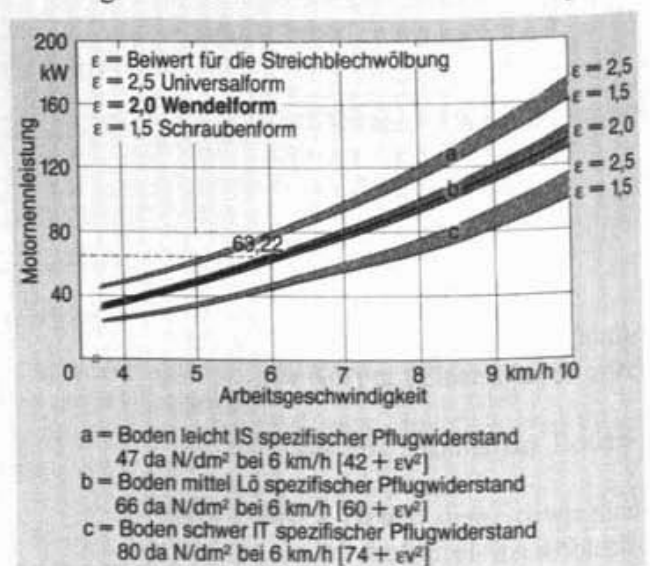


Abb. 142 Benötigte Schlepper-Motorleistung beim Pflügen in Abhängigkeit von Arbeitsgeschwindigkeit, Körperform und Bodenart.

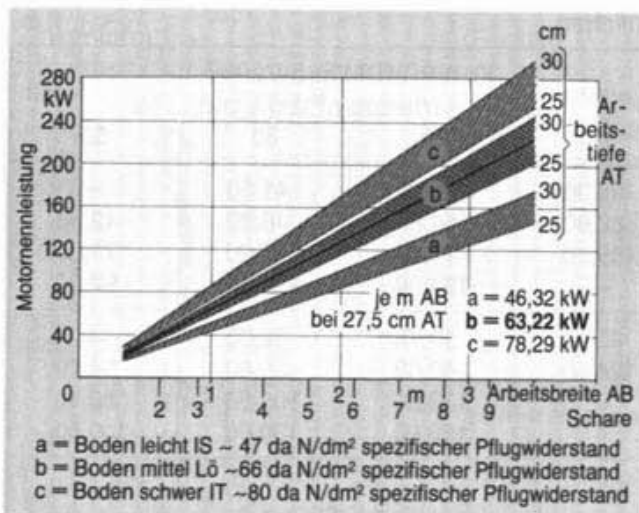


Abb. 143 Benötigte Schlepper-Motorleistung beim Pflügen mit 6 km/h Arbeitsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Arbeitstiefe und Bodenart.

schen Anschaffungspreis und von der Einsatzfläche je Jahr bestimmt. Bei hohen Anschaffungspreisen und geringer jährlicher Einsatzfläche ist ein Kostenvergleich mit dem überbetrieblichen Einsatz anzustellen (Tabelle 67, Seite 136).

1.2.2 Schälgrubber

Der Schälgrubber wird vorzugsweise für die Stoppelpbearbeitung sowie das Einarbeiten von Pflanzenrückständen, organischem Dünger usw. eingesetzt und hat den Schälflug weitgehend verdrängt. Er soll dabei folgende **Anforderungen** erfüllen:

- ▶ Mitteltiefes Lockern und Krümeln des Bodens (bis 15 cm Arbeitstiefe),
- ▶ oberflächennahes Einmischen von Pflanzenresten in einen umsetzungsaktiven Bodenhorizont,

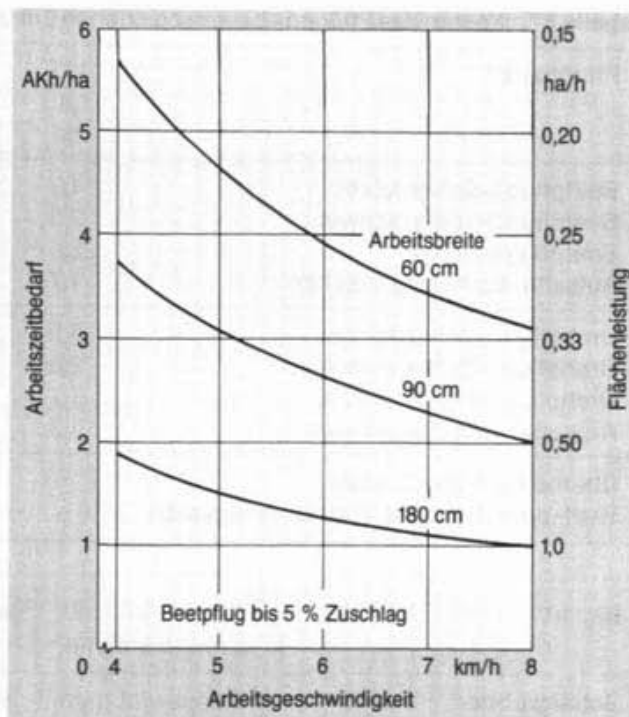


Abb. 145 Arbeitszeitbedarf beim Pflügen (Drehpflug).

- ▶ Schaffen eines günstigen Keimbettes für Unkrautsamen und Ausfallgetreide,
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung.

Bauarten – Heute werden die in Abb. 146 (Seite 136) gezeigten Formen bevorzugt angewendet. Bearbeitungseffekt, Funktionssicherheit und Leistungsbedarf des Schälgrubbers werden vor allem von Gesamtaufbau, Zinkenausbildung und Scharform beeinflusst:

- ▶ Ein enger *Strichabstand* (ca. 20–25 cm) gewährleistet das einwandfreie Lockern und Krümeln des Bodens,

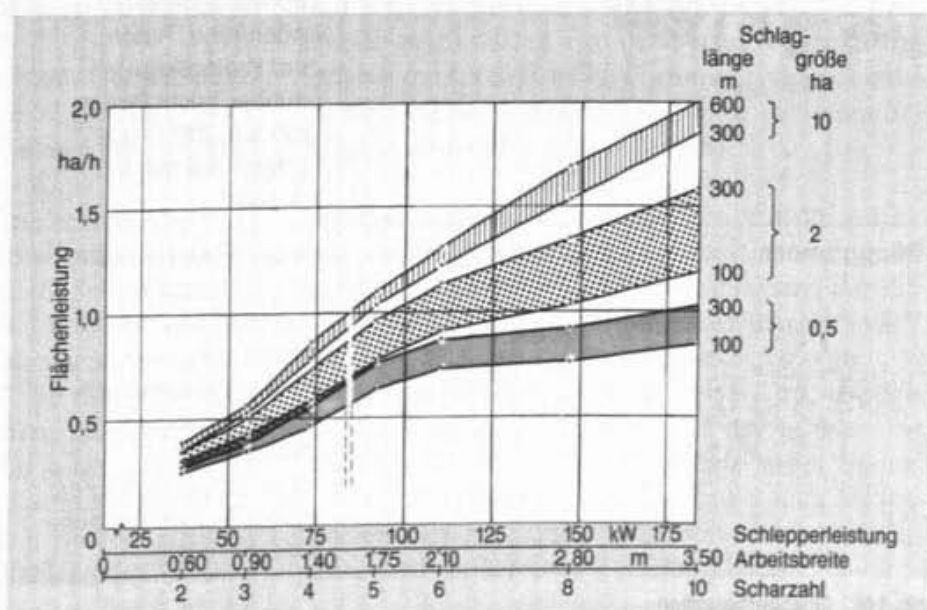


Abb. 144 Leistung mehrschariger Kehrpfüge (ohne Rüst- und Wegezeiten, $v = 7$ km/h).

Tabelle 67 Kosten des Pflügens bei verschiedenen Einsatzflächen.

Pflugbauart	AKh je ha	Kosten in DM/ha bei einer jährlich bearbeiteten Fläche von ... ha			
		10	20	30	50
Beetpflug 2-Schar, leicht	4,0	56,30	45,20	41,50	–
Beetpflug 3-Schar, schwer	2,5	82,80	54,80	48,80	42,30
Beetpflug 4-Schar	2,0	139,70	97,10	82,90	71,50
Aufsattel-Beetpflug, 5-Schar	1,7	–	134,00	110,00	92,00
Drehpflug 2-Schar, leicht	3,3	85,00	58,75	50,00	–
Drehpflug 3-Schar, schwer	2,0	124,50	80,50	65,80	54,10
Drehpflug 4-Schar, schwer	1,7	–	130,50	102,50	80,10
Aufsatteldrehpflug 5-Schar	1,3	–	166,00	130,00	100,00
überbetrieblicher Einsatz Beet- oder Drehpflug (Verrechnungssatz)	–	100,00			


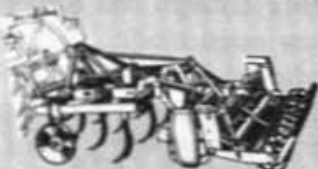

Bauart	Haupt-Einsatzbereiche	Merkmale	Zinken- und Scharform	Arbeitsbreite
Schälgrubber 	Stoppelumbruch, Stroheinarbeitung	3- oder 4-balkiger Rahmen; Zinken derart verteilt, daß trotz engen Strichabstandes geringe Verstopfungsgefahr besteht; Strichabstand ca. 20–25 cm; gezogene und abrollende Nachläufer für zusätzliches Krümeln, Einebnen und Mischen	steil angestellte Zinken, starr, halb- oder vollgefedert; Doppelherzschar, Gänsefuß-Breitschar oder Schmal-schar	bis ca. 4 m
Kurzgrubber 	Stoppelumbruch, Stroheinarbeitung, pfluglose Bestellung	1- oder 2-balkiger Rahmen, Zinken in 1 oder 2 Reihen hintereinander angeordnet; Strichabstand je nach Scharbreite 30–50 cm; meist gekoppelt mit Zapfwellengerät (z.B. Bodenfräse, Rotor- oder Kreiselegge); Grubber bricht Boden grob auf, ZW-Gerät krümelt und mischt intensiv	steil angestellte, starre Zinken; Flügelschare mit unterschiedlicher Flügelform und -breite; gegebenenfalls Überlastsicherung	bis ca. 5 m
Pfluggrubber 	zeitweiser Pflugersatz	meist 2- oder 3-balkiger, sehr stabiler Rahmen; Strichabstand 30–35 cm; wirkt vorwiegend aufbrechend, weniger mischend; meist ohne Nachläufer, hinterläßt sehr unebene Feldoberfläche	flach angestellte Zinken, starr oder mit Überlastsicherung; vorwiegend Schmal- oder Spitzschare	bis ca. 4 m

Abb. 146 Grubberbauarten.


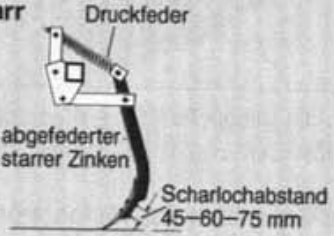
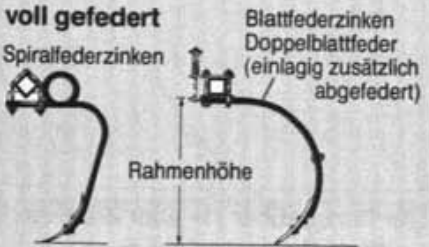

Zinkenform	Funktion
starr 	auch bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit sicheres Einhalten der Arbeitstiefe; Scherschraube oder Feder als Überlast-Sicherung
halbstarr 	Federwirkung einstellbar; Arbeitstiefe auf wechselnden Böden ungleichmäßig; wirksamer Überlastungsschutz
voll gefedert 	Zinken federt bei Überlastung aus; Vibration im Boden fördert die Krümelwirkung; kann seitlich und in der Tiefe ausweichen, deshalb kein gleichmäßiger Tiefgang und Strichabstand
starr (Meißel) 	typischer Zinken für Lockerung auf volle Krumentiefe; beschränkte Mischwirkung; durch flachen Anstellwinkel geringerer Zugkraftbedarf; starre und abgefederte Zinken

Abb. 147 Bauformen und Funktion von Schwergrubberzinken.

- ▶ ein großer seitlicher und diagonaler *Zinkendurchgang* sowie eine ausreichende *Rahmenhöhe* sorgen für geringe Verstopfungsanfälligkeit und gutes Mischen; um dies zu erreichen, sind die Zinken auf drei oder vier Balken verteilt angebracht,
- ▶ starre *Zinken* (gegebenenfalls mit Überlastsicherung) mit steilem Anstellwinkel erreichen einen guten Mischeffekt und halten eine gleichmäßige Bearbeitungstiefe ein (Abb. 147);
- ▶ geeignete *Scharformen* sollen die intensive Lockerung und Mischung bei tragbarem Leistungsbedarf gewährleisten (Abb. 148, Seite 138).

Nachläufer – Schälgrubber werden heute grundsätzlich mit Nachläufern eingesetzt, um möglichst in einem Arbeitsgang den gewünschten Bearbeitungseffekt zu erzielen. Diese Nachläufer lassen sich in ihrer Wirkung gezielt einstellen, austauschen oder kombinieren. Je nach Bauweise dienen sie zum zusätzlichen Einebnen, Krümeln, Verdichten oder Mischen (s. auch Abb. 169, Seite 150).

Kurzgrubber – Werden Nachläufer mit Zapfwellen-Antrieb verwendet (z. B. Bodenfräse, Rotoregge, Kreiselegge), braucht der vorlaufende Grubber den Boden nur grob aufzubrechen. Das flache Krümeln und Mischen übernimmt das Zapfwellengerät. Die hierfür verwendeten ein- oder zweibalkigen Kurzgrubber mit speziellen Flügelscharen ermöglichen eine sehr kurze, kompakte Bauweise der gesamten Kombination (Abb. 149, Seite 138).

Verfahrenstechnische Kenndaten – Für die *verfahrenstechnische Beurteilung* des Grubbers sind vor allem Kenntnisse über den Leistungsbedarf, die Flächenleistung (Schlagkraft), den Arbeitszeitbedarf, den Kapitalbedarf und die Einsatzkosten nötig. Der *Leistungsbedarf* für den Grubber wird vor allem von der Scharzahl, der Bauweise der Schare, von Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitstiefe sowie Bodenart und -zustand bestimmt. Da die gesamte Schlepperbreite »spurdeckend« bearbeitet werden soll, ergibt sich ein hoher Gesamtleistungsbedarf.




Scharform	Merkmale
<p>Doppelherz-Schar</p>  <p>13–15 cm</p>	<p>Universal-Schar, auf den meisten Böden einzusetzen; bei Abnutzung der in Bodeneingriff befindlichen Scharseite ist durch Drehen um 180° beidseitige Verwendung ohne Scharaustausch möglich; bei ca. 20–25 cm Strichabstand intensive Lockerungs- und Mischwirkung, allerdings kein ebener Bearbeitungs-Horizont; die Mischwirkung wird durch das obere, nicht im Boden befindliche »Herz« unterstützt</p>
<p>Gänsefuß-Breitschar</p>  <p>ca. 30 cm</p>	<p>wegen der großen Schnittbreite pro Schar (ca. 30 cm) besonders für eine extrem flache Stoppelbearbeitung geeignet; bei größerer Bearbeitungstiefe und verhärteten Böden steigt Zugkraftbedarf rasch an; im Vergleich zum Doppelherzschar ist ein größerer Strichabstand möglich, trotzdem entsteht ein relativ ebener Bearbeitungshorizont</p>
<p>Flügelschar</p>  <p>ca. 30 cm</p>	<p>neuentwickeltes Spezial-Schar, welches vor allem für Kurzgrubber (1- oder 2-balkig, ca. 30–40 cm Strichabstand) verwendet wird; das mittlere Spitzschar soll auch auf schweren, verhärteten Böden ein sicheres Eindringen gewährleisten; Flügelschare sollen vor allem den Boden auflockern und grob brechen; ihre Mischwirkung ist begrenzt und muß von dem nachgeschalteten Zapfwellengerät übernommen werden</p>

Abb. 148 Scharformen für Grubber.

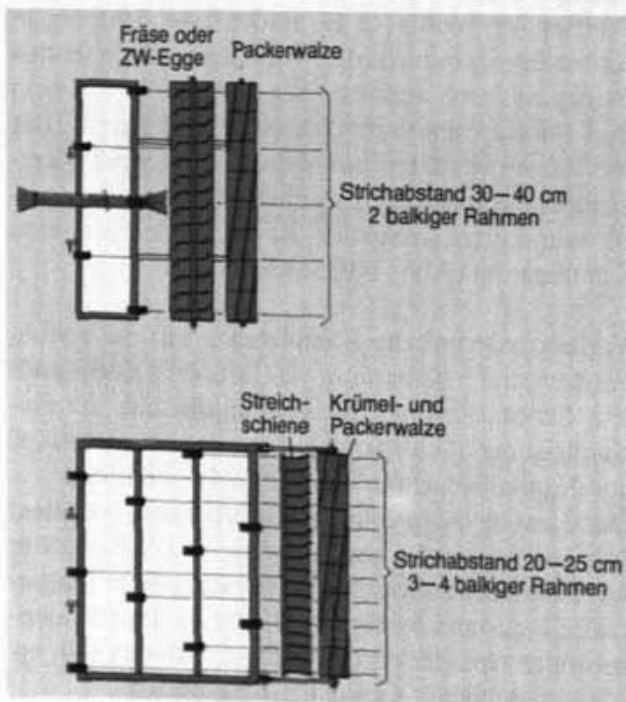


Abb. 149 2- und 4-balkiger Grubber mit Nachläufer.

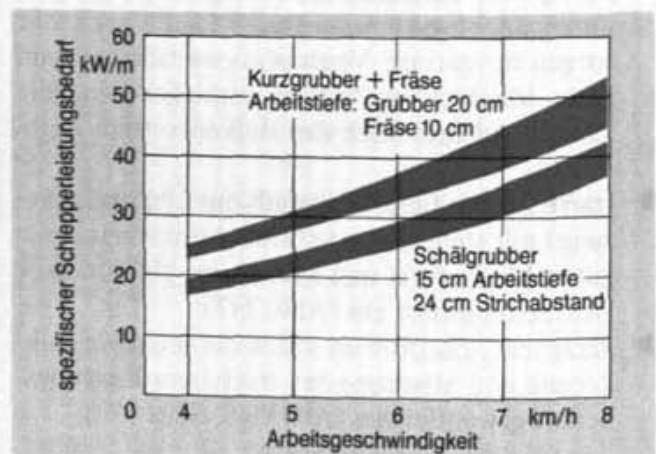


Abb. 150 Leistungsbedarf des Grubbers.

Sind ausreichend hohe Schleppermotorleistungen vorhanden und wird eine günstige Fahrgeschwindigkeit von ca. 8 km/h eingehalten, so läßt sich beim Grubbereinsatz eine hohe *Flächenleistung* und ein geringer *Arbeitszeitbedarf* erreichen.

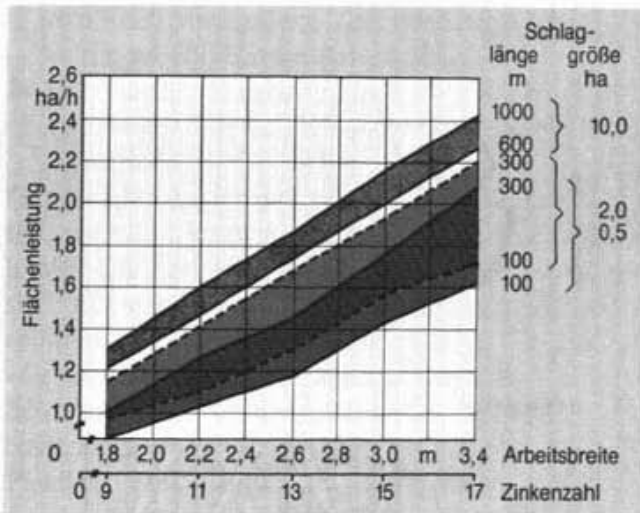


Abb. 151 Flächenleistung beim Grubbereinsatz.

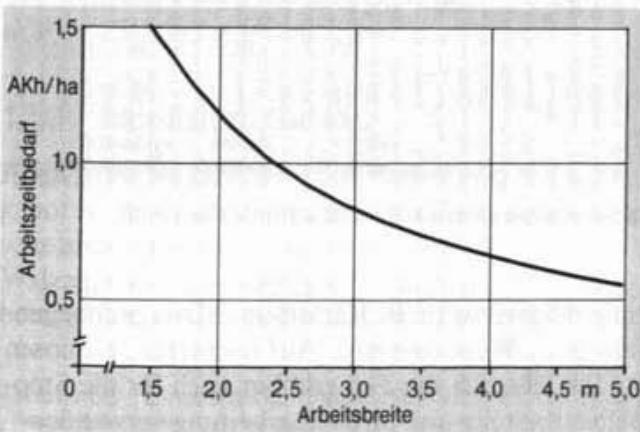


Abb. 152 Arbeitszeitbedarf beim Grubbereinsatz.

1.3 Geräte für die Oberflächen-Nachbearbeitung

Geräte, die nach der Grundbodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber zur flachen Nachbearbeitung eingesetzt werden, haben vor allem folgende **Aufgaben** zu erfüllen:

- ▶ Lockern und Krümeln der Bodenschicht, in welche nachfolgend das Saat- oder Pflanzgut abgelegt wird,
- ▶ Einebnen der Bodenoberfläche,
- ▶ Herstellen des erforderlichen Bodenschlusses durch Rückverfestigen der oberen Bodenschicht,
- ▶ Einmischen von z. B. Mineraldünger, Bodenherbiziden,
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung,
- ▶ Aufbrechen von Verkrustungen, Durchlüften verdichteter Oberflächen auf Acker- und Grünland.

Diese unterschiedlichen Anforderungen und Anwendungsbereiche haben zur Entwicklung einer Vielzahl unterschiedlicher **Geräte-Bauformen** geführt.

Die **Wirkung** von Feingrubber und Zinkenegge beruht darauf, daß die Zinken den Boden in einem Winkel von ca. 50° aufbrechen und ihn dabei lockern, krümeln und mischen.

Die verschiedenen *Zinkenformen* bewirken aufgrund des unterschiedlichen Strichabstandes und der wirksamen Zinkenbreite ganz verschiedenartige *Arbeitseffekte* im Boden.

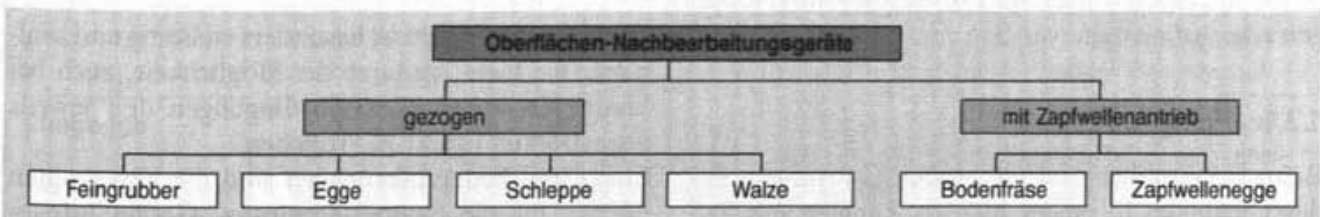


Abb. 153 Einteilung der Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte.

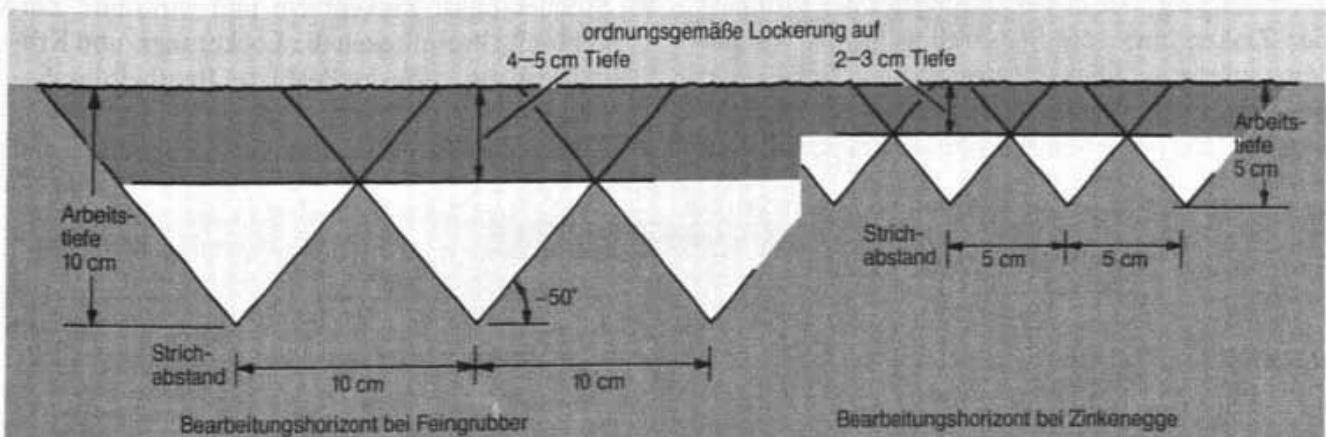


Abb. 154 Wirkung von Grubber- und Eggenzinken.

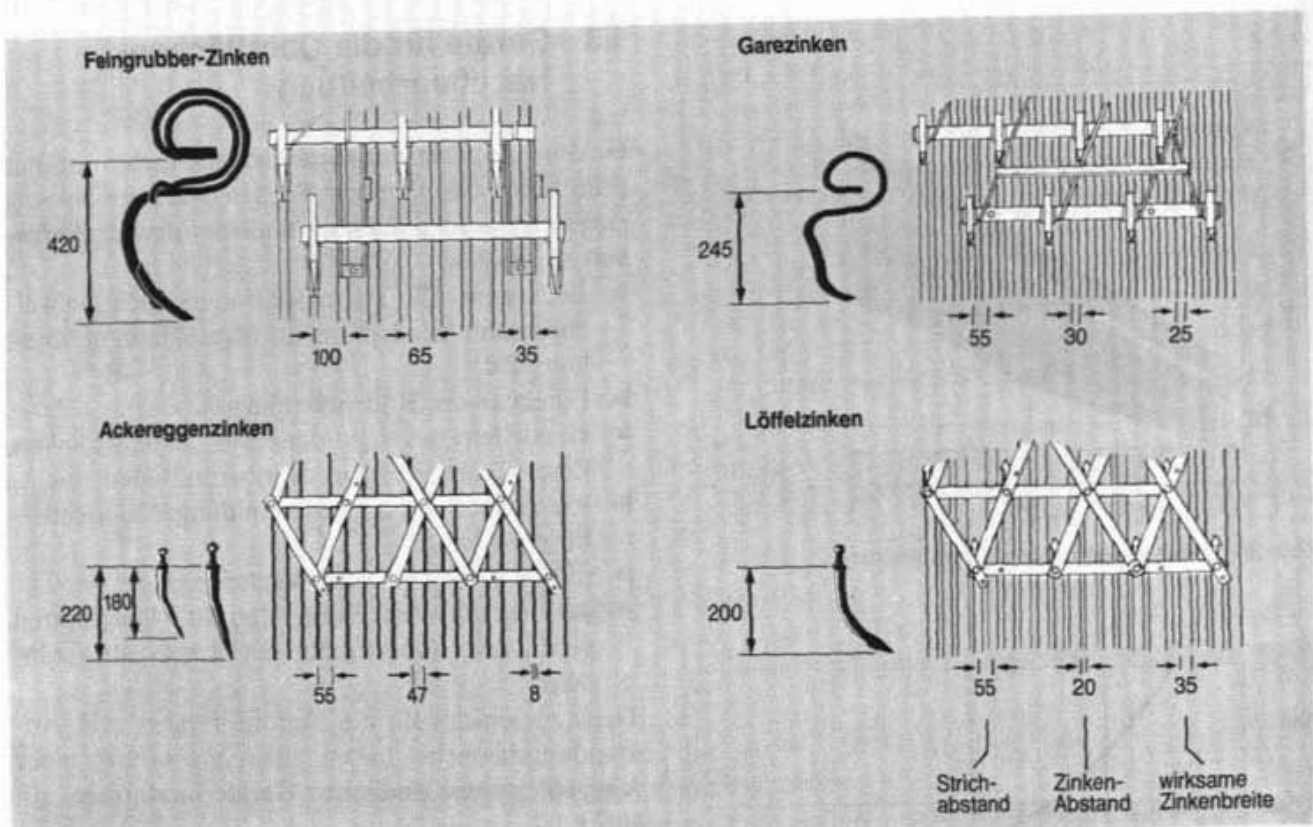


Abb. 155 Unterschiedlicher Arbeitseffekt verschiedener Eggen-Zinkenformen bei gleichem Strichabstand (Maße in mm).

Generell gilt die Faustregel, daß die **Arbeitstiefe** etwa dem Strichabstand entsprechen soll, um ein ordnungsgemäßes Lockern und Krümeln des Bodens zu erreichen.

Beim *Feingrubber* mit einem Strichabstand von ca. 10 cm ist es daher erforderlich, eine Arbeitstiefe von 10 cm einzuhalten. Bei der *Löfflege* genügt dagegen eine Arbeitstiefe von 3–5 cm.

1.3.1 Feingrubber

Beim Feingrubber sind die großen G-förmigen Federstahlzinken in einem stabilen Rahmen mit 3–5 Querholmen angeordnet. Trotz des Strichabstandes von ca. 10 cm entsteht ein ausreichend großer Zinkendurchgang, der in Verbindung mit der Vibration der Zinken eine gute Selbstreinigung und geringe Verstopfungsanfälligkeit gewährleistet. Der Einsatz des Feingrubbers beschränkt sich aber auf Fruchtarten, bei denen eine tiefere Saat- und Pflanzbettberei-

tung möglich ist (z. B. Kartoffeln, Mais, gegebenenfalls auch Winterweizen). Auf leichteren, humosen Böden läßt sich der Feingrubber auch für die Stoppelbearbeitung und Stroheinarbeitung verwenden.

1.3.2 Eggen

Diese Gerätegruppe ist besonders vielseitig und zahlreich. Sie bietet dadurch die Möglichkeit, auch bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen den jeweils angestrebten Effekt zu erreichen.

Starr- und Federzinkeneggen sind die bevorzugten Geräte für die Saatbettbereitung. Gesamtaufbau, Zinkenform und -anordnung sind maßgebend für die erzielbaren **Bearbeitungseffekte**:

- ▶ Strichabstand, Zinkenform und wirksame Zinkenbreite beeinflussen die Lockerungs- und Krümelwirkung sowie das Profil des Bearbeitungshorizontes,
- ▶ Zinkengewicht, Anlenkpunkt am Zugbalken und

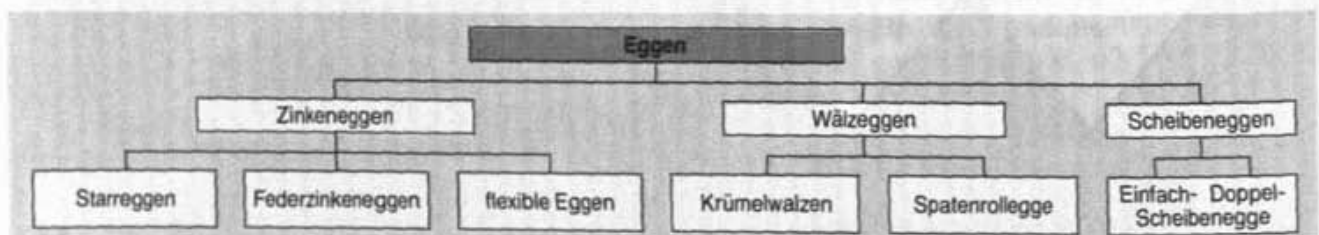


Abb. 156 Einteilung der Eggen.

eventuell vorhandene Zusatzbelastung sind ausschlaggebend für die Arbeitstiefe,

- von Länge, Durchgang und Bauart der Zinken (starr oder federnd) hängt die Verstopfungsanfälligkeit ab.

Generell lassen sich den verschiedenen **Eggenbauarten** spezielle Einsatzmöglichkeiten zuordnen (Tabelle 68). Da die Einzelgeräte meist nicht in der Lage sind, alle gewünschten Effekte zufriedenstellend zu erfüllen, werden sie meist mit anderen Geräten zu »Gerätekombinationen« zusammengefaßt. Die verfahrenstechnischen Kenndaten werden deshalb dort besprochen.

Flexible Zinkeneggen stellen Spezialgeräte dar. *Netzeggen* mit engem Strichabstand oder Hackstriegel werden für die mechanische Unkrautbekämpfung und das Aufreißen von Krusten im Hackfrucht- und Getreidebau benutzt, *Wieseneggen* mit messerartigen Zinken für Grünlandpflegearbeiten.

1.3.3 Abrollende Geräte

Auch in dieser Gruppe ist ein vielseitiges Geräteangebot vorhanden. Aufgaben und Wirkungen sind sehr unterschiedlich (Tabelle 69, Seite 142).

Wälzeggen sind bevorzugte Nachlaufgeräte in Saatbettkombinationen und sollen dort die Wirkung der

vorlaufenden Zinkeneggen ergänzen und unterstützen. Bei Krümelwalzen mit spitzen und schmalen Werkzeugen (z. B. Draht-, Zahnwälz- oder Flachsternwälzegge) steht die zerschlagende und krümelnde Wirkung im Vordergrund. Sie können relativ tief in den Boden eindringen. Breite und stumpfe Werkzeuge (z. B. Stahlwellen- und Schrägstabwälzegge) arbeiten flacher, sie verfestigen den Boden oberflächlich intensiv (Abb. 157, Seite 143).

Walzen lassen sich unterscheiden in Glatt- und Rauhwalzen. Generell gilt: Die Wirkung auf dem Acker ist um so intensiver, je höher das Gewicht und je rauher die Oberfläche ist.

In der leichteren, schleppergerechten Bauform lassen sich die Walzen im Dreipunkt-Heckkraftheber des Schleppers anlenken. Bei großer Arbeitsbreite werden sie dagegen aufgesattelt und besitzen hydraulisch betätigte Gummilaufrollen und einklappbare Seitenteile (Abb. 160, Seite 144).

Krumenpacker und **Sternwälzegge** aus Gußstahl werden bevorzugt als Pflugnachläufer mit ein oder zwei Packerwellen, oft auch als »Packerkombinationen« mit vor- und nachlaufenden Krümelwalzen verwendet. Auf leichten Böden kann gleichzeitig mit dem Pflügen das Feld saattfertig vorbereitet werden. Neuerdings finden sie als *Hohlscheibenpacker* auch einen wichtigen Einsatzbereich in Saatbettkombina-

Tabelle 68 Einsatzmöglichkeiten für verschiedene Eggenbauarten.

Gerätebauart	für welchen Boden	Einsatzmöglichkeiten
Ackeregge	leicht bis mittelschwer	gute Krümelung und Lockerung des Bodens; für hohe Arbeitsgeschwindigkeiten (8–10 km/h); schwere Ausführung und hohes Zinkengewicht wählen, damit ausreichende Arbeitstiefe gewährleistet ist
Langegge	mittelschwer bis bindig	durch größere Zinkenzahl wird engerer Strichabstand erreicht; dadurch auch bei flacher Bearbeitung intensives Krümeln und Einebnen
Löfflegge	mittelschwer bis schwer	auch auf verfestigtem Boden und grobscholliger Bodenoberfläche intensive Bearbeitung; gute Tiefenhaltung, auf lockeren und leichten Böden Gefahr von zu großem Tiefgang; auf verunkrauteten Böden Verstopfungsgefahr
Garegge	leicht bis mittelschwer	universell verwendbar; da die Zinken im Boden vibrieren, besteht geringe Verstopfungsgefahr; richtige Anlenkung im Tragrahmen wichtig, damit auf leichten Böden eine gleichmäßig-flache, auf verhärteten Böden eine ausreichend tiefe Bearbeitung sichergestellt ist
Schleppegge	leicht bis mittelschwer	durch Kombination von starren Eggenzinken und zwischengeschalteten Schlepp-Planken gutes Krümeln und Einebnen auch bei flacher Saatbettbereitung; Wirkung der Schleppen-Elemente verstellbar

Tabelle 69 Aufgabe und Wirkung abrollender Bodenbearbeitungsgeräte.

Bauart	Aufgaben	günstige Wirkung abhängig von	günstige Fahrgeschwindigkeit km/h
Wälzgege (Krümelwalze)	intensives Krümeln und Verdichten (Rückverfestigen) des Bodens in einer flachen Oberschicht, Zerschlagen und Zerdrücken von Kluten; in Kombinationen Tiefenführung der vorlaufenden Werkzeuge	Bauform des Werkzeuges (spitz und schmal oder breit und stumpf), Arbeitsgeschwindigkeit, Belastung, Durchmesser	8–10
Walze	Zerdrücken und Zerschlagen von Kluten an der Bodenoberfläche, Verdichten und Rückverfestigen des obersten Krumenbereiches, Krustenbrechen auf verschlammten Böden, Herstellen des Bodenschlusses in wachsenden Kulturen, Einebnen der Bodenoberfläche	Eigengewicht, Form und Durchmesser des Walzenmantels, geringe Arbeitsgeschwindigkeit	4–5
Krumenpacker	mechanisches Unterstützen der Absetzvorgänge im Boden, Verbessern der Tragfähigkeit, Verdichten des Bodens in 10–20 cm Tiefe, Oberfläche bleibt locker	Ringbreite und -durchmesser, hohes Eigengewicht, Einfachpacker, Doppelpacker oder Pakkerkombination	6–7
Scheibenegge	Krümeln, Mischen und Wenden des Bodens in 5–10 cm Tiefe (bei sehr schweren Geräten bis 20 cm), Einarbeiten von Pflanzenresten, organischem und mineralischem Dünger; Stoppelumbruch, Herrichten eines Keimbettes für Ausfallgetreide und Unkrautsamen, Saatbettbereitung	Schrägstellung der Scheiben zur Fahrtrichtung, Gesamtgewicht (gegebenenfalls Zusatzgewichte), Anzahl hintereinander angeordneter Scheibenwellen, Scheibenausführung (glatt oder gezackt)	5–6
Spatenrollegge	flaches, sehr intensives Aufreißen, Krümeln und Mischen des Bodens, Einmulchen von Pflanzenresten und Gründüngung; Stoppelumbruch; seltener zur Saatbettbereitung	Schrägstellung der Messerwellen zur Fahrtrichtung, Eigengewicht und Zusatzbelastung, Anzahl hintereinander angeordneter Messerwellen, Arbeitsgeschwindigkeit	10–12

tionen für die Rückverfestigung lockerer, humoser Böden.

Scheibeneggen werden in sehr unterschiedlichen Bauformen angeboten: Anbau- und Anhängengeräte, Einfach-, Doppel- und Ausleger-Scheibeneggen, mit glatten oder gezahnten Scheiben. Moderne Doppelscheibeneggen besitzen oft luftgummi-bereifte, für den Straßentransport hydraulisch ausschwenkbare Laufräder. Auch das Verstellen des Anstellwinkels und das Einklappen der Seitenteile bei überbreiten Geräten läßt sich hydraulisch durchführen. Schei-

beneggenelemente finden auch als Nachläufer am Schälgrubber Verwendung.

Bei **Spatenrolleggen** sind zwei oder mehrere Messerwellen V- oder X-förmig angeordnet. Neben Dreipunkt-Anbaugeräten gibt es auch gezogene Geräte. Vielfach werden die Messerwellen auch als Schälgrubber-Nachläufer verwendet.

Abrollende Geräte mit **Bodenantrieb** und **Doppelrotorprinzip** sollen eine Alternative zu zapfwellenge-triebenen Nachbearbeitungsgeräten darstellen.

Der *Doppelzinkenrotor* mit löffelartigen Zinken er-

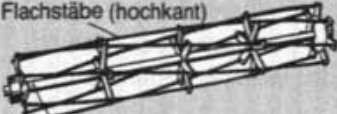
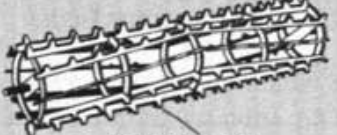
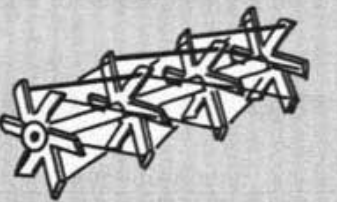

Gerätebauart	für welchen Boden	Wirkung und Einsatz
Schrägstab-Wälzgege Flachstäbe (hochkant)  Mittelwelle für hohe Tragfähigkeit (z.B. schwere Saatbettkombination)	günstig für mittlere, zufriedenstellend auch für leichte bis schwere Böden	gutes Krümeln und Verfestigen des Bodens, vor allem bei Doppelwalzenkrümlern mit unterschiedlichem Durchmesser; auf schwerem Boden soll der kleinere Krümmler hinten angeordnet sein
Zahnkrümmler  gezackte Stege	mittlere bis schwere Böden, gegebenenfalls auch leichtere	sehr intensive Bearbeitung, auch auf schwierigen Böden zufriedenstellende Krümelungs- und Verfestigungswirkung; je leichter der Boden, desto größer soll der Durchmesser sein
Drahtwälzgege 	mittelschwer, weniger geeignet für leichte Böden	starker Krümeleffekt, feine Bodenteilchen werden obenauf abgelegt; leichter Verdichtungshorizont in 3–5 cm Tiefe; dringt auf lockerem Boden oft zu tief ein, leichter Boden wird vielfach zu stark zerkleinert
Flachstern- und Spitzzahnkrümmler 	mittel bis schwer, naß oder verhärtet	die Werkzeugspitzen sollen grobe und nasse Erdbrocken zerteilen; mechanisches Verdichten von Hohlräumen im oberen Krumbereich; begrenzter Krümeleffekt

Abb. 157 Wirkung und Einsatzbereich von Wälzgegen.

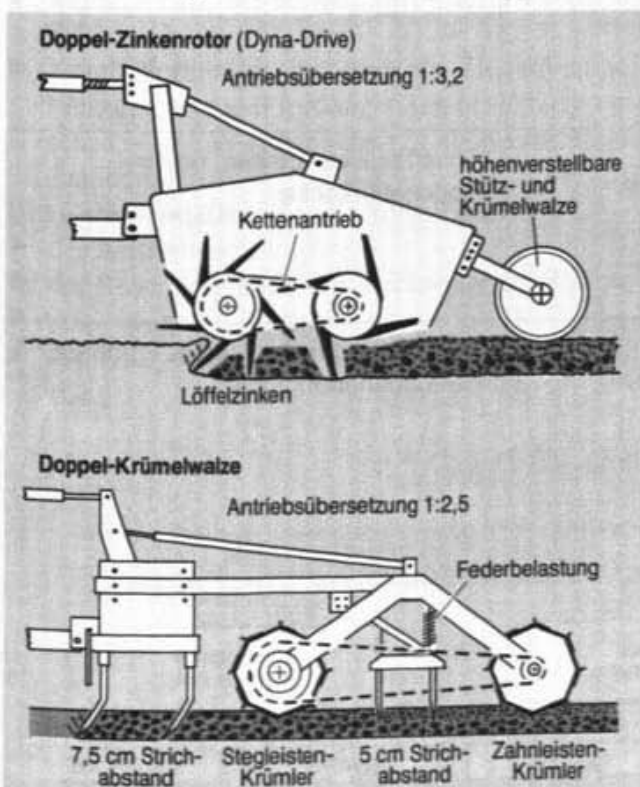


Abb. 158 Geräte mit Bodenantrieb und Doppelrotorprinzip.

reicht eine Arbeitstiefe von ca. 10 cm, während sich die *Doppelegen-Krümlerwalze* mehr für die flache Bearbeitung eignet.

1.3.4 Verfahrenstechnische Kenndaten

Feingrubber, Zinkeneggen, Wälzgegen und Packer werden überwiegend in Kombination mit anderen Bodenbearbeitungsgeräten eingesetzt. Ihre verfahren-

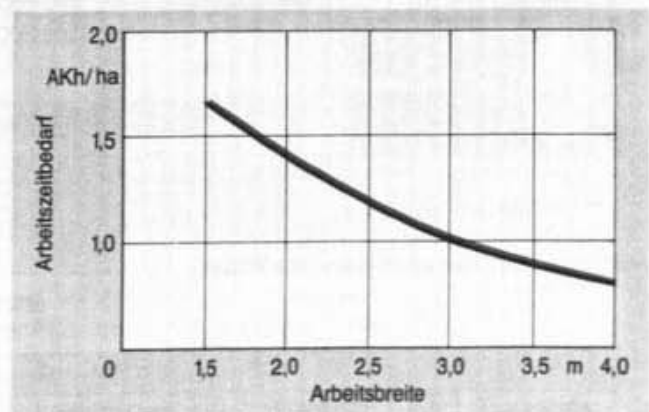
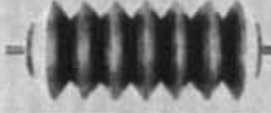
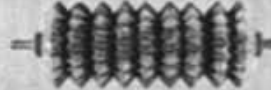
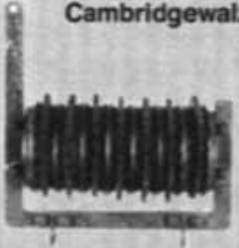

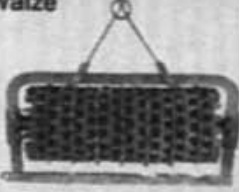




Abb. 159 Arbeitszeitbedarf der Scheibenegge in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite.

Walzen-Bauform	Durchmesser cm	Gewicht da N/m Arbeitsbreite	wichtige Wirkungen
Ringelwalze 	35–40	200–250	Fördern des kapillaren Wasseraufstiegs in den obersten Bodenschichten sowie der Wasserverdunstung
Stern- oder Prismenwalze 	32–40	140–200	Zerdrücken grober Kluten, Vermindern der Wasserverdunstung, Rückverfestigung bei tief gelockertem Boden
Cambridgewalze 	35–65	250–500	Krusten brechen, Niederwalzen hochgefrorener Saaten im Frühjahr, Bodenverfestigung an der Oberfläche
Crosskillwalze 	35–50	220–420	-Schollenbrecher-, intensivstes Zertrümmern grober Schollen an der Ackeroberfläche
Cambridge-Crosskill-Walze 	35–65	240–480	Zerdrücken grober Schollen, Bodenverfestigung in einem flachen Horizont
Glattwalze (Acker) 	50–65	160–200 (250–550 ¹⁾)	Schaffen einer glatten, ebenen Bodenoberfläche
Glattwalze (Wiese) 	bis 125	350–650 (bis 2000 ¹⁾)	Andrücken der Grasnarbe, Einebnen der Bodenoberfläche

¹⁾ = Mit Wasserfüllung

Abb. 160 Technische Kenndaten von Walzen.

Tabelle 70 Verfahrenstechnische Kenndaten gezogener Nachbearbeitungsgeräte.

Gerät	günstige Fahrgeschwindigkeit km/h	Arbeitstiefe cm	spezifischer Leistungsbedarf kW/m Arbeitsbreite	spezifische Flächenleistung ha/h je m Arbeitsbreite
Scheibenegge	5–6	5–15 (25)	15–30	0,50–0,65
Spatenrollegge	10–12	5–10	15–18	0,80–1,00
Doppel-Zinkenrotor	8–10	5–10	15–20	0,70–0,80
Ackerwalze, Wiesenwalze	4– 5	–	5– 8	0,36–0,45
Ackerschleppe	5– 7	bis 5	8–12	0,45–0,60

renstechnischen Kenndaten sind deshalb im Kapitel »Gerätekombinationen« zusammengestellt.

Für die übrigen gezogenen Nachbearbeitungsgeräte sind einige verfahrenstechnische Kenndaten in Tabelle 70 zusammengestellt.

1.4 Geräte mit Zapfwellenantrieb

Zapfwellengetriebene Nachbearbeitungsgeräte finden aus folgenden Gründen zunehmendes Interesse:

- ▶ Übertragen der Schleppermotor-Leistung mit hohem Wirkungsgrad und ohne schädlichen Radschlupf,
- ▶ gezielt einstellbarer und auf die vorliegenden Einsatzbedingungen abstimmbarer Zerkleinerungseffekt,
- ▶ einmaliger Bearbeitungsgang auch bei unterschiedlichen Bodenverhältnissen,
- ▶ weniger Fahrspuren und verdichtete Zonen im Feld,
- ▶ Kombinierbarkeit mit anderen Bodenbearbeitungsgeräten oder mit Sägeräten ermöglicht eine sehr vielseitige Verwendung in allen Einsatzzeitspannen.

Die **Geräteinteilung** kann erfolgen nach

- ▶ der Antriebsart,
- ▶ der Bewegungsbahn der Werkzeuge im Boden,
- ▶ ihrer speziellen Wirkung,
- ▶ den Haupteinsatzbereichen.

Die typischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Zapfwellengeräten lassen sich wie in Abb. 162 (Seite 146) gezeigt darstellen.

Der **Zerkleinerungseffekt** der aktiv bewegten Werkzeuge wird vor allem beeinflusst von der Werkzeugform, der Umfangsgeschwindigkeit (Wucht des Auftreffens auf die Bodenteile), der Vorfahrtgeschwindigkeit und dem Anteil der getroffenen Bodenteile je Flächeneinheit. Eine hohe Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswerkzeuge kann einerseits durch eine hohe Zapfwellen-Drehzahl erreicht werden. Viele Zapfwellengeräte besitzen andererseits ein Untersetzungsgetriebe oder Wechselzahnäder, mit welchen zusätzlich die Werkzeuggeschwindigkeit verändert werden kann.

Als Faustregel gilt:

- ▶ Eine *intensive* Bearbeitungswirkung wird bei geringer Fahrgeschwindigkeit und hoher Werkzeuggeschwindigkeit erreicht,
- ▶ ein *geringer* Bearbeitungseffekt ist zu erwarten bei hoher Fahrgeschwindigkeit und geringer Werkzeuggeschwindigkeit.

Auswahl und Einsatz der Geräte haben sich auch daran zu orientieren, welche Wirkung im Boden erzielt werden soll (Abb. 163, Seite 147).

Im einzelnen kommt es dabei auf das Krümeln, Mischen der Bodenschichten, Entmischen, gleichmäßige Einmischen von Pflanzenresten und das Einebnen der Bodenoberfläche an.

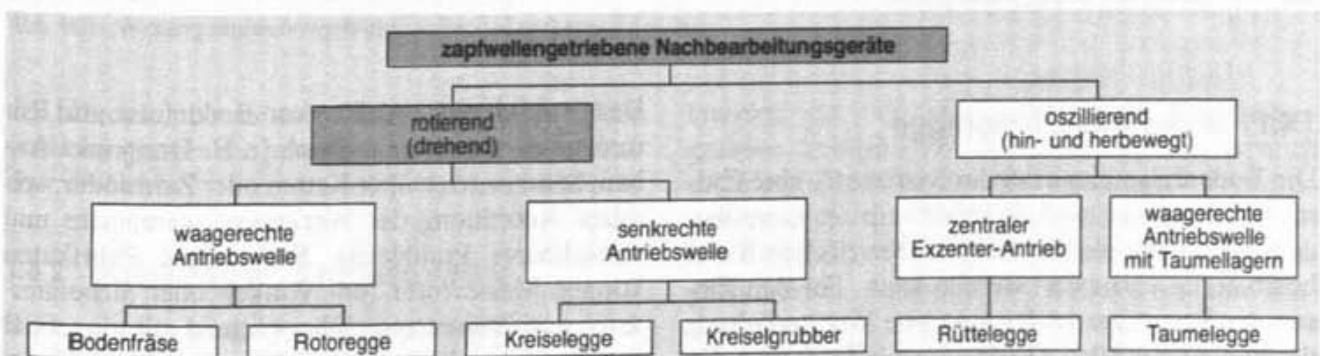


Abb. 161 Einteilung der zapfwellengetriebenen Nachbearbeitungsgeräte.





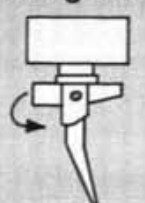
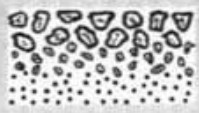



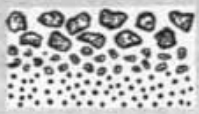
Bauart	Bewegungsbahn im Boden	technische Merkmale	Verändern der Werkzeugbewegung durch	Haupt-Einsatzbereiche
Bodenfräse 		horizontale Fräswelle mit starren, spiralg angeordneten Winkel- oder Sichelmessern; 2–6 Messer je Flansch; vorwiegend Seitenantrieb	Zapfwellen-Drehzahl (540 oder 1000/ min) und Wechsel-Zahnräder oder mehrstufiges Untersetzungsgetriebe	Stoppel- und Wiesenumbruch, Stroheinarbeitung, Saatbettbereitung für Zwischenfrüchte und Wintersaaten, Minimalbestelltechnik
Rotoregge 		horizontale Welle mit starren, spiralg angeordneten Werkzeugen; runde, eckige, keilförmige oder messerartige Zinken, stumpf oder angeschärft; vorwiegend Seitenantrieb		Stoppelumbruch, Stroheinarbeitung, Saatbettbereitung, Minimalbestelltechnik
Kreiselegge und Kreiselgrubber 		horizontal rotierende Kreisel, je 2 gegenläufig; 2–4 Zinken je Kreisel; runde, ovale oder messerartige Zinken, die sich etwas überlappen; Mittenantrieb		<i>Kreiselegge:</i> vorwiegend Saatbettbereitung, Minimalbestelltechnik <i>Kreiselgrubber:</i> Stoppelumbruch, Saatbettbereitung
Rüttelegge 		2–4 waagrecht von einem Exzenter hin- und herbewegte Zinkenträger (je 2 gegenläufig); eckige, spitze Zinken; Mittenantrieb	Zapfwellen-Drehzahl und 2-stufiger Anschluß am Gerät	Saatbettbereitung, Minimalbestelltechnik
Taumelegge 		einzelne nebeneinander angeordnete Zinkenträger mit jeweils 2–3 Zinken; von einer gemeinsamen, horizontalen Antriebswelle in pendelnde Bewegung versetzt (je 2 gegenläufig), eckige, spitze Zinken	Zapfwellen-Drehzahl	

Abb. 162 Kenndaten der Zapfwellengeräte.

1.4.1 Bodenfräse, Rotoregge

Die Bodenfräse nimmt in der Systematik eine Zwischenstellung ein, weil sie sowohl für die Grundbodenbearbeitung als auch für die Oberflächen-Nachbearbeitung verwendet werden kann. Für den Einsatz der Rotoregge ist dagegen eine Vorbearbeitung des Bodens mit Pflug, Grubber usw. erforderlich. Sie kann dann aber universell verwendet werden.

Der grundsätzliche Aufbau von Bodenfräse und Rotoregge ist weitgehend gleich (z. B. Dreipunkt-Anbau, Seitenantrieb über Ketten oder Zahnräder, spiralg Anordnung der Werkzeuge, gefedertes und verstellbares Prallblech). Bei einigen Fabrikaten können Messerrotor (mit Winkel- oder Sichelmessern) und Zinkenrotor (überwiegend mit tangential zur Antriebsachse angeordneten, auf Eingriff stehenden und keilförmigen Zinken) ausgetauscht wer-

Bauart und Arbeitsprinzip	Wirkungsbild im Boden	Merkmale	Wirkung auf den Boden				
			Krümeln	Mischen der Bodenschichten	Schichtung oder Entmischung	Einmischen von Pflanzenresten usw.	Ein-ebnen
Bodenfräse 		als Alleingerät oder in Kombinationen verwendbar	+	+	+	+	○
Rotoregge 		vorwiegend in Kombination mit Zusatzgeräten (z.B. Flügelschargrubber); Zinkenrotor austauschbar gegen Fräswelle	+	+	+	+	○
Kreiselgrubber 		vorwiegend in Kombination mit Zusatzgeräten	+	○	+	○	+
Kreiselegge 		vorwiegend in Kombination, Bodenschichtung bleibt erhalten; bei längerem Stroh Schwadbildung möglich	+	○	-	○	+
Rüttel- und Taumelegge 		vorwiegend in Kombination, bei längerem Stroh Verstopfungsgefahr	+	○	+	-	+

+ = Wirkung vorhanden ○ = Wirkung bedingt vorhanden - = Wirkung nicht vorhanden

Abb. 163 Wirkung zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgeräte.

den. Dadurch lassen sich auch unter speziellen Einsatzbedingungen die jeweils gewünschten Effekte sicher erreichen.

1.4.2 Kreiselegge, Kreiselgrubber

Beide Geräte werden vorwiegend nach einer ordnungsgemäßen Grundbodenbearbeitung eingesetzt, neuerdings in zunehmendem Umfang auch in Kom-

bination mit z. B. Schäl-, Kurz- oder Flügelschargrubber. Lediglich mit dem Kreiselgrubber ist auch der Einsatz beim Stoppelumbruch ohne Vorbearbeitung durch Pflug oder Grubber möglich.

Das horizontale Rotieren der Kreise bewirkt günstige Bearbeitungseffekte, insbesondere ein gutes Ein-ebnen und gute Selbstreinigung. Auf steinigen Böden sollen die Geräte mit einer wirksamen Überlastsicherung ausgestattet sein.

1.4.3 Rüttelegge, Taumelegge

Bei der *Rüttelegge* vollführen die hin- und herbewegten Zinken eine wellenförmige Kurvenbahn und zerstoßen dabei die Erdklumpen.

Die Werkzeuge der *Taumelegge* pendeln ebenfalls gegenläufig, allerdings zeitlich gegeneinander verschoben. Dadurch ist ein ruhiger und schonender Lauf gewährleistet. Die gute Einebnungswirkung ist bei beiden Geräten besonders vorteilhaft, allerdings muß dann oftmals relativ tief gearbeitet werden.

1.4.4 Verfahrenstechnische Kenndaten

Beim Geräteeinsatz ist zu berücksichtigen, daß enge Wechselbeziehungen zwischen erreichbarer Flächenleistung, Schlepperleistungsbedarf und angestrebtem Bearbeitungseffekt bestehen.

Im wesentlichen werden beeinflusst:

- ▶ **Flächenleistung** von Arbeitsgeschwindigkeit, Arbeitsbreite, Schlaggröße und -form;
- ▶ **Schlepperleistungsbedarf** von Zerkleinerungswirkung, Arbeitstiefe, Arbeitsbreite, Werkzeugform, Bodenart und Bodenzustand;
- ▶ **Bearbeitungseffekt** von Arbeitsgeschwindigkeit, Umlaufgeschwindigkeit der Werkzeuge, Werk-

zeugen/Flansch, Werkzeugform, Prallblechein-
stellung, Bodenart und Bodenzustand.

Bei Bodenfräse und Rotoregge tritt nur der Drehleistungsbedarf auf. Beide Geräte verursachen nämlich einen gewissen »Schubeffekt«. Dagegen setzt sich bei Kreiselegge, Rüttel- und Taumelegge der Gesamtleistungsbedarf aus Dreh- und Zugleistungsbedarf zusammen. Letzterer steigt mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit deutlich an.

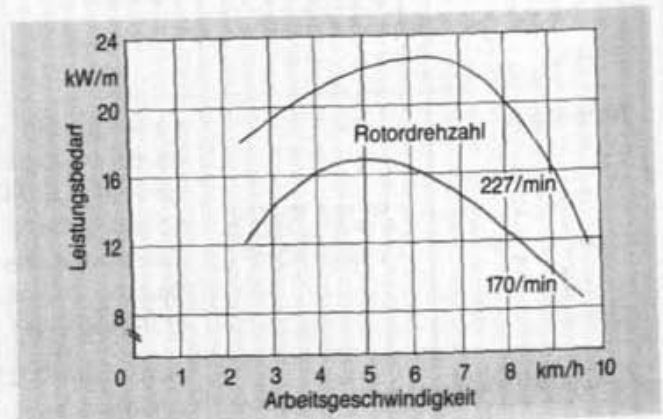


Abb. 165 Leistungsbedarf der Bodenfräse je m Arbeitsbreite bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit.

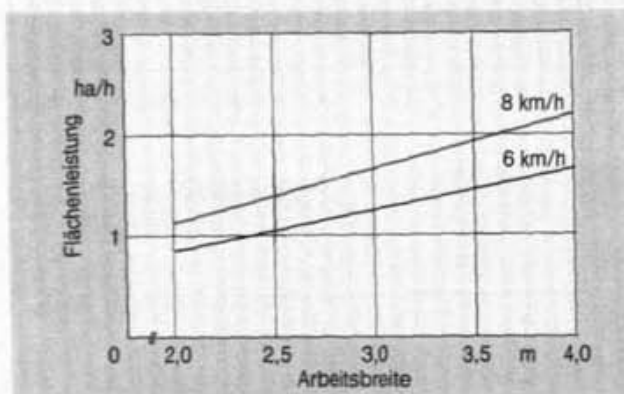


Abb. 164 Flächenleistung von Zapfwelleneggen bei verschiedener Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit.

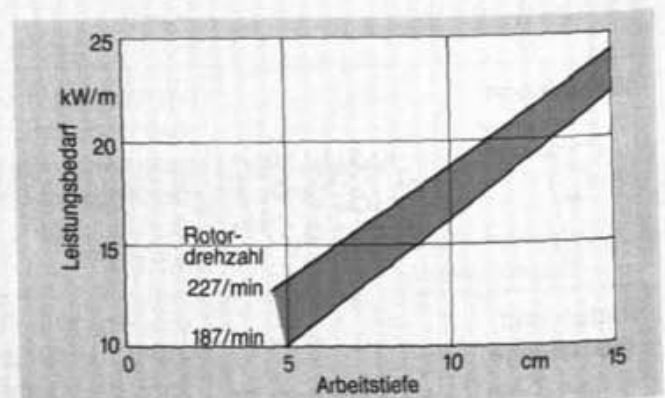


Abb. 166 Leistungsbedarf der Bodenfräse je m Arbeitsbreite in Abhängigkeit von der Arbeitstiefe.

Tabelle 71 Fahrgeschwindigkeit, Arbeitstiefe, Leistungsbedarf und Flächenleistung zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgeräte.

Gerät	günstige Fahrgeschwindigkeit km/h	günstige Arbeitstiefe cm	spezifischer Leistungsbedarf kW/m Arbeitsbreite	spezifische Flächenleistung ha/h je m Arbeitsbreite
Bodenfräse	5-7	bis 15	18-30 ¹⁾	0,35-0,50
Rotoregge	6-7	bis 15	15-20	0,45-0,50
Kreiselgrubber	5-7	bis 20	15-30 ¹⁾	0,35-0,50
Kreiselegge	6-7	bis 10	15-18	0,45-0,50
Rüttelegge	6-7	bis 10	10-15	0,45-0,50
Taumelegge	5-7	bis 10	15-18	0,35-0,50

¹⁾ Höhere Werte gelten für nicht vorbereiteten Boden.

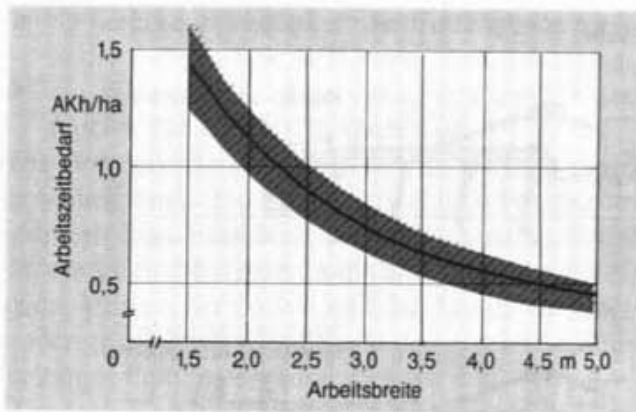


Abb. 167 Arbeitszeitbedarf von Zapfwelleneggen in Abhängigkeit von der Arbeitsbreite.

1.5 Gerätekombinationen

Ausreichend hohe Schlepper-Motorleistungen und das zunehmende Angebot an Schleppern mit Front- und Heckkraftheber, Front- und Heckzapfwelle sowie Aufbauräumen (z. B. bei Systemschleppern) bieten heute günstige Voraussetzungen, Gerätekombinationen einzusetzen.

Die **Zielsetzung** beim Zusammenstellen von Gerätekombinationen besteht darin, daß

- ▶ deren spezielle Arbeitseffekte sich sinnvoll und zweckmäßig ergänzen,
- ▶ weniger Arbeitsgänge entstehen,
- ▶ durch das Vermindern von Fahrspuren und Verdichtungszonen im Boden eine schonendere Bodenbearbeitung erreicht wird,
- ▶ der Arbeitszeitbedarf deutlich verringert wird,
- ▶ ein geringerer Energieaufwand für das Gesamtverfahren entsteht,
- ▶ vor allem in Betrieben mit knappem Arbeitskräftebesatz eine termin- und kostengerechte Arbeitserledigung erreicht wird.

Die Gerätekombinationen lassen sich wie folgt aufgliedern:



Abb. 168 Einteilung von Gerätekombinationen.

1.5.1 Kombinationen für Grundboden- und Stoppelbearbeitung

Mit **Koppelungsgeräten zum Pflug** (Pflughachläufern) sollen folgende Effekte erzielt werden:

- ▶ Mechanisches Unterstützen der Absetzvorgänge im Boden,
- ▶ mechanisches Verdichten von Hohlräumen im unteren Krumbereich,
- ▶ Schaffen einer feinkrümeligem Oberfläche,
- ▶ Verringern des Aufwandes für die Nachbearbeitung.

Für diese **Aufgaben** werden vor allem Krumbepacker (Einfach- und Doppelpacker mit großem Durchmesser) und Kombinationen von Krumbepackern und Wälzegen (Packerkombinationen) verwendet. Die Einzelgeräte wurden bereits behandelt.

Krumbepacker und Packerkombinationen können sowohl in Verbindung mit dem Beet- als auch mit dem Drehpflug eingesetzt werden. Zweckmäßige Anhäng- oder Fangvorrichtungen gewährleisten einen problemlosen Einsatz.

Die **Arbeitsbreiten** von Pflug und Nachläufer müssen aufeinander abgestimmt sein. Der Einsatz erfolgt vorwiegend auf leichteren Böden, wo in *einem* Arbeitsgang ein saarfertiges Feld vorbereitet werden kann. Der **Leistungsbedarf** erhöht sich gegenüber dem Pflugeinsatz um ca. 15%.

Nachläufer zum Schälgrubber und Kurzgrubber haben die **Aufgabe**, den bearbeiteten Boden zusätzlich zu krümeln, zu mischen, zu packen und zu verdichten sowie einzuebnen. Deshalb wird von Nachläufern gefordert, daß sie sich miteinander kombinieren, gegenseitig austauschen, mehrfach hintereinander anbringen sowie einzeln in der Höhe verstellen und belasten lassen. Das Angebot an Nachläufern ist sehr vielseitig (Abb. 169).

Die verschiedenen Nachläufer haben die in Tabelle 72 genannten **Arbeitseffekte** und **Einsatzbereiche**.

Bei geschickter Auswahl und Kombination der Nachläufer läßt sich in einem Arbeitsgang eine ordnungsgemäße Bodenbearbeitung und Einmischung der Ernterückstände erreichen.

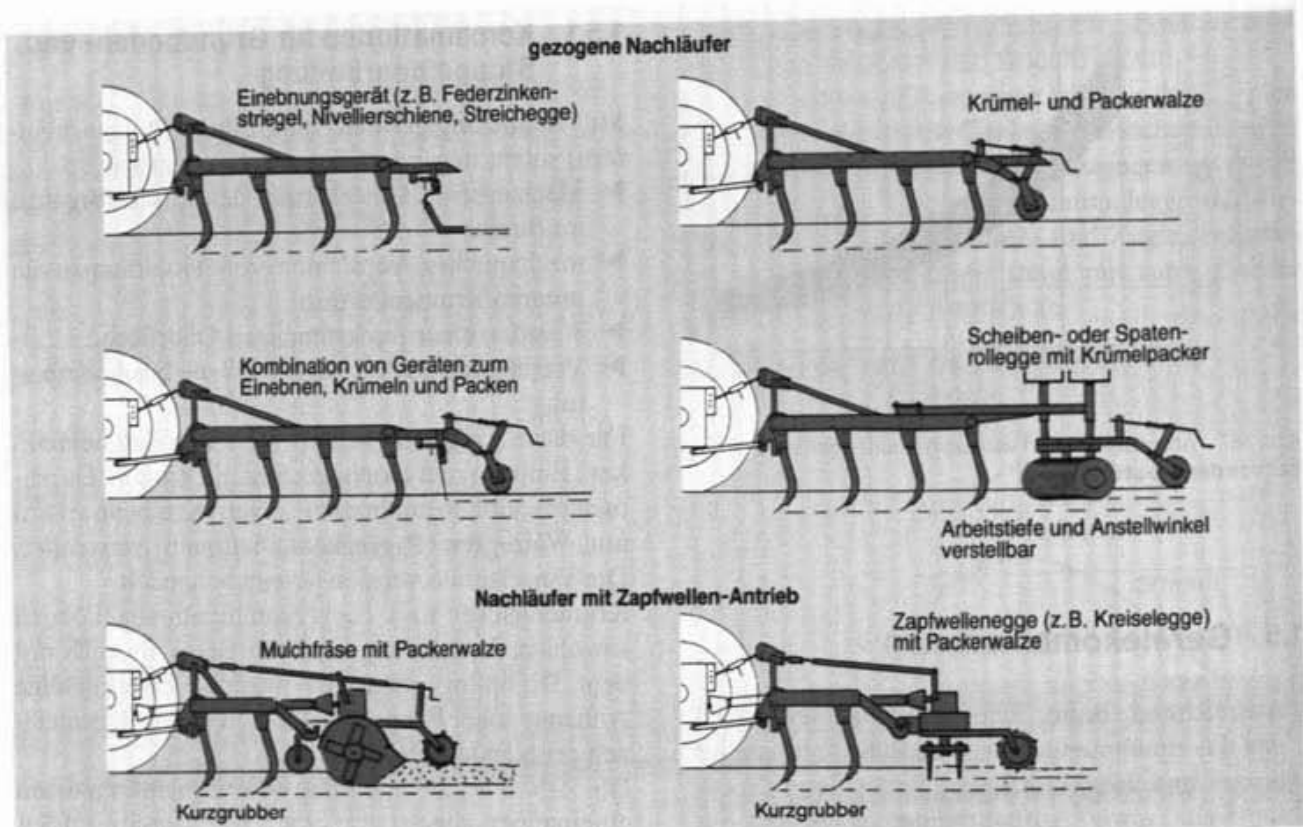


Abb. 169 Beispiele für Nachläufer.

Tabelle 72 Arbeitseffekte und Einsatzbereiche von Grubber-Nachläufern.

Bauform des Nachläufers	wesentliche Effekte	Einsatzhinweise
Schleppschiene Glättrechen	Einebnen	einfache Bauweise, meist in Kombination mit anderen Nachläufern benutzt; schräge Zinkenstellung bewirkt besseren Einebnungseffekt
Krümel- und Packerwalze	Krümeln Packen Verdichten	ausreichende Gewichtsbelastung und Stabilität erforderlich; übernehmen oft auch die Tiefenführung des Grubbers; nur geringe einebnende Wirkung
abrollende Geräte z. B. Scheibenegge, Spatenrollegge	Krümeln Mischen	nur bei günstigem Anstellwinkel und ausreichender Gewichtsbelastung kann ein ordnungsgemäßer Bearbeitungseffekt erreicht werden, Spatenrollegge erreicht erst bei hohen Fahrgeschwindigkeiten eine gute Wirkung (ab ca. 10 km/h)
zapfwellengetriebene Geräte	Mischen Krümeln	besonders intensive und wirksame Bearbeitung, aber hohe Investitionen und Kosten; Nachläufer separat verwendbar; ausreichende Antriebs- und Hubkräfte am Schlepper erforderlich

1.5.2 Kombinationen für die Saatbettbereitung

Einzelgeräte können oft nicht die bei der Vorbereitung eines Saatbettes angestrebten Effekte erreichen. Deshalb werden zunehmend die verschiedenen Einzelgeräte als »Saatbettkombinationen« in ei-

nem Grundrahmen hintereinander angeordnet. Die **Zueinanderordnung** hat so zu erfolgen, daß

- ▶ die einzelnen Geräte sicher geführt sowie separat belastet werden können,
- ▶ auch bei hoher Fahrgeschwindigkeit die eingestellte Arbeitstiefe genau eingehalten wird,

- ▶ die Fahrgeschwindigkeit der Einzelgeräte zueinander paßt und die Wirkungen sich ergänzen,
- ▶ die für eine gute Bearbeitung optimale Bodenfeuchte für alle Geräte ähnlich ist.

Die Bestandteile (Einzelgeräte) derartiger Gerätekombinationen sind bereits ausführlich beschrieben worden. Eine Einteilung der Gerätekombinationen für die Saatbettbereitung kann nach dem grundsätzlichen Aufbau, der Bauart und der Anzahl hintereinander geschalteter Geräte und den speziellen Bearbeitungseffekten vorgenommen werden.

Zweifach-Kombinationen – Bei **Feingrubber-Kombinationen** ist meist eine Einfach- oder Doppelkrümelwalze, teilweise auch eine zusätzliche Packerwalze direkt am Grubberrahmen angelekt. Derartige Kombinationen haben folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile:

- ▶ Einfache, robuste Bauweise;
- ▶ verschiedene Nachläufer für zusätzliche Krümelung, Rückverfestigung möglich;
- ▶ wenn sich der Feingrubber auf die Nachläuferwalze abstützt, wird stufenlos einstellbar eine exakte Tiefenführung erreicht;
- ▶ gute Funktionssicherheit, geringe Verstopfungsanfälligkeit;
- ▶ universell auf nahezu allen Böden zu verwenden;
- ▶ geringer Anschaffungspreis.

Nachteile:

- ▶ Die Arbeitstiefe soll mindestens 10 cm betragen, deshalb für flache Bearbeitung nicht geeignet, Einsatzbereiche eingeschränkt;
- ▶ auf leichten Böden sind zusätzliche Stützräder erforderlich;
- ▶ wenn Krümelwalzen über Parallelogramm mit dem Grubberrahmen verbunden sind, kann deren Belastung nur durch Zugfedern verstellt werden.

Bei **Eggenkombinationen** sind als »Vorläufer« verschiedene Eggen und als »Nachläufer« Wälzeggen in einem speziellen Tragrahmen angelekt. Derzeit werden Tragrahmen mit einem Zugbalken bevorzugt, an welchem mit kurzen Ketten Vorläufer und

Nachläufer angehängt sind. Tragrahmen mit zwei Zugbalken (je einer für Vor- und Nachläufer) werden seltener verwendet.

Vorteile:

- ▶ Einzelgeräte austauschbar und vielseitig kombinierbar;
- ▶ je nach verwendeten Vorläufern flache oder tiefere Bearbeitung möglich;
- ▶ hohe Arbeitsgeschwindigkeit möglich (8–10 km/h);
- ▶ exakte Tiefenführung, da sich der Tragrahmen auf hintere Krümelwalzen abstützt;
- ▶ bei Geräten mit mehr als 3 m Gesamtbreite können überstehende Seitenteile mechanisch oder hydraulisch eingeklappt werden.

Nachteile:

- ▶ Arbeitstiefe begrenzt;
- ▶ auf sehr tonigen Böden begrenzte Bearbeitungswirkung, oft mehrere Arbeitsgänge mit entsprechenden Fahrspuren erforderlich;
- ▶ auf leichten, »puffigen« Böden ist die erzielbare Rückverfestigung oft nicht befriedigend.

Mehrfachkombinationen – Die **Eggen-Packer-Kombinationen** haben ihre bevorzugten Einsatzbereiche auf leichten, humosen Böden. Aber auch auf mittleren Böden kann ihr Einsatz sinnvoll sein, wenn diese zu tief gelockert wurden (z. B. um Fahrspuren aufzulösen). Der zwischen Vor- und Nachläufer angeordnete Hohl-scheibenpacker soll auf diesen Böden eine ausreichende Rückverfestigung und den gewünschten Bodenschluß sicherstellen. Für den Einsatz auf

Vorteile:

- ▶ Gezielte Rückverfestigung;
- ▶ Wirkung der einzelnen Aggregate getrennt einzustellen;
- ▶ Einsparen an Arbeitsgängen und Fahrspuren.

Nachteile:

- ▶ Auf sehr tonigen Böden begrenzte Wirkung;
- ▶ Packer neigt bei feuchten Bodenverhältnissen zum Verkleben;
- ▶ höheres Eigengewicht.

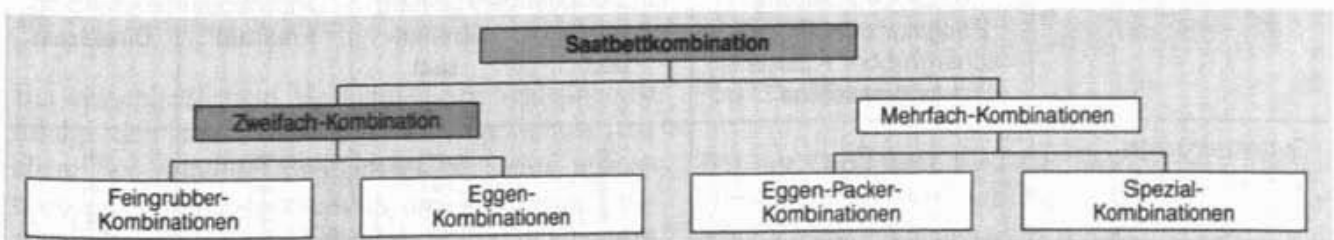


Abb. 170 Einteilung der Saatbettkombinationen.

besonders feuchten, scholligen Böden kann frontseitig noch eine Schneidscheibenwalze angebracht werden.

Spezialkombinationen sollen unter extremen Einsatzbedingungen noch das Herrichten eines brauchbaren Saatbettes ermöglichen. Der »Schollenbrecher« (mit gekröpften Zackenscheiben, Schneidscheiben und Federzinkengrubber) wurde speziell für schwere, trockene und schollige Böden entwickelt.

Doppelpackerkombinationen (mit Gare-Egge, Doppelpacker- und Krümel- bzw. Sternwalzen) sollen auf extrem lockeren, »puffigen« Böden den erforderlichen Bodenschluß schaffen.

1.5.3 Kombinationen von Bodenbearbeitungs- und Sägeräten

Neben verschiedenen Verfahren, die ein gezieltes Verringern des Bearbeitungsaufwandes für den Boden zum Ziel haben, hat sich auch die **Minimal-Bestelltechnik** im Ackerbau einen festen Platz gesichert (Abb. 171). Bei ihrem Einsatz sollen folgende **Ziele** und Vorteile erreicht werden:

- ▶ Nur noch ein einziger Arbeitsgang für Saatbettvorbereitung und Saat,

- ▶ weniger Fahrspuren und Bodenverdichtungen,
 - ▶ Einsparen von Arbeitszeit und Energie (Treibstoff),
 - ▶ geringere Kosten für die Arbeiterledigung,
 - ▶ termingerechte Feldbestellung und Vermindern des Wetterrisikos,
 - ▶ gut geeignet für den überbetrieblichen Einsatz.
- Ein nachhaltiger Erfolg der Minimalbestelltechnik ist jedoch nur dann gewährleistet, wenn folgende **Probleme** beachtet bzw. vermieden werden:
- ▶ Spezielle Ansprüche der Kulturpflanzen müssen voll berücksichtigt werden,
 - ▶ verringerter Bearbeitungsaufwand kann Unkrautwüchsigkeit steigern,
 - ▶ höhere Aufmerksamkeit und höhere Aufwendungen für Pflanzenschutz können als Folge nötig sein,
 - ▶ mangelnde Ertragssicherheit,
 - ▶ beim Einsatz von Spezialmaschinen höhere Investitionen erforderlich,
 - ▶ Reaktion von Bodenstruktur und -fruchtbarkeit auf die Bearbeitungsmaßnahmen beobachten.

Die **Anwendung** der Minimal-Bestelltechnik umfaßt heute fast sämtliche Bereiche des Ackerbaues. Geräte für die **Pflugsaat** (meist Packerkombinationen mit aufgebauter Sävorrichtung) werden für

Tabelle 73 Verfahrenstechnische Kenndaten verschiedener Gerätekombinationen.

Kombination	günstige Fahrgeschwindigkeit km/h	spezifischer Leistungsbedarf kW/m Arbeitsbreite	spezifische Flächenleistung ha/h je m Arbeitsbreite
Pflug + Packer	5–7	55–70	0,40–0,55
Schälgrubber + Glättschiene + Krümler	7–9	25–28	0,60–0,80
Schälgrubber + Scheibenegge oder Spatenrolle	7–10	26–35	0,60–0,90
Kurzgrubber + Bodenfräse oder Zapfwellenegge	6–8	30–37	0,50–0,70
Feingrubber + Krümler	7–9	15–19	0,60–0,80
Feingrubber + Packer + Krümler	6–8	20–25	0,50–0,70
Gare-, Acker- oder Löfflegette + Wälzgette (Einfach- oder Doppel-)	8–10	13–17	0,70–0,90
Garegette + Packer + Krümler	6–9	15–19	0,50–0,80

Tabelle 74 Anwendungsbereiche der Minimal-Bestelltechnik.

angebaute Fruchtart	zugleich mit der Grundbodenbearbeitung Pflugsaat oder Flügel-schärgrubber + Bestell-saatmaschine	nach einer Grundbodenbearbeitung		ohne Grundbodenbearbeitung	
		Bestell-saat	Streifen-saat	Frässaat	Direktsaat
Getreidefrüchte	+	+	-	+	+
Reihenfrüchte	(+)	+	+	+	+
Zwischenfrüchte	+	+	-	+	(+)

+ = geeignet, (+) = bedingt geeignet, - = nicht geeignet



Abb. 171 Systeme der Minimal-Bestellverfahren.

Beet- und Drehpflüge angeboten. Ihr Einsatz beschränkt sich auf leichte, gut krümelnde Böden. Eine Kombination von Grundbodenbearbeitung und Saat liegt auch dann vor, wenn ein Flügelscharrubber mit einer Bestellsaatmaschine kombiniert wird. Mit **Bestellsaatmaschinen** läßt sich eine befriedigende Arbeitsqualität im allgemeinen nur nach einer ordnungsgemäßen Grundbodenbearbeitung mit Pflug oder Grubber erzielen. Bevorzugt werden Kombinationen von Zapfwelleneggen (mit Untersetzungsgetriebe) und Drillmaschinen verwendet. Sie ermöglichen auch auf tonigen Böden und bei ungünstigen Bodenverhältnissen eine ordnungsgemäße Feldbestellung. Meist sind sie mit normalen Dreipunkt-Anschlüssen gekoppelt, dadurch lassen sich die Geräte bei Bedarf auch getrennt einsetzen. Es sind verschiedene Anordnungen der Bauteile und Saatverfahren möglich (Abb. 172).

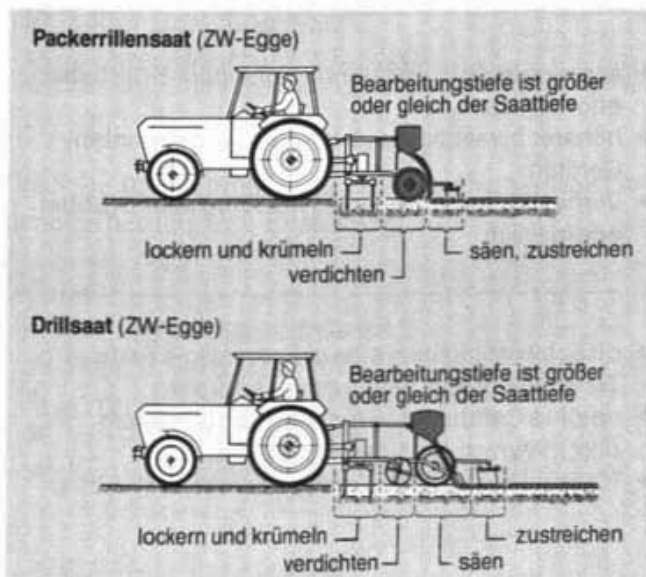


Abb. 172 Bestellsaat-Verfahren.

Bei ausschließlichem Heckanbau am Schlepper ist infolge des hohen Maschinen-Eigengewichtes (vor allem bei gefülltem Saatgutbehälter) eine ausreichende Hydraulik-Hubleistung und Vorderachslast beim Schlepper erforderlich. Bei Schleppern mit Heck- und Frontkraftheber sowie Heck- und

Frontzapfwelle werden deshalb die Bodenbearbeitungs- und Säegeräte zunehmend auf beide Anbau-räume verteilt.

Maschinen für eine *streifenförmige Bestellsaat* lassen sich nur beim Bestellen von Reihenfrüchten (bevorzugt im hängigen Gelände) verwenden. Sie sollen zu einer geringeren Bodenerosion und -verschlemmung beitragen sowie den Bearbeitungsaufwand senken.

Frässaatmaschinen werden vorwiegend ohne vorhergehende Grundbodenbearbeitung eingesetzt. Sie sind sehr vielseitig zu verwenden und legen das Saatgut als Bandsaat, Breitsaat oder Rillensaat im Boden ab.

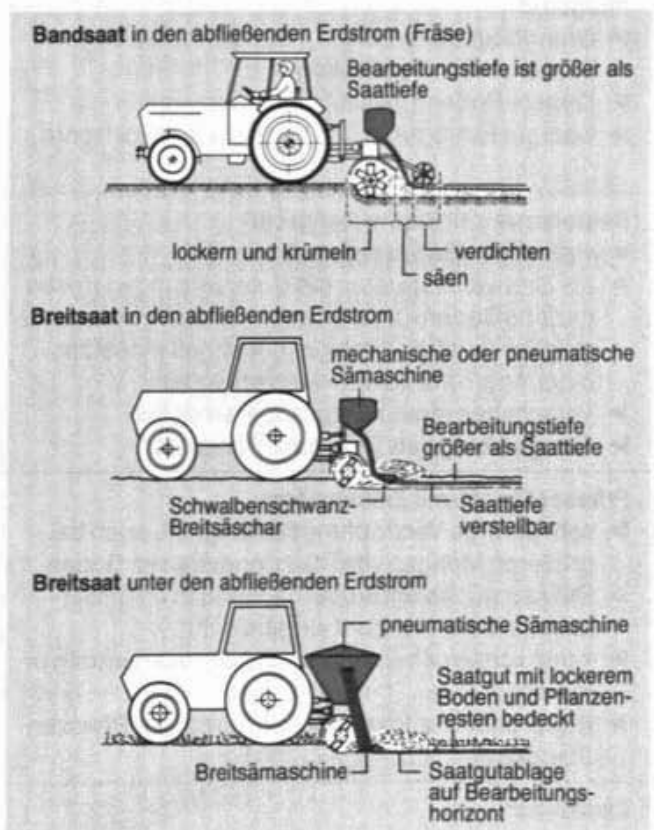


Abb. 173 Frässaat-Verfahren.

Bei der **Direktsaat** wird das Saatgut von Spezial-Drillmaschinen mit Scheibensechen und Doppelscheibenscharen in den nicht vorbereiteten Boden abgelegt. Die vorhandene Bodenstruktur wird daher

kaum beeinflußt und verändert. Das Verfahren eignet sich aber nur für leichte, gut krümelnde Böden und konnte sich unter unseren Produktionsvoraussetzungen bisher nicht durchsetzen.

1.5.4 Vergleich der Minimal-Bestellverfahren

Ein **Vergleich** der verschiedenen Verfahren läßt folgende Vor- und Nachteile erkennen (Tabelle 75). Die wichtigsten **verfahrenstechnischen Kenndaten** sind in Tabelle 76 zusammengefaßt. Mit Ausnahme der Pflugsaat lassen sich befriedigende Flächenleistungen (hohe Schlagkraft) bei diesen kombinierten Bestellverfahren erzielen. Der verwendete Schlepper muß neben einer ausreichenden Motorleistung auch eine ausreichende Hubkraft des Krafthebers aufweisen.

Beim Einsatz der Minimal-Bestelltechnik ist die erzielbare Flächenleistung abhängig von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge. Für Kombinationen mit unterschiedlicher Arbeitsbreite gelten die in Abb. 174 zusammengestellten Werte.

Aus ackerbaulichen und ökonomischen Gründen wird heute vielfach versucht, den früher üblichen Aufwand für Bodenbearbeitung und Feldbestellung durch den Einsatz neuerer Geräte (z. B. Schäl- oder Flügelschargrubber, Zapfwellengeräte) oder den Verzicht auf die Verwendung konventioneller Gerätebauformen wie z. B. den Pflug drastisch zu verringern. Dadurch soll eine rationellere Form der Bodenbewirtschaftung erreicht werden. Für die Auswahl und Anwendung der heute vertretbaren Verfahren ist jedoch die Kenntnis der jeweiligen **Bestimmungsgründe** wichtig.

Wichtige Bestimmungsgründe bei der *konventionellen* Bodenbearbeitung und Bestellung sind:

Tabelle 75 Vor- und Nachteile bei Minimal-Bestellverfahren.

Vorteile	Nachteile
Pflugsaat <ul style="list-style-type: none"> ▶ Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat in einem Arbeitsgang ▶ längere Bodenruhe und Wachstumszeit ▶ weniger Fahrspuren und Verdichtungshorizonte 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ nur für leichte, gut krümelnde Böden geeignet ▶ Arbeitsbreite muß auf Schnittbreite des Pfluges abgestimmt sein ▶ deshalb begrenzte Flächenleistung ▶ hoher Schlepper-Motorleistungsbedarf
Bestellsaat (mit Zapfwellengerät) <ul style="list-style-type: none"> ▶ vielseitiges Geräteangebot ▶ bei Zapfwellengeräten mit Untersetzungsgetriebe gezielte Bodenvorbereitung in einem Arbeitsgang möglich (auch bei weniger günstigen Einsatzbedingungen und auf schwereren Böden) ▶ Vorschalten eines Kurzgrubbers möglich ▶ Saatgutablage als Drill- oder Bandsaat 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ausreichende Hubkräfte am Schlepper-Kraftheber erforderlich ▶ höherer Investitionsaufwand als bei getrennten Geräten ▶ Vorbearbeitung des Feldes mit Pflug oder Grubber erforderlich
Frässaat (auch mit Zinkenrotor) <ul style="list-style-type: none"> ▶ sehr geringe Verstopfungsanfälligkeit, auch bei größeren Mengen von Pflanzenresten im Boden ▶ Pflanzenrückstände oberflächennah im umsetzungsaktiven Horizont eingemischt ▶ keine vorhergehende Grundbodenbearbeitung erforderlich ▶ Band- oder Breitsaat möglich, günstiger Pflanzenstandraum 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ oft Schwierigkeiten, eine gleichmäßig-exakte Tiefenablage des Saatgutes zu erreichen ▶ erhöhte Gefahr der Verunkrautung (vor allem durch Wurzelunkräuter und Gräser) ▶ für Frühjahrs-Bestellung nur bedingt verwendbar
Direktsaat <ul style="list-style-type: none"> ▶ geringster Eingriff in das Bodengefüge ▶ niedrigster Schlepperleistungsbedarf aller Minimalbestellverfahren ▶ hohe Flächenleistung und sehr geringer Arbeitszeitbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ durch fehlende Bodenvorbereitung oft unbefriedigender Feldaufgang ▶ deshalb keine ausreichende Ertragssicherheit ▶ nur für leichte, gut krümelnde Böden geeignet, Pflanzenrückstände müssen entfernt werden ▶ chemische Unkrautbekämpfung mit Spezial-Herbiziden unerlässlich

Tabelle 76 Verfahrenstechnische Kenndaten der Minimal-Bestellverfahren.

Verfahren	Arbeitsbreite m	optimale Arbeitsgeschwindigkeit km/h	Flächenleistung ha/h	erforderliche Schlepper-Motorleistung	
				kW/m Arbeitsbreite	insgesamt kW
Pflugsaat	1,2	6- 7	0,45-0,60	ca. 50	ca. 60
Bestellsaat	2,5	7- 9	1,1-1,4	15-18	37-45
	2,5	5- 8	0,8-1,3	20-26	50-65
	3,0		0,9-1,5		60-75
Frässaat	2,5	5- 8	0,7-1,0	24-32	60-80
	3,0		0,8-1,2		72-96
Direktsaat (Dreischeiben-Drillmaschine)	2,5	7-10	1,1-1,6	13-15	33-37

Vorteile:

- ▶ Geräteeffekte bekannt,
- ▶ freie Wahl der Zueinanderordnung,
- ▶ vielseitig einsetzbar,
- ▶ relativ geringer Investitionsbedarf,
- ▶ geringe Reparaturanfälligkeit.

Nachteile:

- ▶ Hoher Arbeitszeitbedarf,
- ▶ ungünstiger Wirkungsgrad bei Umwandlung von Motorleistung in Geräte-Nutzleistung,
- ▶ hoher Energieaufwand,
- ▶ größere Witterungsabhängigkeit.

Wichtige Bestimmungsgründe bei der *rationellen* Bodenbearbeitung und Bestellung sind:

Vorteile:

- ▶ Geringer Eingriff in die biologisch-physikalische Bodenstruktur,
- ▶ geringer Energieaufwand,
- ▶ bessere Befahrbarkeit der Felder,
- ▶ bessere Regenverträglichkeit.

Nachteile:

- ▶ Anhäufen organischer Substanzen in oberflächennahen Schichten,
- ▶ mechanische Bekämpfung von Unkraut und Ausfallgetreide problematisch,
- ▶ engere Wechselbeziehungen zwischen Gerätarbeitsbreite und Schleppermotorleistung.

Wichtige Bestimmungsgründe bei der *minimalen* Bodenbearbeitung und Bestellung:

Vorteile:

- ▶ Geringer Arbeitszeitbedarf,
- ▶ hohe Schlagkraft,
- ▶ geringer Energieaufwand,
- ▶ verringertes Wetterrisiko,
- ▶ Saattechnik unempfindlicher gegenüber Ernterückständen.

Nachteile:

- ▶ Höherer Kapitalbedarf für Geräteanschaffung,
- ▶ nicht auf allen Standorten und bei allen Fruchtarten verwendbar,
- ▶ höhere Anforderungen an Pflanzenschutzmaßnahmen (Herbizidaufwand, spezieller Anwendungszeitpunkt und Wirksamkeit der Mittel).

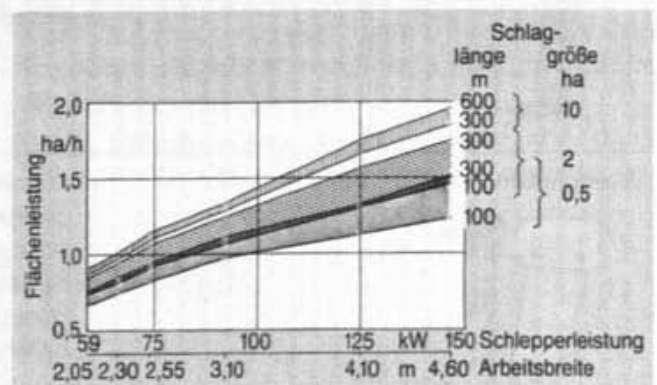


Abb. 174 Leistung der Bestellkombination Kreiselegge + Drillmaschine in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten; v = 6 km/h; Saatmenge 220 kg/ha).

1.6 Geräte für die Unterbodenlockerung

Mit der Unterbodenlockerung werden folgende wichtige **Ziele** verfolgt:

- ▶ Grobes *Aufbrechen* von Störschichten, Verdichtungshorizonten, Ortsteinschichten unterhalb der durchwurzelten Krume,
- ▶ Vorbereiten einer *Krumenvertiefung*,
- ▶ *Vergrößern* des durchwurzelbaren Bodenraumes, Schaffen eines Wasserspeichers,

- ▶ *Einbringen* von bodenverbessernden Materialien (Düngekalk, Mineraldünger, Bodenlockerungs- und Drainmaterialien).

Unterbodenlockerer werden mit gezogenen oder mechanisch bewegten Arbeitswerkzeugen angeboten (Abb. 175 und 176).

Beim Tiefgrubber verursachen die starr angeordneten, gezogenen Werkzeuge einen hohen Zugkraftbedarf. Deshalb sind Schlepper mit ausreichender Motorleistung und zweckmäßigen Reifenabmessungen erforderlich. Dagegen kann bei Geräten mit beweg-

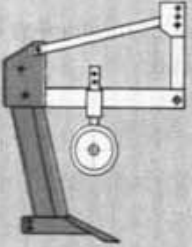
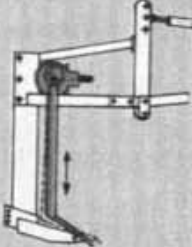
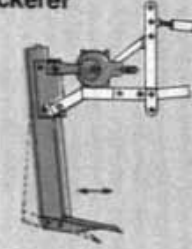
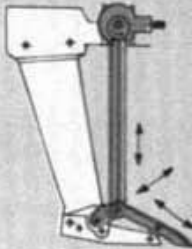
Gerät	Werkzeug-		Leistungsbedarf für 80 cm Arbeitstiefe kW/Schar
	form	bewegung	
starrer Lockerer 	Schmalschar, Flügelschar	starr	45–60
Wippscharlockerer 	Schmalschar	starres Schwert, Schar gelenkig gelagert, durch Exzenterantrieb (von Zapfwelle) auf- und abbewegt	40–55
Hubschwenklockerer 	Schmalschar	Schwert und Schar fest verbunden, durch Exzenterantrieb (von Zapfwelle) in vor- und zurückpendelnde Bewegung versetzt; mindestens zwei Schare je Gerät erforderlich	30–45
Stechhublockerer 	Schmalschar	starres Schwert, Schar zweifach gelagert und durch Exzenterantrieb über die Zapfwelle derart bewegt, daß zuerst der Einstich nach vorn in den Boden erfolgt, anschließend das Anheben und Aufbrechen	40–50

Abb. 175 Werkzeuge und Leistungsbedarf bei Untergrundlockerern.

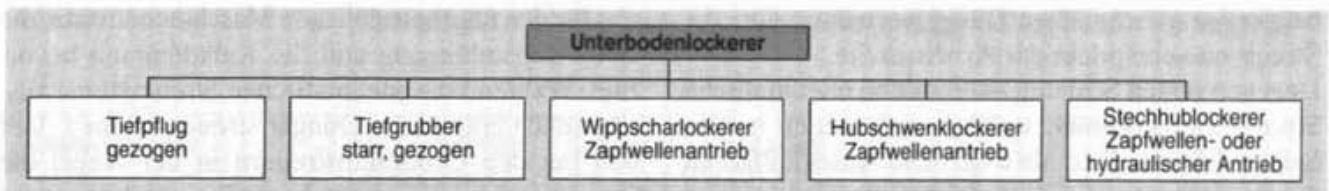


Abb. 176 Einteilung der Untergrundlockerer.

ten, von der Schlepperzapfwelle oder hydraulisch angetriebenen Werkzeugen durch den Zwangsantrieb ein intensiveres Lockern und geringerer Zugleistungsbedarf erzielt werden.

Einsatz – Intensität der Lockerung, Langzeitwirkung der Bearbeitung und Zugkraftbedarf hängen vor allem ab von Geräte-Gesamtaufbau, Form und Anzahl der Lockerungsschare, Bodenart und -zustand, Arbeitstiefe und Fahrgeschwindigkeit. Der Einsatz ungeeigneter Geräte und ein falscher Anwendungszeitpunkt (vor allem bei zu feuchtem Boden) kann vorhandene Schäden noch vergrößern, anstatt sie zu beheben. Bei zweischarigen Geräten (Zinkenabstand 80 cm) beträgt die Flächenleistung ca. 0,3–0,4 ha/Stunde. Da die Unterbodenlockerung meist nur im Abstand von mehreren Jahren durchgeführt wird, ist der überbetriebliche Geräteeinsatz zweckmäßig.

verteilen. Die durchschnittlichen Abweichungen dürfen nach den DLG-Prüfungsrichtlinien nur $\pm 10\%$ (maximal $\pm 30\%$) betragen.

An die Düngerstreuer sind folgende **Forderungen** zu stellen:

- ▶ Gleichmäßiges Ausbringen und Verteilen des Düngers längs und quer zur Fahrtrichtung, bei vollem und nur teilweise gefülltem Vorratsbehälter, bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten sowie bei geringen und hohen Streumengen,
- ▶ ausreichendes Fassungsvermögen des Düngervorratsbehälters,
- ▶ Möglichkeit zum Anpassen an unterschiedlich hohe Pflanzenbestände,
- ▶ einfaches und sicheres Regeln der Düngergaben,
- ▶ Möglichkeit zum Streuen von Teilbreiten,
- ▶ Unempfindlichkeit gegen Korrosion, leichtes Reinigen,
- ▶ hohe Flächenleistung,
- ▶ angemessener Anschaffungspreis.

Düngerstreuer für feste Mineraldünger sollen darüber hinaus für unterschiedlich streufähige Düngertypen geeignet sein.

2 Mineraldüngung

Wirtschaftseigene Düngemittel reichen in den meisten Betrieben nicht aus, die Nährstoffe zu ersetzen, die von den wachsenden Pflanzen dem Boden entzogen werden. Deshalb ist es erforderlich, zusätzlich Mineraldünger (Handelsdünger) auszubringen. Diese Düngemittel werden heute vorwiegend gekörnt (granuliert), daneben auch staubförmig oder in flüssiger Form angeboten.

2.1 Mineraldüngerstreuer

Mineraldüngerstreuer haben die Aufgabe, die Düngernährstoffe möglichst gleichmäßig auf dem Feld zu

2.1.1 Bauarten

Die vorwiegend verwendeten Mineraldüngerstreuer lassen sich wie in Abb. 177 gezeigt einordnen.

Übereinstimmend liegt folgende **Funktion** vor: Der Dünger gelangt aus einem Vorratsbehälter (meist mit Unterstützung eines Rührwerkes) zu der Dosiervorrichtung. Sie ist mit verstellbaren Auslauföffnungen oder Austragvorrichtungen ausgestattet und bewirkt, daß eine genau dosierbare Düngermenge dem Streuorgan zugeführt wird. Dieses übernimmt dann das Verteilen des Düngers.

Beim mechanischen Auslegerstreuer und beim Schneckenstreuer liegt eine über die gesamte Ar-

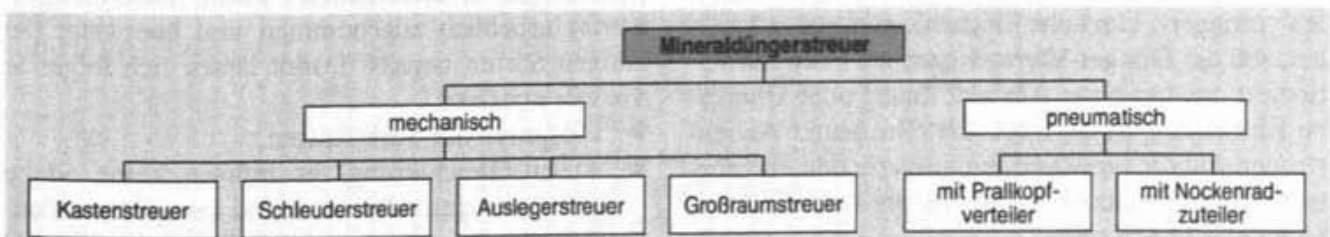


Abb. 177 Bauarten der Mineraldüngerstreuer.

beitsbreite gleichmäßige Düngerverteilung vor, die Streubreite entspricht der Arbeitsbreite.

Dagegen zeigen Schleuderstreuer und pneumatische Streuer ein **Streubild**, welches außen nach beiden Seiten abflacht. Deshalb muß beim Anschlußfahren überlappt werden, um eine gleichmäßige Düngerverteilung auf der gesamten Fläche zu erreichen. Die **Wurfweite** ist bei diesen Streusystemen größer als die eigentliche **Arbeitsbreite**.

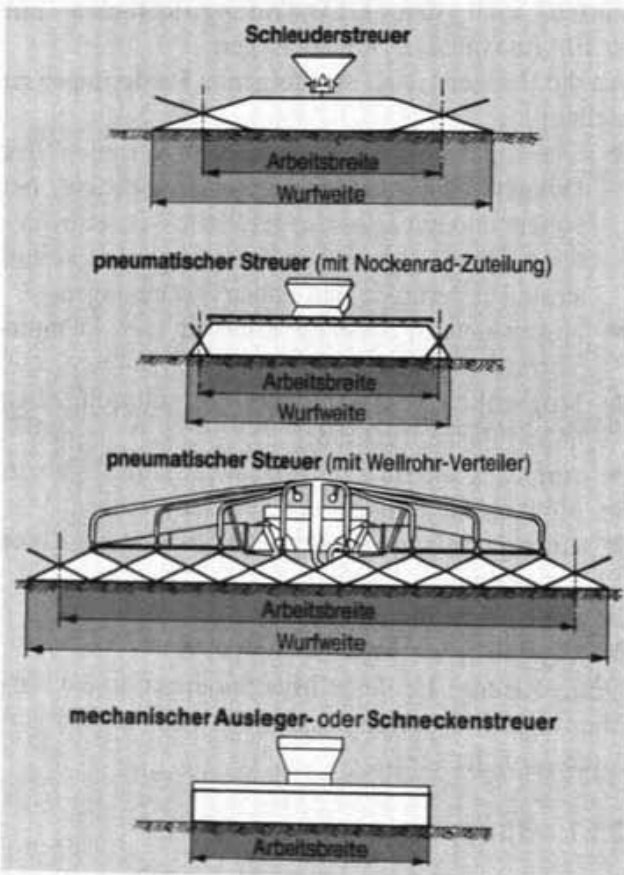


Abb. 178 Arbeitsbreite und Wurfweite bei verschiedenen Düngestreuern.

Die verschiedenen Düngestreuer-Bauarten weisen die in Abb. 179 aufgeführten wesentlichen **Merkmale** auf.

2.1.2 Einsatz der Mineraldüngerstreuer

Dreipunkt-Anbaustreuer stellen die weitverbreitetste **Bauart** dar. Das Vorratsbehälter-Fassungsvermögen wurde in den letzten Jahren ständig gesteigert und dadurch der Arbeitszeitbedarf für das Nachfüllen verringert. Um hohe Flächenleistungen zu erzielen, soll der Dünger-Vorratswagen am Feldrand stationiert und mit einer Auslauföffnung oder Übergabe-Einrichtung ausgerüstet sein. Dreipunkt-Anbaustreuer sind die typischen Bauarten für den eigenbetrieblichen Einsatz, da sie relativ preiswert und einfach zu bedienen sind.

Pneumatische und Großraum-Streuer werden dage-

gen für den überbetrieblichen Maschineneinsatz, die Großflächendüngung und die Kalkdüngung bevorzugt. Während die pneumatischen Streusysteme ausschließlich granulierten Dünger streuen können, läßt sich bei den Großraumstreuern in der Regel die Streuvorrichtung austauschen: Einscheiben- oder Zweisheiben-Streuvorrichtung für das Ausstreuen von gekörntem Dünger, Schnecken- oder Bandstreueorgane für das Ausbringen von staubförmigem Dünger. Das Erzielen der möglichen, hohen Flächenleistungen setzt eine sorgfältige Organisation der gesamten Düngieranlieferung und -lagerung voraus.

Hinsichtlich der **Düngerverteilung** ist zu unterscheiden zwischen der breitflächigen und der Reihendüngung. Während bei der ganzflächigen Düngung der Mineraldünger gleichmäßig auf der gesamten Bodenoberfläche verteilt wird, stellt die Reihendüngung eine spezielle Form der Düngerausbringung für Reihenfrüchte (vor allem Mais) dar. Hier wird der Mineraldünger als »Unterfußdüngung« gleichzeitig mit der Saat oder als »Spätdüngung« auf die Bodenoberfläche neben den Pflanzenreihen abgelegt. Diese Spätdüngung kann auch mit mechanischen Pflegemaßnahmen bei Reihenfrüchten kombiniert werden.

2.2 Düngelagerung und -transport

Es werden noch mehr als 60% der Mineraldüngermenge in der Bundesrepublik Deutschland in **gesackter Form** gehandelt. Zwar erfordert die Handhabung der Düngersäcke erhebliche körperliche Anstrengungen, dennoch hat diese Verpackungsform einige **Vorteile**:

- ▶ Handliche Einheit mit genauem Gewicht, Nachkontrolle auf dem Feld mit ausreichender Genauigkeit möglich,
- ▶ bauliche Aufwendungen für die Lagerung meist nicht erforderlich,
- ▶ bei kleineren Mengen von Spezialdüngern wirtschaftlich,
- ▶ Handhabung teilweise mechanisierbar, z. B. durch Paletten-Stapelung und Transport mit Gabelstaplern.

In den letzten Jahren hat jedoch der Bezug von Mineraldünger in **unverpackter Form** (Lose-Dünger-Kette) erheblich zugenommen und überwiegt bei einigen Sorten bereits. Damit lassen sich folgende **Vorteile** erzielen:

- ▶ Einsparen der Sack-Kosten,
- ▶ Arbeitserleichterung, es müssen keine Säcke mehr getragen oder von Hand gestapelt werden,
- ▶ Arbeitszeitersparnis von 25–30% durch Wegfall der aufwendigen Handarbeit, gute Mechanisier-

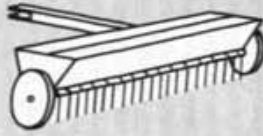
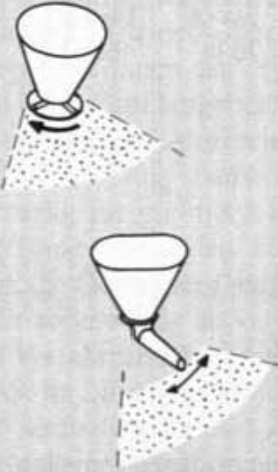
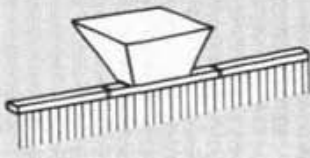
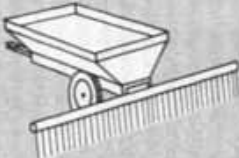
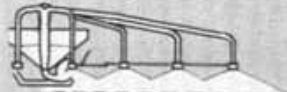

Bauart	Streuorgan	Merkmale	geeignet für Düngerart	Arbeitsbreite	Fassungsvermögen
Kastenstreuer 	Schlitzstreuer Gitterstreuer Kettenstreuer Walzenstreuer Tellerstreuer	Streubreite entspricht der Kastenbreite; exaktes Anschlußfahren erforderlich, Streubild über gesamte Arbeitsbreite gleichmäßig, seitlich exakt abgegrenzt; Bodenradantrieb von seitlichen Laufrädern, Anbau- oder Anhängerstreuer; infolge begrenzter Arbeitsbreite und geringer Flächenleistung ist die Bedeutung stark rückläufig	staubförmig und granuliert	bis ca. 4 m	80–120 l je Meter Arbeitsbreite
Schleuderstreuer 	1 Scheibe 2 Scheiben Pendelrohr	Streubreite abhängig von Bewegungsgeschwindigkeit und Bauweise des Streuorgans, Düngerart und -körnung; Streubild nicht gleichmäßig, am Rande abgeflacht; richtiges Überlappen ist ausschlaggebend für gleichmäßige Düngerverteilung auf der gesamten Breite; Antrieb des Streuorgans durch die Schlepperzapfwelle; bei Scheibenstreuer kann Aufgabestelle des Düngers auf die Streuscheibe verstellt werden, dadurch Streurichtung einstellbar	granuliert staubförmig nur mit zusätzlicher Staubschutzvorrichtung	bis ca. 14 m bis ca. 4 m	bis ca. 1200 l
Auslegerstreuer 	Gitterstreuer Bandstreuer	zentraler Düngerbehälter mit seitlichen Auslegern, die für den Straßen-transport eingeschwenkt werden; Streubild über die gesamte Streubreite gleichmäßig und seitlich exakt abgegrenzt, kein Überlappen, exaktes Anschlußfahren erforderlich; Antrieb des Streuorgans durch die Schlepperzapfwelle	granuliert und staubförmig	bis ca. 14 m	bis ca. 1400 l

Abb. 179 Merkmale verschiedener Düngerstreuer.

Bauart	Streuorgan	Merkmale	geeignet für Düngerart	Arbeitsbreite	Fassungsvermögen
Großraumstreuer 	1 Scheibe 2 Scheiben Schneckenstreuwerk	1-achsiger Streuer, bei hohem Fassungsvermögen des Vorratsbehälters auch mit Tandemachse; Streubild bei 1- und 2-Scheibenstreuwerk nicht gleichmäßig, am Rande abgeflacht, richtiges Überlappen erforderlich; bei Schneckenstreuwerk Streubild über gesamte Streubreite gleichmäßig und seitlich abgegrenzt; Bodenradantrieb für Düngierzuführung zum Streuorgan, Zapfwellenantrieb für Streuvorrichtung	Scheiben für granulierten Dünger Schneckenstreuwerk für staubförmigen Dünger	bis ca. 25 m bis ca. 8 m	bis ca. 10000 l
pneumatischer Streuer mit Prallkopfverteiler 	Prallkopf und Prallteller	Dünger wird von Zellenrad in einen Druckluftstrom eingespeist, von diesem zum Prallkopfverteiler und den Pralltellern transportiert; durch kegelförmige und überlappende Düngerverteilung an den einzelnen Pralltellern wird gleichmäßiges Ausbringen erreicht; geringfügiges Überlappen beim Anschlußfahren erforderlich; Zapfwellenantrieb	granuliert	bis ca. 18 m	bis ca. 1500 l
pneumatischer Streuer mit Nockenradzuteiler 	Nockenräder und Prallteller	Nockenräder dosieren den Dünger in Verteilrohre, für jedes Verteilrohr ein Zuteilorgan vorhanden; Druckluftstrom transportiert den Dünger zu den Pralltellern, Düngerverteilung und Antrieb des Streuorgans durch die Schlepperzapfwelle	granuliert	bis ca. 24 m	bis ca. 1600 l

barkeit des Düngerumschlages vom Waggon bis zur Pflanze, leistungsfähige Arbeitsverfahren, einfache und billige Lagermöglichkeiten in vielen landwirtschaftlichen Betrieben vorhanden (z. B. Altgebäude).

2.2.1 Lose-Dünger-Kette

Je nach betriebsspezifischen Voraussetzungen kann zwischen mehreren **Organisationsformen** der Lose-Dünger-Kette gewählt werden (Abb. 180).

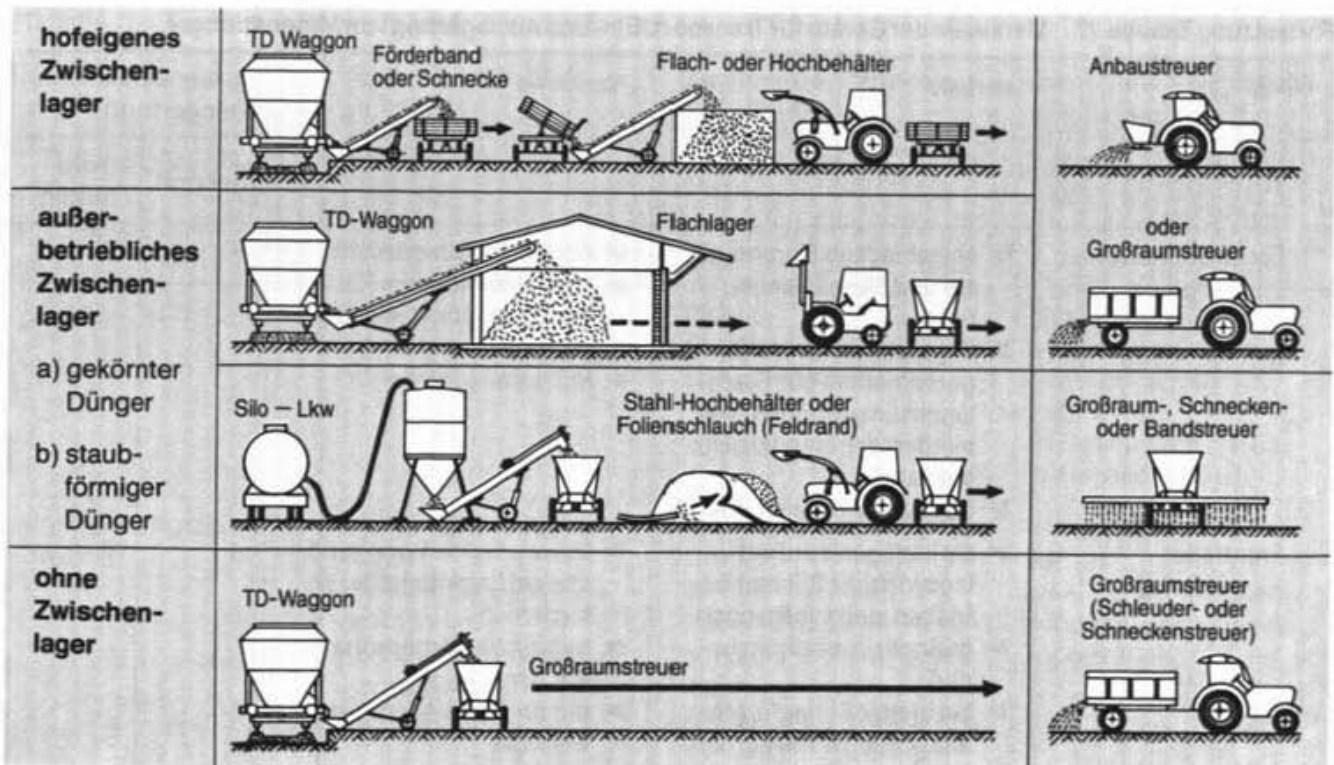


Abb. 180 Verfahren der losen Mineraldüngerkette.

Bei der **betriebseigenen Zwischenlagerung und -ausbringung** wird der Dünger vom Landwirt aus dem Waggon entladen, auf dem Betrieb zwischengelagert und bei Bedarf ausgebracht. Voraussetzungen für eine erfolgreiche Anwendung dieses Verfahrens sind, daß wenige Düngersorten benötigt werden, der Düngerbezug zur günstigen Preisstaffel möglich ist, Lagerräume vorhanden oder preisgünstig zu bauen sind, die Geräte für Düngerrückführung und Transport auch anderweitig zu verwenden sind. Die Vorteile des Verfahrens können meist erst von Betrieben ab 40–50 ha LF wirtschaftlich genutzt werden.

Die *außerbetriebliche Zwischenlagerung* mit betriebseigener Ausbringung bietet den *Vorteil*, daß auf dem Betrieb keine Fördergeräte und Lagereinrichtungen erforderlich sind. Der Dünger wird vom Landwirt zur günstigsten Preisstaffel bezogen, bei

Handel oder Genossenschaft gegen Gebühr eingelagert und bei Bedarf von dort abgeholt. Es ist darauf zu achten, daß die Lagergebühr nicht die mögliche Kostenersparnis übersteigt.

Beim **überbetrieblichen Ausbringen** wird der Dünger durch den Maschinenring oder Lohnunternehmer mit Großraumstreuern ausgebracht. Die Zwischenlagerung erfolgt meist im Lagerhaus, nur bei der Kalkausbringung geschieht das Überladen direkt ab Waggon. Hier wirkt es sich vorteilhaft aus, daß betriebliche Investitionen entfallen und keine Arbeitsbelastung entsteht.

2.2.2 Geräte für Transport, Ein- und Auslagerung

Bei der Mechanisierung der Lose-Dünger-Kette ist auf eine möglichst vielseitige Verwendbarkeit der

Tabelle 77 Merkmale der Geräte für Transport, Ein- und Auslagerung von Mineraldünger.

Gerät	Vorteile	Nachteile	geeignet für Düngerform	
			gekörnt	mehlförmig
mobile Geräte Muldenförderband, Flexowellband	<ul style="list-style-type: none"> ▶ geringer Antriebsbedarf ▶ Förderhöhe (-winkel) verstellbar ▶ für Hoch- und Flachbehälter geeignet 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ bei steigendem Förderwinkel abnehmende Förderleistung ▶ keine senkrechte Förderung möglich ▶ ausreichende Stellfläche notwendig 	+	0

Fortsetzung Tabelle 77 Merkmale der Geräte für Transport, Ein- und Auslagerung von Mineraldünger.

Gerät	Vorteile	Nachteile	geeignet für Düngerform	
			gekörnt	mehlförmig
Förderschnecke	<ul style="list-style-type: none"> ▶ verschiedene Durchmesser und Längen angeboten ▶ Fegeschnecke für Düngerentnahme aus Flachlagern anzubringen, vermindert den Handarbeitsaufwand ▶ tragbarer Antriebsbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Abrieb am Düngerkorn ▶ bei zunehmendem Förderwinkel abnehmende Förderleistung ▶ Korrosionsgefahr 	+	0
Frontlader	<ul style="list-style-type: none"> ▶ als Ladegerät auf den landwirtschaftlichen Betrieben meist vorhanden ▶ geringer Investitionsbedarf ▶ bei breiter Schaufel (ca. 300 l Inhalt) hohe Förderleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ ausreichende Rangierfläche am Lagerbehälter erforderlich ▶ begrenzte Förderhöhe (ca. 3 m) ▶ nur für Flachlagerung verwendbar 	+	0
stationäre Geräte Becherelevator	<ul style="list-style-type: none"> ▶ hohe Förderleistung ▶ senkrechte Förderung ▶ geringer Leistungsbedarf ▶ kein Abrieb am Düngerkorn 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ nur für Hochbehälter ▶ große Bauhöhe ▶ an den Lagerbehälter gebunden ▶ nicht für andere Zwecke verwendbar 	+	-

+ = geeignet, 0 = bedingt geeignet, - = ungeeignet

technischen Einrichtungen zu achten. Für die verwendeten Geräte gelten die in Tabelle 77 genannten Merkmale.

2.3 Flüssige Mineraldüngung

Mit der Anwendung flüssiger Mineraldünger werden folgende **Ziele** verfolgt:

- ▶ Höhere Nährstoffkonzentration,
- ▶ hohe Verteilgenauigkeit,
- ▶ Nährstoffwirkung über das Blatt *und* die Wurzeln,
- ▶ hohe Flächenleistung,
- ▶ niedrige Verfahrenskosten,
- ▶ Mehrfachverwendung vorhandener Geräte.

Für die derzeit in der Bundesrepublik Deutschland vorwiegend verwendeten Flüssigdünger sind in Tabelle 78 die wichtigsten Kennzeichen und verfahrenstechnischen Kenndaten zusammengestellt.

Beim **Einsatz** können Düngerlösungen mit normalen Feldspritzen ausgebracht werden, jedoch müssen alle flüssigkeitsführenden Teile aus korrosionsgeschützten Materialien gefertigt sein (z. B. Edelstahl, Keramik, Kunststoffe).

Flüssigdünger kann pur oder in Kombination mit Pflanzenschutzmitteln ausgebracht werden. Im letztgenannten Fall müssen das richtige Verhältnis von Wasser und Flüssigdünger, die Mischbarkeit von Pflanzenschutzmitteln und Flüssigdünger sowie die Pflanzenverträglichkeit der Mischung beachtet werden.

Für das Ausbringen auf die wachsenden Pflanzen haben sich 110°-LP-Flachstrahldüsen, für die Applikation auf dem Boden in den wachsenden Beständen flexible Schleppschläuche bewährt.

Wasserfreies Ammoniak (NH₃) ist leicht flüchtig und muß deshalb mit Injektionszinken oder Scheibenscharen 10–15 cm tief in den Boden eingebracht werden.

Tabelle 78 Kenndaten der wichtigsten Flüssigdünger.

Kenndaten	Ammoniumnitrat-harnstoff (AHL)	Ammonium-Phosphat-Lösung (APL)	wasserfreies Ammoniak (NH ₃ flüssig)
N-Gehalt Gew.-%	28–32	10	82
Vol.-%	36–40	14	51
P-Gehalt Gew.-%	–	34	–
Vol.-%	–	48	–
Eigenschaften	flüssig; druckfrei; stark korrosiv/ätzend	flüssig; druckfrei; stark korrosiv/ätzend	flüssig; unter hohem Druck; nicht korrosiv/stark ätzend; als Gas flüchtig, gesund- heitsschädlich
Anwendungsbe- reiche	in allen Kulturen ein- setzbar; vor allem für Getreide- spätdüngung; Kombination mit APL, Herbiziden und Fungizi- den möglich	in allen Kulturen ein- setzbar; vor allem für Mais zur Banddüngung und Nach- düngung mit Unterblatt- spritzung; Kombination mit AHL, Herbiziden und Fungizi- den möglich	wenig verbreitetes System; bei Kulturen mit hohem Düngungsniveau (Mais, Zuckerrüben)
Lager- und Transport- behälter	VA-Stahl; Polyester/Polyäthylen; dublierte Spezialfolien; glasverstärktes Poly- esterharz; Aluminium	VA-Stahl; Polyester/Polyäthylen; dublizierte Spezialfolien; glasverstärktes Polyester- harz	Stahl tanks (Prüfdruck 33 bar); sehr hohe Sicherheitsvor- kehrungen
Ausbringtechnik	korrosionsfeste Pflanzen- schutzspritze; auf die Bodenfläche mit Düsen oder Schlepp- schläuchen; oder Einarbeiten vor der Saat	korrosionsfeste Pflanzen- schutzspritze; auf die Bodenoberfläche mit Düsen oder Schlepp- schläuchen; oder Einarbeiten vor der Saat	Spezialgrubber mit Spe- zialzinken; Einarbeitung in den Boden (10–15 cm tief)
Arbeitsbreite (AB) Flächenleistung Kraftbedarf	10–24 m 0,4 ha/h und m AB 26–37 kW	10–24 m 0,4 ha/h und m AB 26–37 kW	3–5 m 0,5 ha/h und m AB 44–60 kW

2.4 Verfahrenvergleich

Flüssigdünger-Lösungen konkurrieren derzeit mit handarbeitsarmen Verfahren der Lose-Dünger-Kette. Bei einem Vergleich sollte aber neben den verfahrenstechnischen Kenndaten auch die Verteilgenauigkeit berücksichtigt werden.

Exaktes Verteilen der Mineraldünger stellt heute einen wesentlichen und direkten Beitrag zur umweltbewußten Düngernutzung dar.

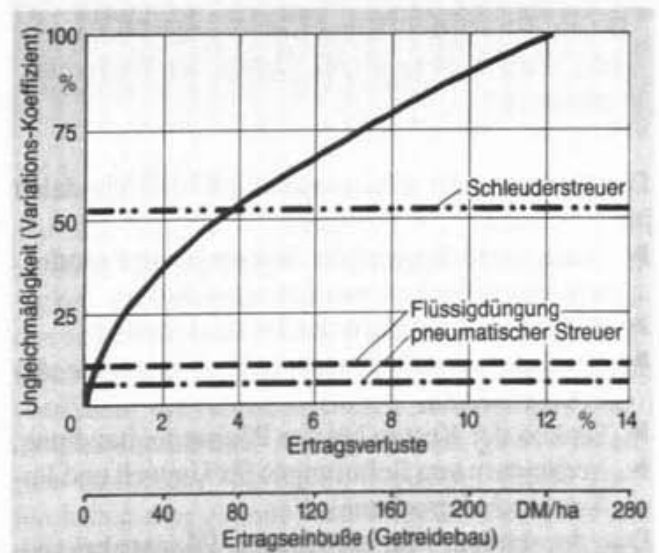


Abb. 181 Auswirkung ungleichmäßiger Düngerverteilung.

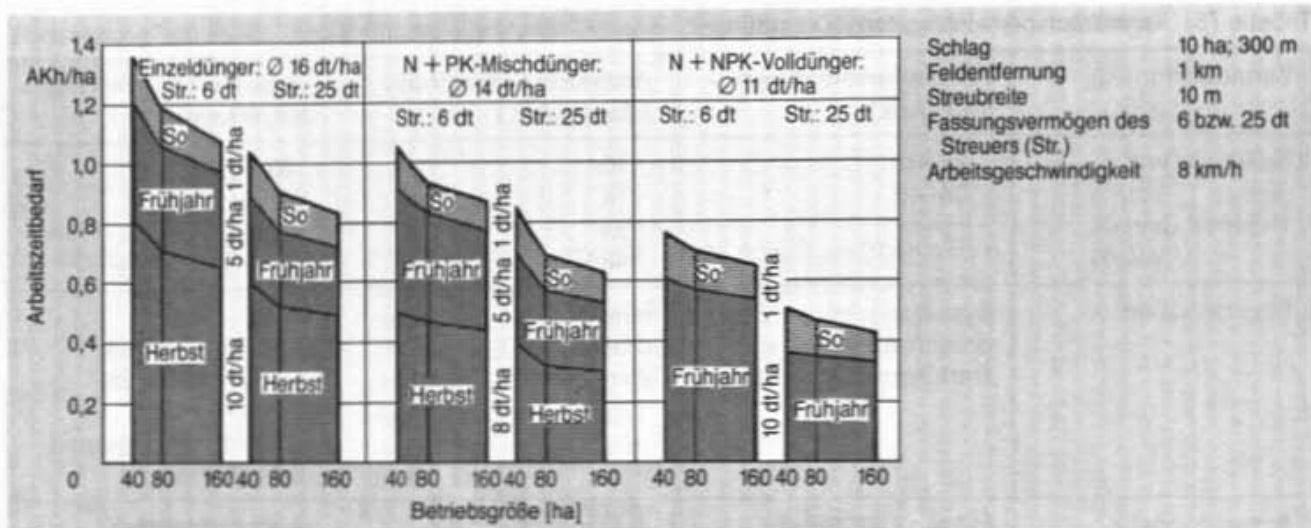


Abb. 182 Arbeitszeitbedarf beim Ausbringen von Mineraldünger (Streumenge 8 dt/ha).

Tabelle 79 Vergleich von Arbeitszeitbedarf und Maschinenkosten bei verschiedenen Düngerverfahren (Quelle: RKL).

	Arbeitszeitbedarf		Maschinenkosten DM/ha ¹⁾	Verfahrenskosten DM/ha ²⁾
	50 kg N/ha AKh/ha	100 kg N/ha AKh/ha		
Kalkammonsalpeter lose				
Schleuderstreuer, 10 m Arbeitsbreite, 1000 l	0,27	0,34	5,-	12-14
Pneumatikstreuer, 12 m Arbeitsbreite, 1000 l	0,31	0,38	16,-	
Harnstoff gesackt				25-28
Pneumatikstreuer, 12 m Arbeitsbreite, 1000 l	0,35	0,43	16,-	
AHL-Lösung flüssig				
Anbauspritze, 10 m Arbeitsbreite, 600 l	0,27	0,29	8,90	
Aufbauspritze, 12 m Arbeitsbreite, 1000 l	0,24	0,26	10,30	17-20

¹⁾ Auslastung 100 ha/Jahr ²⁾ Lohnansatz 18,- DM/h, variable Schlepperkosten berücksichtigt

3 Pflanzenschutztechnik

Durch Schädlinge, Krankheiten und Unkräuter wird jährlich mehr als ein Drittel der Welternte vernichtet.

Die **Aufgaben** des Pflanzenschutzes bestehen daher im

- ▶ Sichern und Steigern der Nahrungsmittelproduktion durch Senken von Ertragsverlusten,
- ▶ Sichern und Erhöhen der Produktqualität,
- ▶ Ermöglichen arbeitswirtschaftlich günstiger Arbeitsverfahren,
- ▶ Senken der Kosten bei der Pflanzenbehandlung,
- ▶ Verhindern von Belastungen für Umwelt und Boden durch Agrochemikalien.

Das Anwenden von chemischen Pflanzenbehand-

lungsmitteln ist nur eine von vielen Maßnahmen innerhalb des *integrierten Pflanzenschutzes*. Chemische Behandlungsmaßnahmen sind nur dann gerechtfertigt, wenn die sonst auftretenden Ertrags- und Qualitätseinbußen größer sind als die dabei entstehenden Verfahrenskosten (»wirtschaftliche Schwellenschwelle«).

Wichtige **Voraussetzung** ist die standortgerechte Anwendung aller Pflanzenschutzmaßnahmen, insbesondere durch

- ▶ Ausschöpfen aller *indirekten* Pflanzenschutzmaßnahmen (durch Bodenpflege, Sortenwahl, Fruchtfolge);
- ▶ exaktes Ausbringen chemischer Behandlungsmittel auf die Zielfläche durch Auswahl der Ausbringtechnik nach dem Eindringvermögen in den Pflanzenbestand, das von der Pflanzenart, deren Eigenschaften und der Bestandesdichte abhängt

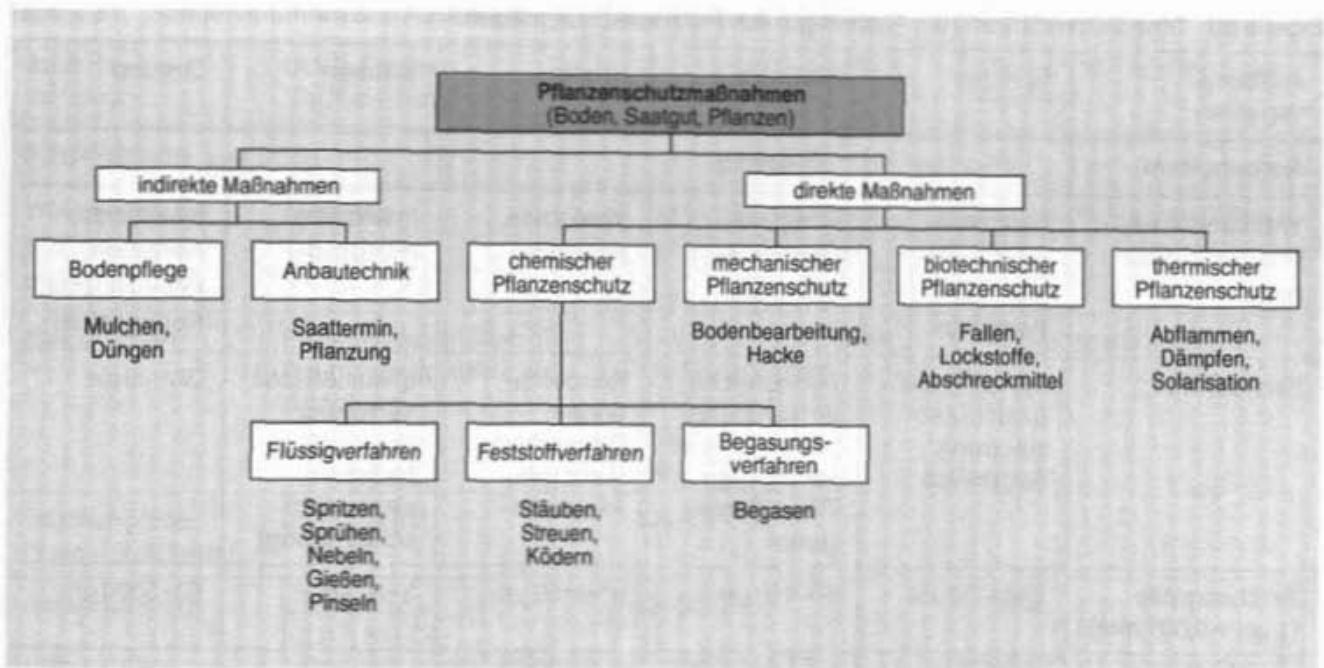


Abb. 183 Übersicht über mögliche Pflanzenschutzmaßnahmen.

(durch Mehrfachdüsen, Rotationsdüsen, Bandspritzung, Unterblattspritzung);

- Sichern der biologischen Wirksamkeit *geringer* Wirkstoffmengen durch gleichmäßige, hohe Anlagerung (»Retention«) hinsichtlich Belagsstruktur und Bedeckungsgrad (durch elektrostatische Aufladung, Haft- und Netzmittel).

Der chemische Pflanzenschutz mit den hierfür geeigneten Maschinen und Geräten (»Pflanzenschutztechnik«) ist nur eine von mehreren landtechnischen Pflanzenschutzmaßnahmen (Abb. 183).

Geringe Mengen hochwirksamer **Pflanzenschutzmittel** können nur durch die Verwendung von *Bei-, Streck- oder Trägerstoffen* ausgebracht werden. Die Stoffeigenschaften dieser Gemische, in der Praxis sind es in flüssiger Form *Emulsionen* (55%), *Suspensionen* (40%), *echte Lösungen* (5%) sowie *Stäube- und Nebelmittel*, bestimmen die Ausbringverfahren und damit die Gerätetechnik.

Aufgrund der unterschiedlichen Form und Löslichkeit der Pflanzenschutzpräparate sind nicht alle Ausbringverfahren gleich gut geeignet (Tabelle 80 und 81, Seite 166 f.).

In der Bundesrepublik Deutschland werden 90% aller Pflanzenbehandlungsmittel im *Spritzverfahren* ausgebracht.

Von den eingesetzten **Pflanzenschutzspritzen** handelt es sich bei

- 88% um Schlepper-Anbauspritzen,
- 9% um Aufbaugeräte,
- 3% um Anhängengeräte.

Daher behandelt dieser Abschnitt im wesentlichen

die Ausbringung chemischer Pflanzenbehandlungsmittel mit Schlepper-Anbauspritzen.

3.1 Schlepper-Anbauspritzen

Der Erfolg einer chemischen Pflanzenbehandlung hängt wesentlich ab von der

- **Zielfläche:** Lage, Anordnung, Eigenschaften; die Zielfläche ist vom Landwirt *nicht* beeinflussbar.
- **Witterung:** Windgeschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchte, Regen; durch Einsatzzeitpunkt und technische Einrichtungen ist eine *bedingte* Anpassung an die Witterung möglich.
- **Spritztechnik:** Teilchengröße, Eigenschaften der Spritzbrühe, Auftreffrichtung, -kraft, Verteilgenauigkeit; die Spritztechnik ist vom Landwirt *direkt* beeinflussbar.

Der Erfolg der Spritzung ist demnach auch von der Auswahl der Bauelemente, der Einstellung und der Handhabung der Spritze abhängig.

3.1.1 Arbeitsprinzip

Für eine hohe Anlagerung sind viele kleine Tropfen gleichmäßig mit möglichst hoher Auftreffgeschwindigkeit und großem Auftreffwinkel auf der Zielfläche zu verteilen. Für die Kennzeichnung der Flüssigkeitszerstäubung sind die *Tropfengrößenverteilung* (bestimmt durch den mittleren volumenbezogenen Tropfendurchmesser MVD) und die *Querverteilung* (das eigentliche »Spritzbild«) wichtig. Kleine Tropfen haben eine geringe Auftreffgeschwindigkeit und sind anfällig gegen Wind und Thermik, sie »driften«

Tabelle 80 Standardverfahren zum Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln.

Ausbringverfahren	Spritzen	Sprühen	Nebeln	Stäuben	Streuen
Ausbringform	flüssig			fest	
Wirkbereich der Pflanzenschutzmittel	Fungizide, Insektizide, Akarizide, Herbizide	Fungizide, Insektizide, Akarizide	Insektizide, Akarizide	Insektizide (Fungizide)	Insektizide, Herbizide, (Molluskizide, Rodentizide)
Kennzeichen	hydraulische (Druck) Zerstäubung, Spritzdüse	hydraulische Zerstäubung pneumatische Verteilung, Traglufterzeugung	Kondensations-Dispersions-Verfahren, »Aerosole«	pneumatische Verteilung (eventuell Naßstaub; elektrostatische Ladung)	Granulate
Teilchengröße (1 µm = 0,001 mm)	über 150 µm	50–150 µm	unter 50 µm	3–50 µm	60–5000 µm
Aufwandmenge Ackerbau Obstbau	200–1000 l/ha 500–2000 l/ha	100–600 l/ha 50–600 l/ha	3–7 kg/ha 3–7 kg/ha	8–25 kg/ha Weinbau 15 kg/ha	15–300 kg/ha (bis 600 kg/ha)
Vorteile	einfach, daher allgemein verwendet, für Kleinflächen und Einzelbäume geeignet, gute Haftfähigkeit, geringe Toxizität für Bedienungspersonal	geringer Wasserbedarf, große Flächenleistung, geringer AK-Bedarf, gute Haftfähigkeit, gute Durchdringung	kein Wasser notwendig, geringe Aufwandmenge, große Flächenleistung, gute Haftfähigkeit, für Forst, unwegsames Gelände, Gewächshaus	kein Wasser notwendig, geringe Aufwandmenge, große Flächenleistung, für arides Klima, Forst, kleine Flächen, Gewächshaus	kein Wasser notwendig, gezielte Anwendung, z. B. durch Reihenausbringung, keine Winddrift
Nachteile	großer Wasserbedarf und Aufwandmenge, Abtropfverluste bis 50%, geringe Flächenleistung, hoher AK-Bedarf, hohe Kosten, nicht für Forst und arides Klima	keine niedrig konzentrierten Mittel, genaue Kenntnis und Dosierung notwendig, Gefahr phytotoxischer Wirkung, windempfindlich, nicht für kleine Flächen	hohe Mittelkosten, keine sichere, gleichmäßige Bedeckung, wind- und thermikempfindlich (=Verwehungsverluste), Spezialgeräte	geringe Haftfähigkeit, windempfindlich, hohe Mittelkosten, nicht für alle Zwecke Stäubemittel vorhanden	hohe Toxizität, Spezialgeräte, geringe Haftfähigkeit

ab (Abb. 184, Seite 167). Verfahren für geringe Aufwandmengen benötigen andererseits kleine Tropfen (achtfache Tropfenzahl bei Halbierung des MVD). Für das **Erzeugen der Tropfen** (Flüssigkeitszerstäubung) werden verwendet:

► **Druckzerstäuber** (Loch-, Drall-, Schlitz- und Flachstrahldüsen),

► **Rotationszerstäuber** (Rotationsdüsen).

Die **Tropfengröße** von Druckzerstäubern liegt im allgemeinen bei 150–400 µm, die von Rotationszerstäubern bei 100–200 µm; letztere werden daher für geringe Ausbringmengen bei CDA-(controlled droplet application), LV-(low volume), oder ULV-(ultra low volume)-Verfahren verwendet. Die Tropfengröße

Tabelle 81 Sonderverfahren zum Ausbringen von Pflanzenschutzmitteln.

Ausbringverfahren	ULV ¹⁾ -Sprühen (Driftsprühen)	EA ²⁾ -Spritzen/-Sprühen	Pinselfn (Dochtstreich-Verfahren)
Ausbringform	flüssig		
Wirkbereich der Pflanzenschutzmittel	Akarizide	Fungizide, Insektizide, Herbizide, Akarizide	Herbizide (wurzeffektiv)
Kennzeichen	Rotationszerstäuber, ölige Formulierung, keine Verdampfung	hydraulische Druckzerstäubung, Spritzdüse + elektrisches Feld (Korona-, Influenz-, Kontaktaufladung)	Kontakapplikation
Teilchengröße (1 µm = 0,001 mm)	unter 100 µm	100–150 µm	–
Aufwandmenge	unter 5 l/ha (CDA ³⁾ 30–100)	30–50 l/ha	1 l/ha
Vorteile	geringe Aufwandmenge, große Arbeitsbreite, keine Verdunstung, geringer AK-Bedarf, große Flächenleistung, regenfest, gute Durchdringung	Verringerung der Drift- und Abtropfverluste, verbessertes Anlagern, für Raumkulturen	Einzelpflanzenanwendung (z. B. Schosserbekämpfung) möglich, keine Driftverluste, einfache Ausbringtechnik
Nachteile	Gefahr der Verwehung, konstante Windgeschwindigkeit erforderlich, Mindestgeschwindigkeit ca. 2 m/s	hoher technischer Aufwand, keine gleichmäßige Verteilung, Behandlung der unteren Pflanzenteile (z. B. Fußkrankheiten) schwierig, nicht für Flächenkulturen	hohe Mittelkosten, begrenzte Arbeitsbreite

¹⁾ ultra low volume = äußerst niedrige Ausbringmenge ²⁾ elektrostatische Aufladung
³⁾ controlled droplet application = Anwendung gezielter Tropfengrößen

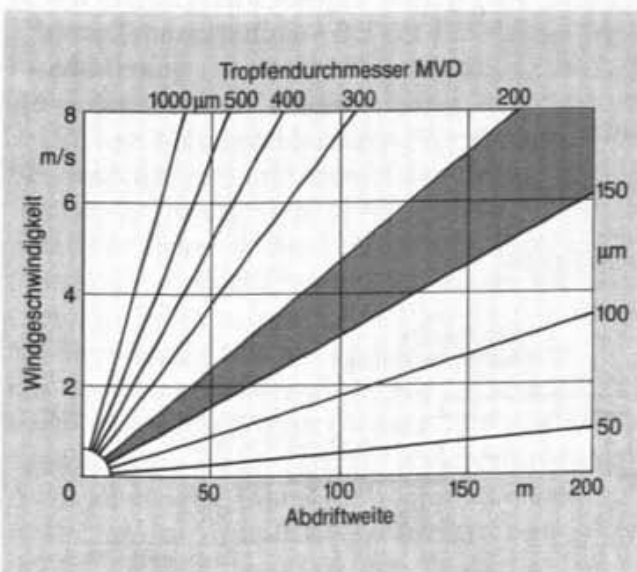


Abb. 184 Abdriftweiten von Flüssigkeitstropfen verschiedener Größe in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit.

Bei Druckzerstäubern neben der konstruktiven Ausführung vor allem vom Düsendruck, bei Rotationszerstäubern vor allem von der Drehzahl des Zerstäubers (3000–6000/min) abhängig.

Die **Ausbringmenge** (Durchflußmenge) der *Druckzerstäuber* verhält sich proportional zum Düsendurchmesser und zur Quadratwurzel des Düsendruckes. Sie ist also über den Düsendurchmesser und den Druck einstellbar.

Die Ausbringmenge der *Rotationsdüse* wird hauptsächlich durch die Größe der Zulaufdüse bestimmt. Die nicht benötigte Spritzbrühe wird zurückgeführt. Rotationsdüsen können zur Minderung der Driftgefahr und zur Verbesserung des Auftreffwinkels auch senkrecht angeordnet werden. Vorteil ist der einstellbare mittlere volumenbezogene Durchmesser. Nachteilig bleiben die geringe Tropfengeschwindigkeit (niedrige Auftreffgeschwindigkeit, geringe Ein-

dringtiefen) und eine bestimmte andere »Formulierung« als die konventioneller Präparate. Daher werden bei Anbauspritzungen nahezu ausschließlich Druckzerstäuber mit Flachstrahldüsen im Verband verwendet.

Die **elektrostatische Aufladung** der Tropfen verbessert durch die elektrische Anziehungskraft zwischen den unterschiedlich aufgeladenen Tropfen und Pflanzenteilen die Belagdicke, dagegen wird die Durchdringung des Pflanzenbestandes nicht verbessert. Technisch am einfachsten zu realisieren ist die sogenannte **Korona-Aufladung**, bei der die Tropfen im elektrischen Feld einer Einzelelektrode (angelegte Spannung bis 70 kV) ionisiert werden. Die **Influenz-Aufladung** (mittels Ringelektrode und Isolation durch Ring-Luftstrahl, 1 kV) und die **Kontakt-Aufladung** (Isolation der Spritze erforderlich) haben praktisch keine Bedeutung.

3.1.2 Aufbau und Geräteeinsatz

Ziel des Geräteeinsatzes ist eine gleichmäßige Wirkstoffverteilung auf der gesamten Behandlungsfläche, um mit der Aufwandmenge an der unteren Grenze bleiben zu können, ohne den Behandlungserfolg zu gefährden.

Faustzahlen:

- ▶ Für Herbizide 20–30 Tropfen/cm²;
MVD 400–800 µm;
- ▶ für Insektizide 50–70 Tropfen/cm²;
MVD 80–160 µm.

Voraussetzung hierfür sind:

- ▶ Einwandfreie Funktion der Bauelemente (Abb. 185),
- ▶ fachgerechter Einsatz (Sachkundenachweis des Anwenders).

Düsen – Die Düsenauswahl (Bauart und Spritzbild) richtet sich nach dem Wirkungsbereich des Präparates und dem Einsatzbereich.

Schlitzdüsen (Flachstrahldüsen, 2,5–5 bar) kommen für Insektizide, Fungizide und Herbizide zum Einsatz bei

- ▶ *Flächenspritzung* (Spritzwinkel 110°, 120°),
- ▶ *Band-spritzung* (Spritzwinkel 60°, 80°, 90°),
- ▶ *Unterblattspritzung* (Spritzwinkel 150°).

Ein Anpassen an das erforderliche Spritzbild ist auch durch das Verwenden von **Weitstrahldüsen** möglich.

Lochdüsen (2,5–20 bar) werden nur für Insektizide und Fungizide zur *Flächenspritzung* (Spritzwinkel 80–100°) verwendet.

Um für die sehr verschiedenen Einsatzbedingungen und unterschiedlichen Ausbringmengen das Wechseln von Düsen und Düsenansätzen zu vereinfachen oder zu erübrigen, werden zweckmäßigerweise **Mehrfachdüsen** (bis 4 Düsen pro Düsenstock) mit Bajonett-Schnellverschlußkappen verwendet.

Ausstoßmenge (Aufwandmenge) – Die zulässige *Abweichung* der Ausstoßmenge der Einzeldüsen vom Mittelwert beträgt ±5%. Hierfür ist ein gleichbleibender *Druck* an der Düse mit Hilfe des Druckregelventils sicherzustellen. Die *Ablesegenauigkeit* am Manometer soll 0,1 bar betragen. Gleichdruck-Armaturen gewährleisten einen konstanten Druck auch bei Teilbreitenschaltung. *Einstellhilfen* erleichtern die Überwachung. Eine Kontrolle ist über Durchfluß- und Drehzahlmessung möglich. Außerdem ist eine ausreichende *Pumpenleistung* erforderlich.

Querverteilung – Die zulässige *Abweichung* der Querverteilung vom Mittelwert beträgt ± 15%. Die *Düsenhöhe* über der Zielfläche soll bis 12 m Arbeitsbreite 40–60 cm betragen, sie kann für über 12 m Ar-

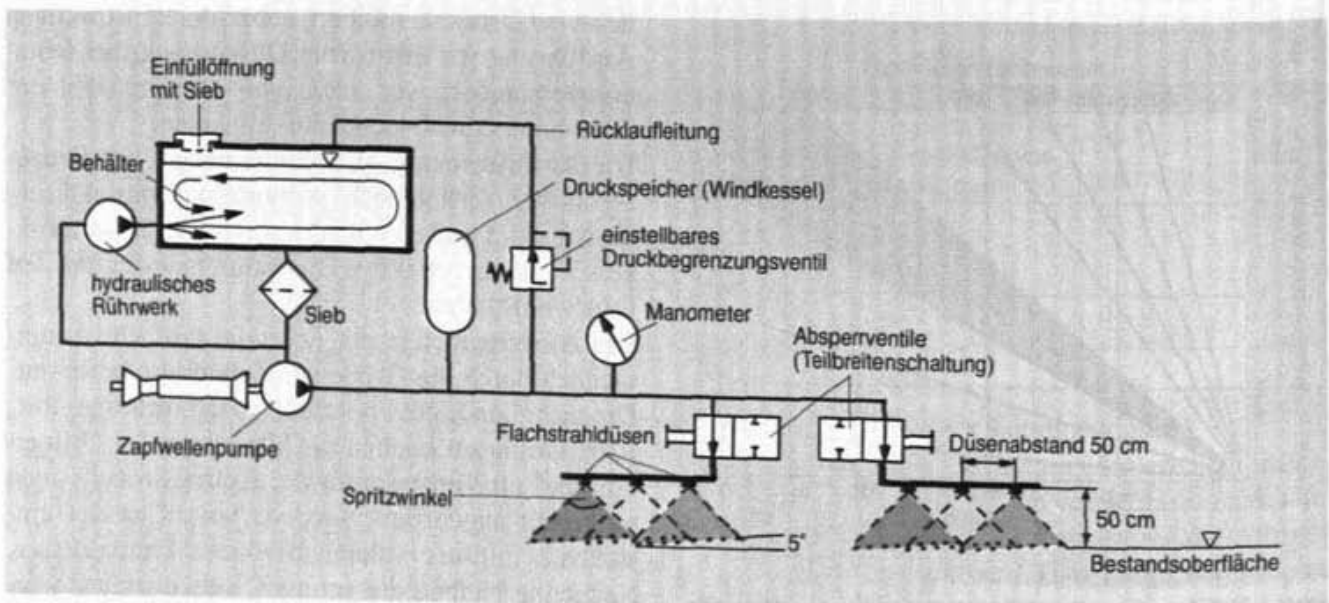


Abb. 185 Funktionsaufbau einer Feldspritze (Schema).

Berechnungsformeln und Beispiele:

$$\begin{aligned} \text{notwendige Pumpenleistung (l/min)} &= \text{Arbeitsbreite (m)} \times 5 \text{ (l/min} \cdot \text{m)} + 5\text{--}10\% \text{ des Behälterinhaltes (l/min)} \\ \text{z. B.} \quad 160 \text{ l/min} &= 12 \times 5 + \frac{1000 \times 10}{100} \end{aligned}$$

Flächenspritzung:

$$\begin{aligned} \text{Aufwandmenge (l/ha)} &= \frac{\text{Brüheaussstoß (l/min)} \times 600 \text{ (Konstante)}}{\text{Arbeitsbreite (m)} \times \text{Fahrgeschwindigkeit (km/h)}} \\ \text{z. B.} \quad 400 \text{ l/ha} &= \frac{48 \times 600}{12 \times 6} \end{aligned}$$

Bandspritzung:

$$\begin{aligned} \text{Aufwandmenge (l/ha)} &= \frac{\text{Aufwandmenge bei Flächenspritzung (l/ha)} \times \text{Bandbreite (cm)}}{\text{Reihenabstand (cm)}} \\ \text{z. B.} \quad 160 \text{ l/ha} &= \frac{400 \times 20}{50} \end{aligned}$$

beitsbreite auf 60–90 cm erhöht werden. Bei der praxisüblichen *Fahrgeschwindigkeit* von 5–8 km/h kann der gleichmäßige Bodenabstand nur mit Pendelaufhängung und Hangausgleich des Stützgestänges erfüllt werden. Für die Anpassung an die Höhe der Zielfläche sind höhenverstellbare Gestänge (bis 1,8 m) erforderlich. Abstandssensoren (Infrarot- oder Ultraschall) ermöglichen eine automatische Lage- und Höhenregelung des Spritzgestänges.

Zur Anpassung der Arbeitsbreite an die Schlagbreite soll die Spritze mit einer *Teilbreitenschaltung* ausgerüstet sein, das »Anschlußfahren« kann durch die Anlage von Spurschächten, Fahrgassen oder mit Hilfe von Markiereinrichtungen sichergestellt werden.

Wirkstoffkonzentration – Bei der **Flüssigkeits-Volumendosierung** (konstante Konzentration) darf die *Abweichung* einer 1%igen Lösung ebenfalls nur $\pm 15\%$ vom Mittelwert betragen. Voraussetzung sind bei Suspensionen und Emulsionen leistungsfähige *Rührwerke* (mechanisch, hydraulisch oder pneumatisch) und *Filter* in der Einfüll- und Druckleitung (Düsenfilter). Eine Überapplikation am Parzellende wird durch Vermeiden des *Nachtropfens* (Tropfen-Stop-Ventile, Rücksaugleitung) verhindert.

Bei der **Konzentrationsdosierung** (»Direkteinspeisung«) erfolgt die Wirkstoffbeimischung in den Flüssigkeitsstrom. Sie bietet sich bei Regelkreisen zum Ausschalten der Fahrgeschwindigkeitsschwankung an und hat den Vorteil, daß im Behälter keine »Restbrühe« verbleibt, sondern nur Wasser. Probleme beim Einmischen von Emulsionen und Suspensionen haben die Einführung bisher verhindert.

Fahrgeschwindigkeit – In der Praxis schwankt die Fahrgeschwindigkeit bei der Feldspritzung $\pm 20\%$ vom Mittelwert. Ein entsprechendes Schwanken der Aufwandmenge kann verhindert werden durch

- **Steuerung** der Ausbringmenge von Hand (Verändern des Düsendrucks) nach Anzeige der tatsächlichen Fahrgeschwindigkeit, »Nachregelung« an Hand von Einstellhilfen (Abb. 186, Seite 170, Beispiel ①);
- **Regelung** des Volumenstromes durch
 - wegabhängigen Pumpenantrieb (gilt auch für Direkteinspeisung),
 - Druckregelung über hydrostatischen Steuerkreislauf (Abb. 186, Beispiel ②),
 - Rückstromregelung nach Vergleich von Aufwandvolumenstrom (Sollwert) und tatsächlichem Förderstrom (Istwert) (Abb. 186, Beispiel ③).

Für ein konstantes Tropfenspektrum (z. B. Ätzmittel) können die Regelsysteme auf Konstantdruck umgeschaltet werden.

Funktionskontrolle – Die Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) führt eine freiwillige Eignungsprüfung für Bauarten und Maschinentypen durch (Prüfbericht und Prüfplakette).

Im *praktischen Einsatz* sollen Pflanzenschutzgeräte alle 1–2 Jahre auf ihre *Funktionsfähigkeit* überprüft werden. Für die Prüfung sind spezielle Geräte erforderlich, die in vielen Landmaschinenwerkstätten verfügbar sind. Die Prüfung erfolgt freiwillig gegen eine geringe Gebühr. Geprüfte Geräte erhalten eine Prüfplakette.

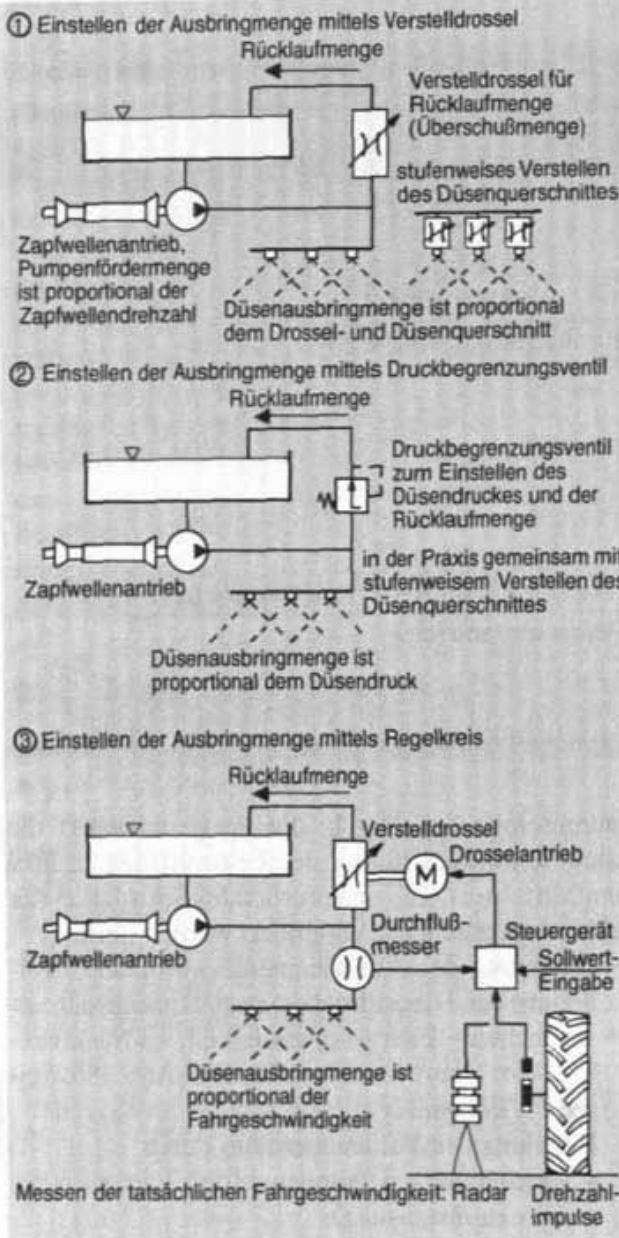


Abb. 186 Dosieren der Fördermenge (Ausbringmenge) mittels Rücklauf der Überschussmenge.

Bei dieser freiwilligen Pflanzenschutzgeräte-Überprüfung werden folgende **Einzelprüfungen** durchgeführt:

- ▶ Prüfung auf allgemeine Mängel (Sichtkontrolle),
- ▶ Prüfung des Manometers und der Druckeinstellung (Manotest),
- ▶ Prüfung der Querverteilung (Dositest),
- ▶ Prüfung der Pumpenleistung (Quantitest).

3.2 Verfahrenskennwerte

Arbeitszeitbedarf – Der Zeitbedarf für das reine Spritzen macht weniger als 50% des gesamten Arbeitszeitbedarfes aus (Abb. 187), so daß bei der Aus-

wahl der Gerätetechnik auch auf ein Senken der Neben- und Rüstzeiten zu achten ist (z. B. durch eine hohe Wasser-Befülleistung).

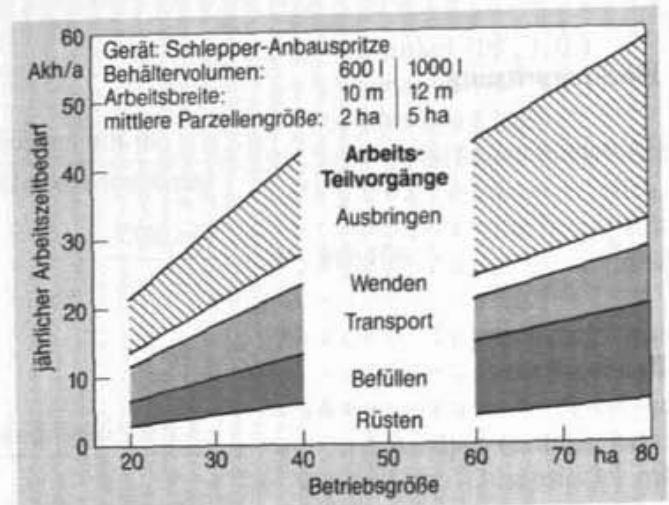


Abb. 187 Jahresarbeitszeitbedarf und dessen Verteilung auf die Arbeitsabschnitte bei der Feldspritzung (5 Kulturen in der Fruchtfolge, durchschnittlicher Betrieb).

Kapitalbedarf – Die Anschaffungspreise (einschließlich MwSt) hängen wesentlich von der Behältergröße (in Klammer), der Arbeitsbreite, der Art des Spritzgestänges und der verwendeten Steuer- oder Regleinrichtung ab:

Anbauspritzen	5 500 DM (600 l) bis 20 000 DM (1650 l)
Aufbauspritzen	14 000 DM (1500 l) bis 24 000 DM (1500 l)
Anhängespritzen	21 000 DM (2150 l) bis 64 000 DM (3500 l)

Steuersysteme mit den dazugehörigen Anzeige- und Kontrolleinrichtungen erhöhen die Anschaffungspreise um 500–1400 DM, **Regelsysteme** um 5000–10 000 DM.

In der Praxis bedeutet dies für eine 1000-l-Anbauspritze einen Aufpreis gegenüber der Grundausrüstung von 35–50% für eine »Vollautomatik«, bis 85%, falls auch eine Fernbedienung und eine vollhydraulische Gestängebedienung angeschafft wird.

Die **Maschinen-Mehrkosten** zum Erzielen einer hohen Ausbringengenauigkeit sind jedoch gerechtfertigt, wenn

- ▶ der Geräteeinsatz wegen Bedienungserleichterungen zum optimalen Zeitpunkt erfolgt,
- ▶ die Ausbringengenauigkeit erhöht wird,
- ▶ eine ausreichende Geräteauslastung gegeben ist,
- ▶ die Umweltbelastung, z. B. durch Restbrühen, verringert wird.

4 Getreidebau

In der Bundesrepublik Deutschland nimmt die Getreide-Anbaufläche etwa 70% der Ackerfläche ein. Die größte Bedeutung haben in der Reihenfolge ihres Anbauumfanges: Winterweizen, Sommergerste, Wintergerste, Hafer, Roggen und Sommerweizen. Weitere wichtige Druschfrüchte sind Körnermais und Raps, während z. B. Erbsen und Bohnen nur örtliche Bedeutung besitzen.

Infolge einer intensiv vorangetriebenen Mechanisierung konnte der Arbeitszeitbedarf für das Gesamtverfahren »Getreidebau« auf etwa 12 Akh/ha gesenkt werden (vor 15 Jahren noch über 40 Akh/ha). Daraus ergibt sich eine sehr hohe Arbeitsproduktivität für diesen Produktionszweig.

4.1 Saatbett-Vorbereitung

Die verschiedenen Getreidearten stellen keine besonders ausgeprägten Anforderungen an die Saatbettvorbereitung. Die verwendeten Geräte sollen aber folgende *Ansprüche* sicherstellen:

- ▶ Ein dem Standort entsprechendes Krümeln und Rückverfestigen des Saatbettes,
- ▶ Einhalten einer bestimmten Bearbeitungstiefe,
- ▶ Möglichkeit der Kombination von Saatbettvorbereitung und Saat (Minimalbestelltechnik),
- ▶ Einsatz der Geräte bei allen Fruchtarten,
- ▶ hohe Schlagkraft, geringen Arbeitszeitbedarf.

Die bereits im Abschnitt »Oberflächen-Nachbearbeitungsgeräte« (Seite 139) behandelten Einzelgeräte und Gerätekombinationen sind in der Lage, bei zweckmäßiger Auswahl und gezieltem Einsatz die am jeweiligen Einsatzort angestrebten Bearbeitungseffekte zu erfüllen. Darüber hinaus finden verschiedene Formen der Minimalbestelltechnik bei der Getreidebestellung einen wesentlichen Einsatzbereich.

4.2 Aussaat

Infolge der hohen Aussaatmenge und Keimdichte sind die Standraumverhältnisse für die einzelne Getreidepflanze ungünstiger als bei anderen Fruchtarten (Tabelle 82).

4.2.1 Aussaattechnik

Die Aussaattechnik muß sicherstellen, daß ein hoher Feldaufgang, eine günstige Pflanzenentwicklung sowie sichere und ausreichend hohe Ernteerträge erreicht werden. Deshalb sind an die Säegeräte folgende **Forderungen** zu stellen:

- ▶ Gleichmäßiges Einhalten der eingestellten Ablagetiefe,
- ▶ Unempfindlichkeit gegen Ernterückstände im Boden,
- ▶ Verwendbarkeit bei allen Getreidearten, bei hohen und niedrigen Aussaatmengen.

Die größte *Verbreitung* haben nach wie vor die Dreipunkt-Anbaudrillmaschinen (Kastendrillmaschinen) mit mechanischer Saatgutzuteilung. Für besonders hohe Flächenleistungen werden außerdem Großflächen-Drillmaschinen mit entsprechender Arbeitsbreite und großvolumigem Saatgut-Vorratsbehälter angeboten.

Moderne Bauformen von Drillmaschinen sind übereinstimmend durch einige wesentliche **Baugruppen** gekennzeichnet (Abb. 188, Seite 172):

- ▶ Großvolumiger Saatgut-Vorratsbehälter (Inhalt ca. 150–180 l/m Arbeitsbreite),
- ▶ Universal-Sämechanismus (mechanisch oder pneumatisch) mit hoher Zuteilgenauigkeit (auch bei fein- oder grobkörnigem Saatgut),
- ▶ flexible Saitleitungen und verschiedene Bauformen von Säscharen,
- ▶ wirksame Zustricher oder Federzinken-Anbaustriegel,
- ▶ luftgummibereiftes Laufwerk zum Antrieb der Säorgane,
- ▶ Spuranreißer (von Hand oder automatisch betätigt),

Tabelle 82 Keimdichte und Standraumverhältnisse bei Getreide und anderen Fruchtarten.

Fruchtart	Saatdichte Körner/m ²	Reihenabstand cm	Kornabstand in der Reihe cm	Anzahl Körner pro lfd. m
Körnermais	6– 12	60–80	26–10	4–10
Silomais	9– 15	60–80	18– 8	6–13
Zuckerrüben	10– 30	42,5–50	22– 8	5–15
Körnerraps	60–120	15–33	11–2,5	9–40
Getreide	200–500	8–15	6–1,3	16–75


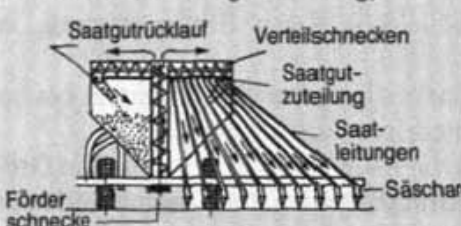
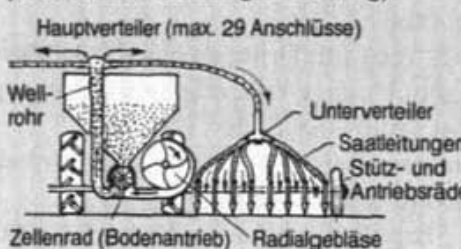
Bauart	Merkmale	Inhalt des Saatgut-Vorratsbehälters
Kasten-Drillmaschine (mechanische Saatgut-zuteilung) 	Saatgut-Vorratsbehälter reicht über gesamte Maschinenbreite; Spurbreite der Laufräder = Arbeitsbreite der Maschine; Säscharre meist in 2 Reihen, bei Engsaat- oder Roll-schar-Drillmaschinen auch in 3 oder 4 Reihen hintereinander angeordnet; als Einzelmaschine für Arbeitsbreiten bis max. ca. 5 m geeignet, als Doppelmaschine (an gemeinsamer Koppelbrücke) max. 8 m Arbeitsbreite	ca. 150–200 Liter (= ca. 112–150 kg bei Weizen) je Meter Arbeitsbreite
Tank-Drillmaschine (Großflächen-Drillmaschine mit mechanischer Saatgut-zuteilung) 	zentraler, großvolumiger Saatgutvorratsbehälter; Saatgut-zuteilung zu den flexiblen Saatleitungen über Nockenrad-Säsystem; Einmischen von Beizmitteln durch senkrechte Förderschnecke und Rücklauf möglich; Arbeitsbreite 5–6 m, bis zu 50 Drillreihen	ca. 900 Liter (= ca. 675 kg bei Weizen)
Tank-Drillmaschine (Großflächen-Drillmaschine mit pneumatischer Saatgut-zuteilung) 	zentraler, großvolumiger Saatgutvorratsbehälter; Saatgut-zuteilung durch Zellenrad (mit Bodenradantrieb); Wellrohr, Transport des Saatgutes zu den Säscharren mittels Druckluftstrom (Zapfwellenantrieb); Arbeitsbreite als Einzelmaschine ca. 4,5 m, als Doppelmaschine max. 6 m (mit Koppelbrücke, Haupt- und Unterverteiler)	bei 4,5 m Arbeitsbreite ca. 500–750 l (= ca. 375–560 kg bei Weizen) bei 6 m Arbeitsbreite ca. 1000–1500 Liter (= ca. 750–1125 kg bei Weizen)

Abb. 188 Drillmaschinen-Bauarten.

- ▶ zentrale Schar-druckverstellung (mechanisch oder hydraulisch verstellbar),
- ▶ Spurgassenautomatik (zur Anlage von Spurgassen für spätere Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen).

Die heutige Saattechnik für Getreide hat einen hohen technischen Standard erreicht und gewährleistet das sichere Erfüllen dieser genannten Forderungen. Um trotz der hohen Keimdichte eine möglichst günstige Saatgutverteilung zu erreichen, werden verschiedene **Saatverfahren** angewendet (Abb. 189). Bereits bei normaler Drillsaat bringt eine **Reihenverengung** deutliche Ertragsvorteile. Es kann davon ausgegangen werden, daß jeder Zentimeter Reihenverengung eine Ertragssteigerung von knapp 1% bewirkt. Da einer extremen Reihenverengung jedoch Grenzen gesetzt sind, bietet sich der Übergang zur Band- oder Breitsaat an.

Die für die verschiedenen Saatverfahren verwendeten

Scharformen weisen spezielle Merkmale auf, die bei Auswahl und Einsatz zu berücksichtigen sind (Abb. 190).

4.2.2 Drillmaschineneinsatz und verfahrenstechnische Kenndaten

Beim Einsatz der Drilltechnik sind einige wichtige Maßnahmen zu beachten:

- ▶ Abdreprobe vor der Saat und Nachkontrolle während des Feldeinsatzes,
- ▶ richtiges Einstellen der Spuranreißer, damit ein exakter Anschluß an die vorhergehende Drillspur erreicht wird,
- ▶ der Abstand der Spurschächte muß mit den Arbeitsbreiten von Düngerstreuer und Pflanzenschutzspritze übereinstimmen,
- ▶ Schar-druck so einstellen, daß bei der eingehalte-

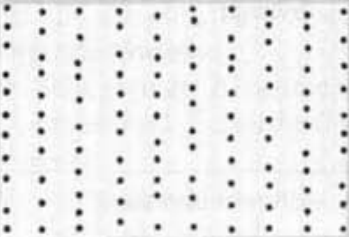
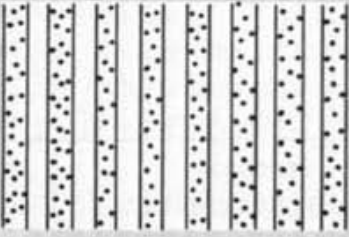
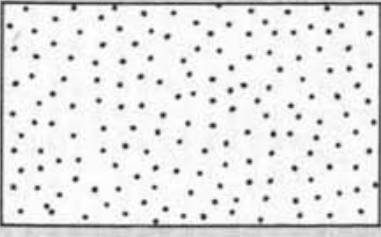




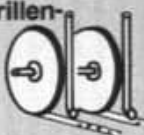


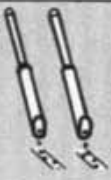

Saatverfahren	Kenndaten	Einfluß auf den Ertrag
Drillsaat 	Ablage der Körner in schmale Saatlücken; bei Normal-Drillmaschine sind Sätscharen in 2 Reihen hintereinander angeordnet; geringstmöglicher Reihenabstand ca. 10 cm, sonst Verstopfungsgefahr; Kornabstand in der Reihe bei 400 Körnern/m ² ca. 2–2,5 cm; bei Engsaat-Drillmaschine Sätscharen in 3 oder 4 Reihen hintereinander angebracht, dadurch 6–8 cm Reihenabstand möglich; etwas größerer Kornabstand und Standraum für die Einzelpflanze	Standard-Säverfahren; jeder Zentimeter Reihenverengung bringt ca. 0,7% Mehrertrag
Bandsaat 	bandförmige Kornablage; Bandbreite bei Bandsaatrohr oder Packerrillen ca. 3–5 cm, bei Roll-schar ca. 5–6 cm, bei Flügel- und Bandsaat-Aufsteckschar ca. 8 cm; mittlerer Bandabstand ca. 10–12 cm; durch größeren Kornabstand bessere Standraumverhältnisse je Einzelpflanze; Vorteile der Bandsaat nur nutzbar, wenn gleichmäßig-exakte Tiefenablage, Bodenbedeckung des gesamten Saates und Verstopfungsfreiheit gewährleistet sind	im Vergleich zur Drillsaat Mehrertrag 3–4%
Breitsaat 	Körner mit Breitsaat-Sätscharen oder Sätschiene breitflächig verteilt; theoretisch günstige Kornverteilung und Abstandsbedingungen zur Nachbarpflanze; meist jedoch Probleme, die gleichmäßig-exakte Ablagetiefe einzuhalten; Breitsaatverfahren sind hauptsächlich in Verbindung mit Rotoreggen und Bodenfräsen anwendbar; kaum Probleme mit Verstopfungen durch Pflanzenrückstände	im Vergleich zur Drillsaat Mehrertrag 4–6%
Einzelkornsaat 	exakteste Kornabstände in der Reihe und (bei entsprechend engem Reihenabstand) optimaler Standraum je Einzelpflanze zu erreichen; durch geringen Kornabstand in der Reihe jedoch geringe Arbeitsgeschwindigkeit erforderlich (ca. 3–5 km/h), deshalb begrenzte Flächenleistung; infolge des vergleichsweise hohen Anschaffungspreises der Sämaschine derzeit vorzugsweise für Saatzuchtbetriebe interessant	im Vergleich zur Drillsaat Mehrertrag 5–7%

Abb. 189 Saatverfahren.

Abb. 190 Vergleich der Scharformen.

Scharform	Merkmale	Saatgutablage als
Schleppschar 	Universalschar, vorzugsweise für gut vorbereitetes Saatbett ohne Pflanzenreste oder Unkraut im Saathorizont (sonst Verstopfungsgefahr)	Drillsaat (mit Aufsteck-Räumschar auch Bandsaat)
Säbelschar 	gleichmäßige Saatgut-Ablagetiefe auch bei höheren Arbeitsgeschwindigkeiten, auf grobscholligen und unkräuterten Feldern	Drillsaat

Scharform	Merkmale	Saatgutablage als
Doppel-Scheiben-schar 	Spezielschar für schwere Böden bei trockenen oder extrem feuchten Bedingungen; verstopfungsfreie Arbeit auch bei Pflanzenresten oder Unkraut im Saathorizont; in Verbindung mit vorlaufender Schneidscheibe auch für Direktsaat geeignet	Drillsaat
Packerrillen-schar 	Scheiben des Hohl-scheibenpackers drücken schmale Saatrillen in den Boden, Saatrohre legen das Saatgut in diese Rillen ab; leichte Bodenverdichtung unter den Rillen, Bandbreite ca. 3–5 cm	schmale Bandsaat
Rollschar 	Scheibenschar leicht schräg zur Fahrtrichtung ange-stellt; dadurch muldenförmige Saatsfurche; Ablage des Saatgutes auf ca. 6 cm Bandbreite; weitgehend unempfindlich gegen Verstopfungen durch Pflanzen-reste und Unkraut	Bandsaat
Räumschar 	als Spezielschar oder Aufsteck-Bandsaatschuh für Schlepp-schar angeboten; Ablage des Saatgutes auf ca. 8 cm Bandbreite; Verstopfungs-gefahr bei Pflanzen-resten im Saathorizont	Bandsaat
Bandsaat-rohr 	Saatgutablage in den abfließenden Erdstrom von rotierenden Bodenbearbeitungsgeräten (z.B. Bodenfräse, Rotoregge) oder in Grubberzinken-Furchen; Saatrohre in Höhe und Anstellwinkel verstellbar (Einstellen der Saattiefe); Bandbreite ca. 3–5 cm	schmale Bandsaat
Schwalben-schwanz-schar 	Ablage des Saatgutes auf ca. 15 cm Bandbreite in den abfließenden Erdstrom von rotierenden Bodenbe-arbeitungsgeräten; wenn Saatländer aneinander anschließen, wird Breitsaat erreicht; nur bei Boden-fräsen und Rotoreggen verwendbar	breite Bandsaat und Breit-saat

nen Fahrgeschwindigkeit und den vorliegenden Bodenverhältnissen die gewünschte Saatgutablagentiefe sicher eingehalten wird.

Da moderne Schlepper-Drillmaschinen das Einhalten hoher Arbeitsgeschwindigkeiten erlauben (10 km/h und darüber), lassen sich bei der Aussaat hohe *Flächenleistungen* erreichen.

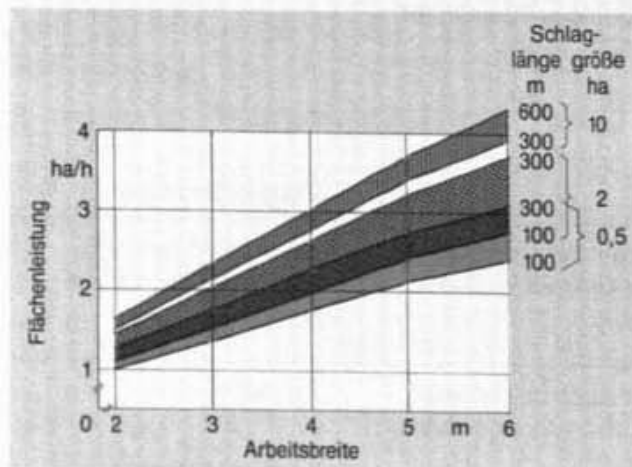


Abb. 191 Flächenleistung von Drillmaschinen.

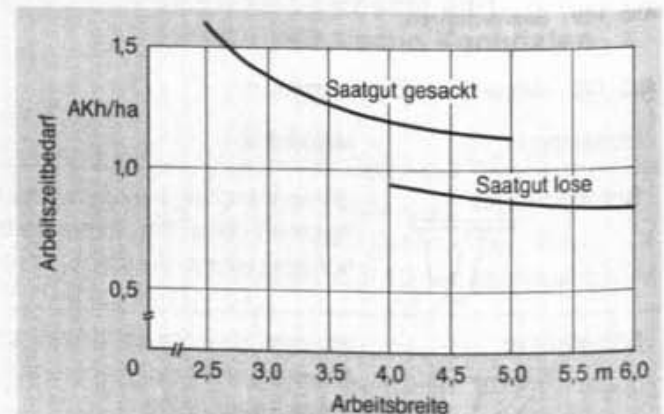


Abb. 192 Arbeitszeitbedarf bei der Aussaat.

4.3 Erntetechnik

Der **Mähdrusch** stellt das Standard-Ernteverfahren für alle dreschbaren Körnerfrüchte dar und bringt folgende **Vorteile**:

- ▶ Sehr geringer Arbeitszeitbedarf (je nach Arbeitsbreite und Einsatzbedingungen etwa 2–5 Akh/ha),
- ▶ hohe Schlagkraft, dadurch Ernte zum günstigsten Zeitpunkt möglich,
- ▶ Verlustersparnis und Mehrertrag durch bessere Ausreife,
- ▶ Körner werden sofort geborgen, die Strohernte erfolgt (falls erforderlich) in einem getrennten Arbeitsgang,
- ▶ der Mähdrusch ist universell für alle dreschbaren Früchte verwendbar,
- ▶ gut geeignet für überbetrieblichen Einsatz.

4.3.1 Voraussetzungen für den Mähdrusch

Um einen störungsfreien Einsatz des Mähdreschers mit hoher Leistung sowie ein volles Auslasten der Mähdrescher-Kapazität zu erreichen, müssen bei der Anbauplanung einige wichtige Gesichtspunkte berücksichtigt werden. Dazu gehören vor allem Staffe- lung der Reifezeit, Anbau standfester Sorten, Aus- fall- und Auswuchssicherheit. Außerdem begünstigen ausgewogene Düngung und gezielte Pflanzen- schutzmaßnahmen die Erntearbeiten.

Die Abwicklung der Ernte und die *verfügbaren Mäh- druschstunden* werden vor allem von den klimati- schen Bedingungen beeinflusst. Die Ernte mit dem Mähdrescher wird im Stadium der Voll- bzw. Totrei- fe bei ca. 14–20% Wassergehalt im Korn durchge- führt. Ein falscher Erntetermin kann hohe Verluste

verursachen (Schrumpfkörner und Kornbeschädi- gungen bei zu früher Ernte, Ausfall- und Auswuchs- verluste bei zu spätem Drusch).

Die *Klimazonen* der Bundesrepublik Deutschland unterscheiden sich durch die Zahl der möglichen Mähdruschstunden. Meist wird versucht, mit einer erheblich geringeren Zahl von Druschstunden auszu- kommen. Dadurch soll die günstigste Erntezeitspan- ne besser ausgenutzt, eine hohe Erntegutqualität er- zielt, Trocknungskosten erspart und das Wetterrisi- ko vermindert werden.

4.3.2 Mähdrescher-Bauarten

Das **derzeitige Angebot** an Mähdreschern läßt sich wie in Abb. 194 gezeigt einteilen.

Bei Mähdreschern mit dem konventionellen Drusch- und Trennprinzip (Schlagleisten-Dreschwerk und Hordenschüttler) unterscheiden sich die verschiede- nen Bauarten vor allem hinsichtlich *Antriebsart* und *Arbeitsbreite* (Abb. 195, Seite 176).

Im Mähdrescher werden die in Tabelle 83 (Seite 177) genannten, bei früheren Ernteverfahren getrennt und absätzig durchgeführten *Arbeitsgänge* in einer Maschine zusammengefaßt.

Der Mähdrescher ist für das Ernten aller dreschba- ren Fruchtarten geeignet. Allerdings muß für den Einsatz bei anderen Druschfrüchten das Getreide- Schneidwerk gegen spezielle *Aufnahmevorrichtun- gen* ausgetauscht, gegebenenfalls auch Trommel, Korb und Siebe gewechselt werden (Abb 196, Seite 177).

Auch die richtige *Einstellung der Trommel-Umfangs- geschwindigkeit* und der Dreschspaltweite ist wich- tig, um bei den verschiedenen Fruchtarten einen sau- beren und schonenden Ausdrusch zu erreichen.

Abb. 193 Reifezeiten verschiedener Mähdruschfrüchte.

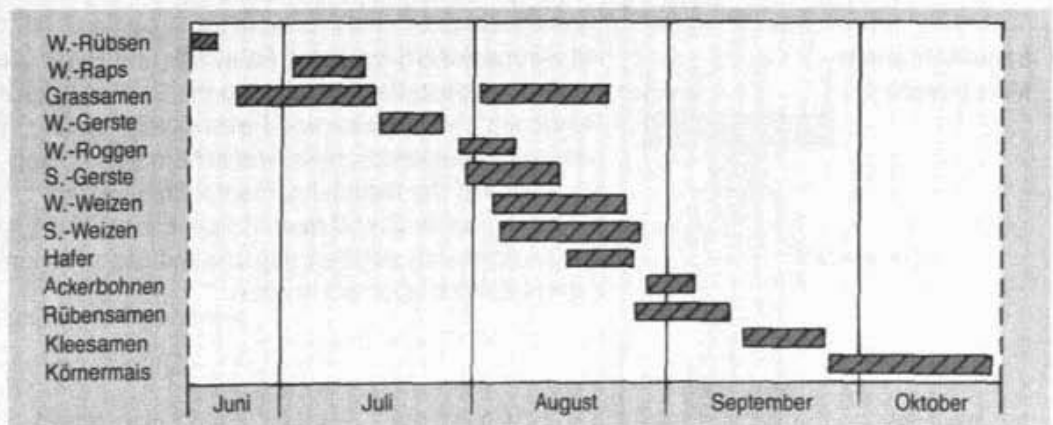
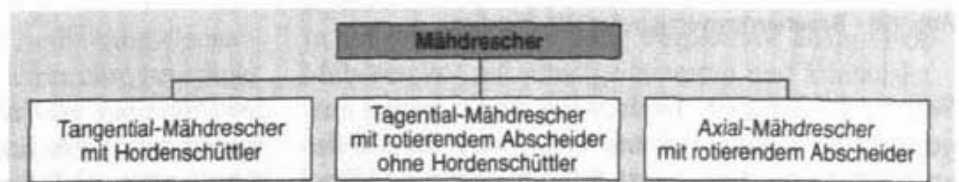


Abb. 194 Einteilung der Mähdrescher.



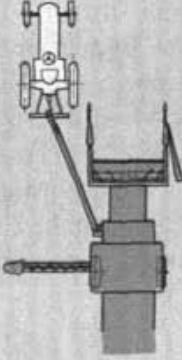
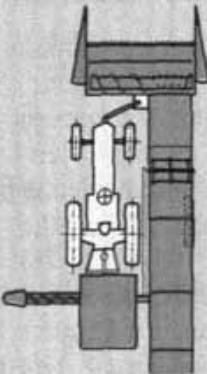
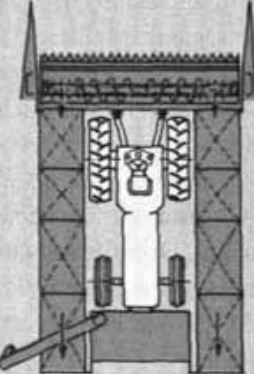
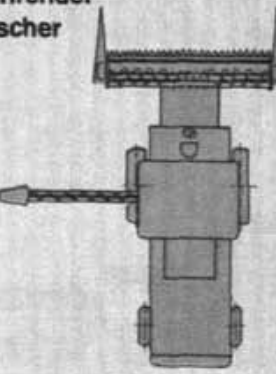
Bauart	Merkmale	Schnittbreite
<p>gezogener Längsfluß-Mährescher</p> 	<p>läuft bei Straßenfahrt hinter dem Schlepper, muß für den Feldeinsatz seitlich ausgeschwenkt werden; Antrieb durch die Schlepper-Zapfwelle; Gesamt-Arbeitsbreite des Schneidwerkes begrenzt durch zulässige Straßenfahrbreite (Bestimmungen der StVZO); durch Anordnung seitlich hinter dem Schlepper kein Frontschnitt möglich</p>	max. 2,75 m
<p>Anbau-Mährescher (Seitenwagen-Bauart)</p> 	<p>Mährescher seitlich am Schlepper angebaut, über die Schlepper-Zapfwelle angetrieben; Korntank heckseitig am Schlepper angeordnet; Schneidwerk reicht meist über gesamte Breite (einschließlich Schlepper), dadurch Frontschnitt möglich</p>	max. 2,75 m
<p>Anbau-Mährescher (am Schubfahrt-Schlepper)</p> 	<p>zwei komplette Dresch-, Trenn- und Reinigungssysteme beidseitig des rückwärtsfahrenden Schleppers angeordnet; Schneidwerk reicht über gesamte Breite, dadurch Frontschnitt möglich; Anlenkung am Schlepper mittels Schnellkuppler, Antrieb über Schlepper-Zapfwelle; Korntank am Schlepper fest anmontiert; Schneid- und Dreschwerk werden für die Straßenfahrt zusammengefaltet und auf Spezial-Anhänger transportiert</p>	4,50 und 5,20 m
<p>selbstfahrender Mährescher</p> 	<p>mit eigenem Antriebsmotor, Fahrwerk und Hydrauliksystem ausgestattet; Fahrtrieb mit 3–4-stufigem Schaltgetriebe, Variator und Reversiereinrichtung oder mit stufenlosem, hydrostatischem Fahrtrieb; Korntank auf der Maschine; Frontschnitt möglich; bei Schnittbreite über 3 m muß Schneidwerk für den Straßentransport abgekoppelt und auf gesondertem Fahrgestell transportiert werden</p>	2,25–5,60 m

Abb. 195 Bauarten konventioneller Mährescher.

Während Schlepper-Mährescher am Schlepper angehängt bzw. angebaut und von dessen Zapfwelle angetrieben werden, besitzt der selbstfahrende Mäh-

drescher einen *Aufbau-Antriebsmotor* und ein eigenes Fahrwerk. Für besonders schwierige Einsatzverhältnisse können Allradantrieb oder Halbtrauen an-

Tabelle 83 Arbeitsgänge im Mähdrescher.

Arbeitsgang	Baugruppe
Mähen Ausdreschen der Ähren	Schneidwerk mit Haspel Schlagleisten, Dreschtrommel, Dreschkorb, Strohlleitrommel, Entgranner, Steinfangmulde
Trennen der Körner vom Stroh	Hordenschüttler mit mehreren Einzelhorden, Fallstufen und Schüttlerhilfen oder rotierende Kornabscheider
Reinigen (und Sortieren) der Körner	Siebvorrichtung mit Vorbereitungsbogen, Druckwindgebläse, Ober- und Untersieb, teilweise mit Hangausgleich
Sammeln der Körner Ablegen des Strohs im Längsschwad Zerkleinern und Breitverteilen des Strohs unzerkleinert Breitverteilen des Strohs	Förderschnecken und -elevatoren, Korntank Strohleitrechen Anbauhäcksler rotierender Strohverteiler

Aufnahmevorrichtung	Merkmale	Arbeitsbreite
Haspel-Schneidwerk 	für die Ernte von Getreide, Raps, Grassamen direkt vom Halm; meist Hochschnitt-Fingerbalken; Haspel in senkrechter und waagerechter Richtung sowie in der Drehzahl verstellbar; seitliche Halmteiler begrenzen die Schnittbreite; Zusatzausrüstungen: Ährenheber für Lagerfrucht, für Raps-Direktdrusch seitliche, senkrechte Trenn-Schneidvorrichtung	2,25–5,60 m
Pick-up-Vorrichtung 	für den Schwaddrusch (Aufnahme von Mähschwaden) bei Raps, Grassamen, Hülsenfrüchten; gegenläufig rotierende Federzinken fördern Mähschwaden zur Einzugsvorrichtung; Umlaufgeschwindigkeit der Zinken konstant; Abstimmung der Fahrgeschwindigkeit auf Zinken-Umlaufgeschwindigkeit erforderlich, um Verluste durch »Auskämmen« zu vermeiden	1–2 Schwaden
Erntevorsätze für Reihenfrüchte 	Pflückvorsatz für Körnermais, Corn-Cob-Mix mit Pflückschienen, darunter angeordneten Reißwalzen und Unterbau-Strohschläger; Einzugsketten und flache Halmteiler gewährleisten auch bei lagernden Pflanzen einen verlustarmen Einzug; Abstand der Halmteiler meist fest auf den Reihenabstand eingestellt oder nur in engen Grenzen verstellbar; Mähvorsatz für Sonnenblumen mit schmalen, flachen Halmteilern und Mähvorrichtung	2–8 Reihen 6–12 Reihen

Abb. 196 Aufnahmevorrichtungen am Mähdrescher.

stelle der großvolumigen Niederdruckbereifung angebracht werden.

Der Fahrerstand mit den vielen Bedienungselementen ist so angeordnet, daß der Fahrer eine gute Sicht auf das Schneidwerk hat, den Füllungsgrad des Korntanks, sowie die Sauberkeit des Dreschgutes gut überwachen kann. Besonderer Wert ist auf eine

griffgünstige Anordnung der Bedienungshebel zu legen.

In zunehmendem Umfang werden vor allem Großmähdrescher mit schallgedämmten und klimatisierten Kabinen ausgerüstet. Um dennoch eine ordnungsgemäße Maschinenbedienung und Funktionskontrolle sicherzustellen, sind diese Mähdrescher

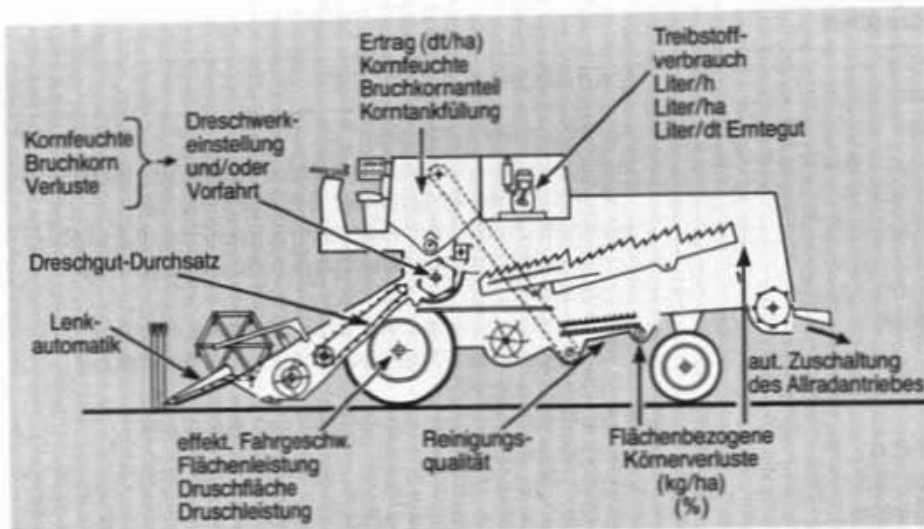


Abb. 197 Steuerung des Arbeitsprozesses beim Mähreschereinsatz.

mit verschiedenen Überwachungs- und Steuervorrichtungen ausgerüstet:

- ▶ Automatische Höhenführung des Schneidwerkes,
- ▶ Drehzahlkontrolle der wichtigsten Antriebswellen,
- ▶ Verlustkontrollgerät an Schüttler und Sieben,
- ▶ Kontrollvorrichtungen für Verstopfungen im Schüttlerbereich.

Für **künftige Entwicklungen** scheint es denkbar, daß durch das Erfassen weiterer Meßgrößen eine echte Steuerung und damit weitere Verbesserungen des Arbeitsprozesses beim Mähreschereinsatz erreicht werden können (Abb. 197).

In der Mähreschereentwicklung ist der Trend zu leistungsstärkeren Maschinen unverkennbar. Dadurch soll die Schlagkraft gesteigert, die Ernte zum günstigsten Zeitpunkt ermöglicht, das Wetterrisiko vermindert und die Möglichkeit des überbetrieblichen Einsatzes verbessert werden.

Da bei den herkömmlichen Mähreschere-Konstruktionen die Leistungsgrenze erreicht ist, wurden neue Wege gesucht, um das konventionelle Schlagleisten-Dreschwerk und vor allem den leistungsbegrenzenden Hordenschüttler durch neue Drusch- und Trennsysteme zu ersetzen. Deshalb werden Lösungen angeboten, bei denen das konventionelle Schlagleisten-Dreschwerk beibehalten, aber zusätzlich Trennvorrichtungen eingebaut oder die Hordenschüttler völlig ersetzt sind (Abb. 200):

- ▶ Zentrifugalabscheider,
- ▶ Abscheidetrommeln und -körbe,
- ▶ Zentrifugalabscheider und Doppelfluß-Abscheiderotor.

In den USA ging die Entwicklung einen völlig neuen Weg, hier wurden Mähreschere mit »**Axialflußprinzip**« für das Dresch- und Trennsystem entwickelt. Die verschiedenen Bauformen von »Axialfluß-Mähreschere« unterscheiden sich vor allem in der Anzahl und Anordnung der Rotoren (Abb. 198 und 201, Seite 180).

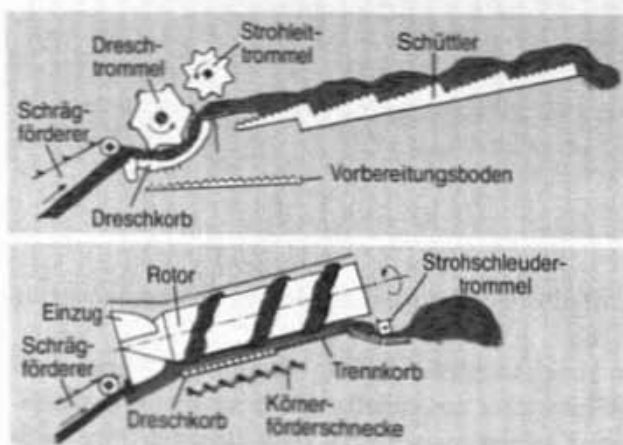


Abb. 198 Vergleich der Dreschsysteme: Oben konventionelles Tangentialdreschsystem, unten Axialdreschsystem.

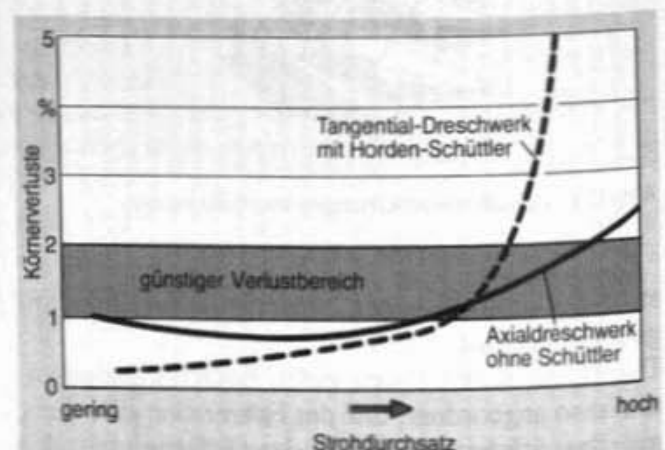


Abb. 199 Kornverluste beim Tangential- und Axialdreschwerk.

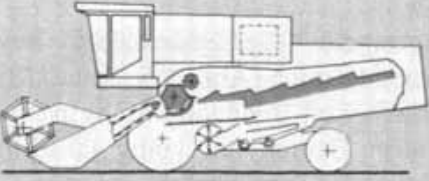
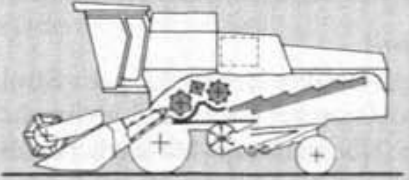
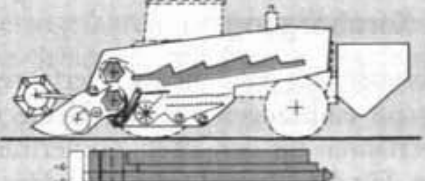
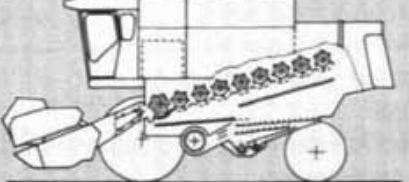
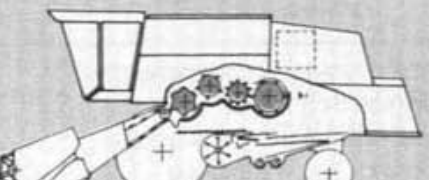
Bauausführung	Merkmale
 <p data-bbox="172 405 327 479">Dresch- und Abscheideorgan (Draufsicht)</p>	<p data-bbox="730 212 1098 241">konventioneller Mähdrescher</p> <p data-bbox="730 246 1444 470">Dreschaggregat mit Schlagleisten-trommel, Dreschkorb und Strohlaittrommel quer angeordnet; Trennung und Abscheidung durch Hordenschüttler mit 4–6 Horden, 4–7 Fallstufen und eventuell Schüttlerhilfen; Reinigung mit Vorbereitungsboden, Druckwindgebläse, Ober- und Untersieb; Leistungsfähigkeit durch die Baugröße der Schüttler begrenzt</p>
	<p data-bbox="730 510 1422 672">Dreschaggregat quer angeordnet; Trennung und Abscheidung durch rotierenden Zentrifugalabscheider mit Korb sowie verkürzten Hordenschüttler (6 Horden, 5 Fallstufen); konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung</p>
	<p data-bbox="730 813 1422 1064">Schlepper-Anbaumähdrescher; zwei gleichartige Druschvorrichtungen beiderseits eines rückwärts fahrenden Schleppers angeordnet; Schneidwerk reicht über gesamte Breite; Dreschtrommel kombiniert mit darüber angeordnetem Rotations-Abscheider; Vier-Horden-Schütter mit 5 Fallstufen; konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung</p>
	<p data-bbox="730 1137 1444 1321">hinter der Schlagleisten-Dreschtrommel sind anstelle des Hordenschüttlers 8 Abscheidetrommeln mit Abscheidekörben angeordnet; Drehzahl und Korbabstand veränderbar, 3 Aggregate herauszunehmen; konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung mit »dynamischem Hangausgleich« der Siebe</p>
	<p data-bbox="730 1440 1412 1668">konventionelle Schlagleisten-Dreschtrommel mit Korb; anstelle des Hordenschüttlers sind hinter dem Dreschwerk Wendetrommel mit Korb, Zentrifugalabscheider mit Korb und Doppelfluß-Abscheiderrotor mit Körben angeordnet; Strohaustrag in zwei parallelen Strömen; konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung mit Seitenhangausgleich (bis 17%)</p>

Abb. 200 Mähdrescher mit Tangential-Dreschwerk.

Für das konventionelle und das Axialfluß-Prinzip gelten folgende wichtigen Vor- und Nachteile:

Konventioneller Mähdrescher

Vorteile:

- ▶ Bewährtes Ernteprinzip mit langjährig bekannten Arbeitsfunktionen der verschiedenen Baugruppen,
- ▶ verschiedene (auch niedrige) Leistungsklassen angeboten,
- ▶ für Hochleistungs-Mähdrescher Zusatzvorrichtungen für den Schüttlerbereich angeboten (Schüttlerhilfen oder rotierende Abscheider),
- ▶ schonende Strohbehandlung,
- ▶ geringerer Einfluß der Erntegut- und Stroheuchte.

Nachteile:

- ▶ Dreschwerk-Breite durch mögliche Gesamtmaschinenbreite begrenzt,
- ▶ Hordenschüttler nicht beliebig vergrößerbar, begrenzen die mögliche Druschleistung,
- ▶ ab bestimmter Druschleistung (Strohdurchsatz) steil ansteigende Körnerverlustkurve,
- ▶ größerer Bauaufwand.

Axialfluß-Mähdrescher

Vorteile:

- ▶ Günstigeres Verlustverhalten bei hoher Druschleistung (Abb. 199, Seite 178),
- ▶ Drusch- und Trennvorrichtung in einem rotierenden Bauteil mit völlig umschlingenden Körben zusammengefaßt,
- ▶ kürzere, kompakte Bauweise,
- ▶ schonender Ausdrusch, daher auch besonders für den Körnermaisdrusch geeignet.

Nachteile:

- ▶ Aggressivere Behandlung des Strohs,
- ▶ Probleme bei feuchtem Langstroh,
- ▶ nur Hochleistungs-Mähdrescher angeboten,
- ▶ höherer Anschaffungspreis,
- ▶ höherer Treibstoffbedarf.

4.3.3 Kornbergung

Die Kornbergung muß in die Verfahrensplanung konsequent einbezogen werden. Heute haben nur noch Verfahren für den losen Körnertransport Bedeutung. Für die **Übergabe des Getreides** vom Mähdrescher auf den Transportwagen sind mehrere Varianten üblich:

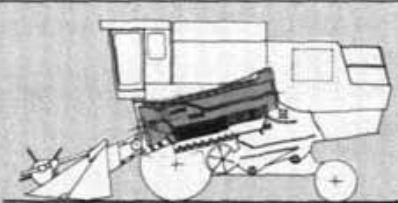
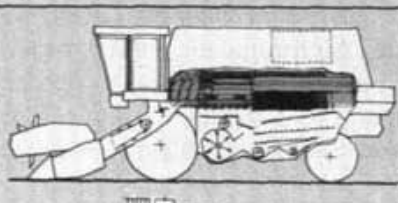
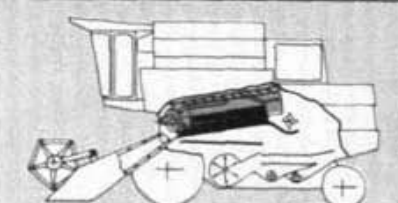
Bauausführung	Merkmale
<p>①</p>  <p>Dresch- und Abscheideorgan (Draufsicht)</p>	<p>1 Rotor in Längsrichtung, leicht ansteigend; Einzug über drei Flügel; Drusch, Trennung und Abscheidung durch einen Rotor mit völlig umschließenden Korbelementen; mehrere Trogschnecken anstelle Vorbereitungsboden; konventionelle Reinigung</p>
<p>②</p> 	<p>1 Rotor in Längsrichtung, waagrecht angeordnet; Einzug über mehrgängige Schnecke; Drusch, Trennung und Abscheidung wie bei ①; konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung</p>
<p>③</p> 	<p>2 Rotoren in Längsrichtung, zum Massenausgleich gegenläufig rotierend; leicht ansteigend; Drusch, Trennung und Abscheidung wie bei ①; konventionelle Druckwind-Sieb-Reinigung</p>

Abb. 201 Mähdrescher mit Axialdreschwerk.

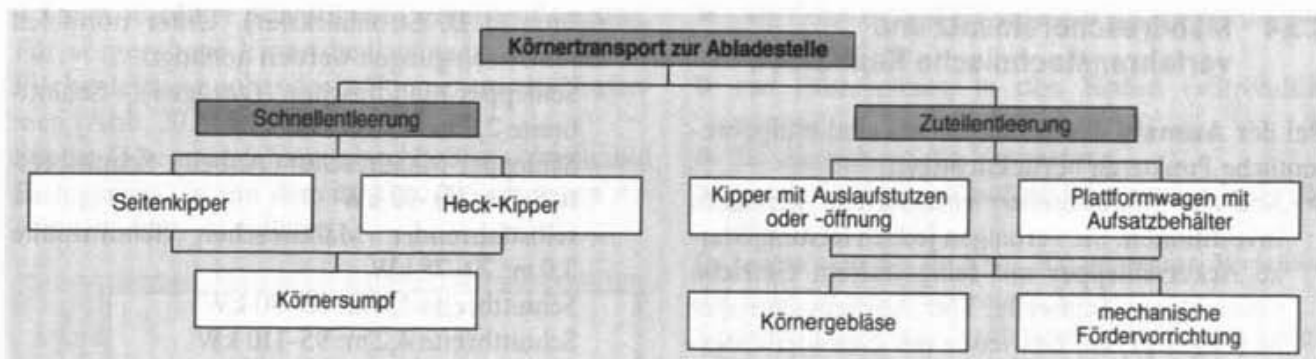


Abb. 202 Ablauf des Körnertransportes.

- ▶ Der Mähdrescher fährt zu dem am Feldrand abgestellten Wagen und tankt ab (relativ hoher Zeitaufwand, bei 1-Mann-Arbeit für Ernte und Transport sowie bei kleineren Druschflächen heute noch üblich).
- ▶ Der Wagen wird an den anhaltenden Mähdrescher herangefahren (mittlerer Zeitaufwand, zusätzliche Schlepper mit Fahrer, gegebenenfalls weitere Transportfahrzeuge erforderlich).
- ▶ »Parallele Kornübergabe«, der Mähdrescher

übergibt das Getreide während des Dreschens auf einen nebenher fahrenden Wagen (geringster Zeitaufwand, besonders bei hohen Druschleistungen üblich, um die Mähdrescherkapazität voll auszuschöpfen, ausreichende Annahme- und Verarbeitungskapazität am Hof erforderlich).

Für den **Körnertransport** haben sich normale ein- und zweiachsige Wagen bewährt. Auf ihre Bauweise bzw. Entladevorrichtungen müssen die Annahmeverrichtungen am Getreidelager abgestimmt sein.

Tabelle 84 Verlustursachen und Abhilfemaßnahmen beim Mähdrusch von Getreide.

Verlustart	Ursache	Abhilfe
Ausfallverluste	mangelnde Ausfallfestigkeit, Reifezeitpunkt überschritten, ungünstige Witterung	Anbau ausfallfester Sorten, Ernte zum richtigen Termin und bei günstiger Witterung
Ausschlagverluste	falsche Haspeleinstellung	richtige Einstellung von Haspeldrehzahl und -stellung zum Mähtisch
Schnittverluste	Lagergetreide, falsche Einstellung des Schneidwerkes und der Halmteiler, Arbeiten ohne Ährenheber, zu rasche Kurvenfahrt	Anbau standfester Sorten, bei Bedarf Verwendung von Halmverkürzungsmitteln, richtige Ausstattung und Einstellung des Schneidwerkes, günstige Wendeform am Schlagende
Dreschverluste	unreifes Getreide, falsche Trommeldrehzahl und Korbeinstellung, abgenutzte Schlagleisten, verbogener Dreschkorb, Ausdruschhilfen nicht vorhanden oder nicht benutzt	termingerechte Ernte, technisch einwandfreier Zustand des Dreschwerkes, richtige Einstellung von Trommeldrehzahl und Korbabstand, Verwenden von Ausdruschhilfen
Schüttlerverluste	falsche Schüttlerbewegung, verschmutzter Schüttler, Überlastung der Maschine, verschlissenes Spritztuch	richtige Drehzahl der Antriebswellen, regelmäßige Reinigung, Vorfahrt an Pflanzenbestand anpassen, technisch einwandfreier Zustand, Verwenden von Zusatzschüttlern
Reinigungsverluste	überlasteter Siebkasten, falsche Einstellung von Lamellensieb und Reinigungswind, falsches Untersieb, hoher Kurzstrohanteil	richtiger Durchsatz (Fahrgeschwindigkeit), richtige Auswahl und Einstellung der Siebe und des Reinigungswindes, richtige Einstellung des Dreschwerkes, vorsichtige Verwendung von Druschhilfen

4.3.4 Mähreschereinsatz und verfahrenstechnische Kenndaten

Bei der **Auswahl** des Mähreschers sind einige wesentliche Punkte zu berücksichtigen:

- ▶ **Schlepper-Mährescher** verursachen geringere Investitionen. Sie verlangen jedoch leistungsstarke Ackerschlepper mit feingestuftem Getriebe sowie Motor-Zapfwelle. Der Antriebsschlepper ist festgelegt, bei Betrieben mit *einem* leistungsstarken Schlepper ist daher z. B. keine gleichzeitige Stoppelbearbeitung oder Körnerabfuhr möglich.
- ▶ **Selbstfahrende Mährescher** sind vergleichsweise teurer und lassen sich nicht für andere Arbeiten verwenden. Sie sind jedoch sehr wendig und bieten echten Frontschnitt. Selbstfahrer sind daher für das Abernten kleiner, unregelmäßig geformter Flächen ebenso gut geeignet wie für das Anmähen und Abernten großer Flächen.
- ▶ Die **Motorleistung** hat sich nach dem Durchsatz an Korn und Stroh (t/h) sowie nach der Schnittbreite und vorhandenen Zusatzaggregaten zu

richten (z. B. Strohhäcksler). Unter normalen Einsatzbedingungen werden benötigt:

- Schlepper-Mährescher (gezogen), Schnittbreite 2,7 m: 45–60 kW
- Schlepper-Mährescher (Anbau), Schnittbreite 5,4 m: 80–90 kW
- selbstfahrender Mährescher, Schnittbreite 3,0 m: 70–75 kW
- Schnittbreite 3,6 m: 85–90 kW
- Schnittbreite 4,2 m: 95–110 kW
- ▶ Die beim Mähdrusch entstehenden *Verluste* sollen 1–2% nicht überschreiten. Dies kann vor allem durch richtige Maschinenbedienung und -einstellung, Wahl des günstigsten Erntezeitpunktes und regelmäßige Wartung der Maschine erreicht werden. Ursachen und Maßnahmen zur Abhilfe bei den Mährescher-Verlusten werden in Tabelle 84, Seite 181 aufgezeigt.

Die **Flächenleistung** wird vor allem von Schnittbreite, Motorleistung, Arbeitsgeschwindigkeit, Kornertrag, Korn-Stroh-Verhältnis, Schlaggröße und Schlaglänge beeinflusst. Unter normalen Erntebedingungen kann mit einer Flächenleistung von etwa

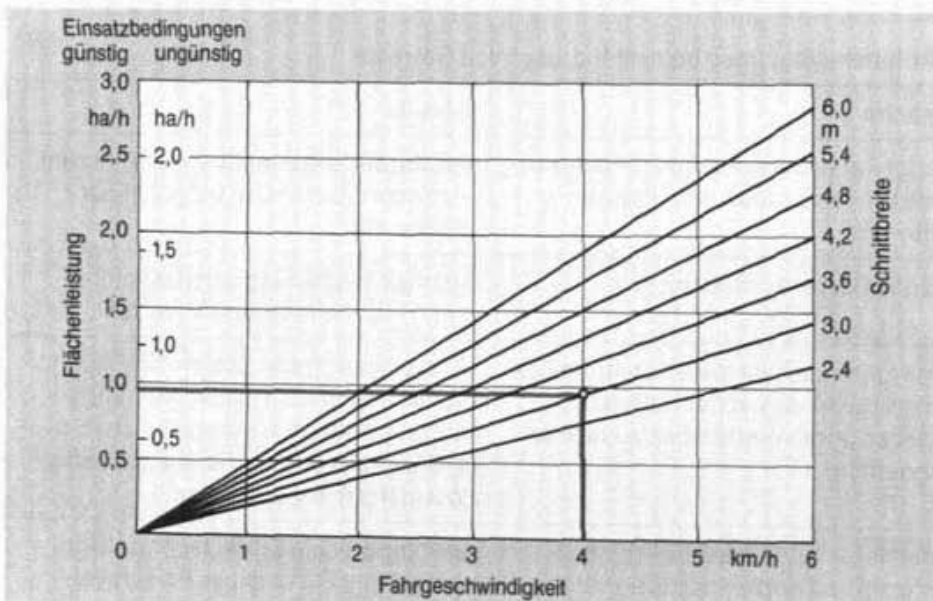


Abb. 203 Zusammenhang von Flächenleistung, Fahrgeschwindigkeit und Schnittbreite beim Mährescher.

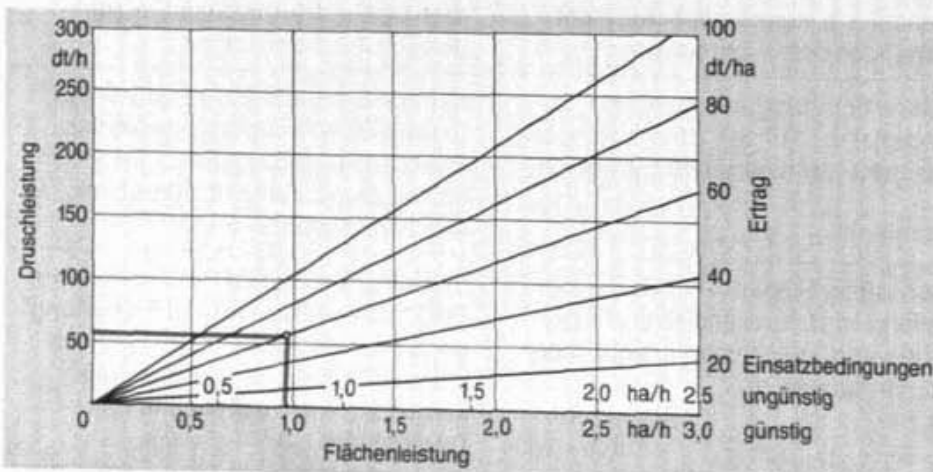


Abb. 204 Zusammenhang von Flächenleistung, Druschleistung und Ertrag.

0,3 ha/h je Meter Schnittbreite gerechnet werden. Für vorgegebene Einsatzbedingungen läßt sich die Flächenleistung anhand von Nomogrammen bestimmen (Abb. 203 und 204).

Für das Gesamtverfahren (einschließlich Abfuhr und Einlagerung) ist mit dem in Abb. 205 gezeigten Arbeitszeitbedarf zu rechnen.

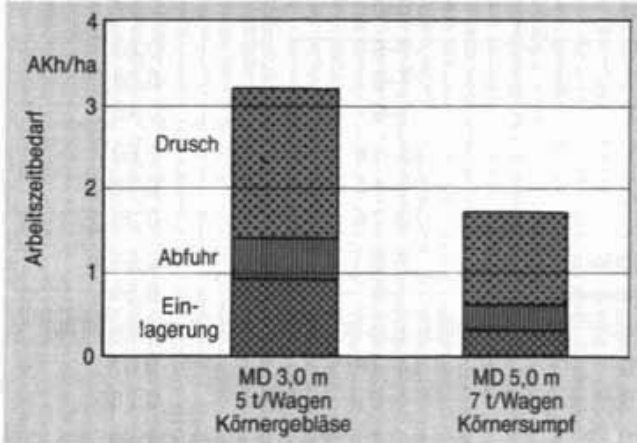


Abb. 205 Arbeitszeitbedarf bei der Getreideernte.

4.3.5 Strohverarbeitung

Strohmenge – Bei der Ernte der unterschiedlichen Getreidearten fallen Strohmenngen von 40–80 dt/ha an. Die Gesamt-Stroherntemenge wird in der Bundesrepublik Deutschland in der Reihenfolge der Bedeutung verwendet:

- ▶ Als Einstreu und Futtermittel im landwirtschaftlichen Betrieb,
- ▶ zur Einarbeitung in den Boden (»Strohdüngung«),
- ▶ für die industrielle Verwertung,
- ▶ durch Verbrennen auf dem Feld oder in Strohöfen.

Es lassen sich die in Abb. 206 gezeigten Verfahren der Strohverarbeitung unterscheiden:

Strohbergung – Alle Strohbergegeräte benötigen einen vom Mähdrescher sauber geformten Schwad mit hohem Schwadgewicht (kg/lfm), um eine verlustarme Aufnahme und hohe Ladeleistung zu erzielen.

Für die Strohbergung eignen sich alle Maschinen, die auch für die Futterbergung geeignet sind:

- ▶ Langgutlinie: Ladewagen
- ▶ Häcksellinie:
 - Exakt-Feldhäcksler,
 - Schlegel-Feldhäcksler
 - (Kurzschnitt-Ladewagen)
- ▶ Ballenlinie:
 - Hochdruck-Sammelpresse
 - Rundballenpresse
 - Großballen-Presse

Die Kenndaten und Verfahren für die Geräte zur Strohbergung sind im Kapitel »Futterernte« (Seite 245 ff.) zusammengestellt.

Stroheinarbeitung – Das Einarbeiten des Strohes als »Strohdüngung« in den Boden gewinnt zunehmend an Bedeutung, da in viehlosen Betrieben bzw. bei

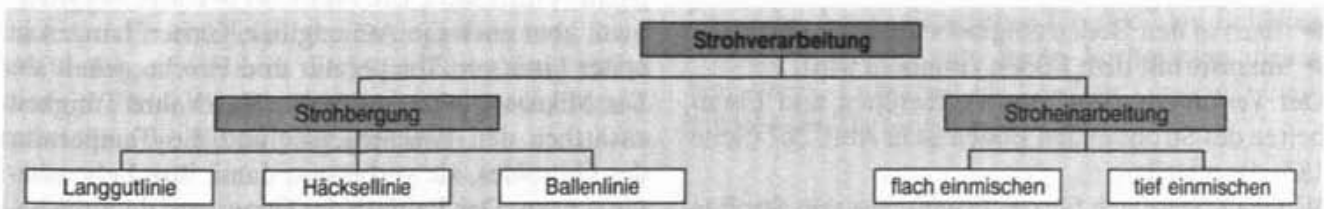


Abb. 206 Verfahren der Strohverarbeitung.

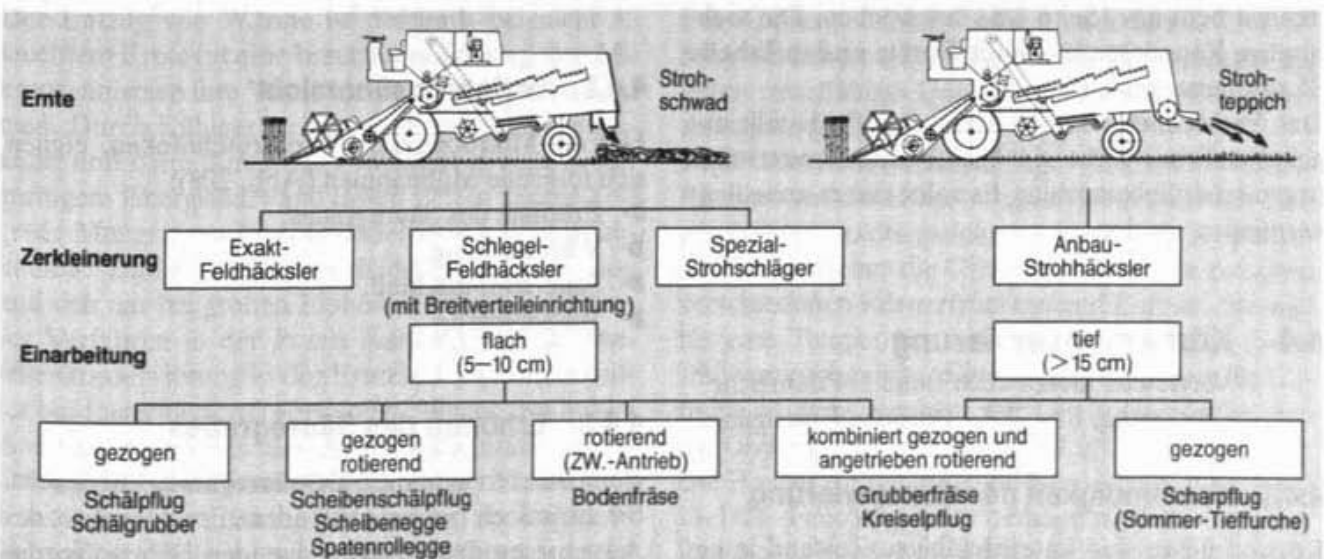


Abb. 207 Stroheinarbeitung bei Getreidemähdresch.

Tabelle 85 Technische Kenndaten für einige Stroheinarbeitungsgeräte.

Gerät	erforderliche Schlepperleistung kW	Arbeitsbreite	Arbeitsgeschwindigkeit	Arbeitszeitbedarf
		m	km/h	AKh/ha
Schälpflug	44	1,9	6-8	1,05
	66	2,8	6-8	0,73
	88	3,6	6-8	0,57
Scheibenegge	44	2,1	7-9	0,83
	66	3,2	7-9	0,58
	88	4,0	7-9	0,46
Spatenrollegge	44	2,0	12-14	0,60
	66	3,0	12-14	0,42
	88	4,0	12-14	0,30
Schälgrubber	66	2,5 (11 Zinken)	7-9	0,66
	88	3,3 (15 Zinken)	7-9	0,50
Bodenfräse	44	1,75	4-6	1,50
	66	2,75	4-6	0,97
	88	3,50	4-6	0,76
Grubberfräse	66	2,0	5-7	1,10
	88	2,8	5-7	0,80

stroharmen und strohlosen Aufstallungsformen häufiger Stroh auf dem Feld verbleibt.

Die aus ackerbaulicher Sicht sehr positiven Effekte der Strohdüngung kommen aber nur zum Tragen, wenn das Stroh

- ▶ gleichmäßig kurz zerkleinert,
- ▶ breitflächig verteilt,
- ▶ flach in den Boden eingearbeitet und
- ▶ intensiv mit dem Boden vermischt wird.

Der *Verfahrensablauf* zum Aufbereiten und Einarbeiten des Strohs in den Boden ist in Abb. 207 (Seite 183) dargestellt.

Welche *Geräte* sich für das Einmischen von Stroh in den Boden eignen, wurde bereits im Abschnitt »Bodenbearbeitung« (Seite 125) beschrieben. Die technischen Kenndaten für einige Geräte sind in Tabelle 85 zusammengestellt.

Das **Verbrennen** von Stroh auf dem Feld stellt aus ackerbaulicher Sicht ein Verschwenden wertvoller organischer Substanz dar. Es sollte daher unbedingt vermieden werden.

4.4 Körnerkonservierung

Vergleiche hierzu auch Band 1, Pflanzliche Erzeugung, bzw. 2 A, Tierische Erzeugung.

4.4.1 Notwendigkeit der Konservierung

Körnerfrüchte sind im erntefähigen Zustand in gemäßigten Klimaten selten direkt lagerfähig. Raps

und Körnermais müssen grundsätzlich konserviert werden.

Liegt der *Feuchtegehalt von Getreide* über 16%, so sind ebenfalls Konservierungsmaßnahmen notwendig, denn Mikroorganismen – Hefen, Schimmelpilze und Bakterien – finden bei feuchtem Erntegut einen guten Nährboden. Die Aktivität der Mikroorganismen, aber auch die Atmung der Körner, hängen in erster Linie von Temperatur und Feuchtegehalt ab. Die Mikroorganismen erhöhen durch ihre Tätigkeit zusätzlich den Feuchtegehalt und die Temperatur des Getreides, sie verbessern damit ihre Lebensbedingungen. Der Verderb des Gutes wird dadurch beschleunigt.

4.4.2 Verfahrensübersicht

Um die Mikrobenaktivität einzuschränken, eignen sich folgende Maßnahmen (Abb. 208):

- ▶ Erhöhen des Säuregrades,
- ▶ Wärmeentzug,
- ▶ Sauerstoffabschluß,
- ▶ Wasserentzug.

4.4.3 Erhöhen des Säuregrades

Beim Silieren wird die **Milchsäuregärung** angestrebt. Sie ist jedoch bei zunehmendem Feuchtegehalt des Ausgangsproduktes mit steigenden Nährstoffverlusten verbunden, die bei Körnerfrüchten im Bereich

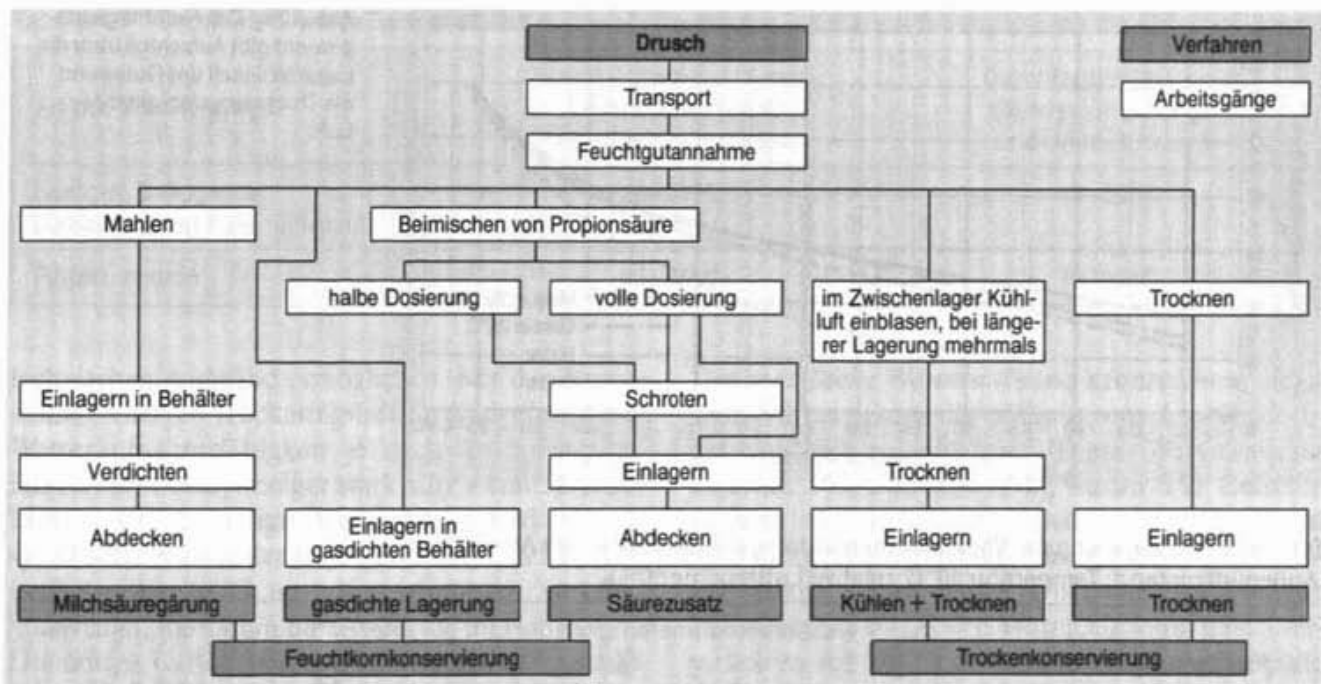


Abb. 208 Verfahren der Körnerkonservierung.

zwischen 5 und 10% liegen. Allerdings lassen sich hohe Konservierungsleistungen erreichen. Neben der Milchsäuregärung kann jedoch auch das **Beimischen von organischen Säuren** den Säuregrad erhöhen und auf diese Art eine sichere Lagerfähigkeit erreichen. In speziellen Sprüheräten mit Förder-schnecken wird dann z. B. *Propionsäure* dem Feuchtgut beigemischt, wobei sich die Säuremenge nach dem Feuchtegehalt des Erntegutes richtet. Dieses Verfahren wie auch die Milchsäuregärung kommen nur für solche Betriebe in Frage, die ihr Futter selbst über die Tierhaltung verwerten.

4.4.4 Kühlkonservierung

Der Entzug von Wärme ist ebenfalls bei nicht zu feuchtem Erntegut eine brauchbare Lösung, den Mikroorganismen ihre Wachstumsbedingungen zu nehmen. Durch Kühlgeräte wird Luft auf 5–10° C abgekühlt und dann durch das Feuchtgut geblasen. Mit geringem Energieaufwand lassen sich in kurzer Zeit große Mengen von feuchtem Getreide und Mais abkühlen. Da leistungsfähige Kühlgeräte teuer sind und sich nur bei großen Einheiten lohnen, wird dieses Verfahren in der Praxis meistens nur als Zwischenkonservierung in der Erntezeit (Annahmepuffer bei Lagerhäusern) verwendet. Wegen des hohen Anschaffungspreises der Körnerkühlgeräte ist ihr überbetrieblicher Einsatz zweckmäßig. Ein zweites Konservierungsverfahren (Trocknung) zur Langzeitlagerung muß folgen, es sei denn, das Gut wurde mit weniger als 17% Feuchtegehalt geerntet.

4.4.5 Luftdichte Lagerung

Schädliche Mikroorganismen sind vorwiegend auf *Sauerstoffzufuhr* angewiesen. Beim Einlagern von Feuchtgut in luftdichte Behälter stellt sich sehr schnell eine *Kohlendioxid*-Atmosphäre ein, die die Entwicklung der Mikroorganismen und die Kornatmung unterbindet.

Der hohe Anschaffungspreis für gasdichte Behälter verhindert bislang eine weite Verbreitung dieses Verfahrens. Es besteht die Beschränkung auf innerbetriebliche Verwertung des Gutes.

4.4.6 Körnertrocknung

Die Körnertrocknung kommt unter den Konservierungsverfahren am häufigsten zur Anwendung. Sie liefert rieselfähiges Gut, das sich auch für eine *Langzeitlagerung* eignet.

Physikalische Zusammenhänge – Zwischen Körnerfrüchten und der Umgebungsluft stellt sich nach einiger Zeit ein *Feuchtegleichgewicht* ein. Die Sorptionsisothermen geben die Gleichgewichtswerte zwischen verschiedenen Körnerfrüchten und Luft an. Sie sind für eine Temperatur von 20° C in Abb. 209 (Seite 186) veranschaulicht. Eine sichere Lagerung für Getreide ist dann gegeben, wenn es so trocken ist, daß die Gleichgewichtsfeuchte der Luft unter 65% liegt. Die Hauptgetreidearten und Körnermais müssen auf 13–14% Feuchtegehalt herabgetrocknet werden, Raps sogar auf 8–10%, um sicher lagerfähig zu sein. Außerdem kann man den Sorptionsisothermen ent-

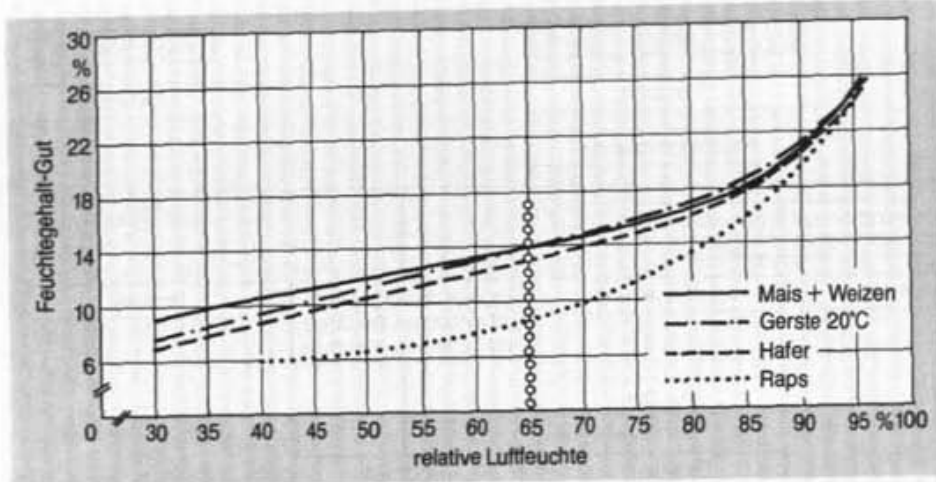


Abb. 209 Das Feuchtegleichgewicht gibt Aufschluß über die Lagerfähigkeit des Gutes und die Trocknungsfähigkeit der Luft.

Tabelle 86 Steigerung der Wasseraufnahmefähigkeit der Luft durch Anwärmung (Außenluftzustand: Temperatur 10°C; relative Luftfeuchte 80%).

Anwärmung der Luft auf °C	Wasseraufnahmefähigkeit der Luft bei einer Sättigung auf 80% relative Luftfeuchte	
	g/kg Trocknungsluft	g/m ³ Trocknungsluft (kalt)
20	2,5	3
30	5,0	6
40	7,5	9
50	10	12
60	13	16
70	16	19
80	19	22
90	22	25
100	25	29

nehmen, inwieweit Luft je nach relativer Luftfeuchte für ein Gut bestimmter Feuchte noch trocknungsfähig ist. Um trocknen zu können, benötigt die Trocknungsluft eine relative Luftfeuchte, die *unter* dem Wert der Gleichgewichtsfeuchte liegt. Je größer diese Differenz ist, desto trocknungsfähiger wird die Luft. Um die Trocknungsfähigkeit der Luft zu steigern, wird sie angewärmt.

Die Temperatur kann jedoch nicht beliebig gesteigert werden, da Hitzeschäden am Trocknungsgut entstehen können (Verminderung von Futterwert, Backfähigkeit, Keimfähigkeit). Die zulässigen Temperaturen sind durch die *Richtlinien der Bundesanstalt für landwirtschaftliche Marktordnung (BALM) für Getreide und Futtermittel* festgelegt. Nachstehende Gutstemperaturen dürfen im wärmsten Teil der Trocknungssäule nicht überschritten werden:

Feuchtegehalt des Naßgutes in %	max. Gutstemperatur in °C
unter 18	45
18-20	40
über 20	36

Bei Futtergetreide werden um 10-15°C höher liegende Temperaturen zugelassen. Am Trockner kann leider nicht die Korntemperatur, sondern nur die Temperatur der Trocknungsluft eingestellt werden. Die Temperatur der Trocknungsluft und die des Korns sind nicht gleich hoch. Mit voranschreitender Trocknung steigt die Korntemperatur allmählich an und nähert sich gegen Trocknungsende (bzw. beim Durchlauftrockner vor der Kühlzone) der Trocknungslufttemperatur. Für die Trocknereinstellung ergeben sich unter Berücksichtigung der zulässigen Gutstemperaturen die in der Tabelle 87 angegebenen Werte.

Bei den angegebenen Temperaturen beziehen sich die unteren Werte auf sehr feuchtes Ausgangsmaterial, die oberen Werte gelten für Gut mit Anfangsfeuchtegehalten unter 20%.

Energiequellen zur Luftanwärmung in der Trocknung – Die wichtigsten Brennstoffe bzw. Energiequellen sind Heizöl, Gas, Kohle, Holz, Stroh, elektrischer Strom und in gewissem Umfang Solarenergie. Flüssige und gasförmige Brennstoffe sind in der Anwendung einfacher als Festbrennstoffe, da sie eine automatische Leistungsregulierung mit geringem

Tabelle 87 Empfehlenswerte Temperaturen der Trocknungsluft.

Art des Trockengutes	Satztrockner und Durchlauf-trockner ohne Wendeeinrichtungen	Durchlauf-trockner mit Wendeeinrichtungen und Umlauf-trockner
Saatgut, Braugerste (Erhaltung der Keimfähigkeit)	40–50° C	45–55° C
Futtergetreide	55–65° C	70–80° C

technischen Aufwand ermöglichen. Mit den Brennstoffen wird die Trocknungsluft zur Steigerung ihrer Wasseraufnahmefähigkeit je nach Trocknungsverfahren mehr oder weniger stark angewärmt. Die zur Luftanwärmung nötige Wärmemenge wird über die spezifische Wärme der Luft errechnet. Um 1 kg Luft (= 0,8 m³ bei 10° C) um 1 K anzuwärmen, ist 1,0 kJ nötig.

Die nötige Lüfterleistung läßt sich über die spezifische Wärme der Luft und die erwünschte Temperaturerhöhung aus der Heizleistung errechnen. Die notwendige Heizleistung ergibt sich aus der geforderten Wasserentzugsleistung und dem spezifischen Wärmeverbrauch.

Der *spezifische Wärmeverbrauch* kennzeichnet diejenige Wärmemenge, die nötig ist, um dem Trockengut 1 kg Wasser zu entziehen. Dieser Wert schwankt zwischen 3000 und 6000 kJ/kg Wasser. Für Getreide rechnet man bei indirekter Beheizung mit maximal 6000 kJ/kg (feuchtere Güter und höhere Temperaturen senken diesen Wert). Über den notwendigen Wasserentzug lassen sich Wärmeverbrauch und Energiekosten auf das Trockengut umrechnen; Beispiele werden in Tabelle 88 gezeigt.

Technischer Aufbau von Trocknungsanlagen – Alle Trockner bestehen aus den Einzelelementen *Trocknungsbehälter*, *Trocknungsgebläse* und – von der Kaltbelüftung abgesehen – der *Wärmequelle*.

Tabelle 88 Notwendiger Wasserentzug, erforderliche Wärmemenge und Brennstoffkosten bei der Trocknung von Getreide mit unterschiedlichem Feuchtegehalt.

Anfangsfeuchtegehalt %	notwendiger Wasserentzug kg/dt Trockengut bei 14% Endfeuchte	notwendige Wärmemenge kJ/dt Trockengut (6000 kJ/kg Wasserverdampfung)	Brennstoffkosten in DM/dt Trockengut		
			bei Heizölpreis von 0,80 DM/kg	bei Holz- und Strohpreis von 0,10–0,20 DM/kg	
18	4,9	29 400	0,58	0,22	0,44
20	7,5	45 000	0,91	0,36	0,72
25	14,6	87 600	1,76	0,66	1,32
30	22,8	137 000	2,72	1,02	2,04
35	32,3	194 000	3,86	1,45	2,90
40	43,3	260 000	5,17	1,94	3,88
45	56,2	337 000	6,72	2,52	5,04

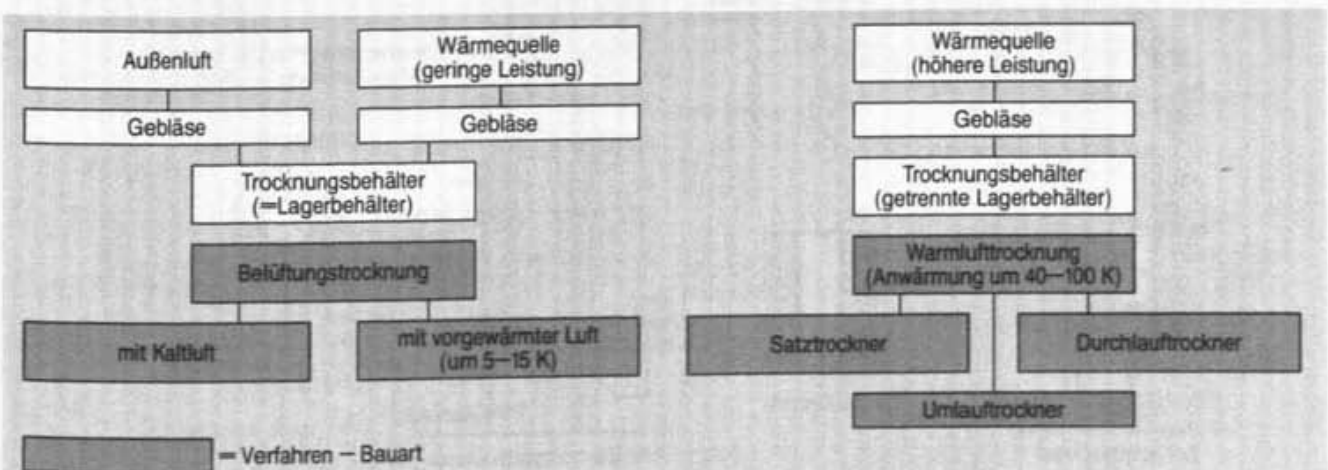


Abb. 210 Aufbau von gebräuchlichen Trocknungssystemen.

Am einfachsten ist die **Kaltbelüftungsanlage** aufgebaut. Hier ist der Lagerbehälter mit einer Belüftungseinrichtung versehen. Bei Feuchtegehalten über 20% treten Probleme auf.

Warmlufttrocknungsanlagen sind mit einem Warmlufterzeuger ausgerüstet, der so bemessen ist, daß mit dem Trocknungsgebläse eine Lufttemperaturerhöhung zwischen 40 und 100 K erreicht wird. Beim Durchlauf Trockner werden zusätzlich ein Kühlgebläse und eine Austragevorrichtung am Trocknungsbehälter benötigt. Abb. 210 (Seite 187) zeigt schematisch die verschiedenen Trocknungssysteme.

Trocknungsgebläse – Die trockenungsfähige Luft muß durch das Trocknungsgut geführt werden. Axial- oder Radialgebläse werden hierfür verwendet. Die Luftförderleistung (m^3/h) ist vom Gegendruck (mbar) abhängig. Dieser Gegendruck hängt vom Strömungswiderstand des Trocknungsgutes, dem Widerstand der Luftführungs Kanäle und eventuell des Ofens ab. *Axialgebläse* überwinden nur ge-

ringe Gegendrücke, laufen relativ laut, sind jedoch billiger als *Radialgebläse*. Für den Nachtbetrieb sind Radialgebläse mit geringer Drehzahl zu wählen, da sie weniger Lärm verursachen. Ferner ist dieser Gebläsetyp druckstabiler, die Trocknungsleistung fällt also durch höhere Kornschichtung im Trocknungsbehälter oder bei Gut mit höherem Strömungswiderstand nur unerheblich ab.

Warmlufterzeuger: Während Trocknungsanlagen ohne Warmlufterzeuger (Belüftungstrocknung mit kalter Luft) nur eine geringe Trocknungsleistung aufweisen, zeigen Warmlufttrocknungsanlagen je nach Heizleistung und Trocknungslufttemperatur erheblich höhere Werte in der Wasserverdampfung.

Bauarten der Warmlufttrockner: Je nach Betriebsart wird bei Warmlufttrocknern in Satztrockner, Umlufttrockner und Durchlauf Trockner unterschieden. Nach der Ausführungsart der Trocknungsbehälter erfolgt eine Untergruppierung in die »Trocknerbauarten«.

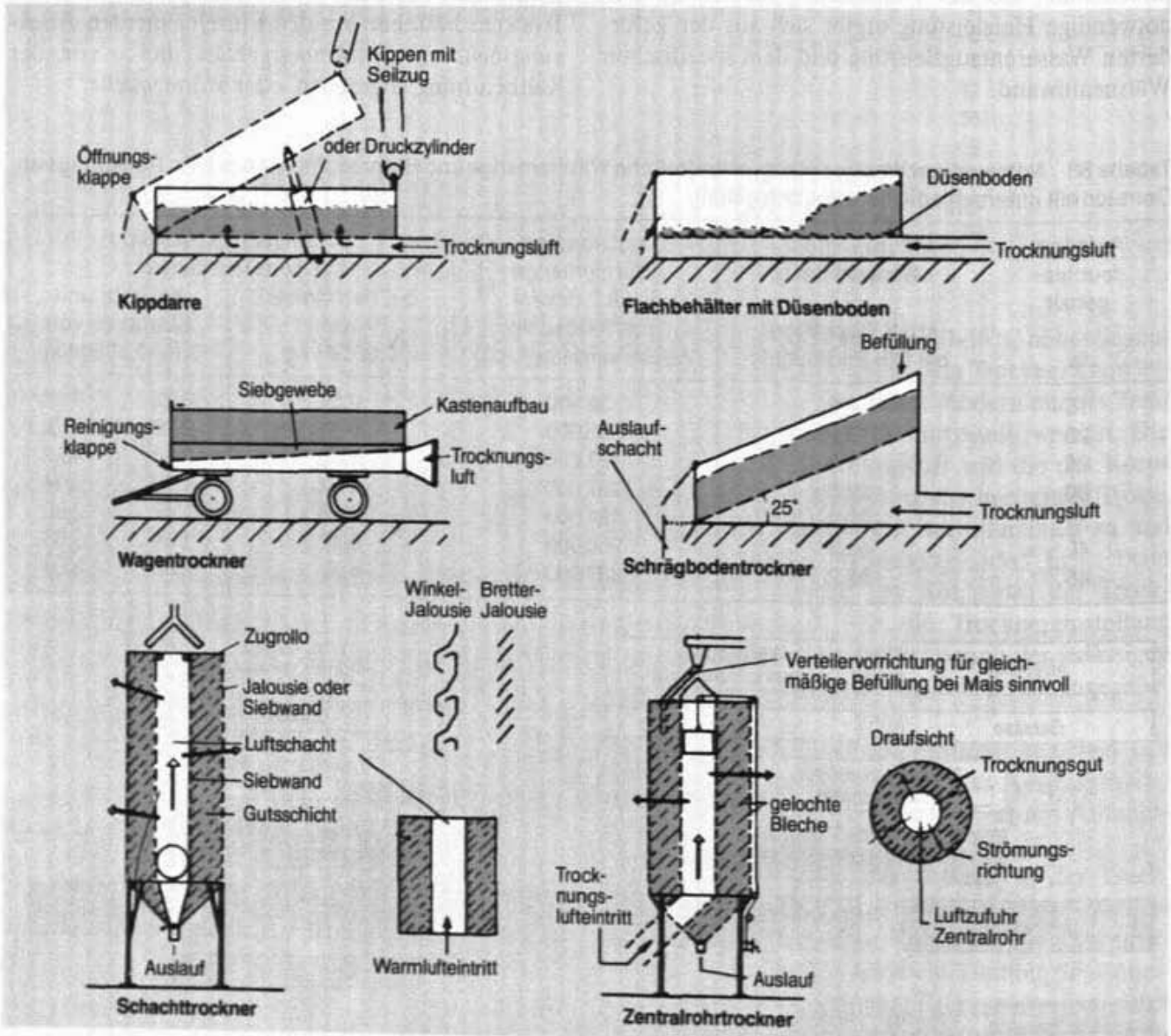


Abb. 211 Bauarten von Satztrocknern.

Satztrockner – Es gibt Anlagen mit Flach- und Hochbehältern. Die *Flachsatztrockner* lassen sich weitgehend im Eigenbau erstellen.

Beim *Flachbehälter mit Düsenboden* wird das Getreide mit Hilfe des Gebläseluftstromes entleert.

Bei der *Wagentrocknung* wird der Trocknungsbehälter direkt auf einen Ackerwagen aufgebaut. Die Befüllung erfolgt direkt vom Mähdrescher aus, entleert wird durch Kippen.

Alle Flachbehälter benötigen relativ viel Grundfläche zum Aufstellen. Dafür bieten sie den Vorteil, daß sich die Gutsschichthöhe dem Trocknungsgut anpassen läßt. Der Trocknungsvorgang ist durch die direkte Zugriffsmöglichkeit zum Trocknungsgut während der gesamten Trocknungszeit gut zu beobachten.

Beim *Hochbehältertrockner* mit festgelegter Gutschicht ist es schwierig, ohne Meßinstrumente den Trocknungsfortgang zu beobachten. Außerdem muß beim Hochbehälter durch den Schwund des Gutes und das damit verbundene Absacken der Kornsäule die Warmluftseite mit dem Trocknungsverlauf fortschreitend abgedeckt werden.

Umlauftrockner – Aus der Sicht des Trocknungsvorganges nimmt der Umlauftrockner eine Mittelstellung zwischen Satz- und Durchlauftrockner ein. Das Trocknungsgut wird während der Trocknung mechanisch umgelagert, feuchte und trockene Schichten werden dabei vermischt. Bei diesen Anlagen erfolgt der Trocknungsvorgang gleichmäßiger als beim Satz- trockner, allerdings ist der technische Aufwand höher. Der Umlauftrockner wird in zwei Bauformen

angeboten, als *Doppelschichttrockner* und *Zentralrohrtrockner* (Abb. 212).

Durchlauftrockner – Bei den Durchlauftrocknern wird eine große Zahl von Bauarten angeboten. Diese lassen sich, wie beim Satz- trockner, in Flach- und Hochbehälter einteilen.

Zu den Flachbehältern gehören der Schubwendetrockner und der Bandtrockner.

Beim *Schubwendetrockner* (Abb. 213, Seite 190) wird die Trocknungsluft durch ein Lochblech oder Siebgewebe in das Trocknungsgut eingblasen. Eine mit Schaufeln ausgestattete Welle wendet das Trocknungsgut und sorgt für die Gutsbewegung vom Vorratsbehälter über Trocknungs- und Kühlzone zur Auslaufmulde.

Leistung: Getreide: 2–10 t/h; Körnermais: 0,5–4 t/h (trocken).

Vorteil: Beliebige Schichthöhe, gleichmäßige Trocknung, keine Anforderung an Rieselfähigkeit des Gutes.

Nachteil: Staubentwicklung ohne Abdeckhaube; hoher Flächenbedarf.

Preis: 23 000–105 000 DM.

Im Gegensatz zu den Durchlauftrocknern in Flachbehälterform liegt bei den Durchlauftrocknern in Hochbehälterform die Gutsschichtdicke fest.

Schichttrockner werden mit einem oder mehreren nebeneinander angeordneten Schächten gebaut (Abb. 214, Seite 190). Ausführungsformen mit Umluftbetrieb sind erhältlich.

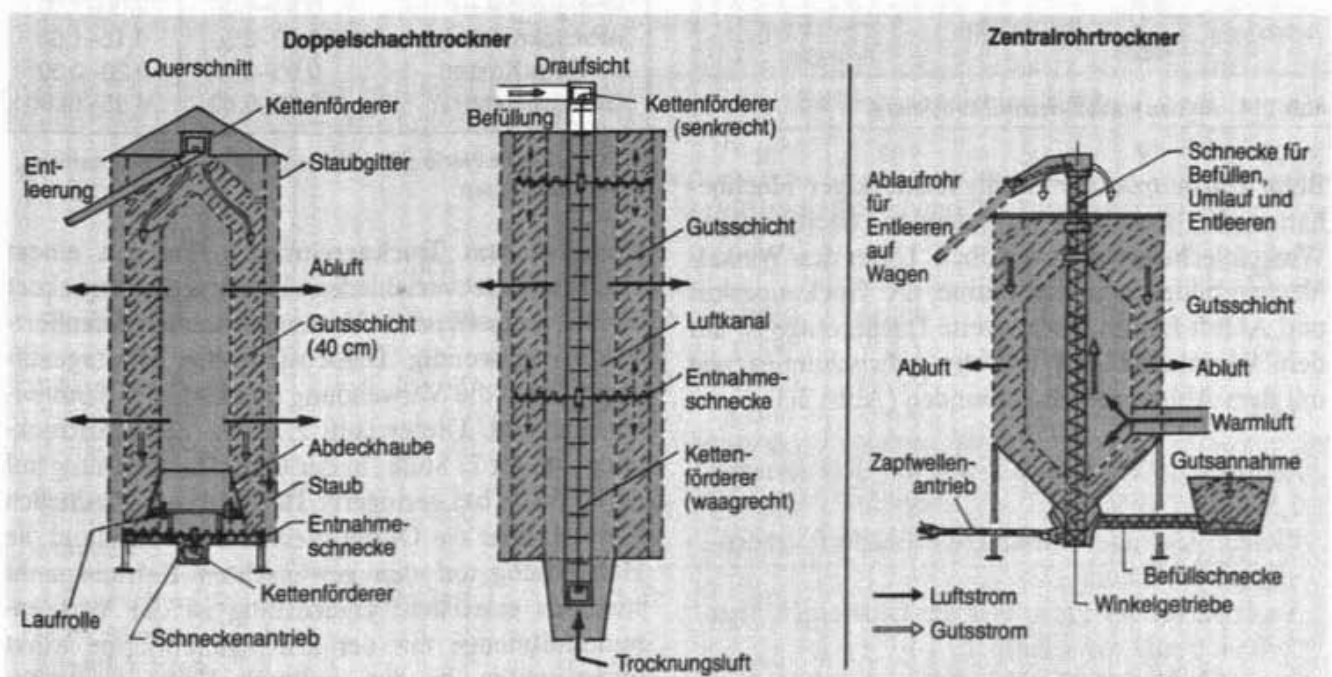


Abb. 212 Umlauftrockner (Satztrockner mit Trockengutumtschichtung).

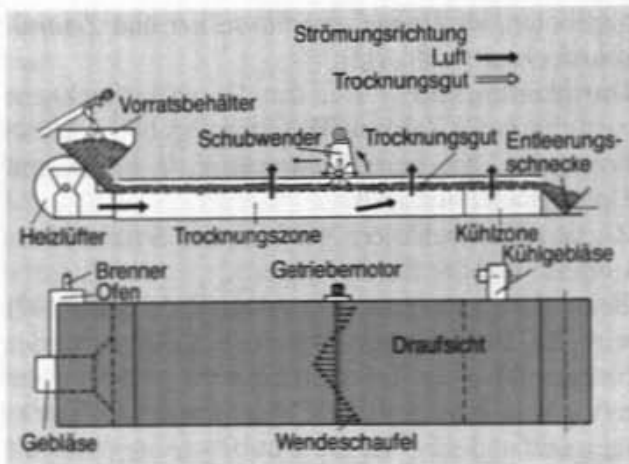


Abb. 213 Aufbau eines Schubwendetrockners.

Leistung: Getreide: 0,5–20 t/h (Trockengut);
Körnermais: 0,6–4 t/h (Trockengut).
Vorteil: Einfache Bauform; Kastenbauweise, da-
durch erweiterungsfähig.
Nachteil: Große Bauhöhe; festgelegte Schicht-
dicke; im unteren Leistungsbereich teuer.
Preis: 10 500–160 000 DM (ohne Einbau).

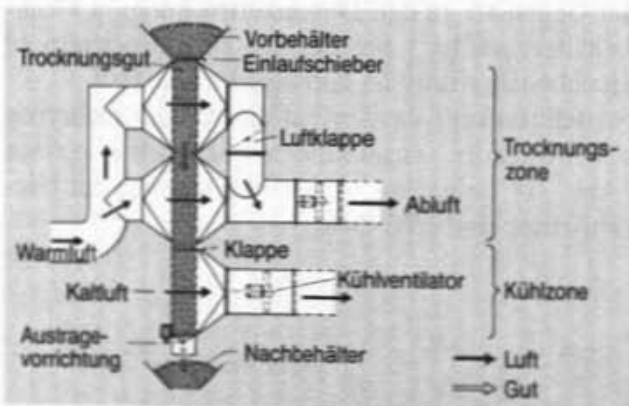


Abb. 214 Aufbau eines Einschachttrockners.

Beim *Dächertrockner* ist ein rechteckiger Hochbe-
hälter mit horizontal verlaufenden, dachförmigen
Winkelblecheinbauten versehen. Unter den Winkel-
blechen bilden sich Hohlräume, die Trocknungsluft
und Abluft führen. Jede zweite Dächeretage ist mit
dem Warmluftschacht und die dazwischenliegende
mit dem Abluftschacht verbunden (Abb. 215).

Leistung: Getreide: 3–40 t/h; Körnermais:
0,5–10 t/h.
Vorteil: Geringer Grundflächenbedarf; gleich-
mäßige Trocknung.
Nachteil: Hoher Preis; erst bei Leistungen über
5 t/h Getreide wirtschaftlich.
Preis: 52 000–345 000 DM.

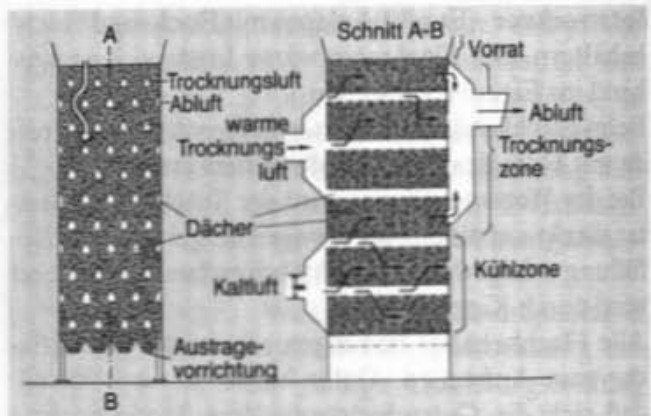


Abb. 215 Aufbau eines Dächertrockners.

Trocknungskosten – Die Kosten der Trocknung set-
zen sich aus folgenden Einzelementen zusammen:

- ▶ Kapitalkosten (Abschreibung + Zinsansatz),
- ▶ Energiekosten (Strom + Brennstoffe),
- ▶ Arbeitskosten,
- ▶ sonstige Kosten (Reparaturen, Versicherung,
Unterbringung).

Die *Kapitalkosten* hängen wesentlich von der Trock-
nerauslastung und vom Neupreis der Anlage ab. Die
Energiekosten werden in erster Linie vom notwendi-
gen Wasserentzug, vom Preis des Brennstoffes und
vom Wirkungsgrad der Anlage bestimmt. Die *Ar-*
beitskosten je dt Trockengut werden vorwiegend von
der Trockner-Nennleistung und vom Trocknersys-
tem beeinflusst.

Tabelle 89 Trocknungskosten in DM/dt Trockengut.

Kostenart	Getreide	Körnermais
Kapitalkosten ¹⁾	1,40–3,50	2,50–5,60
Energiekosten	0,30–1,00	2,00–7,00
Arbeitskosten	0,10–0,50	0,15–1,00
sonstige Kosten	0,05–0,10	0,20–0,30
Gesamtkosten	1,85–5,40	4,85–19,90

¹⁾ Die niedrigen Werte gelten, wenn Getreide und Körnermais
getrocknet werden.

Hinweise zum Trocknereinsatz – Da mit einem
Trockner meist verschiedene Fruchtarten getrocknet
werden müssen, ist die Verstellbarkeit der Ofenheiz-
leistung notwendig. Diese wird ohne Montageauf-
wand durch die Verwendung eines *Mehrstufenbren-*
ners erreicht. Dieser läuft z. B. bei der Maistrock-
nung auf der 2. Stufe, in der Getreidetrocknung auf
der 1. Stufe bei geringerer Heizleistung. Zusätzlich
läßt sich über die Öldruckverstellung von Hand die
Heizleistung auf den gewünschten Betriebspunkt
stufenlos einstellen. Gleichzeitig ist die Verbren-
nungsluftmenge mit der Luftregulierklappe exakt
nachzustellen, bis eine optimale Verbrennung ge-
währleistet ist.

Zur Sicherung vor zu hohen Trocknungslufttemperaturen sind zusätzlich Thermostate in den Warmluftleitungen installiert, welche beim Überschreiten der zulässigen Temperaturen den Brenner abstellen und beim Unterschreiten des zulässigen Wertes den Ofen wieder einschalten. Bei Mehrstufenbrennern regeln diese Thermostate zwischen den einzelnen Heizstufen, sie können jedoch zusätzlich auch den Ofen abstellen.

Zur Bestimmung der gewünschten Endfeuchtegehalte (Lagerfähigkeit) werden Schnellfeuchtemesser benötigt. Aufgrund der Feuchtegehaltsschichtung in manchen Trocknern ist auf das Ziehen einer Durchschnittsprobe zu achten.

Bei gut ausgelasteten Durchlauf Trocknern lohnen sich arbeitssparende Endfeuchtereuler, die zwischen 2500 und 8000 DM kosten.

Der **Kostenvergleich** der Trocknungsverfahren (Tabelle 90) zeigt, daß Satz Trockner in allen gezeigten Leistungsbereichen kostengünstiger liegen. Ab 30 dt/h sind die Unterschiede nur noch gering, sie können standortbedingt in der Praxis bis zu 30% von den Tabellenwerten abweichen. Durchlauf Trockner sind erst über 30 dt/h Durchsatzleistung dem Satz Trockner vorzuziehen.

Planungsdaten zur Dimensionierung von Trocknungsanlagen – Beim Bestimmen der notwendigen Trocknerleistung geht man von einer über die Anbaufläche und den ortsüblichen Ertrag errechenbaren

Getreidemenge aus, die im Durchschnitt der Jahre zur Trocknung ansteht. Diese Feuchtgutmenge wird durch die verfügbaren Trocknungsstunden, die sich aus den möglichen Trocknungstagen und Trocknungsstunden pro Tag ergeben, geteilt; somit erhält man die theoretisch notwendige Trockner-Nennleistung.

Außerdem kann man nur von einer den Leistungsengpaß bildenden Frucht ausgehen. Die Abb. 216 zeigt ein Schema, aus welchem die nötige Nennleistung des Trockners bei verschiedener Zahl von Trocknungstagen (eingezeichnete Linien) und Erntegutmengen (Senkrechte) auf der Waagerechten

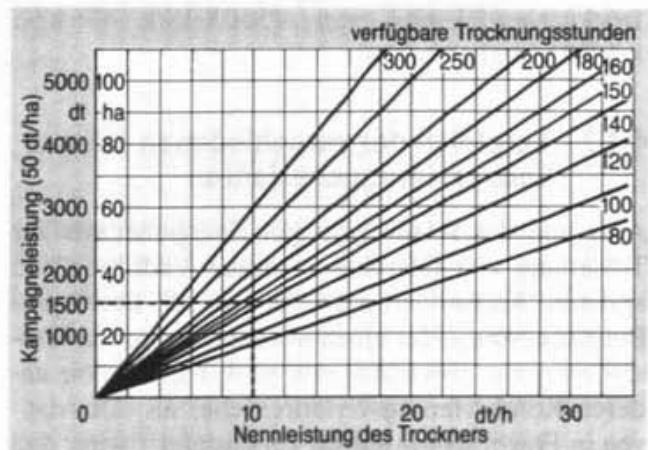


Abb. 216 Schema zur Bestimmung der Trockner-Nennleistung.

Tabelle 90 Anlagenpreis, Kapitalkosten, Gesamtkosten (Trockner nur für Getreide).

Trocknersystem (Beispiele je eine Bauart aus industrieller Fertigung)	angebotener Leistungsbereich	Anlagenpreis einschließlich Einbau in DM (Kapitalkosten je nach Auslastung, Leistung, Fläche)			Gesamtkosten DM/dt Kapitalkosten + Arbeitskosten + Energiekosten + sonstige Kosten		
		bei Trocknerleistung in dt/h					
		5	10	30	5	10	30
		bei 150 h/a entsprechend Trocknungsfläche in ha					
	dt/h	15	30	90	15	30	90
Flachsatz Trockner	5– 30	12 000 (2,24)	18 000 (1,68)	44 000 (1,37)	4,19	3,03	2,32
Silosatz Trockner	5– 40	13 000 (2,42)	18 000 (1,68)	48 000 (1,49)	4,37	3,03	2,44
Umlauf Trockner	20– 40	–	28 000 (2,61)	50 000 (1,55)	–	3,96	2,50
Schachtdurchlauf Trockner	5–200	20 000 (3,73)	30 000 (2,80)	50 000 (1,56)	5,68	4,15	2,51
Arbeitskosten 50% anrechenbare Zeit (= 6 DM/h)		1,20	0,60	0,20			
Energiekosten		0,60	0,60	0,60			
sonstige Kosten		0,15	0,15	0,15			

unten abgelesen werden kann (gilt für Feuchtgut und für Trockengut).

Berechnungsbeispiel: Gesucht ist die Trocknernennleistung, wenn Getreide von 30 ha Fläche und einem Ertrag von 50 dt/ha getrocknet werden soll. Bei unterstellten 150 Trocknungsstunden ist eine Trocknernennleistung von 10 dt/h erforderlich.

Die so ermittelte Trocknernennleistung gibt die notwendige Trocknerheizleistung vor, wenn das Getreide von 20 auf 14% Feuchte getrocknet werden soll. Bei der Trocknung von 10 dt Getreide sind stündlich 75 kg Wasser ($10 \times 7,5$ kg/dt Trockengut laut Tabelle 88, Seite 187) zu verdunsten. Aus dem hierfür erforderlichen spezifischen Wärmeaufwand wird die Trocknerheizleistung von 450 000 kJ/h (75 kg/h $\times 6000$ kJ/kg) errechnet.

4.4.7 Vergleich der verschiedenen Körnerkonservierungsverfahren

Aufgrund des relativ geringen Energiebedarfs zur Trocknung von Getreide ist dieses Verfahren den anderen Konservierungsverfahren oft überlegen. Bei Körnermais, der einen wesentlich höheren Wasserentzug zur Trocknung erfordert, kommen die anderen Konservierungsverfahren eher als Alternativen in Frage, wobei jedoch vorausgesetzt wird, daß das Gut innerbetrieblich in der Viehhaltung verwertet wird. Andernfalls muß getrocknet werden, um Verkaufsware zu erzielen.

Ein **Vergleich** ist nur über die Kosten der Konservierungsverfahren möglich. Um einen gerechten Vergleich anzustellen, müssen die Kosten bis zur Aufbereitung des Gutes für die Fütterung herangezogen werden. In der nachfolgenden Tabelle 91 sind die Kostenspannen der einzelnen Verfahren in Spalte 2 zusammengestellt. Spalte 3 gibt den unterstellten Leistungsbereich an, in dem die Anlagen im allgemeinen arbeiten. Spalte 4 zeigt die Mindestmaisfläche, ab der sich die Eigenmechanisierung auf einem Betrieb für die einzelnen Konservierungsverfahren zu lohnen beginnt.

Die starke Kostenüberlappung zeigt, daß letztlich

die örtlichen Bedingungen des Betriebs über die relative Vorzüglichkeit eines Verfahrens den Ausschlag geben.

4.5 Lagern von trockenen Körnerfrüchten

4.5.1 Vorzüge einer hofeigenen Lagerung

Bei innerbetrieblichem Verwerten von Körnerfrüchten ist das hofeigene Lagern unumgänglich; beim Erzeugen von Verkaufsware besteht die Möglichkeit, die Ernteprodukte direkt vom Feld an ein Lagerhaus zu verkaufen. Das hofeigene Lagern kann jedoch, wenn kostengünstig durchführbar, einen zusätzlichen Gewinn für den Landwirt liefern, z. B. durch Vermeiden von Wartezeiten am Lagerhaus, günstigen Verkaufszeitpunkt und höheren Preis.

4.5.2 Systemübersicht

Nur noch in Saatzucht- und Saatgutvermehrungsbetrieben wird die Sacklagerung angewendet. Säcke werden auf Speicherböden nebeneinander gestellt oder auf massivem Untergrund übereinander gestapelt. Loses Getreide kann in Flach- oder Hochbehältern gelagert werden (Abb. 217 und 218).

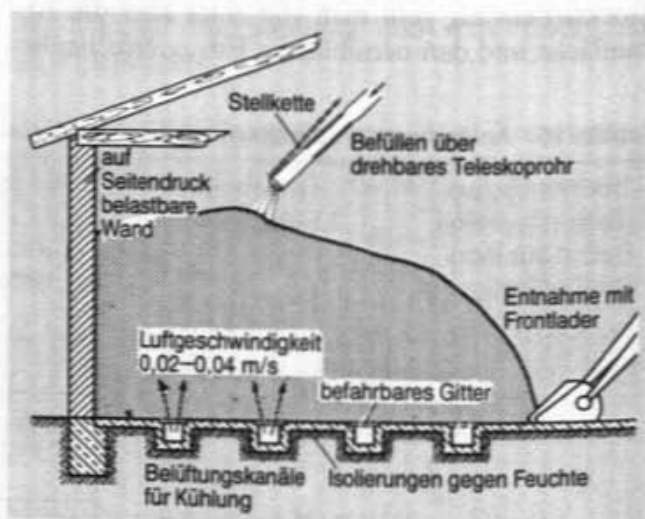


Abb. 217 Erdlastiges Flachlager für Getreide.

Tabelle 91 Kostenvergleich verschiedener Körnermaiskonservierungsverfahren.

Konservierungsverfahren	Kostenspanne DM/dt Trockengut	Leistungsbereich dt/h (Trockengut)	Mindest-Maisfläche ha
1	2	3	4
Silieren	6-11	20-40	5
Propionsäure	6-10	150-300	5
gasdichte Behälter	8-12	20-300	20
Trocknung	5-14	5-20	10

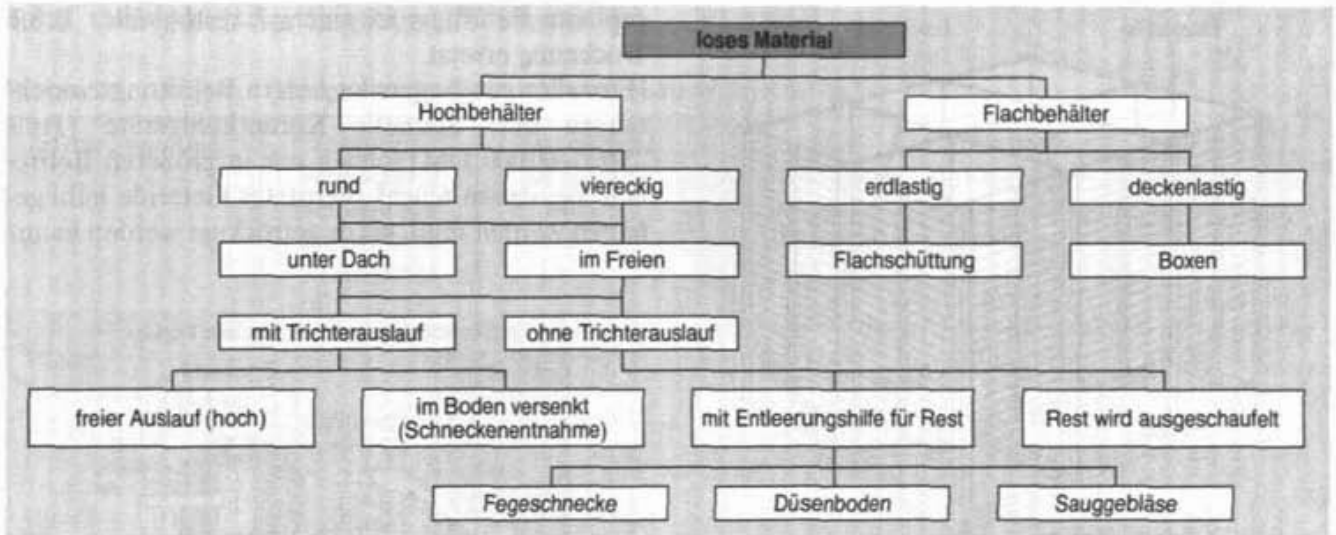


Abb. 218 Übersicht über die verschiedenen Getreide-Lagerungssysteme.

4.5.3 Technischer Aufbau, Wertung und Kosten der verschiedenen Lagerbehälter

Erdlastige Lagerung – Der Untergrund muß gegen Feuchtedurchtritt isoliert sein. Die Seitenwände sind nach statischen Gesichtspunkten auszulegen. Lagerhöhen bis 8 m sind üblich. Da ein Umlagern sehr schwierig ist, müssen Belüftungskanäle eingebaut werden (Ersatz für Umlagern). Das Befüllen kann erfolgen durch direktes Abkippen in ein versetzbares Förderband, Frontlader, eingebaute Fördersysteme. Zum Entleeren dienen Frontlader und Sauggebläse.

Vorteil: Bei Neubau billig herzustellen, wenn genügend Grundfläche vorhanden ist; beim Umbau günstig, wenn geeignete Bausubstanz zur Verfügung steht.

Nachteil: Chargentrennung schwierig, mehr Arbeitsaufwand als bei Hochbehältern.

Deckenlastiges Lagern – Auf gut erhaltenen Speicherböden lassen sich Lagerboxen einrichten. Ein Statiker sollte die zulässigen Schütthöhen bestimmen. Selten sind Schütthöhen von über 1 m möglich. Befüllen: Höhenförderer, Horizontalförderer, schwenkbare Teleskoprohre. Entleeren: Schächte, Fegeschnecken, Sauggebläse.

Vorteil: Bei Umbau kostengünstig.

Nachteil: Hoher Arbeitsaufwand.

Lagern in Hochbehältern – Der Bau von Getreidesilos ist genehmigungspflichtig. Der Baubehörde muß eine Statik vorgelegt werden. Hochbehälter können in viereckiger, vieleckiger und runder Form gebaut

werden. Meist werden Getreidesilos in Gebäude eingebaut. Es besteht die Möglichkeit, sie mit entsprechender Bedachung im Freien aufzustellen.

Viereckbehälter: Im Verband stehende Viereckbehälter haben den geringsten Grundflächenbedarf aller Bauformen. Auf teure Auslauftrichter kann in der Landwirtschaft verzichtet werden, wenn das Entleeren nur einmal im Jahr erfolgt. Als Baumaterial dienen Holz, Metall und gelegentlich Beton.

Vorteil: Selbstbau möglich, geringer Grundflächenbedarf, weniger Arbeitsbelastung als bei Flachlagerung.

Nachteil: Eingelagertes Gut muß regelmäßig auf Erwärmung geprüft werden.

Rundbehälter: Bei Einzelaufstellung sind Rundbehälter kostengünstiger als Vierecksilos. Als Baumaterial kommen Holz, Metall, Beton und Kunststoff in Frage. Holzsilos aus Nut- und Federbrettern mit Eisenstärkungen sind sehr kostengünstig. Wellblechsilos lassen sich in Selbsthilfe montieren. Sie werden bereits mit Statik vom Hersteller ausgeliefert. Hochgestellte Silos mit freiem Trichterauslauf sind wesentlich teurer als ebenerdig aufgesetzte Behälter. Als Entleerungshilfe sind Trichter möglich.

Vorteil: Einfache Montage, Selbstbau möglich. Beim Aufstellen im Freien werden passende Dächer vom Hersteller mitgeliefert.

Nachteil: Höherer Grundflächenbedarf als bei Vierecksilos.

Preis: Preise sinken mit zunehmendem Durchmesser. Ohne Trichterauslauf und ohne Dach 25–105 DM/m³; Trichterausläufe verteuern den Lagerraumpreis um 25–35 DM/m³.

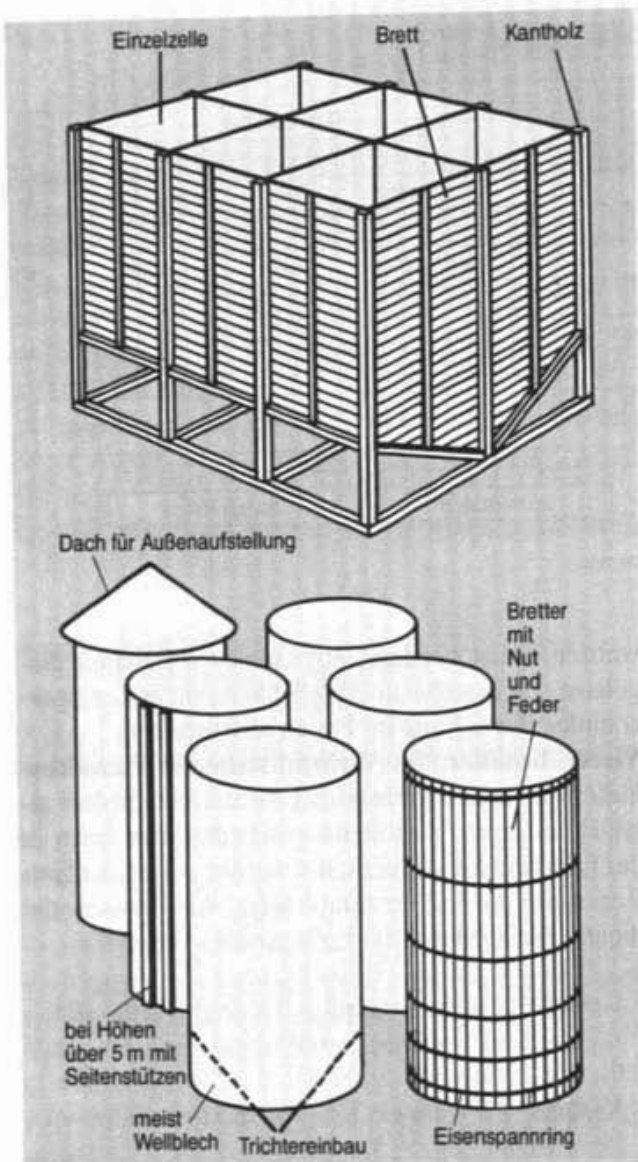


Abb. 219 Oben: Viereck-Silobatterie mit Trichterauslauf; unten: Rundsilobatterie.

4.5.4 Belüftungseinrichtungen

Getreidelagerbehälter sollten grundsätzlich Belüftungseinrichtungen enthalten, um die Lagerung sicherer zu gestalten. Schon bald nach der Einlagerung läßt sich Getreide mit kalter Nachtluft um 5–10 K abkühlen. Die Verluste bei der Lagerung lassen sich dadurch mit wenig Aufwand stark senken. Die notwendigen Luftraten liegen wesentlich unter denen, die für das Trocknen verlangt werden. In der Dimensionierung geht man von 0,02–0,05 m/s Luftgeschwindigkeit – bezogen auf den freien Behälterquerschnitt – aus.

Beispiel: Grundfläche des Hochbehälters 10 m²; nötige Gebläseleistung: 10 m² × 0,02–0,05 m/s = 0,2–0,5 m³/s oder 720–1800 m³/h; ein Körnergebläse mit 1500 m³/h genügt zur Belüftung.

Hier sei darauf hingewiesen, daß die zur Kühlung

geplante Belüftung in einem Lagerbehälter keine Trocknung ersetzt.

Hersteller von Lagersilos liefern Belüftungseinrichtungen mit. Spezielle Körnerkühlgeräte (Preis 25 000–60 000 DM) lohnen nur in größeren Betrieben, bei denen feucht gererntetes Getreide kühl gehalten werden muß, bis es getrocknet werden kann.

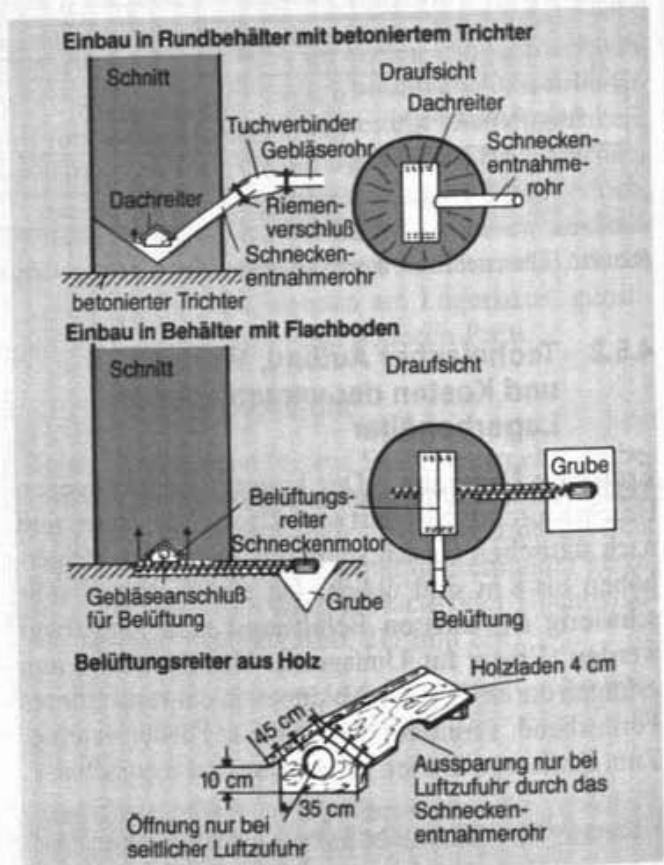


Abb. 220 Bau- und Einbauanleitung für Belüftungsreiter zur Getreidekühlung.

4.5.5 Lagerungstechnik

Vor dem Einlagern in Silozellen ist auf den Feuchtegehalt des Gutes sorgfältig zu achten. Überschreitungen führen sehr schnell zum Verderb der gesamten Charge. Der Verderb des Gutes zeigt sich durch *Temperaturerhöhung* an. Zur Kontrolle sollen regelmäßig, insbesondere zu Lagerungsbeginn, Temperaturmessungen durchgeführt werden.

Braugerste und *Saatgut* stellen besonders hohe Anforderungen an die Pflege des Lagergutes. Werden diese Früchte in Silozellen gelagert, dann muß man monatlich umlaufen lassen oder belüften. Auf tierische Lagerschädlinge ist zu achten. Bei Bedarf kann man durch Begasen oder Kühlen Abhilfe schaffen. Insbesondere Holzsilos sind nach jeder Kampagne sorgfältig zu reinigen, denn in diesem Baumaterial können sich Schädlinge besonders leicht festsetzen.

4.5.6 Vergleich der Lagerungssysteme

Tabelle 92 Vergleich der Lagerungssysteme (ohne Gebäudebewertung).

Art der Lagerung	Fassungsvermögen je Behälter (gebräuchliche Auslegung)		Baumaterial für Seitenwände	Arbeitsaufwand bei Füllen und Entleeren	Preis ohne Auslaufrichter und ohne Bauhülle	jährliche Kapitalkosten für Behälter
	m ³	t				
Boxen (deckenlastig)	20	15	Holz	hoch	12–24	0,14–0,28
Boxen (erdlastig)	20–250	15–200	Holz	mittel	18–36	0,22–0,44
Rundsilo unter Dach	5–250	4–200	Blech, Holz, (Beton)	gering	30–60	0,36–0,72
Rundsilo im Freien	15–200	11–150	Blech, Beton (Holz)	gering	48–96	0,58–1,16
Vierecksilo unter Dach	15–120	11–100	Holz	gering	36–72	0,43–0,86

¹⁾ Abschreibung auf 20 Jahre und 8% Zinsansatz vom halben Neuwert; Schüttgewicht 7,5 dt/m³; einmalige Nutzung der Behälter pro Jahr.

Die Kapitalkosten schwanken zwar innerhalb der Lagerungssysteme erheblich, stellen jedoch insgesamt einen geringen Kostenfaktor dar. Die Billiglagereysteme führen unter Umständen zu erheblichen Arbeitskosten, welche die Kapitalkosteneinsparung wieder aufzehren.

4.5.7 Planungsdaten

Von den Anbauflächen der einzelnen Fruchtarten ausgehend errechnet man über den durchschnittlich zu erwartenden Ertrag das nötige Lagervolumen (Tabelle 93).

4.6 Getreideförderung

4.6.1 Anforderungen an die Technik

Das vom Feld kommende Getreide durchläuft auf dem Hof verschiedene Bearbeitungsstationen wie

Vorreiniger, Trockner, Saatgutbereiter, Durchlaufwaage bis hin zum Silobehälter. Die Art und Zahl der Arbeitsstationen ergibt sich aus der Verwertungsrichtung und dem Grad der eigenbetrieblichen Getreideaufbereitung

Zur Förderung des Getreides zwischen den Arbeitsstationen, zum Transportfahrzeug oder zum Lagerbehälter sind technische Fördergeräte notwendig, soweit das Gut nicht über die sehr kostengünstigen Ablaufrohre an tiefer gelegene Stationen gelangt. Zur Höhen- und Waagrechtförderung gibt es eine große Zahl verschiedener Geräte. Bei der **Auswahl** sind folgende Kriterien zu beachten:

- ▶ Förderleistung,
- ▶ Förderhöhe und Förderrichtung,
- ▶ zulässige mechanische Belastung des Gutes,
- ▶ notwendiger Leistungsbedarf zum Antrieb,
- ▶ Staubentwicklung,
- ▶ mögliche Geräteauslastung,
- ▶ Kosten.

Tabelle 93 Grunddaten zur Berechnung des Lagerraumbedarfs von Getreide.

Getreideart	Gerste	Weizen	Mais	Roggen	Hafer
Schüttgewicht dt/m ³	6,4	7,3	7,7	7,6	4,8
Ertrag dt/ha	Siloraumbedarf je ha Anbaufläche in m ³				
30	4,7	4,1	4,2	4,0	6,3
40	6,3	5,5	5,6	5,3	8,3
50	7,8	6,9	7,0	6,6	10,4
60	9,4	8,2	8,3	7,9	12,5

4.6.2 Bauartenübersicht

Die Fördererlemente lassen sich nach der Funktion in pneumatisch und mechanisch arbeitende Geräte gliedern. Je nach Förderrichtung wird bei mechanischen Geräten unterteilt in Steilförderer bis Waagrechtförderer (Abb. 221).

4.6.3 Technische Beschreibung der Fördergeräte

Pneumatische Förderung – Das Prinzip der pneumatischen Förderung beruht darauf, daß Luft mit hoher Geschwindigkeit (ca. 80 km/h) das Getreide in Rohrleitungen mitreißt. Die nötige Luftmenge wird über Radialgebläse in die Förderleitung gedrückt (Druckgebläse) oder aus der Förderleitung gesaugt (Sauggebläse). Wird die Luft teilweise durch Förderrohre gesaugt und vom gleichen Gebläse anschließend in eine weitere Förderleitung gedrückt, dann spricht man von einem Saugdruckgebläse.

Druckgebläse – Ein Radialgebläse, das gegen Drücke bis 80 mbar arbeiten kann, saugt axial Luft an und drückt diese in ein radial angeordnetes Gebläserohr (Abb. 222). Das Einspeisen des Getreides kann entweder über eine Injektorschleuse (billig, aber höherer Leistungsbedarf) oder über eine Zellenradlschleuse (teuer, aber geringerer Leistungsbedarf) erfolgen.

Druckgebläse werden mit Rohrdurchmessern von 125–250 mm angeboten.

Vorteile: Sortenreine Förderung, versetzbar, große Förderweiten, mehrere Abgabestationen durch Umschalter oder durch Umsetzen der Rohre möglich, beliebige Förderrichtung, kostengünstig.

Nachteile: Hoher Leistungsbedarf zum Antrieb bei relativ geringer Förderleistung (schlechter Wirkungsgrad), Staubeentwicklung.

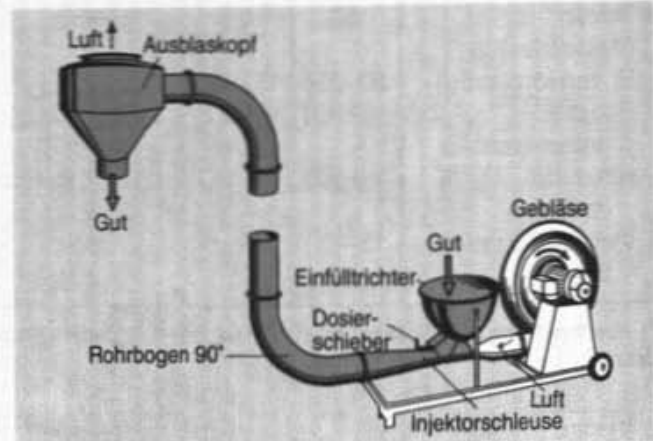


Abb. 222 Druckgebläse.

Sauggebläse – Nur noch selten benutzter Gebläsetyp.

Saug-Druckgebläse – Das Saug-Druckgebläse nutzt die Saug- und Druckseite zur Förderung des Getreides (Abb. 223). Über eine Saugleitung gelangt das Gut in den Zyklon; dort werden Förderluft und Fördergut voneinander getrennt. Die Förderluft wird

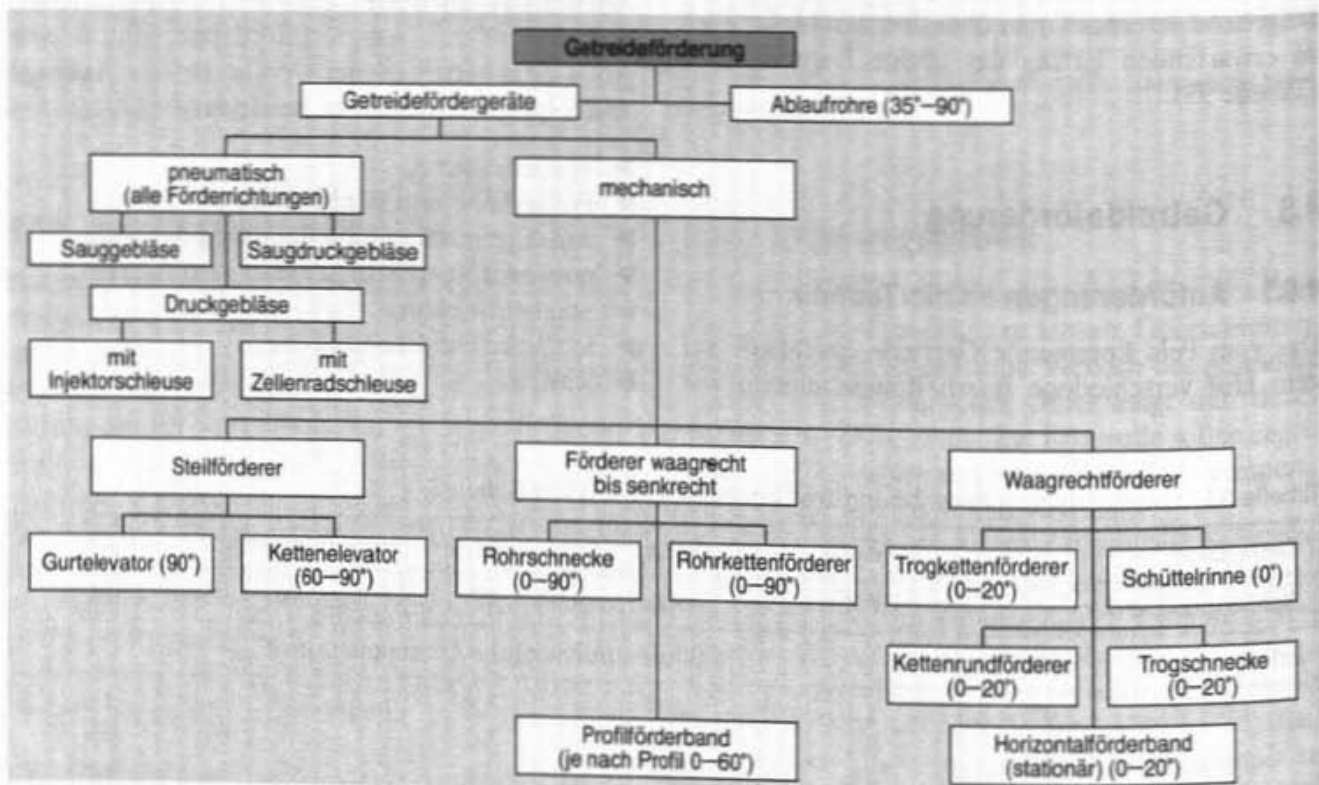


Abb. 221 Verfahren der Getreideförderung und Bauartenübersicht.

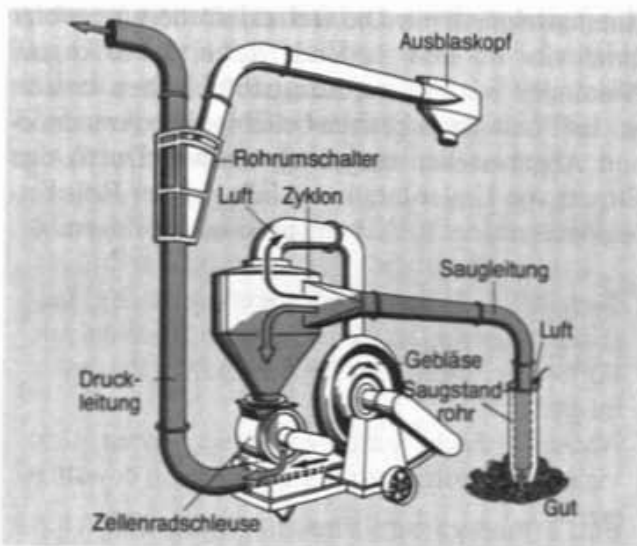


Abb. 223 Saug-Druck-Gebläse.

vom Gebläseläufer angesaugt und in die Druckleitung geblasen. Das im Zyklon über eine Zellenrad-schleuse abgetrennte Gut wird in die Druckleitung eingespeist. Zwischen Saug- und Druckleitung können je nach Bauart mehr oder weniger viele Arbeitsstationen eingeschaltet werden. Meist setzt man eine pneumatische Reinigung und eventuell noch eine Durchlaufwaage dazwischen. Das Abscheiden des Fördergutes erfolgt hinter der Druckleitung über einen weiteren Zyklon (Ausblaskopf).

Vorteile: Sortenrein, verschiedene Annahme- und Abgabestellen unterschiedlicher Höhe möglich; für mehrere Annahme- und Abgabestellen umschaltbar oder versetzbar; große Förderweiten; beliebige Förderrichtung.

Nachteile: Hoher Leistungsbedarf, auf die Förderleistung bezogen hoher Anschaffungspreis.

Mechanische Fördergeräte – Die wichtigsten Bauarten sind:

Schnecken: Im allgemeinen laufen Förderschnecken in Rohren, sie können aber auch für den waagrechten Transport in offenen Trögen (aus Holz oder Metall) laufen (Abb. 224). Die Rohrschnecken erlauben beliebige Förderrichtungen. Die Rohrdurchmesser bewegen sich zwischen 90 und 240 mm. Es sind in der landwirtschaftlichen Praxis Längen von 3–9 m üblich. Die Förderleistung der Schnecken geht beim Übergang vom waagrechten zum senkrechten Transport vom Verhältnis 4:1 bis 2:1 (je nach Bauart) zurück. Die mechanische Belastung des Fördergutes ist bei Schnecken erheblich höher als bei Elevatoren oder Rohrkettenförderern.

Die Schnecken lassen sich auf Fahrgestelle setzen. Sie können an der Annahmeseite mit verschiedenen Elementen versehen werden wie beispielsweise

Schutzkorb, Annahmetrichter, Einlaufregulierung, Flansch für vorauslaufende Schnecke. In der Regel sitzt der Motor am oberen Ende der Förderschnecke, also kurz hinter dem Auslauf.

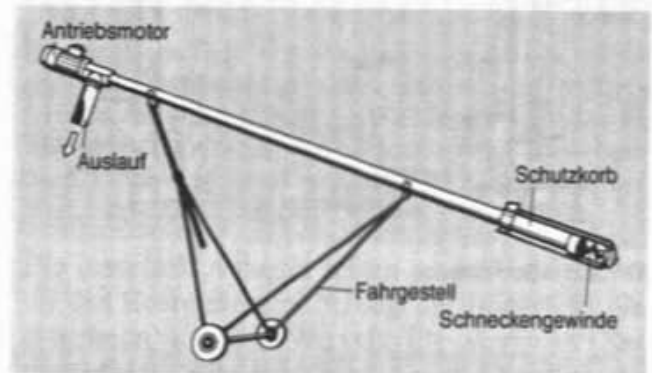


Abb. 224 Schnecke.

Vorteile: Geringer Anschaffungspreis, versetzbar, beim Befüllen und Entleeren von Lagerbehältern einsetzbar.

Nachteile: Mechanische Belastung des Fördergutes, nicht sortenrein (Reinigung durch Rückwärtslauf); begrenzte Förderlänge.

Förderband: Dieses Fördergerät wird in stationärer und versetzbarer Form ausgeführt. Bei Normalprofil des Gurtes kann nur bis 30° Förderwinkel gearbeitet werden. Extrem hohe Profile (Flexowellband) erlauben Anstellwinkel von 60°. Durch polumschaltbare Motoren sind zwei Förderrichtungen möglich.

Vorteile: Sortenrein, hoher Wirkungsgrad, keine Forderung an die Rieselfähigkeit des Gutes, für verschiedene Produkte geeignet, schonende Behandlung des Gutes, hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf.

Nachteile: Großer technischer Aufwand, hoher Anschaffungspreis.

Gurtelelevator: Der Gurtelelevator besteht im wesentlichen aus folgenden Teilen (Abb. 225, Seite 198):

- ▶ Gehäuse (mit Gehäusefuß, Gehäusekopf und zwei Steigrohren),
- ▶ Antriebsmotor,
- ▶ Gurte mit aufgesetzten Bechern,
- ▶ Riemenscheiben, auf denen die Gurte laufen.

Das Gehäuse wird entweder in Holz oder Blech ausgeführt. Bei größeren Anlagen werden zwei Gurte nebeneinander angeordnet, die durch eine Zwischenwand voneinander getrennt von einem Motor angetrieben werden (Doppelevator).

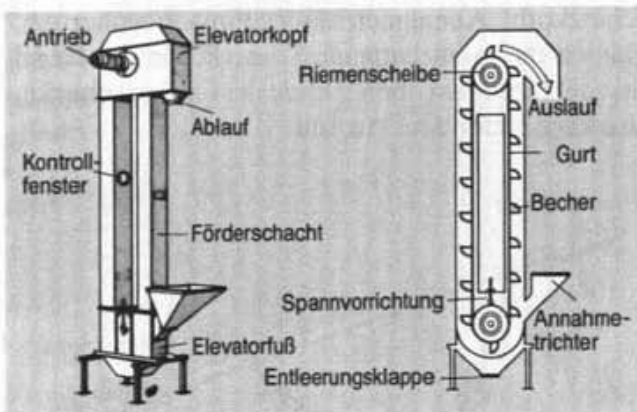


Abb. 225 Gurtelevator.

Vorteile: Geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung; schonende Förderung; hohe Förderleistung auch bei schlecht rieselfähigem Gut.
Nachteile: Nur Senkrechtförderung; nicht sortenrein; teuer.

Kettenelevator: Gummi-Mitnehmerscheiben sind an einer Rollenkette montiert, die über Kettenräder läuft (Abb. 226). Der sonstige Aufbau entspricht dem des Gurtelevators. Die Mitnehmer sind flach und streifen am Gehäuse. Im Gegensatz zum Gurtelevator kann der Kettenelevator auch schräg fördern. Anstelle von Einschüttrichtern können am unteren Kettenrad Zuführschnecken mit Einschüttrinnen ein- oder beidseitig angebaut werden.

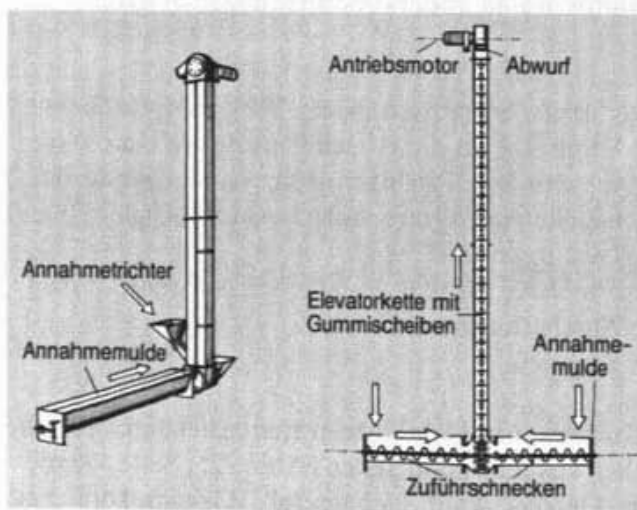


Abb. 226 Kettenelevator.

Vorteile: Geringer Leistungsbedarf; schonende Förderung; hohe Förderleistung; Möglichkeit der seitlichen Zuführung durch Schnecken. Billiger als Gurtelevator.
Nachteile: Nicht sortenrein.

Rohrkettenträger: Die Getreideförderung erfolgt durch eine im Rohr laufende Kette, die in kurzen Abständen mit runden Kunststoffscheiben besetzt ist. Im Förderkreis können beliebig viele Annahme- und Abgabestellen eingebaut werden. Durch den Einsatz von Umlenkstationen läßt sich der Rohrkettenträger dem Bedarf entsprechend verlegen.

Vorteile: Beliebige Förderrichtung; hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf; schonende Förderung; viele Annahme- und Abgabestellen möglich.

Nachteile: Nicht sortenrein; teuer, wenn nicht viele Förderaufgaben mit einem System bewältigt werden.

Trogkettenträger: Dieses Gerät besteht aus einer Metallrinne mit zwei Umlenkstationen für eine Kette, an der Mitnehmer befestigt sind, die auf dem Boden der Rinne entlangstreifen. Verschiedene Annahme- und Abgabestationen auf einer Linie sind möglich.

Vorteile: Hohe Leistung, sehr geeignet für Annahmegruben, geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung, bei entsprechenden Einbauten sortenrein.

Nachteile: Hoher Anschaffungspreis, nur stationärer Einbau, Förderneigung bis 20°.

Kettenrundförderer (Ringkreisförderer): Kettenrundförderer bestehen aus muldenförmigen Trögen, an welche Umlenkstationen angebaut werden. In den Mulden laufen Kunststoffscheiben, die nach oben an einer Rollenkette befestigt sind. Die Rollenachse steht senkrecht. Die Rollenkette wird in einem nach unten offenen U-Profil geführt. Eine Annahmemulde läßt sich in das Fördersystem einbauen. Mit dem Kettenrundförderer kann das Gut an verschiedenen Stellen aufgenommen und abgegeben werden.

Vorteile: Verschiedene Annahmestationen möglich; bedingt sortenrein (Zusatzgerät nötig); hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf. Annahmemulde kann ins System aufgenommen werden. Viele Annahme- und Abgabemöglichkeiten.

Nachteile: Hoher Preis, nur waagrechte Förderung.

Schüttelrinne (Schwingförderer): Eine Rinne aus Blech oder Holz oder für höhere Leistungen ein Rohr, ist an schrägen Lenkern befestigt und wird von einer Kurbelwelle in Schwingungen versetzt. Die

Anlagen werden im Baukastensystem hergestellt. Das Grundgerät hat eine Länge von 4,5–5,5 m. Daran lassen sich Verlängerungsstücke anbringen. Bei Förderwegen über 12 m werden gegenläufige Rinnen zum Schwingungsausgleich verwendet.

Vorteile: Preisgünstig, geringer Leistungsbedarf bei hoher Förderleistung, sortenrein.

Nachteile: Anwendung begrenzt, da Schwingungen zu Gebäudeschäden führen können. Nur Horizontalförderung möglich.

4.6.4 Günstige Anwendungsbereiche und vergleichende Wertung von Fördergeräten

Die günstigen Anwendungsbereiche der Horizontalförderer sind in Tabelle 94 und die der Steilförderer in Tabelle 95 (Seite 200) angegeben. Ein Vergleich

zur Wertung der Fördergeräte ist aus den Tabellen nur bedingt möglich, da die verschiedenen Bauarten Sondereigenschaften aufweisen, die im direkten Kostenvergleich nicht zum Ausdruck gebracht werden können.

Beispiel: Beim *Gebälse* ist die Steigerung der Förderlänge wesentlich kostengünstiger als bei allen anderen Förderelementen. Außerdem erlaubt das Gebälse die Änderung der Förderrichtung ohne großen Kostenaufwand. Bei Verwendung eines *Senkrechtförderers* muß in der Regel ein weiterer Waagrechtförderer eingesetzt werden.

Die einzelnen Anlagen zeigen große Unterschiede bei den Energiekosten. So liegt der Bedarf der Gebälse beim vielfachen Wert von Elevatoren und Kettenförderern. Die Energiekosten sind aber im Verhältnis zu den Kapitalkosten sehr gering, so daß letztlich bei der Geräteauswahl die Kapitalkosten zu berücksichtigen sind. Diese lassen sich nur gering halten, wenn eine ausreichende Anlagenauslastung erzielt wird, die mindestens 50 h/a betragen sollte.

Tabelle 94 Günstiger Einsatzbereich und Kostenvergleich für Waagrechtförderer.

Geräteart und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich	Leistungsbedarf für 10 m Förderlänge bei 20 t/h	Energiekosten (0,20 DM/kWh)	Preis	Kapitalkosten (50 h/a; 9% vom Neuwert) DM/t
	t/h	kW	DM/t	DM	
Trogsschnecke: Entnahme aus Annahmegruben und Silobehältern, Zuführung und Übernahme von Gut der Senkrechtförderer, wenn Sortenreinheit nicht gefordert, Entnahme und Beschickung von Silobatterien	15–50	2	0,02	2300–9500	0,41
Trogkettenförderer: Entnahme aus Annahmegruben; Anschluß an Steilförderer hoher Leistung; Entnahme und Beschickung von Silobatterien	15–80	1	0,01	3000–30 000	0,54
Kettenrundförderer: wie Trogsschnecke und Trogkettenförderer; zusätzliche Verbindung von Arbeitsstationen in weitläufigen Großanlagen; bei Forderung vieler Annahme- und Abgabestellen in einer Ebene	12–40	1,5	0,015	7000–16 000	1,26
Horizontalförderband (stationär): Befüllen von Silobatterien, wenn viele Abgabestellen in einer geraden Linie gefordert sind; bis 30 m Förderlänge	20–50	1,0	0,01	5000–12 000	0,90

Tabelle 95 Günstige Anwendungsbereiche und Kostenvergleich bei Höhenförderung.

Geräteart und günstiger Einsatzbereich	üblicher Leistungsbereich	Leistungsbedarf für 5 t/h über 10 m Förderhöhe	Energiekosten (0,20 DM/kWh)	Preis	Kapitalkosten (50 h/a, 9% vom Neuwert, bei 5 t/h) DM/t ¹⁾
	t/h	kW	DM/t	DM	
Druckgebläse: lange, verwinkelte Förderwege; verschiedene Abgabestationen; kurze Einsatzzeit; geringer Bedarf an Förderleistung	2–6	4	0,16	1600–4600	1,44
Saug-Druckgebläse: lange, verwinkelte Förderwege; verschiedene Annahme- und Abgabestationen	5–10	5	0,20	7000–17 000	2,52
Rohrschnecke: kurze Förderwege (bis 9 m); für verschiedene Förderzwecke (Befüllen und Entleeren von Lagerbehältern); verschiedene Förderrichtungen	10–20	1	0,04	1400–3400	0,25
Förderband: kurze Förderwege; versetzbare Geräte, wenn verschiedene Produktarten zu fördern sind; stationär für schwerfließende Güter oder bei empfindlichen Gütern	10–60	0,5	0,02	3400–11 500	0,61
Gurtelevator: größere Förderhöhen bei hohem Leistungsbedarf; schonende Gutsbehandlung	15–50	0,5	0,02	6000–23 000	1,08
Kettenelevator: für größere Förderhöhen bei Leistungsbedarf über 5 t/h; günstig, wenn mit angebauten Zuführschnecken Gut aus Annahmegrube entnommen wird; Schrägförderung gefordert	10–30	0,7	0,03	4000–9000	0,72
Rohrkettenträger: bei Neuanlagen mit Silobatterie, wenn Befüllung und Entnahme aller Stationen mit einem Förderkreis erreicht werden kann	6–12	0,7	0,03	5500–14 000	1,98

¹⁾ Bei geringerer Auslastung entsprechend höhere Kosten; bei 25 h/Jahr die doppelten Kapitalkosten als in rechter Spalte gezeigt. Kosten bei Förderband, Schnecken und Elevatoren wurden auf 10 t/h bezogen (Mindestleistung dieser Geräte liegt über dem Ansatz von 5 t/h). Bei Kapitalkosten 20 Jahre Nutzungsdauer unterstellt, also 5% jährliche Abschreibung; Zinsansatz beträgt jährlich 4% vom Neuwert.

4.7 Getreidereinigung und -sortierung

4.7.1 Anforderungen an die Technik

Das vom Mähdrescher kommende Körnergut ist in der Regel noch stark mit Fremdbesatz, Bruch- und Schmachtkorn behaftet. Je nach Verwertungsrichtung sind verschiedene Maßnahmen zur Reinigung und Sortierung notwendig, um die geforderte Qualität zu erzielen. Die Qualitätsanforderungen beziehen sich neben der Korngröße und Reinheit auf die Keimfähigkeit und das Hektolitergewicht. Für den Erzeuger von Verkaufsgetreide lohnt es sich im allgemeinen, eigene Geräte zur Reinigung und Sortierung anzuschaffen.

4.7.2 Reinigungsverfahren

Unterschiede in verschiedenen physikalischen Eigenschaften dienen dem Sortieren und Reinigen (Tabelle 96 und 97).

Tabelle 96 Trennungsmerkmale und Trennungselemente bei der Reinigung von Getreide.

Merkmal	Trennungselement
Korndicke	Langlochsieb
Kornbreite	Rundlochsieb
Kornlänge	Muldentrommel (Trieur)
Strömungswiderstand	Wind
Dichte	Fließbett
Oberfläche	Haftung von Magnetpulver – Magnetausleser; haftendes Tuch

4.7.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichen Bauarten

Der **pneumatische Kegelreiniger** (Saugreiniger) stellt die einfachste und billigste Reinigungsanlage dar (Abb. 227).

Das Getreide gelangt über ein Zulaufrohr in einen senkrecht nach oben gerichteten Luftstrom, der durch ein Radialgebläse mit angeflanschem Motor erzeugt wird. Unter dem Reinigungskegel sitzt in einem Abstand von ca. 10 cm eine Auffangmulde für das Getreide. Die Leichtteile werden in dem seitlich angeordneten Zyklon nach unten abgeschieden, nach oben entweicht die Luft. Über einen zwischen Zyklon und Gebläse sitzenden Verstellhebel läßt sich die Luftmenge regulieren. Ein weiterer Hebel über dem Reinigungskegel dient dem gleichmäßigen Verteilen des Getreides in den Luftstrom.

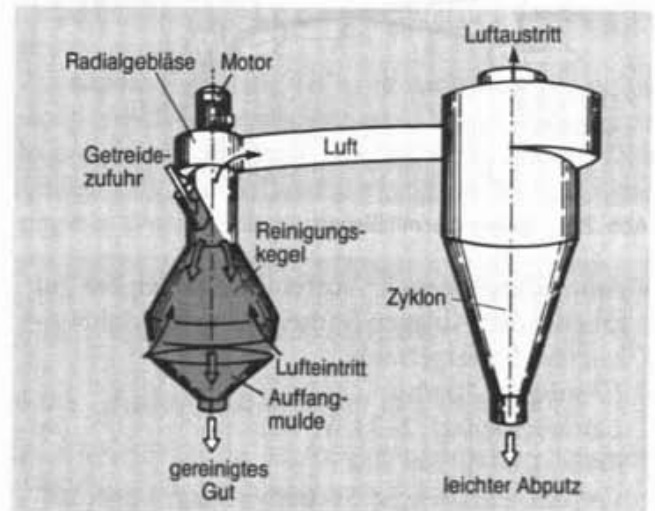


Abb. 227 Pneumatischer Kegelreiniger für Getreide.

Anwendungsbereich: Vorreinigung.

Leistung: 6–50 t/h.

Leistungsbedarf: 0,6–4 kW.

Preis: 2000–8000 DM.

Vorteile: Hohe Leistung bei geringem Preis.

Nachteile: Schlechter Reinigungseffekt, für Verkaufsware nicht ausreichend. Nur Leichtgutabtrennung.

Tabelle 97 Bauarten von Reinigungs- und Sortieranlagen.

Gutsart	Trennungsaufgabe	Maschinenbauarten
Futtergetreide	Beseitigen von Stroh und Spreu	Windfege (Siebvorreiniger) Zyklonreiniger
Saatgut und Braugerste	Trennen in verschiedene Größenklassen Trennen von Bruchkörnern und runden Unkrautsamen	Siebreiniger (mit Wechselsieben für verschiedene Fraktionen) Zellenausleser (Trieur)
Raps	Beseitigen von Leichtteilen Beseitigen von Leichtteilen Beseitigen von Fremdbesatz	Windreinigung, Steigsichter Windreiniger Siebreiniger, notfalls Magnetreiniger oder Drucklufttischausleser

Vorreiniger mit Wind- und Sortiersieben haben einen erheblich besseren Reinigungserfolg, da sie neben Leichtteilen auch Über- und Untergrößen abtrennen können (Abb. 228).

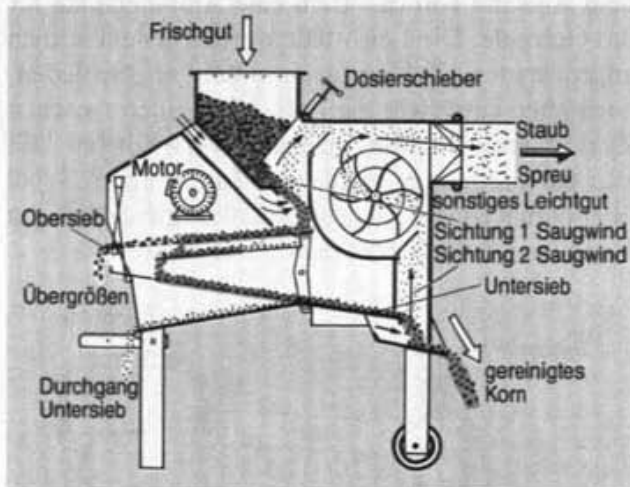


Abb. 228 Vorreiniger mit Sieben.

Anwendungsbereich: Vorreinigung oder bei gut arbeitenden Anlagen Endreinigung für Mahlweizen und Futtergetreide.

Leistung: 3–10 t/h.

Leistungsbedarf: 2–3 kW.

Preis: 4200–10 500 DM.

Vorteile: Zusätzliche Sortierwirkung; hohe Leistung bei tragbarem Preis.

Nachteil: Keine sichere Endreinigung für Braugerste und Saatgut.

Der Übergang vom einfachen Siebvorreiniger mit nur wenigen Wechselsieben bis zum **Siebvollreiniger** mit einem großen Siebsortiment vollzieht sich bei den verschiedenen Fabrikaten nahezu stufenlos, so daß ein exaktes Trennen zwischen Vor- und Vollreiniger nicht möglich ist. Zur Vollreinigung mit einer Sortierung nach Korngrößen sind Wechselsiebe nötig, die für das Untersieb alle 0,1–0,2 mm im Bereich von 1,8–2,5 mm Lochbreite gestuft sind. Der Aufbau ist dem Siebvorreiniger in Abb. 228 ähnlich.

Anwendungsbereich: Siebvollreiniger werden in erster Linie zur Braugerstensortierung und Saatgutaufbereitung verwendet.

Leistung: 5–20 t (bei Saatgutbereitung ca. 20–50% der Nennleistung).

Leistungsbedarf: 1,5–4 kW.

Preis: 8000–17 000 DM.

Vorteile: Nutzung als Vorreiniger mit hoher Leistung und zusätzliche Nutzung zur Endreinigung mit dem Verunreinigungsgrad entsprechend verringerter Leistung.

Nachteile: Kein Sortieren nach Kornlänge.

Anlagen zur Kornlängensortierung – Bisweilen ist es notwendig, bei der Saatgutbereitung Kurzkörner (Bruchkorn, runde Unkrautsamen) aus dem Getreide auszulesen. Diese Aufgabe übernehmen *Trieure*, die entweder als Spezialmaschinen an Siebvollreiniger angekoppelt werden oder aber im Saatgutbereiter eingebaut sind.

Saatgutbereiter – Der Saatgutbereiter besteht aus Vorratsbehälter, Obersieb, Untersieb, Steigsichter und Trieur (Abb. 229). Aus dem Vorratsbehälter gelangt das Gut auf das Obersieb, zu große Teile werden abgeschieden, kleinere Teile fallen auf das Untersieb. Untergrößen treten durch das Sieb und werden auf diese Weise abgesondert. Die gewünschten größeren Teile gelangen über die Windauslese (Steigsichter) in den Zellenausleser. Hier werden Rund- und Bruchkörner von den Langkörnern getrennt. Die einzelnen Fraktionen werden entweder direkt an der Anlage in Säcke abgefaßt oder aber in entsprechende Nachbehälter geleitet.

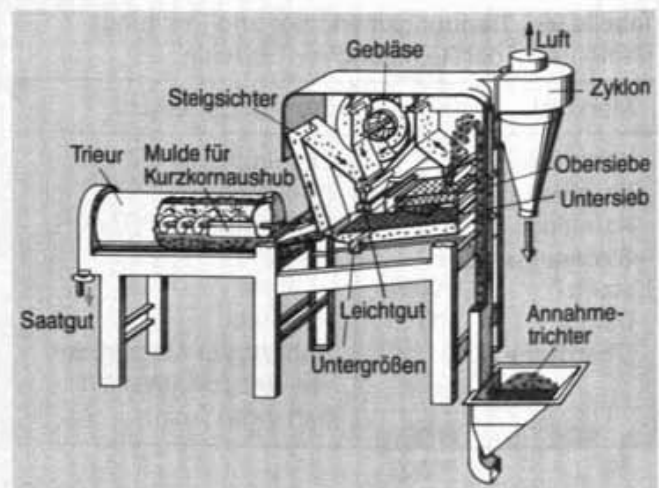


Abb. 229 Saatgutbereiter.

Anwendungsbereich: Saatgutvermehrung, Aufbereitung zu hochwertigem Verkaufsetreide.

Leistung: 1–5 t/h.

Leistungsbedarf: 4–11 kW.

Preis: 17 000–57 000 DM.

Vorteile: Kompaktmaschine, vollzieht alle Sortier- und Reinigungsaufgaben in einem Durchlauf.

Nachteile: Hoher Preis.

Für **Sondertrennungsaufgaben** gibt es Spezialmaschinen (Tabelle 98). Diese Sonderbauformen werden meist nur in Saatgutbetrieben und Lagerhäusern eingesetzt. Die Preise sind aufgrund der geringen Fertigungsstückzahlen hoch.

Tabelle 98 Spezialmaschinen für Sonder-Reinigungsaufgaben.

Trennungsaufgabe	Maschinenart
Trennen nach Struktur der Oberfläche	Magnetausleser, Schrägbandausleser, Wendelausleser
Abtrennen von Metallteilen	Magnetausleser, Drucklufttischausleser
Abtrennen von Steinen	Steinausleser, Drucklufttischausleser
Trennen nach spezifischem Gewicht	Tischausleser (Druckluft- und Schütteltisch)

4.7.4 Vergleich der verschiedenen Reiniger hinsichtlich Reinigungskosten

Die Kosten der Getreidereinigung setzen sich hauptsächlich aus *Kapitalkosten* und *Energiekosten* zusammen. *Arbeitskosten* treten nicht unbedingt auf, da Anlagen ohne Aufsicht mit automatischer Beschickung und Gutsabnahme laufen können. Wird dagegen bei Saatgutbereitern ständig abgesackt, so treten Arbeitskosten von ca. 10 DM/h auf. Hat der Saatgutbereiter eine Durchsatzleistung von 1 t/h, so wird die Tonne Getreide mit 10 DM Arbeitskosten belastet. In Tabelle 99 werden **Kapital- und Energiekosten** für verschiedene Reiniger aufgeführt. Bei den Kapitalkosten wurde unterstellt, daß eine Nutzungsdauer von 20 Jahren vorliegt und der Zinsansatz jährlich 4% vom Neuwert beträgt. Zur Errechnung der Energiekosten wurde ein Strompreis von 0,20 DM/kWh zugrundegelegt.

Die Kostenaufstellung zeigt, daß die Energiekosten

bei der Getreidereinigung nicht ins Gewicht fallen. Die Kapitalkosten liegen bei den Vorreinigern ebenfalls sehr niedrig. Diese geringen Kosten werden mit Sicherheit durch die Wertsteigerung des Verkaufsgetreides gedeckt.

Zur Saatgutbereitung fallen je nach Anlagenauslastung höhere Kapitalkosten an. Um diese gering zu halten, ist auf eine gute Auslastung zu achten. Das gelingt z. B. durch Beschränkung auf Anlagen geringerer Durchsatzleistung.

4.8 Beizen von Getreide

4.8.1 Anforderungen an die Technik

Zum Vernichten der am Saatgut haftenden pilzlichen Schädlinge und zum Schutz vor tierischen Schädlingen, die erst vom Boden aus auf das Saatgut einwirken, ist das Beizen notwendig. Je nach Schädlingsart

Tabelle 99 Kapital- und Energiekosten bei der Getreidereinigung.

Art des Reinigers	Neuwert DM	Leistung t/h	jährliche Einsatzzeit h	elektrischer Leistungs- bedarf kW	Kapital- kosten DM/t	Energie- kosten DM/t
Kegelreiniger	2 000	6	50	0,5	0,60	0,02
Siebvorreiniger	4 200	3,5	50	2,0	2,15	0,11
Siebvollreiniger	8 000	5	100	2,0	1,44	0,11
Saatgutbereiter	17 000	1	200	4,0	7,65	0,80
Drucklufttischausleser	25 000	1	200	4,0	11,25	0,80

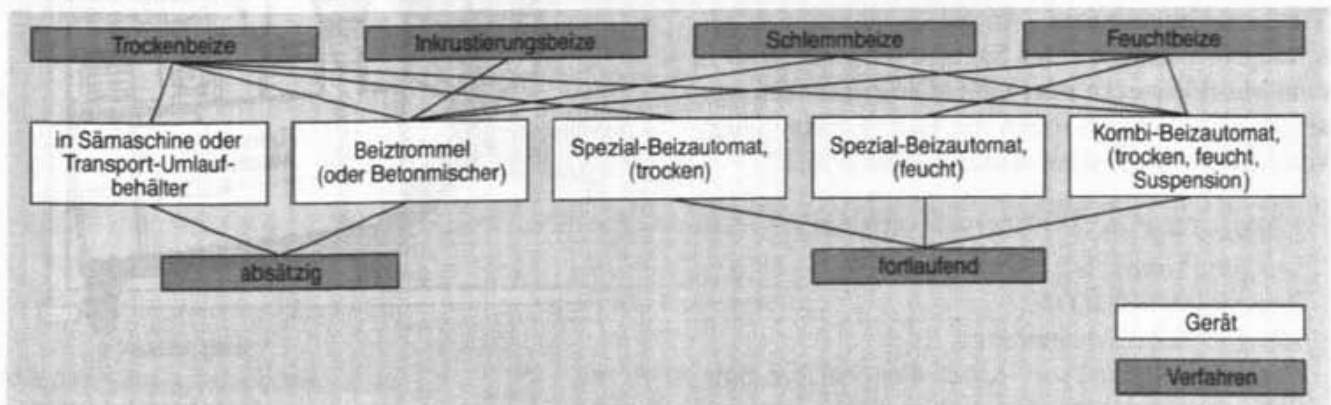


Abb. 230 Verfahren und Geräte zur Saatgutbeizung.

oder Krankheitserreger kommen unterschiedliche Beizmethoden zur Anwendung. Ein möglichst gleichmäßiges Vermischen von Beizmittel und Saatgetreide ist Voraussetzung für eine gute Wirkung.

4.8.2 Beizverfahren

Am weitesten verbreitet sind Trockenbeizmittel, die als Universalbeizmittel oder Spezialbeizmittel Anwendung finden. Für besondere Anwendungsfälle kommt die Inkrustierungsbeize und die Schlemmbeize in Frage. Die neuerdings sehr beliebte Feuchtbeizung hat den Vorteil, daß die Staubbelastigung beim Beizen und Nachfüllen der Sämaschine entfällt.

4.8.3 Technische Beschreibung und Wertung der gebräuchlichen Bauarten

Beizvorrichtung in Sämaschinen – Es sind nur die Vorrichtungen in Sämaschinen empfehlenswert, die ein gutes Vermischen und ein exaktes Dosieren ermöglichen.

Beiztrommeln – Beiztrommeln verfügen über ein Fassungsvermögen von 50–100 kg Saatgut. Sie werden von Hand oder mit Elektromotor angetrieben. Die Trommel dreht sich um ihre Längsachse, schaufelförmige Einbauten bewirken, daß sich das Getreide gut mit dem Beizmittel vermischt. Nach etwa 4–5 Minuten Laufzeit wird das gebeizte Gut entnommen. In Beiztrommeln ist auch das Inkrustierungsbeizen möglich. Das Saatgut wird zuerst mit einem Haftmittel versetzt (Magermilch oder Bier – 0,5 l auf 100 kg Saatgut). Nach 3 Minuten Laufzeit wird das Beizmittel (Inkrustierungsmittel) dazugemischt. Nach weiteren 3 Minuten kann das Gut entnommen werden.

Leistung: 0,5–1 t/h.

Leistungsbedarf: 0,5 kW.

Preis: 1000–1200 DM.

Vorteile: Sichere Dosierung; billig in der Anschaffung.

Nachteile: Staubbelastigung, geringe Leistung.

Trockenbeizautomaten – In einem bestimmten Mischungsverhältnis werden Saatgut und Beizpulver in eine Mischschnecke oder eine Mischtrommel eingespeist. Die Anlagen sollen mit einer Entstaubungsvorrichtung ausgerüstet sein.

Leistung: 1–8 t/h.

Leistungsbedarf: 1–3 kW.

Preis: 6000–18 000 DM.

Vorteile: Hohe Beizleistung.

Nachteile: Hoher Preis, daher wirtschaftlich nur in Vermehrungsbetrieben und Lagerhäusern.

Feuchtbeizautomaten – Wegen der starken Belastung der Arbeitskräfte durch staubige Beizmittel wurden Feuchtbeizmittel und geeignete Geräte entwickelt. In Sprühkammern wird einem genau dosierten Saatgutstrom das Beizmittel aufgespritzt. Es kommt darauf an, daß alle Körner über die ganze Oberfläche gleichmäßig besprüht werden. Spezielle Feuchtbeizgeräte kosten schon bei einer Leistung von 1 t/h über 8000 DM. Sie kommen daher hauptsächlich für den überbetrieblichen Einsatz in Frage.

Kombibeizautomaten – Die kombinierten Beizautomaten eignen sich sowohl für das Trockenbeizen als auch für das Feuchtbeizen. Da sowohl für das feuchte Beizmittel als auch für das Trockenbeizpulver getrennte Dosiervorrichtungen notwendig sind, liegen die Anschaffungspreise für diese Beizautomaten noch höher als bei den vorgenannten Geräten. Bei vielen kombinierten Beizautomaten gibt es auch noch die Möglichkeit, die »Slurry-Beize« durchzuführen. Hierbei wird eine Beizmittelsuspension mit dem Getreide vermischt. Der Mittelaufwand liegt bei 500 ml je 100 kg Saatgut. Abb. 231 zeigt einen kombinierten Beizautomaten.

Leistung: 1–20 t/h.

Leistungsbedarf: 1–4 kW.

Preis: 11 500–35 000 DM.

Vorteile: Hohe Leistung, keine Staubbelastigung für das Bedienungspersonal.

Nachteile: Hoher Anschaffungspreis.

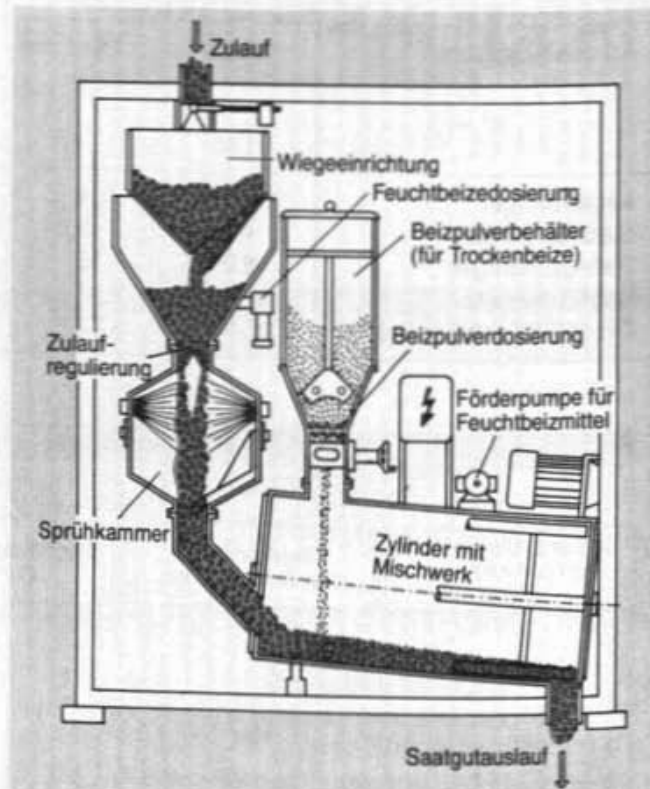


Abb. 231 Kombinierte Anlage für Feucht- und Trockenbeizung.

4.8.4 Verfahrensvergleich

Für die breite Landwirtschaft sind zum Beizen selbst nachgebauten Saatgutes Beiztrommeln und andere Einfachbeizgeräte ausreichend. Zukaufsaatgut sollte den Landwirten bereits in gebeizter Form verkauft werden. Leistungsfähige Beizautomaten gehören in Lagerhäuser und in Saatgutvermehrungsbetriebe.

4.9 Lagerungsanlagen

4.9.1 Anforderungen an die Technik

Unter Lagerungsanlagen wird die vollständige Einrichtung von der Annahmegrube bis zum Lagerbehälter verstanden. Je nach Verwertungsrichtung und Aufbereitung sind unterschiedlich viele Arbeitsstationen einzuplanen. Folgende Punkte sind bei der **Planung** zu beachten:

- ▶ Größe des Lagerraumes,
- ▶ Art des Lagerraumes,
- ▶ Behälterzahl,
- ▶ Festlegung der notwendigen Arbeitsstationen,
- ▶ Eignung verschiedener Bauarten von Arbeitsstationen,
- ▶ Anordnung der Baugruppen,
- ▶ Abstimmung der Leistung,
- ▶ Arbeitsablauf (Flußdiagramm),
- ▶ Wirtschaftlichkeit (Kontrollrechnung über Gesamtkosten in Abhängigkeit von Leistung).

4.9.2 Planungsgrundlagen

Behälterzahl – Größere Behälter sind – bezogen auf die Lagerraumeinheit – billiger. Die Mindestbehälter-

terzahl wird von der Chargenzahl bestimmt. Bauliche Begrenzungen, Notwendigkeiten aus dem Betriebsablauf und Vorteile möglichst gleicher Baueinheiten können zur Unterteilung größerer Chargen führen. Grundsätzlich sollten die Lagerbehälter mit Belüftungseinrichtungen versehen werden. Andernfalls muß ein Leerbehälter für die Umlagerung eingeplant werden.

Festlegen der notwendigen Arbeitsstationen – Bei der innerbetrieblichen Getreideverwertung, z. B. in der Schweinemast, kann Getreide ohne Bearbeitung eingelagert werden, soweit es trocken vom Feld kommt. Geringe Verunreinigungen stören den Futterwert nur unerheblich und beeinträchtigen die Lagersicherheit bei trocken geerntetem Gut nicht. Zur Saatgutbereitung ist eine Reinigungs- und Sortieranlage (Saatgutbereiter) notwendig. Die Durchlaufwaage soll zur Ertragskontrolle und zum Absacken bei der Saatguterzeugung eingesetzt werden.

Anordnen der Baugruppen – Die erforderlichen Arbeitsstationen müssen so durch Ablaufrohre oder Förderer verbunden werden, daß alle gewünschten Funktionsabläufe rechtzeitig ermöglicht werden. Das Getreideflußbild zeigt die verschiedenen Möglichkeiten für den Weg des Getreides vom Mähdrescher bis zum Lager (Abb. 232).

Abstimmen der Leistung – Bei der Leistungsabstimmung gilt es, zwischen den Vorzügen hoher Durchsatzleistung und den damit verbundenen Kosten für die einzelnen Geräte einen sinnvollen Kompromiß zu schließen. Damit Anlagen mit geringer Leistung den zügigen Ablauf der Ernte nicht behindern, muß das Erntegut an oder vor der Getreideannahmestelle **zwischenlagert** werden. Das läßt sich erreichen durch

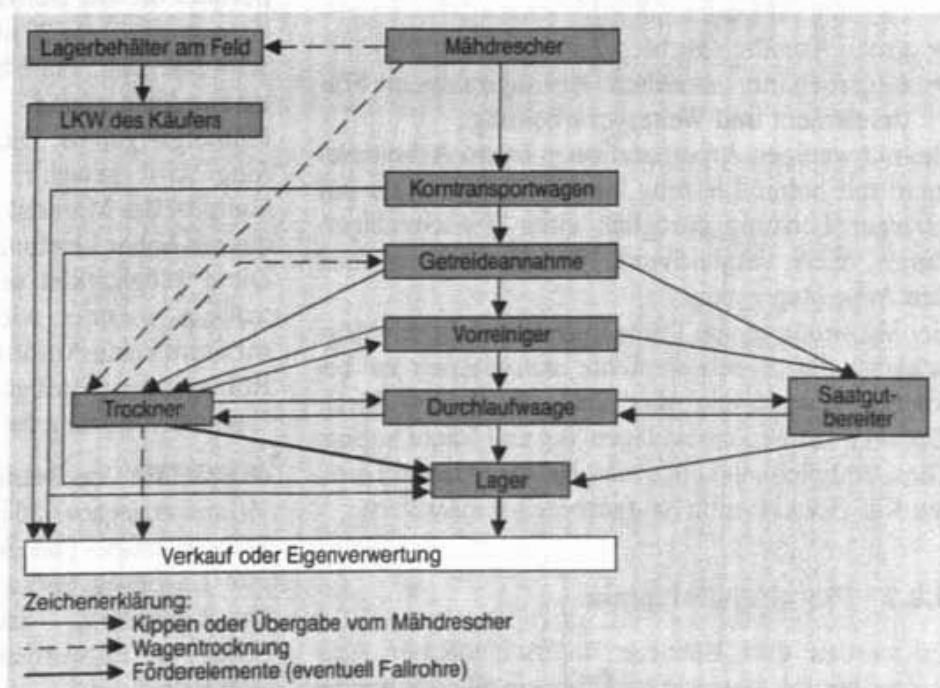


Abb. 232 Arbeitsstationen des Getreides bei innerbetrieblichem Getreidefluß.

Tabelle 100 Arbeitsstationen bei der Getreidelagerung (Aufgaben, Leistungsbereiche, Anschaffungspreise).

Bearbeitungsstation	Aufgabe	Leistungsbereich t/h	Anschaffungspreis DM
Getreideannahme	Kornübergabe vom Wagen zum Förderelement; Puffer zwischen Mähdröschler und Aufbereitung	Fassungsvermögen 1–15 t; Entleerungsleistung 3–40	1400–7000
Vorreiniger (Reinigungskegel)	Grobabscheiden nach Fluggewicht	6–50	2000–8000
Vorreiniger (mit Sieben)	Grobabscheidung nach Fluggewicht und Korngröße	5–10	4200–10 500
Durchlaufwaage (nicht eichfähig)	Ertragsbestimmung	7–12	2300–3500
Durchlaufwaage (eichfähig)	Ertragskontrolle und Verwiegen zum Verkauf, Absacken von Vermehrungsgetreide	5–17	5500–12 000
Saatgutbereiter	Fremdbesatzabtrennung und Korngrößensortierung, für Saatgutbetriebe notwendig	1–5	17 000–57 000
Warmluftsatztrockner	Trocknen bis zur Lagerfähigkeit	0,5–5	8000–35 000
Durchlaufrockner	Trocknen bis zur Lagerfähigkeit	1,0–10	13 000–90 000

- ▶ eine größere Zahl von Getreidetransportfahrzeugen (günstig bei Wagentrocknung),
- ▶ mobile Zwischenlagerbehälter am Feld (direkt vom Mähdröschler beschickt),
- ▶ Zwischenlager am Hof (ebene, überdachte Fläche zum Abkippen),
- ▶ große Annahmegrube,
- ▶ Lagerbehälter zwischen leistungsfähigem Förderelement und Weiterverarbeitung.

Bei nur wenigen Arbeitsstationen ist ein Arbeitselement mit hoher Leistung billiger als ein Gerät mit geringer Leistung zuzüglich eines Zwischenlager- raums. Eine vergleichende Kostenrechnung muß den Ausschlag geben.

Bei Verwendung von Vorbehältern besteht die Möglichkeit, die Arbeitselemente automatisch zu beschicken (Steuerung über Voll- und Leermelder). Dadurch können die Anlagen Tag und Nacht laufen. Diese Möglichkeit sollte man bei sehr teuren Geräten wie Trockner und Saatgutbereiter ausnutzen.

4.9.3 Planungsbeispiele

Es werden drei Betriebe unterschiedlicher Ausgangssituation betrachtet. Über ein Flußdiagramm

werden die Arbeitswege veranschaulicht. Die Eintragung der Durchsatzleistungen der einzelnen Arbeitsstationen und Förderelemente erweitert das Flußdiagramm zu einem Leistungsdiagramm.

Beispiel für den Betrieb 1

Voraussetzungen: 20 ha Getreide, Verwertung in der Schweinemast. Platz beengt; keine Möglichkeit der Unterdachlagerung.

Planungsergebnis: Die einfachste Form der Einlagerung wird gewählt; der Getreidetransportwagen übergibt das Material direkt auf ein Förderelement, das mit hoher Leistung den Lagerbehälter beschickt. Diese Möglichkeit setzt voraus, daß vollkommen trocken geerntet oder überbetrieblich getrocknet wird und keine Anforderungen an die Sortierung und Reinheit des Gutes gestellt werden, wie z. B. bei der Eigenverfütterung des Getreides.

Beispiel für den Betrieb 2

Voraussetzungen: 50 ha Getreide, davon 20 ha für Schweinemast und 30 ha für Saatgutvermehrung. Für Lagerung vorhanden: Alte Getreidescheune, Druckgebläse, Saatgutbereiter, Vorreiniger, Schnecke. Es werden zugekauft: Durchlaufwaage, Elevator.

Planungsergebnis: Da die einzelnen Arbeitsstationen nur selten übereinander angeordnet werden können, müssen mehrere Überhebungen (Höhenförderer) eingeplant werden. Die Entnahme soll aus einer Annahmegrube erfolgen (aus dem tiefsten Punkt entnimmt eine Schnecke das Gut). Mit der zweiten Überhebung wird ein Saatgutbereiter beschickt oder aber das Gut geht direkt in den Lagerbehälter. Zur zweiten Überhebung wird ein Saatelevator beschickt oder aber das Gut geht direkt in den Lagerbehälter. Zur zweiten Überhebung verwendet man einen Doppelevator, der es ermöglicht, daß man von einem Silo Gut entnimmt, es über den Saatelevator laufen läßt und ein weiteres Silo mit dem gereinigten Gut beschickt (Abb. 233).

Beim Betrieb 2 wird unterstellt, daß das Material bereits trocken zur Annahmegrube kommt. Das wird durch eine fahrbare Trocknungsanlage erreicht, in diesem Fall durch einen Wagentrockner.

Beispiel für den Betrieb 3

Voraussetzungen: 100 ha Getreide und Raps. Für die Lagerung sind vorhanden: Gebäude mit Flachspeicherböden in drei Etagen und ein leistungsschwacher Elevator.

Planungsergebnis: Auf die Speicherböden wird verzichtet. Die Zwischendecken werden herausgenommen, Hochsilos werden aus arbeitswirtschaftlichen Gründen eingeplant (Abb. 234). Die Annahme erfolgt über einen Elevator aus einer Annahmegrube, vom Elevatorauslauf aus wird der Vorreiniger beschickt.

Von dort geht das Gut über eine Durchlaufwaage in einen Strang des Doppelevators. Bei Bedarf übergibt dieser das Gut auf den Trockner. Der zweite Strang des Doppelevators übernimmt das getrocknete Gut und fördert es weiter zu den Lagerbehältern. Zur Auslagerung werden über Schnecken beide Elevatorstränge beschickt und es wird mit 20 t/h verladen.

Planungsalternativen – Bei einigen Umbausituationen kommt in der Praxis auch die erdlastige Flachlagerung in Frage. Im einfachsten Fall verläuft das Flußschema wie in Betrieb 1. Anstelle der versetzbaren Schnecke kann ein Förderband verwendet werden.

Bei größeren Anlagen mit Flachbehältern muß das Flußschema wie in den Beispielsbetrieben 2 und 3 aussehen, damit die notwendige Getreidebearbeitung einbezogen ist. Zum Befüllen wird dann ein weitläufiges Horizontalfördersystem notwendig, das wesentlich verteuert wirkt, wenn bei dem erdlastigen Lager nicht größere Schütthöhen verwendet werden.

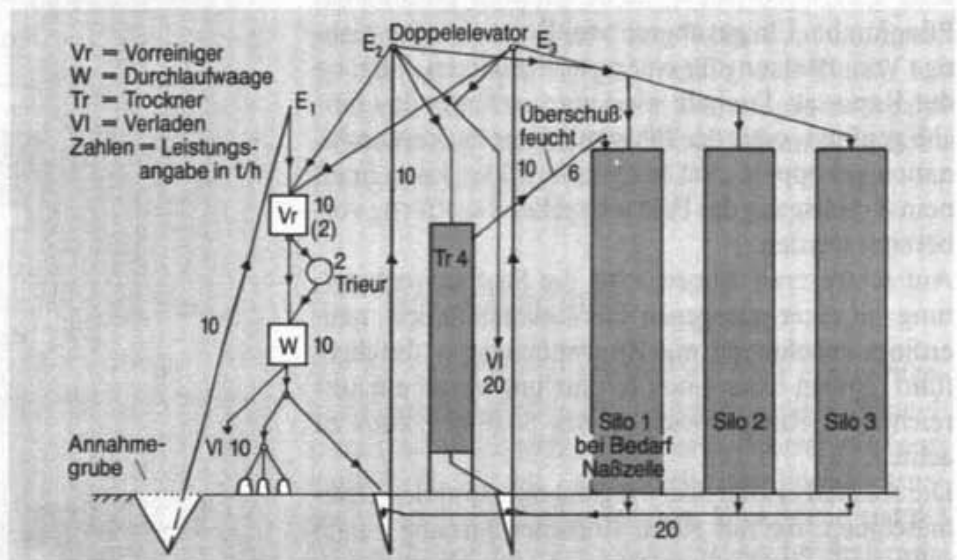


Abb. 233 Schema des Getreideflusses – Betrieb 2.

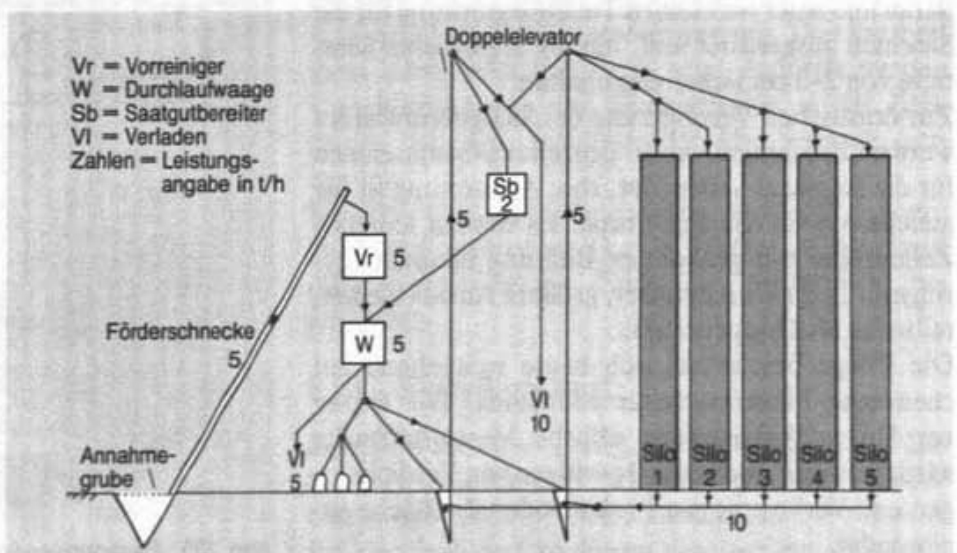


Abb. 234 Schema des Getreideflusses – Betrieb 3.

5 Rapsanbau

Raps wird für drei Nutzungsrichtungen angebaut: Zum Gewinnen von Pflanzenöl (Körnernutzung), zum Vermehren (Saatgutproduktion) und als Zwischenfrucht (Futternutzung oder Gründüngung). Nachfolgend soll vorrangig die Verfahrenstechnik des Rapsanbaues zur Körnernutzung behandelt werden.

5.1 Bodenbearbeitung, Saat und Pflege

Die Rapssamen sind sehr feinkörnig, haben ein niedriges Tausend-Korn-Gewicht und eine begrenzte Triebkraft. Alle Maßnahmen bei der Bestellung müssen deshalb darauf abzielen, ein optimales Keimbett und günstige Auflaufbedingungen zu schaffen. Die **Bodenbearbeitung** beginnt sofort nach dem Räumen der Vorfrucht, meist mit einer mitteltiefen Pflugfurche. Ein gut abgesetzter Boden ist eine wichtige Voraussetzung für einen gleichmäßigen Aufgang der Rapssaat. Deshalb wird eine »schüttende« Furche gepflügt, oder der Pflug mit einer Packerkombi gekoppelt. Auf leichteren Böden kann in einem Arbeitsgang das Feld weitgehend saattfertig vorbereitet werden.

Auf schwereren Böden wird die Saatbettvorbereitung mit einer gezogenen Gerätekombi, neuerdings zunehmend mit Zapfwelleneggen durchgeführt. Neben einer guten Krümelung ist auf ein ausreichendes Rückverfestigen des Saathorizontes zu achten.

Die **Aussaat** erfolgt überwiegend mit normalen Drillmaschinen, die auf 30 cm Reihenentfernung eingestellt sind. Die Drillmaschine soll mit einem Raps-Särad und einer wirksamen Tiefenbegrenzung für die Säschare ausgerüstet sein, um die angestrebte Saattiefe von 2–3 cm sicher einzuhalten.

Zur drastischen Verringerung des Saatgutaufwandes werden zunehmend auch Einzelkorn-Sämaschinen für die Rapssaat verwendet. Ihre Ausstattung ist die gleiche wie für die Rübensaat. Es werden lediglich Zellenräder mit geänderter Bohrung benötigt (geringerer Loch-Durchmesser, größere Anzahl Zellen, teilweise als Doppelreihe).

Die **Pflege** beschränkt sich heute weitgehend auf chemische Pflanzenschutzmaßnahmen. Die früher zur Unkrautbekämpfung übliche Maschinenhacke wird heute nur noch zum Beseitigen von Verdichtungen und Verkrustungen an der Bodenoberfläche angewendet.

5.2 Erntetechnik

An die Erntetechnik sind folgende wichtige **Anforderungen** zu stellen:

- ▶ Möglichst geringe Körnerverluste,
- ▶ Verwendbarkeit bei unterschiedlichen Abreifebedingungen,
- ▶ hohe Drusch- und Flächenleistung,
- ▶ hohe Erntegutqualität (wenig Körnerbruch und Schwarzbesatz).

Die Ernte erfolgt entweder im Direkt- oder im Schwaddrusch.

Der **Direktdrusch** bietet folgende Vorteile:

- ▶ Drusch in der Totreife, dadurch höheres Tausend-Korn-Gewicht und 10–15% höherer Ertrag,
- ▶ nur ein Arbeitsgang für die gesamte Ernte. Bei Verwenden eines Anbau-Strohhäckslers ist das Feld sofort fertig für die nachfolgende Bodenbearbeitung,
- ▶ geringe Gefahr von Auswuchsschäden.

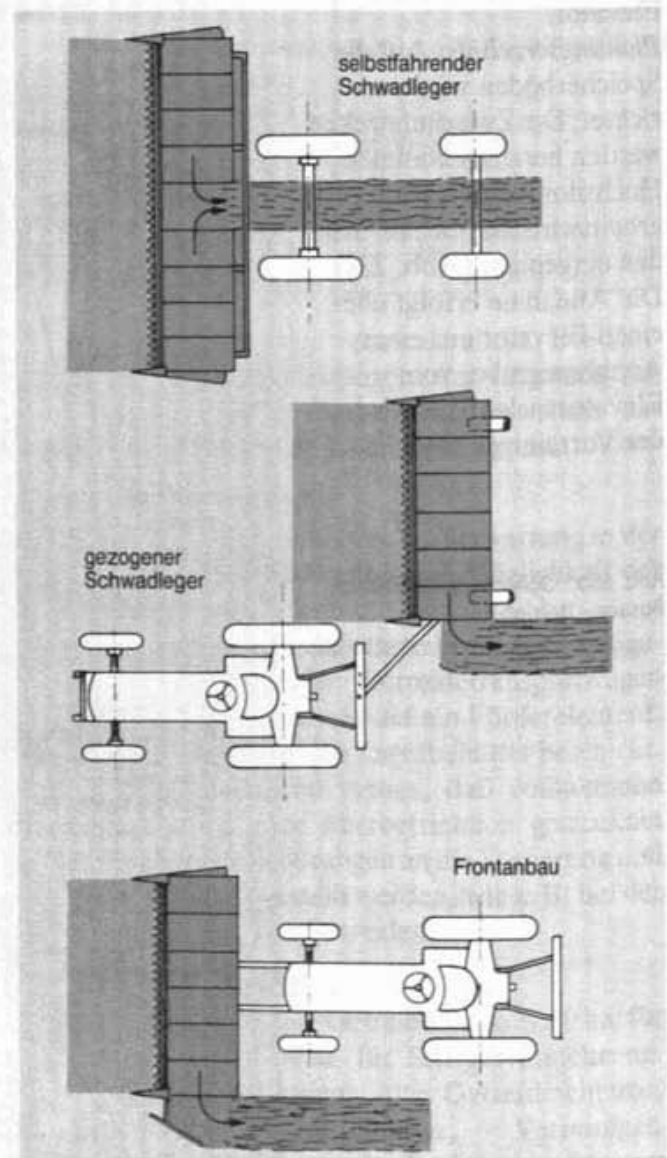


Abb. 235 Bauarten von Schwadlegern für die Rapsernte.

Um einen schonenden und verlustarmen Drusch zu erreichen, wird ein verlängerter Mähtrisch mit seitlicher Schneideinrichtung zum vorsichtigen und sauberen Abtrennen des stehenden Bestandes verwendet. Die richtige Wahl von Trommel-Umfangsgeschwindigkeit (17–23 m/s) und Korabstand gewährleistet, daß möglichst wenig Stroh zerschlagen wird. Das exakte Einstellen von Reinigungswind und Lamellensieb soll Verluste verringern und die Dreschgutqualität verbessern.

Der **Schwad-drusch** wird bevorzugt, wenn folgende Ernteverhältnisse vorliegen:

- ▶ Ungleichmäßig abreifende Bestände,
- ▶ starke Verunkrautung,
- ▶ ausfallgefährdete Sorten,
- ▶ Arbeitsspitze durch Überschneidung der Raps-ernte mit der Frühgetreideernte.

Das Mähen und Ablegen auf Längsschwaden erfolgt mit gezogenen Anbau- oder selbstfahrenden Schwadlegern (Abb. 235).

Für das Aufnehmen der Schwaden wird der Mäh-drescher meist mit einer speziellen Federzinken-Pick-up-Vorrichtung ausgestattet. Groß-Mäh-drescher können zwei Schwaden gleichzeitig aufnehmen und dreschen.

5.3 Verfahrensvergleich

Unter normalen Erntebedingungen erfordert der Direkt-drusch gegenüber dem Schwad-drusch einen geringeren Arbeitszeitbedarf (Abb. 236).

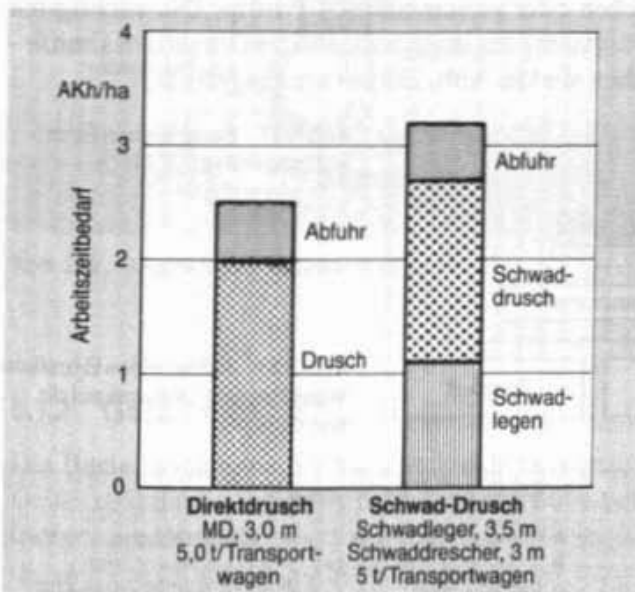


Abb. 236 Arbeitszeitbedarf bei der Raps-ernte.

6 Körnermaisbau

Mit einer Anbaufläche von mehr als 1 Mio. ha hat sich der Mais zur zweitwichtigsten Fruchtart in der Bundesrepublik Deutschland entwickelt. Die Anbaufläche von Körnermais einschließlich Corn-Cob-Mix lag 1985 bei 160 000–180 000 ha.

Ausschlaggebend für diese Entwicklung waren vor allem

- ▶ die *Hybridmaiszüchtung*, die früh abreifende, sehr ertragreiche und klimatisch anpassungsfähige Maissorten hervorbrachte,
- ▶ die *Mechanisierbarkeit* aller Arbeitsgänge sowie die Entwicklung neuer, vereinfachter und leistungsfähiger Maschinen und Verfahren,
- ▶ die Entwicklung leistungsfähiger und kostengünstiger *Konservierungsverfahren*. Diese schufen die Voraussetzungen für hohe Konservierungsleistungen, hohe Qualität des Erntegutes und geringe Gesamtverluste der Verfahren.

Die Einsatzspannen sind für die meisten Arbeitsgänge eng begrenzt, insbesondere für die Saat und Ernte des Körnermaises. Es gilt deshalb, den Einsatz leistungsfähiger Maschinen und Geräte gut zu organisieren, damit für das Gesamtverfahren eine hohe Schlagkraft erreicht wird.

6.1 Bestelltechnik

Bei der Saatbettvorbereitung soll über dem weitgehend unbearbeiteten oder rückverfestigten Wurzelraum eine gleichmäßig gelockerte Oberschicht (normalerweise 4–6 cm, unter günstigen Voraussetzungen 3–5 cm) geschaffen werden. Dies begünstigt die für ein rasches Keimen erforderliche schnelle Erwärmung der oberen Bodenschichten und gleichzeitig eine gute kapillare Wasserversorgung. Das Saatbett kann verhältnismäßig rau sein; dadurch werden Verschlammungen und Bodenerosion in der Zeitspanne bis zum *Schließen* der Maisbestände vermieden.

Die für eine ordnungsgemäße Vorbereitung des Saatbettes geeigneten Geräte wurden im Abschnitt »Bodenbearbeitung« (Seite 125) ausführlich beschrieben.

6.1.1 Einzelkornsaat

Je nach Nutzungsrichtung, Reifegruppe der gewählten Sorte und Standortverhältnissen sind im Maisanbau unterschiedliche Bestandesdichten anzustreben. Bei der Saat sind zu diesen gewünschten Pflanzen-

zahlen Zuschläge für verringerte Triebkraft und Keimfähigkeit, ungünstige Standortbedingungen usw. anzubringen. Die heute üblichen **Bestandesdichten** sind in den Tabellen 101 und 102 zusammengestellt.

Tabelle 101 Pflanzendichte.

FAO-Zahl	angestrebte Pflanzendichte Pflanzen/m ²	
	Körnermais	Silomais
bis 190	10-12	11-13
200-220	9-11	10-12
230-250	8-10	9-11
über 260	7- 9	8-10

Tabelle 102 Saatgutaufwand.

angestrebte Pflanzen/m ² auszusäende Körner/m ² ¹⁾	7	9	11	13
1000-Korn-Gewicht in g	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
200	16,1	20,7	25,3	29,9
240	19,3	24,8	30,4	35,9
280	22,5	29,0	35,4	41,9
320	25,8	33,1	40,5	47,9
360	29,0	37,3	45,5	53,8

¹⁾ 15% Zuschlag berücksichtigt als Ausgleich für beschränkte Keimfähigkeit, ungünstige Einsatzbedingungen (z. B. schwerer Boden, Gefahr von Vogelfraß).

Das **Maissaatgut** wird ausschließlich kalibriert angeboten. Dadurch sollen die Kornabmessungen (Grö-

Be und Form) vereinheitlicht sowie die Saatgutqualität verbessert werden. Die Tendenz zur Verringerung der Zahl der Kalibrierungsstufen ist unverkennbar.

Bei Silo- und Körnermais ist die Einzelkornsaat üblich. Es lassen sich verschiedene **Bauarten** von Einzelkorn-Sämaschinen unterscheiden (Abb. 237).

Die Säaggregate haben die Aufgabe, die Körner einzeln und in einem einstellbaren Abstand voneinander in die Saatlücke abzulegen. Der grundsätzliche Aufbau und die Bauteile der **Einzelkorn-Sämaschinen** sind heute weitgehend vereinheitlicht. Auch die Einflüsse auf die Kornablage sind bei allen Gerätebauarten gleich (Abb. 238).

Die *kalibrierungsabhängigen, mechanischen Einzelkorn-Sägeräte* mit senkrecht, schräg oder waagrecht angeordneten Zellenrädern oder Lochscheiben haben weitgehend an Bedeutung verloren. Sie können nur bei exakt kalibriertem Saatgut, geringer Arbeitsgeschwindigkeit und richtiger Abstimmung der Zellenabmessungen auf das Saatgut eine befriedigende Einzelkornsaat gewährleisten.

Dagegen erfüllen die *kalibrierungsunempfindlichen Säsysteme* besonders gut die wesentlichen Forderungen bei der Maissaat: Weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber Kornform und -größe, Ablagetiefe, stabile Bauweise.

In der Regel handelt es sich um Spezial-Mais-Einzelkorn-Sämaschinen. Einige können auch für die **Rübensaat** eingesetzt werden, allerdings müssen dann Säorgan, Druckrollen und Säschar ausgetauscht werden.

Die **Ablagesysteme** arbeiten nach dem mechanischen oder pneumatischen Prinzip. Die wichtigsten Säsysteme mit ihren wesentlichen Funktionskennzeichen sind in Abb. 239 zusammengestellt.

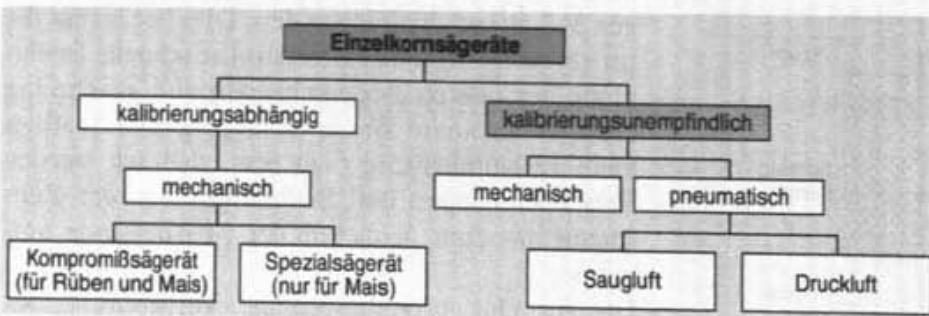


Abb. 237 Bauarten von Einzelkornsägeräten.

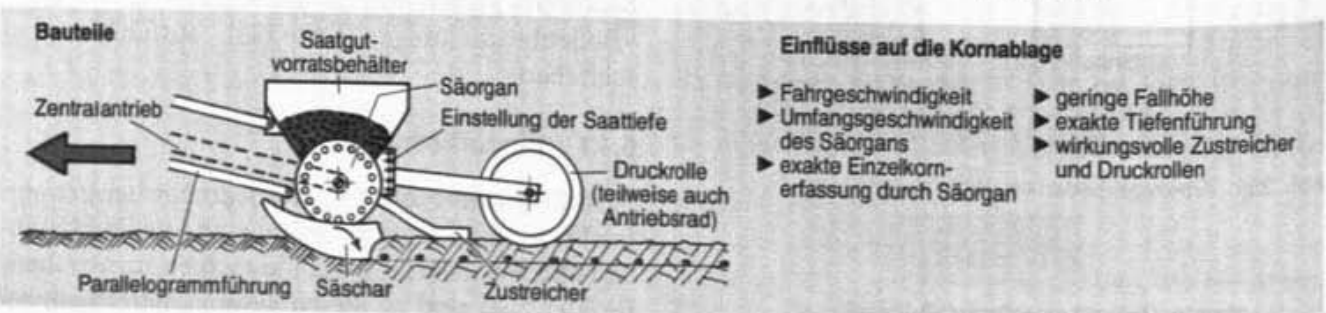


Abb. 238 Aufbau eines Einzelkornsägerätes und Einflüsse auf die Kornablage.



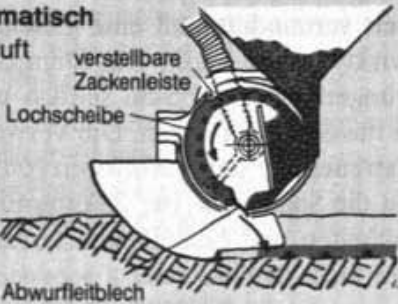
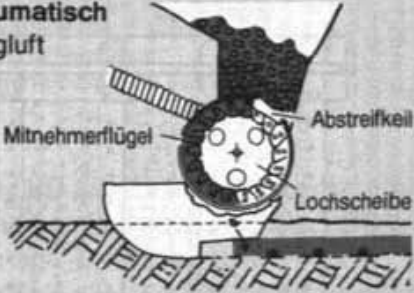
Säsystern	Säorgan	Funktions-Kennzeichen
mechanisch  Kammerrad Löffelscheibe	Löffelscheibe	Löffelscheibe zur Verringerung der Fallhöhe kombiniert mit Kammerrad oder Vereinzlungs- und Führungsbürste; spezielle Löffelformen für stark unterschiedliche Kornformen
pneumatisch Druckluft  Druckluft-Düse Zellenrad mit konischen Zellen	Zellenrad mit konischen Zellen	konische Zellen füllen sich mit mehreren Körnern, Druckluft-Düse spült überzählige Körner heraus
pneumatisch Saugluft  verstellbare Zackenleiste Lochscheibe Abwurfleitblech	Lochscheibe mit 1 Lochreihe	Körner vom Saugluftstrom an Lochbohrungen angesaugt, Vereinzlung durch verstellbare Zackenleiste oder Doppelabstreifer
pneumatisch Saugluft  Mitnehmerflügel Abstreifkeil Lochscheibe	Lochscheibe mit 2 Lochreihen	Körner vom Saugluftstrom an äußere Lochreihe angesaugt; Abstreiferkeil verschiebt Körner zur inneren Lochreihe, dabei erfolgt Vereinzlung

Abb. 239 Säsysteme für Einzelkornsägeräte.

6.1.2 Geräteeinsatz

Die Bestellzeitpanne für Mais ist knapp bemessen. Daher sind an die Einzelkornsämaschinen hohe **Anforderungen** hinsichtlich großer Flächenleistung, guter Ablagequalität, Funktionssicherheit und rentabler Maschinennutzung (große Einsatzfläche je Saison) zu stellen.

Arbeitsbreite – Da die zulässige Straßenfahrbreite 3 m beträgt, werden 4reihige Anbau-Einzelkornsämaschinen bevorzugt. Geräte mit größerer **Arbeits-**

breite sind für den *Straßentransport* mit einer Längsfahrvorrichtung, neuerdings vermehrt mit einer Vorrichtung zum Einklappen der überstehenden Seitenteile ausgerüstet. Durch eine Parallelführung wird erreicht, daß die Säaggregate stets in senkrechter Position bleiben und für die Straßenfahrt nicht entleert werden müssen.

Fahrgeschwindigkeit – Der optimale **Bereich** beträgt bei den kalibrierungsunempfindlichen Säsystemen mit Löffelradprinzip ca. 5–6 km/h, bei den pneumatischen Systemen ca. 7–8 km/h. Die niedrigeren Werte

gelten jeweils für die im Silomaisanbau üblichen Kornabstände, die höheren Werte für Körnermais und Corn-Cob-Mix. Zwischen Fahrgeschwindigkeit, Ablagequalität und Kornablagefrequenz des Sägerätes bestehen enge Wechselbeziehungen.

Ein Überschreiten der günstigen Fahrgeschwindigkeiten hat eine höhere Kornablagefrequenz und damit eine schlechtere Ablagequalität zur Folge.

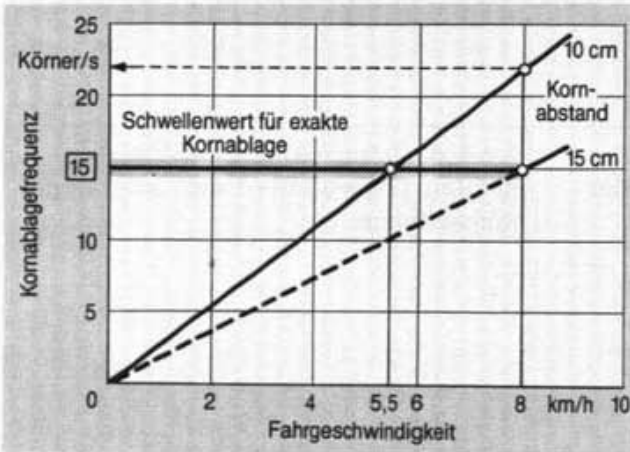


Abb. 240 Wechselwirkung zwischen Kornablagefrequenz, Fahrgeschwindigkeit und Säqualität bei der Maissaat.

Insgesamt sind folgende **Auswahl- und Einsatzkriterien** für Mais-Einzelkornsämaschinen festzuhalten:

- ▶ Säorgan verwendbar für unterschiedliche Kornformen und -größen,
- ▶ exakte Einzelkornfassung und -ablage in den Boden,

- ▶ großer, leicht zu entleererer Saatgutbehälter (20–25 l/Reihe),
- ▶ Säbelschar und ausreichendes Eigengewicht für exakte Tiefenablage, auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten,
- ▶ große, gegen Verkleben unempfindliche Druckrolle,
- ▶ sicherer Antrieb des Säorgans durch Einzel- oder Zentralantrieb,
- ▶ einfaches und rasches Verstellen des Kornabstandes in der Reihe,
- ▶ bei pneumatischen Maschinen geringes Gebläsegeräusch,
- ▶ durch stabile Bauweise hohe Funktionssicherheit,
- ▶ ausreichende Einsatzflächen, um die Kosten der Arbeitserledigung zu senken,
- ▶ Zusatzeinrichtungen für Unterfußdüngung und Granulatablage.

Die **Unterfußdüngung** hat sich bei weniger günstigen Standortbedingungen bewährt, weil damit die Jugendentwicklung des Mais gefördert, seine Frostempfindlichkeit vermindert und eine gleichmäßige Ausreife bewirkt werden kann. Die Düngerschare sollen das Düngerband etwa 5 cm seitlich und ca. 5 cm tiefer als das Saatgut ablegen. Die Verwendung von Granulatstreuern für das Ausbringen von Micro-Granulaten in die Saatsfurche zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen konnte sich dagegen bisher nicht durchsetzen.

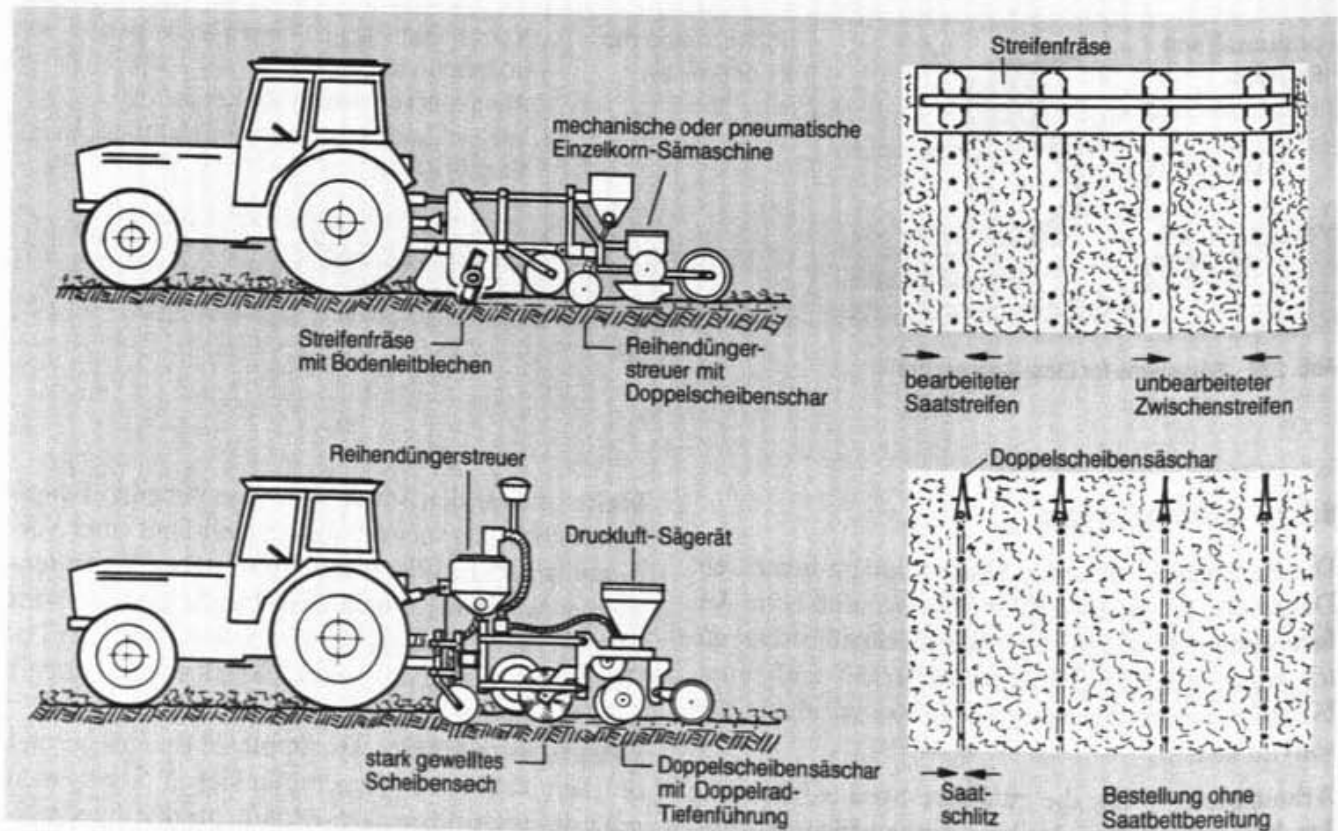


Abb. 241 Streifen-Fräsaaat (oben) und Direktsaat (unten).

Spezial-Bestellverfahren – Ebenso wie bei Getreide besteht auch bei der Maisbestellung die Möglichkeit, Saattbettvorbereitung und Aussaat in einer *kombinierten Bestellmaschine* zusammenzufassen. Dabei werden Kombinationen von Zapfwelleneggen und angebauten Einzelkornsämaschinen (auch pneumatische Systeme) bevorzugt (Abb. 241).

Angesichts wachsender **Erosionsprobleme** beim Maisanbau in Hanglagen und bei hohen Niederschlägen ist es erforderlich, bei der Maisbestellung erosionsmindernde Maßnahmen zu ergreifen. Neben pflanzenbaulichen Maßnahmen (z. B. Aussaat von Erosionsschutzstreifen) gewinnt die Einsaat des Mai-

ses in den Pflanzenmulch von abgefrorenen Zwischenfruchtbeständen an Bedeutung.

Als **Verfahrenslösungen** bieten sich an:

- ▶ Ganzflächiges, flaches Einmulchen der Pflanzenreste, nachfolgend Aussaat des Maises mit der Einzelkornsämaschine.
- ▶ Streifen-Fräsaaat (Fräsen von jeweils 20–25 cm breiten Streifen, in die das Saatgut abgelegt wird; die Zwischenstreifen bleiben unbearbeitet und sollen Verschlämmen und Erosion verhindern).
- ▶ Direktsaat (Öffnen eines Saatschlitzes im unbearbeiteten Boden, Ablage des Saatgutes in diesen Schlitz).

6.1.3 Verfahrensvergleich

Tabelle 103 Arbeitszeitbedarf, Flächen- und Saisonleistung bei unterschiedlichen Verfahrenskombinationen der Maisbestellung¹⁾.

Verfahren	Arbeitszeitbedarf AKh/ha	Flächenleistung	
		ha/h	ha/Saison
Saattbettbereitung und Saat in getrennten Arbeitsgängen			
<i>ohne</i> Reihendüngung	1,21	0,83	ca. 66
<i>mit</i> Reihendüngung	1,39	0,72	ca. 58
Bestellkombination Zapfwellenegge mit Einzelkorn-Sämaschine			
<i>ohne</i> Reihendüngung	0,73	1,37	ca. 110
<i>mit</i> Reihendüngung	0,91	1,10	ca. 88

¹⁾ Ackerschlepper 57 kW
4reihige Einzelkornsämaschine
Schlaggröße/Länge: 2 ha/300 m
120 000 Körner/ha
2,0 dt/ha Reihendünger
Fahrgeschwindigkeit 6,5 km/h.

Tabelle 103 zeigt den Arbeitsbedarf und die Flächenleistung bei unterschiedlichen Verfahrenskombinationen auf. Dabei zeigt sich, daß die mögliche Flächenleistung bei der Maisbestellung zwischen 58 und 110 ha/Saison liegt.

In Abb. 242 werden die Kosten der Arbeitserledigung in Abhängigkeit von der Saatfläche je Saison dargestellt. Die Kosten der Maissaat hängen wesentlich vom Anschaffungspreis der Technik (Sägerät und Reihendüngerstreuer) ab. Kostengleichheit mit dem überbetrieblichen Verrechnungssatz besteht ab 40–60 ha Saatfläche je Saison.

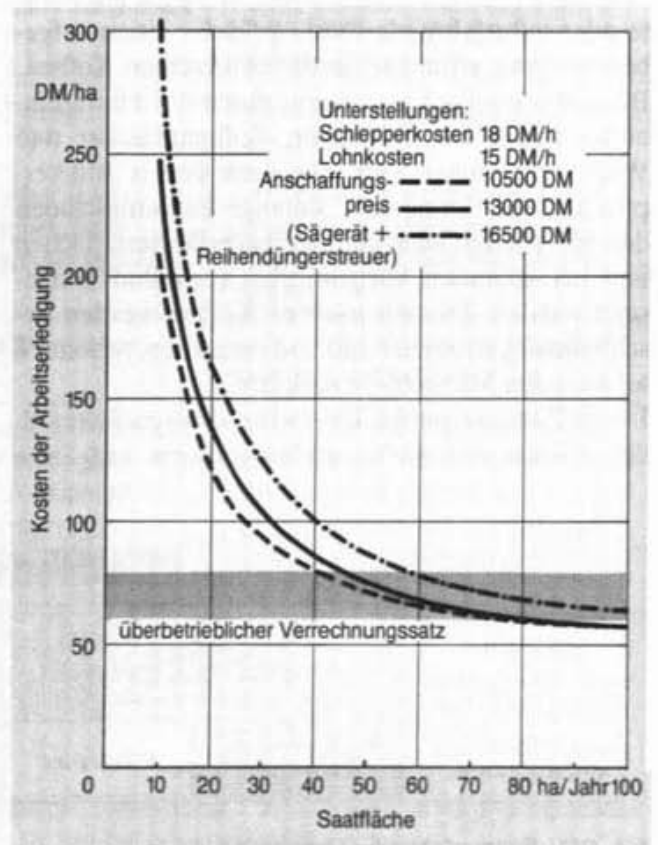


Abb. 242 Kosten der Maissaat.

6.2 Erntetechnik

6.2.1 Allgemeine Anforderungen

Körnermais ist eine *spätträumende* Fruchtart. Das im Herbst zunehmende Wetterrisiko, die Gefahr höherer Feldverluste und die Durchführung von Folgearbeiten (z. B. Pflugfurche, Winterweizenbestellung) stellen an die Erntetechnik wesentliche **Forde- rungen:**

- ▶ Schlagkräftige und verlustarme Ernte,
- ▶ Unempfindlichkeit der Erntemaschinen gegen hohe Kornfeuchte,
- ▶ hohe Funktionssicherheit des Gesamtverfahrens,
- ▶ hohe Saisonleistungen,
- ▶ kostengünstige Arbeitserledigung.

Frisch geernteter, feuchter Körnermais ist nicht lagerfähig und muß *sofort* nach der Ernte aufbereitet werden. Deshalb sind im Gesamtverfahren auch entsprechend leistungsfähige Konservierungsmethoden vorzusehen.

Die Maschinen zur Körnermaisernte lassen sich in vier wesentliche **Verfahrensgruppen** einteilen (Abb. 243).

6.2.2 Kolbenernte

Es gibt unterschiedliche **Bauarten** von Kolbenpflückern. Während beim gezogenen *Wagenpflücker* die Kolben auf einem angehängten Transportwagen gesammelt werden, besitzt der am Schlepper angebaute oder selbstfahrende *Bunkerpflücker* einen aufgebauten Sammelbunker für die entlieschten Kolben. Beim *Wagenpflücker* entsteht durch das Hintereinanderhängen von Schlepper, Kolbenpflücker und Wagen ein langer Zug. Dagegen stellen *Bunkerpflücker* sehr kompakte, wendige Erntemaschinen dar. Sie können auch auf kleinparzellierten Flächen und bei schmalen Vorgewenden vorteilhaft eingesetzt werden. Die entlieschten Kolben werden anschließend getrocknet und von speziellen, schonend arbeitenden Maisreblern entkörnt.

In der Bundesrepublik Deutschland beschränkt sich der **Einsatz** des Kolbenernteverfahrens auf Saat-

mais-Erzeugerbetriebe. Dort werden oftmals auch die vorhandenen Konsummaisflächen mit dem Kolbenpflücker geerntet, um eine rentable Maschinennutzung zu erreichen.

6.2.3 Körnerernte

Für die Körnerernte wird fast ausschließlich der **Mähdrescher** mit Maispflückvorsatz (Verfahren »Pflückdrusch«) eingesetzt. Früher verwendete Erntemaschinen, z. B. Mähdrescher mit Maismähvorsatz oder Pflückrebler (Spezial-Maiserntemaschine), haben weitgehend an Bedeutung verloren.

Umrüsten – Beim »Pflückdrusch-Verfahren« wird als Grundmaschine der normale Getreide-Mähdrescher benutzt. Um einen einwandfreien Ausdrusch, sauber gereinigtes Erntegut und geringe Verluste zu erreichen, ist ein Umrüsten verschiedener **Baugruppen** erforderlich:

- ▶ Anbau eines *Maispflückvorsatzes* mit feststehenden Pflückschienen und darunter angeordneten, schnell rotierenden Reißwalzen,
- ▶ *Schlagleisten-Dreschtrommel* mit Abdeckblechen rundum verkleidet,
- ▶ Verringerung der *Trommel-Umfangsgeschwindigkeit* auf 13–17 m/s,
- ▶ spezieller *Maisdreschkorb* mit großen Durchgängen für rasches Abscheiden der großen Maiskörner bei geringem Bruchkornanteil,
- ▶ *Spezialsieb* (Großlamellen- oder Nasensieb).

Um die Funktion der Maschinen besser überwachen und steuern zu können, werden vor allem für Großmähdrescher verschiedene **Zusatzeinrichtungen** angeboten:

- ▶ *Lenkautomaten* tasten mit 2 Tastbügeln die Maisreihe ab und führen die Erntemaschine automatisch entlang der Pflanzenreihe.
- ▶ Wichtige Antriebswellen (z. B. Dreschtrommel, Schüttler, Körnerelevator) werden *elektronisch überwacht* und auftretende Störungen zum Fahrerstand gemeldet.
- ▶ *Monitore zur Kontrolle* der Körnerverluste sind

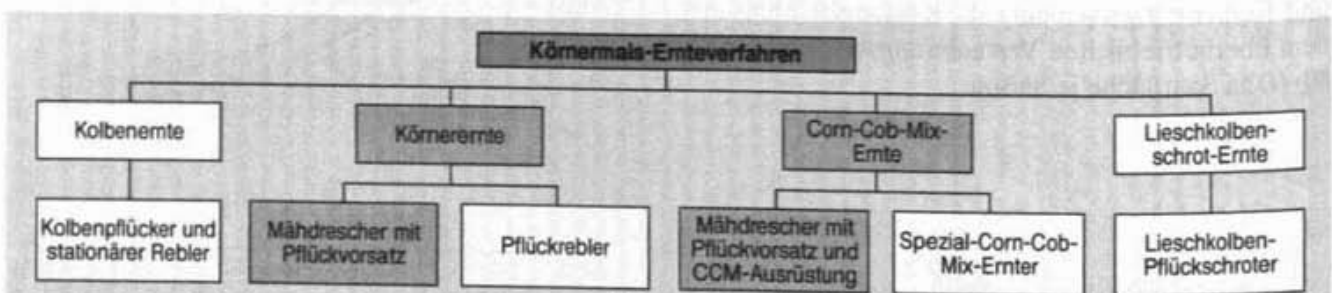


Abb. 243 Ernteverfahren für Körnermais.

an Schüttler und Siebkasten angebracht. Sie melden die jeweilige Verlustrate zum Fahrerstand, so daß der Durchsatz (Fahrgeschwindigkeit) gesteuert werden kann.

- **Allradantrieb** erleichtert den Maschineneinsatz bei ungünstigen Bodenverhältnissen.

Maschineneinsatz – Die verlustarme Ernte wird sehr wesentlich durch die richtige *Sortenwahl* beeinflusst. Vorteilhaft wirken sich aus:

- Gute Standfestigkeit,
- gleichmäßige Kolbenausbildung und -abreife,
- hoch angesetzte, aufrechtstehende und walzenförmige Kolben.

Die *mechanische Beanspruchung* der Erntemaschinen ist beim Maisdrusch hoch, da ein sehr grobes Erntematerial zu verarbeiten ist. Bei Kostenberechnungen wird unterstellt, daß die Beanspruchung des Mähdreschers beim Maisdrusch etwa doppelt so hoch zu veranschlagen ist wie beim Getreidedrusch. Die *Sauberkeit des Erntegutes* ist bei richtiger Maschineneinstellung (Dreschwerk, Siebe) und dem Pflanzenbestand angepaßter Vorfahrt sehr gut. Das Erntegut kann ohne zusätzliche Nachreinigung der Trocknung zugeführt werden.

Die entstehenden **Verluste** haben verschiedene Ursachen (Tabelle 104).

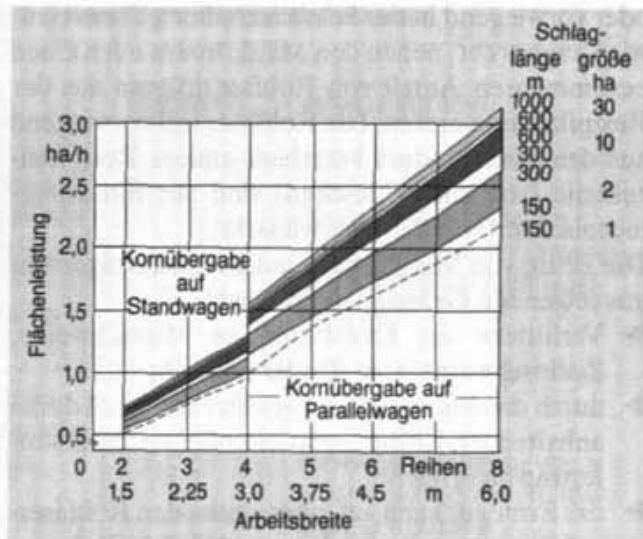


Abb. 244 Flächenleistung bei der Körnermaisernte (Selbstfahrmähdrescher mit Pflückvorsatz, Fahrgeschwindigkeit 5,5 km/h).

6.2.4 Ernte von Maiskörnern und Rohfaserträgern

Beim **Anbau** von Körnermais als Verkaufsfurcht stellt die Ernte mit dem Pflückdrescher und die nachfolgende Warmlufttrocknung das Standardverfahren dar. In Betrieben, die den Körnermais ausschließlich

Tabelle 104 Verlustarten, Ursachen und Abhilfe bei der Körnermaisernte.

Verlustarten	Ursachen	Abhilfe
Feldverluste	niedergebrochene Pflanzen	Anbau standfester Sorten, rechtzeitige Ernte
Pflückverluste (ca. 60% der Gesamtverluste)	lagernde Pflanzen, niedrige Kolbenansatzhöhe, ungeeigneter Pflückvorsatz, unsachgemäße Bedienung	Sortenwahl, richtige Fahrgeschwindigkeit, Verwenden des Pflückschienen-Reißwalzen-Vorsatzes
Druschverluste	falsch eingestelltes Dreschwerk	richtiges Einstellen von Trommeldrehzahl und Korbabstand
Schüttlerverluste (ca. 25% der Gesamtverluste)	zu hohe Trommeldrehzahl (Körner werden auf den Schüttler geschleudert), hoher Strohanfall, Schüttleröffnungen verstopft	richtige Trommeldrehzahl, Anbau kurzstrohiger Sorten, Verwenden von Abscheidehilfen (Querschüttler, Intensivschüttler, Zentrifugalabscheider), regelmäßige Maschinenreinigung
Siebverluste	feuchte Erntewitterung (Siebe verkleben), falsche oder verschmutzte Siebe	Ernte bei günstiger Witterung, richtige Siebwahl und -einstellung, regelmäßige Siebreinigung, richtige Einstellung des Reinigungswindes
Gesamtverluste: 3–5%		

oder vorwiegend in der Schweinehaltung verwerten, wird angestrebt, neben den Maiskörnern auch einen bestimmaren Anteil von Rohfaserträgern aus der Restpflanze zu ernten. Die Rohfaser soll vorwiegend aus den Maisspindeln bestehen, andere Restpflanzenteile (vor allem Lieschen) sind aus fütterungstechnischen Gründen unerwünscht.

Die Ernte von Maiskörnern mit Rohfaserträgern ist aus folgenden **Gründen** interessant:

- ▶ Verfüttern als Kraftfutter an Mastschweine, Zuchtschweine oder Rinder möglich;
- ▶ durch das Miternten der Spindel und noch daran anhaftender Körner wird ein höherer Nährstofftrag/ha erreicht;
- ▶ das Erntegut kann auf einen optimalen Rohfasergehalt eingestellt werden, so daß das Zufüttern rohfaserreicher Futtermittel entfällt;
- ▶ eine günstige Futterverdaulichkeit bei Mastschweinen ermöglicht ad-libitum- bzw. Vorratsfütterung unter günstigen Voraussetzungen;
- ▶ die günstige technologische Struktur ist wichtig für die Mechanisierung von Futterentnahme und -zuteilung;
- ▶ Trocken- und Flüssigfütterungsanlagen sind verwendbar;
- ▶ Ernteverluste lassen sich senken.

Je nach **Ernteverfahren** und Zusammensetzung des Erntegutes liefert die Maispflanze sehr unterschiedliche Ernteprodukte. Für das Verfüttern an Mastschweine sollen Gemische von Maiskörnern und Rohfaserträgern einen Rohfasergehalt von 5–6%, für Zuchtsauen bis 12% aufweisen.

Das **Erntegut** weist bei den verschiedenen Ernteverfahren unterschiedliche Zusammensetzungen und Rohfasergehalte auf.

Erntentechnik – Lieschkolben-Pflückschroter werden überwiegend als selbstfahrende Erntemaschinen mit mehrreihigem Pflückaggregat angeboten. Um Ernte und Zerkleinern in einem Arbeitsgang durchführen zu können, werden Reibeinsätze im Häckslergehäuse, Nachschneideeinrichtungen bzw. Spezial-Vielmessertrommeln mit besonderem Reibeinsatz verwendet.

Wenn Lieschkolbenschrot in der Schweinemast eingesetzt werden soll, muß der hohe Rohfasergehalt durch Absieben der überflüssigen Rohfaserträger (Lieschen, Stengelteile) abgesenkt werden.

Gezogene **Maiskolben-Pflückschroter** werden zwei- oder dreireihig, mit oder ohne eingebaute Schrotvorrichtung angeboten. Der Arbeitsprozeß ähnelt dem eines Mähdreschers mit spezieller CCM-Ausrüstung; der Spindelanteil kann jedoch nicht gezielt gesteuert werden.

Pflückdrescher (Abb. 246) sind heute die bevorzugten Erntemaschinen für die CCM-Ernte. Es sind jedoch einige Umbaumaßnahmen, spezielle Maschineneinstellungen und Zusatzteile erforderlich. Letztere werden als kompletter *Umbausatz* von den Herstellerfirmen angeboten.

Durch Verstellen des Dreschwerkes und der Wahl entsprechender Siebe ist es möglich, den gewünschten Anteil an Spindeln und damit den Rohfasergehalt zu steuern.

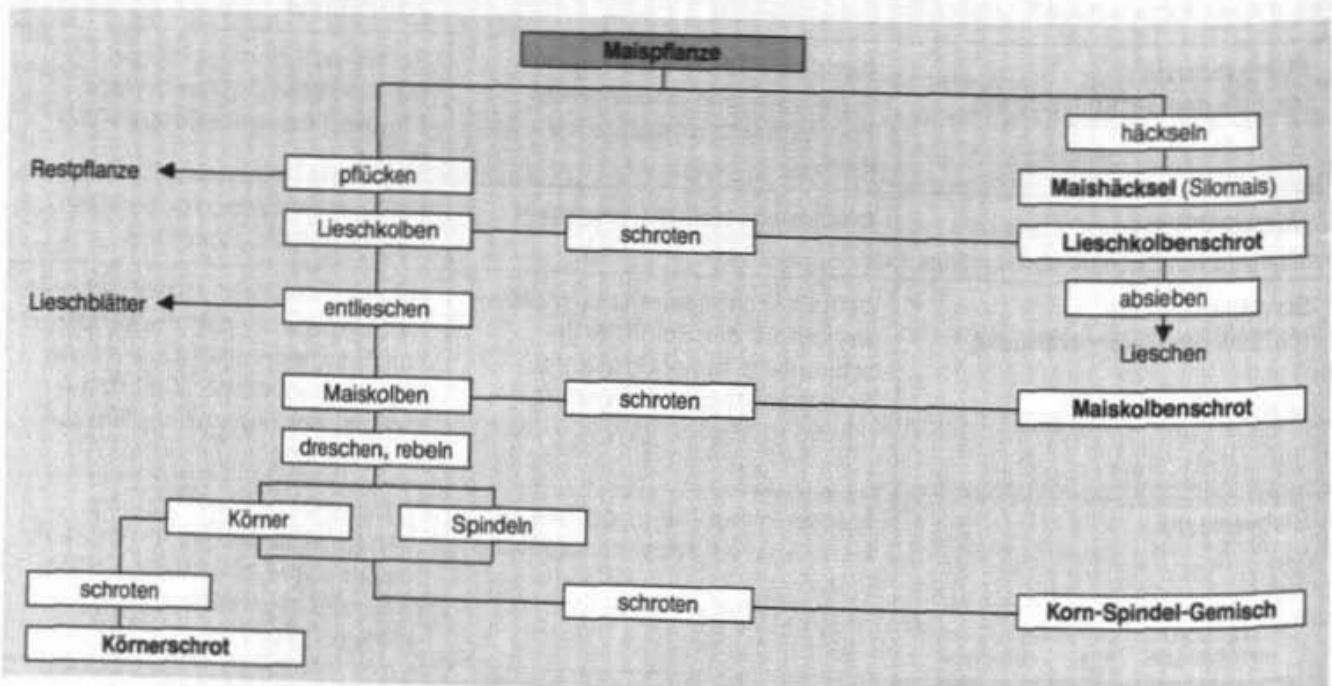


Abb. 245 Ernteverfahren und Erntegüter bei der Feuchtmaisernte.

Tabelle 105 Erntetechnik, Zusammensetzung und Verwertung des Erntegutes bei FeuchtmMais.

Erntemaschine	Erntegut-		Rohfaser- gehalt %	Verwertung über
	bezeichnung	zusammen- setzung ¹⁾		
Lieschkolben- Pflückschroter	Lieschkolben- schrot (LKS)	100% der Körner 100% der Spindeln 80–100% der Lie- schen bis 20% des Sten- gels	10–15	Rinder und Zuchtsauen (nach Absieben der Lieschen und Stengel auch für Mast- schweine)
Maiskolben- Pflückschroter	Maiskolbenschrot	100% der Körner 100% der Spindeln bis 10% der Lie- schen	6–10	vorwiegend Mastschweine (auch Kraftfutter für Rinder und Zuchtsauen), Verfüttern an Geflügel findet zunehmendes Interesse
Pflückdrescher (Pflückrebler)	Maiskorn-Spin- del-Gemisch (CCM)	100% der Körner einstellbarer An- teil der Spindeln (max. ca. 90%)	5–8	

¹⁾ Durch Erntetechnik bedingte Verluste sind nicht berücksichtigt.

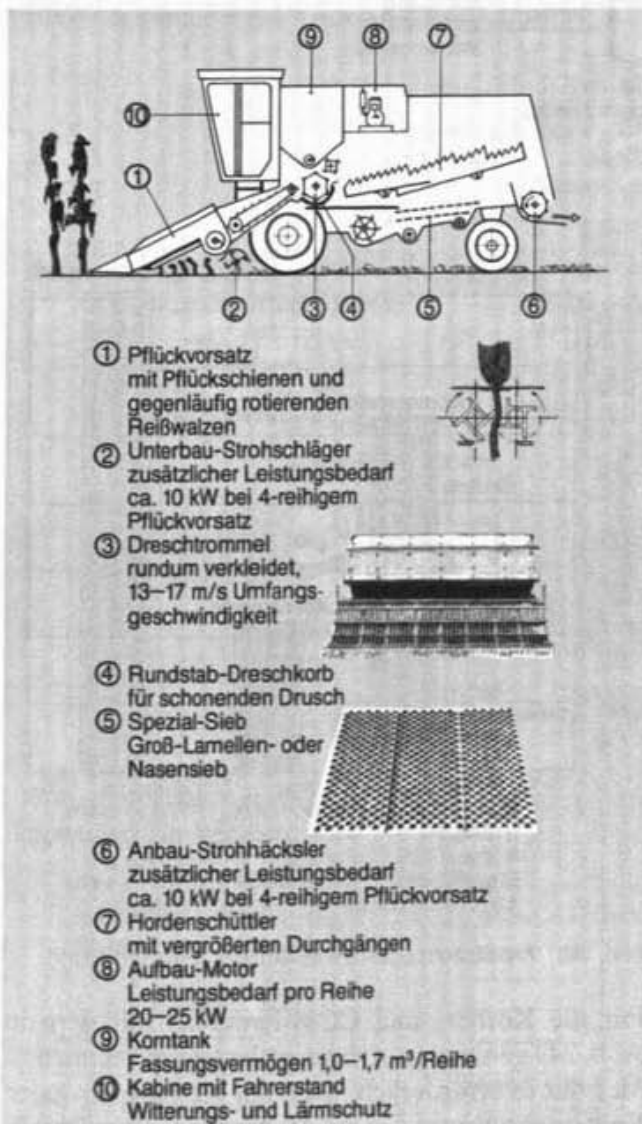


Abb. 246 Aufbau eines Pflückdreschers für die CCM-Ernte.

Verfahrensvergleich – Körnermais mit Rohfaserträgern wird fast ausschließlich durch Silieren in Hoch- oder Flachsilos konserviert.

Bei der CCM-Ernte mit dem Pflückdrescher ist im Gesamt-Verfahrensablauf das Schroten mit einzuplanen. Beim Silieren im Flachsilos, im nichtgasdichten Hochsilos oder im Hochsilos mit Wasserzusatz ist das Schroten vor dem Einlagern erforderlich. Dabei soll die Leistung des Schroters an die Druschleistung der Erntemaschine angepaßt sein.

Bei der Ernte mit einem vierreihigen CCM-Pflückdrescher können Schroter mit **Schlepper-Zapfwellenantrieb** verwendet werden. Diese besitzen schneidende und/oder schlagende Werkzeuge. Einige sind mit Fördervorrichtungen für das Beschicken von Hochsilos ausgerüstet. Der Leistungsbedarf beträgt 8–10 kW/t und h.

Für sechsreihige Pflückdrescher oder im überbetrieblichen Einsatz mit mehreren Pflückdreschern werden dagegen **Hochleistungs-Schroter** mit gesondertem Antriebsmotor und Vorratsbehälter verwendet. Diese mobilen Aggregate können sowohl am Feldrand als auch am Silo stationiert werden.

Bei gasdichten Hochsilos wird das CCM unzerkleinert eingelagert und erst nach der Entnahme in Trocken- oder Naßschrotern zerkleinert.

Für die verschiedenen **Ernteverfahren** liegt der in Abb. 247 und Tabelle 106 (Seite 218 f.) gezeigte Verfahrensablauf von der Ernte bis zum Verfüttern vor. Im Einzelbetrieb ist meist die Erntefläche zu gering, um die Leistung der Erntemaschine voll auslasten zu können. Daher ist die Möglichkeit eines überbetrieblichen Einsatzes zu prüfen und meist vorzuziehen.

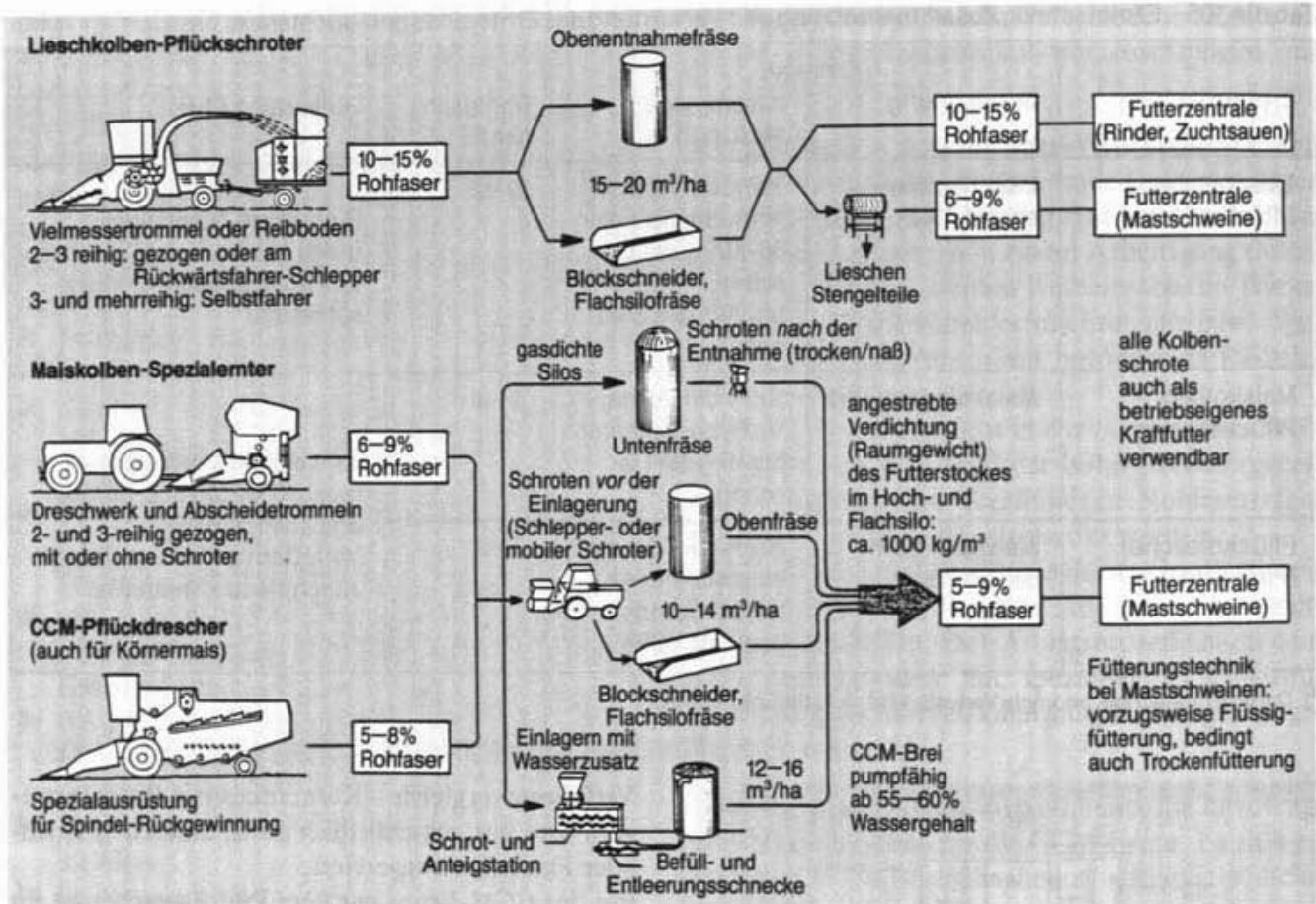


Abb. 247 Ernteverfahren für Kolbenschrote.

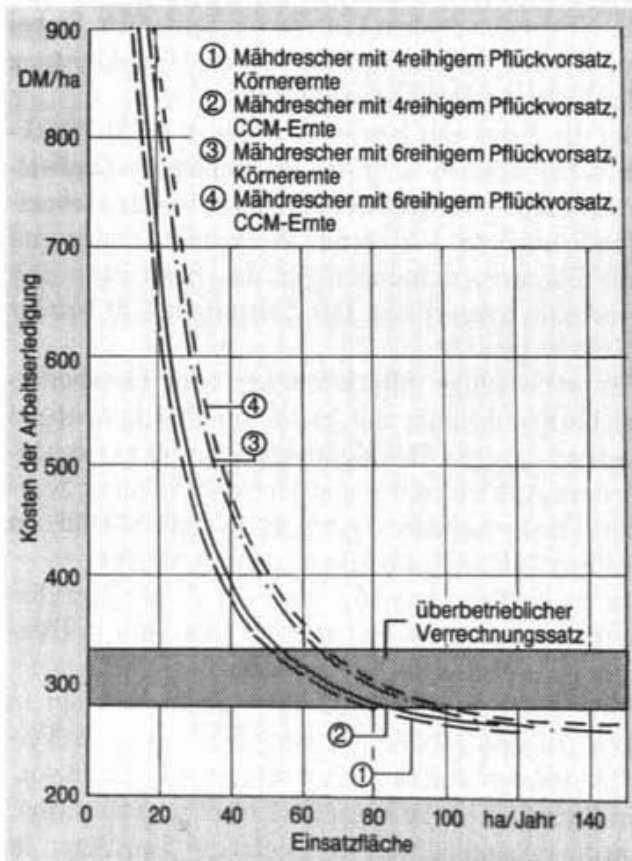


Abb. 248 Kosten der Körnermais- und der Corn-Cob-Mix-Ernte.

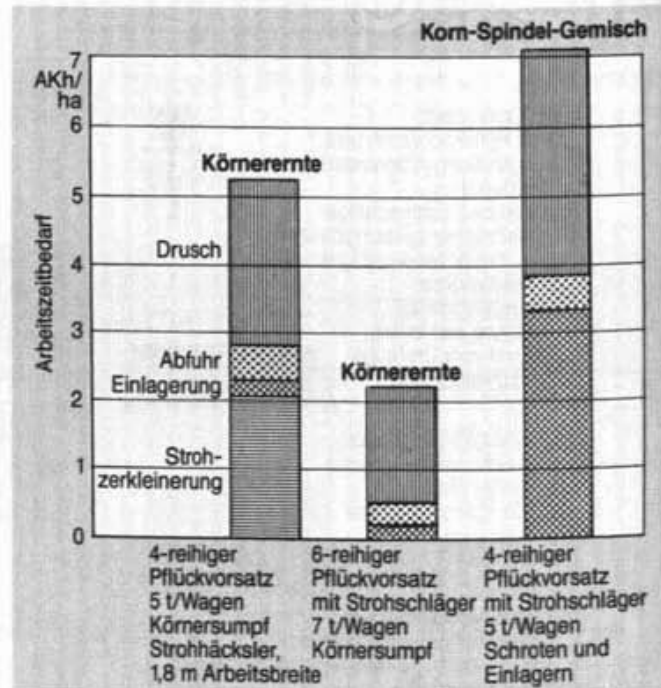


Abb. 249 Arbeitszeitbedarf bei der Körner- und CCM-Ernte.

Für die Körner- und CCM-Ernte ist mit dem in Abb. 249 genannten *Arbeitszeitbedarf* zu rechnen. Meist ist es erforderlich, nach der Körnermais- oder Kolbenschroternte noch Bodenbearbeitungsmaßnahmen oder die Winterweizen-Bestellung durchzu-

führen. Deshalb ist bei den **Folgearbeiten** neben dem Konservieren auch das Zerkleinern des sperrigen

Maisstrohes zu berücksichtigen. Mehrere Verfahren kommen hier zur Anwendung.

Tabelle 106 Ernteverfahren für Maiskolbensilage.

	Lieschkolbenschrot	Maiskolbenschrot	Korn-Spindel-Gemisch (Corn-Cob-Mix)
Ernteleistung ha/h und Reihe	0,2	0,2	0,2
Leistungsbedarf kW/Reihe	25–30	30–40 mit Schroter 20–25 ohne Schroter	ca. 25
Erntemenge dt/ha	110–150	90–110	90–100
Lagerraumbedarf m ³ /ha	15– 20	10– 14	10– 13
Rohfasergehalt und Verwertung	Ernteprodukt: 10–15% (Rinder, Zuchtsauen)	6–10% (Mastschweine)	5–8% (Mastschweine)
	Lieschen abgieselt: 6–9% (Mastschweine)		

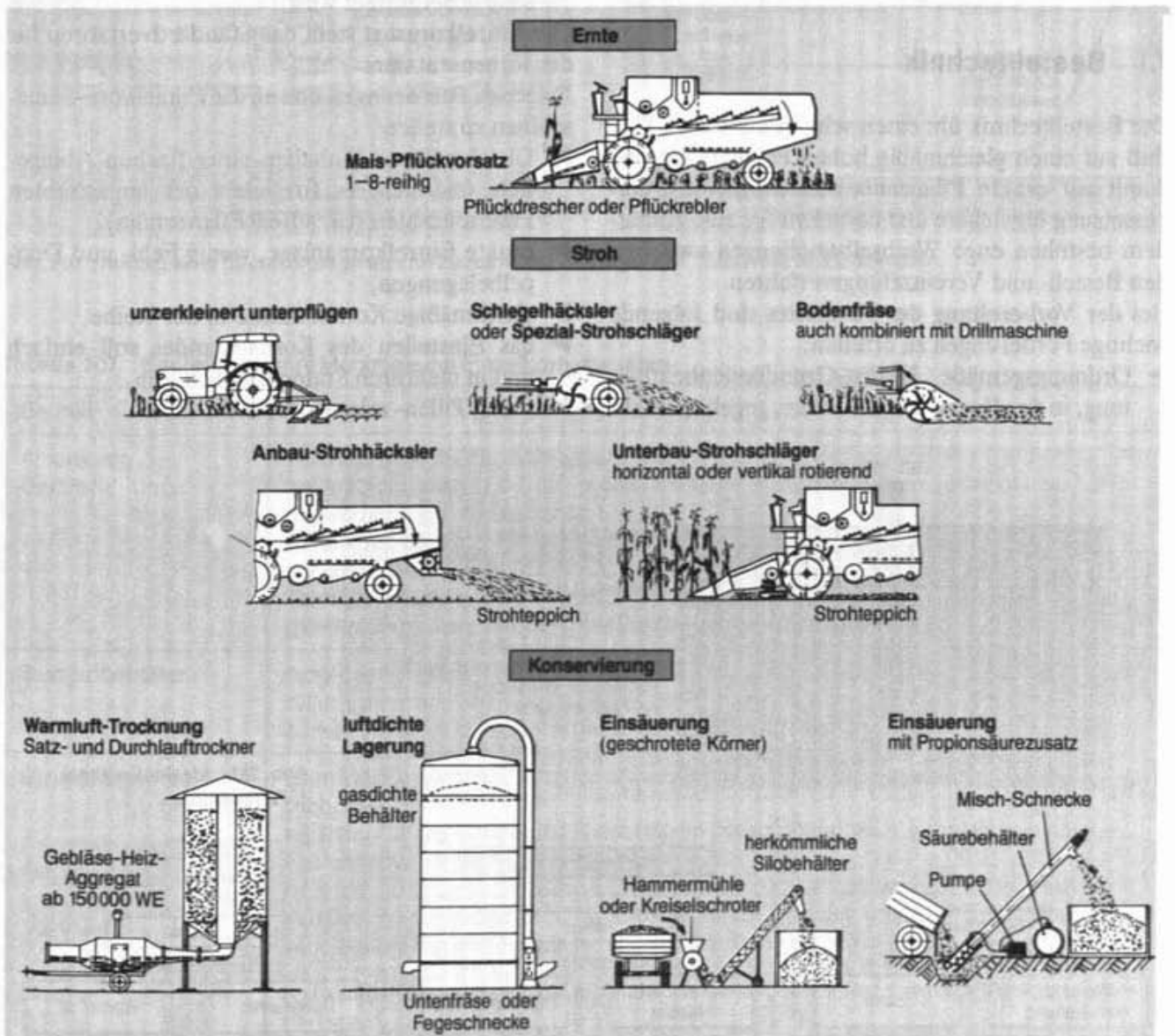


Abb. 250 Übersicht über die Ernte und die Folgearbeiten bei der Maisernte mit Mähdrescher.

7 Zuckerrübenbau

Der Zuckerrübenbau ist vergleichsweise arbeitsintensiv, liefert jedoch hohe Deckungsbeiträge.

Alle produktionstechnischen Maßnahmen sollten darauf hinwirken,

- ▶ sichere und hohe Erträge zu erzielen,
- ▶ alle Möglichkeiten zur Rationalisierung und Kostenminderung auszuschöpfen,
- ▶ einen wirtschaftlichen Maschineneinsatz anzustreben (bei geringem Anbauumfang durch konsequente Nutzung des überbetrieblichen Maschineneinsatzes),
- ▶ eine hohe Qualität der Arbeitserledigung und der Ernteprodukte zu erreichen.

Das Gesamtverfahren Zuckerrübenbau setzt sich aus mehreren Teilbereichen zusammen (Abb. 252).

7.1 Bestelltechnik

Die Bestelltechnik übt einen sehr wesentlichen Einfluß auf einen gleichmäßig hohen Feldaufgang und damit auf exakte Pflanzenbestandszahlen als Voraussetzung für sichere und hohe Erträge aus. Außerdem bestehen enge Wechselbeziehungen zwischen den Bestell- und Vereinzlungsverfahren.

Bei der **Vorbereitung des Saatbettes** sind folgende wichtige Forderungen zu erfüllen:

- ▶ Ordnungsgemäße Herbst-Grundbodenbearbeitung, in der Regel mit dem Pflug, gegebenenfalls

in Kombination mit einem Pflughackel; dadurch soll ein gleichmäßiges Absetzen des Bodens und ein geringer Bearbeitungsaufwand bei der späteren Saatbettvorbereitung sichergestellt werden;

- ▶ flache, feinkrümelige Bodenvorbereitung im Frühjahr (Abb. 251);
- ▶ unbearbeiteter oder mechanisch rückverfestigter Wurzelraum mit funktionsfähigem Kapillarsystem für die Wassernachlieferung aus tieferen Bodenschichten;
- ▶ dadurch ungehinderte und ausreichende Versorgung des Saatgutes mit den wichtigen Keimfaktoren Luft, Wärme und Wasser;
- ▶ Einsatz von Schleppern mit Giterrädern, Zwilling- oder Breitreifen und von Gerätekombinationen, um Fahrspuren und Verdichtungshorizonte zu vermeiden sowie Arbeitsgänge einzusparen;
- ▶ hohe Flächenleistung, damit eine termingerechte Saat sichergestellt wird.

Die **Einzelkornsaat** stellt das Standardverfahren für die Rübensaat dar.

Folgende Forderungen sind an die Einzelkorn-Sämaschinen zu stellen:

- ▶ Gleichmäßiges Einhalten einer flachen Ablagetiefe und sicheres Erreichen der angestrebten Pflanzenzahlen (ca. 80 000 Pflanzen/ha),
- ▶ exakte Einzelkornablage, wenig Fehl- und Doppelbelegungen,
- ▶ gleichmäßige Kornabstände in der Reihe,
- ▶ das Einstellen des Kornabstandes soll einfach und in mehreren Stufen möglich sein,
- ▶ wenig Pillen- oder Kornbruch,

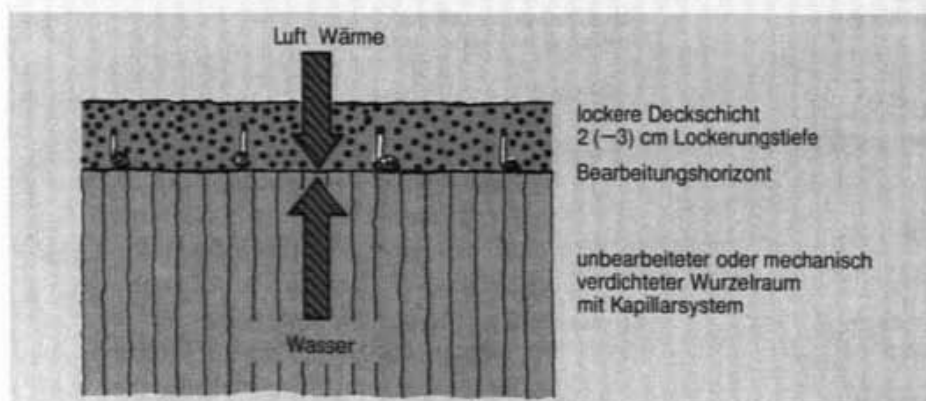


Abb. 251 Ideales Saatbeet für Zuckerrüben.



Abb. 252 Gesamtverfahren Zuckerrübenbau.

- ▶ hohe Flächenleistung durch richtige Arbeitsgeschwindigkeit und Arbeitsbreite,
- ▶ Zusammenfassen von Aussaat, Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutzmaßnahmen in einem Arbeitsgang.

Heute werden bevorzugt mechanische *Spezial-Zuckerrüben-Einzelkornsämaschinen* verwendet. Einige pneumatische Säsysteme lassen sich außer für Rüben auch für Mais einsetzen. Allerdings müssen dann Säorgan, Sächar, Druckrolle und Zustreicher ausgetauscht werden. Aufbau, Bauteile und Funktion sind bei modernen Einzelkorn-Sämaschinen weitgehend vereinheitlicht.

Den einzelnen Bauteilen lassen sich übereinstimmend wichtige Merkmale zuordnen.

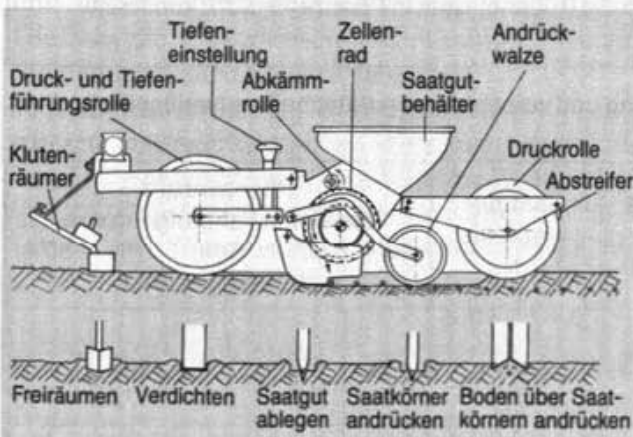


Abb. 253 Aufbau eines Einzelkornsägerätes für Zuckerrüben.

Darüber hinaus ist zu erwarten, daß bei der Rüben-Einzelkornsätechnik in Zukunft elektronische Hilfsmittel z. B. für die Geräte- und Funktionsüberwa-

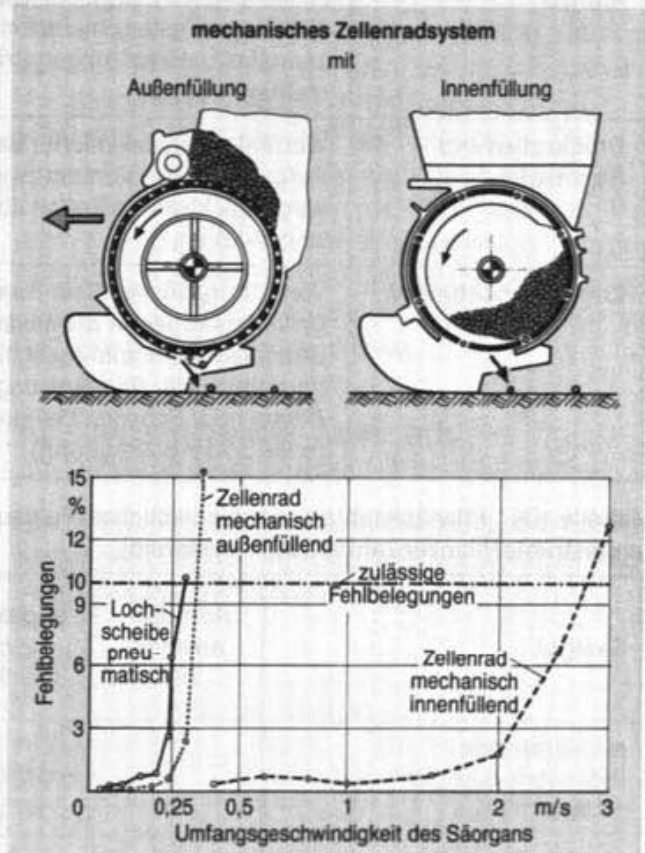


Abb. 254 Sätechnik bei Zuckerrüben.

Tabelle 107 Bauteile und ihre Merkmale bei Einzelkornsägeräten.

Bauteil	Merkmale
Anlenkung, Geräteführung	vorwiegend Anbau im Schlepper-Heckkraftheber, bei Arbeitsbreiten über 3 m werden überstehende Seitenteile eingeklappt oder Langfahrvorrichtungen verwendet; Anlenkung der Einzelgeräte mit Schraub-Klemmverbindungen an Profil-Geräteschiene, Verstellen des Reihenabstandes soll leicht und einfach möglich sein; Tandem-, Parallelogramm- oder kombinierte Führung des Sägerätes, um möglichst gleichmäßige Tiefenführung des Säschares zu gewährleisten
Saatgutbehälter	möglichst großes Fassungsvermögen (bis ca. 18 l/Säorgan), damit mit einer Behälterfüllung eine möglichst große Fläche gesät werden kann; einfache und rasche Entleerbarkeit vor allem bei überbetrieblichem Einsatz wichtig
Sämechanismus	beim mechanischen Säsystem vorwiegend Zellenräder mit Innen- oder Außenfüllung (Abb. 254); bei <i>Innenfüllung</i> unterstützt Fliehkraft die Zellenfüllung; es ist generell eine höhere Fahrgeschwindigkeit möglich; bei <i>Außenfüllung</i> ist die sichere Zellenbefüllung abhängig von der verfügbaren Füllstrecke und der Umlaufgeschwindigkeit des Zellenrades; schräg angeordnete Lochscheiben werden mit synchron rotierendem Kammerrad kombiniert
Sächar	soll keilförmige, spitzwinkelige Saattrinne bilden, damit Verrollen der Körner verhindert wird; geringe Fallhöhe wichtig für exakte Kornablage;

Fortsetzung Tabelle 107 Bauteile und ihre Merkmale bei Einzelkornsäegeräten.

Bauteil	Merkmale
Antrieb	ausschließlich Zentralantrieb; alle Säaggregate gemeinsam von gummibereiften Laufrädern angetrieben; zentrales Untersetzungsgetriebe für Verstellen des Kornabstandes in der Reihe in mehreren Stufen
Druckrollen und Nachläufer	Vielzahl unterschiedlicher Bauformen vorhanden; Aufgaben: guten Kontakt zwischen Samenkorn und Boden schaffen (Keimwasserversorgung), lockeren Boden über das Saatgut schichten, gleichmäßige Erdbedeckung sicherstellen
Zusatzeinrichtungen	Vorrichtung für <i>Herbizid-Bandspritzung</i> zugleich mit der Saat (Bandbreite ca. 20 cm), <i>Granulatstreuer</i> für die Bekämpfung von Bodenschädlingen, <i>Streifenkrümler</i> zum zusätzlichen Lockern und Verfestigen des Saatstreifens, Vorrichtung für <i>Bandkalkung</i> , um Bodenverkrustungen zu verhindern, <i>Räum- oder Schneidscheiben</i> für die Rübeneinsaat in Pflanzenmulch (konservierende Bodenbearbeitung)

Tabelle 108 Pflanzenzahl bei unterschiedlichem Feldaufgang und verschiedenen Säetechniken (weißer Bereich = angestrebte Pflanzenzahl vor dem Vereinzeln).

Saatgut	Kornsoll- abstand cm	abgelegte Körner Stück/ha	Saatgut- ersparnis %	Pflanzenzahl bei einem Feldaufgang von 40% 50% 60% 70% 80% in 1000 Stück/ha				
				40%	50%	60%	70%	80%
mit Vereinzeln Präzisions-Saatgut, pilliert	8	278 000	–	111	139	167	195	–
	9	247 000	11	99	123	148	173	–
	10	222 000	–	–	111	133	155	178
	12	185 000	16	–	92	111	129	148
ohne Vereinzeln Monogerm-Saatgut, pilliert	16	139 000	37	56	70	83	97	111
	18	123 000	45	49	62	74	86	98
	20	111 000	50	44	56	67	78	89
	22	101 000	55	40	51	61	71	81

chung, Getriebesteuerung zur Veränderung der Ablageentfernung Anwendung finden werden.

Eine Sonderlösung stellt das *Sästempelverfahren* dar, bei welchem das Saatgut durch Hohlstempel auf eine bestimmte Ablagetiefe in den Boden gedrückt wird. Dadurch soll unter dem Samenkorn eine verdichtete Bodenzone, bessere kapillare Wasserversorgung des Saatgutes und dadurch ein höherer Feldaufgang erreicht werden.

7.2 Rübenpflege

Die Pflegemaßnahmen umfassen im Rübenbau mehrere **Arbeitsgänge**:

- ▶ Vereinzeln der auflaufenden Pflanzen,
- ▶ mechanische Unkrautbekämpfung (mit Hackmaschine, Unkrautstriegel),
- ▶ chemische Unkraut- und Schädlingsbekämpfung (mit Pflanzenschutzspritze),

- ▶ Maßnahmen zur Bodenpflege (Lockern und Durchlüften des Bodens, Krusten brechen).

Vereinzeln – Die Verfahren für Aussaat und Vereinzeln stehen bei Zuckerrüben in enger Wechselbeziehung. Besonderer Wert wird auf das Anwenden arbeitssparender Vereinzelnungsverfahren gelegt, wobei der jeweils erreichbare Feldaufgang mitentscheidend ist, welches Verfahren anzuwenden ist (Tabelle 108). Derzeit werden zwei **Verfahren** bevorzugt:

- ▶ **Handvereinzeln** im Stehen mit der langen Hacke, Kornabstand bei der Saat ca. 4–12 cm; üblich bei weniger günstigen oder unsicheren Feldaufgangsbedingungen,
- ▶ **vereinzelnungsloser Anbau** (Ablage auf *Endabstand*) – Kornabstand ca. 15–22 cm; nur zu empfehlen, wenn mindestens 60% Feldaufgang sicher zu erreichen sind.

Es sollen möglichst gleichmäßige Pflanzenabstände in der Reihe erreicht werden, um günstige Voraus-

setzungen für die Ernte zu schaffen (vor allem exaktes Köpfen bei hoher Fahrgeschwindigkeit).

Mechanische Unkrautbekämpfung – Bevorzugtes Gerät ist die Hackmaschine, die sich für die Unkrautbekämpfung und Bodenlockerung zwischen den Rübenreihen bereits vor dem Auflaufen der Rüben (Blindhacke) bis kurz vor dem Schließen der Rübenbestände einsetzen läßt.

Beim Heckenbau der Geräte ist zumindest beim Hacken der Rüben im frühen Wuchsstadium eine zweite Person für die Feinsteuerung erforderlich. Bei Standardschleppern mit Frontkraftheber, bei System- und Frontsitzschleppern ist durch den Frontanbau, beim Geräteträger durch den Zwischenachs-anbau eine gute Sichtmöglichkeit auf die Hackgeräte und damit echte Ein-Mann-Arbeit gewährleistet. Gleiches gilt für moderne »selbstführende« Hackmaschinen mit Führungsscheibensechen.

Je nach Wuchshöhe der Rübenpflanzen werden bestimmte Hackwerkzeuge und Werkzeuggruppen verwendet: Kombinationen von Winkelmessern, Gän-

sefußscharen und Hohlschutzscheiben bei kleineren Pflanzen, ausschließlich Gänsefußschare in größeren Pflanzenbeständen.

Netzegen und Hackstriegel lassen sich für die ganzflächige, mechanische Unkrautbekämpfung vor dem Auflaufen der Rübenpflänzchen und nach Erreichen des Zwei-Blatt-Stadiums verwenden.

Chemische Pflanzenschutzmaßnahmen – Für die chemische Unkrautbekämpfung eignen sich die Flächenspritzung (Einsparen von mechanischen Bearbeitungsgängen) und die Bandspritzung (Verringern des Spritzmittelaufwandes um ca. 60%). Dagegen eignet sich für die chemische Schädlingsbekämpfung nur die Flächenbehandlung.

7.3 Vergleich der Saat- und Pflegeverfahren

Ein Vergleich hat die Wechselwirkungen zwischen Saattechnik, Kornabständen und angewandten Pflegemaßnahmen zu berücksichtigen.

Tabelle 109 Pflegemaßnahmen bei unterschiedlicher Saattechnik.

Saattechnik	Saatgut	Kornabstand cm	Ver-einzeln	Pfleßmaßnahmen				Kopf-düngung (mineralisch)
				Hand-hacke	Maschi-nen-hacke	Band-spritzung	Flächen-spritzung	
Einzelkorn-Sämaschine	Präzisions-Saatgut, pilliert	6–8	von Hand mit langer Hacke	1×	2×	x	–	2×
Einzelkorn-Sämaschine	Monogerm-Saatgut, pilliert	10–12		1× ¹⁾	2×	x	–	2×
Einzelkorn-Sämaschine	Monogerm-Saatgut, pilliert	15–22	Vereinzelungsloser Anbau	1× ¹⁾	2×	x	–	2×

¹⁾ Korrektur-Hacke

Tabelle 110 Arbeitszeitbedarf für Saat und Pflege der Zuckerrüben.

Saattechnik	Einzelkorn-Sämaschine mit Bandspritzung			
	Saatgutform	Präzisions-Saatgut, pilliert	Monogerm-Saatgut, pilliert	
Kornabstand	cm	6–8	10–12	15–22
Arbeitszeitbedarf	AKh/ha			
Aussaat	Arbeitsbreite 3 m	2,2	2,2	2,2
Vereinzeln		30–40	15–25	–
Handhacke		10–15	5 ¹⁾	5 ¹⁾
2 × Maschinenhacke	Arbeitsbreite 3 m	5,6 ²⁾	5,6 ²⁾	2,8
Kopfdüngung, 2×4 dt/ha	Anbaustreuer, 10 m Arbeitsbreite	1,2	1,2	1,2
Gesamt-Arbeitszeitbedarf	AKh/ha	59–69	44–54	ca. 11

¹⁾ Korrektur-Hacke ²⁾ mit 2 Arbeitskräften

7.4 Erntetechnik

7.4.1 Allgemeine Anforderungen

Häufig müssen bei der Zuckerrübenenernte gleichzeitig die unter der Erde wachsenden *Rüben* sowie die über der Erde wachsenden *Blätter* geerntet werden. In vielen Betrieben wird jedoch das Blatt zerkleinert, breitflächig verteilt und später als organischer Dünger in den Boden eingearbeitet. Wegen der hohen Erntemengen (500–600 dt Rüben/ha, 400–500 dt Blatt/ha), oftmals ungünstiger Erntewitterung, begrenzter Erntezeitspanne (je nach Klimagebiet 20–50 Feldarbeitstage) und der verschiedenen Folgearbeiten (Grundbodenbearbeitung, Winterweizenbestellung) stellt die Zuckerrübenenernte meist eine erhebliche Arbeitsspitze dar.

Deshalb sind an die **Erntetechnik** bei Zuckerrüben folgende Anforderungen zu stellen:

- ▶ Exaktes Köpfen und schonende Blattgewinnung,
- ▶ vorsichtiges Roden und Nachreinigen,
- ▶ geringe Ernteverluste,

- ▶ hohe Funktionssicherheit aller Bauelemente, auch bei ungünstigen Boden- und Witterungsbedingungen,
- ▶ Vermeiden von Bodenverdichtungen,
- ▶ Eignung für den überbetrieblichen Einsatz.

Das sehr umfangreiche Angebot an Erntemaschinen und -verfahren läßt sich wie in Tabelle 111 gezeigt einordnen.

Die neuere *Namensgebung* verwendet folgende Abkürzungen:

B = Bunker R = Roder
L = Lader S = Schwader

In der Reihenfolge der Arbeitstakte werden die Erntemaschinen benannt. Demnach bedeutet:

- ▶ einphasig: KRB = Köpfrdebunker (früher: Bunkerköpfroder)
- ▶ zweiphasig: KR + LB = Köpfroder (1. Phase) + Ladebunker (2. Phase)

Tabelle 111 Ernteverfahren für Zuckerrüben.

Ernteverfahren	Erntemaschine	Antrieb	Reihen- zahl
einphasige Ernte	mit Bunker Köpfrdebunker Köpfrdebunker Köpfrdebunker	gezogen selbstfahrend um Systemschlepper angeordnet	1, 2, 3 1, 2, 3, 6 1, 2, 6
	mit Lader (für Parallelverfahren) Köpfrdelader Köpfrdelader (Frontköpfer, Heckrodelader)	selbstfahrend am Schlepper angebaut	6 3, 6
zweiphasige Ernte	1. Phase Köpfroder	Schlepper in Schubfahrt, Front- anbau am Schlepper oder ge- zogen	4, 6
	Anbau-Frontköpfer und Heck- roder (Anbau- oder gezogen) Köpfroder	am Schlepper angebaut bzw. gezogen	3, 4, 6
	2. Phase Schwadlader mit oder ohne Zwischenbunker	gezogen	–
	Ladebunker (7,5–12 t)	gezogen	–
dreiphasige Ernte	1. Phase Köpfer im Frontanbau	am Schlepper angebaut	6
	2. Phase Roder mit Schwadablage	Heckanbau am Schlepper oder gezogen	6
	3. Phase Schwadlader oder	gezogen	6
	Ladebunker	gezogen	6

7.4.2 Einphasige Ernteverfahren

Köpfen, Roden und Sammeln der Rüben (und des Blattes) erfolgen bei diesem Verfahren in einem Arbeitsgang und außerhalb des Bereiches von Schlepper- bzw. Selbstfahrer-Triebrädern. Dadurch bleibt die positive Wirkung der Schattengare erhalten. Ziel ist das »Roden aus der unbefahrenen Gare«.

Es wird unterschieden nach Verfahren mit Bunker bzw. mit Lader.

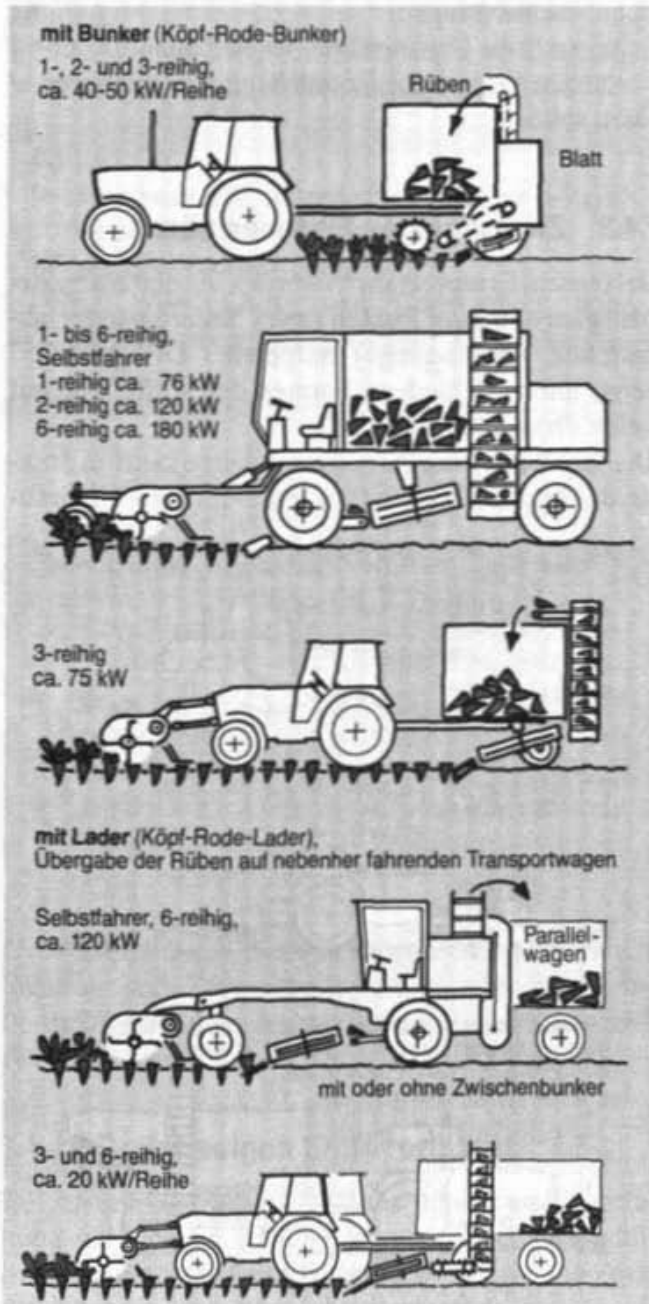


Abb. 255 Einphasige Ernteverfahren.

In einphasigen Ernteverfahren *mit Bunker* können die Rüben (teilweise auch das Blatt) bis zum Feldende mitgenommen und dort auf bereitstehende Transportwagen oder auf eine Feldrandmiete übergeben werden. Bei Maschinen mit Rollbodenbunker ist es möglich, z. B. bei übergroßen Feldlängen die Rüben

während des Rodevorganges auf parallel nebenherfahrende Wagen zu übergeben.

Bei einphasigen Verfahren *mit Lader* ist dagegen nur der Parallelbetrieb möglich. Dabei werden die Rüben während des Rodens kontinuierlich auf nebenherfahrende Transportfahrzeuge übergeladen. Eine reibungslose Organisation der Rübenabfuhr ist dann eine der wesentlichen Voraussetzungen für hohe Verfahrensleistungen.

Für die verschiedenen einphasigen Verfahrenslösungen läßt sich folgende **Bewertung** festhalten:

► Mit Bunker:

- Gezogener Köpf-Rode-Bunker:

Vorteile:

Bei begrenzten Anbauflächen nach wie vor bevorzugtes Ernteverfahren;
für höhere Flächenleistungen auch 2- und 3reihige Maschinen angeboten;
technische Bedienungshilfen, Überwachungs- und automatische Steuerungsvorrichtungen vorhanden (z. B. Rodeschar-Tiefenführung, mittige Führung von Taster und Rodeschar über der Rübenreihe);
dadurch Ein-Mann-Arbeit möglich bei gleichzeitig hoher Arbeitsqualität und Bedienungserleichterung;
schonende und saubere Blatternte.

Nachteile:

begrenzte Saison-Ernteleistung;
hoher Investitionsaufwand pro Reihe;
bei 1reihigen Maschinen hoher Fahrspurenanteil und Gefahr von Bodenverdichtungen.

- Selbstfahrender Köpf-Rode-Bunker:

Vorteile:

Sehr kompakte und wendige Maschine;
durch Frontkabine gute Sicht auf Köpfer und Rodeorgane;
bei 6reihigen Maschinen hohe Saison-Ernteleistung, typische Maschine für den überbetrieblichen Einsatz, hohes Bunkerfassungsvermögen.

Nachteile:

Hohes Gesamtgewicht, vor allem bei gefülltem Rübenbunker (25–30 t);
Gefahr von erhöhtem Bodendruck und -strukturen;
hoher Gesamt-Investitionsaufwand (450 000 bis 500 000 DM bei 6reihiger Maschine);
bei 1reihigen Maschinen wesentlich höhere Investitionen und Kosten der Arbeitserledigung als bei gezogenen Maschinen.

- Maschinen mit Rodebunker:

Vorteile:

Köpfer frontseitig angebracht, gut zu überwachen;
großes Fassungsvermögen des Ladebunkers;
bei zunehmender Bunkerfüllung steigende Belastung der Schlepper-Triebräder und bessere Zugkraftübertragung.

Nachteile:

Schlepper fährt durch geköpfte Rübenreihen, Spezialbereifung erforderlich und Gefahr von Rübenbeschädigungen;
Schlepper mit Frontzapfwelle und Frontkraftheber erforderlich;
größeres Vorgewende als bei Selbstfahrer.

- Schlepper mit Köpfer und Lader:

Vorteile:

Geringer Investitionsaufwand;
Gewichtsausgleich durch Frontköpfer und Heck-Rodelader.

Nachteile:

Schlepper fährt durch geköpfte Rübenreihen, Spezialbereifung erforderlich, da Gefahr von Rübenbeschädigungen;
einwandfreie Organisation der Rübenabfuhr unerlässlich, wenn hohe Ernteleistungen erzielt werden sollen.

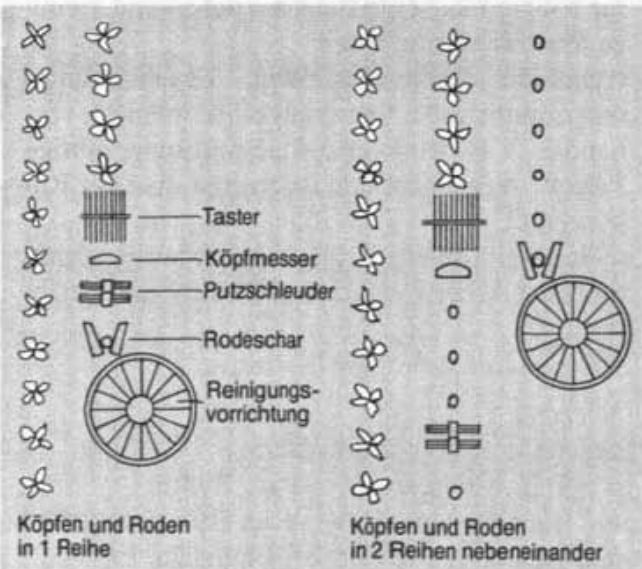


Abb. 256 Erntesysteme bei Köpf-Rode-Bunkern.

► **Mit Lader:**

- Selbstfahrer mit Anbau-Lader:

Vorteile:

Hohe Saison-Ernteleistung;
gute Sicht auf Köpf- und Rodeorgane;
Roden der Rüben vor den hinteren Triebädern;
Zwischenbunker möglich, dadurch Zeitersparnis beim Wagenwechsel.

Nachteile:

Hoher Gesamt-Investitionsaufwand;
Spezial-Maschine für die Zuckerrübenenernte mit hohen Kosten;
einwandfreie Organisation der Rübenabfuhr erforderlich, wenn hohe Ernteleistungen erzielt werden sollen.

7.4.3 Zweiphasiges Ernteverfahren

Bei diesem Ernteverfahren werden die einzelnen Arbeitsgänge in zwei Phasen (zwei hintereinander ablaufende Arbeitsgänge) aufgeteilt. Die Abb. 257 zeigt, daß verschiedene Formen der Aufteilung auf beide Phasen möglich sind.

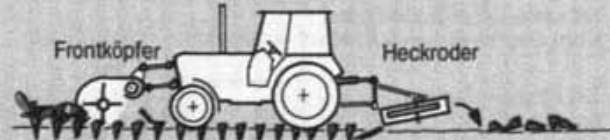
Die Anlenkung der Arbeitswerkzeuge kann an Standard-Allradschleppern (mit Front- und Heckhydrau-

1. Phase: Köpfen und Roden, Rübenablage auf Längsschwad

Schlepper mit Rückfahreinrichtung
ca. 20-25 kW/Reihe



Allradschlepper mit Fronthydraulik und -zapfwelle
ca. 20-25 kW/Reihe



2. Phase: Schwadaufnahme, Nachreinigung der Rüben, Laden im Parallelbetrieb auf nebenher fahrenden Transportwagen oder in Ladebunker
ca. 60-65 kW/ Schwad (6 Reihen)



ca. 100-105 kW/6 Reihen



Abb. 257 Zweiphasiges Ernteverfahren.

lik sowie Front- und Heckzapfwelle) und an Systemschleppern erfolgen. Selbstfahrende Motortriebsätze werden kaum noch angewendet.

Auch beim zweiphasigen Rübenernteverfahren wird angestrebt, das Roden bereits *vor* den ersten Laufrädern vorzunehmen. Falls dies (z. B. bei Verwendung des konventionellen Allradschleppers) nicht möglich ist, ist durch die Wahl der richtigen Bereifung (meist Doppelbereifung) dafür zu sorgen, daß die Laufräder keine Schäden an den Rüben verursachen können.

Für das zweiphasige Ernteverfahren sind folgende Vor- und Nachteile als **Bewertung** festzuhalten:

Vorteile:

- ▶ Standard- und Systemschlepper ohne Spezialausrüstung verwendbar;
- ▶ geringer Investitionsaufwand;
- ▶ bei Verwendung von Ladebunker hohe Bergeleistung bei geringem Organisationsaufwand.

Nachteile:

- ▶ Wegen Ablage der Rübenschwaden auf den Boden erhöhte Verschmutzungsgefahr;
- ▶ beim Köpfen + Roden mit Allradschlepper fährt der Schlepper durch die geköpften Rübenreihen; Spezialbereifung erforderlich und erhöhte Gefahr von Rübenbeschädigungen;
- ▶ bei Verwendung von Schwadladern gleichzeitig mehrere Schlepper und Arbeitskräfte erforderlich;
- ▶ einwandfreie Organisation der Rübenabfuhr notwendig, wenn hohe Verfahrensleistungen erzielt werden sollen.

Das zweiphasige Ernteverfahren hat sich durch Straffen und Zusammenfassen verschiedener Arbeitsgänge aus dem dreiphasigen Rübenernteverfahren entwickelt und hat dieses fast völlig abgelöst.

7.4.4 Dreiphasiges Ernteverfahren

Bei diesem Verfahren, welches unter der Bezeichnung »französisches Rübenernteverfahren« bekannt geworden ist, sind die Einzelarbeitsgänge auf drei Arbeitstakte (drei Phasen) verteilt.

Die nachfolgend aufgeführten Nachteile sind derzeit so bedeutsam, daß das dreiphasige Verfahren weitgehend an Bedeutung verloren hat.

Für sämtliche mehrphasige Verfahren sowie für Verfahren mit Parallelbetrieb gilt, daß die mögliche **hohe Verfahrensleistung** nur dann zu erreichen ist, wenn die gleichzeitig erforderliche Anzahl von Arbeitskräften, Schleppern und Transportfahrzeugen

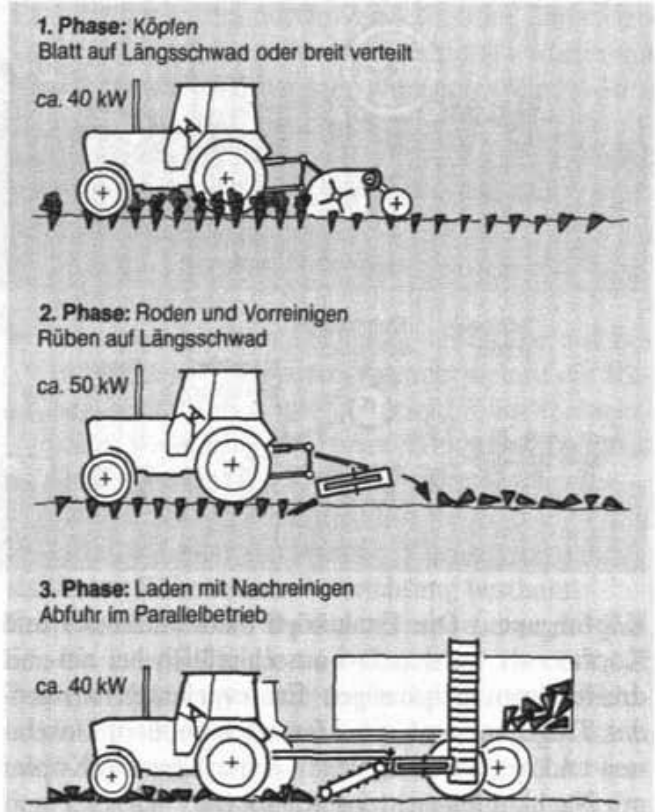


Abb. 258 Dreiphasiges Ernteverfahren.

vorhanden und eine reibungslose Organisation der Rüben- und Blattabfuhr gewährleistet ist.

Folgende **Beurteilungskriterien** gelten für dieses Verfahren:

Vorteile:

- ▶ Einfache Mechanisierung mit geringem Investitionsaufwand;
- ▶ Einzelgeräte sehr funktionssicher und einfach zu überwachen;
- ▶ keine speziellen Anforderungen an Schleppeerausstattung.

Nachteile:

- ▶ Beim Köpfen und Roden muß Schlepper durch die Rübenreihen fahren; erhöhte Beschädigungsgefahr;
- ▶ wegen Ablage der Rüben auf den Boden erhöhte Verschmutzungsgefahr;
- ▶ höchster Schlepper-, Arbeitskräfte- und Organisationsaufwand aller Ernteverfahren.

7.4.5 Vergleich der Bauteile

Ein Systemvergleich zeigt, daß in Abhängigkeit von dem jeweiligen Köpfsystem eine sehr unterschiedliche Bauweise und Anordnung der Bauteile für Köpfen, Roden, Reinigen und Bergen der Rüben sowie die Rübenblattverarbeitung verwendet wird.

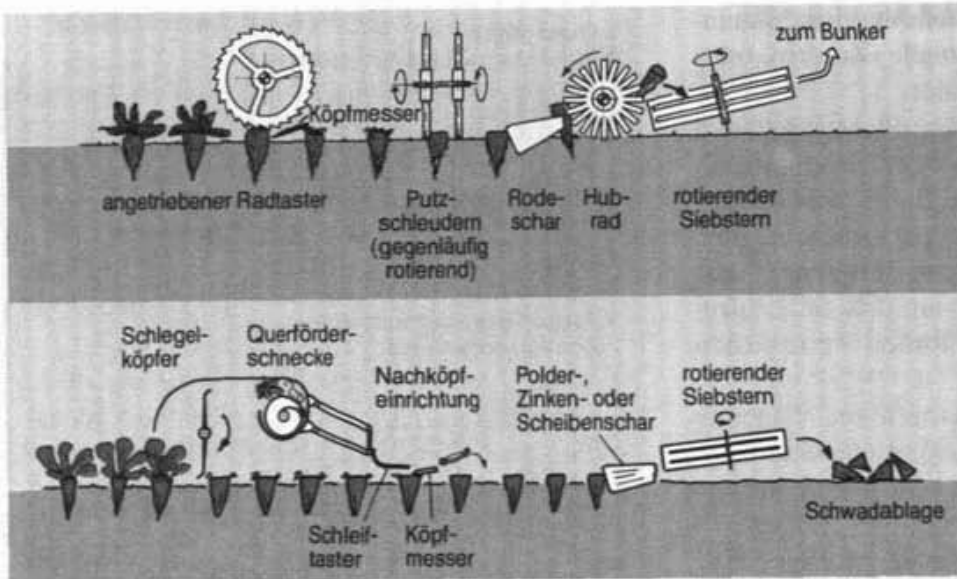


Abb. 259 Köpfsysteme; oben Exaktköpfer, unten Schlegelköpfer.

Köpfforgane – Die Exaktköpfer mit Radtaster und Köpfmesser werden fast ausschließlich bei ein- bis dreireihigen, einphasigen Ernteverfahren verwendet. Dagegen werden bei fast allen anderen Maschinen und Verfahren Schlegel- (oder Kreisel-) Köpfer mit Nachköpfeinrichtung eingesetzt. Beim Köpfen der Rüben sind einige wichtige **Abmessungen** zu berücksichtigen.

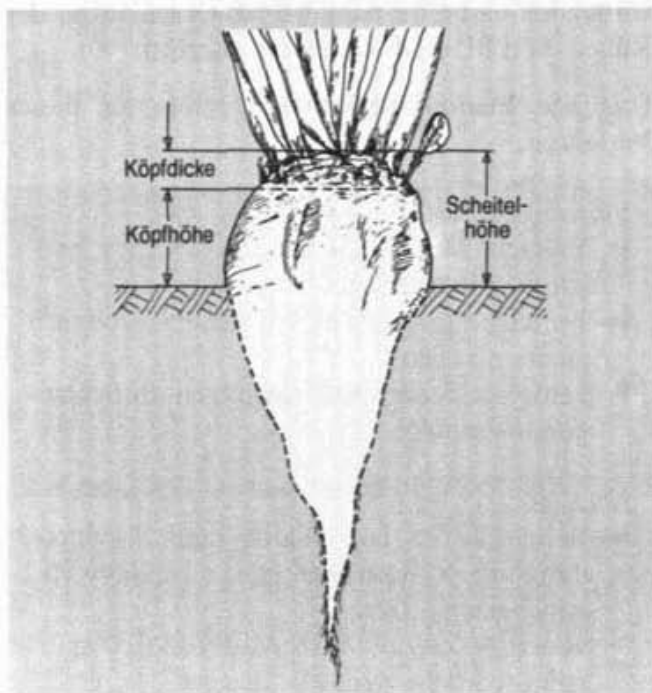


Abb. 260 Bezeichnung der beim Köpfen wichtigen Abmessungen an einer Zuckerrübe.

Die **Scheitelhöhe** kennzeichnet die Wuchshöhe der Rüben über der Erdoberfläche. Das Einhalten der richtigen **Köpfhöhe** und **Köpfdicke** ist aus wirtschaftlichen Gründen sehr wichtig, da zu tiefes Köpfen (große Köpfdicke) einen erheblichen Verlust an Rübenmasse verursacht. Zu hohes Köpfen (geringe Köpfdicke) führt zu erhöhten Schmutzabzügen durch Grünblattanteile.

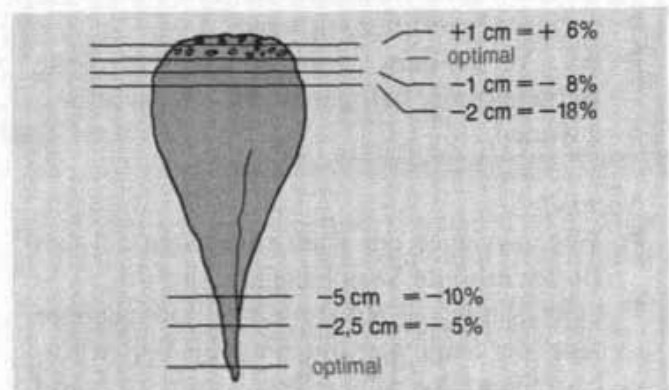


Abb. 261 Einfluß der Köpfhöhe und des Wurzelbruches auf den Massenertrag.

Beim **Exaktköpfer** tastet der mechanisch oder hydraulisch angetriebene Radtaster die Höhe der Rübenköpfe ab. Das damit gekoppelte und im Abstand stufenlos verstellbare Köpfmesser wird dadurch stets in der richtigen Köpffosition geführt.

Eine einwandfreie Köpfarbeit ist zu erwarten bei:

- ▶ Gleichmäßigen Rübenabständen in der Reihe (mindestens 15 cm),
- ▶ einer dem Rübenbestand angepaßten Fahrgeschwindigkeit,
- ▶ einer raschen Reaktion des Köpfformmechanismus auf unterschiedliche Scheitelhöhen durch zweckmäßige Konstruktion (geringe Massen, Rückholfeder, Trennen von Köpfforgan und Blattförderer),
- ▶ richtigem Einstellen der Putzschleuder.

Die nachgeschaltete Putzschleuder hat die Aufgabe, restliche Blatteile zu entfernen. Sie kann längs, quer oder im verstellbaren Winkel zur Rübenreihe angeordnet sein. Die sternförmigen Gummiflügel sind einfach oder doppelt (gegenläufig rotierend) angeordnet und meist in der Drehzahl verstellbar.

Der **Schlegelköpfer** ist mit gegenläufig rotierenden Schlegelwerkzeugen ausgestattet. Die Köpfhöhe für

sämtliche Rübenreihen wird gemeinsam über Tasträder eingestellt. Um höhere Verluste an Rübenmasse zu vermeiden, wird meist zu hoch geköpft. Daher ist für jede Reihe eine gesonderte Nachköpfeinrichtung (vorzugsweise Schleiftaster mit Köpfmesser) erforderlich.

Rodeorgan – Es hat die Aufgabe, die Rüben möglichst verlustfrei (= ohne Abbrechen der Rübenwurzeln) aus dem Boden zu heben. Bei einigen Fabrikanten sind zwischen Rodeorgan und Siebvorrichtung sternförmige Hubräder angebracht, welche die Rüben sicher in die höher liegende Siebvorrichtung transportieren. Bei anderen lassen sich die Rodeorgane mit einer Selbstführung oder Rüttelvorrichtung ausrüsten. Automatische Führungseinrichtungen für die Längs- und Tiefenführung setzen sich zunehmend durch.

Für die wichtigsten Rodeorgane lassen sich einige Kennzeichen festhalten (Abb. 262).

Reinigungsvorrichtungen – Sie sollen auch bei weniger günstigen Einsatzbedingungen eine einwandfreie und dennoch schonende, verlustarme Reinigung der Rüben gewährleisten. Vorwiegend werden ein- oder mehrfach angeordnete, schräg angestellte Siebsterne verwendet. Ihre Wirkung läßt sich den jeweiligen

Erntebedingungen durch Verstellen der Siebsterndrehzahl, Umkehren der Drehrichtung und Einbau von Rückhaltevorrichtungen anpassen. Wendel-Reinigungswalzen, Reinigungsketten oder Doppelstabschneidbänder haben dagegen nur geringe Verbreitung. **Rübenbergung** – Für das Bergen der Rüben sind folgende **Verfahren** üblich:

- ▶ Transport bis zum Feldende und Anlegen einer Feldrandmiete,
- ▶ Transport bis zum Feldende, Übergabe auf betriebseigene Transportfahrzeuge, welche die Rüben weitertransportieren (zum Zwischenlagerplatz, Verladebahnhof oder direkt zur Zuckerfabrik).

Die Möglichkeiten für den Transport der Rüben zum Feldende werden von der auf der Erntemaschine installierten Rübensammelvorrichtung bestimmt.

Erntemaschinen mit Bunker transportieren die Rüben bis zum Feldende und übergeben sie dort auf Transportfahrzeuge oder legen sie auf einer Feldrandmiete ab. Das *Bunker-Fassungsvermögen* kann nach den vorliegenden Schlaglängen gewählt werden. Es reicht bei modernen Erntemaschinen für ca. 1000 m Rübenreihe (bei ca. 600 dt Rüben/ha). Bei Schlaglängen bis 500 m müssen deshalb lediglich an





Rodeorgan	Kennzeichen	Bodenart
 <p>Polderschar</p>	<p>Universalschar, schonendes Roden auch bei sehr unterschiedlichen Bodenverhältnissen möglich; einzige Scharform, bei welcher eine »Selbstführung« möglich ist; seitliche und Höhenführung kann automatisch geregelt werden</p>	für alle Böden, nicht zu stark verhärtet
 <p>Doppelzinkenschar</p>	<p>die spitzen Rundzinken dringen leicht in den Boden ein, da sie ständig »auf Griff« stehen; keine Selbstführung möglich</p>	für stark verhärtete Böden
 <p>Doppelrad-Rodeschar</p>	<p>zwei synchron rotierende, von der Zapfwelle angetriebene Radschare heben die Rüben schonend aus dem Boden; geringer Zugkraftbedarf, aber teuer; keine Selbstführung möglich</p>	für gut rodefähige Böden
 <p>Scheiben-Rodeschar</p>	<p>glatte oder leicht gewölbte Scheiben, leicht schräg zur Fahrtrichtung angestellt, schneiden tief in den Boden und heben den Boden mit den Rüben heraus; hohe Verschmutzungsgefahr, vor allem bei feuchten Bodenverhältnissen; keine Selbstführung möglich</p>	für verhärtete, trockene Böden

Abb. 262 Rodeorgane für die Zuckerrübenerte.

einem Feldende die Transportfahrzeuge stehen oder Feldrandmieten angelegt werden. Je größer das Bunkerfassungsvermögen, desto mehr muß darauf geachtet werden, daß zum Vermeiden von Bodendruck und tiefen Fahrspuren die Erntemaschine mit großvolumiger Bereifung ausgestattet ist. In Betrieben ohne Blattbergung ist das Feld sofort frei für die folgende Bodenbearbeitung.

Bei **Erntemaschinen mit Lader** werden die Rüben im Parallelverfahren abtransportiert. Ladegerät und Schlepper mit Transportwagen (oder Lkw) fahren ständig nebeneinander, wobei die Rüben *kontinuierlich* auf das nebenherfahrende Transportfahrzeug übergeben werden. Um beim Wagenwechsel Verlustzeiten einzusparen, sind einige moderne Lader mit einem kleinen *Vorratsbunker* ausgestattet, in welchem die Rüben beim Wagenwechsel gesammelt werden.

Als *Transportfahrzeuge* lassen sich übliche Ein- und Zweiachsanhänger verwenden. Dagegen beschränkt sich der Einsatz von Lastkraftwagen auf den überbetrieblichen Einsatz.

Für das *Aufladen* der Rüben aus der Feldrandmiete eignen sich vor allem Frontlader, Frontgreifer, Radlader, mechanische und hydraulische Hecklader. Die Verwendung von speziellen Reinigungsbändern an der Feldrandmiete gewinnt an Bedeutung, da hiermit meist ein deutlich geringerer Schmutzanteil zu erreichen ist.

Rübenblattverarbeitung – Bei der Blattverarbeitung sind verschiedene **Verfahren** üblich (Abb. 263). Derzeit werden ca. 60% des Rübenblattes geerntet, frisch verfüttert bzw. einsiliert.

Beim **Langblattverfahren** wird das unzerkleinerte Rübenblatt von der Erntemaschine auf Quer- oder Längsschwaden im Feld abgelegt. Bei *Querschwadablage* entstehen Blattschwaden mit ca. 120 kg Blattgewicht je laufender Meter. Die Aufnahme dieser Schwaden erfolgt mit mobilen Ladegeräten (z. B. Frontlader, Frontgreifer, mechanische oder hydraulische Hecklader).

Bei *Längsschwadablage* wird das Blatt von 4–6 Rübenreihen mit einer verstellbaren Blattrutsche auf einen Schwad abgelegt. Da das Schwadgewicht nur

ca. 10 kg Blatt je laufender Meter beträgt, ergibt sich im Vergleich zum Querschwad eine 6–10mal größere Bodenberührung und entsprechend hohe Verschmutzungsgefahr. Deshalb müssen die Aufnahmeorgane der Ladegeräte (z. B. Ladewagen, Feldhäcksler) gut eingestellt werden. Außerdem ist zu starkes Vermusen des Blattes zu vermeiden.

Für das **Kurzblattverfahren** ist der Köpfrödebunker mit einem Schneidgebläse ausgestattet. Der Zerkleinerungsgrad ist verstellbar. Bei Erntemaschinen mit Schlegelköpfer erfolgt die Zerkleinerung des Blattes bereits beim Köpfrvorgang.

Kurzblatt soll sofort in einem Blattbunker gesammelt oder auf einem nebenherfahrenden Wagen übergeladen werden. Bei Ablage auf Längs- oder Querschwaden besteht zu hohe Verschmutzungsgefahr.

Das Raumgewicht von Kurzblatt ist mit 300–450 kg/m³ ca. 2–3mal so groß wie bei Langblatt. Dadurch läßt sich eine bessere Ausnutzung des Transportraumes und eine gute Dichtlagerung im Silo erreichen. Das **Einarbeiten in den Boden** als organischer Dünger geschieht aus ackerbaulichen Gründen. Gutes Zerschlagen und breitwürfiges Verteilen des Blattes begünstigt das spätere Einarbeiten in den Boden mit Pflug oder Schälgrubber.

7.4.6 Verfahrenvergleich

Ein Vergleich der verschiedenen Ernteverfahren hat neben den arbeitswirtschaftlichen auch ökonomische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Aber auch spezielle Standortbedingungen wie z. B. die Anzahl rodefähiger Tage, die Möglichkeiten zur Nutzung des mehrbetrieblichen Maschineneinsatzes, die einzelbetriebliche Ausstattung mit Arbeitskräften, Schlepfern und Transportfahrzeugen sowie bodenschonende Durchführung der Ernte können einen wesentlichen Einfluß auf die Wahl eines bestimmten Ernteverfahrens nehmen (Tabelle 112).

Darüber hinaus gilt es, bei der Auswahl, der technischen Ausstattung und dem Einsatz der Erntemaschinen die Frage der Ernteverluste besonders sorgfältig zu beachten. Ein Vergleich der Ernteverluste

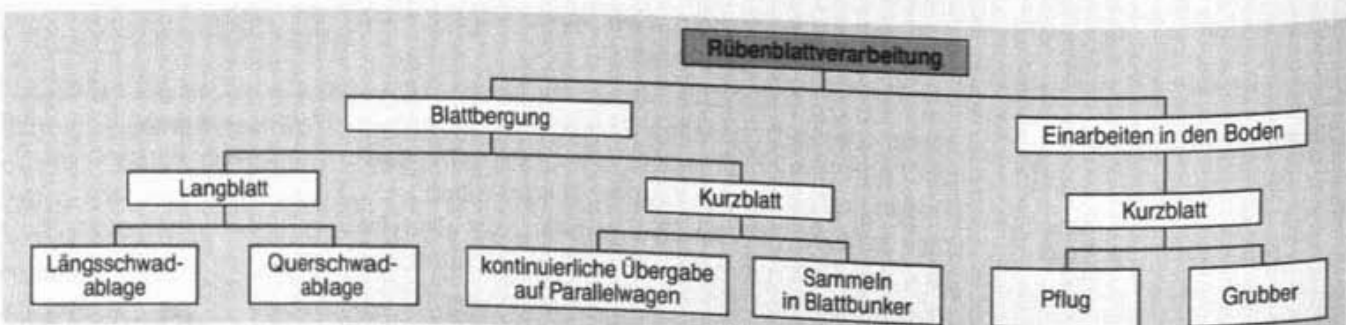


Abb. 263 Verfahren der Rübenblattverarbeitung.

Tabelle 112 Vergleich einiger Zuckerrübenernteverfahren ohne Blattbergung.

Verfahren Reihenzahl Antriebsart	KRB ¹⁾ 1 gezogen	KRB 2 gezogen	KRB 6 Selbstfahrer	KRL ²⁾ 6 Selbstfahrer	KR + LB 6 gezogen	KR + L ²⁾ 6 gezogen
Arbeitsgänge	1	1	1	1	2	2
Bedarf an Arbeitskräften	1	1	1	3	2	4
Schlepperbedarf	1	1	–	2	2	4
Arbeitszeitbedarf AKh/ha	6,4	3,5	1,25	3,9	2,7	5,4
Tagesleistung (in 8 h) ha	1,3	2,3	6,4	6,2	5,9	5,9
Kampagneleistung (30 Rodetage) ha	39	70	192	186	177	177

¹⁾ Köpf-Rode-Bunker; Köpf-Rode-Lader

²⁾ einschließlich Transport zum Feldende im Parallelbetrieb

Tabelle 113 Vergleich der Verluste bei der vollmechanischen Ernte verschiedener Feldfrüchte.

Kulturart	mittlerer Ernte- verlust %	Ertrag dt/ha	Ernteverlust dt/ha	Preis ca. DM/dt	Ernteverlust DM/ha
Getreide	2–3	60	1,2–1,8	42	50–76
Körnermais	4–5	70	2,8–3,5	45	126–158
Kartoffeln	2–4	350	7–14	20	140–280
Zuckerrüben	7–9	500	35–45	9,50	330–425

bei verschiedenen Fruchtarten läßt erkennen, daß bei Zuckerrüben das weitaus höchste Verlustniveau besteht (Tabelle 113).

Neue technische Einrichtungen, z. B. automatische Richtungs- und Tiefenführungsorgane, sollen daher konsequent benutzt werden. Damit kann ein wesentlicher Beitrag zur Verlustminderung im Zuckerrübenbau geleistet werden.

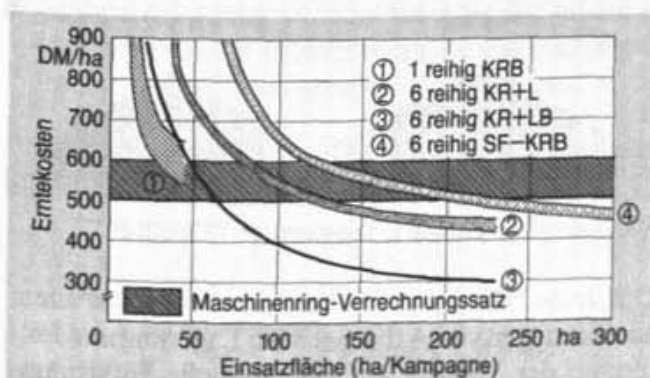


Abb. 264 Verfahrenskosten der Zuckerrübenernte (ohne Blattbergung).

8 Futterrübenanbau

Der Strukturwandel in der Landwirtschaft, zunehmender Anbau von Silomais und der hohe Arbeitsaufwand haben dazu geführt, daß der Anbau von Futterrüben rückläufig ist. Dennoch behalten die Futterrüben regional eine gewisse Bedeutung, denn sie bringen auch bei ungünstigen Standortbedingungen relativ hohe und sichere Erträge. Außerdem können sie mit neuen Mechanisierungsverfahren rationell erzeugt und verwertet werden.

8.1 Bestellung und Pflege

Bei Bestellung und Pflege bestehen ähnliche Anforderungen wie im Zuckerrübenbau. Auch die angewandten Mechanisierungslösungen und Arbeitsverfahren sind weitgehend identisch.

8.2 Erntetechnik

Die angestrebte Verringerung des Arbeitszeitbedarfes bei der Futterrübenenernte (in der Handarbeitsstufe 85–120 Akh/ha ohne Blattbergung) läßt sich nur durch eine konsequente Mechanisierung der gesamten Erntekette erreichen. Dabei sind an die Erntetechnik folgende **Anforderungen** zu stellen:

- ▶ Verlustarme Aufnahme der Rüben, auch bei weniger standfesten Sorten,
- ▶ geringer Schmutz- und Blattanteil im Erntegut,
- ▶ keine Beschädigungen am Rübenkörper,
- ▶ hohe Flächenleistung.

Bevorzugte Erntemaschine ist der Futterrübenvollernter mit Sammelbunker. Halbmechanische oder zweiphasige Verfahren werden nur noch vereinzelt angewandt.

Futterrübenvollernter arbeiten am besten in blattreichen, aufrecht stehenden Rüben mit nicht zu tiefem Sitz im Boden. Die Rüben werden durch umlaufende, endlose Raufriemen am Blatt erfaßt und aus dem Boden gezogen. Auf festen Böden erleichtern Lokkerungsschare das Herausziehen. Die von den Raufriemen erfaßten Rüben werden anschließend durch rotierende oder feststehende Messer geköpft.

Das Blatt kann aus mehreren Reihen zu Längsschwaden zusammengefaßt, in einem Zwischenbehälter gesammelt und in Querschwaden abgelegt oder zum Unterpflügen breitwürfig verteilt werden. Die Rüben werden nach dem Reinigen (mit einem Sternrad) in den Kipp- oder Kratzbodenbunker gefördert, dessen Fassungsvermögen 15–25 dt beträgt. Bei einem Ertrag von 1000 dt/ha und 50 cm Reihenweite ist der Bunkerinhalt ausreichend für eine Fahrstrecke von 300–500 Metern.

Bei **Wagenrodern** ist eine seitlich ausschwenkbare Fördervorrichtung vorhanden, über welche die Rüben stetig auf einen nebenherfahrenden Wagen (Parallelbetrieb) übergeladen werden.

Da die Futterrüben-Anbaufläche je Einzelbetrieb meist unter 1 ha liegt und die Maschineninvestitionen relativ hoch sind, werden die Futterrübenvollernter fast ausschließlich überbetrieblich eingesetzt.

8.3 Rübenlagerung

Die Möglichkeiten zur mechanisierten Einlagerung und Entnahme der Futterrüben werden weitgehend von der Bauform und der Anordnung der Lagerbehälter sowie der Rüben-Aufbereitung bestimmt. Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen:

- ▶ Feldrandmiete
- ▶ Mietenlagerung am Hof

- ▶ Silierung der Futterrüben (gegebenenfalls Mischsilage mit Silomais)

Feldrandmieten werden durch direktes Entleeren des Rübenbunkers bzw. Transportwagens angelegt. Die Schlagkraft ist zwar hoch, die Schütthöhen sind jedoch begrenzt. Daraus resultiert ein hoher Flächenbedarf und eine große Oberfläche der Rübenmiete. Für das Vorbereiten und Zudecken der Miete entsteht hoher Handarbeitsaufwand; die Entnahme ist kaum mechanisierbar.

Die **Rübenlagerung am Hof** ist in unterirdischen Kellern (hoher Kapitalaufwand, mechanisches Ein- und Auslagern erschwert) sowie in ebenerdigen, befahrbaren Kellern möglich. Daneben gibt es eine Reihe bewährter, kostengünstiger Lagermöglichkeiten, die größtenteils im Eigenbau erstellt werden können (Abb. 265). Für das Einlagern in Hofmieten eignen sich Frontlader (bis ca. 2 m Lagerhöhe). Bei größeren Schütthöhen werden Förderbänder oder Kratzkettenförderer bevorzugt. Zapfwellenbetriebene Reinigungsvorrichtungen übernehmen das Nachreinigen von stark mit Erde oder Blattresten verschmutzten Rüben.

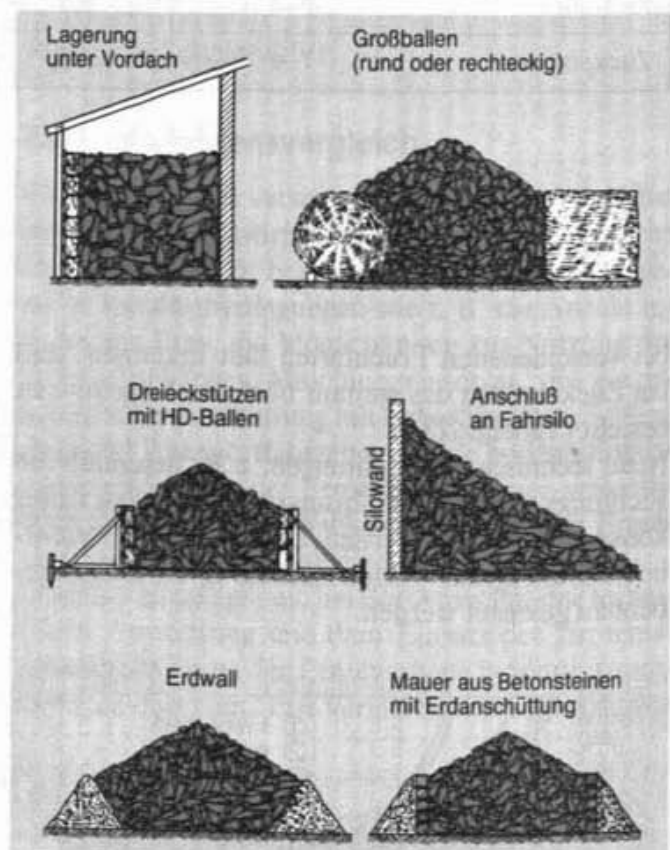


Abb. 265 Hofmieten zur Einlagerung von Futterrüben.

Durch das **Silieren der Futterrüben** sollen vor allem Einsparungen von Arbeitszeit bei Lagerung und Fütterung, der Verzicht auf eine spezielle Fütterungstechnik, geringere Lagerverluste und längere Verfügbarkeit der Rüben erreicht werden. Um Sicker-

saftbildung zu vermeiden, werden Mischsilagen von Futterrüben und Silomais im Verhältnis 1:2 bis 1:4 bevorzugt. Der Silomais sollte einen TS-Gehalt über 30% aufweisen. Die Rüben werden vorwiegend geschnitzelt einsiliert, geeignete Schlepper-Anbaugeräte, die am Walzschlepper angebracht werden können, sind bereits auf dem Markt.

8.4 Verfahrensvergleich

Beim Verfahrensvergleich ist neben dem Kapitalbedarf, den Kosten der Arbeitserledigung und der Flächenleistung besonders der Arbeitszeitbedarf für die verschiedenen Ernteverfahren wichtig (Abb. 266).

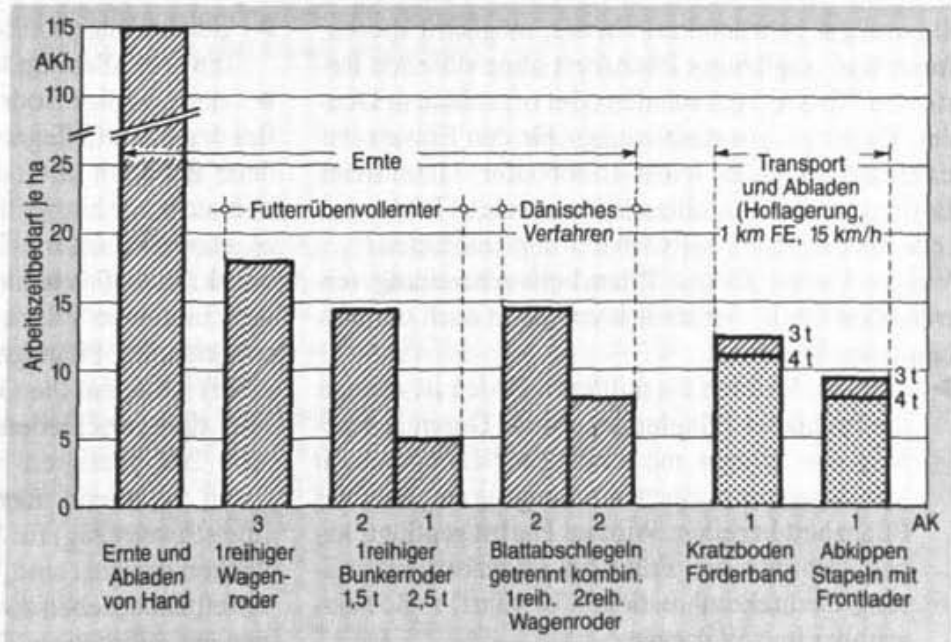


Abb. 266 Arbeitszeitbedarf für verschiedene Ernteverfahren von Futterrüben (1000 dt/ha, 250 m Feldlänge, 50 cm Reihenabstand).

9 Kartoffelbau

Weltweit zählt die Kartoffel zu den bedeutendsten Nahrungsmitteln. Unter den bei uns herrschenden Produktionsbedingungen liegt heute der Anbauschwerpunkt bei Industrie- und Speisekartoffeln. Dagegen hat die Verwertung als Futterkartoffeln heute kaum noch Bedeutung.

Die Mechanisierung im Kartoffelbau erfasst sämtliche Arbeitsgänge, von der Bodenvorbereitung bis zur Vermarktung. Dabei sollen folgende **Anforderungen** erfüllt werden:

- ▶ Hohe Schlagkraft in allen Verfahrens-Teilbereichen, damit eine ordnungsgemäße und termingerechte Arbeitserledigung gewährleistet ist,

- ▶ geringer Arbeitszeitbedarf,
- ▶ beschädigungsarme Ernte,
- ▶ geringe Ernteverluste,
- ▶ optimale Bedingungen bei der Lagerung, um Verluste zu vermeiden und eine hohe Produktqualität sicherzustellen.

Das Gesamtverfahren »Kartoffelproduktion« gliedert sich aus technischer Sicht in mehrere Teilbereiche (Abb. 267).

9.1 Legetechnik

Die Kartoffel benötigt für ein gutes Pflanzenwachstum einen tiefgelockerten Boden mit guter Luft-, Wärme- und Wasserführung. Der Einsatz moderner Legemaschinen wird begünstigt durch ein gleichmä-

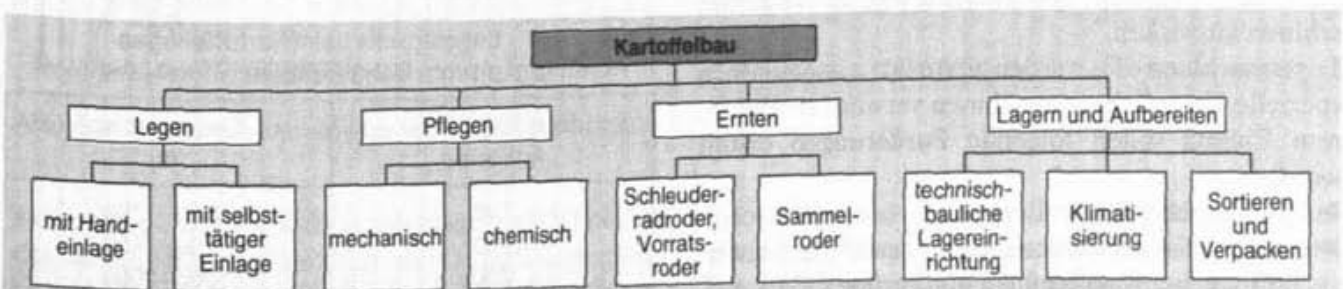


Abb. 267 Gliederung des Gesamtverfahrens Kartoffelproduktion.



Abb. 268 Bauarten von Kartoffellegemaschinen.

Big und gut gekrümelter, ebener, möglichst spurenfreies und tragfähiges Pflanzbett ohne störende Reste von Pflanzenrückständen oder organischem Dünger. Günstige Voraussetzungen für den Einsatz der Erntetechnik (z. B. leicht absiebbarer, klutenfreier Boden) werden vor allem auf schwereren Böden bereits bei der Pflanzbettvorbereitung geschaffen.

Welche Geräte für die **Pflanzbettvorbereitung** verwendet werden, richtet sich vor allem nach der vorhandenen Bodenart:

- ▶ Auf den leichten bis mittleren Böden ist oftmals die Frühjahrs-Pflugfurche üblich. Durch Kopplung des Pfluges mit einer Packerkombination läßt sich meist in einem Arbeitsgang ein günstiges Pflanzbett bereiten. Wird im Herbst gepflügt, haben sich für die Frühjahrs-Pflanzbettvorbereitung Gerätekombinationen bewährt, z. B. Feingrubber und Wälzgege.
- ▶ Auf schweren Böden steht das Herstellen eines klutenfreien, gut gekrümelten Pflanzbettes im Vordergrund. Deshalb wird hier meist die Herbstpflugfurche bevorzugt. Die Pflanzbettvorbereitung im Frühjahr wird vorwiegend mit Zapfwelleneggen und nachgeschalteten Packerwalzen durchgeführt. Diese Geräte sind im Abschnitt »Bodenbearbeitung«, Seite 125, ausführlich beschrieben.

Eine Sonderlösung für schwer siebfähige Böden stellt das Anlegen von *Herbstdämmen* dar. In diese werden im Frühjahr ohne weitere Vorarbeit die Kartoffeln abgelegt. Ziel ist ein rasches Abtrocknen und Erwärmen des Bodens im Frühjahr, genaue Spurführung für Schlepper und Legemaschine sowie gute Siebbarkeit der Dämme.

Durch die Ausrüstung der Schlepper mit Gitterrädern oder Zwillingbereifung können unerwünschte Radspuren vermieden werden, die sich nachteilig auf die exakte Legetiefe und Spurführung der Legemaschinen auswirken.

Legemaschinen – Es werden heute fast ausschließlich spezielle Kartoffellegemaschinen verwendet. Bei ihrem Einsatz sollen folgende **Forderungen** erfüllt werden:

- ▶ Gleichmäßig-flache Legetiefe,
- ▶ exakte Einzelknollenablage, auch bei unterschiedlicher Knollenform und -größe,
- ▶ exakter Knollenabstand in der Reihe,

- ▶ gleichmäßige Reihenabstände und Anschlußspuren (vor allem im hängigen Gelände),
- ▶ gleichmäßige Bodenbedeckung.

Bei den Kartoffellegemaschinen lassen sich verschiedene **Bauarten** unterscheiden. Diese unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihres technischen Aufbaues, sondern auch im Hinblick auf die benötigten Arbeitskräfte, Flächenleistung, Verwendbarkeit bei verschiedenem Pflanzgut (z. B. keimgestimmt oder vorgekeimt), Pflanzgutbereitstellung (lose oder gesackt) sowie auf die Gesamteinsatzfläche/Saison.

Für die verschiedenen Bauarten gelten die in Abb. 269 gezeigten verfahrenstechnischen Kenndaten. Während *Legemaschinen mit Handeinlage* (meist zweireihig) für Betriebe mit kleineren Anbauflächen geeignet sind, werden in spezialisierten Kartoffelbaubetrieben zwei- bis achtreihige *Legemaschinen mit selbsttätiger Einlage* bevorzugt.

Alle Bauarten von Legemaschinen sind in der Lage, auch Vorkeimkartoffeln ohne nennenswerten Keimbruch zu legen. Besonders schonend arbeiten Maschinen mit Dreifach-Bechergurten, Rollboden, Förderband oder Schwingrost.

Bei Legemaschinen für den Einsatz auf umfangreichen Einsatzflächen sollte auf ein ausreichendes Fassungsvermögen des Pflanzgut-Vorratsbehälters geachtet werden.

Vierreihige Legemaschinen mit Einzel- oder Doppelbehälter werden meist als *Dreipunkt-Maschinen*, beim Geräteträger auch als *Zwischenachsmaschinen* verwendet. Vier- und mehrreihige Bunkermaschinen mit großvolumigen, meist kippbaren Vorratsbehältern sind überwiegend *Anhängemaschinen* und werden im Zugmaul, seltener an der Ackerschiene oder im Zugpendel des Schleppers angehängt. Je nach Behälter-Inhalt ist mit unterschiedlich langen Legestrecken je Füllung zu rechnen.

Tabelle 114 Legestrecke beim Kartoffellegen in Abhängigkeit vom Behälterinhalt.

Behälterinhalt kg/Reihe	Legestrecke m
100	350–700
200	700–1400
300	1000–2000
400	1400–2800


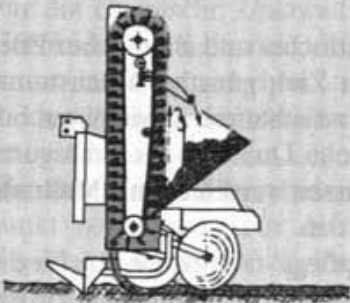
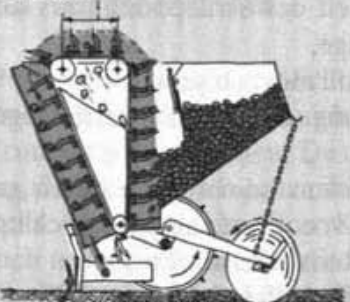
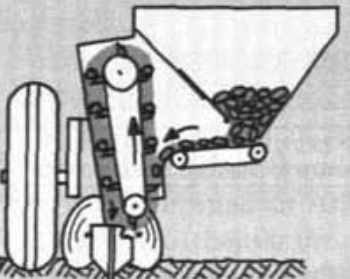
Legemaschine	Funktion	Inhalt Vorratsbehälter kg/Reihe	Legeleistung Knollen/min
Handeinlage 	Pflanzenknollen werden von Bedienungspersonen in waagrechtes Zellenrad, Becherkette oder Fallrohr eingelegt; meist 2-reihig, oft Bestandteil einer Gerätereihe; besonders geeignet für kleinere Anbauflächen und Vorkeimkartoffeln	50–80	100–130
selbsttätige Einlage mit Rüttelvorrichtung 	endlose Schöpfvorrichtung (meist Gummigewebeband), Schöpfbecher 2- oder 3-reihig angeordnet; bei Mehrfachbelegung entfernt Rüttelorgan überzählige Knollen; austauschbare Bechereinsätze; Vorratsbehälter als Einzel- oder Doppelbehälter oder hydraulisch anhebbarer Vorratsbunker, 2- bis 6-reihig	bei Einzel- und Doppelbehälter ca. 130	bei Doppelbecher- oder -Löffelband 300–450
selbsttätige Einlage horizontale Vereinzelungsstrecke 	endlose Schöpfkette mit 2-reihig angeordneten, übergroßen Schöpflöffeln; auf einer horizontalen Vereinzelungsstrecke fallen überzählige Knollen ab; Löffeleinsätze je nach Knollengröße austauschbar; Einzel-, Doppelbehälter oder Vorratsbunker, 2- bis 6-reihig	bei Vorratsbunker 250–400	bei Dreifachband 380–550
selbsttätige Einlage speziell für Vorkeimkartoffeln 	Rollboden oder Schwingrost für dosierte und schonende Zuführung der vorgekeimten Knollen zum Legeorgan; Schöpfketten mit dreireihig angeordneten Schöpfbechern, Einsatzbecher für unterschiedliche Knollengrößen; verstellbare Rüttelvorrichtung verhindert Doppelbelegungen, meist 2-reihig	ca. 160	bei Dreifach-Becherkette 350–400

Abb. 269 Verfahrenstechnische Kenndaten von Legemaschinen.

Beim **Einsatz** der Kartoffel-Legemaschinen ist neben der einwandfreien Funktion der Einzelaggregate, der Abstimmung von Knollen- und Bechergröße sowie der richtigen Einstellung von Legetiefe und

Knollenabstand auch die Organisation von Pflanzgutaufbereitung und -transport zu berücksichtigen. Die **Knollenform** übt einen wesentlichen Einfluß auf die Legeleistung aus. Um auch bei besonders groß-

Tabelle 115 Legeleistung verschiedener Legeorgane (Knollen/min).

Knollenform	Sortierung mm	Becher	Löffel	Doppelbecher	Doppellöffel	Dreifachbecher
rund	35/45	220	280	480	480	580
	35/55	210	270	460	460	540
oval	35/45	210	250	360	380	450
	35/55	190	230	300	310	380
lang	35/45	130	140	220	230	240
	35/55	40	80	100	120	140

oder kleinfallendem Pflanzgut eine exakte Einzelknollenablage zu erreichen, werden Einsätze für die Schöpfbecher angeboten.

Beim Einsatz im *hängigen Gelände* können Anbaulegemaschinen bis ca. 18% Seitenhang-Neigung arbeiten. Bei stärkerer Hangneigung haben sich Legemaschinen mit Tandemachse bewährt. Angehängte Legemaschinen können nur bis zu einer Hangneigung von ca. 12% zufriedenstellend arbeiten. Spurkränze, Spezialbereifung oder Hangstabilisierungsscheibenseche verbessern die Hangtauglichkeit.

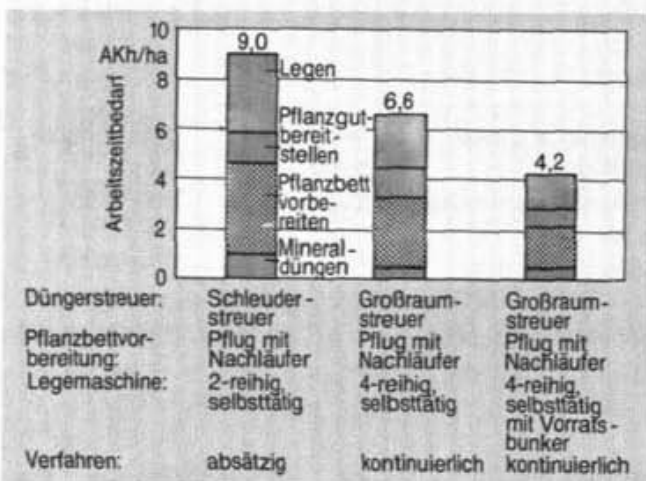


Abb. 270 Arbeitszeitbedarf bei verschiedenen Kartoffel-Legeverfahren.

Für die verschiedenen Kartoffellegeverfahren ist mit folgendem **Arbeitszeitbedarf** zu rechnen (Abb. 270).

9.2 Kartoffelpflege

Die Anwendung mechanischer und chemischer Pflegemaßnahmen hat zum Ziel, günstige Wachstums- und Rodebedingungen zu schaffen, sowie einen hohen Ertrag und eine hohe Qualität des Erntegutes sicherzustellen. Es müssen verschiedene Maßnahmen unterschieden werden.

Mechanische Kartoffelpflege – An die Geräte für die mechanische Kartoffelpflege sind folgende **Forderungen** zu richten:

- ▶ Einwandfreie Wirkung der Arbeitswerkzeuge auch bei ungünstigen Einsatzbedingungen,
- ▶ gute Sichtmöglichkeit des Schlepperfahrers auf die Arbeitswerkzeuge,
- ▶ Ein-Mann-Arbeit soll möglich sein,
- ▶ hohe Flächenleistung durch hohe Arbeitsgeschwindigkeit,
- ▶ Vermeiden von Bodenverdichtungen durch genaues Abstimmen von Dammanstand, Schlepverspurweite und Reifenbreite.

Bei der mechanischen Kartoffelpflege kann man verschiedene Arbeitsgänge und -werkzeuge anwenden.

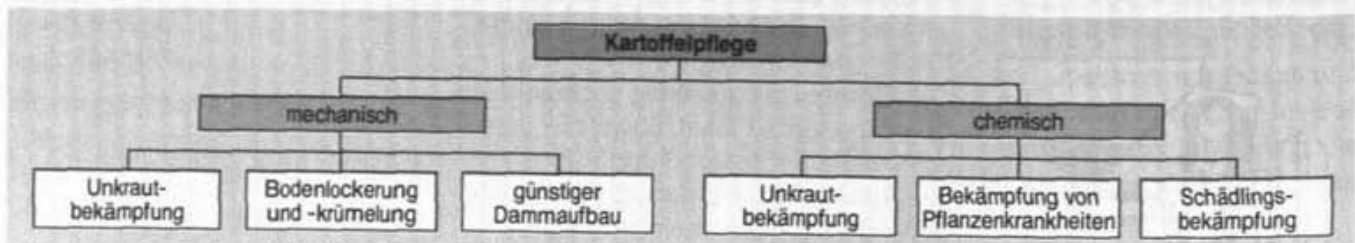


Abb. 271 Überblick über die verschiedenen Pflegemaßnahmen bei Kartoffeln.



Abb. 272 Geräte für die mechanische Kartoffelpflege.

Mit *Hackwerkzeugen* (Winkel- und Gänsefußschare) oder *Reihenfräsen* (für die schweren, zur Klutenbildung neigenden Böden) soll das Unkraut bekämpft und ein weitgehend klutenfreier Damm geschaffen werden. *Häufel* dienen zum Aufbau der gewünschten Dammform.

Reihenstriegel und *Netzegge* passen sich der Dammform gut an und bearbeiten ihn an der gesamten Oberfläche. *Häufelstriegel* stellen kombinierte Geräte für eine flache Bearbeitung, intensive Unkrautbekämpfung und gute Bodenkrümelung bei hoher Arbeitsgeschwindigkeit (8–10 km/h) dar.

Chemische Kartoffelpflege – Durch das Anwenden chemischer Präparate soll eine wirksame Bekämpfung von Unkräutern, Pflanzenkrankheiten und Schädlingen erreicht werden.

Für die chemische *Unkrautbekämpfung* haben sich Herbizide und Kalkstickstoff bewährt, oft in Kombination mit mechanischen Unkrautbekämpfungsmethoden. *Pflanzenkrankheiten* lassen sich durch Knollenbehandlung vor dem Legen sowie durch Spritzungen der Kartoffelbestände zum geeigneten Zeitpunkt bekämpfen. Für die *Schädlingsbekämpfung* eignet sich neben dem Spritzen auch die Ablage von geeigneten Granulaten zusammen mit den Pflanzknollen in die Legerinne.

9.3 Erntetechnik

Der Einsatz geeigneter Erntemaschinen soll neben einer hohen Schlagkraft auch eine hohe Qualität des Erntegutes sicherstellen. Da die Kartoffel besonders empfindlich gegen mechanische Beschädigungen ist, stellt das Vermeiden von Knollenbeschädigungen auch aus technischer Sicht ein vorrangiges Ziel dar. Die Pflanzenzüchtung unterstützt die Bemühungen der Technik durch vollernteverträgliche Kartoffelsorten.

Folgende **Anforderungen** werden an die Erntetechnik gestellt:

- ▶ Wenig Knollenbeschädigungen,
- ▶ einwandfreies Abtrennen von Beimengungen (Kluten, Steine, Kurzkraut),
- ▶ hohe Flächenleistung und Saison-Ernteleistung,
- ▶ geringer Aufwand an Arbeitszeit und wenig erforderliche Arbeitskräfte,
- ▶ Eignung für unterschiedliche Erntebedingungen und Bodenarten.

Bei der *Kartoffelernte* werden die unterirdisch gewachsenen Knollen mit der umgebenden Erde aufgenommen. Bei einer Rodetiefe von 12–15 cm müssen die Erntemaschinen 1000–1400 t Boden je ha verarbeiten. Mit zunehmender Rodetiefe steigt nicht nur die Bodenmenge an, sondern auch der Anteil der

darin enthaltenen Kluten und Steine. Deshalb ist bereits beim Legen und den Pflegemaßnahmen darauf zu achten, daß der Knollenstock möglichst flach im Damm liegt.

Durch die *chemische Krautabtötung* vor der Ernte soll eine gleichmäßigere Abreife, ein Verhindern von Spätverunkrautung, ein leichteres Lösen der Kartoffeln von den Stolonen, eine bessere Schalenfestigkeit und das Verwenden einfacher, knollenschonender Krauttrennvorrichtungen erreicht werden. Zum Teil werden auch kombinierte chemisch/mechanische (Krautschläger, Reihenfräse) Maßnahmen angewandt.

9.3.1 Kartoffelerntemaschinen

Schleuderradroder und Vorratsroder haben infolge der geringen Flächenleistung, des hohen und beschwerlichen Handarbeitsaufwandes sowie wegen der großen Zahl gleichzeitig erforderlicher Arbeitskräfte weitgehend an Bedeutung verloren. Ihr Einsatz beschränkt sich auf kleine Anbauflächen und auf Felder, die für den Sammelrodereinsatz ungeeignet sind.

Kartoffelsammelroder stellen heute die bevorzugte Erntetechnik dar. Sie sollen

- ▶ den Kartoffeldamm aufnehmen und dabei alle Kartoffeln unbeschädigt sammeln, jedoch möglichst wenig Erde in die Maschine bringen,
- ▶ die Erde einwandfrei absieben sowie die Kluten zerdrücken,
- ▶ das Kraut von den Kartoffeln trennen,
- ▶ Beimengungen (Kluten, Steine, Kurzkraut) mechanisch von den Kartoffeln trennen und ausscheiden,
- ▶ durch zweckmäßige Vorrichtungen die Handverlesung erleichtern,
- ▶ die Kartoffeln in einem Bunker sammeln und zum Feldende transportieren oder während des Rodevorganges die Kartoffeln im Parallelbetrieb auf einen nebenherfahrenden Wagen überladen.

Baugruppen – In der derzeit üblichen Bauweise hat der Sammelroder folgende Baugruppen:

Die **Dammwalze** führt das Rodeschar in der gewünschten Tiefe. Die Rodetiefe ist stufenlos einstellbar.

Das **Rodeschar** schneidet einen Dammausschnitt aus dem Boden und fördert das Gemisch aus Erde, Knollen und Beimengungen auf die Siebvorrichtung. Vorwiegend wird ein 3- oder 4teiliges Blattschar mit seitlichen (zum Teil angetriebenen) Scheibensechen oder ein Muldenschar verwendet. Rotierende Scheibenschare werden seltener eingesetzt.

Die **Siebvorrichtung** besteht vorzugsweise aus Siebketten, seltener aus Siebrosten. Um Beschädigungen

der Kartoffeln zu vermeiden, werden die Stäbe der Siebkette mit Gummi oder Kunststoff überzogen. Der Anstiegswinkel beträgt 18–20°. Die Umlaufgeschwindigkeit ist stufenweise oder stufenlos (Ölmotor) verstellbar. Klopfer, Rüttelräder oder elastische Auflegematten verstärken die Absiebwirkung. Bei der **Krauttrennvorrichtung** bewirken engmaschige Krautketten eine intensive Krautabtrennung bei erhöhter Beschädigungsgefahr. Weitmaschige Krautketten trennen das Langkraut mit geringerer Beschädigungsgefahr gut ab. Die Trennwirkung der

beiden Ketten ist verstellbar durch Ändern der Neigung und durch Verwenden von Klopfern oder Abstreifern. Die Zupfwalzen dienen zur Kurzkraut-Abtrennung.

Die **Hubvorrichtung** besteht aus einem Hubrad oder einem Hubelevator. Ein elastischer Überzug vermeidet Beschädigungen.

Das **Verleseband** hat 2 oder 3 Bereiche für Kartoffeln und Beimengungen. Es bietet Platz für 1–2 Verlesepersonen (seltener 3–4). Meist ist die Umlaufgeschwindigkeit über einen Ölmotor verstellbar.

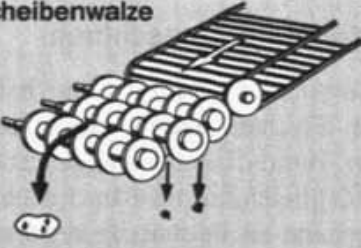

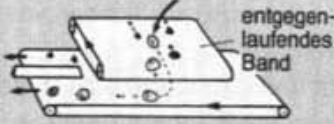
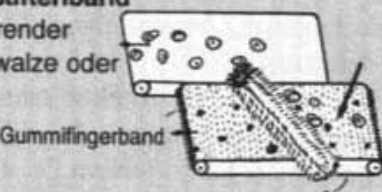
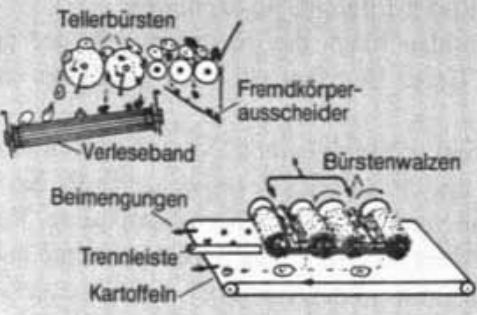
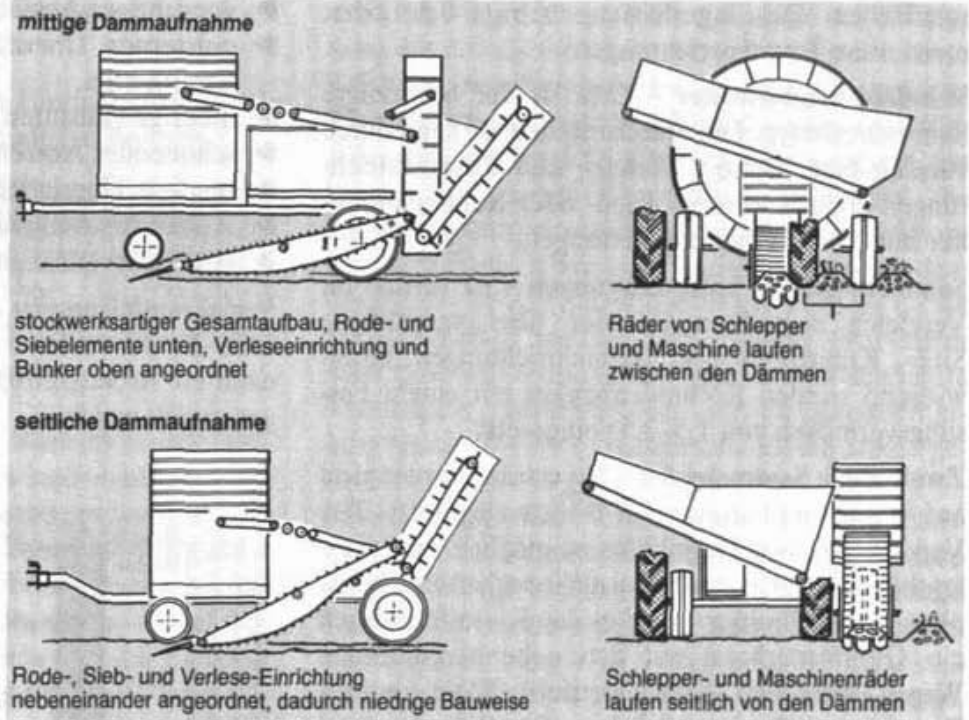
Bauweise	Trennprinzip	zum Abtrennen von
Gummischeibenwalze 	Abstand zwischen Gummischeiben	kleinen Steinen und Kluten, Kurzkraut
geneigtes Verleseband 	unterschiedliches Rollvermögen von Kartoffeln, Steinen und Kluten	Steinen, Kluten
geneigtes, gegenläufiges Band (glatt oder Gummistifenband) 	unterschiedliches Rollvermögen	Kluten, Kurzkraut
waagrechttes Gummistifenband mit rotierender Bürstenwalze oder -band 	unterschiedliches spezifisches Gewicht von Steinen und Kartoffeln	Steinen
Tellerbürsten, Bürstenwalzen 	unterschiedliches spezifisches Gewicht	Steinen
Röntgenstrahlen	unterschiedliches Absorptionsvermögen	Steinen, Kluten

Abb. 273 Bauarten von Trenneinrichtungen.

Abb. 274 Kartoffel-Sammelroder mit mittiger (oben) und seitlicher Dammaufnahme (unten).



stockwerksartiger Gesamtaufbau, Rode- und Siebelemente unten, Verleseeinrichtung und Bunker oben angeordnet

Räder von Schlepper und Maschine laufen zwischen den Dämmen

seitliche Dammaufnahme

Rode-, Sieb- und Verlese-Einrichtung nebeneinander angeordnet, dadurch niedrige Bauweise

Schlepper- und Maschinenräder laufen seitlich von den Dämmen

Als **Sammelbunker** werden bei modernen Erntemaschinen vorwiegend *Rollbodenbunker* mit Prallsegl zum Abbremsen der Knollenfallgeschwindigkeit verwendet. Die Auslaufhöhe ist zwischen 1,5 und 3,5 m stufenlos verstellbar. Das Fassungsvermögen beträgt ca. 3,5 t. Der Rollbodenbunker ist auch für den Parallelbetrieb geeignet.

Der *Kippbunker* verliert an Bedeutung. Die Übergabehöhe ist nicht verstellbar. Er kann nur beim Anhalten der Maschine entleert werden. Das Fassungsvermögen beträgt ca. 2 t.

Zwischen der Abgabestelle des Hubrades und dem Verleseband oder zwischen dem Verleseband und dem Sammelbunker lassen sich *mechanische Trenneinrichtungen* anordnen (Abb. 273). Sie sollen im Erntegut enthaltene Steine und Kluten abtrennen und die Verlesepersonen entlasten. Der erreichbare »Leitgütegrad« (d. h. der Anteil richtig geleiteter Steine bzw. Beimengungen) ist vor allem abhängig vom Trennsystem, von der richtigen Umlaufgeschwindigkeit (meist stufenlos hydraulisch verstellbar) oder von der Neigungseinstellung. Auf Standorten mit hohem Beimengungsanteil (vor allem Steinen) geht der Trend zu stationär aufgestellten Trenneinrichtungen bei der Einlagerung am Lagerhaus.

Die *Bedienung* wird bei modernen Sammelrodern dadurch wesentlich erleichtert, daß sämtliche Bedienungs- und Steuerfunktionen sowie der Antrieb (z. B. Siebkette, Verleseband) hydraulisch erfolgen. Bei Verwendung der Schlepperhydraulik kann das mit flexiblen Schlauchleitungen ausgestattete Steuergerät neben dem Schlepperfahrer angeordnet werden. Größere Sammelroder besitzen eine eigene,

von der Schlepperzapfwelle angetriebene Hydraulikanlage.

Konstruktionsprinzip – Im Gesamtaufbau der Kartoffel-Sammelroder sind derzeit zwei grundsätzlich unterschiedliche Konstruktionsprinzipien zu erkennen (Abb. 274):

► **Stockwerksartiger Aufbau** (mittige Dammaufnahme): Rode- und Sieborgan sind im unteren Bereich, mechanische Trennhilfen, Verleseband und Sammelbunker im oberen Bereich angeordnet. Ein Hubrad oder Hubelevator hebt die Kartoffeln von der unteren auf die obere Ebene. Der Schlepper muß auch bei einreihigen Erntemaschinen mit den Rädern zwischen den Kartoffeldämmen fahren.

► **Parallel-Anordnung** (seitliche Dammaufnahme): Rode- und Huborgan bzw. Leseband und Bunker sind nebeneinander angeordnet. Der Schlepper fährt außerhalb der Kartoffeldämme, dadurch werden Verdichtungen, Kartoffelbeschädigungen und zusätzliche Klutenbildung vermieden. Die Bauweise ist sehr niedrig, der Bunker wird über eine Hochkippeinrichtung entleert.

9.3.2 Einsatz des Sammelroderns

Kartoffelsammelroder werden je nach Einsatzbedingungen, Größe der Anbaufläche je Einzelbetrieb und Nutzung der Erntemaschinen in sehr unterschiedlichen Bautypen und Leistungsgruppen angeboten.

Klein-Sammelroder – Der technische Aufwand ist gering. Der Einsatz beschränkt sich auf kleine Ein-

satzflächen. Die Tagesleistung beträgt 0,5–1,5 ha; meist ohne Trennvorrichtungen!

Standard-Sammelroder – Dies ist der bevorzugte Sammelrodertyp. Die Standardbauweise kann durch verschiedene Trenn-, Verlese- und Zusatzeinrichtungen ergänzt werden. Kipp- oder Rollbodenbunker mit 1,0–1,5 t Fassungsvermögen.

Sammelroder für hohe Leistungen – Er verfügt im Vergleich zum Standardroder über vergrößerte Sieb-, Krauttrenn- und Trenneinrichtungen. Überwiegend werden Rollbodenbunker mit einem Fassungsvermögen von 1,5–2,5 t eingesetzt.

Zweireihige Sammelroder – Sie werden vorwiegend auf kluten- und steinfreien Böden eingesetzt. Die Verwendung von Trennhilfen ist möglich. Handverlesebänder sind in der Regel nicht vorhanden. Meist ohne Sammelbunker werden die Kartoffeln durch ein Querförderband auf den nebenherfahrenden Wagen übergeben (Parallelbetrieb). Kleinvolumige Zwischenbehälter ermöglichen den Wagenwechsel ohne Anhalten der Erntemaschine.

Hohe Rodeleistungen setzen voraus, daß die Kartoffelabfuhr reibungslos organisiert wird. Neuerdings werden auch Doppelbunker mit einem Fassungsvermögen von 3–4 t verwendet.

Selbstfahrende Kartoffelroder – Dies sind Spezialmaschinen für die Kartoffelernte. Die Rodeaggregate sind vor den Laufrädern angeordnet, daher keine zusätzlich Klutenbildung. Selbstfahrende Kartoffelroder sind sehr wendig und deshalb auch für das Abernten kleinerer Flächen geeignet. Die Kartoffelabfuhr im Parallelbetrieb erfolgt wie beim zweireihigen Sammelroder.

Zweiphasige Ernte – Neuerdings findet das zweigeteilte Ernteverfahren Interesse. Dabei werden im ersten Arbeitsgang die Kartoffeln gerodet, vorgereinigt und auf einen engbegrenzten Schwad abgelegt. Nach einer Abtrocknungsphase erfolgt in einem zweiten Arbeitsgang das Aufnehmen und Sammeln der Kartoffeln. Als Vorteile dieses Verfahrens werden angesehen:

- ▶ Bessere Schalenfestigkeit,
- ▶ geringere Beschädigungsempfindlichkeit,
- ▶ auf dunklen Böden optische Verbesserung des Erntegutes.

Knollenbeschädigungen – Beim Einsatz der Sammelroder sind vor allem *Knollenbeschädigungen* zu vermeiden. Als wichtigste Maßnahmen hierfür sind anzusehen:

- ▶ Flaches Roden (wenig Beimengungen aufnehmen),
- ▶ ausreichendes Erdpolster auf der Siebvorrichtung,

- ▶ vorsichtiges Absieben und Krautabtrennen,
- ▶ polsternde Überzüge auf Siebvorrichtung und Krautketten,
- ▶ niedrige Fallstufen,
- ▶ schonendes Abtrennen von Beimengungen,
- ▶ niedrige Überladehöhe,
- ▶ Anbau beschädigungsunempfindlicher Sorten,
- ▶ Roden bei günstigen Temperaturen (über 15° C).

Verfahrensleistungen – Bei den verschiedenen Kartoffel-Ernteverfahren können die in Abb. 275 genannten Arbeitszeitbedarfswerte und Rodeleistungen erzielt werden.

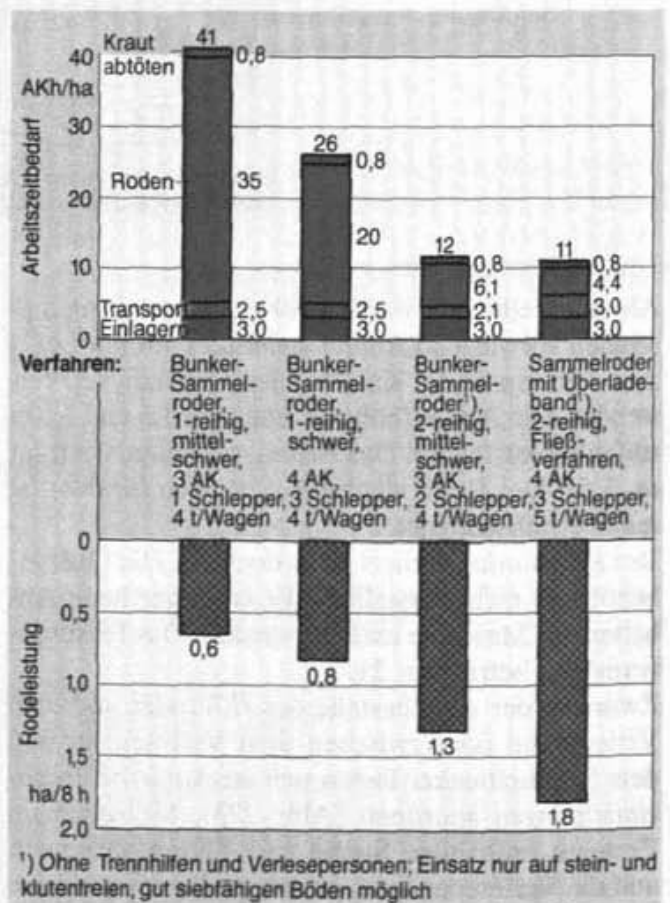


Abb. 275 Rodeleistung und Arbeitszeitbedarf bei der Kartoffelernte.

9.4 Lagerung und Aufbereitung

In allen Verwertungsrichtungen (Rohware für Veredelungsprodukte, Industrie- oder Futterzwecke, Pflanz- und Speiseware) wird eine hohe Qualität der Kartoffeln gefordert. Voraussetzung dafür ist eine ordnungsgemäße Einlagerung unmittelbar nach der Ernte. In modernen, technisch und baulich zweckmäßig gestalteten Lagerhäusern läßt sich die Lagerung und Aufbereitung mit geringem Arbeitszeitaufwand und verlustarm durchführen.

9.4.1 Technisch-bauliche Lager-einrichtungen

Die technischen und baulichen Einrichtungen für die Lagerung unterteilen sich in mehrere Bereiche.

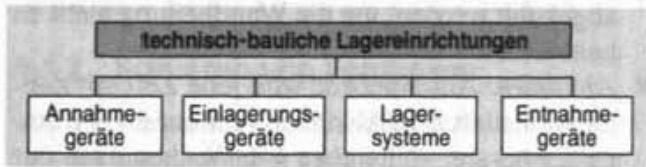


Abb. 276 Bereiche der Kartoffellagerung.

Für den losen Transport der Kartoffeln vom Feld zum Lagerraum werden die im landwirtschaftlichen Betrieb vorhandenen Transportwagen benutzt.

Annahmeverrichtungen – Die Transportwagen übergeben die Kartoffeln am Lagerhaus in fahrbare oder festeingebaute Annahmeverrichtungen.

Für die Annahme der Kartoffeln von Zweiachswagen mit seitlicher Abkipfung werden waagrechte Förderbänder mit trichterförmigen Seitenwänden verwendet. Sie sollten den gesamten Inhalt des Transportfahrzeuges aufnehmen können. Oft ist dies

nicht der Fall, dann muß die Standzeit bei der Planung des Anfuhrverfahrens berücksichtigt werden. Fahrbare Annahmebehälter, welche die gesamte Wagenladung aufnehmen können, werden bei Einachs- oder Tandemachs-Heckkippern bevorzugt. Sie können die gesamte Wagenladung aufnehmen, die Entleerungszeit beträgt dann weniger als zwei Minuten. Lose Erde, Kluten und Steine müssen vor dem Einlagern der Kartoffeln absortiert werden, da sie Schwierigkeiten bei der Lagerhaltung (vor allem beim Befüllen) verursachen können. Mit den heute bevorzugten Gummischeiben- oder Siebketteneuterdern lassen sich Erde, Kluten und kleine Steine gezielt aus dem Erntegut abtrennen.

Einlagerungsgeräte – Die Geräte für Weitertransport und Verteilen der Kartoffeln im Lager müssen auf die vorhandenen Lagersysteme abgestimmt sein. Flache oder muldenförmige Förderbänder können das Erntegut waagrecht, senkrecht, schrägansteigend oder schräg abwärts fördern. Je nach Steigungswinkel sind sie glatt, mit geraden Stollen oder gebogenen Schöpfstollen ausgerüstet. Hohe Förderleistungen lassen sich durch entsprechend hohe Band-

Lagersystem	Kennzeichen
Haufenlager 	ohne oder mit Trennwänden zum Abteilen einzelner Partien; Ein- und Auslagern der Kartoffeln mit mobilen Geräten (z.B. Frontlader am Schlepper, Speziallader, Förderband mit Annahmeverrichtung); besonders geeignet für große Partien von Industriekartoffeln
Boxenlager ebenerdig 	gesamter Kartoffellagererraum in Einzelboxen unterteilt, Boxen ebenerdig, oben offen; vordere Abschlußwand für Entleerung kontinuierlich herausnehmbar (Amerikanerwand); Befüllung von oben mit Boxenstapler, Entnahme ebenerdig mit mobilen Geräten; Belüftung durch bewegliche Oberflur-Kanäle (Belüftungsreiter)
Boxenlager mit Sockel 	Einzelboxen auf Sockel gestellt, Sockelhöhe entspricht Höhe der fest installierten Kanäle, die für Belüftung und Entnahme der Kartoffeln verwendet werden; Befüllen mit Boxenstapler von oben, Entnahme der Kartoffeln mit Boxenförderband von unten
Boxenlager mit Schrägboden 	Einzelboxen besitzen Schrägboden, dadurch selbsttätiges und völliges Entleeren ohne Handarbeit möglich; ein gemeinsamer Belüftungs- und Entnahmekanal für jeweils 2 Boxen, Befüllen von oben mit Förderbändern, Entnahme von unten mit Boxenförderband; für Endlagerung oder als Zwischenlagerboxen für kurzzeitige Lagerung verwendbar
Kistenlager 	Einlagern von Groß- und Kleinkisten möglich; Ein- und Auslagern mit Gabelstapler, Spezial-Frontlader; Belüftung von unten durch Rostboden; bevorzugt dort verwendet, wo viele kleinere Partien getrennt gelagert werden müssen

Abb. 277 Kennzeichen verschiedener Kartoffel-Lagersysteme.

geschwindigkeiten, große Bandbreite, hohe Stollenzahl pro laufenden Meter und große Stollenhöhe erreichen.

Für das *Verteilen* der Kartoffeln im Lager werden sie mit mobilen oder stationären Fördereinrichtungen kombiniert. Fahrbare Anlagen (Boxenstapler) besitzen in der Höhe verstellbare Beschickungsbänder, die selbsttätig schwenken und ein ausfahrbares Endband besitzen. Durch seitliches Schwenken wird die Schüttkegelbildung verhindert. In Kartoffellagern mit stationären Fördereinrichtungen ist ein System von festen sowie verschiebbaren Förderbändern für das Zuführen und Verteilen der Kartoffeln vorhanden.

Auch beim Einlagern ist auf das Vermeiden von Beschädigungen zu achten. Leitsegel und -trichter sowie höhenverstellbare Förderbänder verringern die Fallhöhe und damit Knollenbeschädigungen.

Lagersysteme – Ziel der Kartoffellagerung ist es, bei geringen Massenverlusten eine hohe Qualität des Erntegutes bis zur Auslagerung zu erhalten.

Die Lagerung erfolgt überwiegend in **Kartoffel-Lagerhäusern**. Sie bieten vor allem arbeitswirtschaftliche Vorteile und bessere Kontrollmöglichkeiten als die früher übliche Mietenlagerung.

Die Gebäude sollen nicht nur für ausreichende Wärmedämmung und Frostschutz sorgen, sondern auch günstige Einsatzmöglichkeiten für die technischen Einrichtungen schaffen, die Lagerverluste mindern und günstige Arbeitsbedingungen für die Arbeitskräfte gewähren.

Bei der Planung, Ausführung und Materialwahl von Kartoffel-Lagerhäusern sind in der Bundesrepublik Deutschland unterschiedliche Wärmegebiete zu berücksichtigen, in denen spezielle Anforderungen an den Wärmeschutz gestellt werden.

Die Lagerung der Kartoffeln kann in verschiedenen Lagersystemen erfolgen, die unterschiedliche wesentliche Kennzeichen aufweisen (Abb. 277, Seite 241).

Klimatisierung – Während der Lagerung laufen in der Kartoffelknolle viele physiologische Vorgänge ab. Dabei können vor allem durch Keimung, Atmung, Wasserverdunstung, Fäulnis, Druckstellen und Frosteinwirkung erhebliche Verluste entstehen. Die richtige Klimatisierung des Lagerhauses trägt wesentlich dazu bei, diese Verluste zu vermindern und eine hohe Qualität des Erntegutes zu sichern. Die geringsten Lagerverluste sind zu erwarten, wenn die Temperatur + 3 bis 5° C und die relative Feuchte der Stapelluft 92–95% beträgt. Allerdings läßt sich ein natürlicher Schwund von 0,8–1% je Monat auch bei günstigen Bedingungen nicht verhindern.

Während der Lagerung unterscheidet man fünf **Belüftungsabschnitte**:

- ▶ **Abtrocknen:** Sofort nach dem Einlagern werden die Kartoffeln mit Außenluft (möglichst Nachtluft) belüftet.
- ▶ **Wundheilung:** Etwa 14 Tage lang nach dem Einlagern dürfen die Kartoffeln nicht unter +10° C abgekühlt werden, um die Wundheilung nicht zu behindern.
- ▶ **Abkühlen:** Anschließend wird jede Zeit mit kühler Außenluft zum Abkühlen verwendet. Die Stapeltemperatur sollte etwa 4–6 Wochen nach der Einlagerung +3 bis +5° C betragen.
- ▶ **Haltezeit:** Während der Hauptlagerungszeit sollte wiederholt belüftet werden, um die geforderten Temperaturen einzuhalten und Schwitzschichten zu vermeiden.
- ▶ **Erwärmen:** Ein Anwärmen der Kartoffeln etwa 14 Tage vor dem Auslagern auf etwa +10° C verbessert die Beschädigungsunempfindlichkeit der Knollen. Pflanzkartoffeln werden durch die Wärmebehandlung in Keimstimmung gebracht.

Zur Herstellung des erforderlichen Klimas wird ein genau aufeinander abgestimmtes System von Ventilatoren und Luftführungskanälen, manchmal auch Kühl- und Heizaggregaten benötigt. Eine zweckmäßige Anordnung der Belüftungskanäle und Klappensysteme ermöglicht es, Frischluft, Mischluft und Lagerraumluft (Umluft) für die Belüftung zu verwenden.

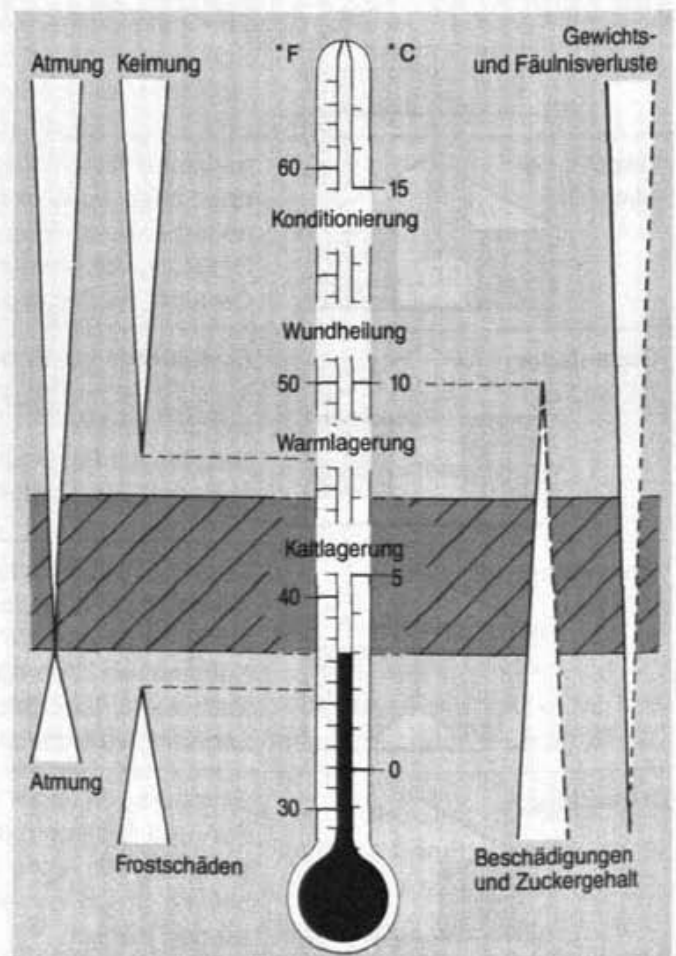


Abb. 278 Temperaturbereiche bei der Kartoffellagerung.

den. Temperatur und Luftfeuchte müssen ständig durch Meßvorrichtungen in den Boxen überwacht werden. In Kartoffel-Lagerhäusern wird die automatische Steuerung des gesamten Klimatisierungssystems bevorzugt.

9.4.2 Sortieren und Verpacken

Für die Entnahme der Kartoffeln aus den Lagerbehältern lassen sich bei mobilen Geräten die gleichen technischen Einrichtungen verwenden wie für die Einlagerung (vor allem Förderbänder).

Speise- und Pflanzkartoffeln werden vorwiegend im landwirtschaftlichen Betrieb aufbereitet, sortiert und verpackt.

Für das **Sortieren** werden unterschiedliche technische Lösungen angeboten:

- ▶ *Sortiermaschinen mit mechanischem Siebteil* (mehrfach übereinander angeordnete, auswechselbare Flachsiebe mit unterschiedlich großen quadratischen Öffnungen) und Handverleseband;
- ▶ *Gummiprofilwalzen-Sortierer* mit einzelnen Wal-

zensektionen, deren Abstände sich stufenlos verändern lassen und unterschiedlich große Öffnungen freigeben;

- ▶ *Siebbandsortierer* mit umlaufenden, in kurze Schwingungen versetzten Siebbändern.

Dem mechanischen Siebteil ist meist ein Bereich für das Nachverlesen von Hand nachgeschaltet. Wendeeinrichtungen (Wendestufen, Rollenverlesebänder) und eine blendfreie Ausleuchtung des Arbeitsfeldes erleichtern die Arbeit für die Verlesepersonen.

Wegen der Anforderungen des Speisekartoffelmarktes werden zunehmend *Bürst-* und *Waschmaschinen* mit Nachrockeneinrichtungen verwendet. Die Leistung ist abhängig vom Verschmutzungsgrad der Kartoffeln und beträgt maximal 15 t/h.

Nach der Aufbereitung folgt das **Abwiegen** und **Verpacken**. Entsprechend den Gebindegrößen werden die Kartoffeln in Gewebesäcken, Papiersäcken, Papiertüten, Folienbeuteln, Folien- oder Netzschläuchen verpackt. Das Abfüllen, Wiegen, Trieren und Verschließen kann teilmechanisiert werden. In spezialisierten Anlagen sind diese Arbeitsgänge für Kleingebinde bereits vollautomatisiert.

Die Rinder- und Schafhaltung ist auf große Mengen wirtschaftseigenen Futters angewiesen. In der Bundesrepublik Deutschland werden jährlich 5 Mio. ha Futterfläche abgeerntet und 75 Mio. t Futtermassen bei erheblichem Wetterrisiko geborgen, zum Hof transportiert und eingelagert. Je nach Futterart, Futterkonservierung und betrieblichen Gegebenheiten sind unterschiedliche Mechanisierungsverfahren nötig.

- ▶ Guter Futternachwuchs im Sommer (Niederschläge),
- ▶ arrondierte Lage oder die Möglichkeit zum Weidemelken (Melkwagen),
- ▶ trittfester Boden.

Je nach Bewirtschaftung, Viehbesatz und Weideführung unterscheidet man mehrere Verfahren der Weidehaltung (Abb. 280, Seite 246).

1 Grünfütterung

Während der **Vegetationsperiode** empfiehlt sich für die meisten Betriebe die Grünfütterung, da

- ▶ keine Lagerbehälter erforderlich sind,
- ▶ keine Konservierungsverluste auftreten,
- ▶ die Tiere mehr wirtschaftseigenes Futter (TM) aufnehmen.

Nachteilig sind der ungleichmäßige Futteraufwuchs während des Sommers und die damit bedingten Schwankungen in Futterqualität und Futtermenge. Für die Grünfütterung stehen die in Abb. 279 gezeigten Verfahren zur Verfügung.

1.1 Weidehaltung

Mit geringem Mechanisierungsaufwand lassen sich die Tiere **auf der Weide** versorgen. Allerdings sind dazu folgende **Voraussetzungen** erforderlich:

1.1.1 Zäune und Geräte für die Weidehaltung

Für die **intensive Weidehaltung** werden benötigt:

- ▶ **Außenzäune** zur Einfriedung der gesamten Weidefläche: Diese müssen vor allem neben Bahnstrecken und verkehrsreichen Straßen ausbruchssicher gebaut sein (Massivzäune).
- ▶ **Innenzäune** zur Koppelunterteilung: Diese können einfacher ausgeführt werden, sind aber meist als »feste Winterzäune« angelegt.
- ▶ **Wanderzäune** zur täglichen Futterzuteilung.

Außen- und Innenzäune können als Massiv- oder Elektrozaun ausgeführt sein. Für Wanderzäune eignen sich dagegen nur Elektrozäune.

Massivzäune – Die Hütewirkung beruht auf *mechanischem Widerstand*, so daß stabile Konstruktionen erforderlich sind. Zum Bespannen eignen sich Knotengitter und Stacheldraht. Knotengitterzäune müssen besonders gut gespannt werden. Dazu sind stabi-

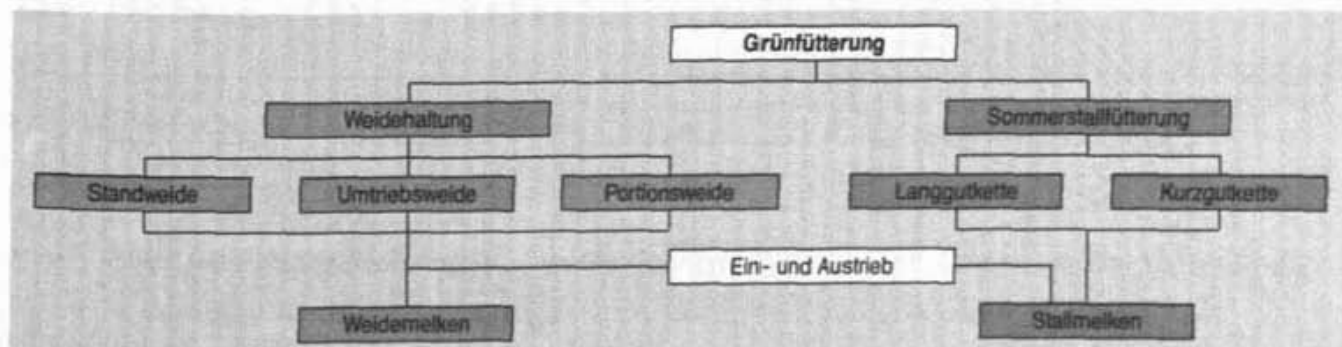


Abb. 279 Verfahren der Grünfütterung.

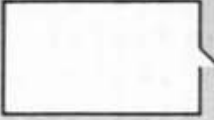
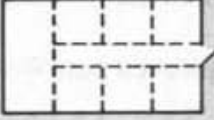
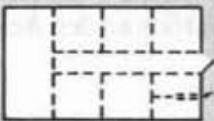
Verfahren	Zahl der Koppeln	Freßzeit in Tagen	Besatzstärke GV/ha	Futterverluste %	Nettoleistung MJ NEL/ha	Beurteilung
Intensivstandweide 	1–2	über 30	2–5	bis 35	20000–50000	arbeitsparende Intensivbeweidung bei ausreichenden Niederschlägen möglich; extensive Beweidung für Jungviehaufzucht
Umtriebsweide 	8–12	2–8	3–5	20–25	30000–60000	Koppeleinteilung, dadurch geringere Futterverluste
Portionsweide 	8–16 und Elektro-Wanderzaun	0,5–1	4–6	5–10	40000–65000	1–2malige tägliche Zuteilung, dadurch geringe Verluste, aber hoher Arbeitsaufwand; für flächenarme Betriebe

Abb. 280 Verfahren der Weidehaltung.

le Eckkonstruktionen (z. B. aus Eichenholz) erforderlich. Im Winter muß ein solcher Zaun gelockert werden, damit er nicht reißt. Weniger Pflege erfordert der Stacheldrahtzaun. Er kann aber bei weidenden Tieren Haut- und Euterschäden verursachen und ist für Pferde und Schweine weniger geeignet (Abb. 281).

Elektrozäune – Die Hütewirkung des Elektrozaunes beruht auf der *Schreckwirkung* eines elektrischen Schlages. Deshalb braucht der Elektrozaun keine besondere mechanische Widerstandsfähigkeit aufzuweisen. Im Vergleich zu Massivzäunen genügen $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{3}$ des Materialaufwandes. Der Zaun kann mit wesentlich geringerem Arbeitsaufwand errichtet werden. Der Elektrozaun ist deshalb vor allem für Innen- und Wanderzäune zu empfehlen, bei wenig gefährdeten Weiden auch als Außenzaun (Abb. 282).

Elektrozaungeräte erzeugen einen Stromimpuls, der zwischen Zaun und Erde eine Spannung aufbaut. Beim Berühren des Drahtes bildet der Tierkörper eine leitende Brücke, so daß der Strom durch das Tier hindurch zum Boden fließt.

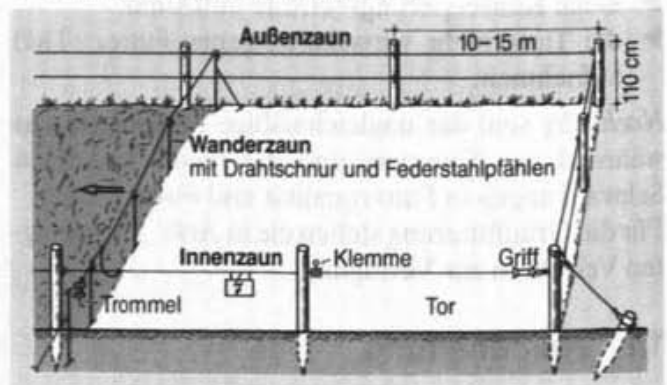


Abb. 282 Aufbau einer Elektrozaunanlage.

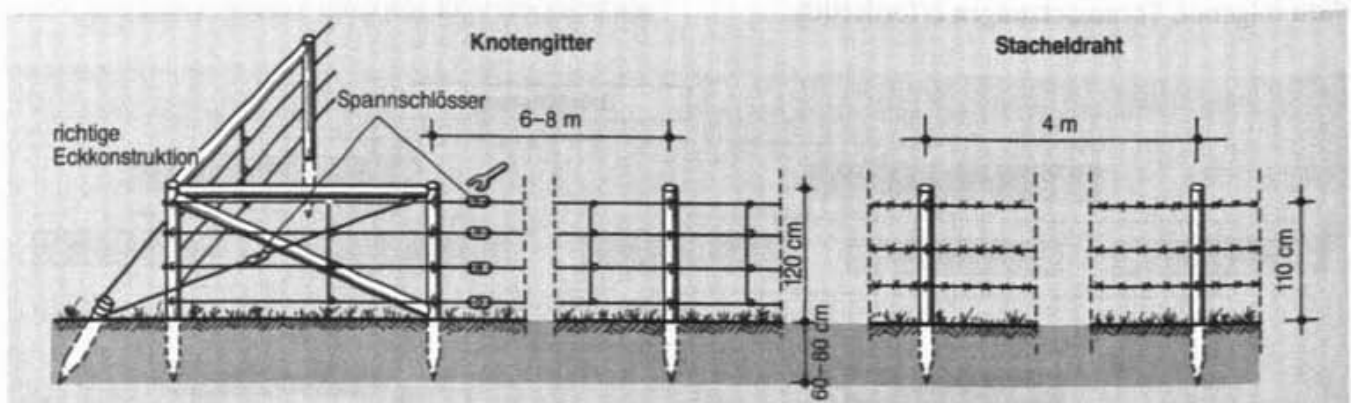


Abb. 281 Verschiedene Ausführungen von Massivzäunen (nach KTBL).

Tabelle 116 Technische Daten für Elektrozäune.

Viehart	Anzahl der Drähte	Höhe cm	Pfostenabstand m
Rinder	außen: 2	60 + 100	10–15
	innen: 1	80	15–20
Pferde	2	80 + 100	15–20
Schweine	2	25 + 50	5–10
Schafe	1	50	10–15

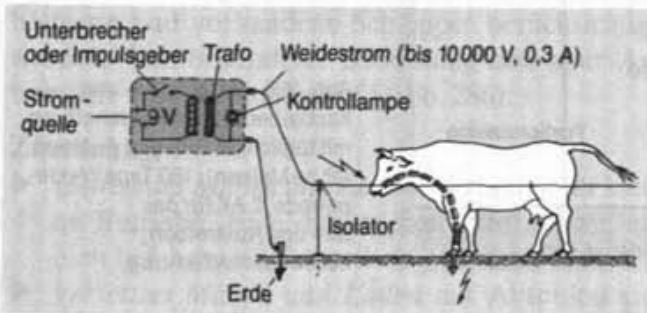


Abb. 283 Funktion einer Elektrozaunanlage.

Um bei Mensch und Tier Schäden zu vermeiden, wird im Elektrozaungerät der Strom laufend unterbrochen, damit es zu keinen gefährlichen Muskelverkrampfungen (Herz) kommt. Dazu werden *mechani-*

sche Unterbrecher, bei aufwendigen Geräten *elektronische Impulsformer* verwendet.

Zwei Bauarten von Elektrozaungeräten sind üblich (Abb. 284).

1.1.2 Vergleich und Zuordnung der Weideverfahren

Der spezifische **Arbeits- und Kapitalbedarf** der verschiedenen Verfahren der Weidehaltung bei täglichem Ein- und Austrieb ist in Abb. 285 (Seite 248) wiedergegeben.

Unter Berücksichtigung der Weideerträge und der Besatzstärke können die verschiedenen Verfahren der Weidehaltung wie folgt **zugeordnet** werden:

- ▶ **Intensivstandweiden:** Flächenreiche, größere Betriebe mit geringer Arbeitskapazität; bei ausreichenden Niederschlägen und trittfester Narbe;
- ▶ **Umtriebsweide:** Standardform der Weidebewirtschaftung bei ausreichender Futterfläche;
- ▶ **Portionsweide:** Flächenarme Betriebe mit genügender Arbeitskapazität.

Bauart	Merkmale	Hütespannung	Zaunlänge
Batteriegeräte 	unabhängig vom Elektronetz; mechanische Unterbrecher; Schlagstärke soll einstellbar sein; 1 Batterie reicht ca. 180 Tage; Anzeigergeräte für Hütespannung und Batterie erforderlich	2000–5000 V	3–7 km
Netzgeräte 	220 V Wechselstromanschluß erforderlich; 1 kWh/Monat Stromverbrauch; hohe Hütewirkung, deshalb besonders für Außenzäune geeignet; bei mehreren Ausgängen können Weidekoppeln unabhängig versorgt werden	6000–10000 V	20–30 km
	Unfallschutz: alle Geräte müssen das VDE-Zeichen besitzen		

Abb. 284 Bauarten von Elektrozaungeräten.

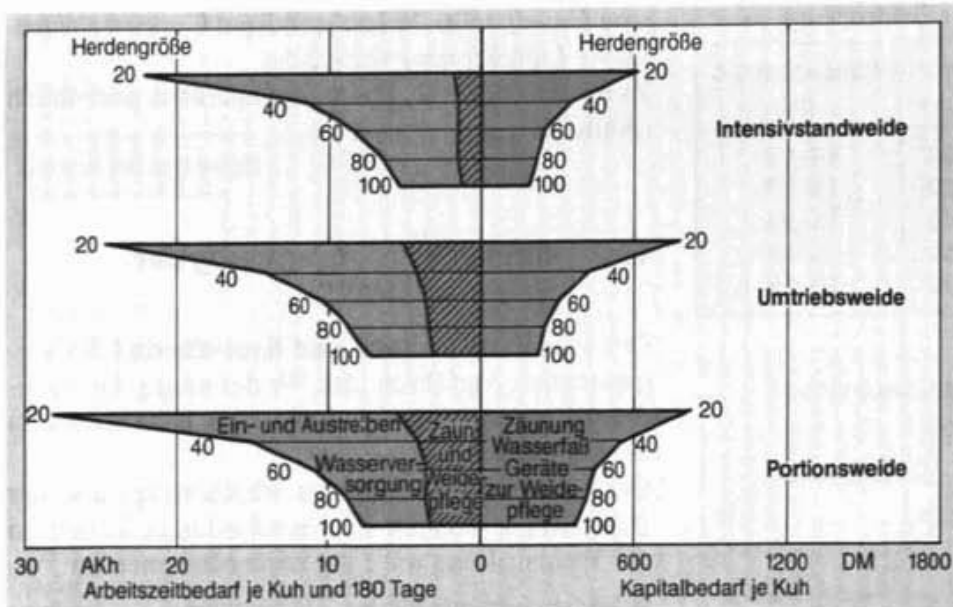


Abb. 285 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf der Weidehaltung mit täglichem Ein- und Austrieb (ohne Melken); 180 Tage Weideperiode, 2 AK für das Ein- und Austreiben; 500 m Feldentfernung.

1.2 Sommerstallfütterung

Bei der **Sommerstallfütterung** müssen zwar täglich nur kleinere Futtermengen (50–80 kg/Tier) eingebracht werden, im Laufe eines Jahres sind dies aber beträchtliche Futtermassen (bei 40 GV 5000 dt/Jahr), die gemäht, geladen, transportiert und an die Tiere verteilt werden müssen.

Die **Verfahren der Sommerstallfütterung** müssen folgenden **Anforderungen** genügen:

- ▶ Schonende Grüngutbehandlung,
- ▶ Ein-Mann-Arbeit mit kurzen Rüstzeiten,
- ▶ weitgehende Witterungsunabhängigkeit,
- ▶ durchgehende Mechanisierung vom Feld bis in den Stall.

1.2.1 Verfahren der Sommerstallfütterung

Schonende Gutbehandlung, geringe Rüstzeiten und Ein-Mann-Arbeit haben dazu geführt, daß der **Ladewagen** die zentrale Maschine für die Sommerstallfütterung wurde. Besonders geeignet sind Ladewagen mit Rechenkettensystemen, welche das Gut von oben locker in den Wagen fördern. Verfahrensunterschiede ergeben sich je nach der Art der Futterbergung und der Futterzuteilung.

Futterbergeverfahren – Für das Bergen des Futters kommen je nach Mechanisierung des Betriebes mehrere Möglichkeiten in Frage:

- ▶ **Mähen und Laden getrennt:** Standardverfahren für kleine Milchviehbetriebe, bei denen ein kleiner Schlepper mit Seitenmäherwerk im ersten Arbeitsgang mäht und in einem zweiten Arbeitsgang das Futter aufammelt.

- ▶ **Versetztes Mähen und Laden:** Mit leistungsstarken Schleppern können diese Arbeitsgänge gekoppelt werden, wobei allerdings beim ersten und letzten Schwad die Arbeitsgänge wieder getrennt durchgeführt werden müssen.

- ▶ **Mähladen:** Für das gleichzeitige Mähen und Laden vom ersten Schwad an stehen drei technische Verfahren zur Verfügung:

- Schlepper mit Frontmäherwerk und Ladewagen mit Direkteinzug;
- Schlepper mit Seitenmäherwerk, Ladewagen mit Schwenkdeichsel;
- Mähladewagen, d. h. Ladewagen mit vorgebautem Scheibenmäherwerk.

Beim Mähladen wird mit geringsten Rüstzeiten ein sehr sauberes Futter geborgen.

Futternvorlage – Besonders wichtig für eine durchgehende Mechanisierung der Sommerstallfütterung ist eine arbeitssparende Futternvorlage. Je nach den Gebäudeverhältnissen unterscheidet man zwischen einer indirekten und einer direkten Futterzuteilung. Bei engen Gebäudeverhältnissen ist man gezwungen, das Futter vor dem Stall abzuladen und in einem weiteren Arbeitsgang in den Stall zu fördern (**indirekte Futterzuteilung**). Mit dem Schubkarren ist dafür ein hoher Arbeitszeitbedarf erforderlich, der sich je nach Futtertischbreite durch Schienengreifer, Futterband oder Frontlader deutlich senken läßt.

Wesentlich einfacher und arbeitssparender läßt sich die Grünfütterung durch eine **direkte Futterzuteilung** vom Wagen mechanisieren. Dazu ist aber ein befahrbarer Futtertisch mit einer Mindestbreite von 2,5 m erforderlich. Hier kann bei Langgut das Futter für zwei Mahlzeiten rückwärts vom Transportwagen vor den Tieren abgeladen werden.

Ein direktes Zuteilen des Futters in den Trog ist mit einer Zuteileinrichtung möglich. Da Kurzgut auf dem Wagen nicht gelagert werden kann, ist zweimal tägliches Futterholen notwendig.

1.2.2 Vergleich und Zuordnung der Verfahren der Sommerstallfütterung

Bei der Auswahl der günstigsten Verfahren der Sommerstallfütterung müssen Futteranfall, Gebäudeverhältnisse und vorhandene Schlepper berücksichtigt werden. Von besonderer Bedeutung sind aber Arbeitszeit- und Kapitalbedarf (Abb. 286).

Zuordnung:

- ▶ *Getrenntes Mähen und Laden:* Verfahren für kleine Betriebe. Eine direkte Futtervorlage auf einem befahrbaren Futtertisch ist anzustreben.
- ▶ *Versetztes Mähen und Laden* mit Abspulen auf dem Futtertisch ist das Standardverfahren für mittlere Milchviehhaltungsbetriebe. Schneideeinrichtungen erleichtern das Zuteilen des Futters in den Trog, beschränken aber die Lagerfähigkeit des Gutes.
- ▶ *Mähladen* mit direkter Zuteilung in den Trog erfordert zweimaliges Futterholen am Tag, welches ab 40 Kühen sinnvoll ist.

Verfahren der Sommerstallfütterung sind bei gleichzeitiger Nutzung der Ladegeräte für die Winterfutterbergung kostengünstig, da hier nur die variablen Maschinenkosten anfallen.

1.3 Vergleich zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung

Die Entscheidung zwischen Weidegang und Sommerstallfütterung ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig:

- ▶ Von der Verkehrslage,
- ▶ von der Herdengröße,
- ▶ vom Stallsystem,
- ▶ von der arbeitswirtschaftlichen Situation,
- ▶ von Standort und Klima.

Vorteile der Weidehaltung:

- ▶ Natürlicher Auslauf für die Rinder,
- ▶ billigere Futtergewinnung,
- ▶ geringere Sonn- und Feiertagsarbeit,
- ▶ höhere Futteraufnahme (ca. 1,5 kg TM/Tier und Tag),
- ▶ höhere Grundfutterleistung/Tier,
- ▶ Nutzung von Steilhängen möglich,
- ▶ günstige Weidenarben-Zusammensetzung,
- ▶ arbeitswirtschaftlich günstiger bei:
 - Weidemelken gegenüber Anbindeställen,
 - bei Stallmelken und Hofweiden unter 500 m Entfernung.

Vorteile der Sommerstallhaltung:

- ▶ Geringere Futterverluste:
 - Sommerstallhaltung 5–10%,
 - Standweide 30–45%,
 - Portionsweide 15%,
- ▶ keine Zaunarbeit und keine Zaunkosten,
- ▶ keine Probleme mit Straßenverkehr und langen Treibwegen,
- ▶ besserer Witterungsschutz,
- ▶ Nutzung moderner Melktechnik,
- ▶ Ausgleich von Trockenperioden möglich,
- ▶ geringerer Flächenbedarf/Kuh,
- ▶ arbeitswirtschaftlich günstiger:
 - bei Laufställen gegenüber Weidemelken,
 - bei über 500 m Weideentfernung und Stallmelken.

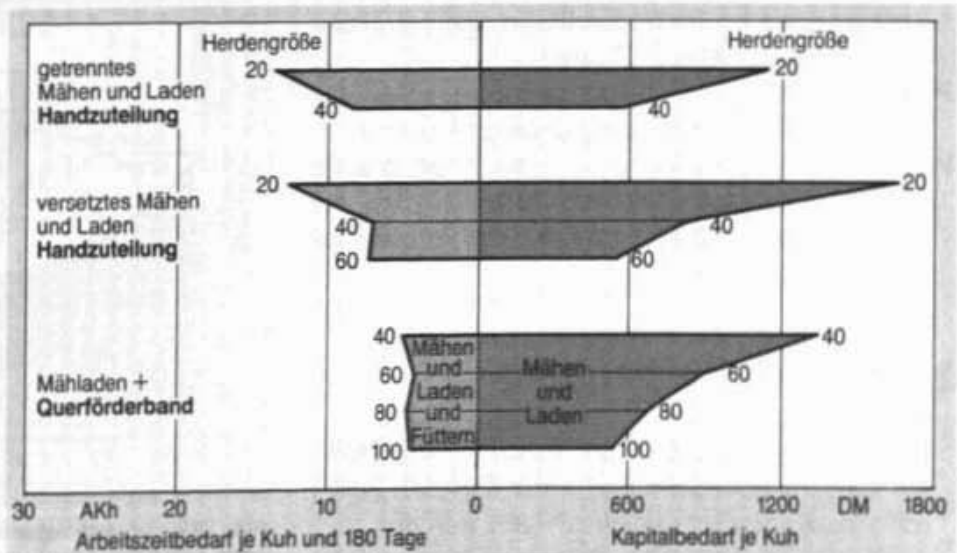


Abb. 286 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf der Sommerstallfütterung (180 Tage, 1 AK).

Entscheidend für die ökonomische Beurteilung beider Verfahren sind der Arbeitszeitbedarf und die Kosten der Arbeitserledigung (Abb. 287).

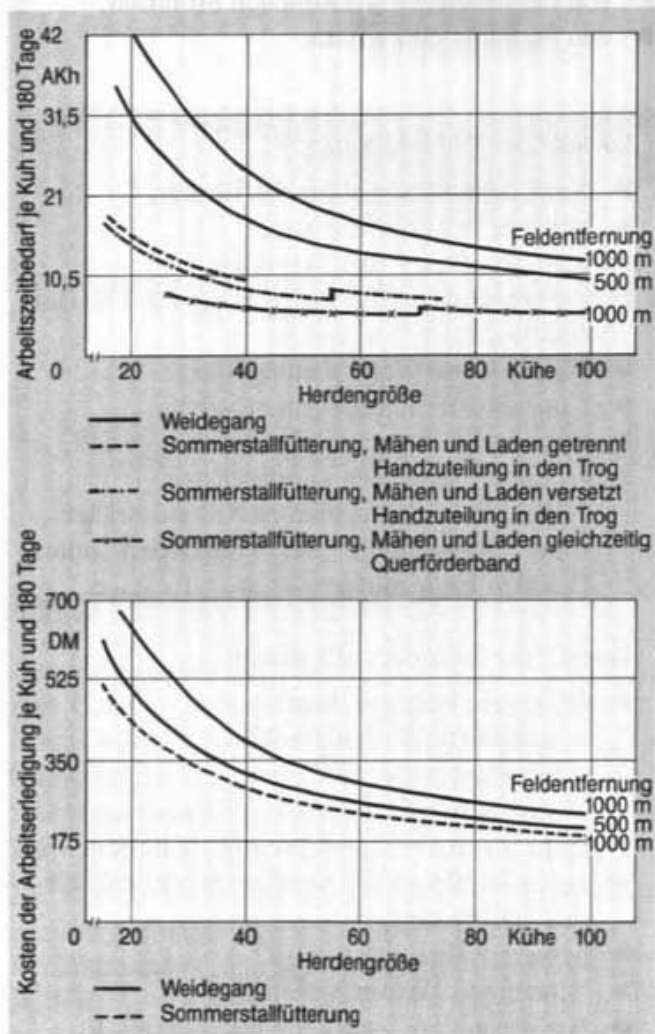


Abb. 287 Arbeitszeitbedarf (oben) und Kosten der Arbeitserledigung (unten) für Weidegang und Sommerstallfütterung von Milchkühen (Stallmelken).

Zuordnung:

- Aus arbeitswirtschaftlichen Gründen ist der Weidegang mit Stallmelken in Herden bis 40 Kühen bei mangelnder Futterdurchfahrt und bei Treibwegen bis zu 500 m im Vorteil.
- Bei den Kosten der Arbeitserledigung ist die Stallhaltung meist dem Weidegang überlegen.
- Bei der Weidehaltung ist meist eine höhere Milchleistung aus dem Grundfutter möglich, bei der Sommerstallhaltung werden die Futterverluste eingeschränkt.

2 Winterfutterbergung

Für die Winterfütterung muß in nur wenigen Tagen das gesamte Grundfutter für 150–200 Tage verlustarm geerntet und eingelagert werden.

Dabei sind zu fordern:

- **Schlagkräftige Verfahren**, um das Futter zum optimalen Zeitpunkt zu ernten. Dabei sind neben hohen Erträgen auch hohe Nährstoffkonzentrationen anzustreben (Abb. 288). Die höchste Nährstoffkonzentration im Grundfutter (MJ/kg TM) wird bei frühem Schnitt erreicht, allerdings ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht der höchste Ertrag gegeben. Hohe Futtererträge mit hoher Nährstoffkonzentration sind nur während einer sehr kurzen Zeitspanne – etwa eine Woche vor dem Rispschieben – möglich. Für die Ernte des Futters zum optimalen Zeitpunkt ist eine hohe Schlagkraft erforderlich.

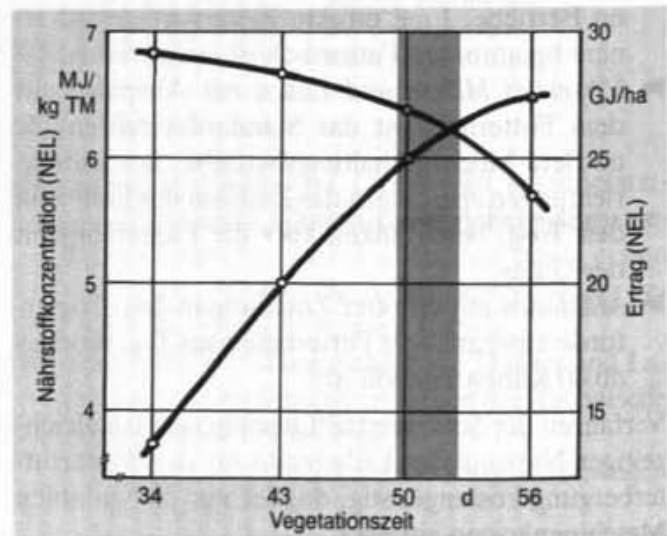


Abb. 288 Ertrag und Nährstoffkonzentration beim Wiesen-schwengel in Abhängigkeit vom Schnittzeitpunkt (nach HONIG).

- **Geringe Ernte- und Konservierungsverluste:** Die Futterkosten beanspruchen einen steigenden Anteil an den Produktionskosten. Geringe Konservierungsverluste und hohe Milch- und Fleischleistung aus dem Grundfutter sind deshalb Voraus-

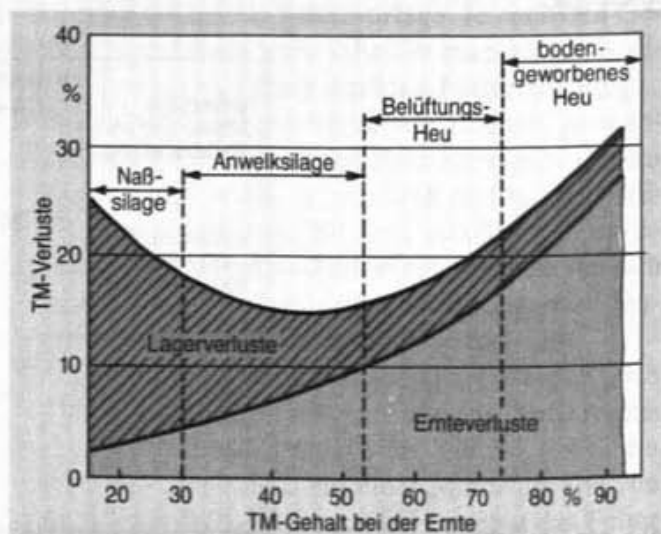


Abb. 289 Trockenmasseverluste bei verschiedenen Futterernte- und Konservierungsverfahren (nach ZIMMER).

setzung für eine rentable Rinderhaltung. Die einzelnen Futterernte- und Konservierungsverfahren unterscheiden sich dabei wesentlich (Abb. 289).

- ▶ **Geringes Wetterisiko:** Bei den meisten Futterernteverfahren sind nicht die einzelnen Schönwettertage, sondern die Schönwetterperioden maßgebend. Je mehr Tage ein Futterernteverfahren beansprucht, desto größer ist das Wetterisiko und desto weniger Zeit steht für die Ernte zur Verfügung.

2.1 Mähverfahren

An die Mähverfahren werden folgende **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Schnelles und störungsfreies Mähen auch dichter Bestände,
- ▶ saubere, verlustarme Mahd und glatter Schnitt bei guter Schwadentrennung (Schlepperspuren!),
- ▶ sicheres Arbeiten am Hang, gute Anpassung an Böschungen und Bodenebenenheiten,
- ▶ geringe Rüstzeiten und niedriger Pflegeaufwand,
- ▶ ausreichende Schlagkraft, welche der folgenden Futtererntekette angepaßt ist,
- ▶ geringer Leistungsbedarf und vertretbarer Kapitalbedarf.

Bei den Mähverfahren wird grundsätzlich zwischen *Scherenschnitt* (Messerbalken) und *freiem Schnitt* (rotierende Mähwerke) unterschieden (Abb. 290).

2.1.1 Bauarten von Mähwerken

Mähbalken – Bei den Mähbalken wird zwischen Finger- und Doppelmessermähwerken unterschieden.

Bei **Fingermähwerken** dient als Schneide das hin und her bewegte (oszillierende) Messer, als Gegenschneide feststehende Finger. Die Messer biegen die Halme zur Gegenschneide (Finger) und schneiden sie erst dort ab. Je nach Fingerabstand entstehen dabei unterschiedlich lange Stoppeln. Durch die Kurbelbewegung (800–1200/min) beträgt bei der Richtungsänderung die Messergeschwindigkeit 0 m/s (toter Punkt). Messertodpunkt und Fingerstellung sollen deshalb übereinstimmen.

Doppelmessermähwerke haben als Gegenschneide ein weiteres Messer, welches sich gegenseitig bewegt. Dadurch wird der »tote Punkt« vermieden, so daß die Verstopfungsgefahr geringer ist.

Der **Antrieb** von Balkenmähwerken erfolgt:

- ▶ **Mechanisch** über Schlepperzapfwelle, Kurbel und Schubstange, wobei eine mittlere Messergeschwindigkeit von 2,5 m/s erreicht wird. Der Antrieb erlaubt das Mähen bis zu einem Böschungswinkel von 30°.
- ▶ **Hydraulisch** durch Ölmotor, wobei Messergeschwindigkeiten von 3 m/s üblich sind. Ölmotoren erlauben größere Böschungswinkel (+ 90°; – 45°) und erleichtern den Anbau bei Heckmähwerken. Allerdings sind sie ca. 1000,- DM teurer und erfordern einen ausreichenden Ölstrom und Öldruck.

Kreiselmäherwerke – Kreiselmäherwerke besitzen keine Gegenschneide, sondern mähen das Futter im freien Schnitt. Als Gegenschneide wirkt hier die Massenträgheit und der Biege widerstand der Pflanze. Je geringer die Masse (z. B. blattreiches Futter) und je geringer der Biege widerstand (z. B. junges Gras), desto größer muß die Schnittkraft sein. Es sind deshalb Messerumfangsgeschwindigkeiten von 60–80 m/s erforderlich (im Scherenschnitt nur 2–3 m/s!).

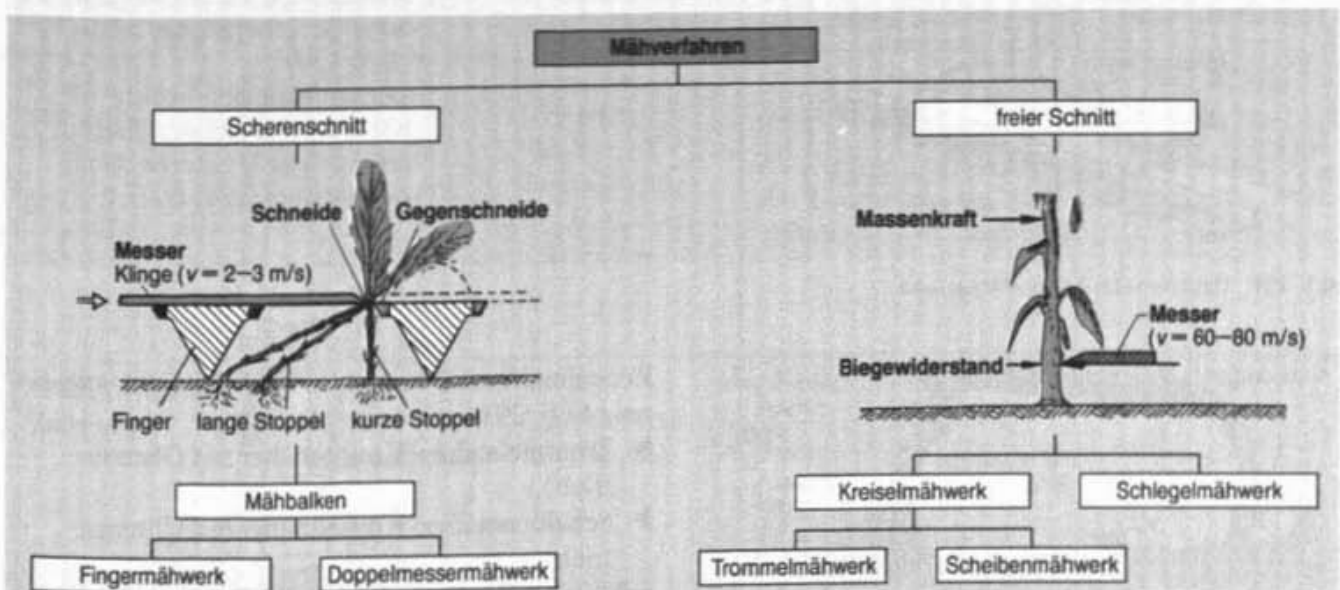


Abb. 290 Mähverfahren.

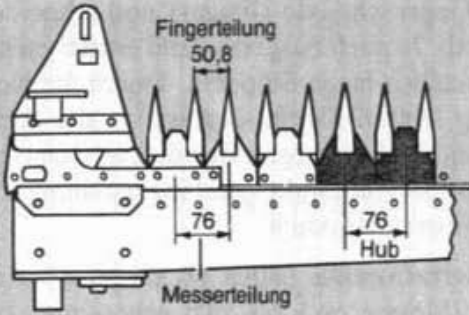
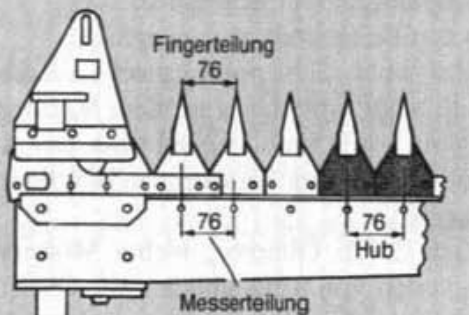
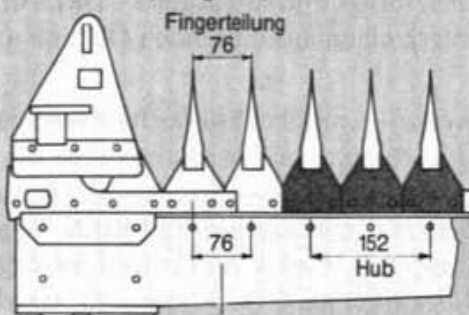
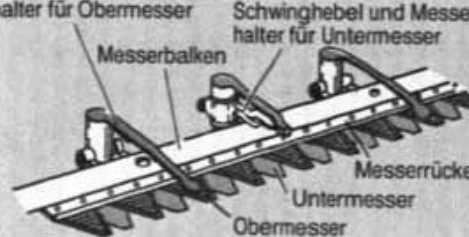
Bauart	Messerteilung	Merkmale
Mittelschnitt 	1 Hub = 1 1/2 Fingerabstände 3 Finger = 2 Messer	sauberer Schnitt bei allen Grasarten! höhere Verstopfungsgefahr; beschränkte Geschwindigkeit (6 km/h)
Hochschnitt (Kurzhub) 	1 Hub = 1 Fingerabstand 1 Finger = 1 Messer	mangelnde Arbeitsqualität bei kurzen und dichten Grasbeständen; geringe Verstopfungsgefahr; Geschwindigkeit bis 8 km/h
Hochschnitt (Langhub) 	1 Hub = 2 Fingerabstände 1 Finger = 1 Messer	schlanke Finger aus hochvergrütetem Stahl; durch Langhub bei gleicher Kurbdrehzahl doppelte Messergeschwindigkeit; dadurch schnellere Geschwindigkeit bis zu 12 km/h möglich
Doppelmesser-Mähwerk Schwinghebel und Messerhalter für Obermesser Schwinghebel und Messerhalter für Untermesser Messerbalken Messerrücken Untermesser Obermesser 	1/2 Hub bei höherer Hubzahl	sehr ruhiger Lauf; sehr geringe Verstopfungsgefahr; hohe Geschwindigkeit 10-12 km/h; weniger steinempfindlich; höherer technischer Aufwand, aufwendiger Messerwechsel; Antrieb über Ölmotoren

Abb. 291 Bauarten von Balkenmähwerken.

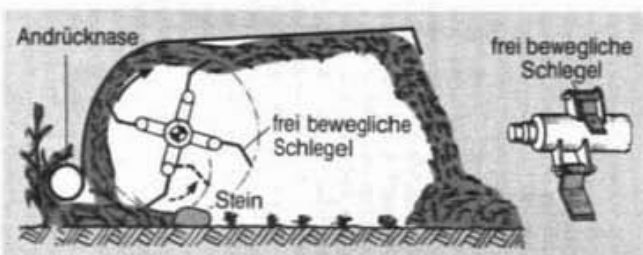


Abb. 292 Aufbau eines Schlegelmähwerkes.

Kreiselmähwerke werden in zwei **Bauarten** angeboten (Abb. 293):

- ▶ **Trommelmäher** (Kreiselmäher mit Obenantrieb),
- ▶ **Scheibenmäher** (Kreiselmäher mit Untenantrieb).

Schlegelmähwerke – Diese schlagen das Gut ebenfalls im freien Schnitt mit einer Umfangsgeschwin-

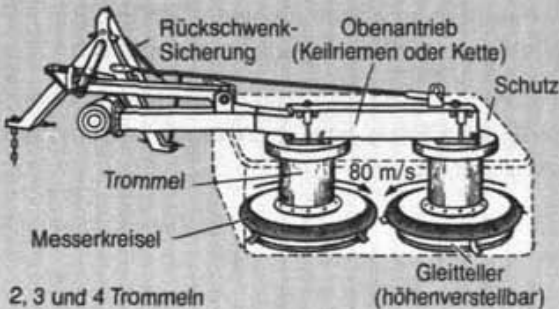
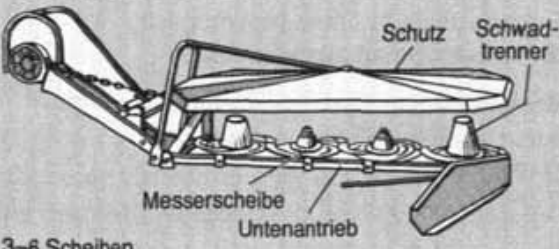
Bauart	Merkmale
Trommelmäher  2, 3 und 4 Trommeln	hohe und schmale Schwadbildung; leichter Messerwechsel; aufwendige Bauart und sehr hohes Gewicht, deshalb nur Heck- und Frontanbau; bei hoher Fahrgeschwindigkeit sehr hoher Leistungsbedarf; bei größeren Schnittbreiten geringerer Kapitalbedarf gegenüber Scheibenmäherwerken
Scheibenmäher  3-6 Scheiben	flacher Schwad bei mangelnder Schwadtrennung; leichtere Bauweise; technisch aufwendiger Untenantrieb; bei Schnittbreiten bis 1,65 m geringerer Kapitalbedarf gegenüber Trommelmäherwerk; bei Frontanbau ermöglicht die Kombination von Trommel- und Scheibenmäherwerk eine sehr gute Schwadbildung

Abb. 293 Bauarten von Kreiselmäherwerken.

digkeit von 25–30 m/s ab. Das Gut wird durch die Andrücknase (Abb. 292) in Fahrtrichtung gedrückt und durch frei bewegliche Schlegel möglichst kurz abgeschlagen. Bei Geschwindigkeiten über 8 km/h entstehen lange Stoppeln, unter 5 km/h hohe Bröckelverluste.

Beurteilung:

Vorteile sind bei diesen Mäherwerken die geringe Störanfälligkeit, vor allem bei Vorhandensein von Steinen. Weiterhin wird das Gut geknickt, wodurch die Trockenzeit verkürzt wird.

Nachteile sind die ungleichen Stoppelhöhen, die zu Verlusten bis zu 10% führen können. Bei Klee und Luzerne entstehen hohe Bröckelverluste; bei unebenem Gelände verschmutzt das Gut stark. Schlegelmäherwerke werden deshalb vorrangig als Mulchgeräte eingesetzt.

2.1.2 Anbau der Mäherwerke am Schlepper

Nach der Anordnung des Mäherwerkes am Schlepper werden Front-, Seiten- und Heckmäherwerke sowie Anhängemaschinen unterschieden (Abb. 294).

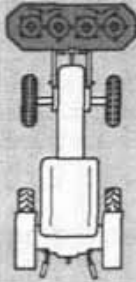
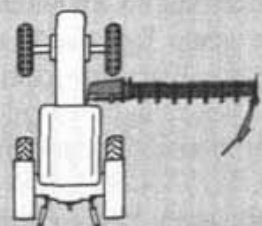
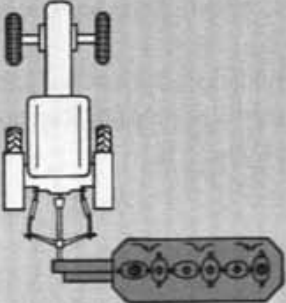
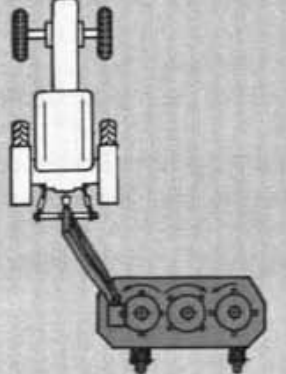
Anbau am Schlepper	Mäherwerksbauart	Beurteilung
Frontmäherwerk 	Scheiben, Trommel, Finger, Doppelmesser; Arbeitsbreite: 1,5–2,65 m	<i>Vorteil:</i> Direktes Einfahren in Bestand; Schlepperheck bleibt frei für Zetter oder Ladewagen <i>Nachteil:</i> Aufwendiger Anbau (Frontkraftheber, Frontzapfwelle), bei größerer Arbeitsbreite muß Schwad gebildet werden
Zwischenachs- Mäherwerk 	Finger, Doppelmesser; Arbeitsbreite: 1,5–2,1 m	<i>Vorteil:</i> Gute Übersicht; beim täglichen Mähen ständig einsatzbereit; kombinierbar mit Zetter und Ladewagen; einfache Konstruktion; billig <i>Nachteil:</i> Arbeitsbreite beschränkt; an Schlepper gebunden

Abb. 294 Anbau der Mäherwerke am Schlepper.

Anbau am Schlepper	Mähwerksbauart	Beurteilung
Heck-Mähwerk 	Scheiben, Trommel; Arbeitsbreite: 1,5–2,65 m Finger, Doppelmesser; Arbeitsbreite: 1,5–2,1 m	<i>Vorteil:</i> Mähwerk nicht an einen Schlepper gebunden; größere Arbeitsbreiten möglich <i>Nachteil:</i> Schwierige Kontrolle der Mäharbeiten; Anbau von Zetter oder Ladewagen ist behindert bzw. nicht möglich
Anhänge-Mähwerk 	Trommel, Scheiben (meist in Verbindung mit Aufbereiter); Arbeitsbreite: 2,0–3,20 m	<i>Vorteil:</i> Große Arbeitsbreiten; Aufbau von Gutaufbereitern möglich; Schlepper schnell austauschbar <i>Nachteil:</i> Teuere Spezialmaschine; wenig wendig; schwierige Kontrolle der Mäharbeit

Die Kombination von Front- und Heckmähwerk erlaubt Arbeitsbreiten bis zu 3,7 m

2.1.3 Vergleich der Mähverfahren und betriebliche Zuordnung

Tabelle 117 Auswahlkriterien für Mähwerke.

Auswahlkriterium	Fingerbalken		Doppel-messer-balken	Kreiselmäherwerke	
	Kurzhub	Langhub		Trommel	Scheiben
Arbeitsbreite m	1,5–2,1	1,5–2,1	1,5–2,25	1,35–2,65	1,6–2,5
Antriebsleistung kW/m	2,0	2,0	2,5	15	12
Arbeitsgeschwindigkeit km/h	5–8	8–10	8–10	8–12	8–12
landwirtschaftliche Leistung ha/h	0,8–1,1	1,2–1,4	1,2–1,3	1,0–2,2	1,0–2,0
Störanfälligkeit	hoch	gering	gering	sehr gering	sehr gering
Kapitalbedarf DM	2800–3500	3000–4500	3300–5400	4500–12 000	5000–8500
Nutzungsdauer nach Zeit a	12	12	12	10	10
Nutzungsdauer nach Arbeit ha	300	300	300	350	350
Reparatur % ¹⁾ je 100 ha	25	25	30	15	18

¹⁾ Vom Anschaffungswert.

Fingermähwerke sind universell einzusetzen (z. B. beim täglichen Grünfütterholen), erreichen aber nicht die Leistung von **Kreiselmäherwerken** (Tabelle 118). Diese sind Spezialgeräte für die Futterernte und müssen in vielen Betrieben durch ein Seitenmäherwerk ergänzt werden. **Schlegelmähwerke** haben nur geringe Bedeutung, da bei den vorherrschenden Wachstumsbedingungen kaum ein Vorwelkeffekt auftritt, andererseits aber mit Bröckelverlusten und Verschmutzung gerechnet werden muß.

2.1.4 Aufbereiten des Grüngutes

Ziel der Aufbereitung ist ein beschleunigtes Anwelken, so daß an einem Tag gemäht und Anwelksilage bzw. Heu für die Warmlufttrocknung eingefahren werden kann. Dies kann durch mechanische, chemische oder thermische Aufbereitung des Gutes erreicht werden.

Wegen der geringeren Kosten kommen derzeit nur **mechanische Aufbereitungsverfahren** zum Einsatz,

Tabelle 118 Vor- und Nachteile von Balken- und Kreiselmäherwerken.

	Vorteile	Nachteile
Balkenmäherwerke	<ul style="list-style-type: none"> ▶ geringer Leistungs- und Kapitalbedarf ▶ geringes Gewicht erlaubt einfachen und übersichtlichen Seitenanbau ▶ gleichmäßiger und sauberer Schnitt auch bei kurzem Gut 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ höherer Wartungs- und Pflegeaufwand ▶ Verstopfungsgefahr, vor allem beim Überfahren von gemähtem Gut ▶ beschränkte Arbeitsbreite und geringere Arbeitsgeschwindigkeit
Kreiselmäherwerke	<ul style="list-style-type: none"> ▶ hohe Schlagkraft und störungsfreies Arbeiten ▶ geringer Wartungs- und Pflegeaufwand ▶ größere Arbeitsbreiten möglich 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ hoher Kapital- und Leistungsbedarf ▶ schwerere Bauart, deshalb nur Heck- und Frontanbau ▶ Verschmutzung des Futters bei Moorwiesen; schwieriges Verstellen der Schnitthöhe ▶ erhöhte Unfallgefahr; nur Originalmesser im Satz austauschen

wobei eine vorsichtig schlagende, reibende Bearbeitung unmittelbar nach dem Mähen eine stärkere Beschleunigung des Trocknungsvorganges bewirkt als ein Quetschen mit Walzen. Deshalb sind heute überwiegend Mähaufbereiter in Verbindung mit Scheiben- und Trommelmäherwerken üblich (Abb. 295). Bei der **Beurteilung und dem Vergleich** von Mähaufbereitern sind Bearbeitungseffekt, Flächenleistung, Leistungsbedarf und Kapitalbedarf zu beachten:

- ▶ Durch den Einsatz der Mähaufbereiter läßt sich der Trocknungsvorgang auf dem Feld um 2–3 Stunden beschleunigen. Dabei können zusätzliche Bröckelverluste bis zu 1 dt TM/ha auftreten, die meist durch verminderte Atmungsverluste und eingeschränktes Wenden ausgeglichen werden.

Wirkungsweise	Beurteilung
<p>Scheibenmäher mit Schlegelrotor</p> <p>Schlagleisten Schlegelrotor (pendelnd) Zinkenkamm (pendelnd)</p> <p>ab 35 kW v = 6–12 km/h 1,60–3,20 m</p>	<p>der Schlegelrotor ist auf voller Breite unmittelbar über das Scheibenmäherwerk montiert; das Gut wird durch bewegliche Schlegel gegen Schlagleisten und verstellbare Zinkenkämme geschleudert; breite Gutablage</p>
<p>Trommelmäher mit Zinkenrotor</p> <p>Schlagleiste (verstellbar) Zinkenrotor</p> <p>ab 35 kW v = 6–12 km/h 1,65–2,45 m</p>	<p>die Mähtrummeln führen das Gut zu einem Schwad zusammen, dieser wird von einem Zinkenrotor bearbeitet; das Gut wird in einen lockeren Schwad abgelegt; die Bearbeitungsintensität kann durch verstellbare Schlagleisten verändert werden; durch Schnellverschlüsse läßt sich der Rotor abkoppeln</p>

Abb. 295 Bauarten von Mähaufbereitern (nach SCHURIG).

Tabelle 119 Flächenleistungen, erforderliche Schlepperleistungen und Anschaffungspreise für Mähwerke mit Aufbereiter (nach SCHURIG).

Schnittbreite m	Flächenleistung ha/h	erforderliche Schlepperleistung kW	Anschaffungspreise DM
1,65	1,00	40	7 000–10 000
1,85	1,15	45	9 000–11 000
2,10	1,40	50	11 500–14 000
2,40	1,65	55	16 500–21 000
3,20	2,00	70	27 000

- ▶ Die Flächenleistung von Mähwerken mit Aufbereitern ist geringer als ohne Aufbereiter, da nicht schneller als 6–8 km/h gefahren werden soll.
- ▶ Für die Arbeit mit dem Mähenaufbereiter werden etwa 10–15 kW mehr Motorleistung benötigt als für das Mähen ohne Aufbereiter.

Achtung: Anbaumähwerke mit Aufbereiter können je nach Arbeitsbreite Gewichte bis zu 860 kg haben. Der Hubkraftbedarf am Schlepper zum Ausheben der dreipunktangebauten Geräte kann erheblich sein (s. DLG-Prüfberichte). Die verbleibende Vorderachslast am Schlepper bei ausgehobenem Gerät muß noch ein sicheres Lenken gewährleisten. Außerdem dürfen bei angebautem Gerät das zulässige Gesamtgewicht des Schleppers und die zulässigen Achslasten nicht überschritten werden.

2.2 Verfahren der Futterwerbung

Für alle Futterkonservierungsverfahren ist ein schnelles und verlustarmes Anwelken des Grün-gutes – möglichst an einem Tag – anzustreben. Dafür sind die in Abb. 297 gezeigten Arbeitsgän-ge üblich.

Dabei kommen die in Abb. 296 aufgeführten Geräte zum Einsatz, wobei zwischen Spezial- und Universalmaschinen unterschieden wird.

2.2.1 Spezialmaschinen für das Zetten und Wenden

Kreiselzettwender verwenden als Arbeitswerkzeuge zapfwellengetriebene *Zinkenkreisel*, welche paarweise gegenläufig arbeiten. Die einzelnen Kreisel sind nach vorne geneigt, so daß das Futter nur kurz am Boden streift und anschließend nach hinten geworfen wird. Der Neigungswinkel läßt sich verstellen. Beim Zetten wird ein flacher, beim Wenden ein größerer Winkel eingestellt.

Vorteile:

- ▶ Hohe Arbeitsgeschwindigkeit und große Arbeitsbreite,
- ▶ gutes Anpassen an Bodenunebenheiten,
- ▶ gute Streuarbeit auch bei dichterem Gut.

Nachteile:

- ▶ Gefahr von Bröckelverlusten; deshalb soll bei fortschreitender Abtrocknung die Umfangsgeschwindigkeit verringert werden (Umschaltgetriebe);
- ▶ Gefahr von Zinkenverlusten (Zinkensicherungen erforderlich).

Kreiselzettwender bestehen aus 2, 4 oder 6 Kreiseln mit einer Arbeitsbreite von 2,4–7,6 m. Jeder Kreisel wird durch ein Bodenrad abgestützt. Die Anglei-



Abb. 296 Verfahrensalternativen der Futterwerbung.

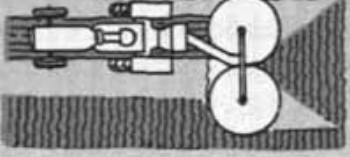
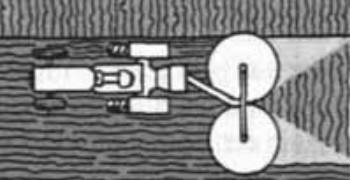

Arbeitsgang	Aufgaben	Anforderungen
Zetten 	Ausbreiten des Mähswades, meist in einem Arbeitsgang mit dem Mähen	das noch schwere Futter verlangt stabile, starre Zinken, die das Futter ohne Verschmutzung gut durchwirbeln
Wenden 	Auflockern und Umwenden des breitgestreuten Gutes, um ein gleichmäßiges und schnelles Abtrocknen zu gewährleisten	diese Maschinen müssen einerseits das Gut gleichmäßig wenden, andererseits stark angewelktes Futter schonend behandeln (Bröckelverluste); hohe Arbeitsleistung
Schwaden 	um das Laden zu beschleunigen, wird das Gut in 60–150 cm breite Schwaden zusammengereicht	sauberes Rechen; verzopfter Schwad, welcher die nachfolgenden Arbeitsgänge nicht behindert; geringe Verschmutzung; Steine und Fremdkörper dürfen nicht eingewickelt werden; hohe Arbeitsleistung

Abb. 297 Arbeitsgänge bei der Futterwerbung.

chung an Bodenunebenheiten erfolgt entweder durch gelenkige Rahmen und Antriebe oder bei starren Rahmen durch Teleskopaufhängung (Abb. 298).

2.2.2 Spezialmaschinen für das Schwaden

Schwadgeräte sollen mit hoher Schlagkraft auch stark abgetrocknetes Futter schonend in einem sauberen, lockeren Schwad je nach Ladegerät in einer Breite von 80–140 cm zusammenrechen. Sternradrechen, Kreiselschwader und Trommelschwader sind üblich.

Sternradrechen bestehen aus schräg angeordneten, federnd aufgehängten Zinkenrädern, die lediglich durch ihren Bodenkontakt angetrieben werden. Die geringe Bewegungsgeschwindigkeit der Zinken sorgt für eine schonende Behandlung des Gutes, reicht aber für das Wenden bei stärkerem Futteraufwuchs nicht aus. Sie werden deshalb überwiegend als Spezialgerät zum Schwadenziehen eingesetzt. Üblich sind 4–6 Sternräder bei einer Arbeitsbreite von 2,3–3,4 m.

Radrechwender können am Schlepper angehängt, an die Hydraulik angebaut oder auch als Seiten- und

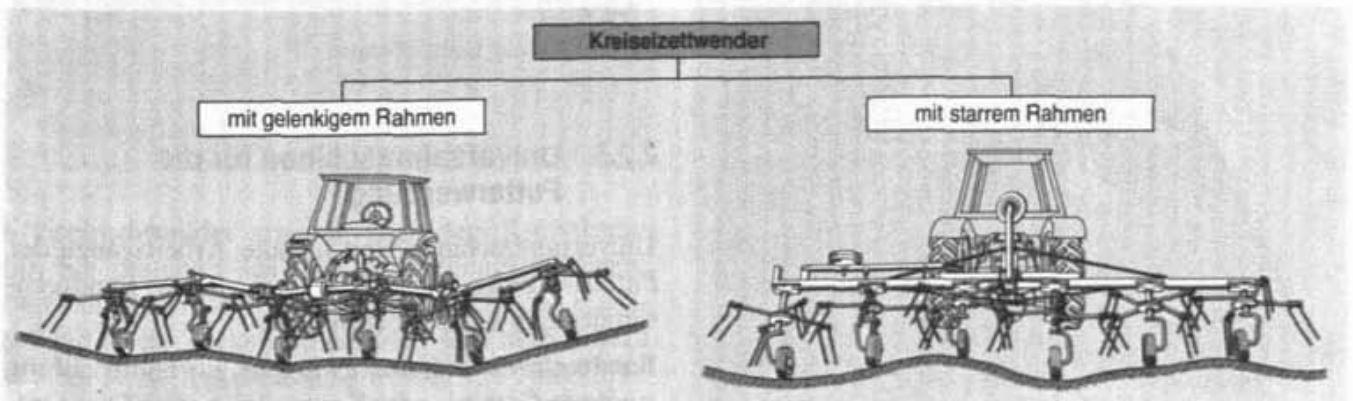


Abb. 298 Bauarten von Kreiselzethwendern.

Frontmaschine eingesetzt werden. Bei Frontanbau braucht das Gut nicht überfahren zu werden und das Schwaden kann gleichzeitig mit dem Laden erfolgen.

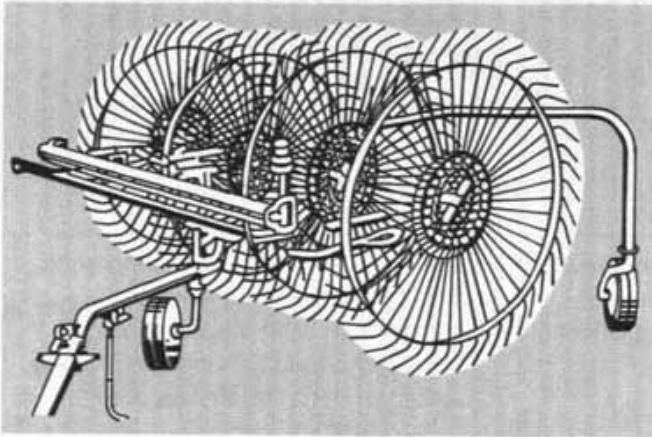


Abb. 299 Sternradrechen, gelegentlich als Wender eingesetzt.

Vorteile:

- ▶ Einfache Bauart ohne mechanischen Antrieb,
- ▶ schonende Gutbehandlung,
- ▶ hohe Arbeitsgeschwindigkeit.

Nachteile:

- ▶ Gefahr der Futtermverschmutzung,
- ▶ Zopfbildung bei Anwelkgut.

Kreiselschwader bestehen aus einem (selten zwei) zapfwellengetriebenen Horizontalkreiseln mit mehreren Rechenarmen. Durch eine Kurvensteuerung werden die Rechenzinken zuerst senkrecht über den Boden geführt, wobei sie das Gut portionsweise zum Schwadkorb rechen. Hier schwenken die Zinken um und lassen das Futter liegen. Durch Verstellen des Schwadkorbes kann die Schwadform geändert wer-

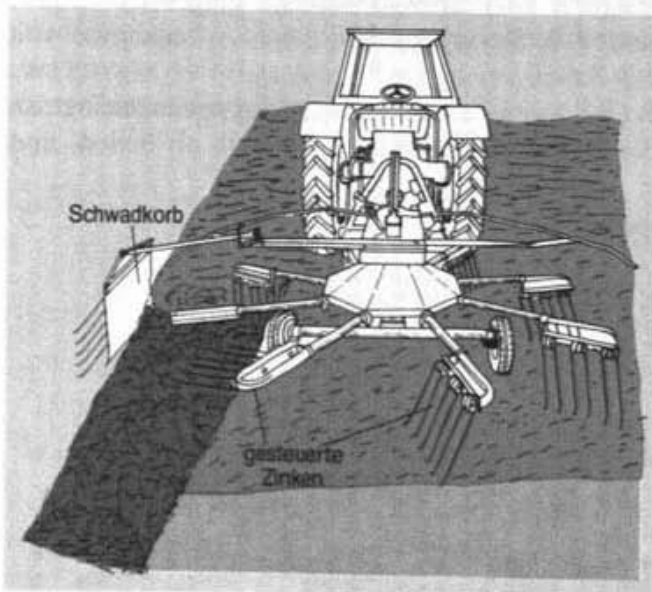


Abb. 300 Kreiselschwader.

den. Bei Frontanbau braucht das Futter nicht überfahren zu werden, wodurch Bröckelverluste verhindert werden.

Vorteile:

- ▶ Lockerer, nicht verzopfter Schwad,
- ▶ geringe Verschmutzung.

Nachteil:

- ▶ Beschränkte Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit.

Trommelschwader bestehen aus 4 Trommeln, welche mit einer Rechenscheibe und gebogenen Fingern bestückt sind. Unter jeder Trommel läuft eine Führungsrolle. Das Gerät hängt in der Front- oder Heckhydraulik.

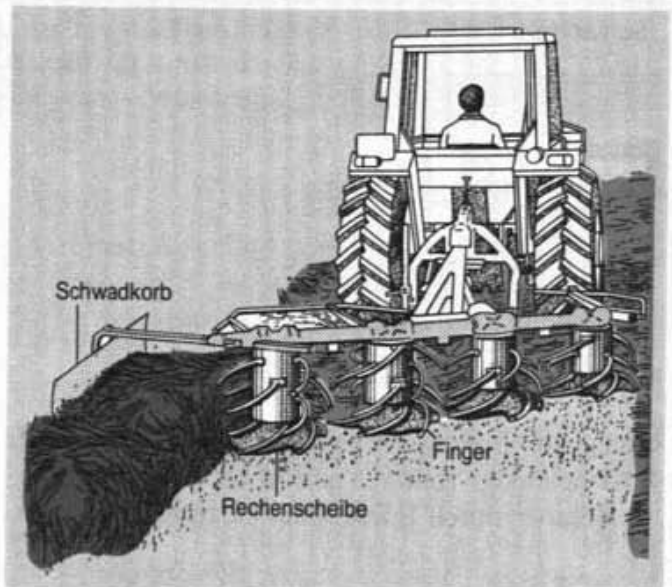


Abb. 301 Trommelschwader.

Vorteile:

- ▶ Große Arbeitsbreiten und hohe Geschwindigkeiten,
- ▶ keine Fremdkörpergefahr.

Nachteil:

- ▶ Höherer Bauaufwand.

2.2.3 Universalmaschinen für die Futterwerbung

Universalmaschinen sind für alle Arbeitsgänge der Futterwerbung geeignet. Dazu zählen Bandrechwender und Kreiselmrechwender.

Bandrechwender haben zwei quer zur Fahrtrichtung laufende Gummi- oder Kunststoffriemen. Diese tragen gesteuerte Zinken, die schnell ins Futter eingrei-

fen, senkrecht über den Boden streifen und am Ende langsam wieder herausgezogen werden, damit ein Wickeln vermieden wird.

Beim *Wenden* und *Schwaden* wird der Bandrechner mit Stützrädern so eingestellt, daß die Zinken waagrecht knapp über den Boden rechen. Ein seitlicher Schwadkorb fängt das Gut auf und bildet so einen lockeren, gut geformten Schwad.

Zum *Zetten* und *Breitstreuen* greifen die hinteren Zinken tiefer als die vorderen. Bröckelverluste, die durch direktes Überfahren des Futters entstehen würden, können durch seitliche Anhängung vermieden werden.

Kurzer Anbau und leichte Bauweise machen diese Werbegeräte für Hanglagen gut geeignet. Besondere Bedeutung haben Bandrechner als selbstfahrende Motorgeräte in hängigem Gelände bis zu 80% Neigung.

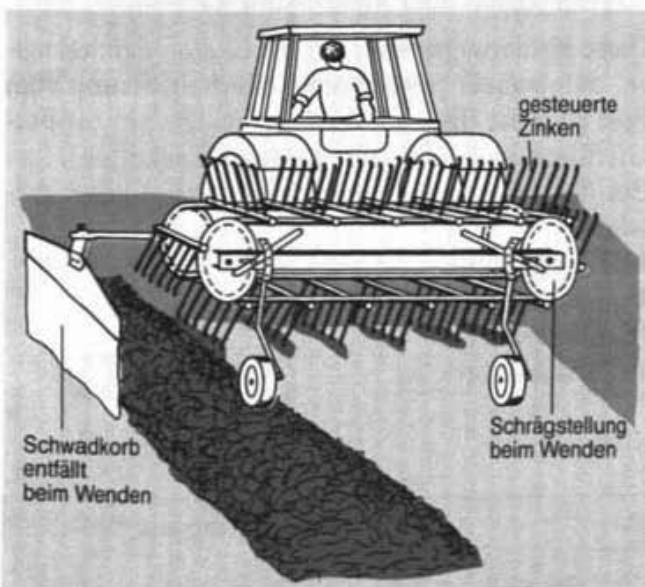


Abb. 302 Bandrechner.

Vorteile:

- ▶ Gute Arbeitsweise sowohl beim Wenden als auch beim Rechen,
- ▶ auch für dichtes Gut geeignet.

Nachteil:

- ▶ Beschränkte Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit.

Kreiselrechner arbeiten nach dem Kreiselpinzip. Sie bestehen aus zwei zapfwellengetriebenen, gegenläufigen *Horizontalkreisel*, welche das Halmgut mit ihren Zinken aufnehmen und nach hinten werfen. Je nach Arbeitsgang werden die Fangkörbe unterschiedlich eingestellt: Bei weit geöffneten Körben wird das Gut breitgestreut und gewendet. Zum

Schwaden werden sie nach innen geschwenkt (Abb. 303).

Je nach Ausbildung der Horizontalkreisel unterscheidet man:

- ▶ Kreiselrechner mit *starr*en Zinken: Je nach Arbeitsgang wird die Zinkenstellung verändert oder die Zinken werden über eine Kurvensteuerung geführt.
- ▶ Kreiselrechner mit *gelenk*igen Zinken: Die gelenkig am Kreisel angeordneten Zinken schwenken bei hoher Drehzahl durch die Fliehkraft selbständig aus und passen sich dadurch den unterschiedlichen Bodenverhältnissen an. Beim Stillstand schwenken sie selbständig in die Transportstellung. Für schweres Gut ist ein Verriegeln der Zinken möglich. Die kegelförmige Verkleidung der Kreisel verhindert ein Wickeln des Gutes.

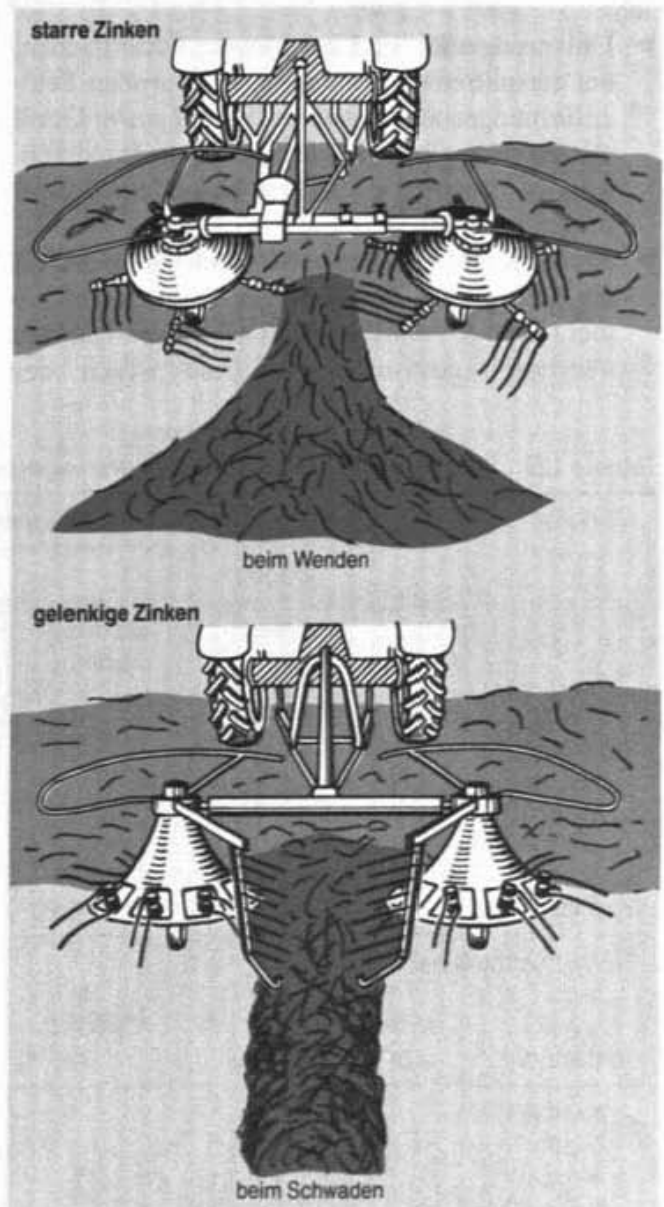


Abb. 303 Kreiselrechner mit starren (oben) und gelenkigen Zinken (unten).

Vorteil:

- ▶ Gute Arbeitsqualität bei hoher Arbeitsleistung.

Nachteil:

- ▶ Aufwendige Bauweise.

2.2.4 Vergleich der Werbegeräte

Wichtige **Auswahlkriterien** für den Kauf und den Einsatz von Futterwerbegeräten sind:

- ▶ Arbeitsqualität
- ▶ Arbeitsleistung
- ▶ Kaufpreis
- ▶ Einsatzbereich

Folgende **Zuordnung** der Futterwerbegeräte ist möglich:

- ▶ **Universalgeräte** sind bei kleinen Futterflächen, bei zersplitterter Feldflur und bei großen Feldentfernungen zu empfehlen, da mit *einem* Gerät alle Arbeitsgänge zu erledigen sind. Bandrechner haben in Hanglagen besondere Bedeutung.
- ▶ **Spezialgeräte** sind bei hohen Anforderungen an die Schlagkraft, bei günstiger Feldflur und bei mehreren Arbeitskräften den Universalgeräten überlegen. Sternradrechen sind wegen der

Fremdkörpergefahr bei nachfolgendem Häckseln kritisch zu beurteilen.

2.3 Futterbergung

2.3.1 Anforderungen und Verfahrensübersicht

Von den Verfahren der Futterbergung sind folgende **Anforderungen** zu erfüllen:

- ▶ Hohe Schlagkraft,
- ▶ schonende Futterbehandlung,
- ▶ geringe Störanfälligkeit,
- ▶ möglichst vielseitiger Einsatz bei unterschiedlichen Konservierungsverfahren (Grüngut, Silage, Heu) und verschiedenen Futterpflanzen,
- ▶ Anpassung an die vorhandene Arbeitsbreite (Ein-Mann- oder Mehr-Mann-Ketten).

Diese Forderungen sind nur durch eine durchgängige, aufeinander abgestimmte Mechanisierung vom Feld über die Ein- und Auslagerung bis hin zur Futtervorlage im Stall zu lösen (Maschinenketten).

Bei der **Futterernte** unterscheidet man dabei zwischen

- ▶ Langgutkette
- ▶ Schnittgutkette
- ▶ Kurzgutkette
- ▶ Ballenkette

Tabelle 120 Vergleich verschiedener Futter-Werbegeräte.

Merkmal	Spezialgeräte				Universalgeräte	
	Wenden	Schwaden				
	Kreiselzettwender	Sternradrechen	Kreiselchwader	Trommelchwader	Bandrechner	Kreiselrechner
Arbeitsbreite m	2,5–7,6	2,3–3,4	2,3–3,7	4	1,9–2,4	2,0–3,5
Fahrtgeschwindigkeit km/h	5–10	bis 16	5–10	12–15	bis 8	6–10
landwirtschaftliche Leistung ha/h	2,5–7,2	bis 5,0	1,3–3,5	bis 5,0	bis 1,8	1,5–3,0
Kapitalbedarf DM	4000–9000	2300–4200	4100–6000	6500	3500	3000–6000
Nutzungsdauer nach Zeit a	14	14	14	14	14	14
Arbeit ha	1400	1400	1400	1400	1400	1400
Reparatur %/a ¹⁾	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	2,5
Arbeitsqualität Zetten	++	–	–	–	+	+
Wenden	++	(+)	–	–	+	++
Schwaden	–	+	++	++	++	++

¹⁾ Vom Anschaffungswert. ++ sehr gut geeignet, + gut geeignet, (+) bedingt geeignet, – nicht geeignet.


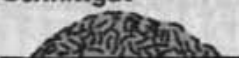




Gutform	Abmessungen cm	Dichte dt/m ³				Handhabung
		Frisch- gut	Anwelkgut 35% TM	Heu	Stroh	
Langgut 	ca. 25	1,7	1,2–1,5	0,5	0,3	portionsweise (Greifer)
Schnittgut 	4–8	2,0	1,5–1,8	0,8	0,4	bedingt als Schüttgut (Dosierwalzen)
Kurzgut 	4	3,5	2,5–3,0	0,6–1,0	0,5–0,8	Schüttgut (Gebläse, Fräse)
Kleinballen 	35×50×80	—	2,5–3,0	1,0–1,5	0,8–1,3	Stückgut für Hand
Großballen 	∅ 180×150	—	3,0	0,8–1,8	0,6–1,3	Stückgut für Frontlader
	150×150×240 (160×120×70) 	—		0,6–0,9	0,7–1,3	

Abb. 304 Vergleich der verschiedenen Gutformen bei der Futterernte.

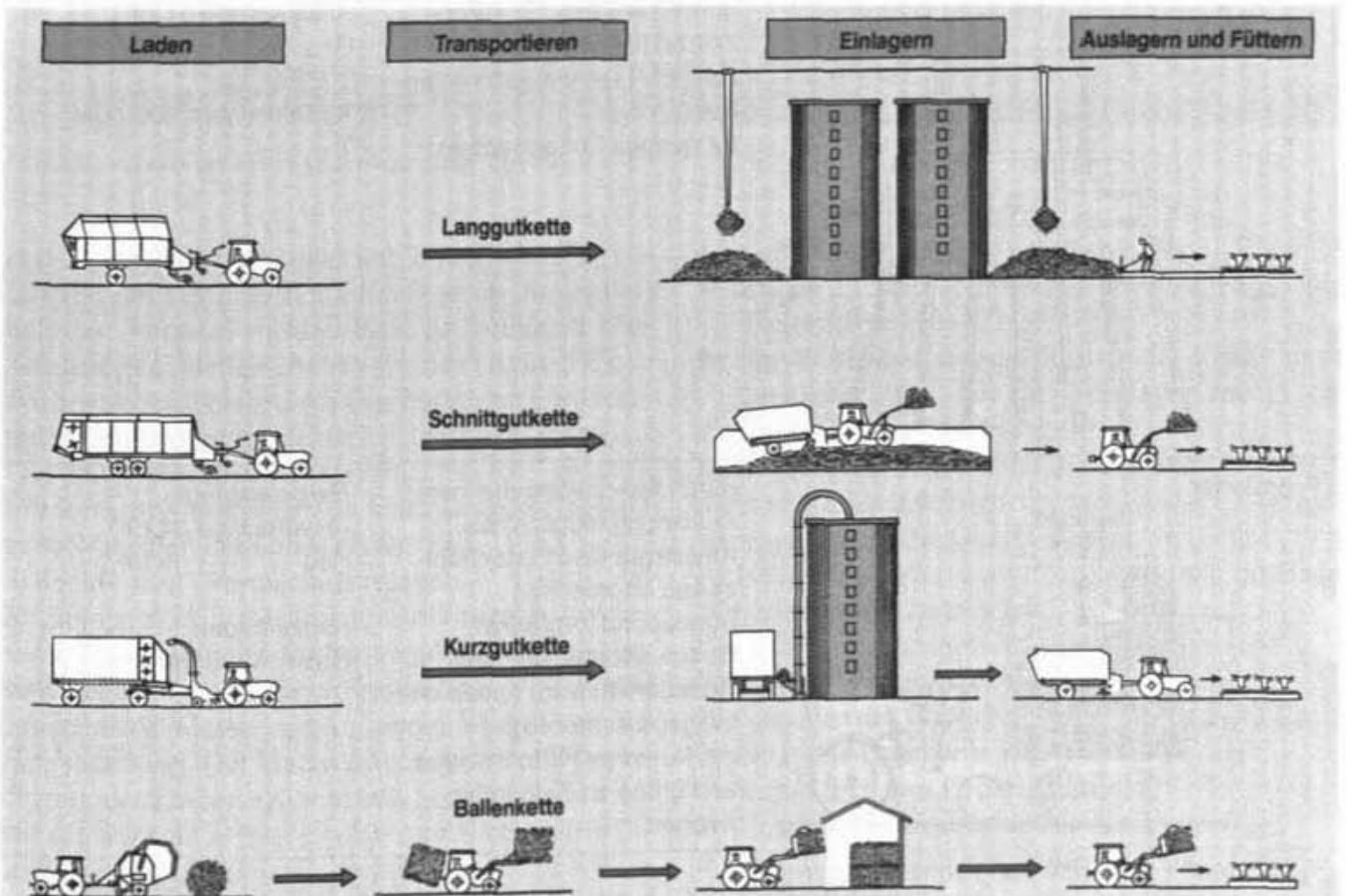


Abb. 305 Mechanisierungsketten für die Futterernte, Lagerung und Futtermontage.

Form und Verdichtung des Futters bei der Ernte bestimmen wesentlich die weitere *Mechanisierung* bis hin zur Art der Konservierung und Fütterung. Je nach Gutform und der dadurch möglichen Handhabung sind die in Abb. 305 (Seite 261) dargestellten *Mechanisierungsketten* möglich.

2.3.2 Langgut- bzw. Schnittgutkette

Bei der Langgutkette wird das Futter weitgehend in seinem ursprünglichen Zustand belassen, bei der Schnittgutkette erfolgt ein Zerschneiden des Gutstromes beim Laden auf 4–8 cm.

Schlepperladegeräte – Für kleinere Langgutmengen eignen sich *Heckschiebesammler* und *Frontlader*, deren wichtigste Kennwerte in Abb. 306 dargestellt sind.

Ladewagen – Der Ladewagen ist die zentrale Maschine der *Langgutkette*, bei Einbau von Schneidorganen auch für die *Schnittgutkette* (Abb. 307).

Unter der Vorderseite des Einachswagens ist eine Pick-up-Vorrichtung angeordnet, die das Gut aus dem Schwad aufnimmt und über ein Förderorgan in den Laderaum stopft. Zusätzlich kann im Förderkanal eine Schneidvorrichtung eingebaut sein. Das in

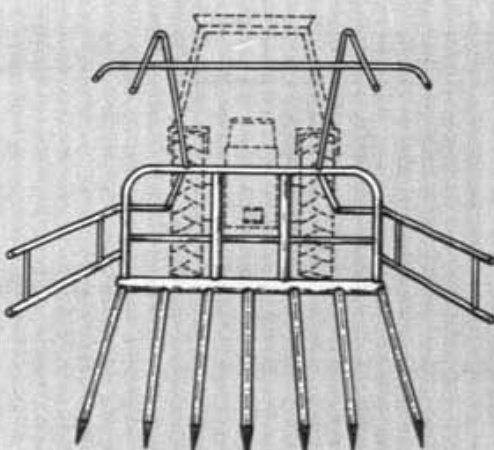
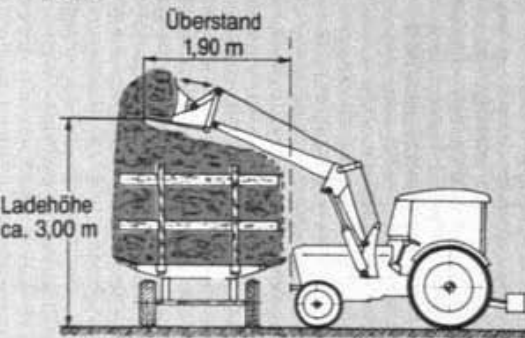
den Laderaum geförderte Gut türmt sich zunächst in einem Haufen über dem Förderkanal auf. Bei Erreichen der gewünschten Höhe wird dieser Haufen durch Einschalten des Kratzbodens nach hinten gerückt. Gleichzeitig schiebt das Förderorgan von vorne neues Erntegut nach. Bei richtig eingestelltem Kratzbodenvorschub kann die anfänglich erreichte Ladehöhe beibehalten werden, bis der Wagen nach hinten vollgeladen ist. Dabei wird das Ladegut mehr oder weniger stark gepreßt.

Zum Entleeren des Wagens wird die Rückwand geöffnet und mit verstellbarer Geschwindigkeit (3–5 min) durch den Kratzboden entleert (Schnellentleerung).

Für die vielfältigen Einsatzbedingungen wurden unterschiedliche **Ladewagentypen** entwickelt, die sich in folgenden Baugruppen unterscheiden:

- ▶ Lade- und Förderorgan
- ▶ Schneid- und Verteileinrichtung
- ▶ Fahrwerk und Aufbau

Lade- und Förderorgane – Die *Pick-up-Trommel* dient zur Schwadaufnahme. Sie ist mit Federstahlzinken ausgestattet, die sich gut den Bodenunebenheiten anpassen. Tasträder stützen die Pick-up-Trom-

Bauart	Beurteilung	Kenngrößen
<p>Heckschiebersammler</p> 	<p>sehr einfaches und kostengünstiges Gerät für kurze Feldentfernungen; bis 25% Hangneigung geeignet; für geringe Futtermengen</p>	<p><i>Bergeleistung</i>¹⁾: Anwekksilage 11 t/h Heu 7 t/h</p> <p><i>Kapitalbedarf</i>: 2000 DM</p>
<p>Frontlader</p> 	<p>durch Abschiebegabel hohe Ausladung möglich; bei Anwekkgut sind Federstahlzinken erforderlich; ebener und tragfähiger Boden erforderlich; zwei Arbeitskräfte zum Laden des Wagens notwendig; bei kleineren Futtermengen und größeren Feldentfernungen</p>	<p><i>Bergeleistung</i>: Anwekksilage 34 t/h Heu 15 t/h</p> <p><i>Kapitalbedarf</i>: Gabel: 4500 DM</p>

¹⁾ Bei 1000 m Feldentfernung ohne Einlagern

Abb. 306 Einfache Schlepperladegeräte für die Langgutkette.

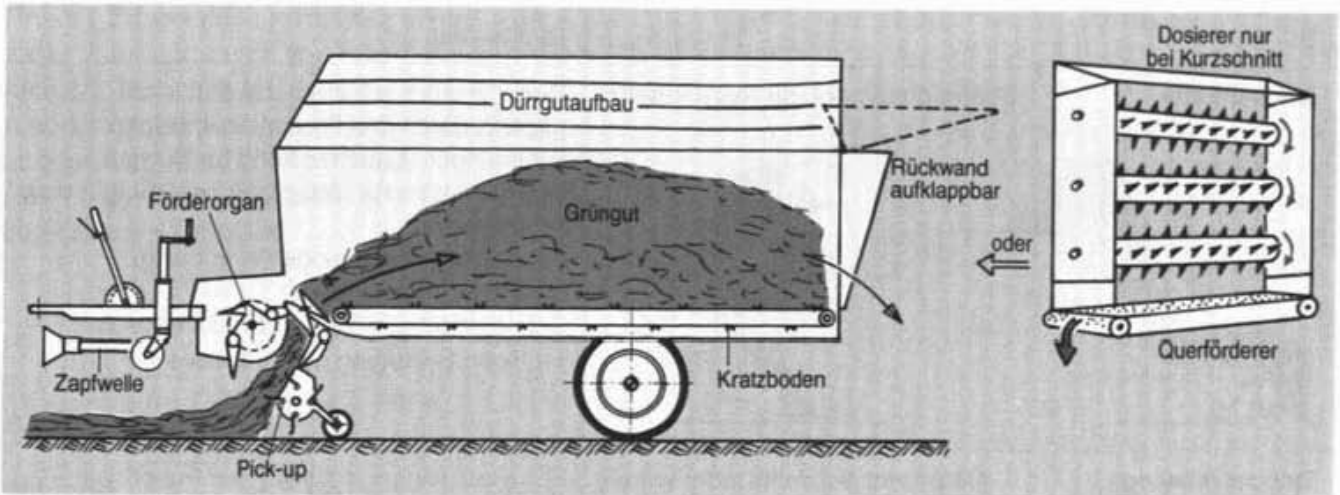


Abb. 307 Aufbau eines Ladewagens.

Bauart	Beurteilung
<p>geschobene Pick-up</p>	<p>nehmen feinstengeliges Gut sauber auf; übersichtlich und gut zugänglich; hohe Bodenfreiheit; größere Gefahr der Verschmutzung; am meisten verbreitet</p>
<p>gezogene Pick-up</p>	<p>kann bei unebenem Gelände und Fremdkörpern besser nach hinten wegschwenken; geringe Gefahr der Futtermverschmutzung; Stützräder überfahren kein Gut; wenig einsehbar für den Schlepperfahrer; geringere Bodenfreiheit</p>

Abb. 308 Ladeorgane beim Ladewagen (nach SCHULZ).

mel in einstellbarer Höhe am Boden ab. Für das Überfahren des Fahrtilos ist eine große Bodenfreiheit der Trommel wichtig. Pick-up-Trommeln können gezogen oder geschoben werden (Abb. 308).

Förderorgane schieben das Gut durch den Förderkanal in den Laderaum. Je nach Bauart wird dabei das Gut unterschiedlich stark verdichtet. Die üblichen Förderorgane erlauben den Einbau starrer Messer zum Schneiden des Gutes (Abb. 309).

Schneid- und Verteileinrichtungen – Durch das Schneiden des Gutes während der Förderung werden seine Handhabung erleichtert und bessere Voraussetzungen für das Silieren geschaffen. Üblich sind feststehende Messer, die in einem Winkel von 60° eingebaut sind. Der Materialstrom wird von Doppelfingern der Förderorgane erfaßt und durch die Messer gedrückt. Je Messer ist eine zusätzliche Antriebsleistung von 0,25 kW erforderlich. Gegen Fremdkörper sollte jedes einzelne Messer durch Druck- oder Zugfedern gesichert werden.

Je nach **Messerszahl** wird unterschieden:

- ▶ Bis zu 12 Messer einreihig angeordnet für die *Langgutkette* (10–20 cm),
- ▶ um 30 Messer, in zwei Reihen (2. Reihe meist ausschwenkbar!) für die *Schnittgutkette* (5 cm beim Kurzschnittladewagen).

Kurzschnittladewagen können mit einem *Abladedosierer* ausgerüstet werden, der aus 2, besser 3 Verteilwalzen besteht. Die Querförderung des Gutes (zum Abladegebläse oder Futtertrog) ist durch ein Band oder eine Schnecke möglich.

Der Dosierer schränkt den Laderaum ein, hat aber **Vorteile** bei folgenden Arbeiten:

- ▶ Verteilen des Gutes beim Überfahren von Fahrtilos (ohne Querförderer),
- ▶ Beschicken von Fördergeräten,
- ▶ Zuteilen des Grünfutters in den Futtertrog,
- ▶ Futtervorlage bei der Winterfütterung (als Futterverteilwagen).

Fahrwerk und Aufbau – Ladewagen werden wegen

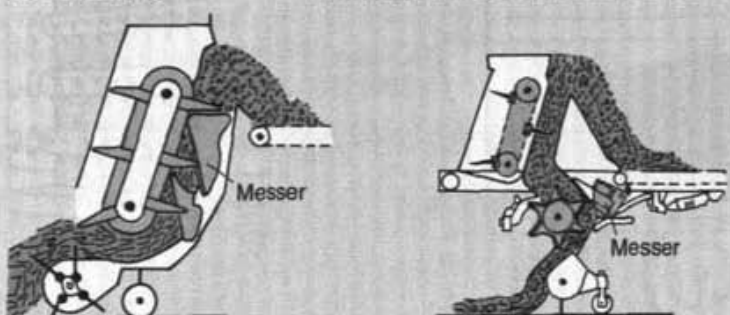
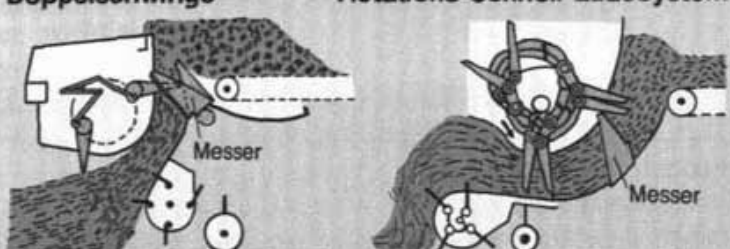
Bauart	Beurteilung
<p>Rechenkette Schneidtrommel mit Rechenkette</p> 	<p>Rechenketten schieben das Gut leicht gepreßt durch den Förderkanal; wegen schonender Gutbehandlung für Dürrgut geeignet; höherer Verschleiß bei Grüngut und Anweilgut; bei Schneideinrichtungen sind bis zu 6 Rechen erforderlich; Schneidtrommeln führen zu einer gleichmäßigen Belastung des Antriebes</p>
<p>Doppelschwinge Rotations-Schnell-Ladesystem</p> 	<p>Förderschwingen pressen das Futter von unten in den Laderaum, wodurch eine höhere Verdichtung erreicht wird; einfache und wenig störanfällige Konstruktion; das aufwendigere Rotationssystem mit drei gesteuerten Zinkenreihen erlaubt hohe Ladeleistungen</p>

Abb. 309 Förderorgane für Ladewagen (nach RATSCHOW).

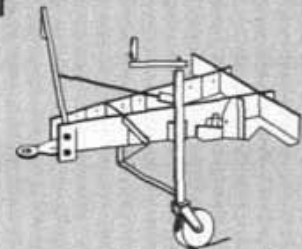
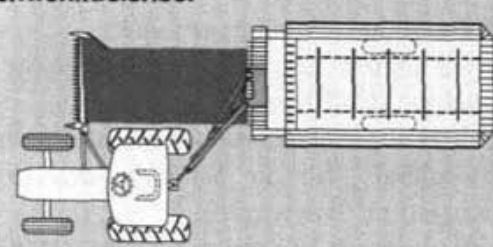
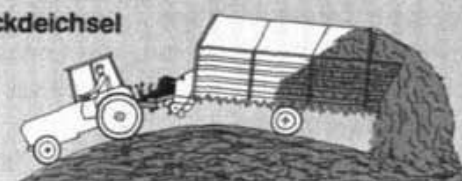
Bauart	Beurteilung
<p>starre Deichsel</p> 	<p>Standardausrüstung; Zugöse sollte höhenverstellbar sein, damit der Kratzboden entsprechend der Schlepperhöhe waagrecht eingestellt werden kann</p>
<p>Schwenkdeichsel</p> 	<p>vermeidet beim Grünfütterholen das Überfahren des Futters und ermöglicht gleichzeitiges Mähen und Laden; am Hang Kippgefahr!</p>
<p>Knickdeichsel</p> 	<p>damit kann die Pick-up-Trommel angehoben und so die Bodenfreiheit beim Überfahren des Fahrsilos erhöht werden</p>

Abb. 310 Deichselformen bei Ladewagen.

der besseren Wendigkeit überwiegend als **Einachser** gebaut. 20% der Gesamtmasse stützen sich dabei über die Zugdeichsel auf die Schlepperhinterachse ab. Bei ungenügender Schleppermasse kann dadurch die Lenkfähigkeit des Schleppers beeinträchtigt wer-

den (Tabelle 122). Deshalb ist auf die Belastbarkeit der Schlepperhinterachse zu achten (Angaben im Kraftfahrzeugbrief!). Bei der Zugdeichsel von Ladewagen sind die in Abb. 310 gezeigten Konstruktionen üblich.

Bei der **Fahrwerkskonstruktion** ist auf gleiche Spurweite von Ladewagen und Schlepper zu achten. Für kleinere Bauarten genügen einfache Achsen, während Kurzschnittladewagen häufig mit Tandemachse ausgestattet sind. Die Straßenverkehrsordnung (StVO) fordert für Ladewagen die in Tabelle 121 aufgeführten Bremsen.

Tabelle 121 Erforderliche Bremssysteme für Ladewagen

Ladewagen-Gesamtmasse	Bremssystem nach StVO
unter 4 t	Handbremse auf Zugdeichsel
4–8 t	Auflaufbremse
ab 8 t	Druckluft- oder hydraulische Bremse

Bauart und Abmessung des **Ladewagenaufbaues** bestimmen entscheidend die Ernteleistung. Beim Ladewagenaufbau wird unterschieden zwischen einem festen Aufbau für Grüngut und einem zusätzlichen, einklappbaren Dürrfutteraufbau.

Bei der *Beurteilung* des Aufbaues von Ladewagen sind Ladevolumen und Lademasse wichtige Kriterien:

- Das *Ladevolumen* (nach DIN 11741) wird aus den Abmessungen des Laderaumes ermittelt, wobei die Tragbügel des Dürrgutaufbaues die

obere Grenze bilden. Das Ladevolumen kann meist nur bei der Bergung von Heu und Stroh voll genutzt werden.

- Als *Lademasse* wird die zulässige Gesamtmasse abzüglich der Leermasse bezeichnet. Dabei sind die häufig schweren Zusatzausrüstungen zu beachten. Die Lademasse ist der begrenzende Faktor für die Bergung von Grün- und Anwelkgut. Häufig stehen nur etwa 40–50% der zulässigen Gesamtmasse als Lademasse zur Verfügung.

Ladewagen werden auch als **selbstfahrende Futtervollernter** gebaut. So werden kleinere Selbstfahrer bis zu 5 t Nutzlast speziell für Bergbauernbetriebe angeboten, die Steigungen bis zu 50° überwinden.

Einlagern von Langgut und Schnittgut – Große arbeitswirtschaftliche Schwierigkeiten bereitet bei der Langgutkette die Einlagerung auf dem Hof. Für diese Arbeiten sind zwei Verfahren üblich (Abb. 311, Seite 266).

- **Direktes Zuteilen** des Futters vom Ladewagen in ein Fördergebläse: Normales Langgut wird dabei von Hand in den Trog von Gebläsehäckslern zuteilt. Dosierer an Kurzschnittladewagen erleichtern die Arbeit und führen das Futter gleichmäßig direkt ins Fördergebläse. Bei der direkten Zuteilung kann die gesamte Futterernte von einer Arbeitskraft durchgeführt werden. Nachteilig ist die Bindung des Ladewagens an die gesamte Einlagerungszeit (je Fuhr 5–10 min), wodurch die Bergeleistung vermindert wird.

Tabelle 122 Vergleich der Ladewagentypen.

Bauart	Ladevolumen m ³	Lademasse kg	Stützlast kg	erforderliche Schlepperleistung kW	Verfahrensleistung ¹⁾ 1 km Feldentfernung		Kapitalbedarf ²⁾ DM
					Anwelk-Silage t/h	Heu t/h	
Kleinraum-Ladewagen	15–20	1400–2000	500–650	20–30	4,5–5,7	2,4–2,9	11 000–15 000
Normalraum-Ladewagen	21–25	1900–2300	650–800	30–40	5,5–6,2	3,0–3,3	15 000–18 000
Großraum-Ladewagen	26–30	1900–2300	650–800	40–50	5,5–6,2	3,4–3,7	18 000–21 000
Großraum-Ladewagen mit Tandemachse	26–30	5000–6000	1000	50–60	9,1–9,7	3,4–3,7	22 000–25 000
Großraum-Ladewagen mit Tandemachse	30–45	5000–6000	1000	50–60	9,1–9,7	3,7–4,5	26 000–33 000
Kurzschnitt-Ladewagen mit Dosierer + Tandemachse	30–40	3800–4800	1000	50–60	8,1–8,9	3,7–4,2	31 000–40 000

¹⁾ Laden + Transport + Abladen.

²⁾ Für Normalschneidwerk (10–15 Messer) je Messer ca. 75–85 DM; für Silierschneidwerk zusätzlich 1600–2500 DM; Nutzungsdauer nach Zeit (a): 8 Jahre, nach Arbeit (ha): 90 ha; Reparaturen: 5% vom Anschaffungswert.

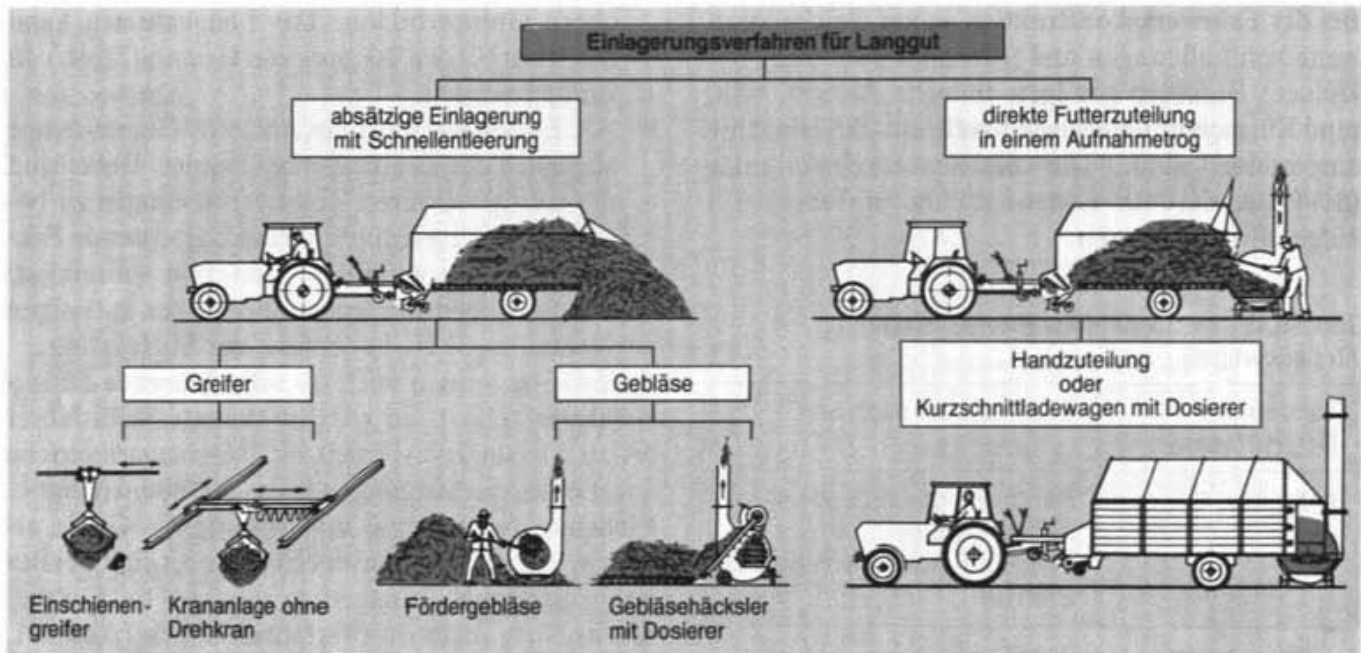


Abb. 311 Verfahrensübersicht über die Einlagerung von Langgut.

► **Absätziges Einlagern** mit Schnellentleerung auf dem Hof (3–5 min/Fuhre): Der Ladewagen wird nicht an den Abladevorgang gebunden und kann sofort wieder Futter bergen. Eine zweite Arbeitskraft übernimmt in der Zwischenzeit die weitere Beförderung des Gutes in den Behälter. Für dieses Verfahren eignen sich Greifer oder Fördergebläse.

Greifer – Sie entnehmen das Gut *ohne* Zudosierung direkt aus dem abgeladenen Futterstapel. Sie sind besonders für Langgut geeignet. Zwei Bauarten sind üblich: Einschienengreifer und Krananlagen.

Einschienengreifer sind an eine starre Achse gebunden. Dies ermöglicht eine einfache und funktionssichere Bauweise. Beim Einlagern sind allerdings links und rechts der Greiferschiene Verteilarbeiten im Futterstock notwendig. Nicht möglich ist eine spätere vollmechanische Futterentnahme.

Bei Einschienengreifern unterscheidet man:

► **Einschienengreifer mit Zugseillaufkatze:** Sie bestehen aus einer Laufschiene im First des Gebäudes, an der ein Laufwagen (Laufkatze) durch eine Seilwinde bewegt wird und durch ein Gegengewicht zurückgezogen wird. Am Laufwagen hängt die Greiferzange, die an mehreren Stellen das Gut abwirft (Hemmschuh, Abwurfbock). Die Greiferzangen werden entweder von Hand oder durch ein gesondertes Seil geschlossen (Abb. 313).

Vorteile:

- Einfache und billige Bauweise;
- funktionssicher.

Nachteile:

- Gutaufnahme und Gutabwurf nur längs der Laufschiene möglich,
- Die Laufschiene kann keine Steigungen überwinden.

► **Einschienengreifer mit elektrobetriebener Laufkatze:** Der Laufwagen (Laufkatze) wird nicht durch ein Seil, sondern von aufgebauten Elektromotoren bewegt (Streifleitung mit 24 Volt oder Kabelzuleitung mit 220 Volt). Diese treiben auch die Seiltrommel in der Laufkatze an. Diese selbstfahrende Laufkatze, angetrieben durch Reibräder, kann größere Steigungen bis 40% und Kurven mit 1 m Radius überwinden. Außerdem kann der Greifer an jedem Punkt der Laufschiene füllen und entleeren.

Vorteile:

- Vielseitig einzusetzen, vor allem zur Tiefsiloentnahme;
- Greifereinfahrt in Ställe möglich.

Nachteile:

- Höherer Kapitalbedarf;
- kann ebenfalls wie Zugseilgreifer nur in einer Linie das Gut aufnehmen, abwerfen und entnehmen.

Krananlagen ermöglichen das volle Überstreichen des Futterstapels. Dadurch ist eine vollmechanische Ein- und Auslagerung möglich (Abb. 312).

Wichtige **Kennzahlen** für Krananlagen sind:


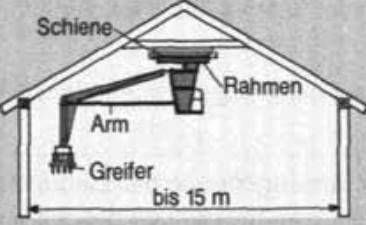
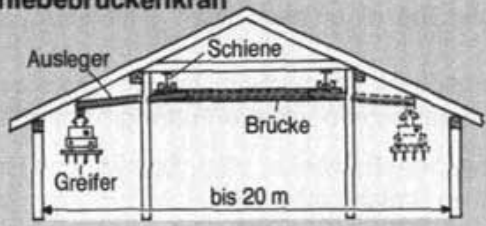
Bauart	Beurteilung
Brückenkran 	<p>die Brücke fährt mit Hilfe zweier Fahrwerke in Längsrichtung, die Laufkatze mit Greifer in Querrichtung; dadurch kann jeder Punkt zwischen den Laufschiene zur Ein- und Auslagerung erreicht werden</p> <p>Vorteile: Einfache Handhabung, funktionssicher.</p> <p>Nachteile: Lagerraum muß stützenfrei sein, deshalb nur bei Neubauten.</p>
Drehkran 	<p>zwischen 2 Schienen mit engerem Abstand ist ein fahrbarer Rahmen aufgehängt; daran ist ein Greiferarm voll drehbar montiert</p> <p>Vorteile: Stützen im Lagerraum können umfahren werden, Einsatz in engen Altgebäuden.</p> <p>Nachteile: Eingeschränkte Arbeitsbreite; schwierige Bedienung.</p>
Schiebebrückenkran 	<p>an einer längsfahrbaren Brücke ist ein Auslegerarm quer verfahrbar</p> <p>Vorteil: Einfache Handhabung; bei Altgebäuden ohne Stützen im Dachraum.</p> <p>Nachteil: Relativ hoher Kapitalbedarf.</p>

Abb. 312 Bauarten von Kränen zur Langgutein- und -auslagerung.

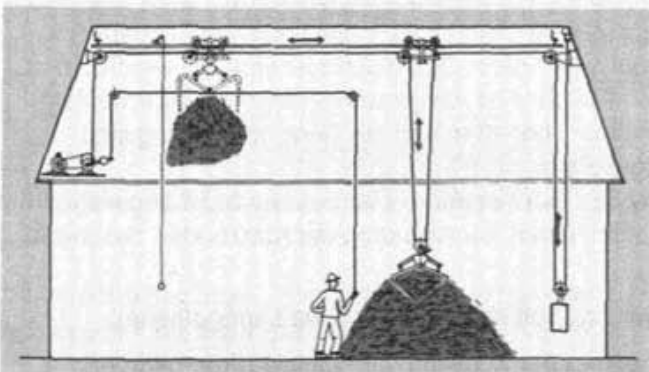


Abb. 313 Einschiengreifer mit Zugseillaufkatze.

Zangenfüllung	
bei Anwelkgut (33% TM)	150–200 kg
bei Silomais (30% TM)	100–150 kg
Zangengeschwindigkeit (Heben/Senken)	30– 40 m/min
Krängeschwindigkeit (waagrechte Förderung)	40– 60 m/min
Leistungsbedarf	7– 10 kW

Fördergebläse – Diese Geräte sind nicht ortsbunden und lassen sich den unterschiedlichen Gebäudeverhältnissen, vor allem auch bei Altgebäuden, gut anpassen (Abb. 314, Seite 268). Allerdings erfordern sie höhere Antriebsleistungen, da außer dem Futter auch der Luftstrom befördert werden muß.

Bei allen Gebläsen muß das Gut zudosiert werden. Die Zuteilung aus dem Futterstapel von Hand ist sehr arbeitsaufwendig und nur bei Heu ohne mechanische Hilfen zu bewältigen.

2.3.3 Kurzgutkette

Bei der Kurzgutkette wird bereits auf dem Feld *schüttfähiges Gut* erzeugt. Dieses bietet günstige Voraussetzungen für eine *Vollmechanisierung* der Einlagerung, Entnahme und Fütterung (Abb. 315, Seite 270) und bewirkt durch dichte Lagerung eine sichere Vergärung bei der *Silagebereitung*.

Eine zusätzliche Aufbereitung beim Ernten verbessert bei Mais- und Ganzpflanzensilage die Verdaulichkeit des Futters. Bei einer Fräsentnahme wirken sich Überlängen störend aus. Deshalb kommt es ganz besonders auf ein genaues Einhalten der Häcksellänge an.

Die zentrale Maschine der Kurzgutkette ist der **Feldhäcksler**, wobei grundsätzlich zwischen Schlegel- und Exaktfeldhäcksler unterschieden wird.

Schlegelfeldhäcksler – Das Erntegut wird beim Schlegelfeldhäcksler aus dem stehenden Bestand in einem Arbeitsgang gemäht, gehäckselt und auf den Wagen geladen, oder aber aus einem vorher gezoge-

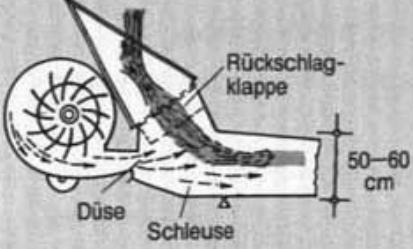
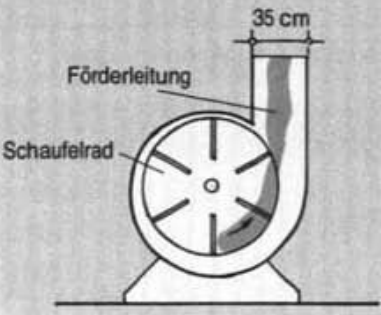

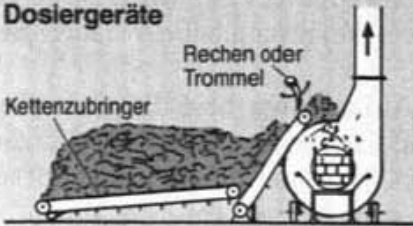
Bauart	Beurteilung
<p>Schleusengebläse</p> 	<p>Radialgebläse mit 7,5–15 kW Antriebsleistung erzeugt die Förderluft, welche durch eine Verengung (Düse) beschleunigt wird; hinter der Düse wird das Fördergut (Langgut, aber auch Ballen und Bunde) eingeschleust und vom Luftstrom mitgerissen; bei einer Verstopfung der Rohrleitung staut sich die Luft und verschließt die Rückschlagklappe in der Schleuse, die Luft kann nicht entweichen und der steigende Druck beseitigt die Störung</p> <p><i>Vorteile:</i> Für alle Güter geeignet (Langgut, Ballen, Bunde); Fördergut kommt mit Gebläseschaufel nicht in Berührung, so daß Blattheu ohne Verluste gefördert werden kann; Schräg- und Horizontalförderung möglich.</p> <p><i>Nachteile:</i> Hoher Bauaufwand; schwieriges Handhaben der großen Rohre.</p>
<p>Durchlaufgebläse</p> 	<p>das Fördergut wird durch die Ansaugöffnung des Gebläses angesaugt, durch die Schaufelräder zusammen mit der Luft beschleunigt und in die Rohre gedrückt; die Gebläse werden von Hand über einen nach unten geöffneten Ansaugstutzen beschickt; Fördergebläse können zusätzlich mit Schneidvorrichtungen (Messerkranz, Messerflügel) ausgerüstet werden, die das Futter grob zerreißen</p> <p><i>Vorteile:</i> Einfache, funktionssichere Bauweise; billig; Schräg- und Horizontalförderung im bestimmten Umfang möglich.</p> <p><i>Nachteile:</i> Fördergut kommt mit Gebläseschaufel in Berührung; Bröckelverluste möglich; nicht für Ballen und Bunde geeignet.</p>
<p>Gebläsehäcksler</p> 	<p>bereiten aus eingebrachtem Langgut kurz gehäckseltes Schüttgut (gebrochene Langgutkette); diese Standhäcksler arbeiten wie Scheibenradfeldhäcksler mit Schneide, Gegenschneide und Wurfschaufeln; für größere Förderhöhen über 10 m und zur Dürrgutförderung sind Zusatzgebläse vorgesehen; da Gebläsehäcksler das Gut »werfen«, wird das Gut nicht angesaugt und muß deshalb durch einen Annahmetrog mit Kratzboden beschickt werden</p> <p><i>Vorteile:</i> Langgut wird zu Schüttgut (gebrochene Langgutkette).</p> <p><i>Nachteile:</i> Hoher technischer Aufwand, störanfällig (Fremdkörper); Zudosierung erforderlich; keine Schrägförderung möglich.</p>
<p>Dosiergeräte</p> 	<p>sie dienen der vollmechanischen Zuteilung im Gebläse- oder Bandförderer aus einem schnellentleerten Stapel; dabei wird eine volle Ladewagenfüllung auf einen Kratzbodenzubringer abgespült, das Zudosieren selbst erfolgt durch schräglauflaufende Rechenkettens, die das Gut aus dem Futterstapel herausrufen und nach oben befördern; überschüssiges Futter wird durch einen Schwingrechen, eine Zinkentrommel oder ein gegenläufiges Band zurückgeworfen</p>

Abb. 314 Bauarten von Fördergebläsen.

nen Mähschwad aufgenommen. Das Schneidwerk ist gleichzeitig Mäh-, Häcksel- und Förderorgan. Es besteht aus einer Schlegelwelle, die gegenläufig zur Fahrtrichtung umläuft. Kleinere Schlegelfeldhäcksler von 1,1 m Arbeitsbreite haben 16–22 Schlegel, große von 1,30–1,50 m Arbeitsbreite arbeiten mit 26–30 Schlegeln.

Die Häcksellänge kann von 5–25 cm durch Änderung der Umdrehungszahl von 1000–1800/min (Wechseln der Keilriemenscheibe), durch Ändern der Vorfahrt und durch Verstellen der Gegenschneide grob verändert werden.

Als Sonderbauart gilt der *Schlegelschneidhäcksler* (Chopper). Bei ihm ist das Schlegelorgan mit einem

Tabelle 123 Vergleich der Einlagerungsgeräte für die Langgutkette.

	Greifer				Fördergebläse			Dosier- geräte
	Einschienengreifer		Krananlagen		Schleu- senge- bläse	Durch- laufge- bläse	Gebläse- häcksler	
	Einschie- nengreifer mit Zugseil	Einschie- nengreifer mit E-Lauf- katze	Brücken- kran	Dreh- kran				
Leistung bei Einla- gerung von Heu dt/h Anwelksilage dt/h	20-50 -	30-40 -	40- 70 75-100	40- 70 75-100	25-30	50- 80 100-200	50- 80 100-200	50- 80 100-200
Leistungsbedarf kW	3	5	5- 10	6- 10	10-20	10-20	10-40	2-5
Kapitalbedarf DM (10 m Rohrlänge)	10 000	15 000	20 000- 40 000 (ohne Halle)	25 000- 35 000	10 000	8000	15 000	20 000
Nutzungsdauer nach Zeit a nach Arbeit h	17 2500	12 2000	12 2000	12 2000	14 2000	14 2000	14 2000	12 2000
Reparaturen %/100 h	1	2	2	2	2	2	8	5
Zuordnung	bei Langgut (Heu) in kleineren Mengen; Altgebäude; billige Lösung		bei Langgut in grö- ßeren Mengen zum Ein- und Auslagern; überwiegend in Neubauten; aufwendige Lösung		vor allem bei Schnittgut und größerem Silageanteil; billig und flexibel einzusetzen			für schlag- kräftige Ernte- ver- fahren; vor allem beim La- dewagen
	geringe Elektro-Anschlußwerte				hohe Elektro-Anschlußwerte			

Schneidwurfgebläse kombiniert, welches das geschlegelte Gut nachzerkleinert.

Vorteile:

- ▶ Einfache Konstruktion, geringer Wartungs-
aufwand;
- ▶ gleichzeitiges Mähen und Laden;
- ▶ zum Mulchen und zum Mähen von Geilstellen
geeignet.

Nachteile:

- ▶ Stärker verschmutztes Futter («Staubsauger-
wirkung«);
- ▶ nicht für Mais geeignet;
- ▶ Bröckelverluste bei angewelktem Futter;
- ▶ schlechter Futternachwuchs wegen des
»Reißchnittes«;
- ▶ keine Vollmechanisierung beim Befüllen und
Entnehmen.

Exaktfeldhäcksler – Exaktfeldhäcksler nehmen das gemähte Futter mit einer Pick-up-Trommel auf. Einzugsschnecke und Förderkette leiten das Gut einer Preßwalze zu, die es als verdichteten Materialstrom zwangsweise dem Schneidorgan mit Messer und Gengenschneide zuführt. Die theoretische **Schnittlänge** berechnet sich dabei nach der Formel:

$$\text{theoretische Schnittlänge} = \frac{\text{Einzugsgeschwindigkeit} \times 60}{\text{Messerzahl} \times \text{Drehzahl der Häckselorgane}}$$

Die theoretische *Häcksellänge* kann beim Exaktfeldhäcksler von 4-20 mm verstellt werden, durch

- ▶ Verändern der Anzahl der Messer,
- ▶ verschiedene Schnittfrequenzen (Drehzahl des Häckselorganes),
- ▶ verschiedene Einzugsgeschwindigkeiten.

Dagegen ist die Häcksellänge von der Vorfahrt unab-

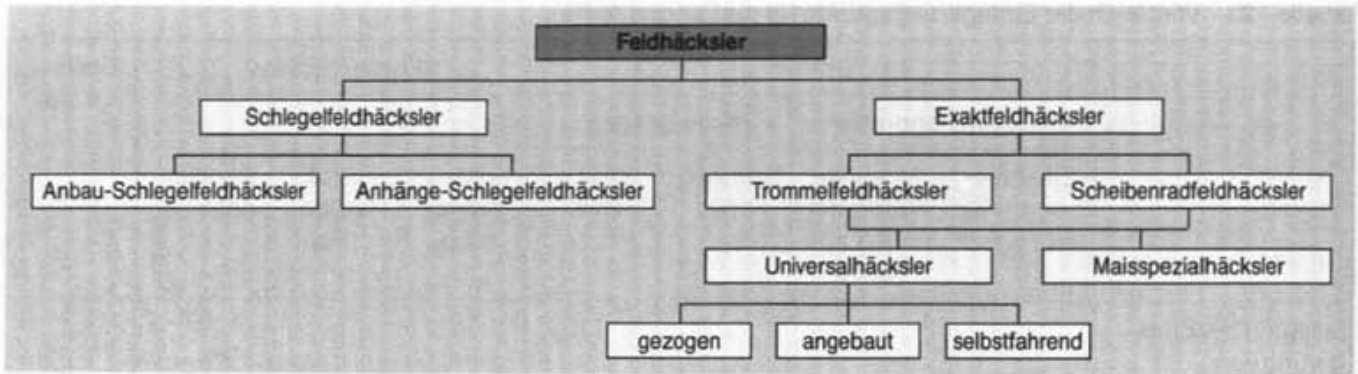


Abb. 315 Bauarten von Feldhäckslern.

hängig. Je nach **Anordnung der Messer** wird bei Exaktfeldhäckslern zwischen *Scheibenrad-* und *Trommelfeldhäcksler* unterschieden (Abb. 317 und 318).

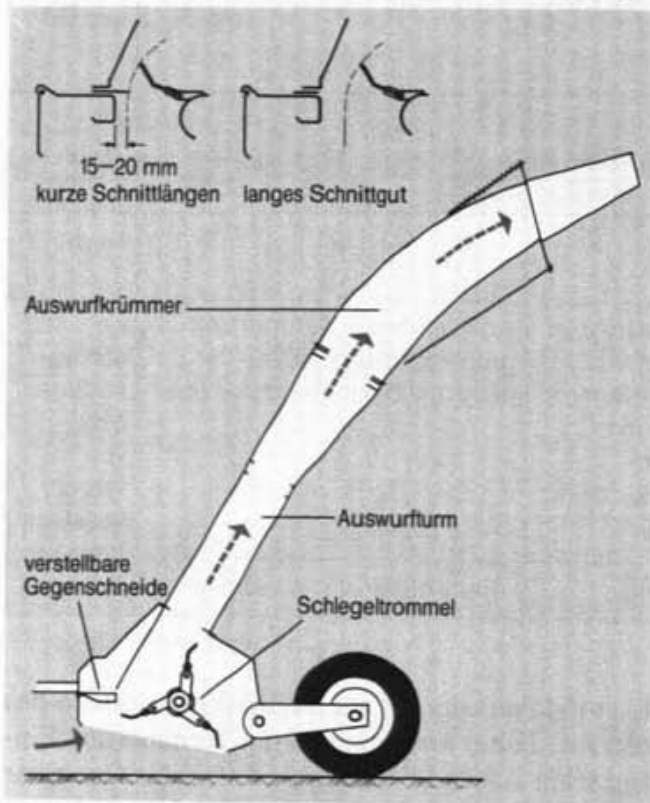


Abb. 316 Aufbau eines Schlegelfeldhäckslers.

Beim **Vergleich** von Trommel- und Scheibenradfeldhäcksler ergeben sich die in Tabelle 125 (Seite 272) genannten Vor- und Nachteile.

Nach ihrer **Verwendung** wird bei Exaktfeldhäckslern unterschieden zwischen

- ▶ Universalhäckslern
- ▶ Maisspezialfeldhäckslern

Universalfeldhäcksler werden in verschiedenen Bauformen angeboten:

- ▶ **Gezogene Feldhäcksler** werden seitlich versetzt (Schwenkdeichsel) im Zugmaul des Schleppers angehängt, so daß der Wagen an den Feldhäcksler angekoppelt wird. Nachteilig ist der »versetzte Zug«, die geringe Wendigkeit und die Gespannlänge.
- ▶ **Seitenanbaufeldhäcksler** arbeiten neben dem Schlepper, so daß der Wagen direkt am Schlepper angekoppelt werden kann. Dieser kürzere Zug ist wendiger und auch an Hängen bis 25% Neigung einzusetzen. Häufig können diese Feldhäcksler zum Einfahren in stehende Bestände nach hinten geklappt werden (Heckanbau).
- ▶ **Heckanbaufeldhäcksler** sind in der Dreipunkt-Hydraulik des Schleppers eingehängt. Dazu muß der Schlepper mit einer Rückfahreinrichtung ausgestattet sein. Bei Systemschleppern ist ein An-

Tabelle 124 Günstige Schnittlängen bei der Kurzgutkette.

Gutart	theoretische Häcksellänge mm	mittlere Häcksellänge mm	Überlängenanteil %	zusätzliche Aufbereitung
Welkheu	12-20	50-70	-	mechanisches Quetschen der Körner, Vielmessertrommel oder -scheibe
Anwelksilage	6-9	20-30	> 50 mm weniger als 20	
Silomais	4-8	6-20	> 40 mm keiner	
Lieschkolbenschrot-silage (LKS)	2-4	< 5	-	
Ganzpflanzensilage (GPS)	2-4	< 5	-	

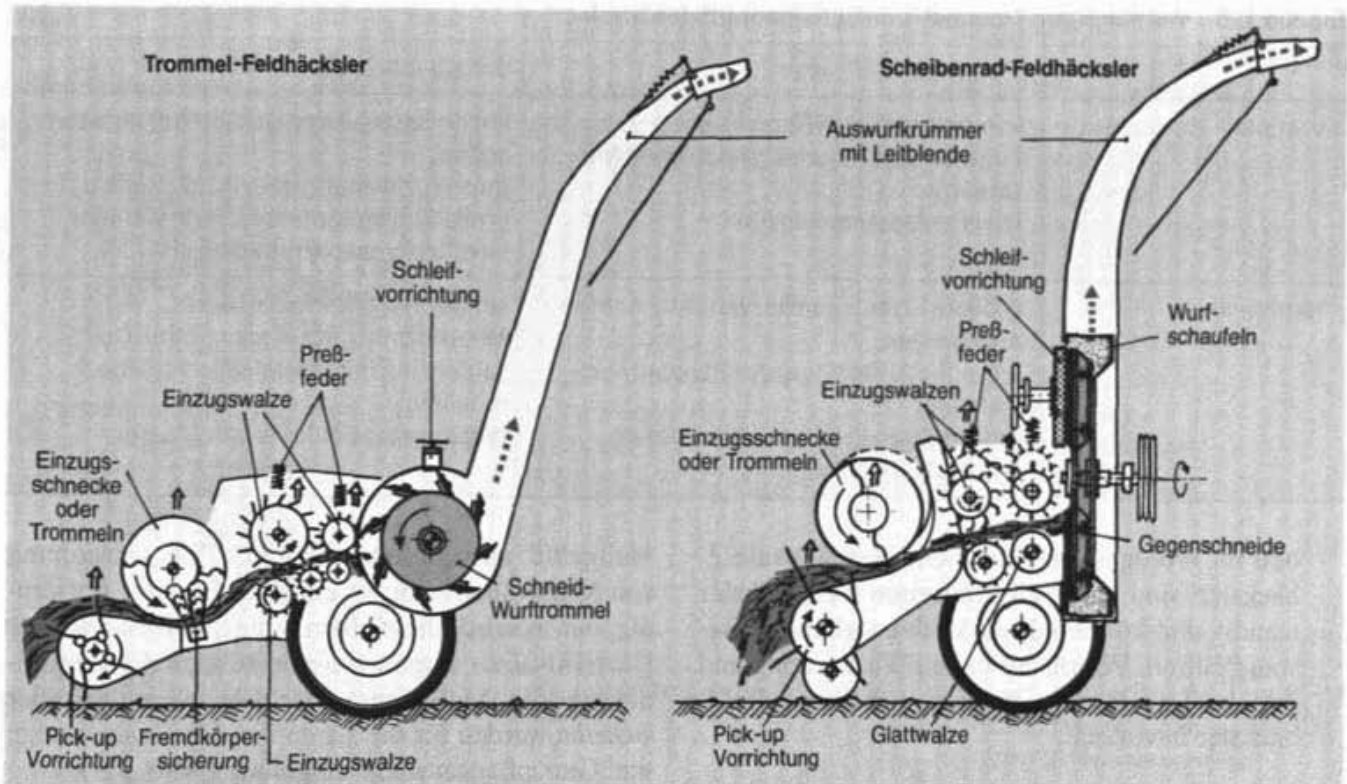


Abb. 317 (oben) Aufbau der Exaktfeldhäcksler-Bauarten (nach KTBL).

Abb. 318 (unten) Schneidorgane beim Scheibenrad- und Trommelfeldhäcksler (nach KROMER).

Bauart	Beurteilung
<p>Scheibenradhäcksler</p>	<p>Schneidorgan ist eine Scheibe mit 70–120 cm Durchmesser, an der 6–12 Messer angeschraubt werden; zusätzlich sind am Scheibenrad Wurf-schaufeln befestigt, welche das Gut befördern; Umdrehungen: 550–1000/min</p>
<p>Trommelfeldhäcksler</p>	<p>Schneidorgan ist eine horizontal eingebaute Messer-trommel mit einem Durchmesser von 50–60 cm und einer Breite von 40–60 cm, an der bis zu 10 Messer angeordnet sind; die Messertrommel läuft mit 1000–1500/min und ermöglicht so eine hohe Schnittfrequenz; mit dem Trommelfeldhäcksler kann deshalb bei gleichem Durchsatz kürzer gehäckselt oder bei gleicher Häcksellänge eine höhere Durchsatzleistung gegenüber dem Scheibenradfeldhäcksler erzielt werden</p>

Tabelle 125 Vergleich von Trommel- und Scheibenradfeldhäcksler.

	Trommelfeldhäcksler	Scheibenradfeldhäcksler
Vorteile	kompakte, leichte Bauweise; hohe Schnittfrequenz gestattet »Mikroschnitt«; leichtes Messerschleifen	flache Bauweise erleichtert Schlepperanbau; gute Wurfleistung der Wurfschaufeln; große Schwungmasse, daher weniger Leistungsreserve erforderlich
Nachteile	größere Leistungsreserven beim Antrieb erforderlich; geringe Wurfleistung der Schneidwurtrommel; bei größeren Feldhäckslern deshalb Wurfgebläse üblich	schwerere, höhere Bauweise; Mikroschnitt nur bei sehr hohen Drehzahlen und mit »Vielmesserscheibe« möglich; erschwertes Schleifen der Messer

bau im Frontgestänge möglich, Heckanbaufeldhäcksler sind wie selbstfahrende Feldhäcksler wendig und können direkt in den stehenden Bestand fahren. Wegen der hohen Wurfleistung und der kurzen Bauart werden Scheibenradfeldhäcksler bevorzugt.

- **Selbstfahrende Feldhäcksler** sind als Großmaschinen ab 150 kW Antriebsleistung vor allem für den überbetrieblichen Maschineneinsatz geeignet. Ihre hohe Feldleistung erfordert 3–4 Schleppergespanne zum Abtransport des Erntegutes. Selbstfahrer sind mit hydraulischem Antrieb, klimatisierter Fahrerkabine und zum Teil mit Lenkautomatik ausgerüstet.

Universalhäcksler können mit unterschiedlichen Aufnahmeorganen und Zusatzausrüstungen versehen werden. *Mähvorsätze* erlauben bei Exaktfeldhäckslern die Futterbergung aus einem stehenden Bestand (Luzerne, Ganzpflanzensilage). Die *Pick-up-Trommel* für die Aufnahme von gemähtem Gut kann für die Silomaisernernte durch ein 1- bis 6-reihiges

Maisgebiß ausgetauscht werden. Zur Gewinnung von Maiskolbensilage ist ein *Pflückvorsatz* notwendig, der lediglich die Kolben erntet. *Reibboden* oder *Quetschwalzen* sorgen für eine zusätzliche Zerkleinerung der Maiskörner. *Vielmessertrommel* oder *-scheibe* werden für die Ernte von Maiskolbensilage und Ganzpflanzensilage eingesetzt (Abb. 319).

Maisspezialfeldhäcksler werden in die Dreipunkthydraulik des Schleppers eingehängt. Das Maisgebiß ist mit dem Häcksler verbunden.

- **Einreihige Anbaufeldhäcksler:** Wegen ihrer kurzen und schmalen Bauweise können sie auch bei Straßenfahrten angebaut bleiben und erlauben das gleichzeitige Anhängen des Wagens im freien Zugmaul des Schleppers.

- **Zweireihige Anbaufeldhäcksler** werden bei der Straßenfahrt nach hinten eingeklappt. Einige Fabrikate können so rückwärts direkt in den Bestand einfahren. Bei Lagermais bewähren sich flachgebaute Maisgebisse und spezielle Lagermaisschnecken. Bei Maisspezialfeldhäckslern sind die in Abb. 320 gezeigten Bauarten üblich.

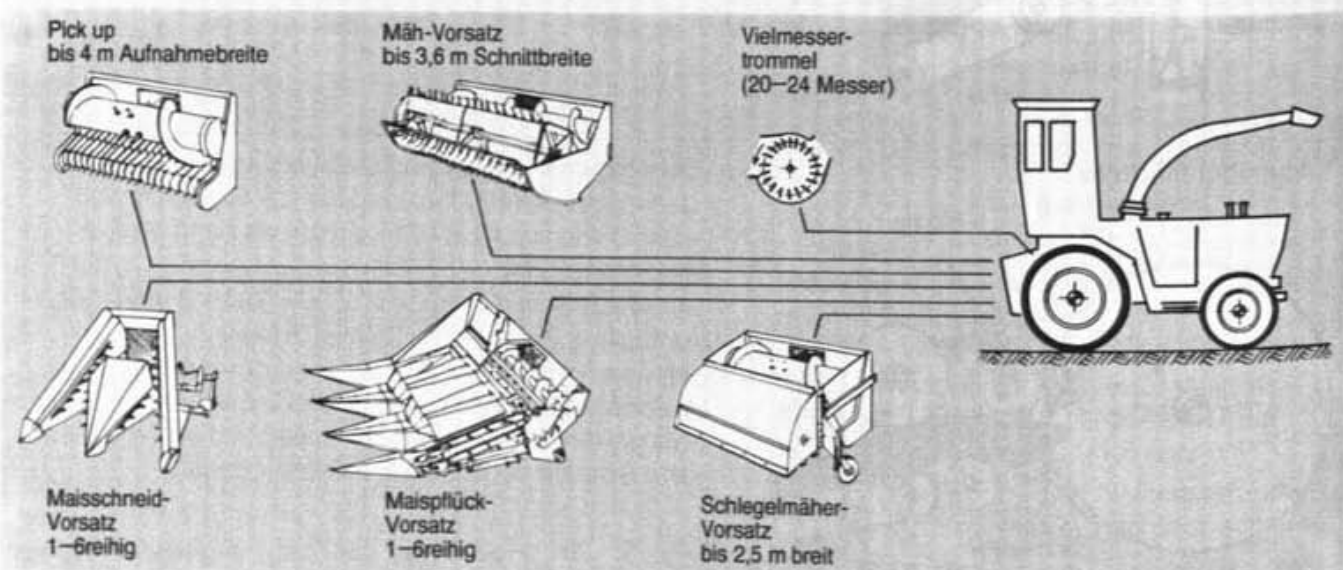


Abb. 319 Zusatzausrüstung für Universal-Feldhäcksler.

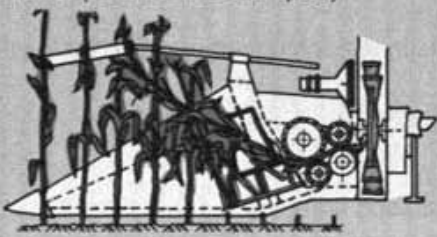
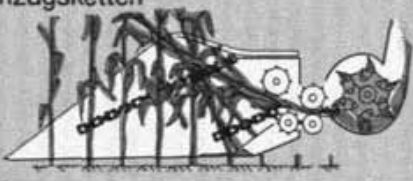
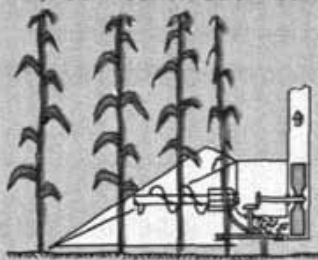
Bauart	technische Daten	Einsatzkennzeichen
Scheibenradhäsksler mit Einzugs-trommel (senkrecht oder quer) 	6 (8) Messer; 700/min; 4000–5000 Schnitte/min	relativ große Schwungmasse kann Spitzenbelastung abbauen; gute Wurfleistung; einfaches Einzugsorgan; Kurzhäcksel nur bei geringem Gut-durchsatz
Trommelfeldhäsksler mit 1 oder 2 Einzugsketten 	6–12 Messer; 1000/min; 6000–12000 Schnitte/min	hohe Schnittfrequenz; einfaches Messerschleifen; geringere Wurfleistung
leichter Feldhäsksler mit Einzugs-trommel, -schnecken oder -bändern 	8 (12) Messer; über 5000 Schnitte/min	leichte und einfache Bauweise; für geringere Leistungsansprüche; als Mäh- und Häckselorgan dient eine horizontale Messerscheibe oder ein Scheibenrad

Abb. 320 Bauarten von Maisspezialfeldhäskslern.

Sonderausrüstungen – Für den Einsatz von Feldhäskslern sind Sonderausrüstungen zur besseren Bedienung und zum Schutz der Maschine sowie Zusatzeinrichtungen zur Mais Kornzerkleinerung von besonderer Bedeutung (Abb. 322, Seite 274).

Zusatzeinrichtungen zur **Körnerzerkleinerung** sind zu empfehlen (Abb. 323, Seite 275):

- ▶ Bei Silomais ab ca. 28% TM; unzerkleinerte Körner können bei Rindern Futterverluste von 100–400 DM/ha verursachen;
- ▶ bei Lieschkolbensilage (LKS) und Ganzpflanzensilage (GPS) zum Zerkleinern der Körner und zum Aufschluß von Kolben und Halmen.

Vergleich der Feldhäsksler – Die Ladeleistung der Exaktfeldhäsksler wird bestimmt von

- ▶ den Einzugsorganen,
- ▶ der Gutart,
- ▶ und vor allem von der Antriebsleistung (Abb. 321 und Tabelle 126, Seite 274).

Transport- und Einlagerungsgeräte für Kurzgut – Bei Anbau- und Anhängelhäskslern ist im Gegensatz zum Ladewagen das Laden auf dem Feld von den Transportarbeiten getrennt. Bei mehreren Gespannen kann so eine Arbeitskraft ohne Unterbrechung häckseln, während weitere Arbeitskräfte das Futter

zum Hof transportieren und einlagern (Abb. 326, Seite 277).

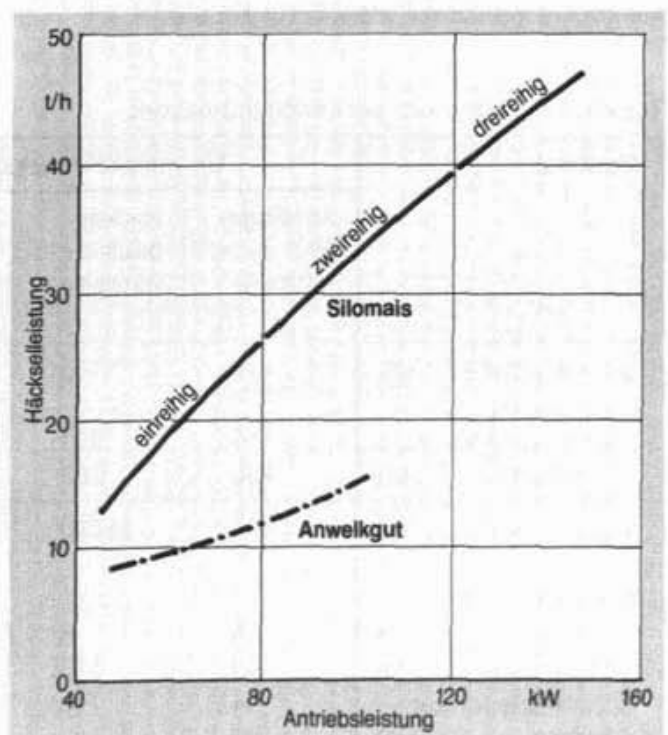


Abb. 321 Ladeleistung von Feldhäskslern in Abhängigkeit von der Schlepperleistung.


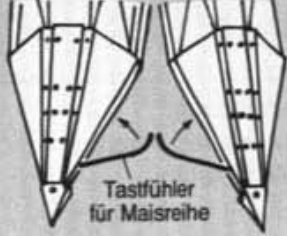
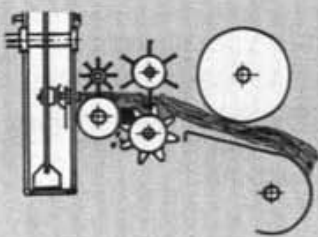
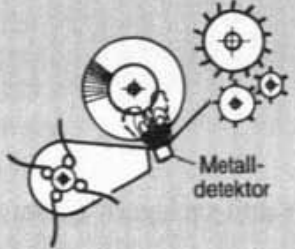
Bauart	Merkmale
Verbesserung des Bedienungskomforts	
	elektromagnetische Fernbedienung steuert über die Gerätehydraulik die Einzugseinrichtungen und den Auswurf des Feldhäckslers; besonders bei Kabinenschleppern zu empfehlen
	Lenkhilfen Fühler im Maisgebiß tasten die Reihen ab und korrigieren durch diesen Impuls den Lenkeinschlag; bei leistungsfähigen Selbstfahrern zu empfehlen
Fremdkörpersicherung	
	mechanisch kleinere Fremdkörper werden von der Walzenverzahnung erfaßt, größere Fremdkörper werden eingeklemmt und blockieren den Einzug; zusätzlich dienen Scherbolzen zur Absicherung der Schneidorgange; billig
	elektronisch in der antimagnetischen Pick-up-Mulde ist ein Detektor angebracht, der alle Metallteile ortet; in Sekundenbruchteilen werden die Einzugsorgane ausgekoppelt; aufwendig; hohe Sicherheit bei Metallen

Abb. 322 Sonderausrüstungen für Feldhäckslers.

Tabelle 126 Vergleich der Exaktfeldhäckslers.

Merkmal	Universalfeldhäckslers			Maisspezialfeldhäckslers		
	Anhängefeldhäckslers	Heckanbaufeldhäckslers	selbstfahrender Feldhäckslers	1reihig leicht	1reihig schwer	2reihig
Leistungsbedarf kW	70	100	110-200	45	50	100
Ladeleistung						
Anweltsilage dt/h	150	200	280			
Silomais dt/h	250	300	bis 900	100	150	300
Kapitalbedarf DM	26 000	26 000	130 000-210 000	9000	12 000	18-25 000
Nutzungsdauer nach Zeit a	8	8	8	8	8	8
nach Arbeit ha	400	600	1 000	100	150	200
jährliche Reparaturkosten % ¹⁾	14	14	6	24	19	14

¹⁾ Vom Anschaffungswert.

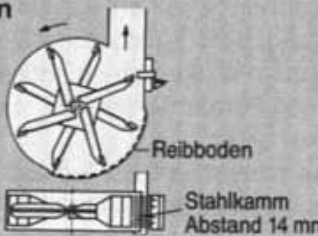
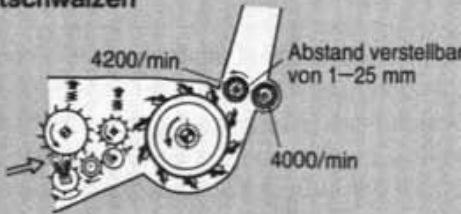
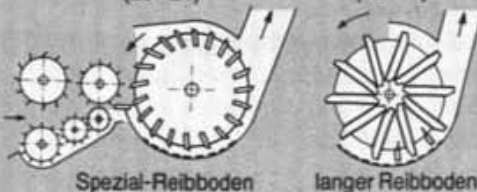
Bauart	Beurteilung
Reibboden 	bei kleineren Feldhäckslern meist Reibleisten, die bei größeren Feldhäckslern zu Reibböden zusammengefaßt sind; die Maiskörner prallen gegen diese Reibvorrichtungen; bei Scheibenrädern unterstützen Stahlkämme die Wirkung; geringer technischer Aufwand bei geringem Kraftbedarf; nur bis 30% TM ausreichende Zerkleinerung
Quetschwalzen 	Abstand kann zwischen 1–25 mm eingestellt werden; unterschiedliche Drehzahlen bewirken zusätzlichen Reibeffekt; gute Wirkung auch bei hohem TM-Gehalt, deshalb kann auf extrem kurzes Häckseln verzichtet werden (6–8 mm ausreichend); auch hoher Preis (10–15000 DM) und zusätzlicher Kraftbedarf
Vielmesserschneidwerke Vielmessertrommel (20–24) Vielmesserscheibe (15–20) 	<i>Vielmessertrommeln</i> haben 20–24 Messer, statt 8–10 Messer; zusätzlich ein Reibboden <i>Vielmesserscheiben</i> haben 15–20 Messer, statt 8–10 Messer; Zerkleinerung wird durch mehr Wurfschaufeln und hohe Drehzahl intensiviert; Vielmesserschneidwerke sind für Ganzpflanzsilage und Lieschkolbensilage zu empfehlen

Abb. 323 Zusatzeinrichtungen zur Körnerzerkleinerung bei Mais- und Ganzpflanzsilage.

Bei *Flachsilos* erfolgt dies durch Schnellentleerung oder Überfahren des Futterstockes. Das Kurzgut erleichtert dabei das Verteilen erheblich.

Bei *Hochbehältern* muß das Futter einem Fördergerät zugeteilt werden, wozu entsprechende Dosiereinrichtungen am Transportwagen oder stationär am Silo erforderlich sind (Abb. 324, Seite 276, und Tabelle 127).

Unfallgefahr!

- ▶ Niemals bei laufender Maschine Futter aus dem Einzugsorgan zurückziehen; Rückdrehvorrichtungen von Hand oder über Zapfwelle sollen vorhanden sein.
- ▶ Nur bei stehendem Häckselorgan Verstopfungen im Auswurf beseitigen.

Tabelle 127 Vergleich der Geräte für die Kurzgutförderung (bis 15 m Förderhöhe).

	Fördergut	Leistungsbedarf kW	Durchsatzleistung t/h	Kapitalbedarf DM
Wurfgebläse	Anwelkgut	10–50	10–40	10 000
	Silomais	15–70	20–90	
Förderband	Anwelkgut	4	20	15 000
	Silomais	4	30	

Bauart	Beurteilung
<p>Schrägförderer</p> <p>Förderband bis 35° (mit Stollen) Förderkette bis 70°</p> 	<p>Schrägförderer ermöglichen hohe Förderleistungen bei geringer Antriebsleistung; hohe Einlagerungsleistungen sind aber nur bis zu einem Winkel von 60° möglich, wodurch der Einsatz von Förderbändern auf etwa 15 m Abwurfhöhe beschränkt bleibt; Förderbänder sind nur schwer umzustellen und benötigen bei größerem Silodurchmesser ein zusätzliches Verteilband</p>
<p>Wurfgebläse</p>  <p>Förderrohr (Ø 220–310 mm) Wurfschaufeln (540–620/min) Umfangsgeschwindigkeit 35–40 m/s Annahmetrog mit Schnecke oder Drehtisch ca. 60 cm</p>	<p>bei Wurfgebläsen ist neben dem Luftstrom die Beschleunigung des Gutes durch die Schaufelräder entscheidend; bei 540/min (Direktantrieb mit Zapfwelle) läßt sich durch große Wurfschaufeldurchmesser und Einführen des Fördergutes im Bereich der äußeren Schaufelkanten eine hohe Gutbeschleunigung erreichen; bei Wurfgebläsen sind für Silomais Gebläserohre mit etwa 22 cm Durchmesser, für Anwelksilage mit 38 cm Durchmesser und für einen universellen Einsatz solche mit 31 cm Durchmesser zweckmäßig; die Gutförderung soll nur senkrecht erfolgen; für eine störungsfreie Funktion und hohe Förderleistung ist eine gleichmäßige Zuführung des Gutes in das Gebläse entscheidend; dafür dienen Schrägschnecken oder Tellerzuteiler; gesonderte Antriebsschlepper können bei einem Durchtrieb der Schlepperzapfwelle über den Häckselverteiler zum Fördergebläse eingespart werden</p>

Abb. 324 Abladegeräte für Kurzgut.

2.3.4 Ballenkette

Bei der Ballenkette wird das Futter unzerkleinert zu Stückgut verdichtet. Es sind die in Abb. 325 gezeigten **Pressenbauarten** üblich.

Kleinballenkette – Bei ihr wird das Gut in handliche Ballen gepreßt. Die Weiterförderung erfolgt als Stückgut mit Hand oder mit Förderbändern. Je nach Verdichtung wird unterschieden zwischen

- ▶ Niederdruckpressen,
- ▶ Hochdruckpressen,
- ▶ Höchstdruckpressen.

Niederdruckpressen arbeiten mit einem Schwingkolben und verdichten das Gut auf etwa 50–100 kg/m³. Dieser Effekt wird heute auch vom Ladewagen erzielt, so daß Niederdruckpressen an Bedeutung verloren haben. Die Landwirtschaft bevorzugt deshalb Hochdruckpressen.

Hochdruckpressen werden als Gleitkolben- oder Rollkolbenpressen gebaut und verdichten das Futter auf 70–150 kg/m³. Das Gut wird von einer großen Pick-up-Trommel (günstig vor allem bei Stroh) aufgenommen und durch eine Schnecke oder Greifarme zum Preßkanal befördert. Ein gesteuerter Zubringer

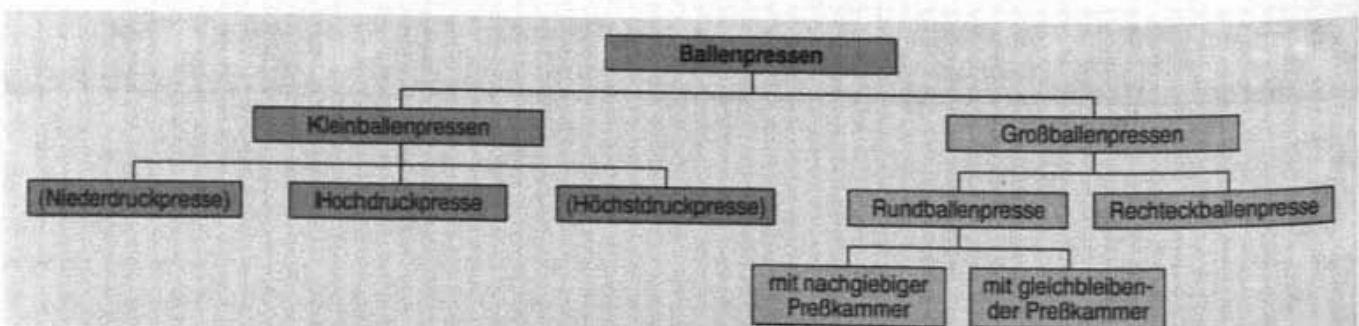


Abb. 325 Übersicht über Ballenpressen-Bauarten.

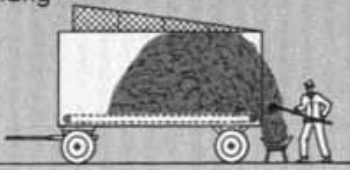
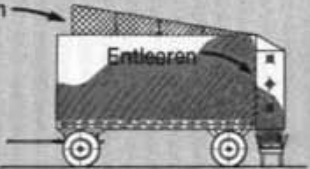
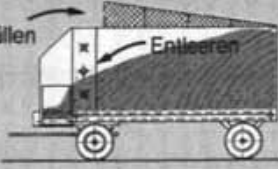

Dosiergerät	Beurteilung	Kapitalbedarf DM
Kratzkettenwagen mit Handzuteilung 	befriedigt wegen hoher Arbeitsbelastung und ungleicher Zuteilung nicht; 20–30% höhere Antriebsleistung bei Gebläse erforderlich	meist als Universalwagen genutzt
Universalwagen mit Kratzboden und angebauter Häckselverteilwand Befüllen Entleeren 	automatische Gutentleerung; rückwärtige Entleerung kann wegen des verdichteten Futterstapels anfangs zu ungleicher Zuteilung führen	15000
Spezialfeldhäckselverteilwagen Befüllen Entleeren 	automatische und gleichmäßige Entleerung; Auswurf im Sichtfeld des Schlepperfahrers	20000–25000
stationäre Dosiereinrichtung Rechen oder Trommel Kettenzubringer 	Schnellentleerung möglich (Kipper, Kratzboden), dadurch hohe Einlagerungsleistungen; senkt erforderliche Antriebsleistung um 10–20%	20000

Abb. 326 Wagen und Dosiereinrichtungen für Häckselgut.

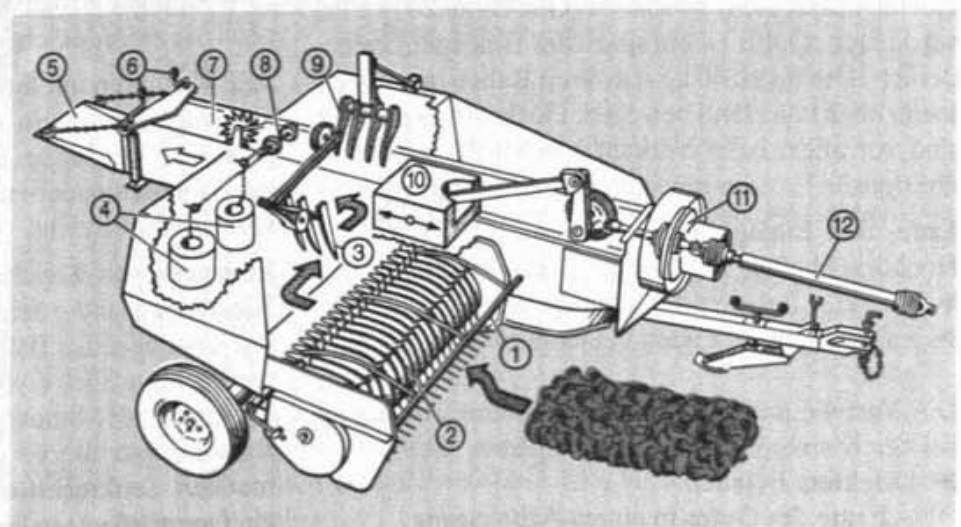
(Raffer) stopft dann beim Rücklaufen des Kolbens das Gut seitlich hinein. Knickraffer schwenken bei Verstopfung oder bei Fremdkörpern aus und richten sich anschließend selbst wieder in Arbeitsstellung. Im Preßkanal läuft ein Gleitkolben mit 70–110 Hü-

ben/min. Der Preßkolben hat an der Zufuhrseite ein Messer, welches zusammen mit einem feststehenden Messer am Preßkanaleingang heraushängende Halme abtrennt.

Das Ballengewicht kann durch Änderung des Kanal-

Abb. 327 Aufbau einer Hochdruckpresse.

1 = Niederhalter, 2 = Aufsammler (pick up) mit gesteuerten Federzinken, 3 = Querrörderer, 4 = Garnrollen, 5 = Ladeschurre, 6 = Spannvorrichtung zum Einstellen der Preßdichte, 7 = Preßkanal, 8 = Bindevorrichtung, 9 = Knickraffer, 10 = Preßkolben (Rollen- oder Gleitkolben), 11 = Überlastkupplung, 12 = Gelenkwelle.



direktes Beladen des angehängten Wagens


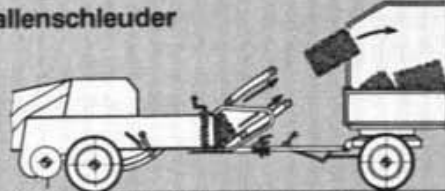
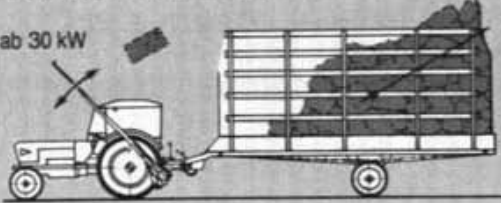
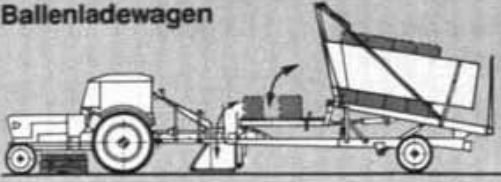
Bauart	Beurteilung	Kapitalbedarf DM
kurze Schurre mit Stapelperson 	hohe Ausladung; 1–2 Arbeitskräfte erforderlich	400
Ballenschleuder 	70% Wagenausladung möglich; Steuerung der Schleuder durch die Wagendeichsel ermöglicht sicheres Beladen auch in den Kurven; Ladegitter erforderlich	6 000
Feldablage und Laden in einem zweiten Arbeitsgang		
Schlepperballenwerfer ab 30 kW 	kostengünstige Mechanisierung; 70% Ausladung des Wagens; Ladegitter erforderlich	3 000
Ballenladewagen 	hoher technischer Aufwand; auch Einzelzuteilung in Fördergeräten möglich; Setzen eines 3 m hohen Stapels möglich	25 000

Abb. 328 Ladeverfahren für Kleinballen.

querschnittes und der Ballenlänge zwischen 10–30 kg/Ballen verstellt werden. Für das Binden muß verstärktes Garn (150–200 m/kg) verwendet werden. Pressen arbeiten nur bei gut eingestellten und gepflegten Knüpfern ohne Störung.

Höchstdruckpressen sind verstärkt konstruierte Hochdruckpressen, welche das Gut bis zu 200 kg/m³ verdichten. Dafür ist ein spezielles Bindegarn erforderlich. Die bis zu 40 kg schweren Ballen lassen sich kaum noch von Hand bewegen. Höchstdruckpressen sind vor allem beim Verkauf von Stroh und Futter über große Entfernungen empfehlenswert.

Lade- und Einlagerungsverfahren: Das Laden der Hochdruckballen erfolgt nach zwei Verfahren:

- ▶ Direktes Beladen des angehängten Wagens,
- ▶ Feldablage und Laden in einem zweiten Arbeitsgang.

Die **Vorteile** der Lade- und Einlagerungsverfahren bei der Kleinballenkette sind bei (Abb. 328):

- ▶ Direktem Beladen:
 - Ernte des Gutes in einem Arbeitsgang,

- geringer Arbeitszeitbedarf,
- geringeres Wetterrisiko.

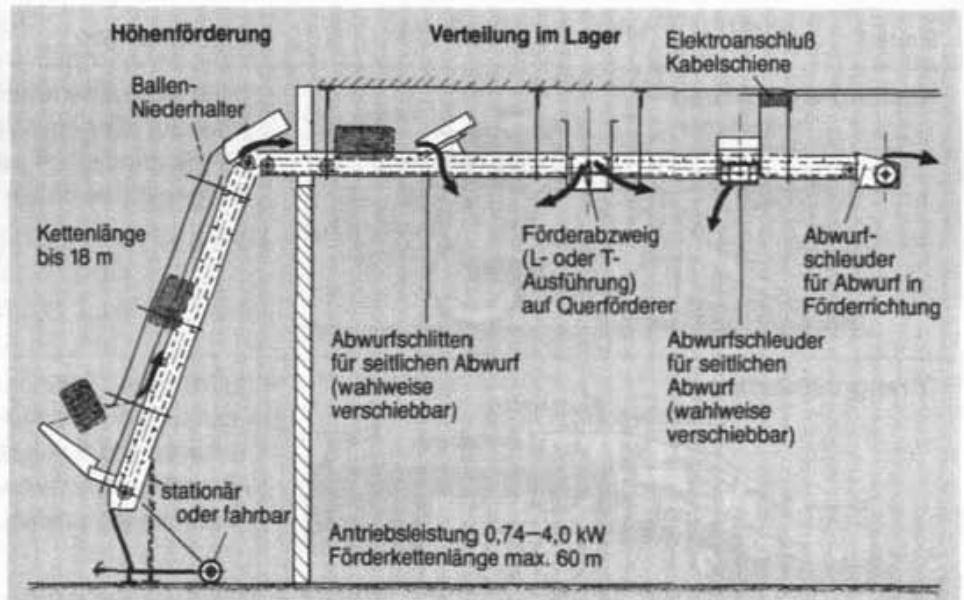
▶ **Feldablage:**

- Besseres Ausnutzen der Presse,
- einfachere Arbeitsorganisation,
- höhere Bergeleistung,
- weniger Arbeitskräfte und Schlepper gleichzeitig erforderlich.

Alle Verfahren mit direktem Beladen des angehängten Wagens mindern die Leistung der Hochdruckpresse. So werden bei Stapeln mit der Hand nur 60%, bei Ballenschleudern nur 85% der möglichen Maschinenleistung erreicht.

Einlagern von Kleinballen: Für das Einlagern von Kleinballen sind – neben Schleusengebläsen – heute fast ausschließlich Ballenkettenträger (Ballenbahnen) gebräuchlich (Abb. 329). Diese haben 1–2 Förderketten mit Mitnehmerzinken. Seitlich werden die Ballen durch Bleche oder Holme geführt. An den mobilen Senkrechtförderer (Höhenförderer) kann ein Querförderer in Firstrichtung gekoppelt werden.

Abb. 329 Schematischer Aufbau einer Förderanlage für Hochdruckballen.



Dieser ist mit entsprechenden Abwurfvorrichtungen zur Ballenverteilung ausgerüstet.

Tabelle 128 Beurteilung von Förderanlagen für Hochdruckballen.

Kapitalbedarf	8000–12 000 DM
Leistungsbedarf	0,7–2,0 kW
Vorteile	geringer Leistungsbedarf; hohe Funktionssicherheit
Nachteile	Einzwecknutzung; stationärer Einbau in Gebäude

Großballenkette – Bei ihr wird das Futter zu Stückgut gepreßt, welches sich nur mit Maschinen handhaben läßt (1 ha Heu = 15 Ballen; 1 ha Stroh = 10–12 Ballen). Die Ballen haben einen Durchmesser bis zu

1,8 m und erreichen ein Gewicht von 300–800 kg. Sie erfordern deshalb eine durchgehende Mechanisierung von der Ernte bis zur Futtervorlage.

Rundballenpressen arbeiten nach dem Wickelprinzip. Eine Pick-up nimmt das Gut auf und führt es einem Preßraum zu. In etwa 5 min wird hier ein Rundballen geformt. Zwei **Verfahren** sind üblich:

- ▶ Rundballenpressen mit *nachgiebiger* Preßkammer,
- ▶ Rundballenpressen mit *gleichbleibender* Preßkammer.

Durch die rotierende Arbeitsweise haben die Rundballenpressen ein sehr hohes Schluckvermögen, welches aber durch den **Bindevorgang** unterbrochen wird. Daher kommt einem kurzen Bindevorgang eine hohe Bedeutung zu.

Bauart	Beurteilung
<p>nachgiebige Preßkammer</p>	<p>eine Pick-up führt das Gut direkt umlaufenden Preßbändern zu, welche bei zunehmender Füllung eine immer größere Preßkammer bilden; dadurch wird der Ballen von Anfang an gleichbleibend verdichtet; der Durchmesser der Ballen kann beliebig geändert werden, nicht aber die Dichte</p>
<p>gleichbleibende Preßkammer</p>	<p>die Preßkammer hat von vornherein die Abmessungen des fertigen Rundballens; Flachriemen, Walzen oder Rechketten wickeln den Ballen in unveränderter Größe; die Verdichtung steigt mit zunehmender Kammerfüllung; dabei entsteht ein weicher, leichtdurchlüftbarer Kern und eine hochverdichtete Randzone (Witterungsschutz); die Verdichtung kann bei gleichen Follenabmessungen verändert werden; ein Manometer zeigt den jeweiligen Verdichtungsdruck an</p>

Abb. 330 Bauarten von Rundballenpressen (nach WILKENS und WOLF).

Bauart	Bemerkungen
<p>Kastenpreßverfahren</p> <p>hydraulischer Preßkolben Förderschwinde Preßkammer Verdichtungskammer</p>	eine stoßweise arbeitende Förderschwinde führt das Gut über eine Vorverdichtungskammer in eine Preßkammer, hier werden in den Abmessungen vorgegebene Ballen gepreßt
<p>Strangpreßverfahren</p> <p>Preßkolben Bindeapparat Preßstrang Stapler Aufsammlier Förder-schnecke Zubringer Förder-zinken</p>	durch einen Zubringer wird das Gut in einen Preßkanal gefördert, der nach dem Stangenprinzip arbeitet; die Ballenlänge kann dabei in gewissen Grenzen verändert werden; ein Stapler formt ein Dreierpaket zu einem transportfähigen Stapel

Abb. 331 Arbeitsweise einer Rechteck-Großballenpresse nach dem Kastenpreß- und dem Strangpreßverfahren (nach WILKENS und WOLF).

Tabelle 129 Vergleich der Ballenketten

	Kleinballenkette		Großballenkette	
	leichte Presse	schwere Presse	Rundballen- presse	Rechteckballen- presse
Ballenabmessung cm	35 × 45 × 60–100	35 × 50 × 80–100	∅180 × 150/ ∅120 × 120	150 × 150 × 240/ 120 × 70 × 160
Ballenvolumen m ³ /Ballen	0,15	0,15	3,82/1,36	5,4/3,6
Ballengewicht kg/Ballen	25	25	380/150	820/540
Ballenzahl/ha	160	160	11/27	5/7
Preßleistung				
Heu t/h	13	25	8–25	30
Stroh t/h	8	18	5–15	20
Leistungsbedarf kW	25	50	30–55	60–110
Kapitalbedarf (nur Presse) DM	15 000	24 000	30 000–35 000	100 000–160 000
Bindegarnverbrauch kg/ha	5,5	4,0	3,5	2
Vorteile:	Ballen lassen sich leicht von Hand bewegen; gute Nutzung von Transport- und Lagerraum; Verwendung von Altgebäuden gut möglich; Verkaufsgut;		schnelles Räumen der Felder möglich; für Lagern im Freien besser geeignet; bei Frontladereinsatz mechanische Handhabung; geringe Folgemechanisierung (Laden, Ein- und Auslagern);	
Nachteile:	mehrere Arbeitsgänge zum Räumen der Felder notwendig; Handarbeit beim Ein- und Auslagern		bei Rundballen mangelnde Nutzung von Transport- und Lagerraum; nur ebenerdige Gebäude zur Ein- und Auslagerung geeignet; Schwierigkeiten beim Auflösen der Ballen	
Zuordnung	Halmgutverkauf; Altgebäudenutzung; lange Transportwege; schwierige Stallverhältnisse		Überbetrieblicher Einsatz; nur für innerbetriebliche Verwertung; Lagerung im Freien oder in ebenerdigen Lagergebäuden	

Folgende Verfahren sind üblich:

- ▶ **Umwickeln mit Bindegarn** (Sisal oder Kunststoff): Bei stehender Maschine wird der rotierende Ballen etwa 15mal spiralförmig mit Garn ohne Verknotung umwickelt. Die Garnkosten betragen ca. 0,45 DM/Ballen.
 - Bei handgesteuerter Bindung: 5 min Stillstand, aber geringer technischer Aufwand,
 - bei automatischer Bindung: 1 min Stillstand, aber hoher technischer Aufwand.
- ▶ **Umhüllung des Ballen** mit einem grobmaschigen Netz: Da nur 2–3mal umwickelt wird, sind auch bei handgesteuerter Bindung die Standzeiten auf 1–2 min verringert. Mittlerer technischer Aufwand; stabile Umhüllung. Die Netzkosten betragen ca. 2 DM/Ballen.

Achtung!

Bei Hangneigungen ab 15% können Rundballen abrollen.

Rechteckballenpressen fertigen einen rechteckigen Großballen, der sich bei hoher Lagerdichte raumsparend stapeln läßt. Wegen der hohen Verdichtung (150 kg/m^3) und der rechteckigen Form sind Rechteckballen für Ballensilage geeignet. Es werden zwei Bauarten unterschieden (Abb. 331).

Einlagerung von Großballen: Großballen können nur mechanisch gehandhabt werden. Zum Transport an den Feldrand reicht eine Heckgabel am Schlepper aus. Zum Laden und Entnehmen braucht man Frontladerschlepper ab 40 kW mit einer Hubkraft von 9810 N. Für den Frontlader gibt es hydraulisch betätigte Spezialzangen (3000 DM).
 Noch nicht befriedigend gelöst ist bei Großballen der Transport und die Handhabung auf dem Hof. So sind Großballen nur in ebenerdigen Scheunen bis zu 5 m Höhe stapelbar. Sie können auch im Freien gelagert werden.

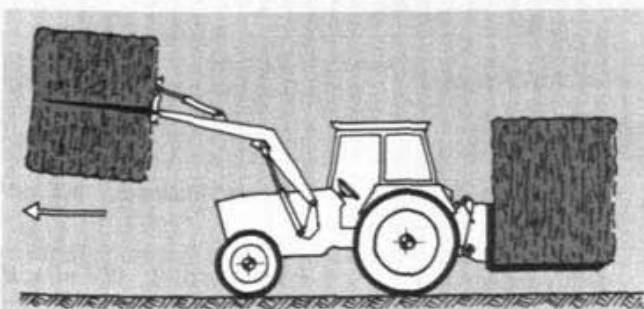


Abb. 332 Transport von Großballen.

3 Verfahren der Futterkonservierung

Frisches Gras hat zum Schnittzeitpunkt einen Feuchtegehalt von 80–85% und ist deshalb nicht lagerfähig. Eine Konservierung des Winterfutters ist unumgänglich.

Dabei sind anzustreben:

- ▶ Geringe Kosten,
- ▶ geringes Wetterrisiko,
- ▶ niedrige Verluste (Abb. 333).

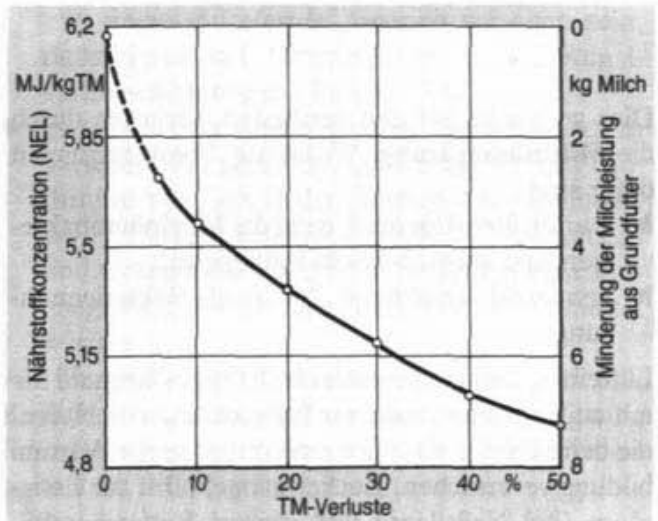


Abb. 333 Auswirkungen von Konservierungsverlusten auf die Grundfutterverwertung (nach ZIMMER).

Mit zunehmenden Konservierungsverlusten sinkt die Nährstoffkonzentration im Futter und damit die grundfutterbezogene Milchleistung. Grünfutter kann nach der Ernte durch mikrobielle Prozesse binnen weniger Stunden verderben. Den dafür verantwortlichen bakteriellen und pilzlichen Erregern können die Lebensbedingungen entzogen werden:

- ▶ Durch Wasserentzug beim *Trocknen*, wobei erst bei 14–18% Feuchte das Gut lagerfähig ist;
- ▶ durch *organische Säuren*, welche nach Luftabschluß durch Gärung gebildet werden; für eine verlustarme Futterkonservierung ist eine rasche und dauerhafte pH-Absenkung unter 4 anzustreben.

3.1 Gärfutterbereitung

3.1.1 Anforderungen

Beim Gärprozeß werden durch Mikroorganismen Säuren gebildet, welche bei einem pH-Wert von 4 die Zellatmung, die Buttersäurebildung und die Eiweißspaltung auf ein Minimum verringern (Abb. 334).

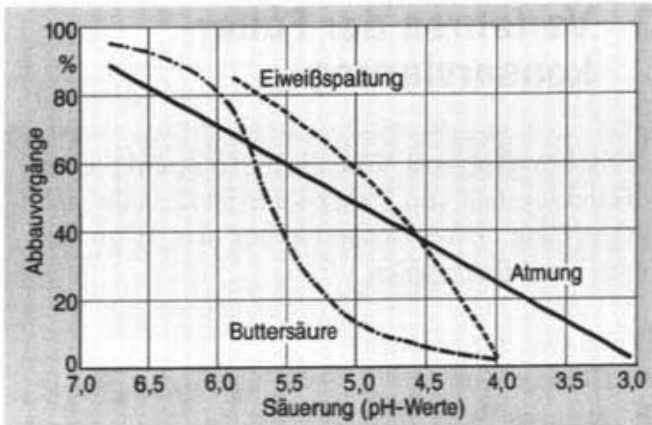


Abb. 334 Einfluß der Säuerung auf die Abbauvorgänge in der Pflanze (nach ZIMMER).

Dies geschieht mit den geringsten Verlusten durch die **Milchsäuregärung**. Wichtigste Voraussetzungen dafür sind:

- ▶ **Luftdichter Abschluß**, denn die Milchsäurebakterien sind anaerob (nicht luftliebend);
- ▶ genügend **vergärbare Zucker** als Bakteriennahrung.

Luft einfluß führt zu verstärkter CO_2 -Bildung und damit zu Verlusten sowie zur Entwicklung von Hefen, die beim Öffnen des Silos eine verlustreiche Wärmebildung verursachen. Zuckermangel führt zur Essigsäure (bei Naßsilage) und starker Buttersäurebildung. Letztere führt zu ansteigenden pH-Werten und zu Futterverderb.

Für das **Bereiten einer guten Silage** sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ **Beachten der Gärfähigkeit des Futters**: Leicht gärfähig (hoher Zuckergehalt) sind Mais, Rübenblatt und zuckerreiche Gräser; schwer gärfähiges, eiweißreiches Futter (wie junges Gras, Legu-

minososen) kann durch zuckerhaltige Siliermittel in seiner Gärfähigkeit verbessert werden.

- ▶ **Anwelken des Futters** (Gras, Klee, Luzerne) auf 50–70% Wassergehalt erhöht die Gärfähigkeit, vermindert die Silierverluste und verbessert die Futteraufnahme. Schlechte Anwelkbedingungen (länger als vier Tage) vermindern die Gärfähigkeit und machen Zusätze nötig. Bei Mais steigt die Silierfähigkeit mit zunehmender Reife; anzustreben sind 30% TM.
- ▶ **Zerkleinern des Futters**, wobei beim Mais 6–10 mm und bei Anwelksilage 20–30 mm Häcksellänge (= 10–15 mm Einstellung) angestrebt werden soll. Kurzschnittgut mit 120–150 mm benötigt bis zu 25% mehr Siloraum.
- ▶ **Verdichten des Futterstapels**, um die Luft aus dem Futter schnell herauszupressen. Dazu dienen ständiges Festwalzen beim Flachsilo oder Lagerhöhen von über 10 m beim Hochsilo.
- ▶ **Luftdichte Behälter** und luftdichte **Abdeckung**, um einen späteren Luftzutritt (CO_2 -Bildung, Hefen, Schimmelpilze) einzuschränken.
- ▶ **Hohe Schlagkraft beim Befüllen**, um einen Silobehälter in 1–2 Tagen zu füllen und abzuschließen.
- ▶ **Ausreichender Hitzeschutz** der Silos und reflektierende Abdeckfolien, um hohe Temperaturen im Silo zu vermeiden.
- ▶ Nur **sauberes Futter** ist die Gewähr dafür, daß eine schädliche Buttersäuregärung vermieden wird.
- ▶ Die **Anschnittfläche** bei der Gärfutterentnahme soll möglichst gering gehalten werden (je Tag mindestens eine Schicht von 20 cm entnehmen).
- ▶ Bei der **Entnahmetechnik** muß auf einen glatten Anschnitt ohne Auflockerung des Silostockes geachtet werden.



Abb. 335 Einflußfaktoren auf die Silagebereitung.

3.1.2 Gärfutterbehälter

An die Gärfutterbehälter werden sehr hohe Anforderungen gestellt, die von allen Silobauformen erfüllt werden müssen (Abb. 336).

Alle Siloformen haben bei den verschiedenen Betriebsbedingungen ihre spezielle Bedeutung.

Hochsilo – Bei Hochsilos wird durch den hohen Futterstapel die für den Silierprozeß erforderliche Verdichtung durch »Eigendruck« erzeugt. Die notwendige Verdichtung auf 200 kg TM/m^3 wird dabei erst ab einer Stockhöhe von 10 m aufwärts erreicht. Dabei lagert im oberen Silobereich das Futter lockerer, im unteren Bereich dichter. Bei größerer Silohöhe verringert sich auch der Leerraumanteil, der durch das Absetzen des frisch eingebrachten Futters entsteht. Das Verhältnis Durchmesser : Höhe beträgt 1 : 3 bis 1 : 4.

Bei Hochsilos sind die in Abb. 338 (Seite 284) gezeigten **Bauformen** üblich.

An die Bauausführung von Hochsilos werden folgende **Anforderungen** gestellt:

- ▶ *Dichte Bauteile* sowie dichte Einfüll- und Entnahmeöffnungen,
- ▶ *frostfreie Fundamente* und ausreichende *Belastungsannahme der Seitenwände* (geprüfte Statik),
- ▶ *glatte und säurefeste Innenwände* (Holz, Kunst-

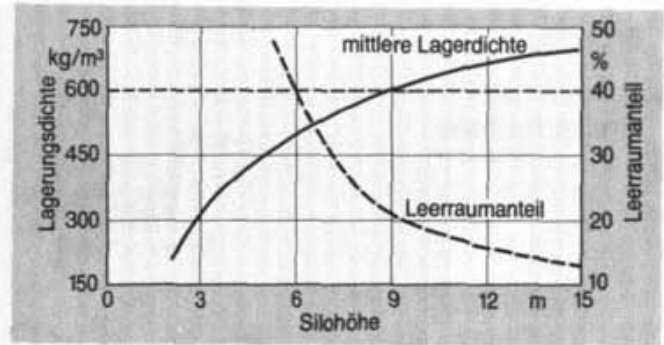


Abb. 337 Lagerungsdichte und Leerraumanteil in Hochsilos bei unterschiedlicher Lagerhöhe (nach GRIMM).

stoff, beschichtetes Metall); Betonsilos müssen mit einem säurefesten Anstrich versehen sein; dazu eignen sich Bitumenanstriche und Kunststoffbeschichtungen (Tabelle 130);

- ▶ alle Hochsilos sind mit einem *Gärsaftablauf* zu versehen, bei dem durch einen Siphon das Eindringen von Luft in den Silobehälter verhindert wird; Gärsaft gefährdet Bäche (Fischsterben) und Grundwasser und muß deshalb in eine Jauchegrube oder in einen Sammelschacht geleitet werden.

Als **Baustoffe** für Hochsilos sind Beton, Metall, Kunststoff und Holz gebräuchlich, deren Eignung für den Silobau in Tabelle 131 (Seite 285) gegenübergestellt ist.

	Behälterformen		
	Hochsilo	Flachsilo	Foliensilo
	<ul style="list-style-type: none"> offener Hochsilo (für Greifen) Hochsilo mit Lukanband geschlossener Hochsilo 	<ul style="list-style-type: none"> ebenerdiger Flachsilo Fahrsilo mit Rampe 	<ul style="list-style-type: none"> Folien-Fahrsilo Folien-Schlauchsilo Preßballen-Silo
Oberfläche: Nutzraum:	0,06–0,08:1	0,25:1	0,4:1
Vorteile:	sicheres Vergären durch Eigendruck; geringe Abdeckflächen	kapitalsparend; einfaches Befüllen und Entnehmen	wie Flachsilo; jedoch ohne Bauaufwand
Nachteile:	höherer Bauaufwand; aufwendige Befüll- und Entnahmetechnik	zusätzliche AK für Festwalzen; hoher Platzbedarf; große Oberfläche	wie Flachsilo; zusätzlich: höhere laufende Kosten; höheres Gärrisiko

Abb. 336 Übersicht über die Systeme von Silobehältern.

Tabelle 130 Siloanstriche.

Anstrich	Anstriche Zahl	Kosten DM/m²	Haltbarkeit Jahre
Bitumen gefüllt	2	2,20	2–3
Silodispersion filmbildend	3	3,30	3–5
Einkomponenten-Reaktionslack	3	5,00	5–8

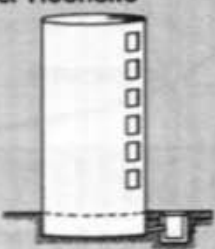

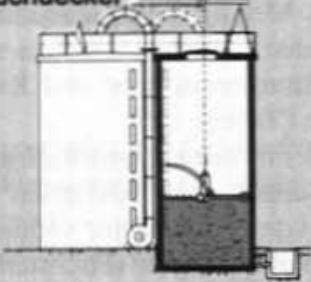

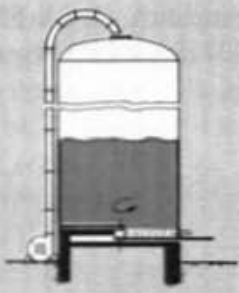
Bauform	Abdeckung	Entnahmetechnik	Vor- und Nachteile	Empfehlung
offener Hochsilo 		Greifer, Oberfräsen	leichter Auswurf mit Hand oder mit Oberfräsen möglich; nur mit Bedachung oder im Gebäude	übliche Hochsiloform in Gebäuden
Hochsilo mit kleinem Tauchdeckel 		Oberfräsen	leichter Auswurf für Hand oder Oberfräse; für die Aufstellung im Freien geeignet	übliche Hochsiloform im Freien
geschlossener Hochsilo mit Untenentnahme 	geschlossen: Ventil und Atemsack zum Druckausgleich	Untenentnahmefräse	sichere Vergärungen; nur für Kurzgut geeignet; Mais über 25% TM; Nachfüllen möglich; hoher Kapitalaufwand; mechanische Entnahme erforderlich; hohe Schlagkraft beim Befüllen erforderlich	sicheres Vergären bei hoher Ernteschlagkraft; wegen hohen Kapitalbedarfs für Mais weniger zu empfehlen

Abb. 338 Hochsilobauformen.

Die **mechanische Silageentnahme** aus Hochbehältern erfordert einen hohen technischen Aufwand, so daß die meisten dieser Behälter von Hand entleert werden. Größere Viehbestände verlangen aber eine

Mechanisierung dieser schweren und unangenehmen Arbeit. Sie soll deshalb bei der Auswahl der Silobehälter von vorne herein mit berücksichtigt werden. In Abb. 341 (Seite 286) sind die wichtigsten Entnahmegerate für Hochsilos gegenübergestellt.

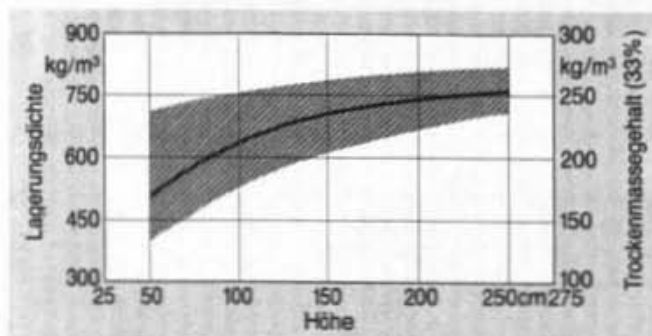


Abb. 339 Lagerungsdichte von Maissilage in verschiedenen Futterstockhorizonten beim Flachsilo.

Flachsilo – Im Flachsilo erfolgt die erforderliche Futterverdichtung durch mechanisches Festwalzen, z. B. mit dem Schlepper. Im Gegensatz zum Hochsilo ist – unabhängig von der Höhe des Futterstapels – eine gleichmäßige Verdichtung in allen Futterschichten möglich.

Die Einlagerungstechnik bedingt unterschiedliche **Flachsilotypen**.

Bei der **Bauausführung** von Flachsilos ist folgendes zu beachten:

Tabelle 131 Vergleich verschiedener Baustoffe für Hochsilos

Werkstoff	gasdicht	Wartung, Pflege	Wärmedämmung	Versetzbarkeit	Kapitalbedarf (bei 100 m ³) DM/m ³	Bemerkungen	
Beton	monolitisch	+	±	++	-	130	besondere Sorgfalt beim Bau (Betongüte; 14 Tage wässern)
	Formstein	+	-	++	-	120	schützender Innen- und Außenverputz sowie Anstrich erforderlich
Metall	Stahl emailliert	+	++	-	±	140	hohe Temperaturdifferenzen führen zu lebhaftem Gasaustausch; deshalb Atemsäcke; nur für Untenentnahmefräsen geeignet
	verzinkt	+	++	-	±	150	
Kunststoff	glasfaserverstärktes Polyester	++	++	±	++	160	werden fertig aufgestellt; nicht größer als 200 m ³
Holz	imprägniert, mit Gütezeichen	±	+	+	+	115	sorgfältige Imprägnierung notwendig; Spannung der Ringe überprüfen

++ sehr gut + gut ± bedingt - schlecht.

- ▶ Die *Breite* aller Fahrsilos muß so bemessen werden, daß der Walzschlepper seine Spur über den ganzen Silo versetzen kann. Dafür sind mindestens 4,0 m erforderlich.
- ▶ Flachsilos sollen in einem Arbeitsgang innerhalb von 1-2 Tagen gefüllt werden. Auch muß darauf geachtet werden, daß beim Entnehmen des Futters nur kleine Anschnittflächen entstehen. Daher sollen mindestens 2-3 Behälter je Betrieb

- vorhanden sein. Allerdings soll die *Mindestgröße* von 100 m³/Behälter nicht unterschritten werden.
- ▶ Der Boden des Flachsilos muß ein *Gefälle* aufweisen, damit *Gärsaft* und Wasser ablaufen können. Am Siloeingang wird die Flüssigkeit in einer abdeckbaren Querrinne aufgefangen und in einen Sammelschacht abgeleitet.
- ▶ *Flachsilowände* sollen mit einer leichten Neigung nach außen errichtet werden.

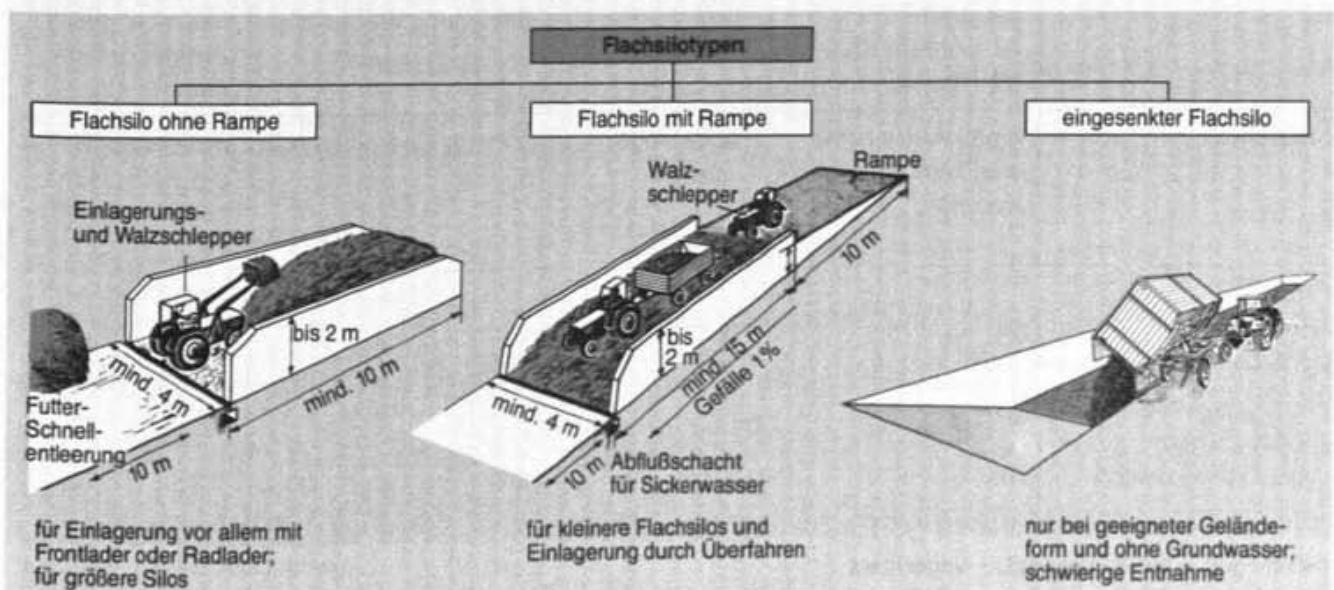


Abb. 340 Flachsilotypen.

	Greifer	Obenentnahmefräse mit		Untenentnahmefräse
		Wurfgebläse	Sauggebläse	
Anforderungen:				
– TM-Gehalt	%	keine	ab 30	ab 35
– Schnittlänge	mm	ab 50	kleiner als 40	kleiner als 30
Leistungsbedarf	kW	5–10	10–20	20–25
Auswurfleistung				
– Anwelksilage	dt/h	80–125	60	40–60
– Maissilage	dt/h	70–80	80	70–80
Kapitalbedarf	DM	20 000–40 000	12 000–23 000 + 2 000 für Hebegerät	20 000–30 000
besondere Eignung für:				
– Mais	–	++	++	++
– Anwelksilage	+	+	+	(+)
– ZR-Blattsilage	+	–	–	–
Siloformen	alle Hochsilos mit Tauchdeckel und Seegerverschluß	Hochsilos mit Luken	alle Hochsilos	geschlossene Hochsilos mit speziellem Unterbau
Reparaturanfälligkeit	niedrig	mittel	mittel	hoch
Vorteile	auch zum Befüllen geeignet; für mehrere Silos gleichzeitig	leicht zugänglich	auch für Schnittgut, bedienungsfreundlich	laufendes Nachfüllen bei gleichzeitiger Entnahme
Nachteile	große Anschnittfläche, keine Automatisierung	schwieriger Ausbau	höherer Energiebedarf	schwer zugänglich, keine Handentnahme möglich
Nutzungsdauer:				
– Zeit	a	15	8	8
– Arbeit	h	1500	1200	1200
Reparaturkosten je 100 h (% vom Anschaffungswert)		1,5	2,7	2,7
				4,3

++ sehr gut, + gut, (+) bedingt, – ungeeignet

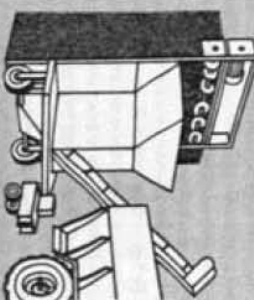
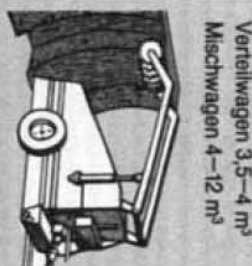
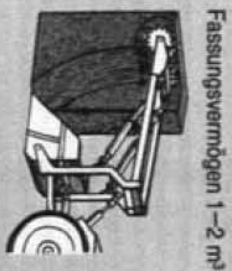
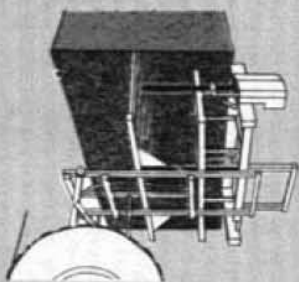
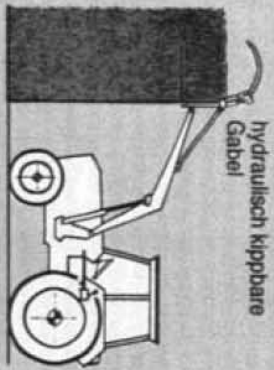
Abb. 341 Vergleich der Verfahren zur Futterentnahme aus Hochsilos.

Bauweise und Bauausführung	Bemerkungen	DM/m ³	Lebensdauer	Selbsthilfe
monolithische Flachsilo Dehnungsfuge alle 10 m Silolänge Mittelwand doppelt bewehrt Kiesrollierung 	hohe Haltbarkeit bei guter Verarbeitung; spezielle handwerkliche Kenntnisse erforderlich	40–70	hoch	nur Mithilfe möglich
Flachsilo aus Montageteilen dauerelastische Fugenmasse Mittelwand Seitenwand Kiesrollierung 	einzelne Seitenelemente werden in Bodenplatte eingelassen; bei größerer Entfernung zum Hersteller hohe Transportkosten	60–80	hoch	bei Bodenplatte; Mithilfe bei der Montage
Flachsilo aus Hohlblock-schalungssteinen Dehnungsfuge alle 10 m Silolänge Mittelwand 3-lagiger Zementputz dauerelastische Fugenmasse Kiesrollierung 	Schalungssteine werden trocken schichtweise aufgesetzt und mit Beton (B 225) ausgegossen; auf einen sorgfältigen Zementputz ist zu achten	40–60	mittelhoch	volle Selbsthilfe ist möglich
Erdwallsilo (Traunsteiner Silo) 	in gegossene Bodenplatte werden vorgefertigte Betonplatten gestellt und durch einen Erdwall abgestützt; billig; höherer Flächenbedarf	25–40	mittel	wird überbetrieblich in Selbsthilfe erstellt
Flachholzsilo aus eingespannten Rundholzstangen Mittelwand Außenwand Nut- und Federbretter oder Spanholztäfel Spachtel Stoßfuge Baustahlgewebe Bodenplatte Zementrohr Rundholzstangen besäumt 	Nut- und Federbretter imprägniert; niedrige Gasdichte	30–40	mittel bis niedrig	Selbsterstellung mit eigenem Holz möglich
aufgedübelte Flachsilowände aus Holz (oder Kunststoffplatten) Außenwand Mittelwand 	meist Holz, da versetzbar; Kunststoffplatten pflegeleicht, aber teuer	40–60 (80)	mittel bis niedrig	Fertigelemente oder Selbsterstellung

Abb. 342 Flachsilobauformen.

Entnahmegerat	Frontlader	Blockschneidegerät	Behälterfräse	Fräswagen	Flachsilo-Fräse
Schneidwerkzeuge	keine, Greifzange	Spaten, Säge, Doppelmesser, Kette, U-Schneider	Fräswalzen	Fräsmesser, Frästrommel	Fräsmesser, Frästrommel, Fräskette
Leistungsbedarf kW	ab 30	ab 50	ab 36	ab 40	ab 50
Entnahmeleistung und Transport	Maissilage 50–60 dt/h Grassilage 30 dt/h	50–80 50–60	30–50 (15)	50–60 (20–25)	150–250 (35–45)
Kapitalbedarf DM	4000	6000–9000	7000	18000	15000
geeignet für	Silomais Grassilage Rübenblattsilage	Grassilage, Maissilage, Rübenblattsilage	Silomais (Grassilage)	Silomais (Grassilage)	Silomais (Grassilage)
Arbeitsgänge	Entnahme + Transport	Entnahme + Transport	Entnahme + Transport	Entnahme + Transport + Verteilen	Entnahme
Nutzungsdauer nach – Zeit – Arbeit	a h 12 2400	10 1000	10 1600	8 1200	8 1200
Reparaturkosten je 100 h (in % vom Anschaffungswert)	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0

Abb. 343 Vergleich der Entnahmegerate für Flachsilos (nach PIRKELMANN).



Die Form der Flachsilos ermöglicht eine billige und einfache Mechanisierung der **Befüll- und Entnahmearbeiten**.

Die **Silobeschickung** kann nämlich durch direktes Überfahren mit dem Transportwagen oder durch Einlagern mit dem Front- oder Hecklader aus einem vor dem Flachsilo abgeworfenen Futterstapel erfolgen. Dabei sollte das Futter nicht portionsweise, sondern in dünnen Schichten (10–20 cm) über die gesamte Silooberfläche verteilt werden. Ladewagen mit Dosiereinrichtung sind hier eine große Hilfe.

Tabelle 132 Walzleistung (t/h) bei der Flachsilo-Einlagerung.

Schlepper	60 kW	100 kW	Radlader
Anwelksilage	10	15	30
Silomais	8–10	12–20	20–60

Bei der **Entnahmetechnik** werden mobile Geräte bevorzugt (Abb. 343).

Ein vielseitiges Gerät dafür ist der *Frontlader* mit einer hydraulisch kippbaren Schaufel und Klappzange, der sowohl zur Silageentnahme als auch zum Transport des Futters geeignet ist. Nachgärungen sind allerdings nur bei größeren Entnahmemengen in erträglichen Grenzen zu halten.

Schlepperanbaugeräte, bei denen ohne mühsames Vorschneiden ein glatter und verlustarmer Siloanschnitt möglich ist, gewinnen deshalb an Bedeutung.

Foliensilo – Kostengünstige Kunststoffolien ermöglichen es, auch ohne Schaffung von massivem Siloraum und mit geringem Kapitalaufwand gute Silagequalitäten zu erzeugen. Dieses Silierverfahren ist nur für leicht vergärbare Futtermittel geeignet und erfordert besondere Sorgfalt beim Silieren. Es werden folgende **Formen** unterschieden:

- ▶ Preßballensilo
- ▶ Folienfahrlo

Der **Preßballensilo** ist bei Anwelksilage mit einem Anwelckgrad von 40–60% TM möglich. Üblich sind

Lagerungsart	Hochdruckballensilage (HD)	Rundballensilage	Rechteckballensilage
Ausführung	HD-Ballen werden auf Bodenfolie mit möglichst geringem Zwischenraum im Verbund gestapelt, mit einer weiteren Folie abgedeckt und mit umlaufenden Bändern verschlossen	über den angehobenen Ballen (Frontlader) wird ein Foliensack gestreift (weiß, 0,2 mm, ca. 10 DM), mit dem Frontlader in drei Lagen gestapelt und der Foliensack sorgfältig zugebunden	mit spezieller Zange am Frontlader werden die Rechteckballen in 2–3 Schichten auf einer Bodenfolie gestapelt, anschließend mit 2 Folien (à 0,15 mm) abgedeckt, die Folien mit Sand eingeschlagen und mit Trevirabändern beschwert
Verdichtung	1,2–1,4 dt/m ³	1,2–1,4 dt/m ³	3 dt/m ³
Vorteile:	einfache Mechanisierung; einfache Entnahme	Einlagern ist nicht an Ernte gebunden; Stapeln und Entnehmen arbeits- und kostengünstig mit Frontlader; auch für kleinere Mengen geeignet	gute Silagequalität durch hohe Verdichtung; hohe Schlagkraft mit 2 AK; einfaches Entnehmen
Nachteile:	schwere körperliche Arbeit bei der Handhabung von feuchten Ballen; hohes Konservierungsrisiko, deshalb Silogröße auf 14-Tage-Bedarf beschränken	hohe Folienkosten 150–200 DM/ha; hohes Konservierungsrisiko durch geringe Verdichtung und Folien-schäden	nur überbetrieblicher Einsatz bei Ernte und Stapeln; Stapel muß in 2–3 Wochen verfüttert sein; Drahtbindung

Abb. 344 Preßballen-Silageverfahren.

Hochdruckballen, Rundballen und Rechteckballen. Für eine verlustarme Konservierung ist auf ein hohes Verdichten, ein sorgfältiges Stapeln und auf eine luftdichte Folienumhüllung zu achten. Eine gesonderte Mechanisierung für die Silageentnahme ist nicht erforderlich. Die wichtigsten Verfahren sind in Abb. 344 (Seite 289) dargestellt.

Für einen **Folien-Fahrsilo** wird auf einer Bodenfolie oder besser auf einer Betonplatte der Futterstapel aufgeschichtet und mit dem Schlepper verdichtet. Versetzbare Hilfsschalungen aus Holz und Sperrholzplatten erleichtern diese Arbeit wesentlich und ermöglichen einen sauberen Futterstapel ohne Randverluste auch bei kleineren Mengen. Die Hilfsschalungen sind versetzbar und werden nach dem Einlagern wieder abgenommen und zum Setzen anderer Foliensilos verwendet (Abb. 345).

Die Auswahl geeigneter **Kunststofffolien** ist für Foliensilos von besonderer Bedeutung, da diese hohe jährliche Kosten verursachen. Geeignete Folien sind am DLG-Prüfzeichen zu erkennen. Der Landwirt kann die Qualität der Kunststoffplanen selbst nur schwer überprüfen. Foliensilos sollen durch eine Umzäunung vor mechanischen Beschädigungen durch Tiere und Menschen geschützt werden.

Flachsilos haben gegenüber Hochsilos eine 3- bis 4mal so große Oberfläche. Deshalb ist ein sofortiges

und sorgfältiges **Abdecken** für eine gute Silagequalität entscheidend. Dazu werden heute ausschließlich Kunststofffolien verwendet, die bei starker *Sonneneinstrahlung* weiß eingefärbt sein müssen, um hohe Temperaturen im Silostock zu vermeiden. Für einen einmaligen Gebrauch eignen sich 0,15–0,20 mm starke PE-Folien, für den mehrfachen Einsatz sind 0,2–0,4 mm starke Folien nötig. Die Folien müssen gegen Wind beschwert werden (z. B. mit Fahrzeugreifen). Regenwasser darf nicht in den Stock eindringen und muß abgeleitet werden. Geeignete Folienschlüsse für Flachsilos sind in Abb. 346 dargestellt.

Vergleich der verschiedenen Siloformen – Die wichtigsten **Auswahlkriterien** für die verschiedenen Siloformen sind:

- ▶ Konservierungsverluste,
- ▶ arbeitswirtschaftliche Lösung der Ein- und Auslagerung,
- ▶ bauliche Kriterien.

Im allgemeinen zeichnen sich gasdichte Hochsilos durch geringere **Konservierungsverluste** (Abb. 347) aus. Vielen Betrieben gelingt es aber, auch im Flachsilo und selbst im Foliensilo beste Futterqualitäten zu erzeugen. Entscheidend für gute Silagequalitäten und geringe Konservierungsverluste sind weniger die Behälterform, als vielmehr das Anwelken, die Silier-

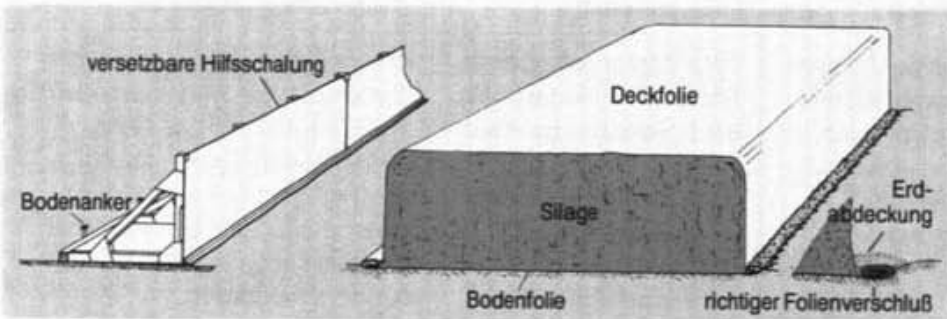


Abb. 345 Anlage eines Foliensilos.

Tabelle 133 Übersicht über Folien aus Polyäthylen (PE) für Foliensilos.

Einfärbung	Eigenschaften	Einsatzbereich	Preis (bei 0,2 mm) DM/m ²
transparent	kältebruchfest, nicht UV-stabil	Bodenfolie (0,1–0,2 mm); Abdeckfolie für überdachte Flachsilos	0,65
schwarz	kältebruchfest, UV-stabil, Erwärmung bei Sonneneinstrahlung	Abdeckfolie bei geringer Sonneneinstrahlung	0,70
weiß	kältebruchfest, UV-stabil, reflektiert Sonneneinstrahlung	Abdeckfolie bei stärkerer Sonneneinstrahlung, Schlauchfolie für Silopressen	0,80

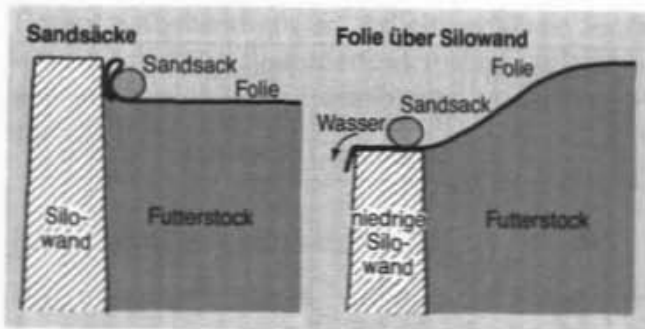


Abb. 346 Folienschlüsse für Flachsilo.

technik und die Sorgfalt, mit der bei der Ernte und beim Befüllen vorgegangen wird. Flach- und Foliensilos stellen höhere Anforderungen an das Können des Landwirts als Hochsilos.

Eine **arbeitswirtschaftliche Beurteilung** der verschiedenen Silobauformen kann letztlich nur im Zusammenhang mit der gesamten Arbeitskette vom Feld bis zum Tier erfolgen. Wichtige arbeitswirtschaftliche Kriterien sind die Leistungen beim Ein- und Auslagern sowie der dafür erforderliche Kapitalbedarf (Abb. 348).

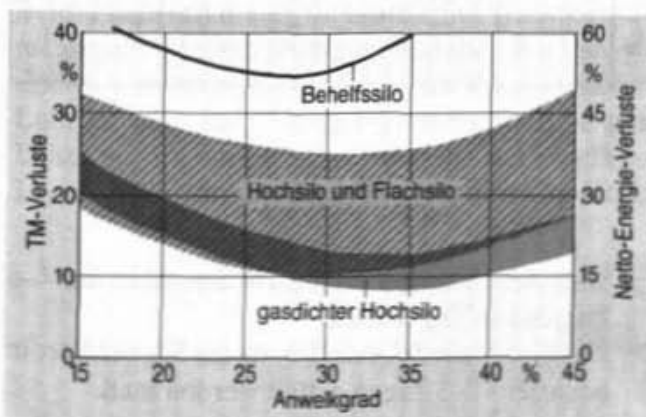


Abb. 347 Konservierungsverluste bei verschiedenen Siloformen (nach HONIG und GROSS).

Aus arbeitswirtschaftlicher Sicht sind Hoch- und Flachsilo wie folgt zu beurteilen:

- ▶ **Hochsilo:** Aufwendige Technik zum Befüllen und Entnehmen. Die Befülltechnik ermöglicht Ein-Mann-Arbeit. Die Hochsiloentnahme ist dann im Vorteil, wenn stationäre Fütterungsanlagen beschildert werden sollen (Knopfdruckarbeit; Altgebäude).
- ▶ **Flachsilo:** Einfache Technik für das Befüllen und Entnehmen. Für hohe Einlagerungsleistungen und den überbetrieblichen Maschineneinsatz sind Flachsilo arbeitswirtschaftlich eindeutig im Vorteil. Die Entnahme kann kostengünstig und einfach mit Schlepperanbaugeräten gelöst werden; geringe Unfallgefahr.

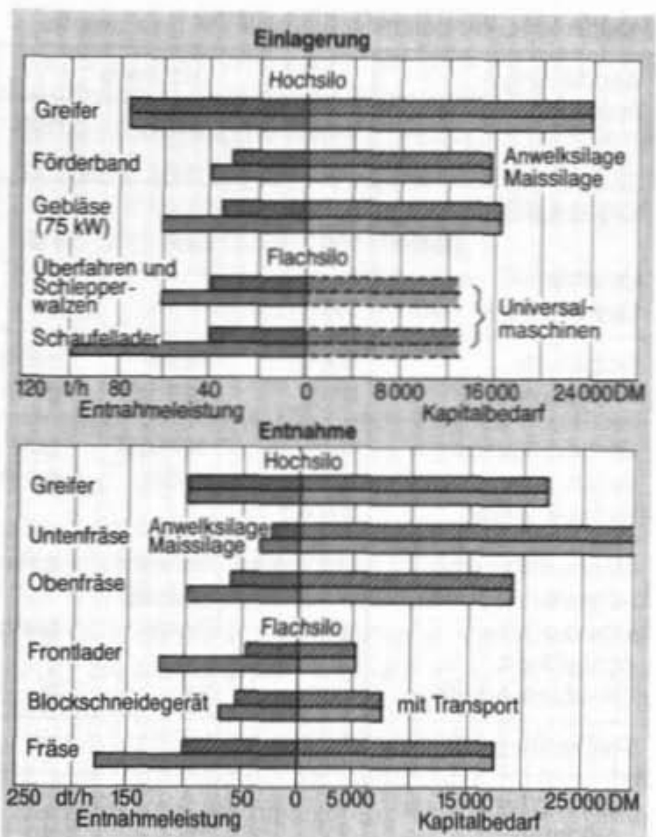


Abb. 348 Leistungen und Kapitalbedarf für das Ein- (oben) und Auslagern (unten) bei Hoch- und Flachsilo.

Die wichtigsten **baulichen** und **verfahrenstechnischen Kriterien** der verschiedenen Siloformen sind in Tabelle 134 (Seite 292) zusammengefasst.

Unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile muß der Betriebsleiter selbst entscheiden, welche Siloform seinen betrieblichen Anforderungen am besten entspricht. Allgemein ist folgende **Zuordnung** möglich:

- ▶ **Hochsilos** eignen sich für Betriebe,
 - die die gesamte Futterernte in Ein-Mann-Arbeit durchführen wollen,
 - die geringe Futtermengen konservieren,
 - die eine vollautomatische Füllung und Entnahme anstreben,
 - die ganzjährige Silagefütterung betreiben,
 - die beschränkte Platzverhältnisse auf dem Hof haben.
- ▶ **Flachsilo** sind für Betriebe geeignet,
 - die mit wenig Kapital und in Eigenhilfe Siloraum herstellen wollen,
 - die größere Futtermengen konservieren,
 - die eine schlagkräftige Erntekette einzel- oder überbetrieblich zur Verfügung haben,
 - die Rübenblatt einsilieren.

Tabelle 134 Vergleich der Silobehälter.

Beurteilungsmerkmale	Hochsilo			Flachsilo	Foliensilo		
	Beton	Metall	Holz		Rundballensilo	Viereckballensilo	Folienfahrsilo
Kapitalbedarf ²⁾ DM/m ³	130	140	115	40-70	(30)	(20)	(30) ¹⁾
variable Kosten DM/m ³	0,60	-	-	0,90	3,50	1,50	1,50
Selbsthilfe Pflegeaufwand	wenig hoch	keine gering	wenig gering	viel hoch	sehr viel sehr hoch	sehr viel sehr hoch	sehr viel sehr hoch
Gärbedingungen Gefahr von Nachgärungen	sehr gut sehr gering	sehr gut mittel	gut gering	gut mittel	schlecht hoch	mittel hoch	mittel mittel
Mechanisierungs- aufwand erforderliche Schlagkraft Ein-Mann-Arbeit	aufwendig gering ja	sehr auf- wendig hoch ja	aufwendig gering ja	einfach sehr hoch nein	aufwendig hoch nein	sehr auf- wendig sehr hoch nein	einfach sehr hoch nein
Flächenbedarf ²⁾ m ²	25	25	25	100	250	100	200
Eignung für ³⁾ : Silomais Anwelksilage Zuckerrübenblatt- silage	+ + +	+ + -	+ + -	+ + +	- (+) -	- + -	+ + +

¹⁾ = Betonplatte; ²⁾ bei 200 m³ Inhalt; ³⁾ + gut (+) bedingt - schlecht.

- **Foliensilos** dienen meist als Ergänzung vorhandener Silos bei jährlich schwankendem Futteranfall.

3.2 Ernte von Anwelksilage

Qualitativ hochwertige Anwelksilage ist die Voraussetzung für eine kostengünstige Milchproduktion. Sie kann nur in sehr kurzen Zeitspannen gewonnen werden. Deshalb werden an die **Schlagkraft** der Mechanisierung außerordentlich hohe Anforderungen gestellt. Insbesondere hängt diese ab von:

- *Der erforderlichen Winterfuttermenge:* Sie errechnet sich aus der Zahl der Tiere, der täglichen Ration und den Winterfuttertagen (einschließlich der Silierverluste).
- *Den verfügbaren Feldarbeitstagen:* Dabei stehen für die Ernte von Anwelksilage zwischen 4-8 Perioden mit jeweils zwei Tagen schönen Wetters zur Verfügung.
- *Der täglichen Bergezeit,* die wegen der übrigen

Stall-Arbeiten und Werbearbeiten meist nur 4-6 Stunden je Tag umfaßt.

- *Der Größe der Silobehälter,* da ein Silobehälter in höchstens 2-3 Tagen gefüllt werden muß.

In Tabelle 135 sind einige Anhaltswerte für die erforderliche **Bergeleistung** in Abhängigkeit von der Herdengröße und der täglichen Erntezeit aufgeführt.

Tabelle 135 Erforderliche Bergeleistung bei der Ernte von Anwelksilage (t/h)¹⁾.

Kühe ²⁾	Bergezeit je 2-Tages-Periode		
	6 h	8 h	10 h
10	2,9	2,2	1,7
20	5,8	4,3	3,5
40	11,5	8,6	6,9
60	17,3	12,9	10,4
80	23,0	17,3	13,8

- ¹⁾ Bedarf: 30 kg Anwelksilage pro Kuh und Tag; 15% Silierverluste; 200 Winterfuttertage; 4 Zweitagesperioden mit schönem Wetter.
- ²⁾ Ohne Nachzucht.

Darauf aufbauend gilt es, Arbeitsverfahren auszuwählen, welche die geforderte Bergeleistung bringen und den betrieblichen Bedingungen am besten entsprechen.

3.2.1 Absätziges Verfahren

Hier übernimmt eine Arbeitskraft das Laden, den Transport und eventuell auch das Einlagern. Das Standardladegerät ist der *Ladewagen* oder der *Kurzschnittladewagen* (eventuell Häckselladewagen). Er ermöglicht die Futterernte bei geringsten Rüstzeiten.

Die Einlagerung des Futters erfolgt bei Langgut über Dosierstation und Schneidgebläse, bei Kurzgut mittels Wurfgebläse in das *Hochsilo*. Wird mit Greifer eingelagert, dann wird eine zweite Arbeitskraft benötigt. Beim *Flachsilo* ist immer eine zweite Arbeitskraft erforderlich, um das Erntegut einzulagern und festzuwalzen.

3.2.2 Fließverfahren

Beim Fließverfahren wird Laden und Transport von mehreren Arbeitskräften durchgeführt. Bei Langgut sind dies mehrere Ladewagen, bei Kurzgut sind es Ladegespann und Transportgespann(e). Eine gute Leistung wird nur erreicht, wenn die Arbeitsglieder Laden, Transport und Einlagern gut aufeinander ab-

gestimmt sind. In der Regel werden Fließverfahren überbetrieblich organisiert. Sie erlauben dadurch den Einsatz sehr leistungsfähiger Ladegeräte.

Bei der **Langgutkette** werden bei kürzeren Feldentfernungen zwei und bei längeren Feldentfernungen drei Ladewagenspanne eingesetzt. Begrenzend wirkt dabei die Einlagerungsleistung.

Bei *Hochsilos* bietet sich neben dem Dosierer ein eigener Antriebsschlepper für den Standhäcksler oder für das Schneidgebläse an.

Beim *Flachsilo* kann ein leistungsstarker Walzschlepper ab etwa 80 kW diesen Engpaß beseitigen. Die Ladewagen müssen bei der Fahrt über den Futterstock eine gleichmäßige Futterverteilung erreichen, damit der Walzschlepper ausschließlich für die Verdichtungsarbeit verwendet werden kann.

Bei der **Häckselkette** mit *Hochsilo* werden neben dem Erntegespann zwei Transportgespanne eingesetzt. Sie übernehmen über den »Durchtrieb« das Einlagern.

Dagegen ergibt sich beim *Flachsilo* eine Dreiteilung: Je eine Arbeitskraft übernimmt das Laden, den Transport oder die Einlagerung. Bei Feldentfernungen über 1000 m reicht ein Transportgespann nicht mehr aus, so daß dann Verfahren mit vier und mehr Arbeitskräften entstehen. Auch dabei bildet das Festwalzen des Futterstockes den Engpaß. Um ein Raumgewicht von 200 kg TM/m³ zu erreichen, muß bei der Anwelksilage je 3 t/h Einlagerungsleistung eine Walzmasse von 1 t zur Verfügung stehen.

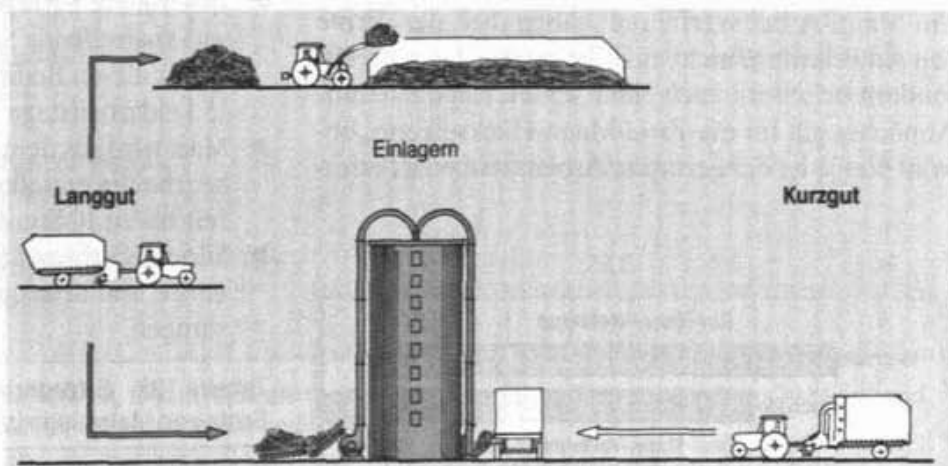


Abb. 349 Absätziges Verfahren zur Anwelksilageernte.

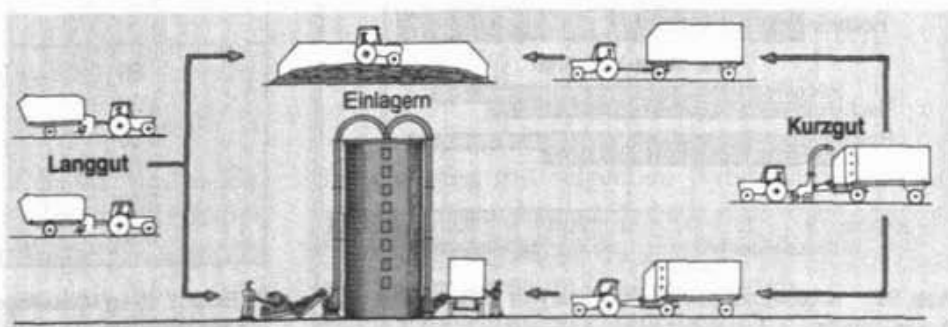


Abb. 350 Fließverfahren zur Anwelksilageernte.

3.2.3 Vergleich und Zuordnung der Verfahren für die Anwelksilage

Die je nach Betriebsbedingungen erforderliche Bergeleistung (s. Tabelle 135, Seite 292) wird durch unterschiedliche Verfahren ermöglicht (Tabelle 137). Dabei sind folgende Gesichtspunkte bei der Auswahl und Organisation dieser Arbeitsverfahren zu beachten:

- ▶ Maschinenart (Kurz- oder Langgut),
- ▶ Siloform (Hoch-, Flach- oder Foliensilo),
- ▶ Schlepper- und Arbeitskräftezahl,
- ▶ Feldentfernung,
- ▶ Kosten,
- ▶ Möglichkeit des überbetrieblichen Einsatzes.

Hinsichtlich der **Schlagkraft** lassen sich die Verfahren wie folgt zuordnen:

- ▶ **Absätziges Verfahren** sind nur in Verbindung mit Hochsilos üblich. Sie reichen in der Bergeleistung bis etwa 20 Kühe oder bis etwa 30 Kühe bei Verwendung eines Dosiertisches bzw. bei Einlagerung durch eine zweite Arbeitsperson.
- ▶ **Fließverfahren** erbringen mit 2–3 Arbeitskräften eine ausreichende Bergeleistung bis zu 60 Kühen. Mit 4–5 Arbeitskräften decken sie die erforderliche Bergeleistung für bis zu 100 Kühen ab. Für darüber hinausgehende Bestandsgrößen sind längere Arbeitszeiten je Tag oder noch leistungsfähigere Ladegeräte erforderlich.

Neben der Schlagkraft der Bergeverfahren sind als weitere Auswahlkriterien der **Arbeitszeit- und Kapitalbedarf** von Bedeutung (Abb. 351).

Ein-Mann-Arbeitsverfahren haben bei der Ernte von Anwelksilage nicht nur eine geringe Schlagkraft, sondern erfordern auch einen hohen Kapitalbedarf. Ähnliches gilt für die Zwei-Mann-Häckselkette, obwohl hier je ha der geringste Arbeitszeitbedarf erforderlich ist.

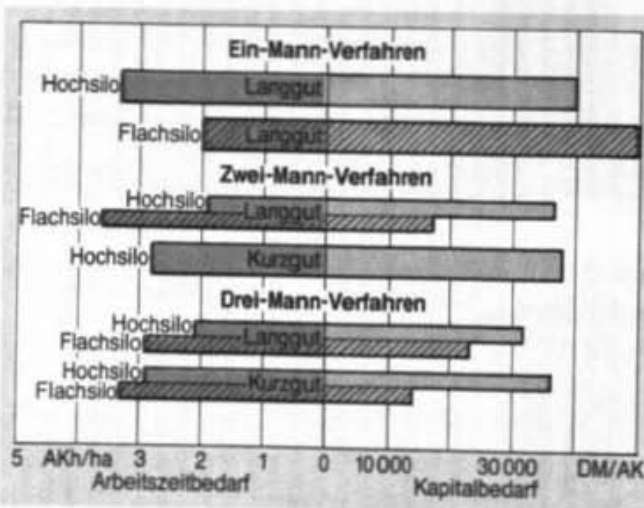


Abb. 351 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Ernte von Anwelksilage.

derlich ist. Dagegen lassen sich bei Drei-Mann-Ernteverfahren hohe Ernteleistungen mit niedrigem Kapitalbedarf je Arbeitskraft verbinden. Bei der Ernte von Anwelksilage soll deshalb eine überbetriebliche Zusammenarbeit mit leistungsfähigen Maschinen angestrebt werden (Abb. 352).

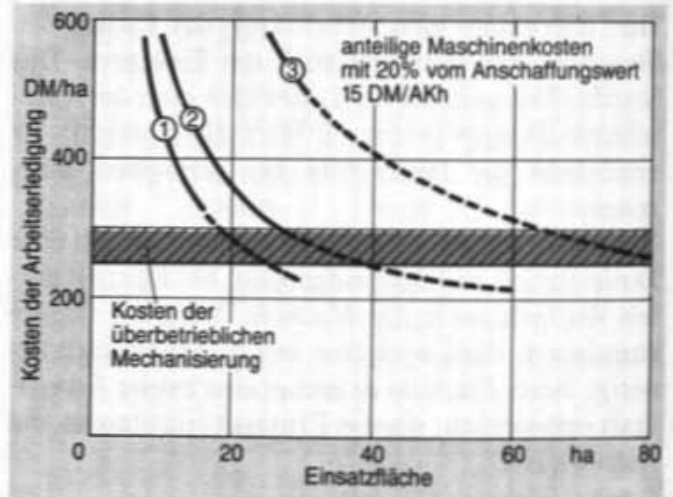


Abb. 352 Kosten der Arbeitserledigung für die Anwelksilage. 1 = Erntewagen-Gebläse, Hochsilo, 2 = Feldhäcksler-Kratzbodenwagen-Walzschepper, Flachsilo, 3 = Feldhäcksler-Selbstentladewagen-Gebläse, Hochsilo.

3.3 Ernte von Silomais

Die Ernte von Silomais erfolgt unter drei wesentlichen Gesichtspunkten:

- ▶ Um höhere Erträge zu erreichen, baut der Landwirt spätreifende Sorten an und erntet diese spät. Unter diesen Bedingungen stehen zwischen 5 und 15 Feldarbeitstage für die Ernte zur Verfügung.
- ▶ Mais wird aus dem Stand geerntet, wodurch Wербearbeiten entfallen, so daß die tägliche Arbeitszeit bis zu 10 Stunden betragen kann.
- ▶ Silomais erbringt im Durchschnitt 45 t/ha Erntemasse und erfordert dadurch hohe Transportleistungen.

Tabelle 136 Erforderliche Bergeleistungen bei der Ernte von Maissilage (t/h)¹⁾.

Mastbullen	Erntetage		
	3	6	9
50	15,3	7,6	5,1
100	30,6	15,3	10,2
150	45,9	22,9	15,3
200	61,2	30,6	20,4
250	74,5	38,2	25,5
300	91,8	45,9	30,6

¹⁾ Bedarf: 16 kg Maissilage/Tier und Tag; 10% Silierverluste; 7 h Arbeitszeit je Tag.

Tabelle 137 Anwelksilage-Bergeverfahren im Vergleich ¹⁾.

Verfahren		Leistungsbedarf kW	AK	Zeitbedarf AKh/ha	Bergeleistung		ausreichend für Bestandsgröße (Kühe)	
					t/h	t/h/AK		
Hochsilo	absätzlich	<i>Langgut:</i> Ladewagen + Standhäcksler / Schneidgebläse, Handdosierung	40	1	3,3	3,8	3,8	17
		Ladewagen + Dosiertisch + Gebläse	40	1	2,0	6,5	6,5	30
		Ladewagen + Greifer	40	2	3,6	7,0	3,5	32
		<i>Kurzgut:</i> Feldhäcksler + Kratzbodenwagen + Gebläse	50	1	3,5	3,6	3,6	16
		Feldhäcksler + Selbstentladewagen	50	1	3,2	3,8	3,8	17
		Fließverfahren	<i>Langgut</i> 2 Ladewagen + Dosierer + Gebläse	2 × 40	2	1,9	13,0	6,5
	3 Ladewagen + Dosierer + Gebläse		3 × 40	3	2,1	18,0	6,0	83
	<i>Kurzgut</i> Feldhäcksler + 2 Selbstentladewagen + Gebläse; umhängen		50	2	2,8	9,0	4,5	41
	Feldhäcksler + 2 Selbstentladewagen + Gebläse; umhängen		70	3	2,9	12	4,0	55
	Flachsilo	Fließverfahren	<i>Langgut:</i> 1 Ladewagen + Walzschlepper (50 kW)	1 × 40	2	3,6	7,0	3,5
2 Ladewagen + Walzschlepper (60 kW)			2 × 40	3	2,9	13,0	4,3	60
<i>Kurzgut:</i> Feldhäcksler + 2 Kratzbodenwagen + Walzschlepper (50 kW); umhängen			50	3	3,3	11,5	3,8	53
Feldhäcksler + 2 Kratzbodenwagen + Walzschlepper (60 kW); parallel			70	4	3,3	15	3,8	69
Feldhäcksler + 3 Kratzbodenwagen + Walzschlepper (90 kW); parallel			140	5	2,8	22,5	4,5	104

¹⁾ Voraussetzungen: Ertrag = 125 dt/ha, 40% TM, 1000 m Feldentfernung, 300 m Schlaglänge, Winterfütterration = 30 kg/Kuh und Tag, ohne Nachzucht, 4 × 2 Tagesperioden mit je 8 Stunden Bergezeit je 2-Tages-Periode.

Zudem stellt Silomais häufig (z. B. für Mastbullen) die ganzjährige Futterbasis dar. An diese Situation müssen die erforderlichen Bergeleistungen angepaßt werden (Tabelle 136).
Je nach Betriebsbedingungen kann die erforderliche

Bergeleistung mit folgenden Arbeitsverfahren bewerkstelligt werden:

- ▶ Absätzliches Verfahren,
- ▶ Fließverfahren im Umhängebetrieb,
- ▶ Fließverfahren im Parallelbetrieb.

3.3.1 Absätziges Ernteverfahren

Bei absätzigem Ernteverfahren wird von einer Arbeitskraft nacheinander das Häckseln, der Transport und die Einlagerung durchgeführt (Abb. 353).

In Verbindung mit dem **Hochsilo** ist beim absätzigem Verfahren echte Ein-Mann-Arbeit möglich. Zur Ernte werden dabei meist einreihige Maisspezialfeldhäcksler eingesetzt. Leistungsbestimmend sind:

- ▶ Die Häckselleistung auf dem Feld, die von der Schlepperleistung abhängig ist (Abb. 321, Seite 273),
- ▶ das Fassungsvermögen des Häckselwagens, insbesondere bei längeren Transportwegen,
- ▶ das Abladeverfahren.

Beim *Einlagern* genügen für geringe Ansprüche Kratzbodenwagen und Handzuteilung. Erhebliche Arbeitserleichterungen sind mit der Selbstentleerung möglich, vor allem dann, wenn die hohe Schlepperleistung mittels eines Durchtriebes auch zum Antrieb des Wurfgebläses genutzt wird. Hohe Verfahrensleistungen sind mit Kippen und selbsttätig arbeitendem Zudosierer möglich, da das Ernte-Transportgespann nicht an den Abladevorgang gebunden ist.

Bei der Silagebereitung im **Flachsilo** wird zusätzlich eine Arbeitskraft mit Schlepper zum Einlagern benötigt. Insgesamt steigt dabei die Bergeleistung aber nicht. Durch diese Organisationsform ist die Arbeitskraft für das Einlagern nur schlecht ausgelastet.

Grundsätzlich sollte bei der Flachsilo Lagerung zum Umhängeverfahren übergegangen werden.

3.3.2 Fließverfahren

Bei den Fließverfahren wird die Gesamtarbeit in Häckseln, Transport und Einlagern getrennt. Die Form des Überladens vom Häcksler auf den Wagen entscheidet über die Organisation der Fließverfahren.

Fließverfahren im Umhängebetrieb – Bei diesem Ernteverfahren führt der Häcksler den Transportwagen mit sich und befüllt ihn direkt. Der gefüllte Wagen wird an den Transportschlepper umgehängt. Dieses Gespann übernimmt auch das Einlagern auf dem Hof. Bei Flachsilo einlagerung kommt eine dritte Arbeitskraft mit Schlepper für das Walzen hinzu (Abb. 354).

In der Regel ist bei diesem Verfahren die *Leistung* des Häckslers das schwächste Glied der Kette. Wird ein einreihig arbeitender Häcksler eingesetzt, dann ist die Mehrleistung gegenüber dem absätzigem Verfahren nur gering. Bei kürzeren Feldentfernungen können dagegen leistungsstarke Feldhäcksler die Verfahrensleistung erheblich steigern. Dann soll allerdings in Verbindung mit dem Hochsilo ein Dosierer eingesetzt oder direkt in das Flachsilo eingelagert werden.

Fließverfahren im Parallelbetrieb – Bei diesem Verfahren (Abb. 355) werden die Transportwagen nicht

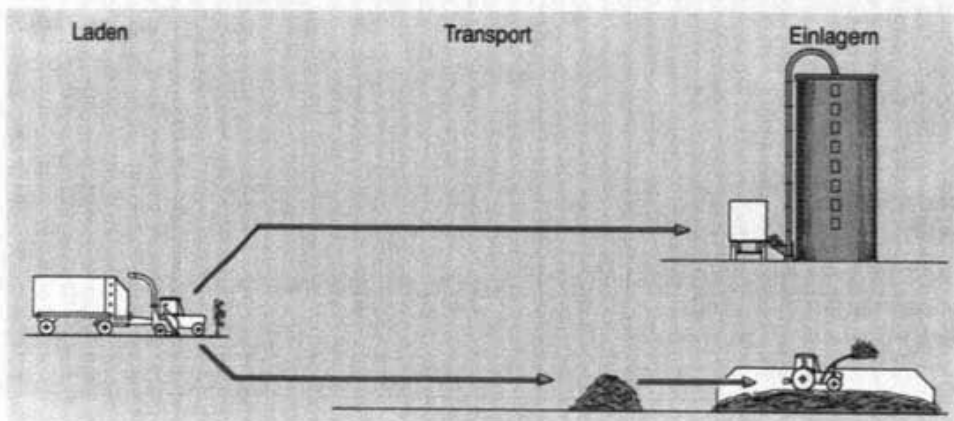


Abb. 353 Absätziges Ernteverfahren für Maissilage.

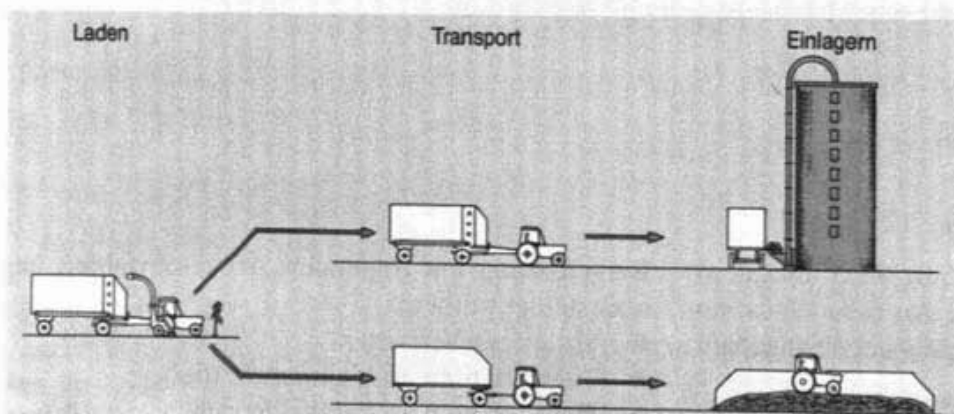
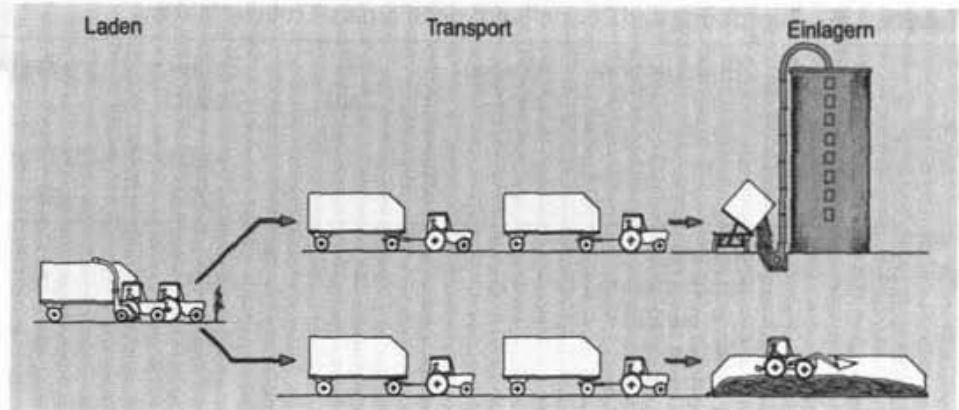


Abb. 354 Umhängeverfahren für die Maissilageernte.

Abb. 355 Parallelverfahren für die Maissilageernte.



mehr an den Feldhäcksler gehängt, sondern sie fahren mit eigenem Schlepper seitlich nebenher und übernehmen so das Häckselgut. Dabei entfällt das An- und Abhängen der Wagen, so daß die Schlagkraft leistungsstarker Häcksler voll genutzt werden kann. Voraussetzung dafür ist, daß Abtransport und Einlagerung reibungslos ablaufen.

Bei **Hochsiloketten** ist dies möglich, wenn die Wagen das Gut am Silo abkippen bzw. durch den Kratzboden abspulen und die weitere Einlagerung von automatisch arbeitenden Dosiergeräten übernommen wird. Bei kürzeren Feldentfernungen und zweireihigen Feldhäckslern reichen dazu zwei Transportfahrzeuge aus, bei dreireihigen Feldhäckslern und größeren Feldentfernungen sind dagegen bis zu vier Transportwagen erforderlich.

Auch bei der **Flachsilokette** reichen drei bzw. vier Transportwagen aus. Den Engpaß bildet hier das Einlagern. Dabei soll das Überfahren der Silos vermieden werden, damit durch Festsitzen eines Wagens nicht der gesamte Verfahrensablauf ins Stocken gerät. Das **Einlagern und das Walzen** kann dann z. B. ein Radlader übernehmen.

Insgesamt sind im Parallelverfahren mit dreireihig arbeitenden Häckslern **Bergeleistungen** von 38 t/h und mit vierreihigen 50 t/h möglich. Dazu sind allerdings zwei Großschlepper mit je 120 kW erforderlich, weshalb diese Verfahren Großbetrieben oder dem überbetrieblichen Maschineneinsatz vorbehalten bleiben.

3.3.3 Zuordnung und Beurteilung der Silomais-Ernteverfahren

Die Anforderungen, die von der Landwirtschaft an die Schlagkraft der Silomaisernteverfahren gestellt werden, lassen sich durch die Wahl geeigneter Geräte und durch gute **Arbeitsorganisation** erfüllen.

Für Betriebe bis zu 50 Mastbullen stellt der einreihige Maisspezialfeldhäcksler mit 50 kW Antriebsleistung eine gute Mechanisierungslösung dar. Je nach Art der Silagebereitung sind dazu 1–2 (bis 3) Arbeitskräfte erforderlich.

Bestände bis zu 100 Mastbullen erfordern zweireihige Maishäcksler mit Antriebsleistungen von 80–100 kW. Für noch größere Bestände eignen sich besser selbstfahrende Häcksler mit drei oder vier Reihen Arbeitsbreite. Diese Verfahren erreichen nur im Parallelbetrieb die höchste Leistung und sind somit dem überbetrieblichen Einsatz vorbehalten.

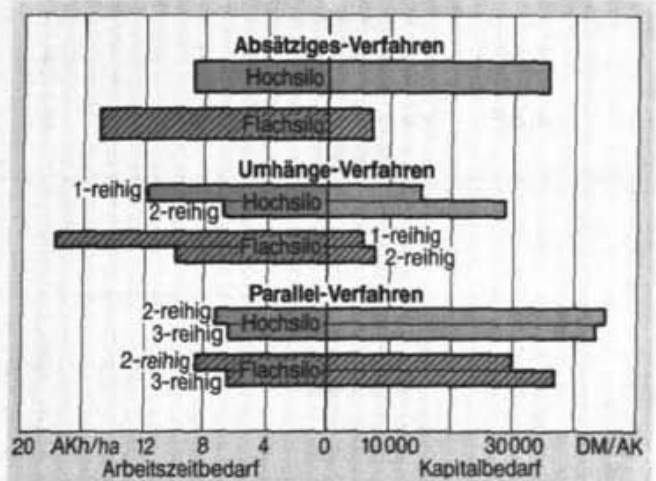


Abb. 356 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Ernteverfahren mit Silomais.

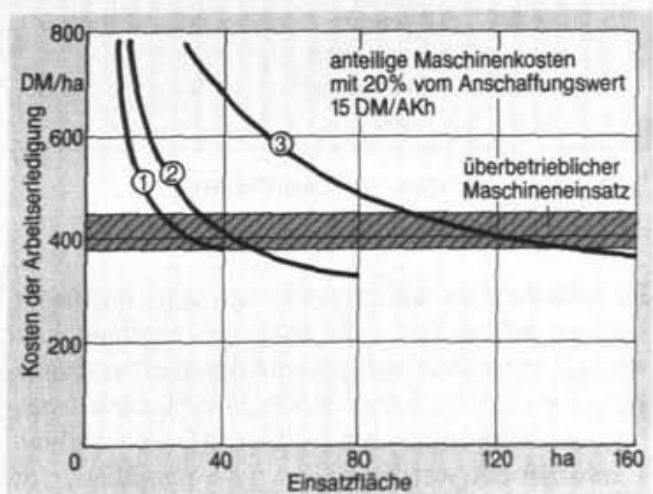


Abb. 357 Kosten der Arbeitserledigung für die Ernteverfahren mit Silomais.

1 = Absätziges Verfahren, Hochsilo, 2 = Umhängeverfahren, 2-reihiger Häcksler, Flachsilo, 3 = Parallelverfahren, 3-reihiger Selbstfahrer, Flachsilo.

Tabelle 138 Zuordnung und Beurteilung von Silomais-Ernteverfahren.

	Reihen- zahl	Einlagerung	Wagen- zahl	AK- Zahl	Zeit- bedarf	Bergeleistung		ausreichend für Bestands- größe 6 FAT ¹⁾ Mastbulen
						h/ha	t/h	
Hochsilo	1	<i>absätzig:</i> Handzuteilung + Gebläse	1	1	9,8	4,6	4,6	30
	1	Zapfwellen- Durchtrieb + Gebläse	1	1	8,8	5,1	5,1	33
	1	Dosierer + Kipper	1	1	7,5	6,0	6,0	39
	1	<i>umhängen:</i> Handzuteilung + Gebläse	2	2	11,8	7,6	3,8	49
	2	Dosierer + Kipper	2	2	6,8	13,6	6,8	88
	1	<i>parallel:</i> Handzuteilung + Gebläse	2	3	11,3	12,0	4,0	78
	3, SF ²⁾	Dosierer + Kipper	3	4	7,3	25,0	6,3	163
	4, SF	Dosierer + Kipper	4	5	6,5	38,0	7,6	250
		1	<i>absätzig:</i> Abkippen vor Silo	1	2	15,0	6,0	3,0
Flachsilo	1	<i>umhängen:</i> Überfahrt, abspulen	2	3	17,7	7,6	2,6	49
	2	Überfahrt, abspulen	2	3	9,9	13,6	4,5	88
	1	<i>parallel:</i> Überfahrt, abspulen	2	4	15,0	12,0	3,0	78
	3, SF	Überfahrt, abspulen	3	5	8,5	25,0	5,0	163
	4, SF	Abkippen vor Silo	3	5	6,5	38,0	7,6	250

¹⁾ FAT = Feldarbeitstage. ²⁾ Selbstfahrer.

Im **Arbeitszeitbedarf** unterschieden sich – im Gegensatz zur Schlagkraft – die einzelnen Verfahren nur wenig. Große Unterschiede sind dagegen bei absätzi- gen Verfahren zwischen Hoch- und Flachsilo gegeben. Sie nehmen bis zum Parallelverfahren stark ab. Hervorgerufen werden sie durch die zusätzlich erforderliche Arbeitskraft zum Verdichten des Häckselgutes im Flachsilo.

Allerdings sind bei Flachsilo Ketten wesentlich geringere **Kapitalaufwendungen** erforderlich, so daß

bei der Silomaisernte zunehmend der Flachsilo bevorzugt wird. Für mittlere Ansprüche an die Schlagkraft ist hier vor allem das Umhängeverfahren im überbetrieblichen Einsatz günstig zu beurteilen. Die arbeitswirtschaftlichen Vorteile des Parallelverfahrens sind dagegen wegen der hohen Kapitalbelastung nur bei umfangreicher Auslastung in Lohnunternehmen und Maschinenringen sinnvoll zu nutzen (Abb. 357, Seite 297).

4 Verfahren der Heubereitung und Grünfütterrocknung

4.1 Anforderungen und Grundlagen

Frisches Gras hat zum Schnittzeitpunkt einen Feuchtegehalt von 80–85% und ist deshalb leicht verderblich. Im trockenen Zustand (14–18%, je nach Gutart) bietet Rauhfutter den Mikroorganismen ungünstige Lebensbedingungen. Es ist in diesem Feuchtegehaltsbereich lagerstabil. Mit verschiedenen Trocknungsverfahren wird versucht, dem Trocknungsgut Wasser zu entziehen.

Dabei sind folgende **Forderungen** zu erfüllen:

- ▶ Hohe Gutqualität,
- ▶ geringe Verluste,
- ▶ hohe Verfahrensleistung,
- ▶ geringer Arbeitsaufwand,
- ▶ niedrige Kosten.

4.1.1 Trocknungsvorgang

Beim Trocknen von Gras müssen große Wassermengen an die Umgebungs- bzw. Trocknungsluft abgegeben werden (je ha Gras etwa 8–15 t/Schnitt).

Die **Luft** muß in der Lage sein, Wasser aufzunehmen. Diese Aufnahmefähigkeit der Luft steigt mit der Erhöhung der Lufttemperatur, die mit einer Senkung der relativen Luftfeuchte einhergeht (Abb. 358).

Das **Futter** muß Wasser abgeben können. Dies ist vom Feuchtegehalt des Gutes, der relativen Luftfeuchte und der Umgebungstemperatur abhängig. Zwischen Gut und Umgebungsluft stellt sich nämlich ein *Feuchtigkeitsgleichgewicht* ein, dieses ist temperaturunabhängig. Zeichnet man die Punkte der Gleichgewichtsfeuchte bei einer bestimmten Temperatur in einem Diagramm auf und verbindet diese Punkte, dann erhält man eine *Sorptionsisotherme*

(Abb. 359). Aus ihr kann man ablesen, ob die Luft bei einer bestimmten relativen Feuchtigkeit noch Wasser aus dem Futter aufnehmen kann.

Die **relative Luftfeuchte** wird mit handelsüblichen Hygrometern bestimmt, der Feuchtegehalt des Futters exakt im *Trockenschrank*.

Zum *groben Abschätzen* des Futters genügt die Beurteilung nach äußeren Merkmalen, die in Tabelle 139 wiedergegeben sind.

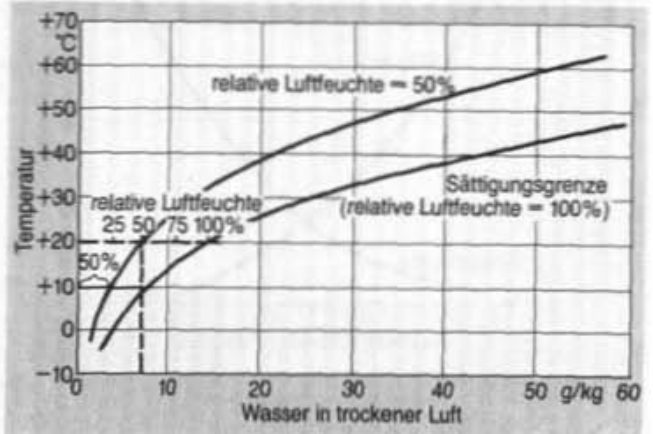


Abb. 358 Wasseraufnahmefähigkeit der Luft in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchte.

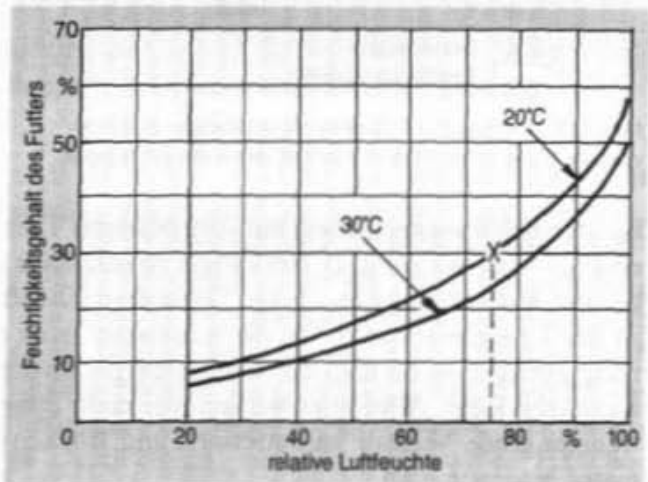


Abb. 359 Sorptionsisotherme bei Gras.

Tabelle 139 Beurteilung des Feuchtegehaltes bei Grüngut.

Feuchtegehalt%	Merkmale
85–75	frisch geschnitten, keine Welkeerscheinungen;
75–60	Blätter welken, Farbe blaß, Stengel noch prall und grün;
60–50	Blätter noch weich, Stengel welken und blassen, Gut gabelt sich schwer;
50–40	Blätter beginnen zu rascheln, Stengel noch zäh, Farbe bereits einheitlich, gabelt sich leichter;
40–30	Blätter bereits trocken, rascheln, bei Nagelprobe Saftaustritt am Stengel, Bröckelverlustgefahr;
30–25	Stengel noch weich, aber bei Nagelprobe kein Saftaustritt mehr; Bröckelverlustgefahr;
20	Stengel sperrig, bricht mit glattem Bruch, größte Bröckelverluste, Heu lagerfähig

4.1.2 Bestimmung der erforderlichen Wasserentzugsmenge

Zum Berechnen der Trocknungszeit, zum Erfassen der Trocknungskosten sowie zur Auslegung einer Trocknungsanlage ist die Kenntnis des notwendigen Wasserentzuges von Bedeutung (Abb. 360).

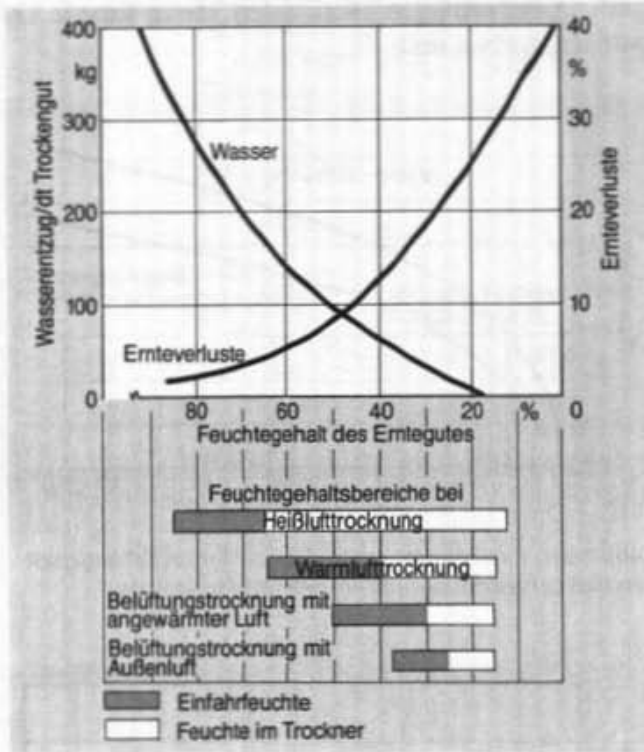


Abb. 360 Erforderliche Wasserentzugsmenge und Ernteverluste bei verschiedenen Feuchtegehalten des Erntegutes.

Bei der *Belüftungstrocknung* mit vorgewärmter Luft sind 32–56 kg Wasser je dt Trockengut zu entziehen, bei der Kaltbelüftung ca. 23 kg. Dementsprechend ist der Energieverbrauch für die technische Trocknung geringer, wenn man die Sonnenenergie länger ausnutzen kann. Allerdings werden hier mehr oder weniger große Verluste an Futterwert und Trockenmasse hingenommen.

4.1.3 Verbesserung der Trocknung

Dazu dienen die folgenden Maßnahmen:

- Das *Vorwelken* des Futters beschleunigt den anschließenden Trockenablauf erheblich, da bei-

spielsweise bei einem Vorwelken von 85 auf 70% die bei der Trocknung zu entziehende Wassermenge halbiert wird.

- Durch *Anwärmen der Trocknungsluft* wird die relative Luftfeuchte gesenkt, wodurch die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft ansteigt. Dieser Effekt wird insbesondere bei der Warmluft- und Heißlufttrocknung genutzt.
- Die *Trocknungsgeschwindigkeit* wird wesentlich von der Gutoberfläche bestimmt, die von der vorbeistreichenden Trocknungsluft erreicht wird. Bei der Bodentrocknung soll deshalb das Futter möglichst locker breitgestreut werden, damit viel freie Pflanzenoberfläche der Luftströmung und der Sonnenstrahlung ausgesetzt ist. Umgekehrt soll bei hoher relativer Luftfeuchte nur eine geringe Oberfläche des Trocknungsgutes mit der umströmenden Außenluft in Berührung kommen (Schwaden am Abend).
- Schließlich ist auch der *Wasseraustritt aus der Pflanze* für das Abtrocknen von Bedeutung. So kann durch Häckseln (bei der technischen Trocknung) und durch mechanisches Aufbereiten (Quetsch- oder Schlagzetter) ein schnelleres Trocknen erreicht werden.

4.2 Trocknungsverfahren

Je nach technischem Aufwand und Art der Durchführung ergeben sich verschiedene Verfahren der Grüngut-trocknung (Abb. 361).

4.2.1 Bodentrocknung

Bei der Bodentrocknung wird die Sonnenenergie, die die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft und die Temperatur des gemähten Grases erhöht, zum Trocknen des Futters genutzt. Da die *relative Luftfeuchtigkeit* während des Tages stark schwankt und die Bodentrocknung durch Niederschläge unterbrochen wird, ist eine verlustarme Trocknung nicht immer gewährleistet. Die Abhängigkeit des Trocknungsverlaufes von der relativen Luftfeuchte wird in Abb. 365 (Seite 303) veranschaulicht.



Abb. 361 Verfahren der Grüngut-trocknung.

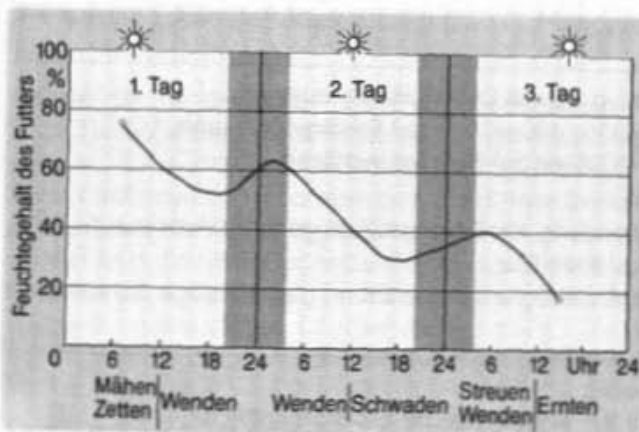


Abb. 362 Trocknungsverlauf bei der Heuwerbung.

Um das Wetterrisiko zu senken, muß die Trocknung durch mechanisches Bearbeiten wie Zetten, Wenden und Schwaden unterstützt werden.

Gegenüber anderen Trocknungsverfahren müssen bei der Bodentrocknung, insbesondere bei frühem Schnitt, im Durchschnitt hohe **Konservierungsverluste** hingenommen werden. Sie treten in erster Linie auf dem Feld auf. Unter ungünstigen Bedingungen können diese 50% übersteigen. Alle technischen Maßnahmen sollen darauf ausgerichtet sein, die Konservierungsverluste möglichst gering zu halten. Die Einzelverluste setzen sich zusammen aus witterungsbedingten Verlusten, Bröckel- und Atmungsverlusten auf dem Feld und Lagerverlusten.

4.2.2 Belüftungstrocknung

Hohes *Wetterisiko* und beträchtliche *Nährstoffverluste* bei der Bodentrocknung haben viele Landwirte bewogen, die Trocknung ganz oder teilweise unter Dach durchzuführen. Bei der Belüftungstrocknung erfolgt dies lediglich in der letzten Trocknungsphase bei einem Feuchtegehalt von 40%. Damit werden die Bröckelverluste größtenteils umgangen. Außerdem sind 90% des gesamten zu entziehenden Wassers bereits durch die kostenlose Sonnenenergie verdunstet worden.

Bei der Belüftungstrocknung erfolgt der Wasserentzug durch *Einblasen wasseraufnahmefähiger Luft* in den Heustock (Lagerbehälter). Zur Belüftung kann kalte Außenluft verwendet werden (Belüftungstrocknung mit Kaltluft) oder die Trocknungsluft wird vorgewärmt (Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft). In jedem Fall übernimmt die Trocknungsluft zwei **Aufgaben**:

- ▶ Sie trägt die zur Verdunstung notwendige Wärmemenge an das Gut heran,
- ▶ sie nimmt den Wasserdampf auf und trägt ihn aus dem Trocknungsgut ins Freie.

Ist die relative Luftfeuchtigkeit bei der Kaltbelüftung

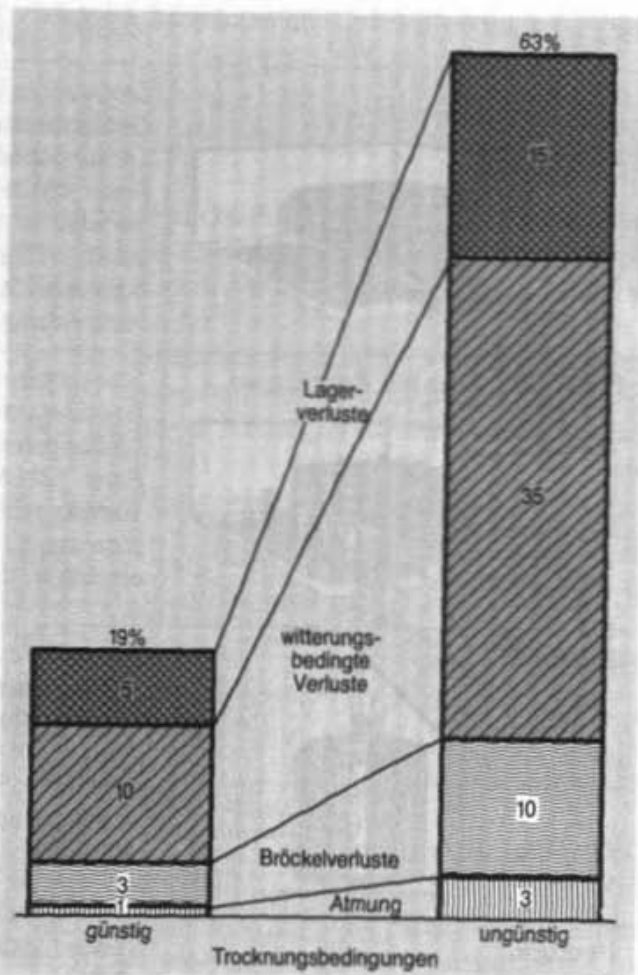


Abb. 363 Nährstoffverluste (%) bei der Heuwerbung.

zu hoch, so muß das Einblasen von Luft eingestellt werden, soweit nicht der Kühleffekt benötigt wird, um eine Stockerhitzung zu vermeiden. Bei ausreichender Vorwärmung der Luft (um 7–10 K) erreicht man auch bei ungünstigem Zustand der Außenluft einen Trocknungseffekt. Die gute Funktion einer Belüftungsanlage hängt von der richtigen Dimensionierung (ausreichende Lüfterkapazität, gleichmäßige Durchlüftung) und der sachgemäßen Handhabung ab.

Die wichtigsten **Verfahren** der Belüftungstrocknung sind in Abb. 364 (Seite 302) dargestellt.

Flachrostanlagen (System Braunschweig) – Bei Flachrostanlagen wird das Gebläse an einen fest installierten Rost angeschlossen. Die Luftverteilung erfolgt entweder über einen Luftverteilkanal in einzelne Rostfelder oder lediglich über einen dem Rost angeschlossenen Verteilkeil auf die ganze Grundfläche. Die Außenwand muß bis zu $\frac{2}{3}$ der endgültigen Stockhöhe luftundurchlässig ausgeführt werden. Bei festen Gebäuden kann das Gut bis an die Außenwand gelagert werden. Zur gleichmäßigen Belüftung müssen die Schichthöhen über die ganze Fläche das gleiche Maß haben. Dieses System eignet sich besonders für relativ geringe Stockhöhen

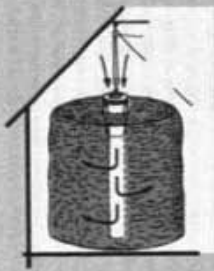
Bauart	Bemerkungen
Flachrostanlage 	<i>Stockgröße:</i> beliebig, soweit Lüfterleistung ausreicht, <i>Gebälseleistung:</i> 300–400 m ³ /h je m ² Stockgrundfläche, <i>Leistungsbedarf:</i> 0,06 kW/m ² Stockgrundfläche, <i>Preis:</i> 120 DM/m ² , <i>Vorteile:</i> bei Verwendung von Befüllgebläse geringer Arbeitsaufwand; in Eigenbau erstellbar, <i>Nachteile:</i> Stockhöhenbegrenzung auf 6 m, gleichmäßige Schichthöhe erforderlich
Flachrostanlage mit Ziehstöpsel 	<i>Stockgröße:</i> beliebig, <i>Gebälseleistung:</i> 30–400 m ³ /h je m ² Stockgrundfläche, <i>Leistungsbedarf:</i> 0,06 kW/m ² Stockgrundfläche, <i>Preis:</i> 120 DM/m ² , <i>Vorteile:</i> größere Schichthöhen möglich; geringerer Strömungswiderstand, <i>Nachteile:</i> Nachziehen der Stöpsel ist arbeitsaufwendig
Ziehlüfter 	<i>Stockgröße:</i> Grundfläche 30–50 m ² ; Höhe bis 8 m, <i>Gebälseleistung:</i> bis 25000 m ³ /h, <i>Leistungsbedarf:</i> bis 6 kW, <i>Preis:</i> 1600–2700 DM, <i>Vorteile:</i> schon bei kleinen Einheiten wirtschaftlich, billig in der Anschaffung; Nutzung warmer Luft aus dem Dachraum, <i>Nachteile:</i> Arbeitsaufwand relativ hoch
Heuturm Befüllen Entnehmen 	<i>Größe:</i> 390–1350 m ³ <i>Gebälseleistung:</i> bis 70000 m ³ /h, <i>Leistungsbedarf:</i> bis 15 kW, <i>Preis:</i> Anlage ohne feste Außenwand (Heuberg) bis 38000 DM, Heuturm mit fester Außenwand bis 48000 DM, <i>Vorteile:</i> kann bei Neubausituation kostengünstig sein, Arbeitseinsparung, <i>Nachteile:</i> hoher Anschaffungspreis

Abb. 364 Verfahren der Belüftungstrocknung.

Flachrostanlage mit Ziehstöpsel (System Aulendorf)

– Eine Kombination von Ziehkanal und Flachrostanlage wird im System »Aulendorf« verwirklicht. Die Belüftung des Gutes erfolgt senkrecht und waagrecht. Bei fortschreitender Stockbefüllung werden Ziehstöpsel nachgezogen, die senkrechte Luftkanäle bilden. Durch dieses System wird eine Verringerung des vom Gebläse zu überwindenden Druckes erreicht. Auf etwa 10 m² Bodenfläche trifft ein Stöpselanschluß. Bei dieser Bauart behindern Dachschrägen die Erhöhung des Stockes nicht.

Ziehlüfter – Anlagen mit versetzbaren Ziehlüftern (Heubombe oder Heujet) verzichten auf ein teures Luftverteilsystem. Dem Füllstand des Stockes entsprechend werden sie über einen im Dachstuhl verankerten Flaschenzug nachgezogen. Dabei entsteht

ein senkrechter Lüftungskanal. Das Trockengut darf nicht seitlich an eine Wand stoßen, dadurch würde der Abluftabzug behindert. Durch Öffnen aller Scheunentore bzw. durch Schaffung entsprechender Entlüftungsöffnungen im Gebäude wird für einen guten Abzug der Abluft aus dem freistehenden Stock gesorgt. Bei diesem Trocknungssystem wird die im Dachraum erwärmte Luft genutzt.

Heuturm – Bei Neubausituation kann die Erstellung eines Heuturms in Frage kommen. Beim Heuturm strömt die Trocknungsluft in radialer Richtung vom Innenkanal ausgehend durch die Trocknungsgutschicht nach außen. Der Belüftungskanal entsteht durch Hochziehen eines zentral gelegenen Kolbens. Ein rotierendes Abräumgerät wirft das Futter durch den Kanal auf ein unter dem Behälter installiertes

Förderband. Die Befüllung erfolgt über Gebläse und Drehrohrverteiler.

Gebläse für die Belüftung – Über die Leistungsfähigkeit einer Heubelüftungsanlage entscheidet hauptsächlich das Gebläse, das in der Regel als *Axiallüfter* ausgeführt wird. Diese Gebläseart bringt bei niedrigem Druck hohe Luftfördermengen mit relativ geringem Kostenaufwand. Nachteilig ist allerdings die hohe Geräuschentwicklung, die zwischen 60 und 80 dB(A) liegt. Eine Lärmdämmung ist insbesondere innerhalb geschlossener Ortschaften notwendig. Durch Schalldämmung der Ansaugkanäle wird eine ausreichende Wirkung erreicht.

Belüftungstrocknung für Ballen – Die in Abb. 364 genannten Anlagen eignen sich, mit Ausnahme des Heuturmes, bei *sorgfältiger* Einstapelung für Niederdruck- und Hochdruckballen. Allerdings besteht bei Ballentrocknung die Gefahr der *Schimmelbildung*, da insbesondere bei höheren Feuchtegehalten der Strömungswiderstand im Ballen wesentlich höher ist als im weniger dichten Bereich zwischen den Ballen. Auch Großballen eignen sich zur Belüftungstrocknung, wenn der Feuchtegehalt des Gutes nicht wesentlich über 30% liegt. Rundballen verlangen eine Einzeltrocknung, d. h. für jeden Ballen eine eigene Luftzufuhr.

Anlagen mit Luftvorwärmung – Vom Ziehlüfter abgesehen, können alle Anlagen für die Belüftungstrocknung in Kombination mit einem Warmluftzeuger eingesetzt werden. Die Trocknungsleistung erhöht sich in Abhängigkeit von der Heizleistung des Vorwärmegerätes. Bei einer Anwärmung um 5 K kann man im Durchschnitt mit der dreifachen Wasseraufnahme der Luft rechnen. Bei der Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft besteht jedoch eine starke Abhängigkeit der Trocknungsleistung vom Außenluftzustand. Die Lufterwärmung ist für alle Anwendungsfälle zu empfehlen.

Berechnung von Belüftungsanlagen – Das sachgemäße Bestimmen der notwendigen Anlagenleistung und ihrer daraus abgeleiteten Baugröße ist für jeden Landwirt von großer Bedeutung, da zu kleine Anlagen das Ernterisiko erhöhen, zu große Anlagen aber die Trocknung unnötig verteuern. Beim Berechnen von Anlagen für die **Belüftungstrocknung mit Kaltluft** wird in folgenden Schritten vorgegangen.

1. Schritt: Berechnen der anfallenden Erntemenge (1. Schnitt):

$$\text{Trockengut} = \text{Fläche} \times \text{Ertrag}$$

2. Schritt: Berechnen der Wasserentzugsmenge:

$$\text{Wasserentzugsmenge} = \text{Trockengutmenge} \times \frac{(\text{Anfangsfeuchtegehalt} - \text{Endfeuchtegehalt})}{(100 - \text{Anfangsfeuchtegehalt})}$$

3. Schritt: Berechnen der erforderlichen Luftmenge: Im Durchschnitt kann 1 m³ Außenluft etwa 0,9 g Wasser aufnehmen.

$$\text{Luftmenge} = \frac{\text{Wasserentzugsmenge (g)}}{\text{Wasseraufnahmefähigkeit der Luft (0,9 g/m}^3\text{)}}$$

4. Schritt: Berechnen der Gebläseleistung:

$$\text{Gebläseleistung} = \frac{\text{Luftmenge}}{\text{mögliche Trockenstunden}}$$

5. Schritt: Berücksichtigen des Gebläsedruckes: Die erforderliche Luftleistung muß gegen einen Druck erbracht werden, der sich aus Stapelhöhe und Anlagenbauart ergibt.

Aus der *Gebläsekennlinie* (Abb. 365), die für jedes Gebläse angegeben wird, läßt sich die tatsächliche Lüfterleistung in Abhängigkeit vom Druck ablesen.

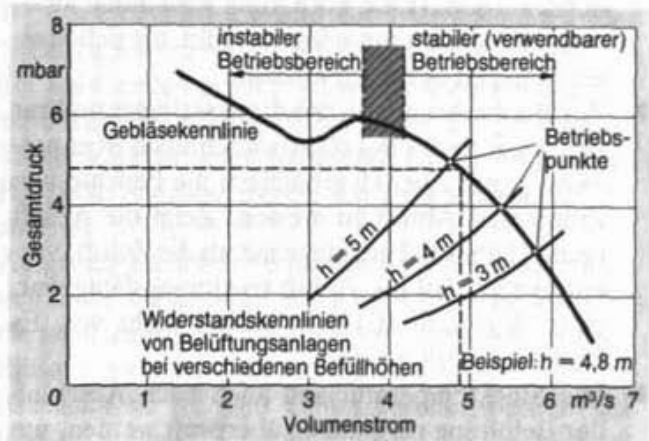


Abb. 365 Kennlinien von Gebläsen und Widerstandslinien eines Heustockes.

Die **Trocknungskosten** setzen sich gemäß Tabelle 140 (Seite 304) zusammen (Anfangsfeuchte 30–35%; Endfeuchte ca. 18%).

Beim **Betrieb** von Belüftungsanlagen ist zu beachten:

- ▶ Einfahren bei gutem Wetter mit einem Feuchtegehalt von 30–40%. Bei Gefahr von Regen sind je nach Anlagentyp auch höhere Einlagerungsfeuchtegehalte möglich.
- ▶ Ein gleichmäßiges Einlagern ist wichtig, um Verdichtungsstellen zu vermeiden; Häckselgut bringt bei der Verteilung erhebliche Vorteile.

Tabelle 140 Anhaltswerte für die Kostenberechnung bei der Belüftungstrocknung (in DM/dt Trockengut).

Art der Belüftung	Gebälsekosten	Heizkosten	Anlagenkosten	Gesamtkosten
Kaltbelüftung	0,80–1,30	–	1,20–1,80	2,00–3,10
Belüftung mit vorge-wärmter Luft	0,25–0,40	1,40–2,25	1,80–3,60	3,45–6,25

- ▶ Nach dem Befüllen muß sofort belüftet werden, auch wenn die relative Luftfeuchte sehr hoch liegt. Damit wird ein Erwärmen des Futters vermieden, das immer mit Nährstoffverlusten verbunden wäre.
- ▶ Jede günstige Witterung soll zur Belüftung ausgenutzt werden. Diese Forderung wird durch automatische Steuerungsanlagen erfüllt, die sich in allen Anlagen installieren lassen.
- ▶ Zur Beobachtung des Belüftungserfolges und zur Bestimmung des Belüftungsanschlusses ist es notwendig, mit zwei Hygrometern die Feuchte von Zuluft und Abluft zu messen. Zeigt die Abluft keinen höheren Feuchtegehalt als die Zuluft, vorausgesetzt, daß die Abluft trocknungsfähig war, dann liegt kein Belüftungserfolg mehr vor. Es kann abgestellt werden.
- ▶ Die Stocktemperatur soll auch nach Abschluß der Belüftung regelmäßig überprüft werden, um Brandgefahr und Nährstoffverluste zu vermeiden.
- ▶ Besonders kalte Nächte können zur Stockabkühlung auch nach Abschluß der üblichen Belüftungszeit genutzt werden. Bei geringeren Temperaturen im Heustock entstehen weniger Nährstoffverluste.

4.2.3 Warmlufttrocknung

Bei der Warmlufttrocknung werden höhere Temperaturen verwendet und zwar im Bereich von 40–80° C. Diese höhere Energiebereitstellung führt zu höheren Wasserentzugsmengen. Dadurch kann Futter mit höheren Feuchtegehalten in kurzer Zeit getrocknet werden. Aufgrund der höheren Lagerungsdichte des feuchteren Materials ist es notwendig, getrennte Trocknungs- und Lagerbehälter bei der Warmlufttrocknung vorzusehen. Das Umlagern erfordert einen entsprechenden Mechanisierungsaufwand. Da Futter mit höheren Feuchtegehalten in den Trockner eingelagert wird als bei der Belüftungstrocknung, werden bessere Futterqualitäten erzielt. Das *Wetterisiko* sinkt, da das Vorwelken auf dem Feld um 1–2 Tage verringert werden kann.

Zwei **Bauarten** sind üblich (Abb. 366):

- ▶ Kastentrockner,
- ▶ vollmechanisierter Warmluft-Rundtrockner.

Kastentrockner – Er besteht aus einem Trocknungsbehälter mit luftdurchlässigem Boden und einem Warmlufterzeuger. Durch den luftdurchlässigen Rost wird Warmluft in gleichmäßig eingelagertes Feuchtgut geblasen. Die Schichthöhen liegen zwischen 1–1,5 m. Der Trocknungsbehälter darf auf kei-

Bauart	Beurteilung
<p>Kastentrockner</p>  <p>Brenner Warmlufterzeuger Gebläse Rost Trocknungsbehälter</p>	<p><i>Behältergröße:</i> 15–20 m², <i>Gebälseleistung:</i> 300–600 m³/h je m² Behälterfläche, <i>Heizleistung:</i> 200 000 bis 2 Mio. kJ/h, <i>Preis:</i> (Behälter, Warmlufterzeuger) 12000–32000 DM, <i>Vorteile:</i> hohe Trocknungsleistung, auch höhere Feuchtegehalte möglich, hohe Gutsqualität, <i>Nachteile:</i> Umlagern im Lagerbehälter; höherer Anschaffungspreis</p>
<p>vollmechanischer Rundtrockner</p>  <p>Entnahmeverrichtung Öffnungsklappe Auslagerer Einlagern Teleskopverteiler Warmlufterzeuger</p>	<p><i>Behältergröße:</i> Belüftungsfläche 38 m², Nutzinhalt max. 80 m³, <i>Gebälseleistung:</i> 20–40 000 m³/h, <i>Heizleistung:</i> 1–3 Mio. kJ/h <i>elektrischer Leistungsbedarf:</i> 11–15 kW, <i>Preis:</i> 32000–53000 DM, <i>Vorteile:</i> geringer Arbeitsaufwand, hohe Leistungsfähigkeit, hohe Gutsqualität, <i>Nachteile:</i> teuer in der Anschaffung</p>

Abb. 366 Verfahren der Warmlufttrocknung.

nen Fall betreten werden, da sonst verdichtete Zonen entstehen, die schlechter durchlüftet werden. Die gleichmäßige Befüllung wird am besten durch ein über dem Trocknungsbehälter verschiebbares Dosiergerät erreicht. Es besteht auch die Möglichkeit, mittels Fördergebläse und Verteilrohr gleichmäßig locker einzulagern. Im allgemeinen welkt man auf einen Feuchtegehalt von 50–60% vor, was bei günstiger Witterung nach 1–2 Tagen erreicht wird. In Warmlufttrocknern kann im Notfall auch frisches Gras getrocknet werden; das erfordert jedoch einen sehr hohen Energieaufwand. Dieser ist nur dann gerechtfertigt, wenn das Erntegut durch Schlechtwetterlage verderben würde.

Vollmechanischer Rundtrockner – Der Trocknungsbehälter hat eine kreisförmige Grundfläche und zur Aufstellung im Freien ein Dach. Beschickung und Entleerung sind voll mechanisiert. Die Schichthöhen betragen 1–2 m. Die Belüftung erfolgt von unten nach oben. Die gleichmäßige Beschickung wird durch ein kreisendes Teleskoprohr erreicht. Die Entnahme erfolgt über Entnahmewerkzeuge, die um eine zentrale Achse drehend, das Gut von innen nach außen transportieren und über eine Türöffnung in ein weiteres Förderelement abwerfen.

Planungsfazstzahlen – Wird mit Warmlufttrocknungsanlagen Feuchtgut von 60% auf 14% herabgetrocknet, so sind je ha Grünlandfläche folgende Trocknerkenngrößen einzuplanen:

- ▶ Behältergrundfläche: 24 m²,
- ▶ Gebläseleistung: 17 000 m³/h,
- ▶ Heizleistung: 725 000 kJ/h.

Trocknungskosten – Sie setzen sich bei Warmlufttrocknern im wesentlichen zusammen aus Energiekosten, Kapitalkosten und Arbeitskosten. Bei üblichen Unterstellungen (Endfeuchtegehalt = 14%; Ölpreis = 0,80 DM/kg; Strompreis = 0,25 DM/kWh) muß mit folgenden Kosten gerechnet werden:

- ▶ **Energiekosten:**

Tabelle 141 Energiekosten bei der Warmlufttrocknung (DM/dt Trockengut).

Anfangsfeuchtegehalt %	Öl	Strom	Gesamt-Energiekosten
40	4,80	0,20	5,00
50	8,00	0,30	8,30
60	12,50	0,40	12,90

- ▶ **Kapitalkosten:** Unterstellt man jährliche Kapitalkosten von 14% vom Neuwert, so ergeben sich für den Trockner 3,50–4,60 DM/dt.

- ▶ **Arbeitskosten:** Je nach Mechanisierungsgrad der Ein- und Auslagerung sind Arbeitskosten zwischen 1,00 und 2,00 DM/dt zu veranschlagen.

Die **Gesamtkosten** der Warmlufttrocknung bewegen sich im Bereich von 10,00–18,00 DM/dt.

Für den Kostenvergleich mit der Belüftungstrocknung ist die Warmlufttrocknung *zusätzlich* mit 1–2 DM/dt Umlagerungskosten (Trocknungsbehälter – Lagerraum) zu belasten.

4.2.4 Heißlufttrocknung

Bei der Heißlufttrocknung wird frischgemähtes oder leicht angewelktes Gut technisch getrocknet. Die dabei anfallenden großen Wassermengen können nur im Gleichstromverfahren bei hoher Temperatur der Trocknungsluft energiesparend entzogen werden. Für diese Aufgabe eignen sich *Trommel-trocknungsanlagen*.

Aufgrund des hohen technischen Aufwandes lohnen sich diese Anlagen nur in höheren Leistungsklassen, die wiederum zur Auslastung den überbetrieblichen Einsatz erfordern. Es werden nur noch stationäre Großanlagen für den Genossenschaftsbetrieb gebaut.

Technischer Aufbau – Trocknungsluft (300–1000° C) und Grüngut werden gemeinsam auf einer Seite der Trocknungstrommel eingespeist. Durch die hohe Wasserabgabe bei Trocknungsbeginn erwärmt sich das Futter trotz hoher Lufttemperaturen nur wenig. Am Ende der Trocknungstrommel liegt die Temperatur des Futters am höchsten, erreicht jedoch nie die Ablufttemperatur, sondern steigt auf 60–85° C, je nach Trocknungsbedingungen.

Bei den Heißlufttrommel-trocknern muß aus technischen Gründen die Direktbeheizung angewandt werden, d. h. die Rauchgase durchströmen zusammen mit angesaugter Frischluft das Trocknungsgut. Als Energiequellen dienen derzeit leichtes oder schweres Heizöl, seltener Flüssiggas.

Preis: 0,23–2,3 Mio. DM

Leistung: 0,5–2 t/h Trockengut, 2–30 t/h Wasserverdampfung

Leistungsbedarf: 100–150 kW je t/h Trockengut-durchsatz

Kosten – Je nach Bauart des Trockners und durchschnittlicher Anfangsfeuchte liegen die Gesamtkosten zwischen 16 und 37 DM/dt Trockengut. Aufgrund der stark gestiegenen Heizölkosten wird versucht, auf dem Feld möglichst weit vorzuwelken, um Energie einzusparen.

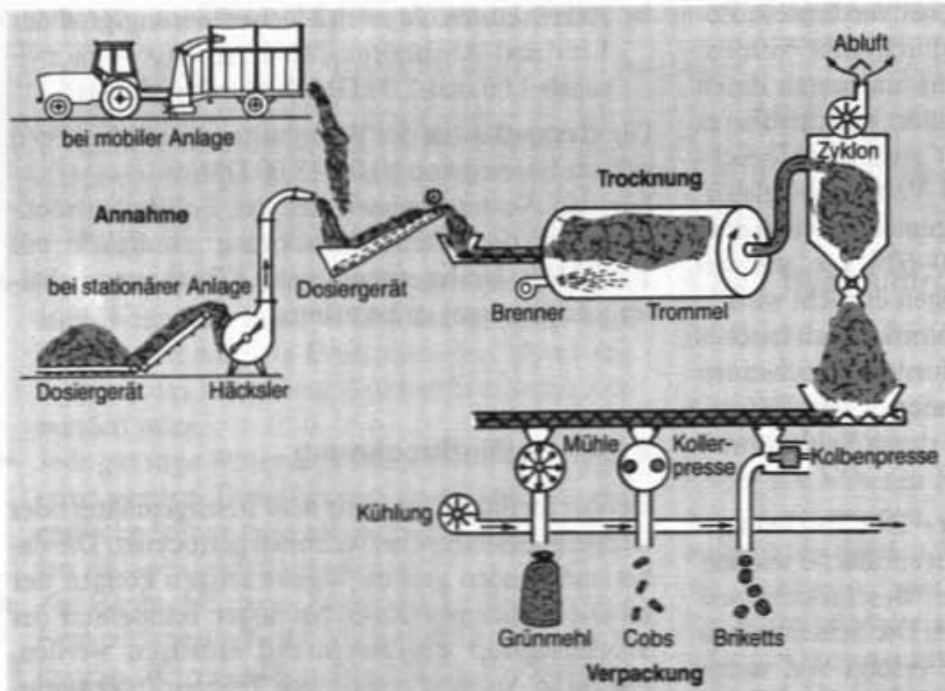


Abb. 367 Aufbau einer Heißluft-trocknungsanlage.

4.2.5 Vergleich der Trocknungsverfahren

Die Trocknungsverfahren lassen sich nach unterschiedlichen Merkmalen bewerten. Aus den Tabellen 142 und 143 läßt sich ableiten, unter welchen Verhältnissen die einzelnen Verfahren ihren **Anwendungsbereich** finden.

Tabelle 142 Zuordnung der verschiedenen Futter-Trocknungsverfahren

Verfahren	Anwendungsbereich
Bodentrocknung	kein Qualitätsheu gefordert; günstige Trocknungsbedingungen am Feld;
Belüftungstrocknung (kalt)	bessere Gutqualität notwendig; Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld über 2 Tage häufig gegeben;
Belüftungstrocknung (warm)	höhere Ansprüche an die Gutqualität; Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld über 2 Tage nur sehr selten gegeben; Trocknungsfähigkeit der Außenluft nicht immer ausreichend;
Warmlufttrocknung	hohe Ansprüche an Gutqualität; schlechte Vorwelkmöglichkeiten auf dem Feld durch ungünstige Klimalage;
Heißlufttrocknung	höchste Gutqualität gefordert; äußerst ungünstige Klimalage; überbetrieblicher Einsatz; Verkaufsgut.

4.3 Lagerung von Heu

Die Lagerung von Heu geschieht meist deckenlastig in Altgebäuden. Größere Viehbestände, bei denen auf eine Heuration nicht verzichtet werden kann, erfordern spezielle Lagergebäude, welche

- ▶ eine mechanisierte Ein- und Auslagerung ermöglichen,
- ▶ eine verlustarme Lagerung, gegebenenfalls eine Unterdachttrocknung, gewährleisten,
- ▶ auf die Mechanisierung der Erntekette abgestimmt sind.

Für eine mechanisierte Heulagerung sind die in Abb. 368 (Seite 308) genannten Verfahren üblich.

Vergleich der Verfahren – Dafür sind die Raumnutzung, der Gebäudepreis und der Arbeitszeit- bzw. Kapitalbedarf für die Einlagerung und Entnahme von besonderer Bedeutung. In Tabelle 144 sind die **gebäudetechnischen Kennwerte** der verschiedenen Lagerungsverfahren miteinander verglichen.

In Abb. 369 (Seite 308) werden **Arbeitszeit- und Kapitalbedarf** verschiedener Verfahren zur Heuentnahme und Fütterung gegenübergestellt. Daraus geht hervor, daß nur bei großen Heurationen durch eine Mechanisierung wesentliche Einsparungen zu erzielen sind. Der dafür nötige hohe Kapitalbedarf lohnt erst ab Herden von 60 Kühen für das Blockschneide-, gegebenenfalls für das Greiferverfahren. Vollmechanisierte Verfahren für die Entnahme und Fütterung sind nur bei großen Herden und in Verbindung mit einer vollmechanisierten Silagefütterung, z. B. Futtermisch- und Verteilwagen, sinnvoll.

Tabelle 143 Vergleich der Verfahren zur Heubereitung und Grünfütterrocknung.

Verfahren	Temperatur der Trocknungsluft	Verdampfungsleistung einer Durchschnittsanlage kg/h	Trocknungsdauer Tage	Kapitalbedarf	Kosten ¹⁾	Verluste %	Vorteile	Nachteile
	°C				DM/dt Trockengut			
Bodentrocknung	20–30	–	3–5	–	–	bis 50	billig	hohe Verluste
Belüftungstrocknung (kalt)	20–30	10–30	6–12	niedrig	3,00–4,10	bis 20	billig, weniger Risiko	Verluste, Arbeitsaufwand hoch
Belüftungstrocknung (vorgewärmte Luft)	25–35	30–150	2–4	mittel	4,10–6,50	bis 15	billig, wenig Wetterrisiko, sichere Trocknungswirkung	Arbeitsaufwand hoch
Warmlufttrocknung	40–80	250–500	1	hoch	11–20	bis 10	sehr wenig Verluste, kurze Vorwelkzeit möglich, hohe Futterqualität	Arbeitsaufwand hoch
Heißlufttrocknung	300–1000	2000–25 000	5–10 (min)	sehr hoch	16–37	bis 5	kaum Verluste, hohe Futterqualität, Preßlinge, einfache Anwendung	teuer bei hohen Energiepreisen

¹⁾ Technische Trocknung + Beschickung + Entfeuerung bei Warm- und Heißluft.

Tabelle 144 Verfahrensabhängiger Vergleich des Heulagererraums für 50 Kühe + Nachzucht (Ration 4 kg Heu/GV und Tag, 200 Winterfüttertage) (nach RITTEL).

		Greiferhalle	Heubergehalle		Heuturm
			Belüftung auf ganzflächigem Holzrostboden ohne Durchfahrt	Boxenbelüftung über Stichkanäle ohne Durchfahrt	
Lagerhöhe	m	8,00	6,50	4,50	12,70
Lagerdichte	kg/m ³	135	130	120	150
Nettolagererraum	m ³	480	496	538	460
umbauter Raum bei 20° Dachneigung	m ³	974	610	766	554
Nutzraumanteil	%	49	81	70	83
Preis	DM/m ³	75–85	60–70		100–200

Bauart	Bemerkungen
<p>Greiferhalle</p>	<p>erdlastige Lagerung bis zu 10 m Traufhöhe; universell einsetzbarer Brückenkran auch für Silage geeignet; dichte Lagerung durch hohen Stapel, aber geringe Raumausnutzung durch Brückenkran (2–2,5 m Freiraum); Trocknung meist in Kastentrockner mit Umlagerung Vorteile: universelles und schlagkräftiges Ein- und Auslagern, Nachteile: teure, stützenfreie Gebäude; hohe Scheune läßt sich schwer in Dorf- und Landschaftsbild einbinden</p>
<p>Heubergehalle</p>	<p>erdlastige Lagerung in niedriger Scheune; Befüllen durch Gebläse mit Schwenkrohrverteiler; Entnahme durch Heublockschneider am Schlepper; Belüftung durch – ganzflächigen Holzrostboden – rostabgedeckte Stichkanäle in Trocknungsboxen (5 m) Vorteile: einfache Mechanisierung; günstige Raumausnutzung, billige Gebäude (50–120 DM/m³), günstige Baugestaltung, Nachteile: keine »Druckknopfmechanisierung«</p>
<p>Heuturm</p>	<p>geschlossenes System mit automatischer Verteil- und Entnahmeverrichtung; Zentralschachttrocknung; Größe zwischen 390–1350 m³; 80% Ausnützung des Lagerraumes möglich Vorteile: vollmechanisches Beschicken und Entnehmen; günstige Bedingungen für Nachtrocknung, Nachteile: unterschiedliche Heuqualitäten können nicht gleichzeitig entnommen werden; sehr hoher Investitionsbedarf (100–200 DM/m³); Einzweckgebäude; nur Häckselgut</p>

Abb. 368 Verfahren der Heulagerung (nach PIRKELMANN und RITTEL).



Zuordnung der Verfahren – Für die besprochenen Verfahren ergibt sich:

- Der *Heuturm* ist mit der vollmechanisierbaren, kapitalintensiven Lösung der Hochsilokette mit Häckselgut und Fräsenentnahme vergleichbar. Er stellt eine kostenintensive Lösung dar, die allerdings beste Futterqualitäten ermöglicht.
- Die *Greiferhalle* ist mit Hochsilos zu kombinieren. Da der Greifer für Maissilage nicht zu empfehlen ist, ist dieses Verfahren vornehmlich in

Abb. 369 (links) Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Entnahme und für das Füttern von Heu (nach PIRKELMANN).

den reinen Grünlandbetrieben mit hohem Heuanteil anzusiedeln. Die Lösung ist sehr kapitalintensiv.

- *Befahrbare Heubergehallen* mit mobilen schleppergetriebenen Blockschneidegeräten für die Entnahme sind der Silagebereitung und Lagerung in Flachsilos zuzuordnen. Sie ermöglichen eine kostengünstige, vielseitig einsetzbare Mechanisierung der Heulagerung und Entnahme.

4.4 Ernteverfahren für Heu und Trockengut

Die erforderliche **Schlagkraft** für die Ernte von Heu und Trockengut wird von folgenden Faktoren bestimmt:

- *Der erforderlichen Winterfuttermenge:* Sie errechnet sich aus der Zahl der Tiere, der täglichen Ration und den Winterfuttertagen; üblich sind 150–200 Winterfuttertage und 2–12 kg Heu/Kuh und Tag.
- *Den verfügbaren Feldarbeitstagen,* wobei bei der Heubergung 2–3 Perioden mit jeweils 3 Tagen für den ersten Schnitt zu veranschlagen sind, während für Unterdachtrocknung wie für Anwelksilage 4–8 Perioden mit jeweils 2 Tagen schönem Wetter zur Verfügung stehen.
- *Der täglichen Bergezeit,* die wegen der übrigen Stallarbeiten und der Werbearbeiten meist nur 4–6 Stunden/Tag beträgt.

Für Bodenheu sind nur die Langgutkette und die Ballengutkette üblich. Die **gebräuchlichen Verfahren** der Heuernte und der Ernte von Anwelkgut für die Unterdachtrocknung zeigt Abb. 370 (Seite 310). Bei der **Langgutkette** wird der *Ladewagen* bevorzugt, der echte Ein-Mann-Arbeit ermöglicht. Eine Arbeitskraft übernimmt das Laden, Transportieren, Entladen und Einlagern auf dem Hof. Allerdings sind 3,8 AKh/ha erforderlich, so daß lediglich eine Bergeleistung von 1,3 t/h erzielt werden kann. Deshalb ist es meist erforderlich, eine zweite Arbeitskraft für das Einlagern mit dem Greifer einzusetzen. Dadurch kann je nach Ladewagengröße die Bergeleistung auf 2,2–2,7 t/h gesteigert werden.

Die **Häckselgutkette** für die Ernte von Anwelkgut zur Unterdachtrocknung ist ähnlich zu organisieren wie die Ernte von Anwelksilage (s. Seite 292). Üblich ist meist das *Umhängeverfahren*, wobei eine Arbeitskraft das Häckseln übernimmt und die zweite den Transport und die Einlagerung. Bei weiten Feldentfernungen empfiehlt sich ein drittes Gespann für den Transport. Es sind Bergeleistungen von 3–3,5 t/h möglich.

Für größere Bergeleistungen gewinnt die **Ballenkette** bei der Heubergung an Bedeutung. Zudem ermöglicht die höhere Verdichtung des Futters Einsparungen beim Transport und bei den Lagerräumen. Bei der **Kleinballenkette** sind zwei Verfahren möglich:

- Das direkte Beladen des Wagens mit Ladeschurre oder Ballenschleuder,
- die Ablage der Ballen auf dem Feld.

Wird zum *direkten Beladen* des Wagens eine Ladeschurre eingesetzt, so sind mindestens 4 Arbeitskräfte gleichzeitig erforderlich. Dadurch ist eine stündliche Bergeleistung von 3,6 t möglich. Durch den Einsatz der Ballenschleuder kann eine Arbeitskraft eingespart werden. Zusätzlich steigt durch das schnellere Laden die Bergeleistung sogar auf 4,5 t/h.

Bei **Großballen** ist das Pressen und Laden immer und in zwei Arbeitsgängen zu erledigen. Als Ladegerät dient der Frontlader, wobei für den Transport zwei Verfahren möglich sind:

- Transport mit Frontlader und Heckgabel,
- Transport mit Plattformwagen.

Bei hofnahen Flächen ist der direkte Transport mit Schlepperfrontlader und Heckgabel vorzuziehen. Bei jeder Fahrt werden zwei Ballen transportiert und direkt mit dem Frontlader eingelagert. Trotz häufiger Fahrten werden damit lediglich Bergeleistungen von 1,7–2,5 t/h erreicht. Durch den Einsatz eines Plattformwagens werden die Transportzeiten stark reduziert. Die erforderlichen Umhänge- und Rangierzeiten beim Be- und Entladen erlauben aber nur bei großen Transportentfernungen eine Leistungssteigerung. Damit sind beide Verfahren bei ebenfalls echter Ein-Mann-Arbeit mit dem Verfahren »Ballenladewagen« vergleichbar.

Tabelle 145 (Seite 311) zeigt den **Arbeitszeitbedarf** und die **Bergeleistung** verschiedener Verfahren.

Eine **wirtschaftliche Beurteilung** der Ernteverfahren für die Heuernte ist nur in Zusammenhang mit den Ernteverfahren für das gesamte Grundfutter sinnvoll.

Im allgemeinen gilt folgende Zuordnung:

- Die *Langgutkette* ist das Standardverfahren für die Heuernte, soweit dies einzelbetrieblich in Ergänzung zur Silagebereitung erfolgt.
- Die *Häckselgutkette* bzw. der Kurzschnittladewagen sind bei der Unterdachtrocknung üblich. Dies ist bei einem höheren Heuanteil in der Ration zu empfehlen.
- Die *Ballenkette*, insbesondere die Großballenkette, ist bei überbetrieblichem Einsatz üblich.

Die Heubereitung verursacht höhere Kosten als die

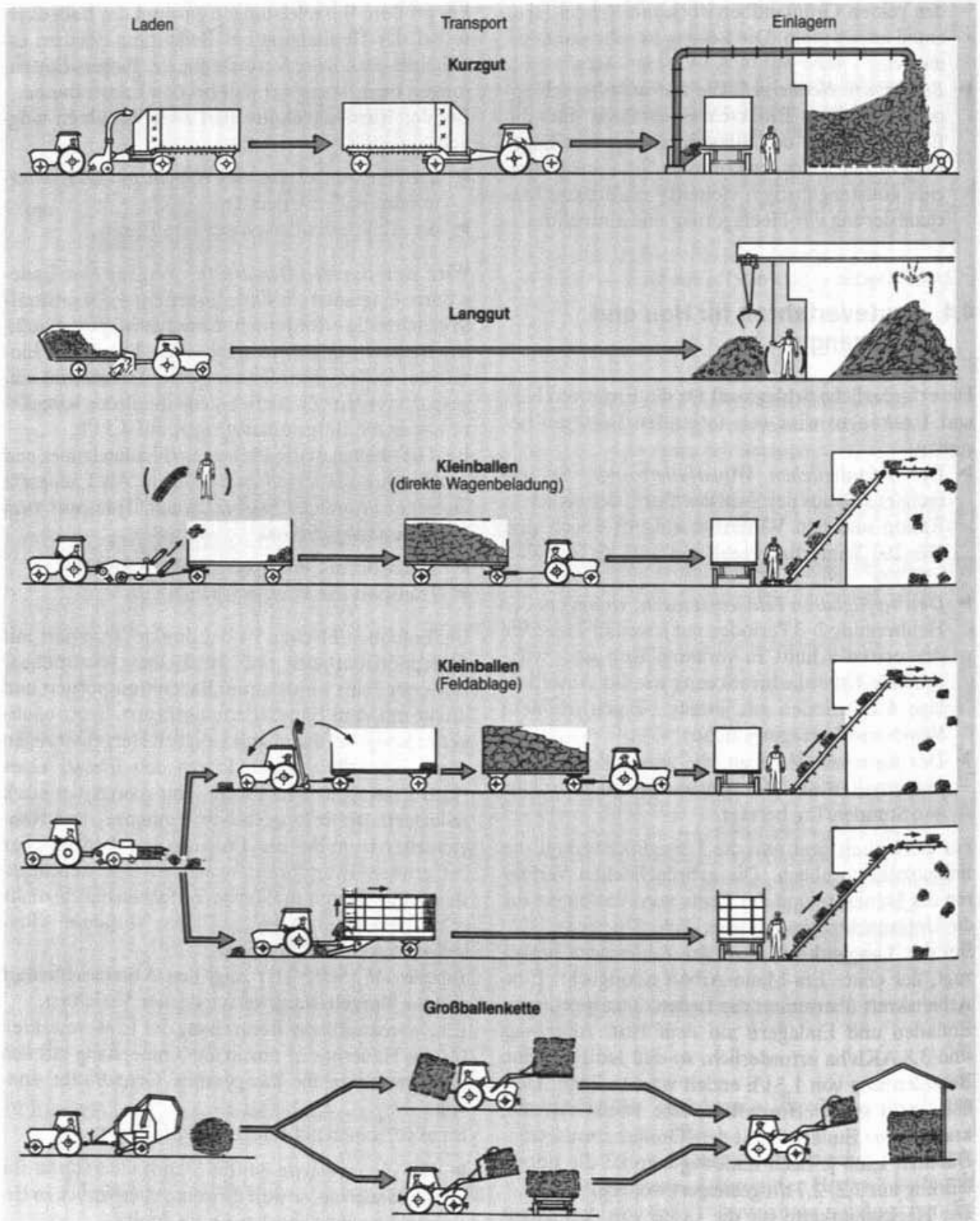


Abb. 370 Verfahren der Heubereitung.

Silagebereitung. Trotzdem wird sie ihre Bedeutung behalten

- ▶ in Hartkäseergebieten,
- ▶ für vielseitige Futterrationen (Rohfaser),

▶ bei Betrieben, die häufig kleinere Portionen Futter ernten und einlagern.

Dabei ist keine Mindestgröße nötig, im Gegensatz zu der Ernte von Silofutter mit ca. 100 m³/Charge.

Tabelle 145 Heubergeverfahren im Vergleich.

Verfahren ¹⁾	AK	Wagen	AKh/ha	Bergeleistung	
				t/h	t/h und AK
Ladewagen, Greifer	1		3,8	1,3	1,3
Ladewagen, Greifer	2		3,6	2,7	1,4
Feldhäcksler, Kratzbodenwagen, Handzuteilung ²⁾	2	2	4,6	3,0	1,5
Feldhäcksler, Selbstentladewagen, Gebläse ²⁾	3	3	5,9	3,8	1,2
HD-Pressen ³⁾ , Wurfband, Förderband	3-4	2-3	3,3-5,2	4,5	2,3-1,5
HD-Pressen ³⁾ , nur Pressen und Feldablage	1	-	0,8	7	7
+ Wurfgabel/Förderband	3	2	2,9	5,2	2,6
+ Ballenladewagen	1	1	2,1	2,4	2,4
Großballenpresse, nur Pressen und Feldablage	1	-	0,5	10,0	10,0
+ Frontlader und Heugabel	1 km FE ⁴⁾	-	2,0	2,5	2,5
	2 km FE		3,0	1,7	1,7
+ Frontlader, Plattformwagen	1 km FE	1	2,1	2,4	2,4
	2 km FE		2,5	2,0	2,0

¹⁾ Bodenwerbung (5 t/ha; 1000 m FE, 300 m Schlaglänge). ²⁾ Unterdachrocknung (7 t/ha).

³⁾ Hochdruckpresse. ⁴⁾ Feldentfernung.

1 Allgemeine Anforderungen

Aus der tierischen Produktion erzielt die Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland etwa 75% ihrer Einnahmen. Eine sinnvolle Mechanisierung dieser Betriebszweige ist deshalb von größter Bedeutung.

Für alle Verfahren der tierischen Produktion müssen folgende **Anforderungen** beachtet werden:

- **Optimale Umweltbedingungen und artgemäße Haltung:** Dies sind Voraussetzungen für hohe

Tierleistungen. Sie werden durch das Tierschutzgesetz gefordert.

- **Einsparung menschlicher Arbeitskraft:** Die Produktionsverfahren sollen menschliche Arbeitskraft einsparen oder zumindest die Arbeit erleichtern.
- **Kapitalaufwand:** Der Kapitalaufwand soll – insbesondere bei Gebäuden – möglichst niedrig gehalten werden, um die Produktion langfristig nicht mit überhöhten Festkosten zu belasten.

Diese Hauptanforderungen an die Verfahren der tierischen Produktion stehen in *enger Wechselbeziehung* zueinander. Wird nur eine der genannten An-

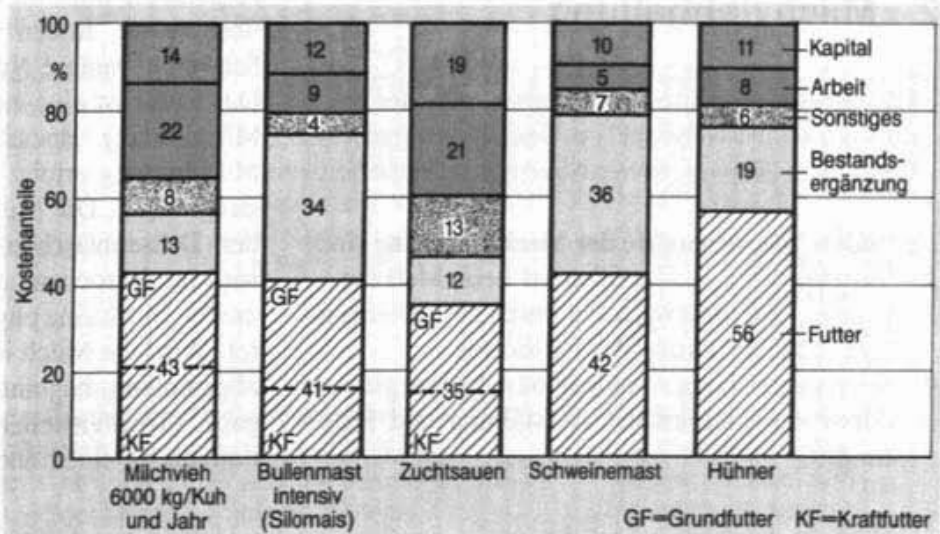


Abb. 371 Kostenstruktur der tierischen Produktion.

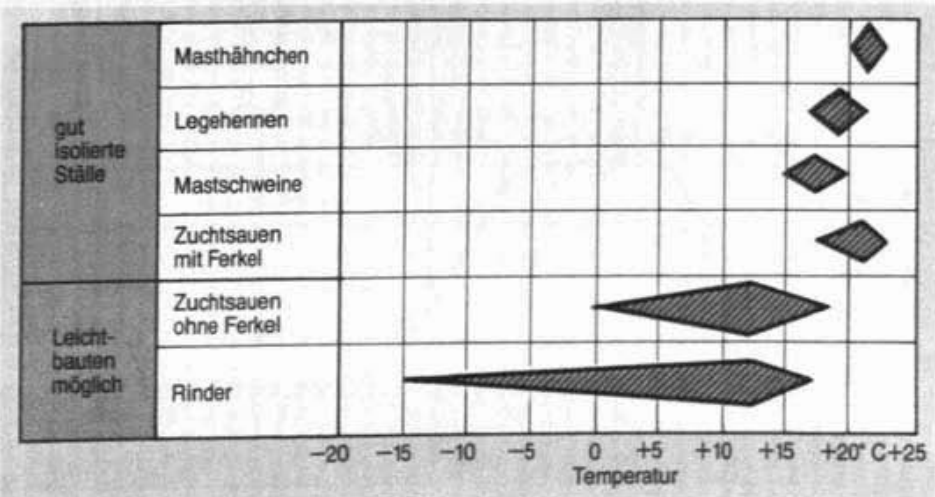


Abb. 372 Optimaler Stalltemperaturbereich verschiedener Nutztiere.

forderungen allein beachtet, führt dies zwangsläufig zur Vernachlässigung der anderen. Maßstab für die Beurteilung eines Haltungsverfahrens kann letztlich nur die *Wirtschaftlichkeit* des gesamten Produktionsverfahrens sein. Allerdings ist die Gewichtung der einzelnen Anforderungen bei den verschiedenen Tierarten unterschiedlich und wird vorrangig von der Kostenstruktur bestimmt (Abb. 371, Seite 313). Bei der **Milchviehhaltung** entfallen 40% der Produktionskosten auf Kosten der Arbeiterledigung und der Gebäude. Günstige arbeitswirtschaftliche und kapitalsparende Verfahren sind deshalb wichtig. Bei der **Schweine-** und **Hühnerhaltung** entfallen dagegen nur 15 bzw. 10% der Aufwendungen auf Gebäude- und Arbeitskosten. Hier kommt es vor allem darauf an, durch eine *optimale Umwelt* Tierverluste einzuschränken und eine *optimale Futterverwertung* zu erzielen. Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Tiere werden entscheidend vom richtigen Stallklima beeinflusst (Abb. 372, Seite 313).

- ▶ geringer Kapitalbedarf durch einfache Stall- und Lagergebäude oder günstige Umbaulösungen.

2.1 Melken und Milchbehandlung

Eine zweckmäßige **Mechanisierung der Melkarbeiten** ist besonders wichtig, da

- ▶ 50% der gesamten Stallarbeiten auf das Melken entfallen,
- ▶ die Milchleistung und die Eutergesundheit vom sorgfältigen Melken abhängig sind,
- ▶ die Milchqualität wesentlich bestimmt wird durch den fachgerechten Einsatz und die richtige Pflege von Melkmaschine und Milchkühlung.

Die Mechanisierung der Melkarbeit bedarf einer optimalen Abstimmung von

Kuh – Maschine – Arbeiterledigung

2 Milchviehhaltung

Die Milchviehhaltung bringt etwa 40% der gesamten landwirtschaftlichen Einnahmen und ist Hauptbetriebszweig vieler bäuerlicher Betriebe.

Besondere **Schwerpunkte der Mechanisierung** sind:

- ▶ Verringerter Arbeitszeitbedarf beim Melken;
- ▶ geringe Produktionskosten durch eine zweckmäßige Mechanisierung der Fütterung;
- ▶ verbesserte Tiergesundheit und Nutzungsdauer durch eine tiergemäße Aufstallung und Fütterung;

2.1.1 Milchbildung und maschineller Milchentzug

Allgemeine Informationen zu »Haltungsformen und -techniken« finden sich in Band 2 B »Rinder, Schweine, weitere Nutztiere«.

Das **Euter** ist eine empfindliche Drüse, welche der Milchbildung, -speicherung und -abgabe dient. Die Milchbildung erfolgt kontinuierlich durch Milchbildungszellen. Die Milch sammelt sich im Hohlraum der Drüsenbläschen (Alveolen). Dieser Vorgang wird unterbrochen, sobald der Druck der angesammelten Milch eine physiologische Grenze überschreitet. Wird die Milch innerhalb von zwei Tagen nicht abgemolken, beginnt die Rückbildung der Milchabgabe (Trockenstellen). Regelmäßiges Melken ist deshalb für eine hohe Milchleistung entscheidend.

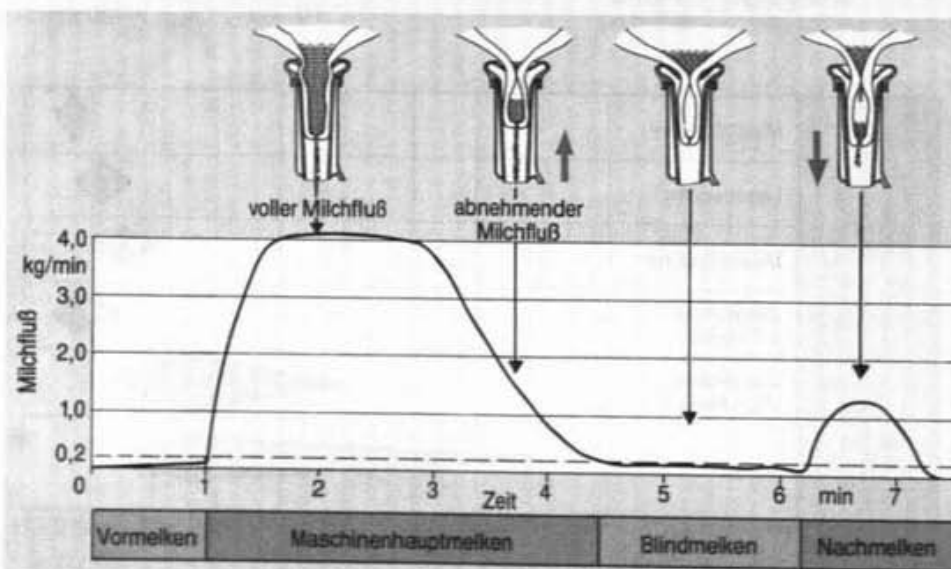


Abb. 373 Verlauf des maschinellen Milchentzuges (nach RABOLD).

Beim *maschinellen Milchentzug* wird

- ▶ die Ausschüttung der Milch aus den Alveolen durch Stimulation angeregt,
- ▶ die in die Milchgänge und -zisternen »eingeschos-sene« Milch abgesaugt.

Die **Milchabgabe** erfolgt beim Maschinenmelken in mehreren Abschnitten (Abb. 373 und Tabelle 146). Zwischen den technischen Kennwerten einer Melkanlage und der Milchabgabe bestehen enge Wechselwirkungen (Tabelle 147).

Tabelle 146 Teilarbeiten beim Maschinenmelken.

Melkabschnitt	Aufgabe	Arbeitsvorgang	melkphysiologische Wirkung
Vormelken	Reinigen des Euters; Abmelken des ersten keimhaltigen Milchstrahles; Anrüsten	gründliche Massage der Zitzen; Ansetzen der Melkzeuge an pralle Zitzen; ein ungenügendes Anrüsten mindert die Milchabgabe und erhöht das Nachgemelk	durch Massage der Zitzen wird in der Hirnanhangdrüse das Milchausschüttungshormon Oxytocin frei; dieses bewirkt das Auspressen der Milch aus den Drüsenbläschen (Einschießen der Milch)
Maschinenhauptgemelk	anzustreben ist eine hohe Milchflußgeschwindigkeit von über 2 l/min, eine schonende Zitzenbehandlung und eine vollständige Milchabgabe in max. 6 min	in der <i>Saugphase</i> wird durch einen Unterdruck von 0,4–0,5 bar die Milch abgesaugt, in der <i>Entlastungsphase</i> wird in den Zwischenbecherraum atmosphärische Luft eingelassen, die den Zitzengummi kurzzeitig zusammenpreßt	maschinelles Absaugen der Milch aus den Milchgängen und Zisternen; Massage der Zitze, um Blutstauungen und Verhärtungen zu vermeiden
Blindmelken	entsteht bei einem Milchfluß unter 200 g/min	muß durch rechtzeitiges Nachmelken (Arbeitsorganisation) oder durch teilautomatisierte Melkzeuge vermieden werden (s. Seite 319)	bei abnehmendem Milchfluß klettern die Zitzenbecher und klemmen den oberen Zitzenkanal ab; dadurch: Zusammenpressen und Reiben der Zitzenkanäle; erhöhte Vakuumbelastung des Zitzenkanales und der Drüsenzisterne
Nachmelken	Abmelken der Restmilch (etwa 0,3 kg/Melken); anzustreben ist ein möglichst vollständiger Milchentzug ohne besonderes Nachmelken	kurzes Belasten der Melkzeuge mit der Hand; Ausstreifen und Kontrollieren des Euters; Abnahme des Melkzeuges ohne Vakuumeinbruch; Zitzendesinfektion (Dippen)	durch Druck auf die Melkzeuge wird die Verbindung zwischen Drüsen- und Zitzenzisterne wieder hergestellt

Tabelle 147 Wechselwirkungen zwischen Milchabgabe und technischen Kennwerten.

technischer Kennwert	Einstellung	Maschinen-Hauptgemelk	Nachgemelk	Euterhygiene
Melkvakuum	hoch	kurz	lang	ungünstig
	niedrig	lang	kurz	günstig
Pulszahl Saugphase	schnell	kurz	lang	ungünstig
	lang			
Pulszahl Saugphase	langsam	lang	kurz	günstig
	kurz			

2.1.2 Aufbau einer Melkanlage

Aufgrund der engen Wechselwirkung zwischen Melkphysiologie und Technik werden an Melkanlagen hohe **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Stabiles Betriebsvakuum an der Zitze,
- ▶ gleichmäßige Pulsation,
- ▶ schonende Milchableitung,
- ▶ leichtes Reinigen der Anlage.

Bei den Melkanlagen sind zwei Bauarten üblich: Eimermelkanlagen und Rohrmelkanlagen.

Eimermelkanlagen – Hier fließt die Milch über den

langen Milchschauch direkt in den Melkeimer. Dieser ist an die Vakuumleitung angeschlossen und steht unter Vakuum. Da die Milch ohne langen Transport kurz nach den Melkzeugen ausgeschieden wird, herrschen in Eimermelkanlagen günstige vakuumtechnische Bedingungen. Dem steht der schwere und zeitraubende Umgang mit dem Melkeimer entgegen.

Rohrmelkanlagen (Abb. 375) – Das Vakuum wird über zwei Leitungen in den Stall geführt. Die **Vakuumleitung** versorgt den Pulsator und erzeugt den periodischen Unterdruck im Melkbecherzwischenraum. Ihr Durchmesser richtet sich nach der Zahl der Melkzeuge.

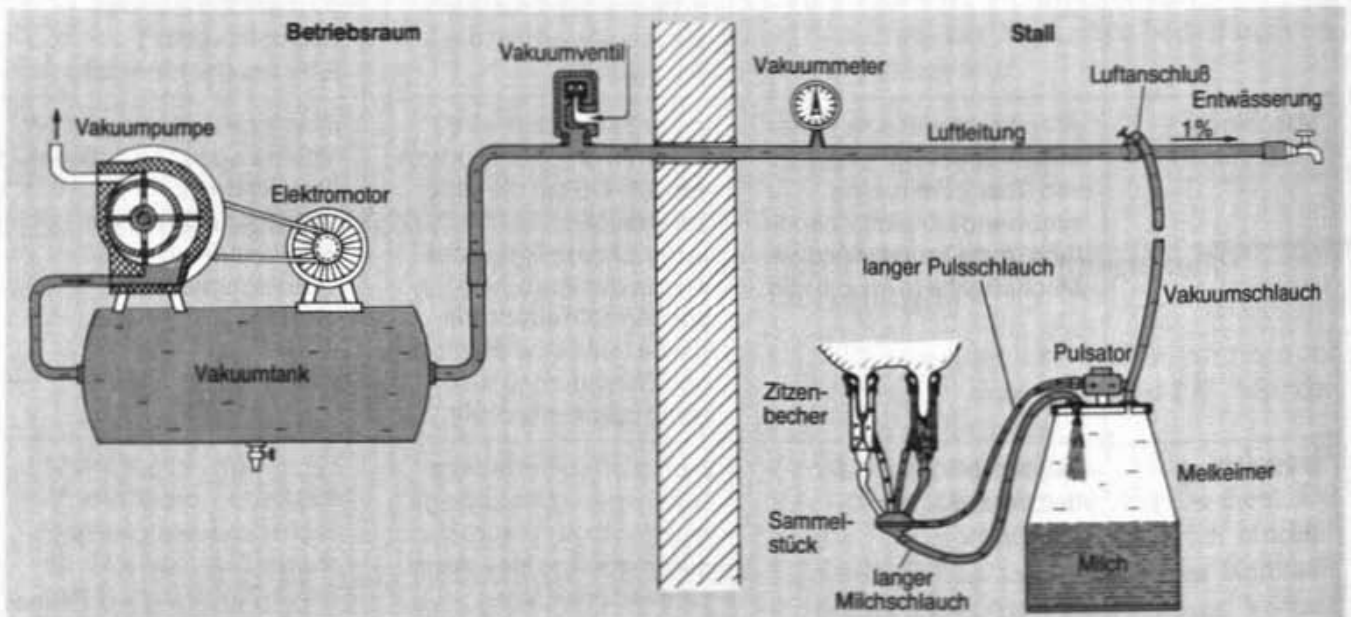


Abb. 374 Aufbau einer Eimermelkanlage.

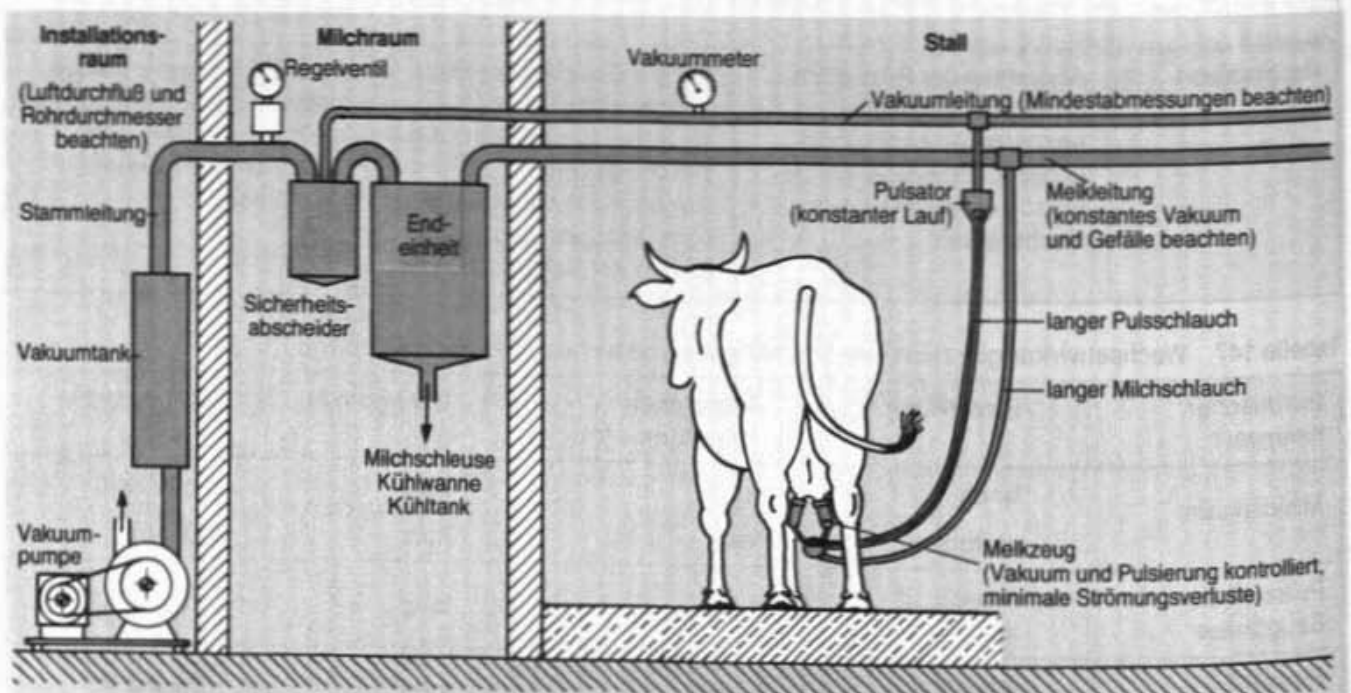


Abb. 375 Aufbau einer Rohrmelkanlage.

Tabelle 148 Bauarten von Pulsatoren.

technischer Kennwert	Pulsatoren	Merkmal	Beurteilung
Antrieb	pneumatisch; geschlossener Pulsator	pneumatisch, Flüssigkeits- dämpfung	für alle Melkanlagen geeignet; vakuumabhängig
	elektrischer Pulsator	elektrisch, Magnetventile	hohe Puls Konstanz; einfache Bauweise, Niedrigstrom- versorgung erforderlich
Pulsierung	Gleichtakt (simultane Pulsierung)	gleichzeitig bei allen Bechern eines Melkzeuges	größere Vakuumbelastung; »Zitzenbaden« und Infektions- übertragung wird verhindert
	Wechseltakt ¹⁾ (alternierende Pulsierung)	abwechselnd bei jeweils der Hälfte eines Melkzeuges	ausgeglichene Vakuumbean- spruchung; Gefahr des »Zitzenbadens«
Steuerung	Einzelsteuerung	jeder Pulsator arbeitet unabhängig	ausgeglichene Vakuumbela- stung; aufwendige Bauweise
	Zentralsteuerung	alle Pulsatoren werden zentral gesteuert	einfache Bauweise; ungleiche Belastung des Vakuums

¹⁾ Bei Wechseltakt pulsierung kann es vorkommen, daß infolge Verschmutzung oder Verschleiß die Pulscurven für beide Pulsatorseiten nicht mehr absolut deckungsgleich sind. Der Unterschied im Saugtakt wird als Saugtakt Differenz oder Hinken bezeichnet und in Prozent angegeben (nicht über 5% Abweichung).

Tabelle 149 Technische Anforderungen an Melkanlagen nach DIN 11 845.

Merkmal	Anforderungen	erlaubte Abweichung	Bemerkungen
Melkvakuum	(0,4)–0,5 bar	± 0,02 bar	höheres Vakuum = schnelle Milch- abgabe, aber höheres Nachgemelk; entsteht bei Melkzeugwechsel; durch Reserve Luft auszugleichen;
Vakuumkonstanz (bei 10 l Lufteintritt)	Rohrmelker Eimermelker	0,2 bar/s 0,4 bar/s (Vakuumabsen- kung)	
Pumpenleistung (Luftdurchlaß)	Eimermelkanlage: (50 l/min + 60 l/min je ME ¹⁾ Rohrmelkanlage: 150 l/min + 60 l/min je ME ¹⁾		Mindestleistung, die auch bei älteren Pumpen erbracht werden muß
Pulszahl Pulsverhältnis Druckphase Saugtakt Differenz	50–60 DT/min ²⁾ 50–70% 15%	± 5% ± 5% ± 5%	höherer Saugtaktanteil führt zur schnelleren Milchabgabe, aber zu höherem Nachgemelk; »Hinken« bei Wechseltakt pulsatoren ³⁾
Vakuumleitungen (Innendurchmesser)	bei einer Pumpenleistung von: Ø 300 l/min 25 mm 300–600 l/min 32 mm 600–1000 l/min 40 mm 1000 l/min 50 mm		gilt nur für Stammleitungen; bei Verzweigungen entsprechend weniger; mind. 0,4% Gefälle; keine Rohrwinkel und Verengungen
Milchleitungen einfache Leitung Ringleitung	Länge Ø 20 m/2 ME 32 mm 30 m/3 ME 38 mm 30 m/12 ME 38 mm 60 m/5 ME 34 mm		keine Steigungen in der Leitung; Ring- leitungen und Doppeleinlauf in Milchab- scheider bevorzugen

¹⁾ Melkeinheit. ²⁾ Doppeltakte je Minute. ³⁾ s. Tabelle 148.

Die **Melkleitung** führt das Vakuum in den Melkbecherinnenraum und sorgt gleichzeitig für den Abtransport der Milch. Dabei kann es zu Vakuumverlusten und Vakuumschwankungen an der Zitze (Betriebsvakuum) kommen. Melkleitungen müssen so bemessen und angeordnet sein, daß zwischen Nennvakuum und Betriebsvakuum kein größerer Vakuumabfall als 3 kPa auftritt, wenn alle Melkzeuge in Betrieb sind. Ein *stabiles Betriebsvakuum* ist zu erzielen durch:

- ▶ Ausreichenden Durchmesser der Melkleitung (Tabelle 148, Seite 317, nennt Mindestwerte);
- ▶ ebene Melkleitung bzw. leichtes Gefälle zum Milchabscheider hin;
- ▶ Ringleitung mit zwei Einläufen in den Milchabscheider bei mehrreihiger Aufstallung und bei Melkständen;
- ▶ Unterflurleitung in Melkständen oder Spezialmelkzeuge in Anbindeställen.

Pulsator – Dieser steuert den Wechsel zwischen

Bauart	Funktion	Beurteilung
<p>Standardmelkzeug</p>	<p>Zwei-Raum-Zitzenbecher: im Innenraum herrscht zum Absaugen der Milch ein ständiger Unterdruck von 0,4–0,5 bar; die Saugphase wird periodisch durch die Entlastungsphase unterbrochen, wozu in den Zwischenraum abwechselnd Unterdruck und atmosphärische Luft eingelassen wird (Stimulation und Massage)</p>	<p>für Eimermelkanlagen, Rohrmelkanlagen mit günstigen Vakuumbedingungen und Melkstände (Unterflurleitungen)</p>
<p>Melkzeug mit periodischem Luftereinlaß</p>	<p>Luftereinlaß durch Ventil oder speziellen Schauglaseinsatz in den Innenraum während des Entlastungstaktes; die einströmende atmosphärische Luft führt zu schonender Zitzenbehandlung</p>	<p>verbesserte Vakuumverhältnisse an der Zitze, besonders bei hochverlegten Rohrmelkanlagen</p>
<p>Melkzeug mit Milch-Luft-Trennung</p>	<p>Trennung von Melk- und Transportvakuum durch ein spezielles Milchsammelstück</p>	<p>verminderte Vakuumverluste</p>

Abb. 376 Bauarten von Melkzeugen.

Saugphase und Entlastungsphase. Anzustreben ist eine konstante Pulszahl (45–60 Pulszyklen je Minute) und eine gleichbleibende Saugphase (50–75%). Je nach Bau und Funktion der Pulsatoren sind die in Tabelle 149 (Seite 317) genannten Bauarten und Systeme möglich.

Melkzeug – Es besteht aus der Zitzenbecherhülse (Nirostastahl), dem Zitzengummi, den kurzen Milch- und Pulsschläuchen und dem Milchsammelstück. Der *Zitzengummi* soll schmiegsam, beständig gegenüber Milchfett und Reinigungsmitteln sein und die Spannung möglichst lange behalten. Das *Sammelstück* soll so konstruiert sein, daß die Milch ohne Stauung abfließen kann und das Zurückströmen der Milch in die Zitze (Zitzenbaden) verhindert wird. Dazu muß es ausreichend groß und strömungstechnisch günstig gestaltet sein. Der Lufteinlaß (10 l/min) muß ständig gereinigt sein.

Abb. 376 zeigt übliche Melkzeuge. Neben verbesserten Standardmelkzeugen wird versucht, durch Melkzeuge mit periodischem Lufteinlaß oder durch eine Trennung von Melk- und Transportvakuum ein stabiles Melkvakuum während der Saugphase auch unter schwierigen Vakuumbedingungen zu erzielen.

2.1.3 Teilautomatische Melkanlagen

Teilautomatisierte Melkanlagen erleichtern oder übernehmen einige Überwachungs- und Routinearbeiten. Folgende **Systeme** sind üblich:

- ▶ **Milchflußanzeiger** sind eine Vorstufe teilautomatisierter Melkzeuge. Sie signalisieren durch Zeiger, Lampen oder ein gut sichtbares Schauglas das Ende des Milchflusses. Sie machen den Melker auf die Gefahr des Blindmelkens aufmerksam und vermeiden so unnötige Kontrollwege oder ein verfrüht einsetzendes Nachmelken.
- ▶ **Abschaltautomaten** verhindern selbsttätig ein schädliches Blindmelken. Sinkt gegen Ende des Melkens der Milchfluß unter 200 g/min, so wird nach einer Verzögerung von ca. 20 s der Melkvorgang unterbrochen. Das geschieht durch Abschalten der Pulsatoren im Entlastungstakt. Das Melkzeug bleibt am Euter haften, eine Blutsammlung in der Zitze wird jedoch durch mechanisches Zusammenpressen des Gewebes trotz bestehenden Vakuums weitgehend vermieden. So-

fern die Abschaltphase nicht unphysiologisch lang dauert, kann nach Wiedereinschalten der Pulsierung maschinell nachgemolken werden.

Der Abschaltautomat erspart Kontrollwege und erlaubt mehr Melkzeuge je AK, ohne daß negative Auswirkungen auf die Eutergesundheit zu befürchten sind.

- ▶ **Abnahmeautomaten** nehmen die Melkzeuge nach Beendigung des Milchflusses automatisch ab. Dies geschieht nach Belüftung der Melkzeuge mit einer Abnahmeschnur oder einem Abnahme-arm. Abnahmeautomaten sind nur bei völligem Verzicht auf das maschinelle Nachmelken sinnvoll. Die arbeitswirtschaftlichen Vorteile sind dabei weniger durch die Zeiteinsparung beim Abnehmen, sondern durch das Einsparen von Arbeitswegen gegeben.
- ▶ **Milchflußgesteuerte Anlagen** steuern Melkvakuum und Pulsierung in Abhängigkeit vom Milchfluß.

Neben der Minderung der Blindmelkgefahr wird zusätzlich eine »Mechanisierung« des Anrüstens und des Nachmelkens angestrebt.

In Abb. 377 (Seite 320) sind die verschiedenen Formen teilautomatisierter Melkanlagen einander gegenübergestellt.

2.1.4 Organisation der Melkarbeiten

Die Arbeitsleistung beim Melken wird bestimmt von

- ▶ der Länge des Maschinenhauptgemelkes,
- ▶ dem Zeitaufwand für die Routinearbeiten,
- ▶ den Wegezeiten (Rüstzeiten).

Daraus kann die **maximale Arbeitsleistung** beim Melken nach untenstehender Formel berechnet werden.

Diese maximale Arbeitsleistung ist in der Praxis aber nur dann zu verwirklichen, wenn eine ausreichende Zahl von Melkzeugen von einer Arbeitskraft gleichzeitig bedient wird (s. unten).

Das *Maschinenhauptgemelk* dauert 3–8 min/Kuh und Melken. Bei konventionellen Melkanlagen muß von schnellmelkenden Kühen ausgegangen werden, damit ein Blindmelken vermieden wird. Auf längermelkende Kühe muß dagegen gewartet werden. Teilautomatisierte Melkanlagen mindern die Gefahr des Blindmelkens, so daß die Zahl der Melkeinheiten

$$\text{Kühe/AKh} = \frac{60 \text{ (min)}}{\text{Summe der Routinezeiten (je Kuh, min) + Wegezeit (je Kuh, min)}}$$

$$\text{Melkeinheiten/AK} = \frac{\text{Dauer des Maschinen-Hauptgemelkes (min)}}{\text{Summe der Routinezeiten (je Kuh, min) + Wegezeit (je Kuh, min)}}$$

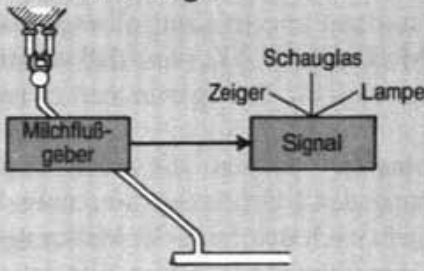
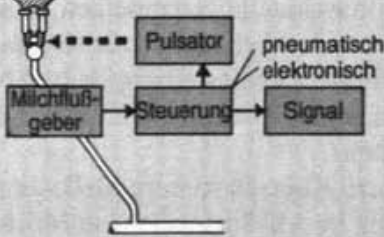
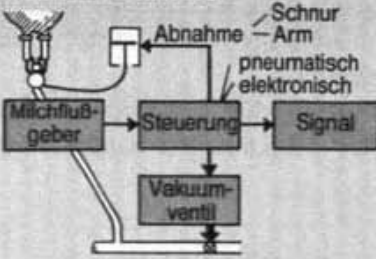
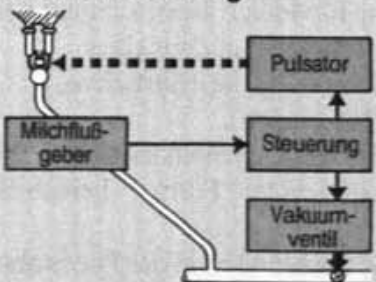
Bauarten	Beurteilung	Kapitalbedarf
Milchflußanzeiger 	<i>Vorteil:</i> billig, erleichtert Überwachung der Melkzeuge (MZ) <i>Nachteil:</i> Blindmelken wird nicht gemindert <i>Zuordnung:</i> Anbindestall: 3–(4) ME Melkstand: 2x4–(2x5)	70–130 DM
Abschaltautomat 	<i>Vorteil:</i> mindert Blindmelken, dadurch mehr Melkeinheiten (ME) je AK möglich <i>Nachteil:</i> keine Mechanisierung von Routinearbeiten <i>Zuordnung:</i> Anbindestall: 4–(5) ME Melkstand: 2x5–2x6	650–850 DM
Abnahmeautomat 	<i>Vorteil:</i> automatische Abnahme schließt Blindmelken aus und spart Arbeitswege <i>Nachteil:</i> setzt vollständige Milchabgabe ohne Nachmelken voraus <i>Zuordnung:</i> Melkstand 2x6–(2x8)	900–2000 DM
Milchflußsteuerung 	<i>Vorteil:</i> Mechanisierung von Anrüsten und Nachmelken teilweise möglich; mindert Blindmelken <i>Nachteil:</i> Handarbeit wird derzeit noch nicht voll ersetzt, Entwicklung noch nicht abgeschlossen <i>Zuordnung:</i> Anbindestall: 4–(5) ME Melkstand: 2x5–2x6	700–1000 DM

Abb. 377 Formen teilautomatisierter Melkzeuge.

nach dem längeren Maschinenhauptgemelk ausgelegt werden kann. Wartezeiten entfallen dadurch und die Arbeitsleistung steigt beträchtlich.

Die *Routinearbeiten* dauern in der Praxis von 0,7–3,0 min/Kuh und Melken und bestimmen dadurch entscheidend die Arbeitsleistung beim Melken. Insbesondere die Nachmelkarbeiten sind in der Praxis beträchtlich und beanspruchen bis zu 50% der gesamten Routinearbeiten. Anzustrebende Planzeiten für die Routinearbeiten und Verbesserungsmöglichkeiten sind in Tabelle 150 zusammengefaßt.

Abb. 378 zeigt den Arbeitsablauf beim Melken mit 2 und 3 Melkeinheiten.

Die Arbeitskraft (Abb. 378) rüstet Kuh A an und hängt das Melkzeug 1 an. Nun arbeitet die Melkmaschine selbsttätig; diese Zeit wird als Maschinenhauptgemelk bezeichnet. In dieser Zeit kann nun die Arbeitskraft zu einem anderen Tier (Kuh B) gehen, nachmelken und Melkzeug 2 abnehmen. Dieses Melkzeug wird nun zu Kuh C umgesetzt, bei einem hohen Zeitaufwand für diese einzelnen Routinearbeiten wird nun bei Kuh A das Maschinenhauptgemelk zu Ende gehen. Die Arbeitskraft muß also möglichst umgehend zu diesem Tier gehen, nachmelken und die Melkzeuge abnehmen.

Werden diese einzelnen Routinearbeiten dagegen sehr schnell erledigt, kann die Arbeitskraft während der gleichen Zeit für das Maschinenhauptgemelk durchaus noch ein weiteres Melkzeug gleichzeitig bedienen. Folglich steigt auch

Tabelle 150 Richtwerte für den Arbeitszeitbedarf beim Melken.

Routinearbeit	Arbeitszeitbedarf s/Kuh und Melken	Verbesserungsmöglichkeiten
Eintreiben der Kühe (nur Melkstand)	10	ruhiger Umgang mit den Tieren, Umtrieb vom Liegen zum Fressen, gerader Zutrieb zum Melkstand, Lockfuttergabe
Euter vorbereiten (Reinigen, Vormelken, Anrüsten)	15–30	saubere Euter durch gute Aufstallung; Zitzen und Euter trocken abreiben, ersten Strahl abmelken, Zitzen massieren; maschinelles Anrüsten
Melkzeuge ansetzen	10	Melkzeuge sofort nach Anrüsten ansetzen
Ausmelkgriffe	15–30	nur bei wirklichem Milchflußende nachmelken, besseres Erkennen durch Milchflußanzeiger; Selektion auf kurzes Nachgemelk; technisch richtig ausgelegte und gepflegte Melkanlage; Tiere nicht an langes Nachgemelk gewöhnen
Melkzeugabnahme und Zitzendesinfektion	10	Vakuumeinbruch durch Absperrventil vermeiden; bei Großmelkständen gegebenenfalls Abnahmeautomaten
Austreiben (nur Melkstand)	7	s. Eintreiben

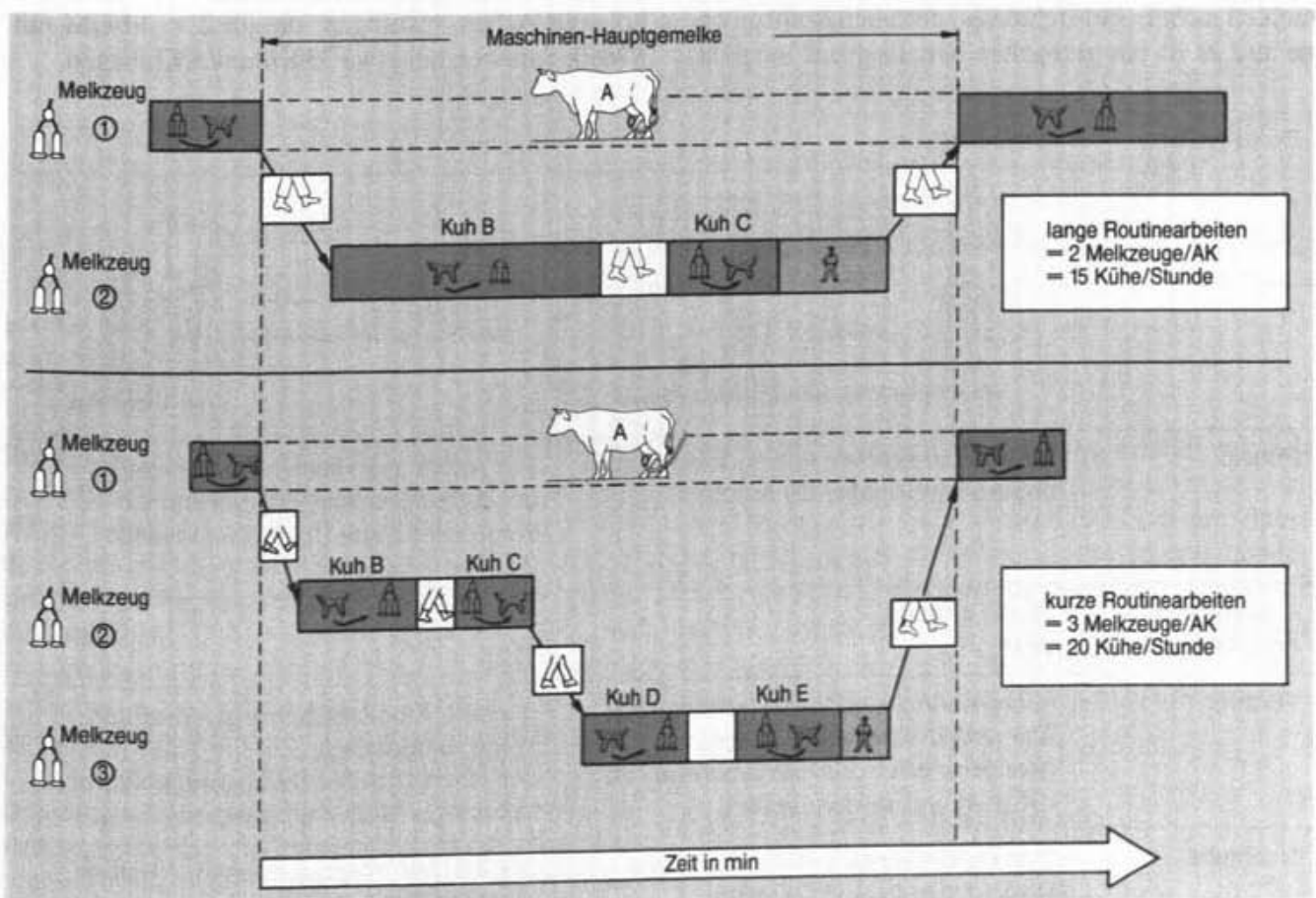


Abb. 378 Arbeitsablauf beim Melken mit zwei und drei Melkeinheiten pro Arbeitskraft bei langen und kurzen Routinearbeiten.

die Arbeitsleistung um ein weiteres Drittel. Höhere Arbeitsleistungen beim Melken sind also durch mehr Melkzeu-

ge/AK möglich. Voraussetzung dafür sind aber kurze Routinearbeiten und kurze Wege.

2.1.5 Melkverfahren

Voraussetzung für hohe Arbeitsleistungen beim Melken sind eine gute Übersicht, eine günstige Arbeitshaltung und kurze Wege von Euter zu Euter. Hier bieten Anbindestall und Melkstand unterschiedliche Voraussetzungen.

Melkverfahren im Anbindestall – Bei der **Eimermelkanlage** sind etwa 20 m/Kuh und Melkeinheit zurückzulegen (Abb. 379). Hinzu kommt der körperlich anstrengende Milchtransport, so daß eine Arbeitskraft nur bis zu 2 Melkeinheiten gleichzeitig bedienen kann. Dadurch können im Durchschnitt nur etwa 13 Kühe pro Arbeitskraft und Stunde gemolken werden, wobei in der Praxis erhebliche Streuungen zu beobachten sind.

Bei **Rohrmelkanlagen** entfällt der Milchtransport, so daß eine Arbeitskraft 3 Melkzeuge gleichzeitig bedienen und so im Durchschnitt etwa 20 Kühe/h melken kann. Der Einsatz von *Milchflußanzeigern* verbessert den Arbeitsablauf und ermöglicht unter günstigen Bedingungen sogar den Einsatz von 4 Melkeinheiten je Arbeitskraft.

Eine weitere Steigerung der Melkzeugzahl erfordert *teilautomatisierte Melkanlagen*. Da hier ein Blindmelken nicht zu befürchten ist, entfallen Kontrollwege und es ist ein geregelter Arbeitsablauf möglich.

Dadurch können ohne Überlastung 4–5 Melkzeuge von einer Arbeitskraft bedient und zwischen 30–40 Kühe/h gemolken werden. Der Arbeitsweg sinkt auf 15 m/Kuh.

Melkverfahren im Melkstand – Im **Durchtreibe-** und **Tandemmelkstand** stehen die Kühe längs der Melkgrube. Beim Durchtreibemelkstand werden die Kühe gruppenweise, beim Tandemmelkstand einzeln aus- oder eingetrieben. Durchtreibemelkstände sind einfach, platzsparend und billig. Sie sind deshalb bei kleineren Herden üblich. Tandemmelkstände sind wesentlich aufwendiger, erlauben aber ein besseres Anpassen der Arbeitsorganisation an die unterschiedlichen Maschinenhauptgemelke der Kühe. Üblich sind Durchtreibemelkstände mit 2×2 Buchten und 2–4 Melkeinheiten sowie 1×3 Tandemmelkstände mit 3 Melkzeugen. Mit diesen Melkständen werden ähnliche Arbeitsleistungen wie beim Melken in Anbindeställen erzielt. Sie sind deshalb nur für kleinere Laufstallbetriebe zu empfehlen.

Beim **Fischgrätenmelkstand (FGM)** sind durch Schrägstellen der Kühe bei kurzen Arbeitswegen und geringem Platzbedarf größere Melkstände möglich. Die Ausrüstung mit Einzelmelkzeugen für jede Bucht führt zu einer Entflechtung der Arbeit und zu höheren Arbeitsleistungen, die im 2×4 -FGM mit 8 Melkeinheiten bei etwa 33 Kühen/AKh liegen.

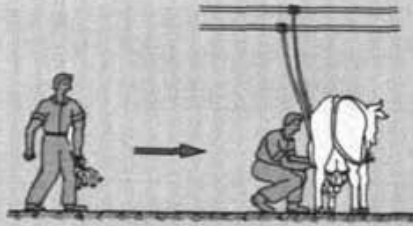
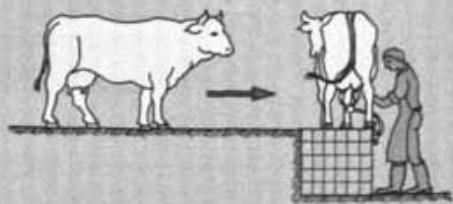
Beschreibung	Anbindestall	Laufstall
		
Prinzip	Arbeitskraft geht zur Kuh und verrichtet in ungünstiger Haltung die Arbeit	Tier kommt zum Melker; dieser kann in günstiger Arbeitshaltung bei kurzen Wegen und guter Übersicht die Melkarbeiten erledigen
Arbeitswege Arbeitsbelastung	15–20 m/Kuh 120%	5–8 m/Kuh 100%
Vorteile	geringere Vor- und Nacharbeiten; kein Ein- und Austreiben der Kühe; geringerer Bau- und Kapitalaufwand bei mittleren und kleinen Herden	günstige Arbeitsbedingungen (Haltung, Wege, Umgebung); bessere technische Bedingungen (kurze, tiefverlegte Milchleitungen)
Nachteile	anstrengende Arbeitshaltung, längere Wege und höhere Unfallgefahr; lange Milchleitungen und Hochfördern der Milch führen zu unstabilem Vakuum	zusätzlicher Arbeitsaufwand für Treiben und Melkstandreinigung; zusätzlicher Gebäudebedarf und höherer Kapitalaufwand bei kleinen und mittleren Herden

Abb. 379 Vergleich der Melkverfahren im Anbindestall und Melkstand (ALB).

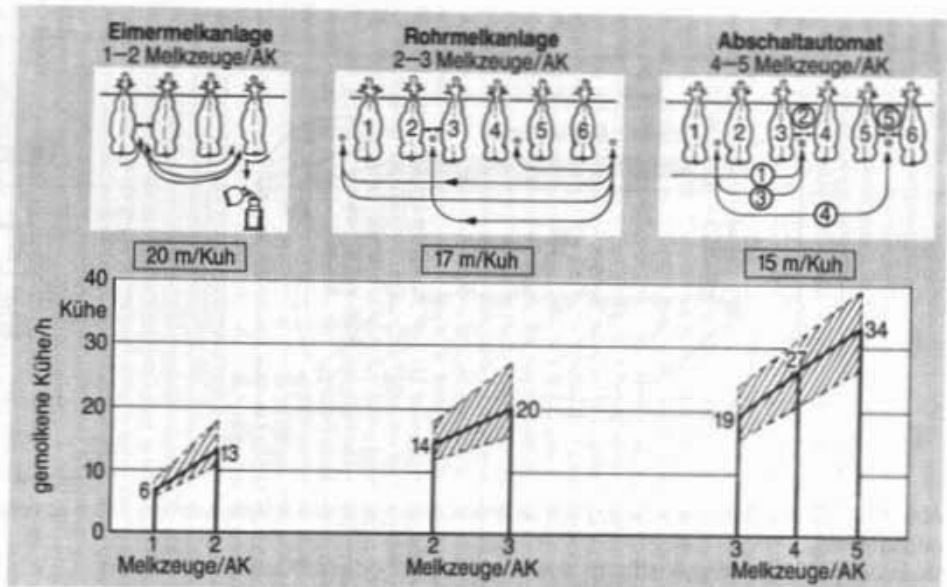


Abb. 380 Arbeitsorganisation und Arbeitsleistung beim Melken im Anbindestall.

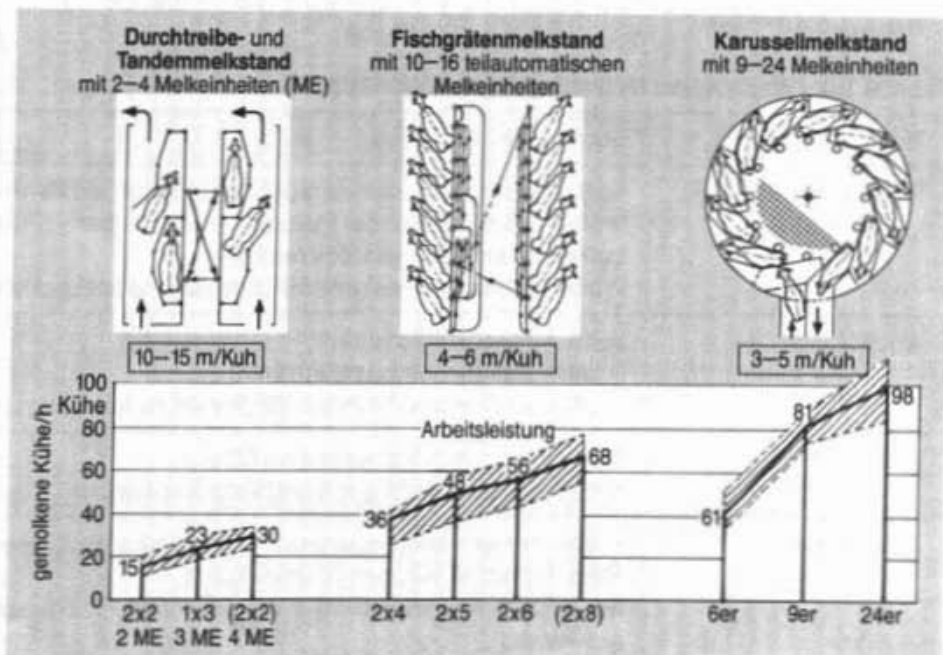


Abb. 381 Arbeitsorganisation und Arbeitsleistung beim Melken in Melkständen.

Der Einsatz von *Abschaltautomaten* bzw. *milchflußgesteuerten Geräten* ist erst im 2×5 - bis 2×6 -Fischgrätenmelkstand sinnvoll. Dadurch ist ein geordneter Arbeitsablauf ohne Überlastung des Melkers und eine Arbeitsleistung von 40-60 gemolkene Kühe/AKh möglich.

Abnahmeautomaten sind erst ab 2×6 -Fischgrätenmelkständen sinnvoll, wenn auf das Nachmelken völlig verzichtet wird. Im 2×8 -Fischgrätenmelkstand sind dann bis zu 70 gemolkene Kühe/AKh möglich. Der Fischgrätenmelkstand gilt als Standardmelkstandform (Abb. 382, Seite 324). Bei beengten Gebäudeverhältnissen kommen »Side-by-Side-Melkstände« zum Einsatz, bei denen die Tiere im rechten Winkel zum Melkflur stehen. Die Melkzeuge werden durch die Hinterbeine der Kühe angesetzt.

Der **Rundmelkstand** (Karussell) bietet mit 3-5 m Arbeitsweg/Kuh optimale Bedingungen, die aber durch

erheblichen technischen Aufwand erkauft werden müssen. Voll zu nutzen sind die arbeitswirtschaftlichen Vorteile nur beim Fortfall des Nachmelkes, beim Einsatz von Abnahmeautomaten und mindestens 9, besser 12 Buchten. Im letzteren Fall sind Arbeitsleistungen von 80 gemolkene Kühe/AKh zu verwirklichen. Kleinere Melkkarusselle bringen dagegen kaum Vorteile gegenüber dem funktionssicheren Fischgrätenmelkstand.

2.1.6 Wartung und Reinigung von Melkanlagen

Technisch veraltete und mangelhaft gepflegte Melkanlagen führen zu langen Nachmelkzeiten, zu Eutererkrankungen und zu schlechter Milchqualität. Eine ständige Wartung der Melkanlage ist deshalb besonders wichtig (Tabelle 151, Seite 324).

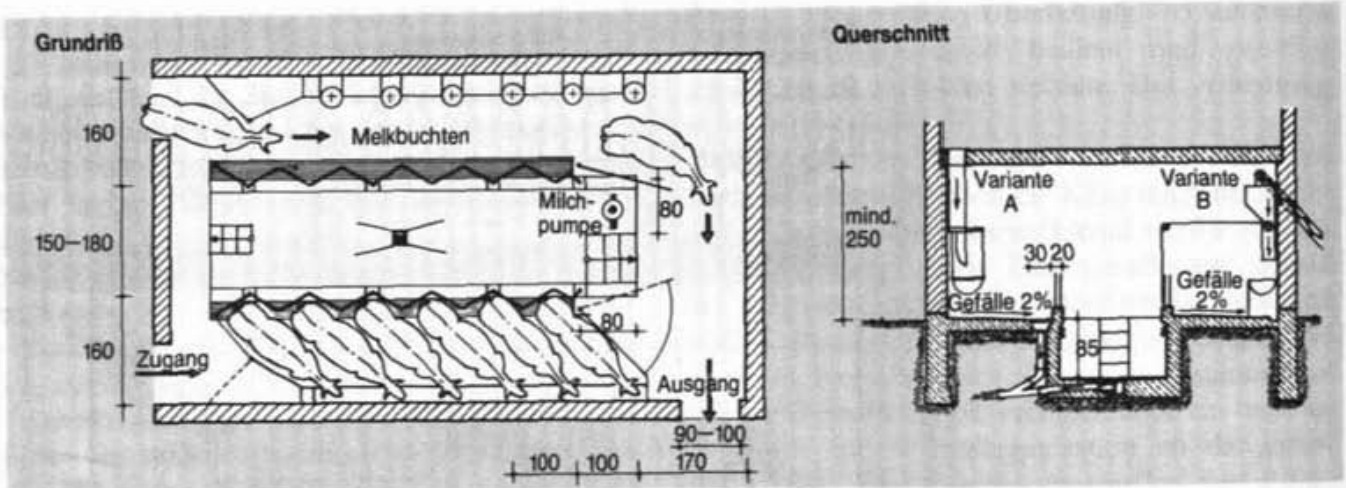


Abb. 382 Fischgrätenmelkstand (2 x 6; je Melkbuchtenpaar ist der Melkstand um 1,10 m zu verlängern oder zu verkürzen) (Maße in cm).

Variante A: Deckenlastige Kraftfutterlagerung; Buchtenboden mit Gefälle zum Kotrost

Variante B: Kraftfutterlagerung im Silo; Schneckenförderung, Buchtenboden ohne Kotrost und mit Gefälle zur offenen Abflußrinne

Tabelle 151 Wartung der Melkanlagen (nach WORSTORFF).

Zeit	Überprüfen und Pflege
täglich	Kontrolle des Vakuummeters auf Nullanzeige und Nennvakuum; Prüfen und Einstellen der Pulszahl bei einstellbaren Pulsatoren; Luftleinlaß am Sammelstück reinigen; Prüfen der kurzen Puls- und Milchschräuche auf Leckstellen
wöchentlich	Vakuumregelventil säubern; Ölstand der Vakuumpumpe prüfen; Prüfen der Zitzengummis auf Verdrehen, Aufrauhung und Beschädigungen
monatlich	Pulsator reinigen, insbesondere Filter; Milchhähne auf Dichtigkeit und Verdrehen prüfen
halbjährlich	Prüfen der Keilriemenspannung bei der Vakuumpumpe; Vakuumpumpe reinigen (Kühlwirkung); Spülen von Vakuumleitung und Vakuumtank (auch nach jedem »Übermelken« notwendig); Zitzengummi auswechseln; Milchleitung und Verschraubungen auf Dichtigkeit überprüfen

Besondere Sorgfalt ist auf die **tägliche Reinigung und Desinfektion** der Melkanlage zu legen. Dazu sind DLG-geprüfte Spezialmittel erforderlich, welche wenig schäumen und gleichzeitig desinfizieren (Dosierung etwa 100 cm³ für 20 l Wasser). Bei »hartem« Wasser sind spezielle Mischungen empfehlenswert. Im **wöchentlichen Abstand** ist eine *Generalreinigung* der Melkanlage notwendig, bei der Melkzeuge, Melkeimer, Hähne usw. auseinandergenommen und gesondert gereinigt werden. Bei dieser Reinigung sind saure Mittel empfehlenswert, um Kalkablagerungen zu beseitigen.

Das Rüsten und Reinigen von Melkanlagen erfordert einen Zeitaufwand, der weitgehend unabhängig von der Herdengröße ist (Tabelle 152).

Tabelle 152 Zeitaufwand (min/Herde) je Melken für Rüsten und Reinigen.

Eimermelkanlagen	15–20
Rohrmelkanlagen	20–30
Fischgrätenmelkstände	25–45

2.1.7 Vergleich der Arbeitsverfahren für das Melken

Ein Vergleich der verschiedenen Melkverfahren muß Arbeitsleistung, Kapitalbedarf und Kosten berücksichtigen. Die wichtigsten Kennwerte sind in Tabelle 153 zusammengefaßt.

Tabelle 153 Vergleich und Zuordnung verschiedener Melkverfahren.

Melkverfahren	gemolkene Kühe/h und AK	Kapitalbedarf		empfohlene Herdengröße (Kühe)
		technische Einrichtung DM	zusätzlicher Bauaufpreis ²⁾ DM	
Eimermelkanlage, 2 ME ¹⁾	13 (3–15)	8 000	–	5–15
Rohrmelkanlage, 3 ME	20 (15–25)	17 000	–	12–25
Abschaltautomaten, 4–5 ME	35 (30–40)	24 000	–	25–50
Fischgrätenmelkstand: 2 × 4, 4 konventionelle ME	30 (25–30)	30 000	14 000	Übergangslösung 40–60
2 × 5, 10 teilautomatische ME	45 (40–50)	40 000	20 000	
2 × 6, 12 teilautomatische ME	55 (50–60)	47 000	24 000	ab 60
2 × 8, 16 Abnahmeautomaten	70 (65–75)	64 000	28 000	ab 100
Rundmelkstand mit 12 Buchten und Abnahmeautomat	bis 80	110 000	50 000	ab 150

¹⁾ ME = Melkeinheiten. ²⁾ 200,- DM/m³.

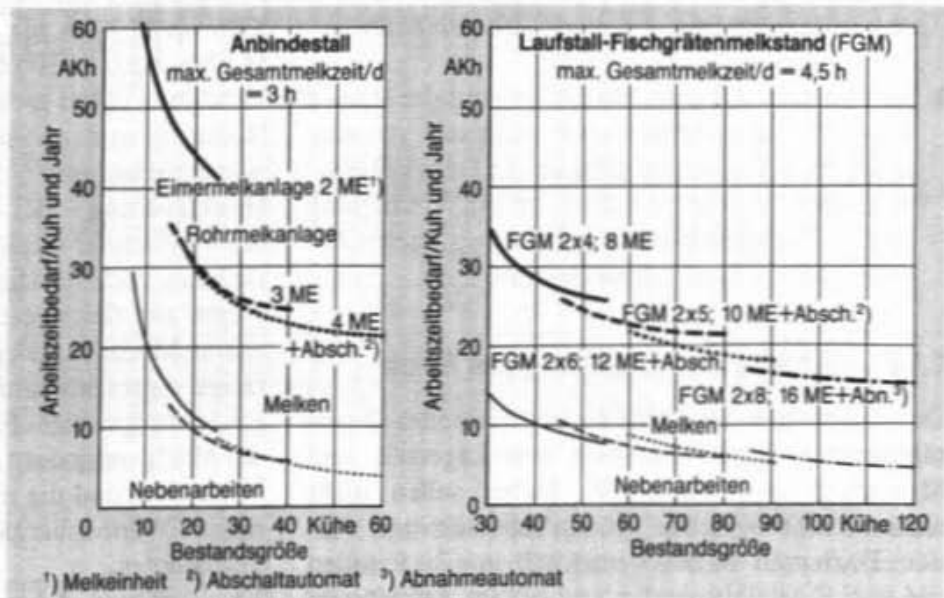


Abb. 383 Arbeitszeitbedarf für die gesamten Melkarbeiten im Anbindestall und Fischgrätenmelkstand (ALB).

Der **Arbeitszeitbedarf** der verschiedenen Melkverfahren (Abb. 383) setzt sich aus den eigentlichen Melkarbeiten und den Vor- und Nacharbeiten für die Reinigung und Pflege zusammen. Letztere sind von der Herdengröße weitgehend unabhängig und belasten deshalb kleinere Herden je Kuh erheblich. Dies ist der Grund, warum moderne Melkverfahren mit höheren Rüstzeiten erst bei größeren Beständen Arbeitszeiteinsparungen ermöglichen.

Neben dem Arbeitszeitbedarf ist für die Auswahl der Melkverfahren auch der **Kapitalbedarf** zu beachten. Dabei zeigt sich, daß Melkstände, vor allem wegen der zusätzlichen Gebäude, einen wesentlich höheren Kapitalbedarf erfordern. Dieser wird in größeren Beständen durch eine höhere Arbeitsleistung gerechtfertigt.

Bei einem **Vergleich** sind die Melkverfahren wie folgt einzuordnen:

- ▶ Für Herden bis 25 Kühe sind Rohmelkanlagen mit 2–3 Melkeinheiten und Milchflußendanzeiger zu empfehlen.
- ▶ Bei größeren Herden in vorhandenen Anbindeställen ermöglichen Abschaltautomaten bzw. milchflußgesteuerte Melkanlagen eine kostengünstige arbeitswirtschaftliche Sanierung, die für Herden bis zu 50 Kühen genügen kann.
- ▶ Durchtreibe- und Tandemmelkstände sind bei kleinen Laufställen üblich. Sie erleichtern die Arbeit, bringen aber gegenüber dem Melken im Anbindestall keine Arbeitszeiteinsparungen.
- ▶ Betriebe, die neu bauen und sich auf die Milchviehhaltung mit Herden über 40 Kühen spezialisieren, sollen den Fischgrätenmelkstand mit Abschaltautomaten oder milchflußgesteuerten Geräten wählen. Die untere Größe liegt beim 2 × 5-Fischgrätenmelkstand; bei langfristiger Planung ist der 2 × 6-Fischgrätenmelkstand mit 12 Melkeinheiten als optimale Größe anzusehen. Melkstände sind in spezialisierten Milchviehbetrieben auch wegen des größeren Arbeitskomforts zu bevorzugen.
- ▶ Für Milchviehhalter mit Herden über 80 Kühen können wegen der beschränkten Zeitspanne für das Melken große Fischgrätenmelkstände – ausgerüstet mit automatischer Melkzeugabnahme – interessant werden, soweit die Herden dafür geeignet sind.
- ▶ Für Herden mit über 150 Kühen wird der Rundmelkstand mit Abnahmeautomatik auch von den Kosten her gesehen interessant. In Fremdarbeitsbetrieben ist aber zu prüfen, ob ein funktionssicherer Fischgrätenmelkstand trotz geringerer Arbeitsleistung nicht vorzuziehen ist.

2.1.8 Kühlung und Lagerung der Milch

Der Keimgehalt der Milch als bestimmendes Qualitätsmerkmal wird wesentlich von Lagerzeit und Milchttemperatur beeinflusst. Dabei sollen nicht mehr als 100 000 Keime pro cm^3 überschritten werden. Dazu muß die Milch innerhalb von 2½ Stunden auf + 4° C gekühlt werden und bis zur Ablieferung bei dieser Temperatur gehalten werden. Dies gilt insbesondere für die zweitägige Stapelung der Milch, die beim Einsatz von Tankwagen schon vielfach üblich ist. Mit *Wasserkühlung* ist diese Forderung nicht zu erfüllen, so daß *elektrische Kühlanlagen* für alle Milcherzeuger notwendig werden.

Indirekte Kühlung (Eiswasserkühlung) – Bei der indirekten Kühlung dient Wasser als Kälteüberträger zwischen Verdampfer und Milch. Das Eiswasser wird im Kreislauf vom Eiswasservorrat an die Kühlflächen des Milchbehälters gepumpt. Hier entzieht es der

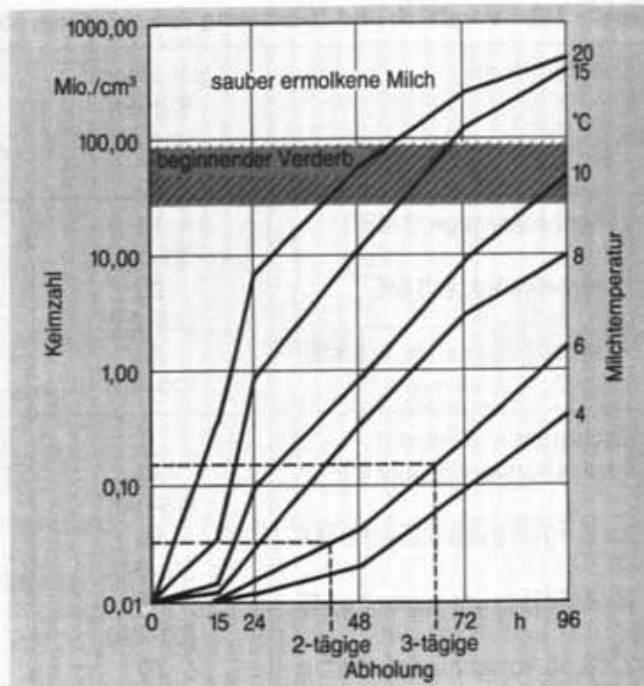


Abb. 384 Keimgehalt der Milch bei unterschiedlicher Lagerzeit und Kühltemperatur (nach Busse).

Milch die Wärme, erwärmt sich dabei und fließt in den Eiswasservorrat zurück. Dort taut die entzogene Wärme das Eis am Verdampfer ab. Dieses Eis bildet sich während der Melkzeiten neu und stellt einen Kälteverrat auch für größere, stoßartig anfallende Milchmengen (z. B. beim Weidemelken) dar. Vorteilhaft ist der geringe elektrische Anschlußwert. Nachteilig ist der hohe technische Aufwand für Eiswasserkühlanlagen.

Direktkühlung – Bei diesem Kühlverfahren kommt der Verdampfer direkt mit der Milch in Berührung. Da keine Kältespeicherung erfolgt, muß das Kühlaggregat für Spitzenbelastungen (frisch ermilchene, warme Milch) ausgelegt werden. Dies setzt leistungsfähige Aggregate und hohe Anschlußwerte voraus. Ein leistungsfähiges Rührwerk muß das »Anfrieren« der Milch verhindern.

Vorteilhaft sind die einfache Bauweise und der geringere Wärmeübergangsverlust zwischen Milch und Verdampfer.

Vergleich und Auswahl der Kühlverfahren – Die Auswahl der verschiedenen Kühlgeräte und Lagerbehälter erfolgt unter Berücksichtigung von Milchmenge und Lagerzeit nach

- ▶ dem Energieverbrauch (Abb. 386),
- ▶ dem Kapitalbedarf (Tabelle 154, Seite 328),
- ▶ den Gesamtkosten.

Entscheidend für die Auswahl von Kühlverfahren sind die **Gesamtkosten**. Diese werden bestimmt

- ▶ von der Auslastung,
- ▶ von der zu kühlenden Milchmenge,
- ▶ vom Kühlverfahren.

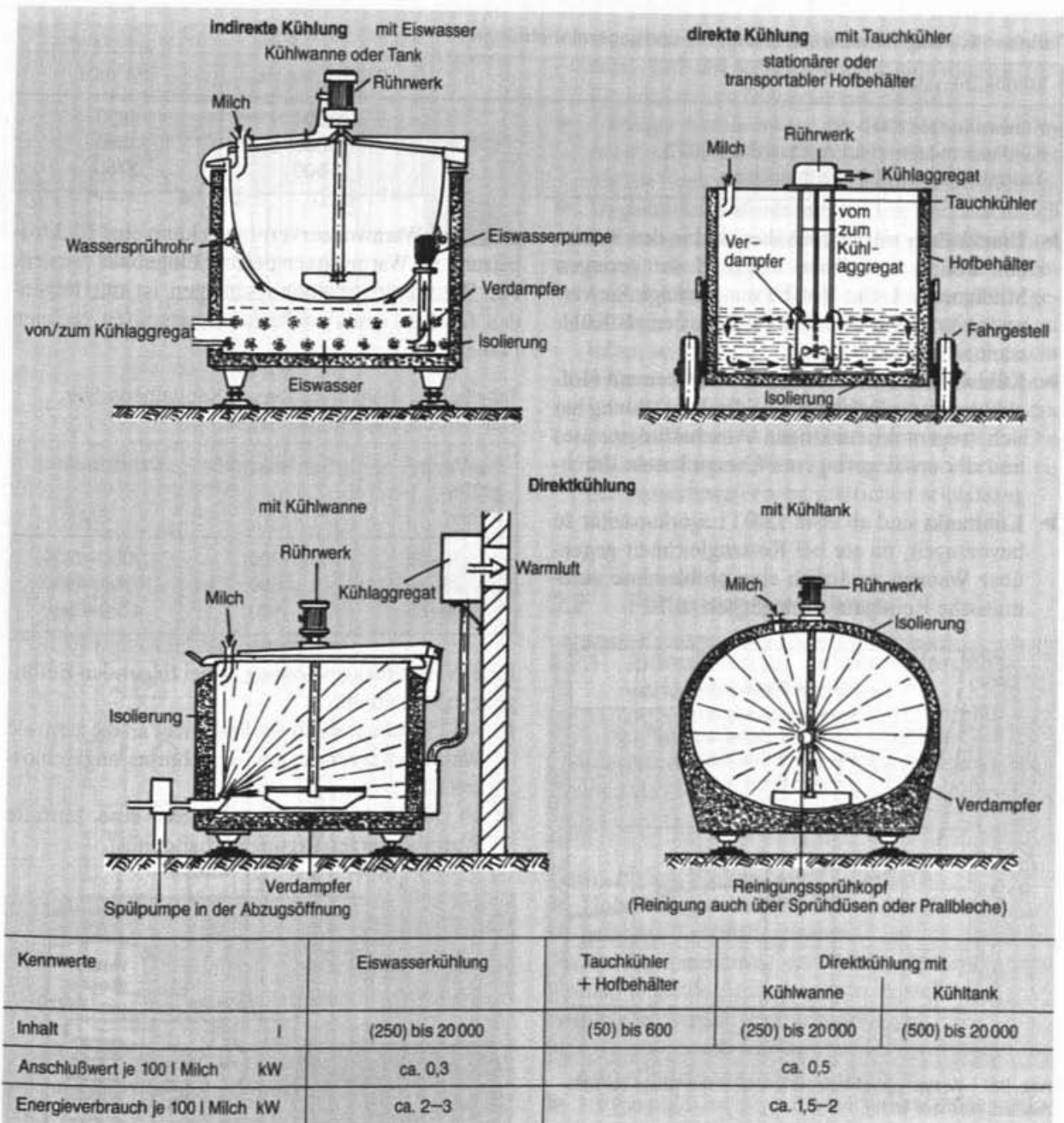


Abb. 385 Anlagen zur Milchkühlung und Lagerung.

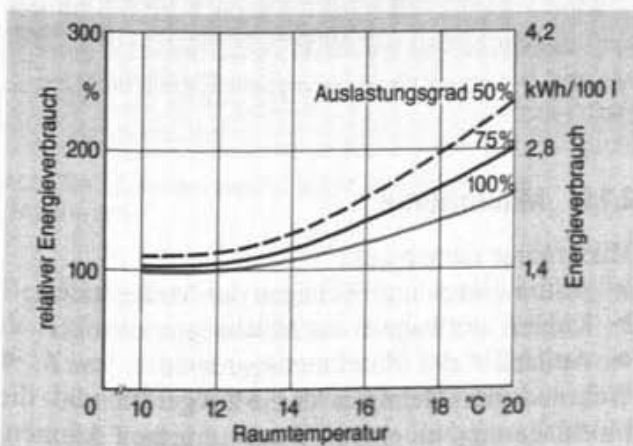


Abb. 386 Stromverbrauch bei der Direktkühlung in Abhängigkeit von Auslastungsgrad und Raumtemperatur (nach АПК).

Wie aus Abb. 387 (Seite 328) hervorgeht, hat die Auslastung der Kühlanlagen einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtkosten. Anzustreben ist eine Auslastung von mindestens 70%, was bei zweitägiger Stapelung meist nicht erreicht werden kann und dementsprechend die Kühlung verteuert.

In Abhängigkeit von der erforderlichen Kühlkapazität können die Kühlverfahren wie folgt zugeordnet werden:

- **Eiswasser-Kannenkühler** verursachen mit Abstand die höchsten Kühlkosten. Dazu kommen erhebliche arbeitswirtschaftliche Nachteile bei der Reinigung und beim Umgang mit Kannen, so daß diese Verfahren nicht zu empfehlen sind.

Tabelle 154 Kapitalbedarf für Milchkühl- und Lagereinrichtungen.

Milchkühlsystem	DM insgesamt	DM/100 l
Kühlwanne für 500 l	9 000	1800
Kühltank mit direktem Verdampfer (1200 l)	16 000	1350
Tauchkühler mit 200 l-Hofbehälter	5 500	2750

- ▶ **Tauchkühler** mit Hofbehälter sind in den Betrieben üblich, bei denen aufgrund der geringen Milchmenge keine Hofabholung erfolgt. Sie verursachen ebenfalls höhere Kühlkosten als Kühlwannen und Kühltanks.
- ▶ **Kühlwannen** sind bei mittleren Herden mit Hofabholung zu empfehlen. Die direkte Kühlung hat sich wegen des niedrigen Anschaffungspreises und der etwas geringeren Energiekosten durchgesetzt.
- ▶ **Kühltanks** sind ab etwa 1200 l Lagerkapazität zu bevorzugen, da sie bei Kostengleichheit gegenüber Wannen zusätzlich eine problemlose automatische Reinigung ermöglichen.

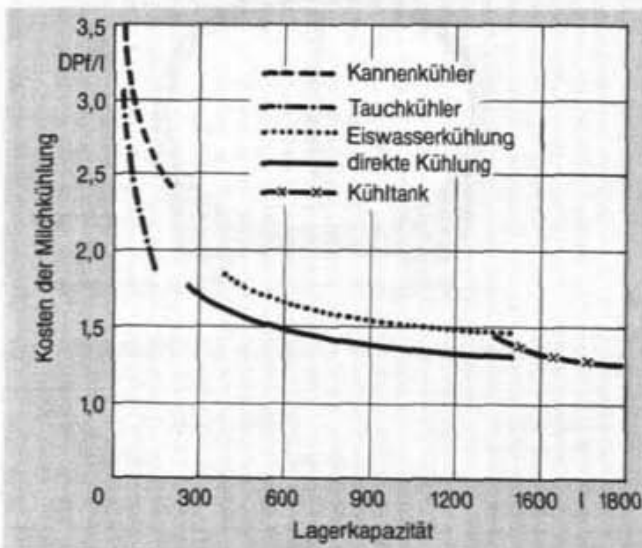


Abb. 387 Kosten verschiedener Milchkühlverfahren bei 70% Auslastung (nach BETZ).

Wärmerückgewinnung – Milchkühlanlagen entziehen der Milch Wärme und geben sie ungenutzt an die Luft ab. Mit Rückgewinnungsanlagen kann mit dieser Wärme Warmwasser bereitet werden (Abb. 388). Die beim Kühlen der Milch an das Kältemittel abgegebene Wärme wird verdichtet und damit das Brauchwasser in einem Wasserspeicher aufgeheizt. Überschüssige Wärme bei zu kleinem Wasserspeicher oder bei zu geringem Warmwasserverbrauch wird an die Luft abgegeben. Die Abluft des Verdichters wird bei den meisten Anlagen ebenfalls zur Wärmerückgewinnung genutzt. Wärmerückgewinnungsanlagen erzeugen je 1 Milch 0,5 l Warmwasser mit 50–60 °C.

Zusätzliche Stromkosten fallen dabei nicht an. Bei gewünschten höheren Wassertemperaturen oder

größerem Warmwasserverbrauch kann eine Elektroheizung im Warmwasserspeicher eingebaut werden. Für Wärmerückgewinnungsanlagen ist mit folgenden Größen und Anschaffungspreisen zu rechnen (Tabelle 155).

Tabelle 155 Behältergröße und Kapitalbedarf für Wärmerückgewinnungsanlagen.

Bestandesgröße Kühe	Behältergröße l	Kapitalbedarf DM
15–25	200	3000–4200
25–40	300	3900–4900
40–60	400	4700–6500

Eine Wärmerückgewinnung ist bei folgenden Bedingungen wirtschaftlich:

- ▶ Ab 15 Kühen, wenn der Stall nicht an die zentrale Warmwasserversorgung des Hauses angeschlossen ist;
- ▶ ab 30 Kühen auch dann, wenn eine zentrale Warmwasserversorgung vorhanden ist.

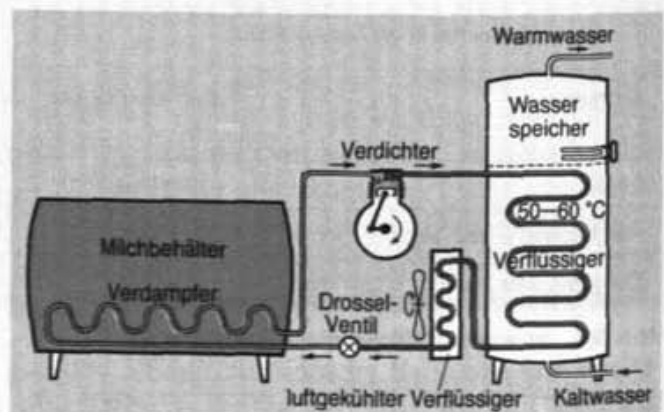


Abb. 388 Prinzip der Warmwassergewinnung aus der Milch (nach VOGT).

2.1.9 Milchräume

Milchräume dienen zum

- ▶ Aufbewahren und Reinigen der Melkgeräte,
- ▶ Kühlen und Lagern der Milch,
- ▶ Aufstellen der Maschinenaggregate.

Während das Reinigen der Melkgeräte und die Milchlagerung in einem Raum erfolgen können, müssen die Maschinenaggregate außerhalb aufgestellt werden.

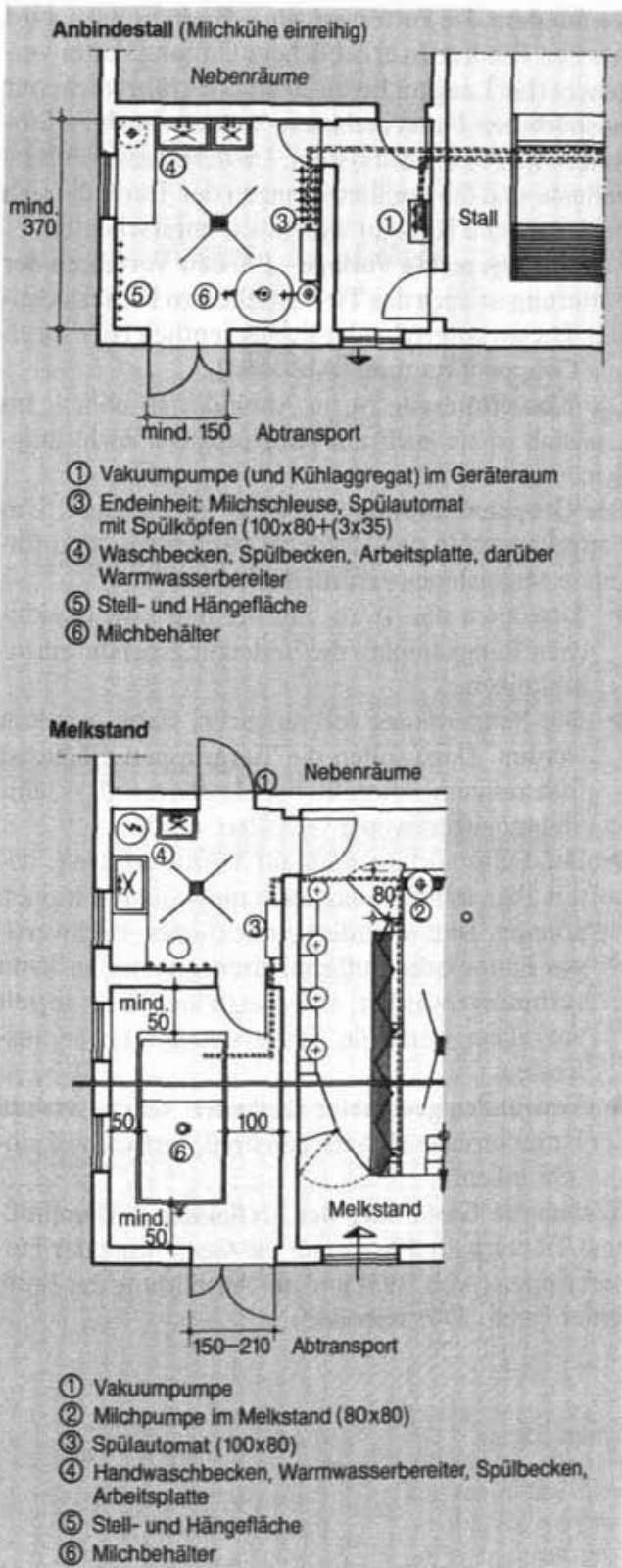


Abb. 389 Beispiele zweckmäßiger Milchräume (ALB) (Maße in cm).

Bei der Einrichtung der Milchräume müssen folgende **Anforderungen** beachtet werden:

- **Kurze Arbeitswege zum Stall:** Die Milchammer soll an den Stall anschließen, allerdings ohne direkte Verbindung mit diesem. Zwischen Stall und Milchammer muß mindestens eine »Luftschleuse« in Form eines abschließbaren Ganges sein,

der gleichzeitig als Geräteraum genutzt werden kann. Bei den Melkständen ist eine direkte Verbindung zu den Milchräumen möglich.

- **Günstige Abfahrtswege für die Milch:** Tankfahrzeuge müssen ohne Rückwärtsstoßen auf befestigten Wegen an die Milchammer heranfahren.
- **Hygienische Anforderungen:** Um Qualitätsmilch zu erzeugen, müssen einige wichtige Anforderungen an die Hygiene erfüllt werden. Die Milchammer muß durch ein mit Fliegengitter geschütztes Fenster (möglichst nach Norden) gut zu lüften sein. Boden und Wände sollen sich leicht reinigen lassen. Der Boden soll deshalb mit säurefestem Belag (Estrich oder Platten) und einem geruchsicheren Ablauf versehen werden. Die Wände müssen 1,70 m hoch gefliest oder mit einer wasserfesten Farbe gestrichen sein.

2.2 Fütterungsverfahren

2.2.1 Anforderungen an die Fütterungsverfahren für Milchvieh

Bei den Produktionskosten der Milch nehmen die Futterkosten einen Anteil von 40–60% ein. Dabei haben die Kosten für das Kraftfutter ein besonderes Gewicht.

Einsparmöglichkeiten bieten sich durch:

- Hohe Milchleistung aus dem Grundfutter,
 - gezielten Kraftfuttereinsatz.
- An die *Mechanisierung der Milchviehfütterung* sind deshalb folgende Anforderungen zu stellen:
- Optimal gestalteter Freßplatz,
 - arbeitssparende und kostengünstige Vorlage des Grundfutters zur freien Aufnahme,
 - leistungsabhängige, rationierte Kraftfuttermalage an das Einzeltier.

2.2.2 Freßplatzgestaltung bei Rindern

Die Fütterungseinrichtungen für Rinder müssen folgenden **Anforderungen** gerecht werden:

- Optimaler, tiergerechter Freßbereich,
- geringe Futtermalageverluste,
- verhaltensgerechte Vorlage.

Optimaler, tiergerechter Freßplatz – Dabei ist vom *Freßbereich der Tiere* auszugehen, innerhalb dessen die Rinder das Futter tiergerecht erreichen können. Den Tieren soll das Futter, um es immer bequem zu erreichen, mindestens 10 cm über der Standfläche angeboten werden. Als seitlicher Freßraum reichen beiderseits 55 cm, was eine Krippenweite von 40–50 cm ermöglicht (Abb. 390, Seite 330).

Werden Kühe dazu gezwungen, außerhalb ihrer natürlichen Reichweite zu fressen, so kommt es zu einer Überlastung der Vorderbeine. Diese hat bei kurzzeitigem Einwirken vermutlich keinen schädigenden Einfluß. Sie ist bei dauerndem Auftreten über die gesamte tägliche Freßzeit von etwa 6 Stunden aber schädlich.

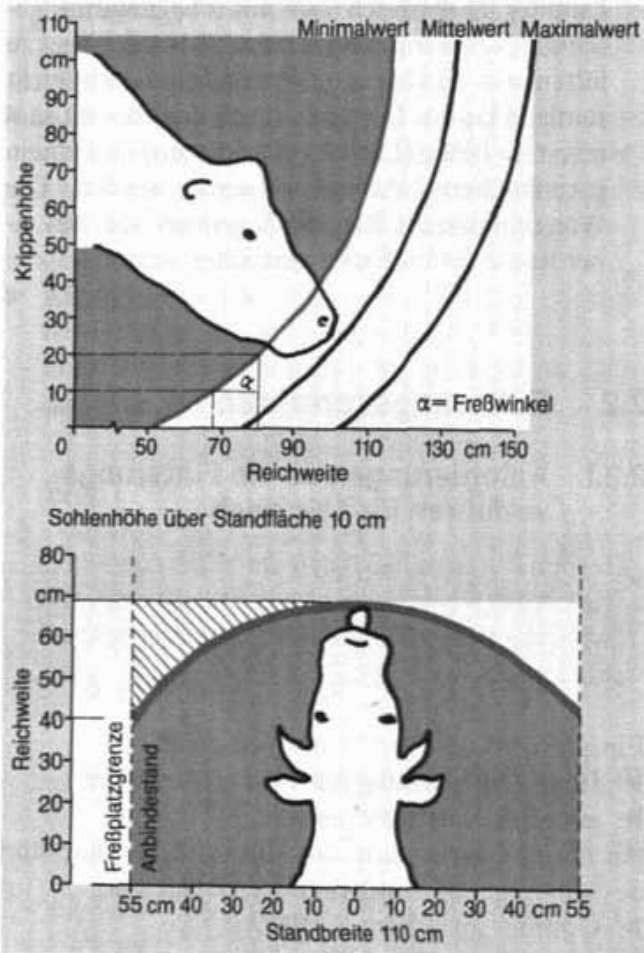


Abb. 390 Senkrechte und waagerechte Reichweite von Milchkühen (nach METZNER).

Vermindern der Futterverluste – Beim Fressen wird von den Rindern in erheblichem Umfang Futter vergeudet (bei Langgut bis zu 20%). Dies führt nicht nur zu spürbaren Futterverlusten, sondern auch zu Störungen im Flüssigmistsystem. Ursache dieser Futterverluste sind die Freßbewegungen der Tiere, die sich bei Lang- und Kurzgut wesentlich unterscheiden.

Verhaltensgerechte Vorlage – Bei den Verfahren der Fütterung ist auch das Tierverhalten zu berücksichtigen. Dieses unterscheidet sich wesentlich bei Einzel- und Gruppenfütterung (Abb. 392).

Die **Einzelfütterung** ist im Anbindestall üblich. Im Laufstall ist sie auch mit Fangfreßgitter nicht möglich.

Die **Gruppenfütterung** überwiegt im Laufstall. Um Futterkämpfe in der Herde zu vermeiden, sind folgende Maßnahmen erforderlich:

- ▶ **Enthornen** der Tiere, um bei den unvermeidlichen Rangkämpfen die Verletzungsgefahr einzuschränken.
- ▶ Die **Rangordnung** soll möglichst stabil gehalten werden. Dazu sollen die Tiergruppen möglichst früh zusammengestellt, bei Masttieren ab ½ Jahr, und möglichst wenig verändert werden.
- ▶ Die Futtervorlage muß auf **Vorrat** erfolgen, damit abgedrängte Tiere nach ranghöheren fressen können. Dies erfordert einheitliches, hochwertiges Futter oder Futtermischungen; nur so kann verhindert werden, daß ranghohe Tiere gezielt vor allem wertvolle Futterbestandteile herausfressen.
- ▶ Verwenden geeigneter **Freßgitter**, welche sowohl Futterverluste als auch den Freßplatzwechsel einschränken.

Technische Gestaltung der Freßplätze – Das Freß- und Tierverhalten bestimmt die Gestaltung der Futterkrippen (Abb. 393) und die Ausbildung der Freßgitter (Abb. 394, Seite 332).

Bewegungsablauf	Ursache der Futtervergeudung	Abhilfe
	das Tier rupft ein Maul voll Futter aus dem Haufen, tritt nach hinten und beginnt erst dann, den Bissen mit der Zunge ins Maul zu schieben; dabei wird Futter über den Krippenrand gezogen oder seitlich verschleudert	Tiere müssen am Zurücktreten gehindert werden: – funktionsgerechte Anbindung im Anbindestall, – Freßgitter im Laufstall
	die Tiere schöpfen mit Zunge und Lippe das Futter; dabei wühlen sie im Futterstock, vor allem bei schlechterer Qualität	Zurückwühlen des Futters durch hohen Krippenrand verhindern (problematisch im Anbindestall)

Abb. 391 Freßbewegungen, Futterverluste und deren Abhilfe.

Fütterungsform	Prinzip	Stallform	geeignete Futtermittel	Bemerkungen
Einzel-tierfütterung 	jedes Tier erhält täglich zweimal (eventuell auch öfter) eine rationierte Futtermenge; alle Tiere fressen unmittelbar nach der Futtevorlage	im Anbindestall möglich	für alle Futtermittel möglich, besonders bei Kraftfutter, Rüben und Zuckerrübenschnitzel	<i>Vorteile:</i> rationierte Einzelfütterung möglich, vor allem bei Kraftfutter und Rüben <i>Nachteile:</i> höherer Bauaufwand, höherer Mechanisierungsaufwand
Herdenfütterung (Maissilage) 	Tiere folgen beim Fressen einem natürlichen Freßrhythmus; die Futteraufnahme verteilt sich annähernd auf den ganzen Tag; das setzt ein ständiges Futterangebot voraus (Vorratsfütterung)	im Laufstall üblich	Silage, Heu und Grüngut; bei Futtermischwagen für alle Futtermittel	<i>Vorteile:</i> einfache Mechanisierung, da keine Rationierung; Freßplatzeinschränkung bis 1:3 möglich; geringerer Bauaufwand <i>Nachteile:</i> nicht für alle Einzelfuttermittel geeignet; keine gezielte Kraftfuttermittelfütterung möglich

Abb. 392 (oben) Tierverhalten bei der Einzel- und Gruppenfütterung. Abb. 393 (unten) Futterkrippen für Rinder (Maße in cm).

Krippenform	Eignung	Einsatzbereich
Universalkrippe 	Universalkrippenform, besonders für Raufutter, Rüben und flüssige Futtermittel	Laufställe mit vielseitiger Fütterung; in Anbindeställen Beeinträchtigung des Aufstehens und Abiegens
Kurzstandkrippe 	besonders tiergerechte Krippenform für Anbindeställe; beweglicher Krippenrand erleichtert Abiegen und Aufstehen	spezielle Krippenform für Anbindeställe
Laufstallkrippe 	aufwendigere, tiergerechte Krippe für Laufställe; Billiglösung mit ebenem Futtertisch möglich, erfordert aber laufendes Nachräumen des Futters	für Laufställe mit überwiegender Silagefütterung

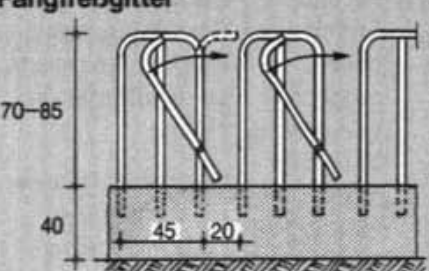
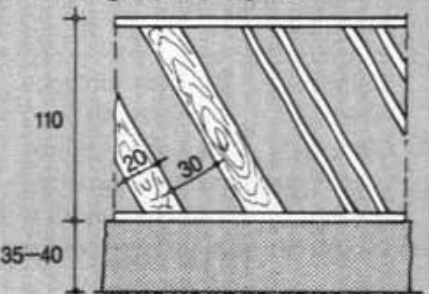
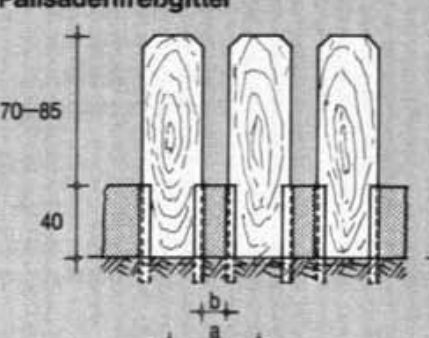
Freßgitterform	Bemerkungen	Kapitalbedarf DM/m	Zuordnung																
Fangfreßgitter 	Tiere können vorübergehend (etwa 0,5 h) zur rationierten Kraftfuttergabe eingefangen werden; schwieriges Erkennen des Einzeltieres; gegenseitiges Wegfressen des Kraftfutters möglich	200—300	in Milchviehlaufställen; vor allem zur tierärztlichen Behandlung																
Parallelogrammfreßgitter 	zur Vorratsfütterung für unterschiedliche Tiergrößen; je Bucht geht durch die Schrägholme ein Freßplatz verloren	150	für Jungvieh und Mutterkühe																
Palisadenfreßgitter 	universelles Freßgitter für die Vorratsfütterung; die Maße sind den Tiergewichten anzupassen:	150	für Jungvieh und Mastrinder (bei Heugaben)																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tiergewicht kg</th> <th>a cm</th> <th>b cm</th> <th>c cm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>150—250</td> <td>50</td> <td>15</td> <td>115</td> </tr> <tr> <td>250—400</td> <td>60—65</td> <td>17</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>ab 400</td> <td>70—75</td> <td>20</td> <td>125</td> </tr> </tbody> </table>	Tiergewicht kg	a cm	b cm	c cm	150—250	50	15	115	250—400	60—65	17	120	ab 400	70—75	20	125		
Tiergewicht kg	a cm	b cm	c cm																
150—250	50	15	115																
250—400	60—65	17	120																
ab 400	70—75	20	125																

Abb. 394 Freßgitterformen in der Rinderhaltung (Maße in cm).


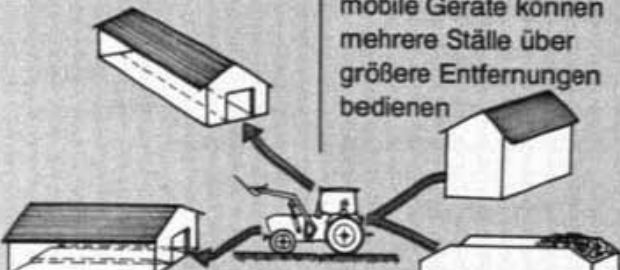
Bauart	Prinzip	Beurteilung
stationäre Mechanisierung 	fest installierte Stetigförderer; kontinuierliches Zuteilen mit Fräsen oder Dosierstationen; aus Kostengründen muß das Futterlager direkt am Stall sein	Vorteile: vollmechanische Knopfdruckfütterung möglich; geringer Platzbedarf Nachteile: direkte Zuordnung von Lagerbehälter und Stall; für jede Futterachse eigene Anlage; stör anfällig; nicht für alle Futtermittel geeignet
mobile Mechanisierung 	nicht ortsgebundene mobile Geräte können mehrere Ställe über größere Entfernungen bedienen	Vorteile: wenig stör anfällig; austauschbar, da nicht an Gebäude gebunden; Zuordnung von Ställen und Lagerbehälter nicht erforderlich; vielseitig einzusetzen Nachteile: Arbeitskraft erforderlich; überfahrbarer Futtertisch notwendig; keine Automatisierung möglich

Abb. 395 Merkmale der stationären und mobilen Fütterungsmechanisierung.

2.2.3 Mechanisierung der Grundfuttermvorlage

Die Mechanisierung der Grundfuttermvorlage umfaßt:

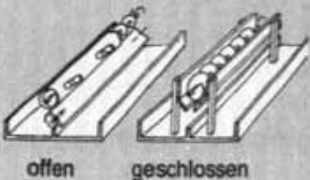
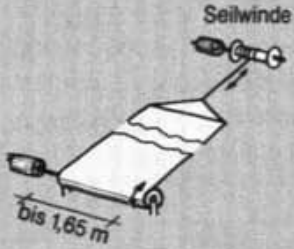
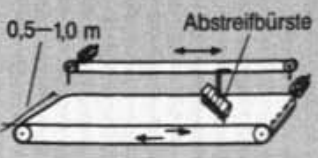
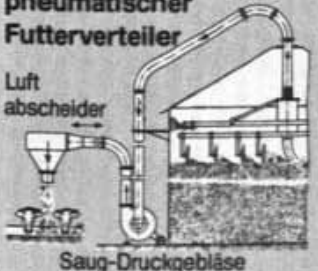
- ▶ Die Entnahme aus dem Silo,
- ▶ den Transport zum Stall,
- ▶ das Verteilen an das Einzeltier.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Mechanisierung der *Futterentnahme*, die 60% der gesamten Fütterungsarbeiten beansprucht und zu den schwersten landwirtschaftlichen Arbeiten zählt (s. Abschnitt

3.1.2 und 4.3, Seite 283 und 306). Dies gilt insbesondere für die Silagefütterung (Abb. 397, Seite 334). Den Tieren ist ständig Grundfutter anzubieten und die Vorlage ist mit einem vertretbaren Aufwand zu mechanisieren. Man unterscheidet zwischen stationärer und mobiler Mechanisierung (Abb. 395).

Stationäre Fütterungsgeräte (Abb. 396) – Hohe technische Aufwendungen lassen sich nur vermeiden,

- ▶ wenn die *Futterbehälter* nahe am Stall und direkt der Futterachse zugeordnet sind;
- ▶ wenn die *Freßplätze* schmal und möglichst eingeschränkt sind, was nur im Laufstall möglich ist.

Futterzubringer	Futtermittel	Gutform	technische Daten ¹⁾	Vorteile	Nachteile	Kapitalbedarf DM ²⁾
Futterschnecke 	Mais- und Anweilsilage (Einmischen von Kraftfutter)	Kurzhäcksel (bis 1 cm)	Länge: max. 50 m; Förderleistung (kg/min): MS: 100–160 AS: 20–50 Antrieb: 0,11 kW/m	bei Kurzgut funktions-sicher; Kraftfuttereinmischen ist bedingt möglich	keine rationierte Fütterung; frostempfindlich; nur für Laufställe	8000
Futterband aufrollbar 	alle Futtermittel	Lang- und Kurzgut	Länge: max. 50 m; Förderleistung: 12 m/min Vorschub; Antrieb: 0,10 kW/m	alle Futtermittel, unabhängig von der Struktur	exakte Zuteilung auf Band erforderlich; Freßgitter notwendig; Länge begrenzt; hoher Verschleiß	23000–30000
Futterband umlaufend 	Silage, Heu (Grüngut) Kraftfutter	Häcksel- und Reißgut (bis 15 cm)	Länge: max. 30 m; Förderleistung (kg/min): MS: 200 AS: 100 Antrieb: 0,10 kW/m	absatzweise Zuteilung möglich; wenig stör-anfällig; kein Entmischen	hoher technischer Aufwand	30000
pneumatischer Futterverteiler 	Silage	Schnittgut bis 8 cm	Förderleistung (kg/min): MS: 110 AS: 70 Antrieb: 30–50 kW	einfache Lösung in Verbindung mit Saug-Oberentnahmefräse	hohe Luft-raten (Staub); schwierige horizontale Beförderung	10000

¹⁾ MS = Maissilage, AS = Anweilsilage. ²⁾ Bei 30 m Länge.

Abb. 396 Vergleich der wichtigsten stationären Futterzubringer.

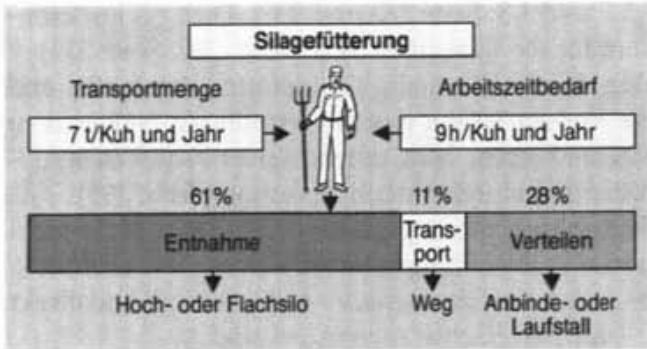


Abb. 397 Zusammensetzung der Fütterungsarbeiten bei Rindern.

Mobile Fütterungsgeräte – Sie unterscheiden sich in:

- ▶ Geräte für die *Futterentnahme* und den *Transport* in den Stall (Abb. 398). Durch einfache Mechanisierungslösungen werden erhebliche Arbeitszeiteinsparungen erzielt. Das Verteilen des Futters bleibt Handarbeit. Der Einsatz der Entnahmegeräte ist auf eine Flachlagerung beschränkt.
- ▶ Geräte für den *Futtertransport* und die *Futterzuteilung* (Abb. 399). Diese ermöglichen eine voll mechanisierte Fütterung. Allerdings sind dafür gesonderte Entnahme- und Befüllgeräte für Hoch- und Flachlagerung erforderlich. Die Wei-

Gerät	technische Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Kapitalbedarf DM
<p>Frontlader</p> <p>hydraulisch kippbare Gabel</p>	<p>hydraulische Klappzange für Flachsiloenahme; Entnahme- und Transportleistung: Anwelsilage: 30 dt/h Maissilage: 60 dt/h</p>	einfaches, vielseitiges Gerät; für alle Silagen geeignet	Futterstapel wird aufgelockert	4000
<p>Blockschneidegerät</p>	<p>Anbau an Heck oder Front des Schleppers möglich; Entnahme- und Transportleistung: Anwelsilage: 50 dt/h Maissilage: 80 dt/h mit Hubgerüst auch zur Heuentnahme geeignet</p>	für alle Silagen gut geeignet; glatte Anschnittfläche; Futter kann auf Vorrat in den Stall gebracht werden; universelles Entnahme- und Transportgerät für Futterflachlagerung	leistungsfähige Schlepper erforderlich; Futterzuteilung aus den Blöcken ist schwere Handarbeit	für Silage: 6000–10000 für Heu: 10000–18000
<p>Behälterfräse</p> <p>Schlepper ab 30 kW</p> <p>Entnahme und Transport</p>	<p>Flachsilofräse gekoppelt mit 0,8–1,5 m³ großen Transportbehälter; Entnahme- und Transportleistung: Anwelsilage: 15 dt/h Maissilage: 50 dt/h</p>	glatte Anschnittfläche; kleine Entnahmemengen möglich; erleichterte Futterzuteilung	gute Funktion nur bei gehäckseltem Silomais; geringe Transportleistung; kein Bevorraten im Stall möglich	6000–10000

Abb. 398 Mobile Geräte für die Entnahme und den Transport des Futters (nach PIRKELMANN).

terentwicklung zielt deshalb auf eine Kombination von Entnahme- und Futterverteilergeräten. Die mobilen Fütterungsgeräte werden überwiegend an Schlepper angehängt bzw. angebaut. Aus diesen Gründen sind breite überfahrbare *Futtertische* erforderlich.

Vergleich der Mechanisierungsverfahren – Bei einem Vergleich der Fütterungsverfahren sind zu berücksichtigen:

- ▶ Die technische Eignung (Art der Futtermittel, Störanfälligkeit),
- ▶ die bauliche Zuordnung,

▶ der Arbeits- und Kapitalbedarf (Abb. 400, Seite 336),

▶ die Kosten der Verfahren (Abb. 401, Seite 336). Ein solcher **Vergleich** zeigt die Vielseitigkeit und die universellen Einsatzmöglichkeiten der mobilen Mechanisierung. Voraussetzung ist allerdings ein befahrbarer *Futtertisch*, der häufig nur bei Neubauten möglich ist. Bei beengten Altbauten kann deshalb auch die stationäre Mechanisierung der Fütterung sinnvoll sein.

Allgemeine **Zuordnung** der Verfahren für die Grundfutturvorgänge:

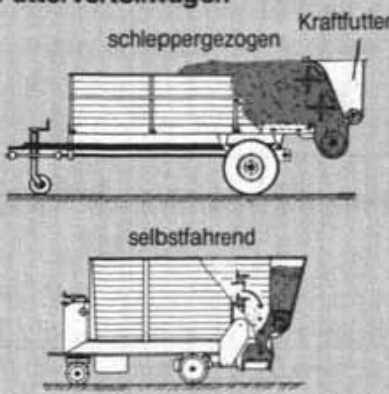
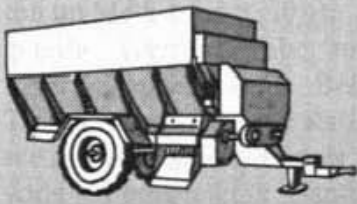
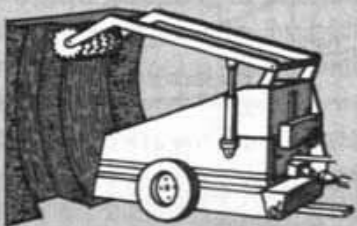
Gerät	technische Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Kapitalbedarf DM
<p>Futterverteilerwagen</p> 	<p>Transport- und Zuteilgeräte, die mit einem eigenen Entnahmegesetz werden; Fassungsvermögen: gezogen: 5–16 m³ selbstfahrend: 2–6 m³</p>	<p>Mechanisierung der Futterverteilung; geringe Antriebsleistung erforderlich; selbstfahrende Geräte auch bei schmalen Futtertischen einzusetzen</p>	<p>eigenes Befüllgerät erforderlich; Kraftfutterzuteilung mangelhaft; nur für Kurz- und Schnittgut</p>	<p>schleppergezogen: 10000–20000 selbstfahrend: 8000–20000</p>
<p>Futtermisch- und Verteilerwagen</p> 	<p>durch Mischschnecken, Rührwellen oder Kratzketten wird eine nicht selektierte Futtermischung hergestellt und den Tieren zugeteilt; Fassungsvermögen: 4–17 m³</p>	<p>gleichzeitige Vorlage mehrerer Grund- und Kraftfutterarten, dadurch günstige ernährungsphysiologische Bedingungen bei Vorratsfütterung; freie Futteraufnahme nach den vorgesehenen Rationsanteilen; Freßplatzeinschränkung auch bei Vorratsfütterung möglich</p>	<p>eigenes Befüllgerät erforderlich; hohe Antriebsleistung notwendig (ab 50 kW); Häckselgut unter 5 cm Schnittlänge</p>	<p>15000–30000</p>
<p>Fräs(misch)wagen</p> 	<p>Kombination von Flachsilofräse mit Futterverteiler bzw. Futtermischwagen; Fassungsvermögen: Fräsverteilerwagen: 3–4,5 m³ Fräsmischwagen: 4–12 m³</p>	<p>Einsparung eines eigenen Ladegerätes; (sonst wie Futterverteiler- und Mischwagen) bei Mischwagen erleichtert die kontinuierliche Befüllung den Mischvorgang</p>	<p>vorwiegend für Maissilage geeignet; hoher technischer Aufwand</p>	<p>Fräsverteilerwagen: 18000 Fräsmischwagen: 18000–50000</p>

Abb. 399 Mobile Geräte für den Transport und die Futturvorgänge bei Rindern (nach PIRKELMANN).

Tabelle 156 Technisch-bauliche Eignung verschiedener Fütterungsverfahren in der Milchviehhaltung.

Fütterungsverfahren	Futter	Siloform	Zuordnung zum Stall	Stallform	Freßplatz: Tier-Verhältnis	Futtertischbreite m	Funktionssicherheit ¹⁾	
stationäre Mechanisierung	Häckselgut: Silage, (Heu), Kraftfutter	Hochsilo; (Flachsilo) mit Dosierstation	direkt an Stall und Futterachse	Laufställe (Anbindeställe)	1:1 (1:3)	1-2	-	
mobile Mechanisierung	Frontlader; Blockschnidegerät	Häckselgut, (Langgut): Silage	bis 500 m Entfernung	Futtertisch im Anbinde- und Laufstall	1:1	1,5-4	+	
	Futterverteilwagen	Häckselgut: Silage	Hochsilo und Flachsilo	direkt am Stall	Futtertisch im Anbinde- und Laufstall	1:1	1,5-4	±
	Futtermischwagen	Häckselgut: Silage, (Heu), Kraftfutter	Hochsilo und Flachsilo	beliebig	Futtertisch im Anbinde- und Laufstall	1:1 bis 1:3	3-4	+
	Fräswagen	Häckselgut: Maissilage	Flachsilo	beliebig	Futtertisch im Anbinde- und Laufstall	1:1 bis (1:3)	3-4	±

¹⁾ +hoch, ±bedingt, -niedrig

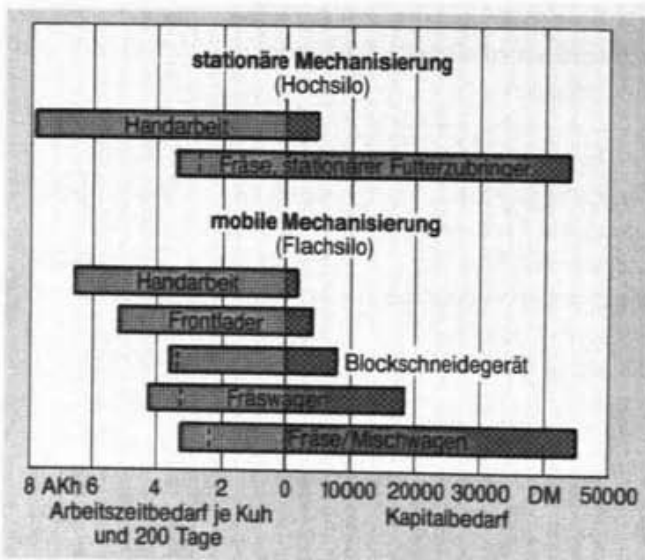


Abb. 400 Arbeitszeit- und Kapitalbedarf für die Grundfuttermittellage in Milchviehställen (nach PIRKELMANN).

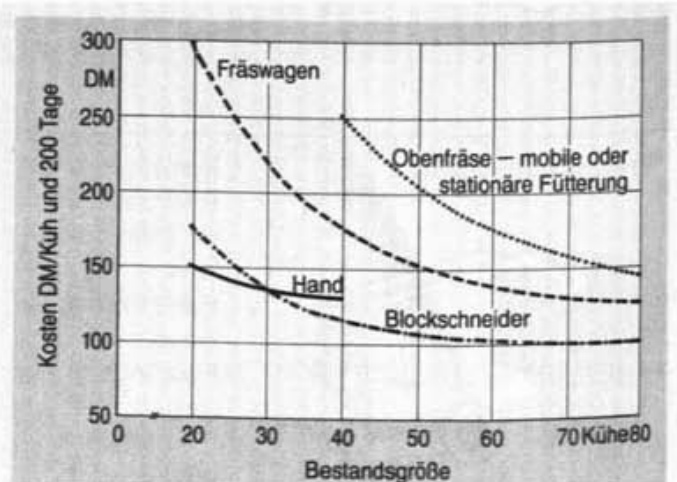


Abb. 401 Kosten der Arbeitserledigung für die Grundfuttermittellage (nach PIRKELMANN u. a.).

- ▶ In Herden unter 30 Kühen ist die *Handarbeit* das billigste Fütterungsverfahren. Die hohe Arbeitsbelastung bei der Silageentnahme empfiehlt aber den Einsatz eines *Siloblockschneidegerätes* bereits bei Herden ab 20 Kühen.
- ▶ Ab etwa 60 Kühen ist eine weitere Mechanisierung der Futterzuteilung durch den *Fräswagen* wirtschaftlich vertretbar.
- ▶ *Futterverteilmwagen* mit Befüllen durch eine gesonderte Flach- oder Hochsilofräse sind ab etwa 80 Kühen zu empfehlen.
- ▶ *Futtermisch- und Futterverteilmwagen* empfehlen sich bei größeren Herden, wenn eine vielseitige Futterrations den Tieren auf Vorrat vorgelegt wird.
- ▶ *Hochsilofräsen* und stationärer *Futterzubringer* sind in größeren Herden dann zu empfehlen, wenn dadurch Gebäudekosten eingespart werden können.

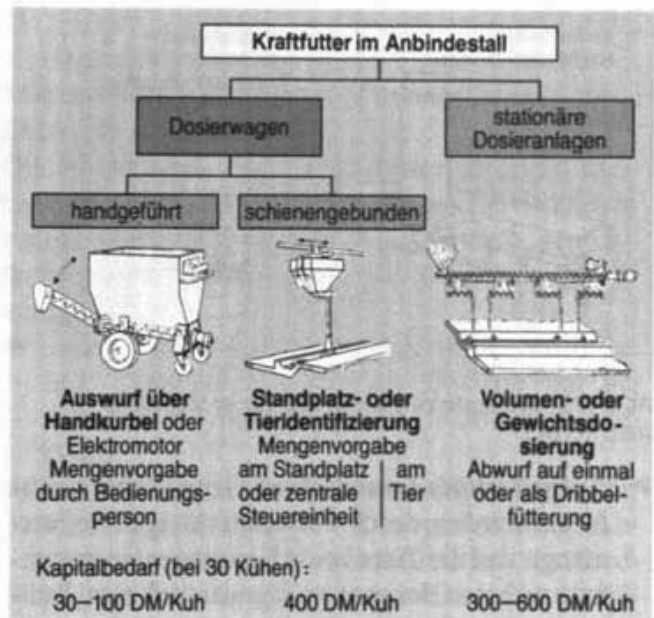


Abb. 402 Mechanisierungsverfahren für die Kraftfuttermahlvorlage in Anbindeställen.

2.2.4 Mechanisierung der Kraftfuttermahlvorlage

Die freie Aufnahme von Grundfutter muß in der Milchviehhaltung ergänzt werden durch eine leistungsorientierte Kraftfuttermahlvorlage, wobei hohe **Anforderungen** an die Technik zu stellen sind:

- ▶ Laufendes Anpassen der Kraftfuttermahlvorlage an den Laktationsverlauf jedes Einzeltieres,
- ▶ exakte Kraftfuttermahlmengenverteilung (übliche Abweichungen: Hand $\pm 30\%$; Kraftfuttermahlautomaten im Melkstand $\pm 10\%$),
- ▶ geteilte Kraftfuttermahlgabe, um eine Pansenübersäuerung zu vermeiden. Bei einer Kuh über 25 l Tagesleistung und einer Ration unter 18% Rohfaser ist dazu eine mehrmals tägliche Kraftfuttermahlvorlage notwendig (s. Band 2 »Tierische Erzeugung«).

Diese Anforderungen werden in einer Reihe milchviehhaltender Betriebe nicht erfüllt. Dies führt häufig zu einer unbefriedigenden Wirkung des Kraftfuttermahlereinsatzes.

Kraftfuttermahlverteilung in Anbindeställen – Anbindeställe erleichtern ein individuelles Zuteilen des Kraftfutters, das im allgemeinen von Hand durchgeführt wird. Durch *Kraftfuttermahlwagen* mit hand- oder batteriegetriebener Zuteileinrichtung läßt sich diese Arbeit erleichtern. Das ungenaue Zuteilen von Hand, vor allem aber der Wunsch nach häufigeren Kraftfuttermahlgaben bei Hochleistungsherden, führte zur Entwicklung mobiler oder stationärer *Dosieranlagen*. Sie mindern den Arbeitszeitbedarf von 3 AKh/Kuh und Jahr auf etwa $\frac{1}{2}$ AKh/Kuh und Jahr, erfordern aber erhebliche Investitionen (Abb. 402).

Kraftfuttermahlverteilung in Laufställen – Schwieriger gestaltet sich eine individuelle Kraftfuttermahlverteilung an die freilaufenden Tiere im Laufstall. Folgende **Verfahren** sind üblich:

- ▶ **Kraftfuttermahlverteilung am Fangfressgitter:** Dazu werden die Tiere zweimal täglich nach dem Melken an das Fangfressgitter gelockt, wo ihnen das Kraftfutter von Hand oder mit einem mobilen Gerät zugeteilt wird.

Vorteil: Einfache, billige Lösung.

Nachteile: Für jedes Tier ein Fressplatz erforderlich; Tiere können sich wegen der engen Fressplätze (0,65–0,75 m) das Kraftfutter gegenseitig wegfressen; schwierige Tiererkennung, ungenaue Zuteilung.

- ▶ **Kraftfuttermahlverteilung im Melkstand:** Zuteilen während des Melkens mit seilbedienten halbmechanischen oder zeitgesteuerten vollmechanischen Kraftfuttermahl-Zuteilern. Die Futteraufnahme wird durch die Standzeit der Kühe im Melkstand begrenzt (Fressgeschwindigkeit bei mehligem Futter 200 g/min, bei Pellets 300–400 g/min).

Kapitalbedarf: Halbmechanisch: 500 DM/Melkbucht, vollmechanisch: 800 DM/Melkbucht.

Vorteile: In größeren Herden kostengünstig; Kraftfutter lockt Tiere in den Melkstand.

Nachteile: Kraftfuttermahlverteilung an Melkzeit gebunden; Fresszeit im Melkstand begrenzt oder Melk-ablauf wird verzögert; ungenaue Zuteilung

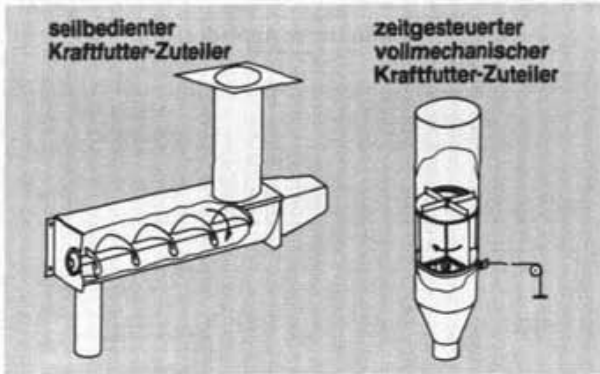


Abb. 403 Kraftfutterzuteileinrichtungen im Melkstand (nach KTBL).

► **Aufgewertetes Grundfutter:** Grund- und Kraftfutter werden durch Futtermischwagen so vermengt, daß die Tiere beide Komponenten zusammen während des ganzen Tages aufnehmen. Indi-

viduelle Spitzengaben an Kraftfutter können darüber hinaus im Melkstand verabreicht werden.

Vorteile: Physiologisch günstige Kraftfutteraufnahme; Einschränken der Freßplätze möglich, arbeitswirtschaftlich besonders vorteilhaft.

Nachteile: Mindestens drei Leistungsgruppen erforderlich; dies ist nur in größeren Herden sinnvoll.

► **Kraftfutterfütterung durch Abrufautomaten:** Die Kühe holen sich selbst beliebig oft auf den gesamten Tag verteilt die ihnen zustehende Ration. Dafür ist für jede Kuh ein Tiererkennungssystem und für 25–35 Kühe eine Abrufstation erforderlich. In einem Computer sind die vorgesehenen Futterrationen für jedes Tier gespeichert. Ein

Systemteile	Beschreibung
<p>Tiererkennung</p>	<p>Aufgabe: Nummer des Einzeltieres wird automatisch erkannt und dem Prozessrechner zugeleitet</p> <p>Funktion: die Erkennungslogik erzeugt eine Frequenz, die an der Erkennungsstelle ein elektromagnetisches Feld bildet; wird ein von der Kuh getragener Antwortsender in dieses Feld gebracht, so gewinnt der Antwortsender seinen Betriebsstrom und beginnt mit der Aussendung des Codes für die Kuhnummer; dieser Code wird von der Erkennungsstelle erfaßt, von der Erkennungslogik entschlüsselt und an den Computer weitergegeben</p> <p>Bauarten: Transponder haben eine Frequenz für die Stromversorgung und eine Frequenz für die Kuhnummer (Antwortsender); Responder benötigen nur eine Frequenz sowohl für die Stromversorgung als auch für die Codeübertragung</p>
<p>Prozessrechner</p>	<p>Aufgabe: Kraftfutterration jedes einzelnen Tieres speichern, diese mit einem Steuerprogramm den Tieren zuteilen und über die abgerufene Kraftfuttermenge jedes Tieres informieren</p> <p>Steuerprogramme: Mindest- und Höchstmengenbegrenzung je Freßperiode; Übertragung der Restkraftfuttermenge eines Tages auf den folgenden Tag; künftig: Steuerprogramme, die in Abhängigkeit von der Milchleistung die Kraftfutterration errechnen</p>
<p>Abrufstation</p>	<p>Aufgabe: exaktes Zuteilen des Kraftfutters beim Aufsuchen durch die Kuh</p> <p>Funktion: gesteuert durch den Prozessrechner wird das Kraftfutter in kleinen Portionen (50–150 g) oder kontinuierlich zugeteilt; die Zuteilungsgeschwindigkeit muß geringer als die Freßgeschwindigkeit sein; Gewichtsdosierer sind genauer als Volumendosierer; eine Abrufstation kann 250 g Kraftfutter je Tag zuteilen, max. für 35 Kühe</p>

Abb. 404 Rechnergesteuerte Kraftfutterfütterung durch Abrufautomaten.

entsprechendes Steuerprogramm teilt die Kraftfuttermenge zu und registriert die von jedem einzelnen Tier aufgenommene Kraftfuttermenge (Abb. 404).

Vorteile: Exakte, tierindividuelle Kraftfutterzu- teilung auch im Laufstall; ernährungsphysiolo- gisch günstige Verteilung der Kraftfuttermenge; Kontrolle über Kraftfuturaufnahme jedes Ein- zeltieres; ausbaufähig zu einer prozeßgesteuerten Fütterung (s. Abschnitt 2.2.5).

Nachteil: Zusätzlicher Platzbedarf für Abrufsta- tion.

Kapitalbedarf: 250–600 DM/Kuh.

Vergleich der Mechanisierungsverfahren – Durch das Mechanisieren der Kraftfutterfütterung können sowohl im Anbindestall als auch im Laufstall nur ge- ringe *Arbeitszeiteinsparungen* erzielt werden

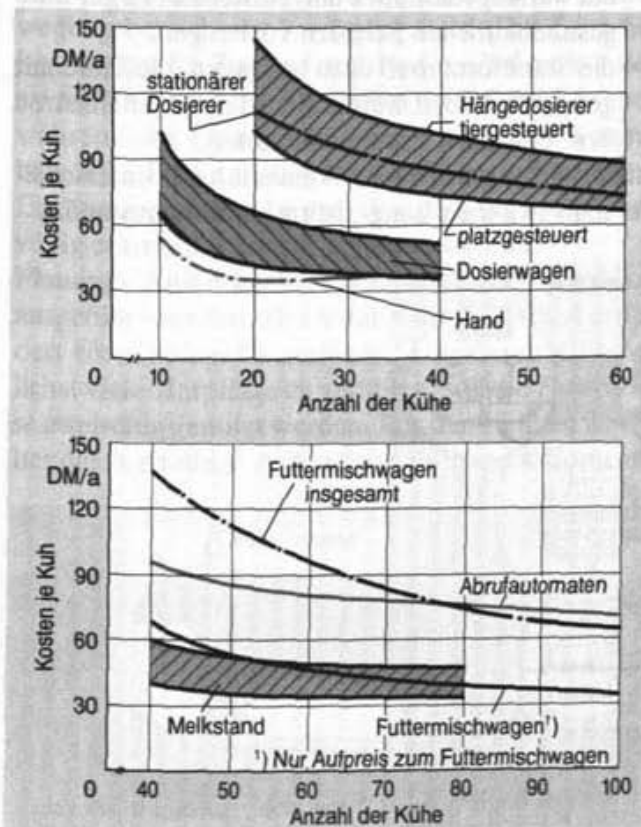


Abb. 405 Kosten der Arbeitserledigung für die Kraftfutter- vorlage bei Milchvieh im Anbindestall (oben) und im Laufstall (unten).

(1–2,5 AKh/Kuh und Jahr). Dem stehen erhebliche *Kapitalaufwendungen* gegenüber, die zu spürbaren Mehrkosten bei der Arbeitserledigung führen (Abb. 405).

Die **Mehrkosten** einer mechanisierten Kraftfutter- fütterung können durch Einsparungen bei den Kraft- futterkosten, insbesondere in Laufställen, gerecht- fertigt werden. Dabei ist folgende allgemeine Zuord- nung möglich:

► **Anbindeställe:** Kraftfutterdosierwagen ab 20 Kü- hen; automatisch arbeitende Dosierer nur bei sehr hohen Kraftfuttermengen (mehrmalige Vor- lage).

► **Laufställe:** Einfache Dosierer in Melkständen für kleine Laufställe und als Übergangslösung; Ab- rufautomaten werden zunehmend zur Standard- lösung; Futtermischwagen bei Herden ab 80 Kü- hen und vielseitiger Grundfütterungslösung.

2.2.5 Prozeßgesteuerte Fütterung und Herdenüberwachung

Eine weitere verbesserte individuelle Futtermen- geversorgung bei gleichzeitigem Ausschöpfen des gene- tischen Leistungspotentiales sowie verbesserter Fruchtbarkeit und Tiergesundheit ist durch die Pro- zeßsteuerung in der Milchviehhaltung zu erwarten. Eine umfassende Prozeßsteuerung ist dadurch ge- kennzeichnet, daß bestimmte Eingangsgrößen (z. B. Futterration) in Abhängigkeit von den Zielgrößen (z. B. Milchleistung) unter Beachtung der Umge- bung so geregelt werden, daß dadurch ein optimales Produktionsergebnis erzielt wird.

Die herkömmliche Steuerung der Produktion erfolgt ausschließlich durch den Menschen. Derzeit wird versucht, diese Managementaufgaben mit elektro- nischen Hilfsmitteln zu erleichtern (s. Abschnitt »Pro- zeßsteuerung«, Seite 85 ff.).

Elektronische Erkennungssysteme und leistungsfä- hige Computer sind die Voraussetzung für ein **rech- nergestütztes Managementsystem** in der Milchvieh- haltung, wobei unterschieden wird zwischen einer rechnergestützten

- Herdenführung,
- individuellen Fütterung,
- Tierüberwachung.

2.3 Stallformen für Milchvieh

Im **Anbindestall** werden die Tiere auf einer eng begrenzten Fläche festgehalten. Dies hat zur Folge, daß

- ▶ die einzelnen *Funktionsbereiche* »Füttern«, »Liegen«, »Melken« und »Entmisten« auf engstem Raum vereint sind. Dies zwingt zu vielfältigen Kompromissen bei der Standgestaltung (z. B. langer Stand = gute Liegefläche, aber höherer Aufwand beim Entmisten und umgekehrt) und zu erschwerten *Arbeitsbedingungen* beim Melken.
- ▶ das gesamte Gebäude nach dem Bereich mit dem höchsten *Wärmeanspruch*, nämlich nach der erwünschten Raumtemperatur für den Melker, ausgeführt werden muß.

Als **Vorteile** des Anbindestalles sind zu nennen:

- ▶ Einfache Einzeltierbetreuung,
- ▶ keine Rangkämpfe zwischen den Rindern.

Im **Laufstall** bewegen sich die Tiere frei in der Herde. Sie gehen deshalb selbst zum Melkstand, zum Futter und zum Liegeplatz. Dies hat zur Folge, daß

- ▶ die einzelnen *Funktionsbereiche* – Liegen, Füttern, Melken – getrennt sind. Sie lassen sich deshalb nach ihren unterschiedlichen Anforderungen bestmöglich gestalten. Dies gilt insbesondere

für den Melkstand, der eine günstige Arbeitshaltung und kurze Arbeitswege für den Melker ermöglicht sowie für den vom Freßplatz abgetrennten Liegeplatz der Tiere.

- ▶ nur der Arbeitsbereich »Melken« höhere *Raumtemperaturen* benötigt, während die übrigen Stallbereiche keine oder nur eine geringe Wärmedämmung erfordern;
 - ▶ weniger *Transportarbeiten* anfallen und dadurch die *Mechanisierung* vereinfacht wird.
- Schwierig ist im Laufstall die Tierbeobachtung.

2.3.1 Anbindestall

Wegen der ständigen Festlegung eines Tieres an einen Platz werden an den Anbindestall hohe **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Die Tiere dürfen beim Aufstehen, Fressen, Hinlegen und Liegen nicht behindert werden,
- ▶ ein wärmegeämmtes und elastisches Lager muß gesundheitlichen Schäden vorbeugen,
- ▶ die Standform muß dazu beitragen, die Tiere mit geringem Arbeitsaufwand und geringer Einstreu bzw. einstreulos sauber zu halten.

Als Folge verschiedener Abmessungen unterscheidet man zwischen Lang-, Mittel- und Kurzstand.

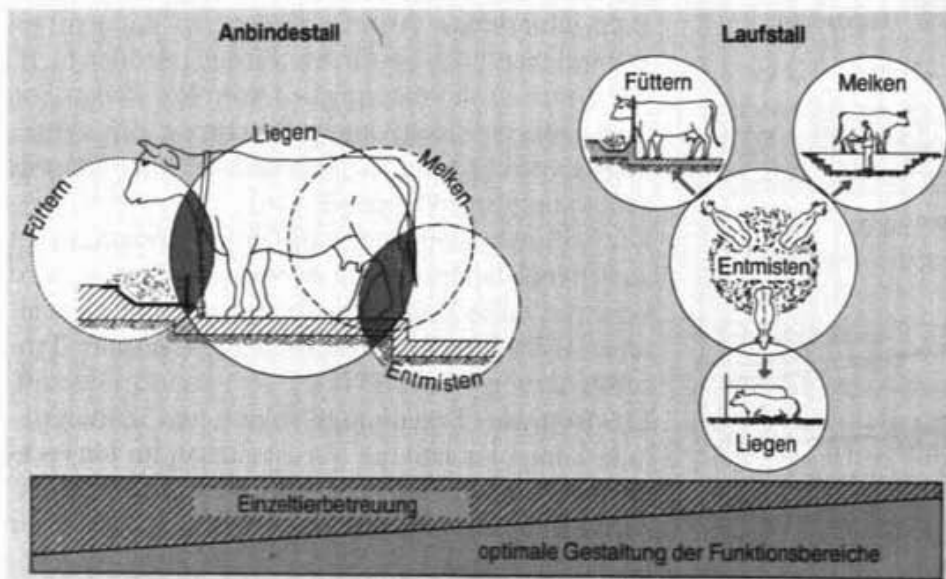


Abb. 406 Funktionsmerkmale von Anbindestall und Laufstall.

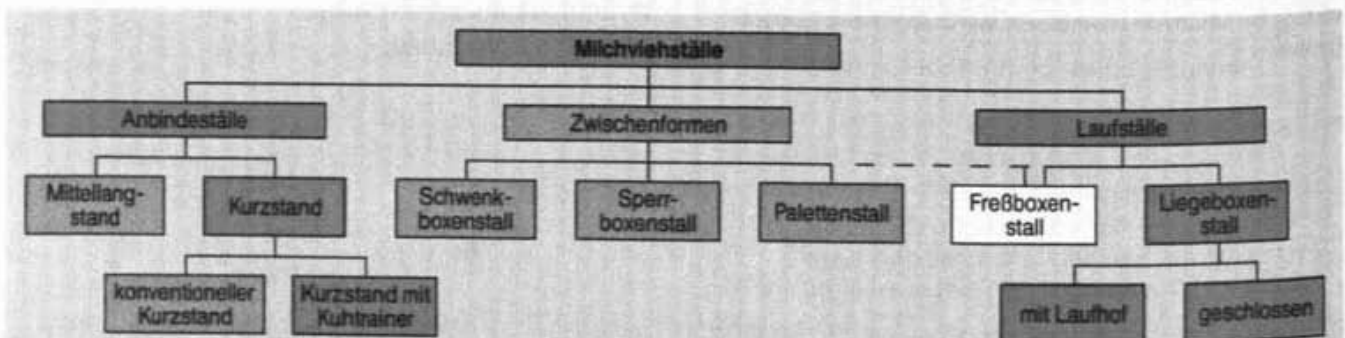


Abb. 407 Stallformen für Milchvieh.

Langstand – Er ist nicht untergliedert und hat eine Länge von über 220 cm. Um die Tiere sauber zu halten, ist eine Einstreumenge von 15 kg/Tier und Tag erforderlich.

Mittellangstand – Er weist ein verschließbares Freßgitter und eine abgesetzte Kotplatte auf. Die Liegefläche ist auf 220 cm begrenzt. Bei geschlossenem Freßgitter steht oder liegt die Kuh an der Kotkante und verschmutzt den Stand nur wenig. Beim Füttern wird das Freßgitter geöffnet und die Kuh tritt ca. 40 cm nach vorne. Da die Kühe meistens beim Fressen koten, fällt dieser nicht auf die Kotplatte, sondern auf die Liegefläche. Deshalb müssen auch bei dieser Standform 8 kg Einstreu je Tier und Tag gestreut werden. Zudem können die Tiere bei geschlossenem Freßgitter nicht an das Futter und nehmen teilweise nicht genügend auf.

Kurzstand – Hier entfällt das Freßgitter und die Krippe ist unmittelbar an die Tiere herangeschoben, so daß der Bereich über der Krippe den Tieren als Bewegungsbereich zur Verfügung steht. Die Tiere haben so ständig Zugang zum Futter. Zudem können sie nicht nach vorne ausweichen, so daß der Kot auch während des Fressens überwiegend in den Kotgraben fällt. Dadurch können die Tiere mit geringen Einstreumengen (2 kg pro Tier und Tag) oder auch völlig einstreulos sauber gehalten werden.

Planung – Anbindeställe können ein- oder zweireihig ausgeführt werden. Der befahrbare Futtertisch erfordert einen hohen Bauaufwand. Um diesen auf möglichst viele Tierplätze zu verteilen, soll die Futterachse zweiseitig genutzt werden. Für den Neubau ist daher die zweireihige Aufstallung als Standardform anzusehen. Demgegenüber benötigen einreihige Anbindeställe große Stallgebäude und sind deshalb teuer. Sie lassen sich außerdem nur schwer klimatisieren.

zusehen. Demgegenüber benötigen einreihige Anbindeställe große Stallgebäude und sind deshalb teuer. Sie lassen sich außerdem nur schwer klimatisieren.

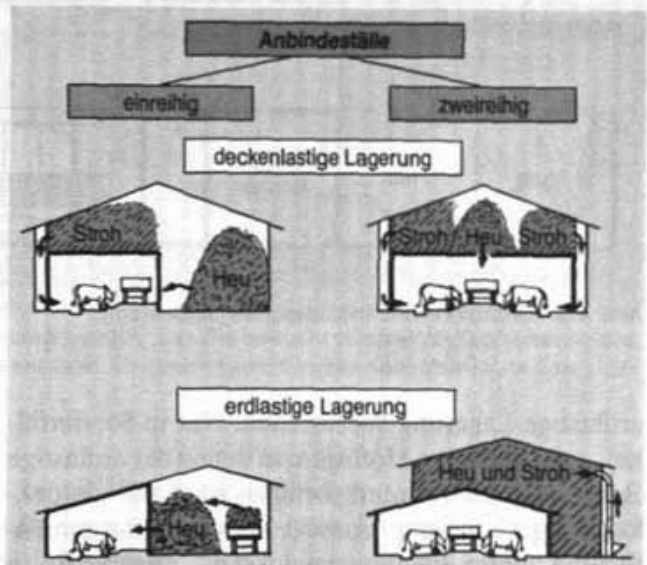


Abb. 408 Bauformen von Anbindeställen.

Je nach Eingliederung der Bergeräume in das Stallgebäude unterscheidet man *deckenlastige* und *erdlastige Lagerung*. Bei deckenlastiger Lagerung weist der Stallraum eine tragende Decke auf, so daß der Raum darüber als Bergeraum für Heu und Stroh genutzt werden kann. Bei erdlastiger Lagerung wird möglichst in Verlängerung der Futterachse der erforderliche Bergeraum angeordnet. Da die deckenlastige Lagerung einen höheren Kapitalbedarf erfordert und außerdem die Mechanisierung erschwert, ist die

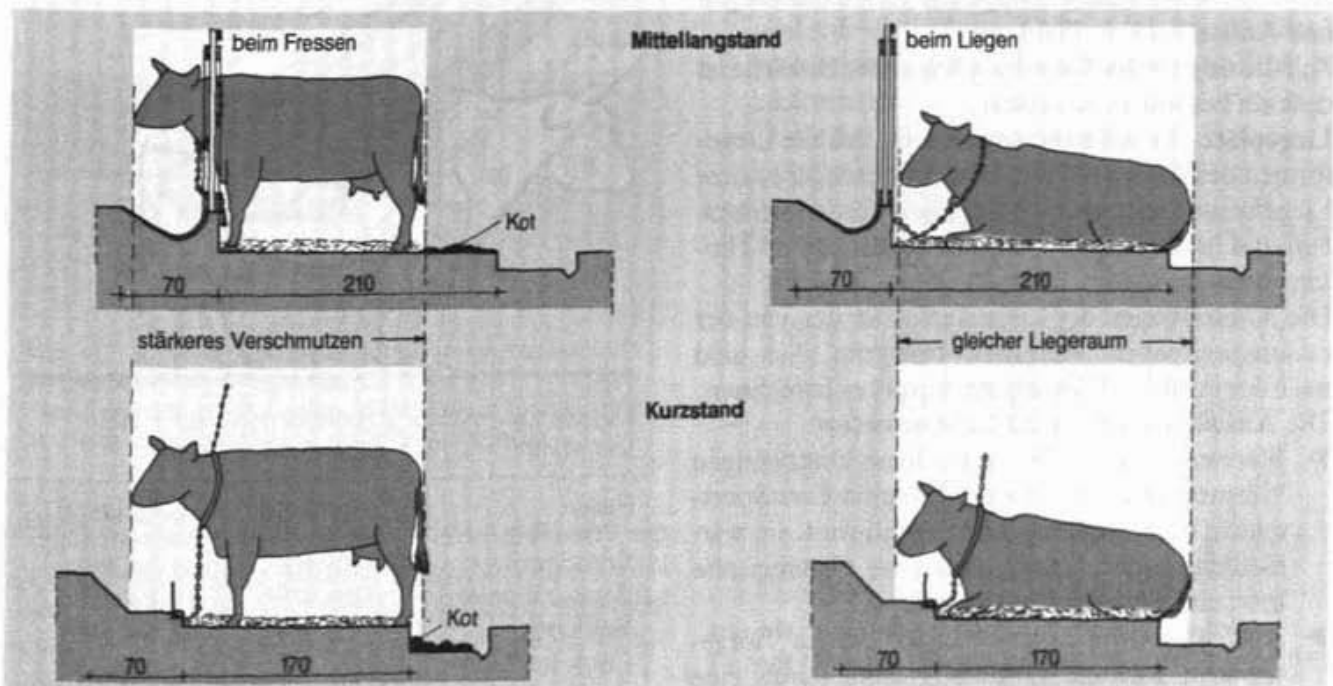


Abb. 409 Der Kurzstand bietet den Tieren die gleiche Bewegungsfreiheit wie der Mittellangstand, vermindert aber die Verschmutzung und den Einstreubedarf (Maße in cm).

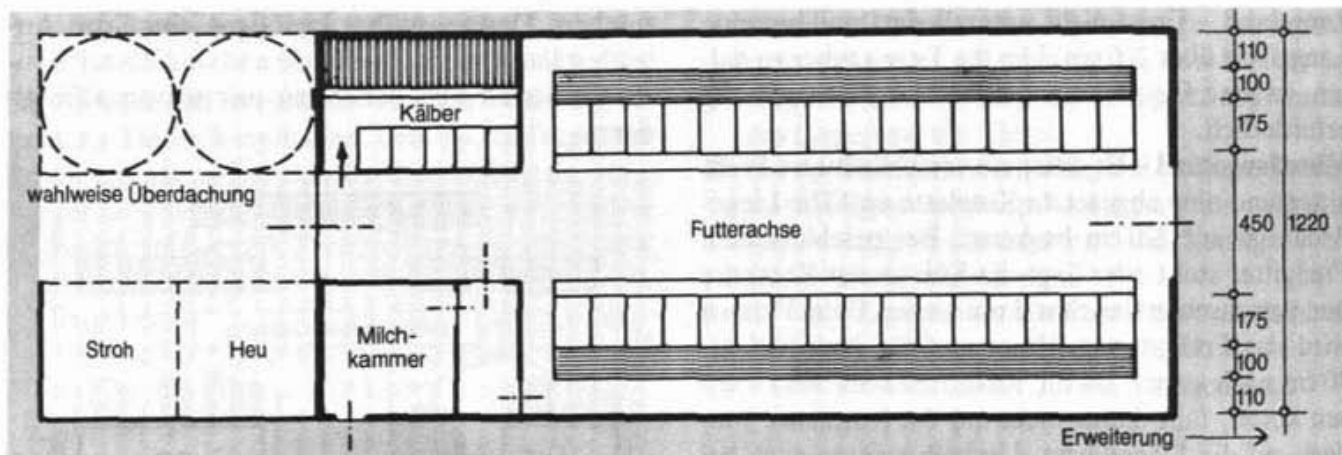


Abb. 410 Grundform des Anbindestalles (Maße in cm).

erdlastige Lagerung vorzuziehen. Nur in Sonderfällen, z. B. beengten Hoflagen, in denen der erdlastige Bergeraum nicht unterzubringen ist, kann die deckenlastige Lagerung sinnvoll sein. Als Zusammenfassung dieser Planungsgrundsätze entsteht die in Abb. 410 gezeigte Grundform des Anbindestalles.

2.3.2 Der Kurzstand als gebräuchlichste Form des Anbindestalls

Der Kurzstand hat sich bei Anbindeställen eindeutig durchgesetzt. Gesundheitliche Schäden bei den Tieren sind dann nicht zu befürchten, wenn auf eine sorgfältige Standausführung geachtet wird. Dabei müssen häufig gegensätzliche Anforderungen erfüllt werden. (Paßt man z. B. die Krippe dem fressenden Rind an, so wird diese Krippe der Kuh beim Liegen und Aufstehen zum Hindernis.)

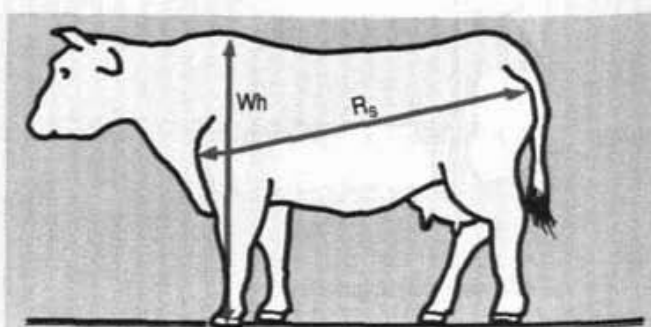
Auf die *tiergerechte Gestaltung* folgender Bereiche ist deshalb besonders zu achten:

Liegeplatz – Er soll so bemessen sein, daß alle Liegeformen des Rindes möglich sind, insbesondere kurze Liegeformen mit untergeschlagenen Vordergliedmaßen und breite Liegeformen mit abgestreckten Hintergliedmaßen.

Die **Abmessungen** des Liegeplatzes werden von der rassenspezifischen Tiergröße bestimmt. Sie sind nach der in Abb. 411 gezeigten Formel zu berechnen. Die **Ausbildung** der Standfläche erfordert:

- ▶ **Wärmedämmung:** Sie soll einen übermäßigen Wärmeentzug verhindern. Dazu ist eine Sperrschicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit, ein wärmedämmender Estrich und eine Gummimatte bzw. eine Stroheinstreu erforderlich.
- ▶ **Ausreichende Elastizität:** Diese für die Tiergesundheit wichtige Forderung kann durch eine mindestens 2 cm dicke Gummi- oder Kunststoffmatte erreicht werden (80–120 DM/m²).

- ▶ **Tritt- oder rutschfeste Oberfläche:** Ein 1–2%iges Gefälle sorgt für ungehinderten Jaucheabfluß. Trockene Gummimatten sind auch ohne Profilgebung auf der Oberseite griffig und trittsicher. Die Gummimatten werden lose auf die Standflächen gelegt und vorne angedübelt. Sie können gegenüber fest mit dem Unterbau verbundenen Matten einfacher ausgewechselt werden. Längsrillen auf der Unterseite der Matte sorgen für eine trockene Auflage.
- Freßbereich** – Im Anbindestall (Kurzstand) gehört der ganze Raum über der Krippe zum Bewegungsraum und Ruhebereich der Tiere. Da der Kopfschwung, den die Kuh zum Entlasten der Hinterhand während des Aufstehens benötigt, nach vorne und unten gerichtet ist, ergeben sich eine Reihe von Anforderungen an Krippenform und Anbindevorrichtungen (Abb. 412).



$$\begin{aligned} \text{Liegelänge} &= 0,922 \times \text{Rumpflänge } (R_g) + 20 \\ \text{Liegebreite} &= 0,85 \times \text{Widerristhöhe } (W_h) \end{aligned}$$

Rasse	Liegelänge	Liegebreite
Braunvieh	170–175	ca. 115
Schwarzbunte	170–175	ca. 115
Rotbunte	175–180	ca. 115
Fleckvieh	175–185	ca. 115

Abb. 411 Bestimmung der Liegeflächenmaße für Kurzstände (Maße in cm).

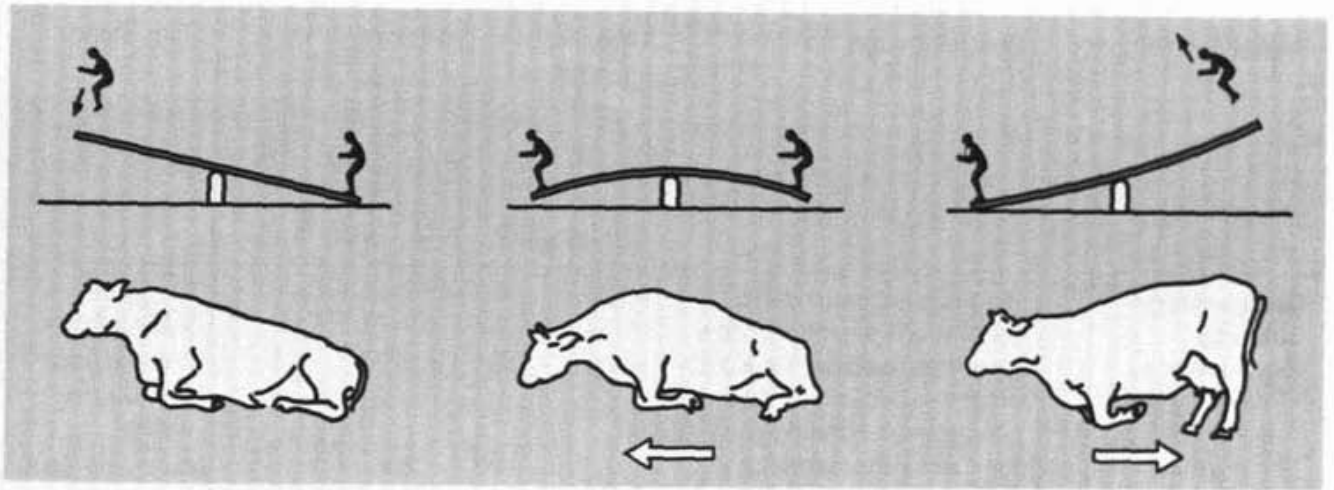


Abb. 412 Aufstehbewegung des Rindes (Schleuderbrettphase) (nach SCHNITZER): Das Tier versucht durch einen Kopfschlag das Körpergewicht nach vorne zu verlegen und damit die Hinterhand zu entlasten. Umgekehrt erleichtert eine anschließende Gewichtsverlagerung nach hinten das Aufrichten in der Vorderhand.

An die **Krippen** werden folgende Anforderungen gestellt (Abb. 413):

- ▶ **Krippensohle** 10–15 cm über dem Niveau der Standfläche, um die Vorderhand der Kühe beim Fressen nicht übermäßig zu belasten.
- ▶ **Krippenweite** 40–60 cm, damit das Futter ständig im Freßbereich der Kühe liegt.
- ▶ **Flexible Krippenrückwand**, welche das Zurückwühlen des Futters verhindert, die Tiere beim Aufstehen und Abliegen sowie beim Ruhen nicht behindert.
- ▶ **Säurefeste und leicht zu reinigende Krippenschalen** (Steinzeug und Polybeton).

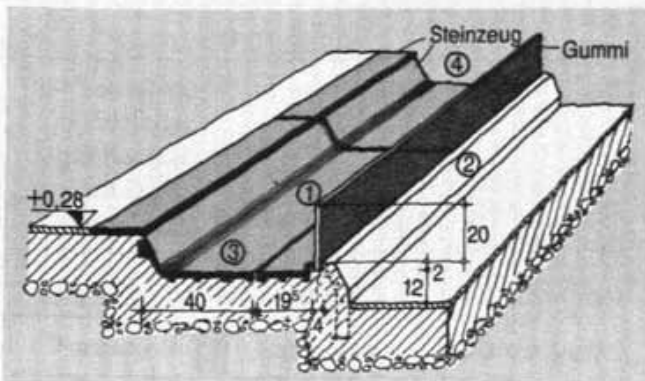


Abb. 413 Anforderungen an eine Futterkrippe (Maße in cm). 1 = Krippensohle: 10–15 cm über der Standhöhe, 2 = Krippenwand: feste Wand 8–12 cm, flexible Wand 20 cm hoch, 3 = Krippenweite: ca. 50 cm; 4 säure- und abriebfester Belag.

Tränkebecken müssen so gestaltet werden, daß die Tiere ihren von der Milchleistung abhängigen Wasserbedarf von 30–100 l/Tier und Tag ohne Behinderung decken können. Dazu sind spezielle Kurzstandtränkebecken erforderlich (Abb. 414).

Die **Anbindevorrichtungen** (Abb. 415, Seite 344) sollen die Tiere

- ▶ auf dem Stand festhalten,
- ▶ ein artgemäßes Fressen, Liegen und Bewegen zu lassen,
- ▶ die Tiere beim Abkoten nach hinten drängen (Steuerfunktion).

Da eine artgemäße Haltung der Tiere eine *lockere Anbindung* fordert, wird die Steuerfunktion zunehmend durch andere Einrichtungen übernommen (Kuhtrainer, Schulterstützen).

Abkotbereich – Ist die Liegefläche bzw. Standlänge für die liegende Kuh richtig bemessen, würde die stehende Kuh auf die Standfläche koten. Es ist deshalb erforderlich, die Kühe beim Abkoten nach hinten zu drängen. Folgende **Steuersysteme** (Abb. 416, Seite 345) sind dafür üblich:

- ▶ Ständiges Zurückdrängen beim Stehen durch die *Anbindevorrichtung*. Dazu wird bei der Senkrechtanbindung der obere Anlenkpunkt 15 cm zurückversetzt.

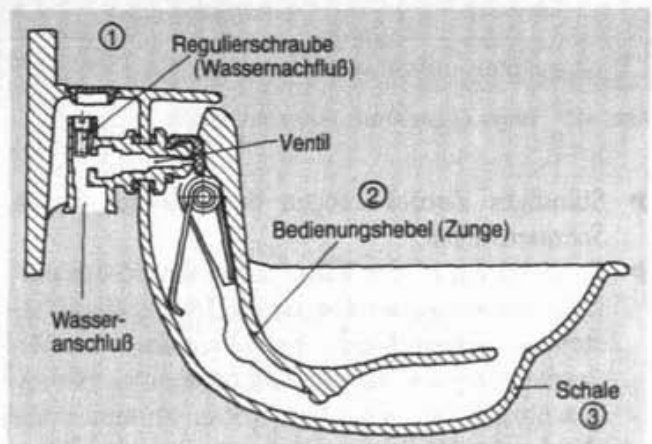
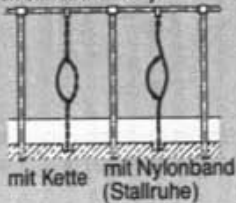
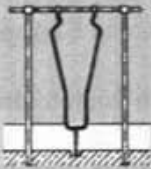
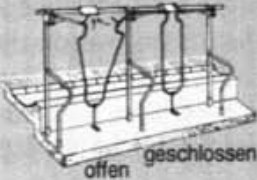
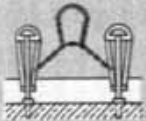


Abb. 414 Anforderungen an ein Kurzstand-Tränkebecken. 1 = hohe Wassernachlaufgeschwindigkeit (18 l/min), 2 = leichtgängiger Bedienungshebel, der Bewegungsrichtung des Kopfes entsprechend, 3 = den Trinkbewegungen des Tieres entspricht am besten ein breites, flaches Becken in 80 cm Höhe.

Anbindevorrichtung	Beschreibung	Kapital- bedarf	geeignet für ¹⁾			Zuordnung
			gruppenweises Abhängen	gruppenweises Einfangen	einzelne Einfangen	
		DM/Stand				
Senkrechtan- bindung (Grabnerkette) 	die Senkrechtanbindung besteht aus einer Kette oder einem geräuscharmen Kunststoffgewebeband mit einem beweglichen Halsbügel; sie ist funktionssicher und billig; Senkrechtketten ermöglichen eine gewisse Steuerung des Tieres	150	+	-	-	für ganz-jährige Stallhaltung und Ganztagsweide
Gelenkhalsrahmen 	Halsrahmen ermöglichen ein gruppenweises Ein- und Auslassen der Tiere; eine Steuerung ist möglich; Gelenke im unteren Drittel des Halsrahmens erlauben mehr Bewegungsfreiheit beim Aufstehen und Abliegen	200	+	+	-	für Weidegang mit Stallmelken
Selbstfang- Gelenkhalsrahmen 	ermöglichen zusätzlich ein selbsttätiges Einfangen der einzelnen Tiere, was insbesondere bei Anbindeställen mit Melkständen von Bedeutung ist	250–300	+	+	+	für Weidegang mit Stallmelken und Anbindeställe mit Melkstand
Pfostenanbindung 	durch die Pfostenanbindung wird das Tier seitlich fixiert; das An- und Abhängen der Tiere ist nur individuell von Hand möglich	200	-	-	-	bei Bedarf für ganzjährige Stallhaltung und Ganztagsweide

¹⁾ + geeignet, - nicht geeignet

Abb. 415 Vergleich der Anbindevorrichtungen.

- ▶ Ständiges Zurückdrängen beim Stehen durch *Schulterstützen*.
- ▶ Zurückdrängen der Kühe nur während des Abkötens durch einen *Kuhtrainer*. Dieses Gerät besteht aus einem Bügel, der 3–4 cm über dem Widerrist hängt und an einen Stromimpulsgeber angeschlossen ist. Vor dem Koten krümmen die Rinder den Rücken und würden dann den Bügel berühren. Um den dabei zu erwartenden leichten Stromschlag zu vermeiden, treten sie soweit zurück, daß beim Koten der Stand nicht verschmutzt. Der Kuhtrainer muß aber sorgfältig ge-

wartet, von Zeit zu Zeit gereinigt und unbedingt den Tieren individuell angepaßt werden.

Die hohe Wirksamkeit des Kuhtrainers erlaubt die volle tiergerechte Standlänge. Spezielle Gitterroste sind nicht erforderlich. Zusätzlich verbessert eine Krippe mit flexibler Krippenwand den vorderen Bewegungsraum erheblich.

- ▶ *Verkürzen der Standlänge*: Hier müssen die Tiere teilweise auf dem Rost stehen. Schieberoste, die den einzelnen Tierlängen angepaßt werden oder breitere Stäbe an der der Kuh zugewandten Seite des Rostes (Kombirost) sind deshalb notwendig.

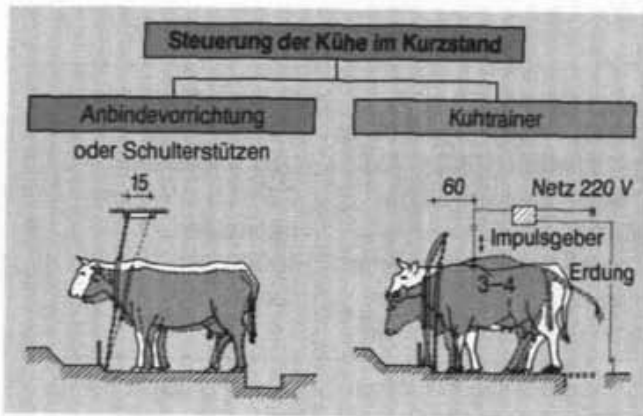


Abb. 416 System zum Steuern der Kühe beim Abkoten im Kurzstand (Maße in cm).

Entmisten (Abb. 147) – Tägliche Einstreumengen über 0,5 kg/Tier führen zur **Festmistbereitung**, wozu der Kurzstand mit Kotgraben üblich ist. Die Liegefläche endet an einer 20 cm hohen Stufe, dem sogenannten Kotgraben. Dessen Ausführung wird von den Entmistungsgeräten bestimmt, wobei zwischen stationären (Abb. 418, Seite 346) und mobilen (Abb. 420, Seite 347) Geräten unterschieden wird.

Mobile Entmistungsgeräte sind Frontladerschlepper und Spezialhofschepper. Beide Geräte können in mehreren Ställen eingesetzt werden, wobei die Dungstätte dem Stall nicht direkt zugeordnet sein muß. Der vielseitige Frontlader ist kostengünstig,

Tabelle 157 Vergleich der Möglichkeiten, den Stand sauber zu halten.

Steuerungssystem	Vorteile	Nachteile
Kuhtrainer	günstige Haltungsbedingungen vermeiden Haltungsschäden; saubere Tiere; weniger Arbeit beim Entmisten; Wirksamkeit bei ca. 95% der Abkotvorgänge	sorgfältige Wartung des Kuhtrainers erforderlich; einige Tiere sprechen auf den Kuhtrainer nicht an und verschmutzen die Liegefläche; bei falscher Handhabung Beeinträchtigung der Tiere
Anbindevorrichtung	gute Haltungsbedingungen durch volle Standlänge	nur bei Senkrechtkettenanbindung; Wirksamkeit bei ca. 85% der Abkotvorgänge
Schulterstützen	volle Standlänge auch bei Pfostenanbindung möglich	Bewegungseinschränkung; Wirksamkeit bei ca. 85% der Abkotvorgänge
Verkürzen der Standlänge	einfache Handhabung	eingeschränkte Bewegungsfreiheit und kurze Stände können zu Verletzungen und Haltungsschäden führen; höherer Verschmutzungsgrad



Abb. 417 Verfahren des Entmistens von Kurzständen.

Tabelle 158 Vergleich von mobiler und stationärer Entmistungstechnik.

mobile Entmistung	stationäre Entmistung
vielseitig und in mehreren Ställen einzusetzen; Dungstätte muß nicht unmittelbar am Stall liegen; geringe bauliche Veränderungen; geringe Störanfälligkeit; <i>aber:</i> längere Rüstzeiten; keine Automatisierung möglich	»Druckknopfarbeit« möglich; keine Rüstzeiten; geringer Raumbedarf <i>aber:</i> eigenes Gerät für jede Mistachse; Mistlager direkt am Stall erforderlich; störanfällig

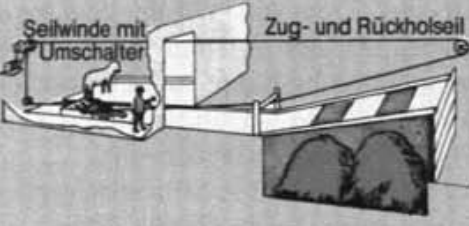
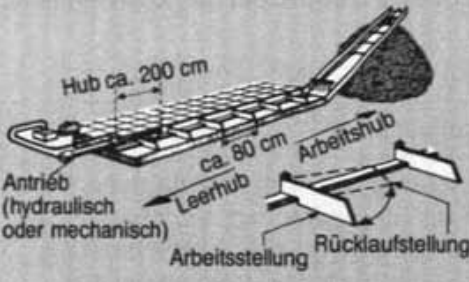
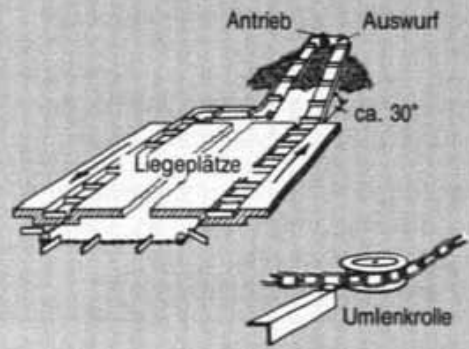
Bauart	Ausführung	Zuordnung
Seilzugschieber 	einfache Seilzuganlagen weisen eine handgeführte Schleppschaufel auf, die bei Rückführung auf kleinen Rädern rollt; mit derartigen Anlagen sind das Dungstapeln und Umlenken möglich; Seilzuganlagen mit Rückholseil ersparen das mühsame Rückziehen des Schrap-pers, erfordern aber gerade Mistachsen	max. Förderlänge: 60–100 m Leistungsbedarf: 0,5–1,5 kW/10 m Kapitalbedarf: 10 000 DM (bei 40 GV)
Schubstangenförderer 	Schub- oder Zugstangenanlagen fördern kontinuierlich; die Schub- oder Zugstange bewegt sich dabei abwechselnd vorwärts und zurück; Schub- oder Zugstangenanlagen können nur in einer Ebene fördern, zum Dungstapeln wird für jede Mistachse ein Hochförderer benötigt; da jede Achse eine komplette Anlage erfordert, verteuert sich die Schub- oder Zugstangenanlage bei mehrreihiger Aufstellung	max. Förderlänge: 60 m Leistungsbedarf: 0,4–0,8 kW/10 m Kapitalbedarf: 18 000 DM (bei 40 GV)
Kettenförderer 	beim Kettenförderer sind die Schubklappen mit einer Kette verbunden, die einen Kreis bildet, der Dung in einer Richtung gefördert; durch die Beweglichkeit der Kette können auch zusätzliche Winkel überwunden werden; durch schräge Führung der Kette außerhalb des Stalles läßt sich der Kettenförderer auch zum Dungstapeln verwenden; da ein Teil des Kettenkreises ständig im Freien liegt, besteht im Winter die Gefahr des Einfrierens	max. Förderlänge: 2×80 m Leistungsbedarf: 0,4–0,8 kW/10 m Kapitalbedarf: 18 000 DM (bei 40 GV)

Abb. 418 Stationäre Entmistungsverfahren.

setzt aber große Tore voraus, die im Winter zu stalt-klimatischen Schwierigkeiten führen können. Der Hofschlepper kann auch bei üblichen Türen und Durchfahrten benutzt werden. Nachteilig ist sein hoher Anschaffungspreis.

Bei **einstreuloser Haltung** wird im allgemeinen die Gitterrostaufstallung mit Flüssigmistbereitung be-

vorzugt. Bei dieser Aufstellungsform geht die Liegefläche bündig in einen Gitterrost über, durch den der Kot fällt.

Der *Gitterrost* muß so ausgeführt sein, daß sich die Tiere beim Stehen, Liegen oder Begehen des Rostes nicht verletzen, der Dung möglichst ungehindert in den Kanal fällt, die Reinigung nicht durch unnötige

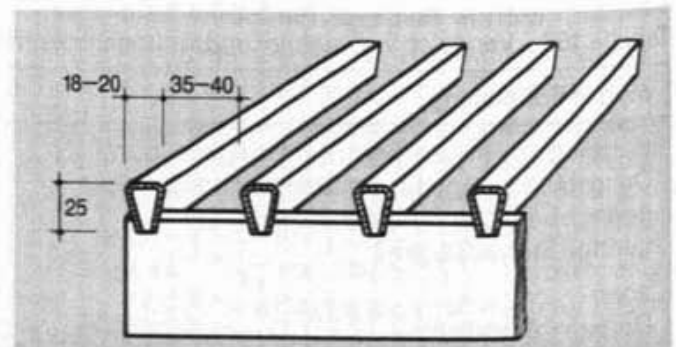
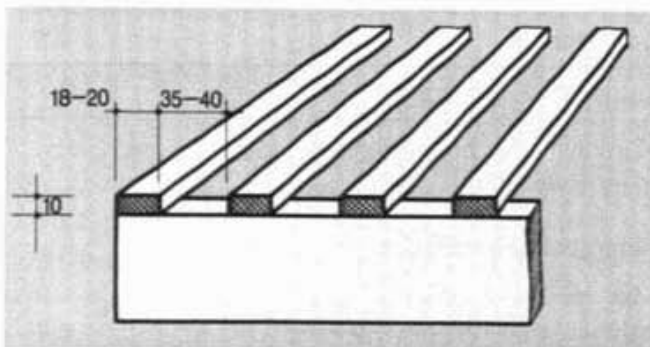


Abb. 419 Ausführung von Gitterrosten (keine scharfen Kanten und Schweißnähte!) (Maße in cm).

		Standardschlepper mit Frontlader	Hofschlepper
Antrieb		Diesel 20–70 kW	Diesel 10–25 kW Elektromotor 6–8 kW
Lenkung		Vorderrad	Knicklenkung, Bremslenkung, Vierradlenkung
Mistgang	cm	180–200	120
Toröffnung (Breite/Höhe)	cm	200/260 bis 220/280	120/260
Kapitalbedarf	DM	5000 (Frontlader)	18000–30000

Abb. 420 Vergleich mobiler Entmistungsgeräte (Maße in cm).

Querstäbe behindert wird und eine lange Haltbarkeit gewährleistet ist (Abb. 419).

Die Ableitung des *Flüssigmistes* zum Lagerbehälter wird überwiegend im Fließmistverfahren vorgenommen (Einzelheiten s. Abschnitt 6, Seite 409).

Kurzstandformen – Aus den bisher genannten Anforderungen an den Anbindestall sind der *Kurzstand*

mit *Kuhtrainer* (Abb. 421) und der *Kurzstand mit verkürzter Liegefläche* (Abb. 422) entwickelt worden.

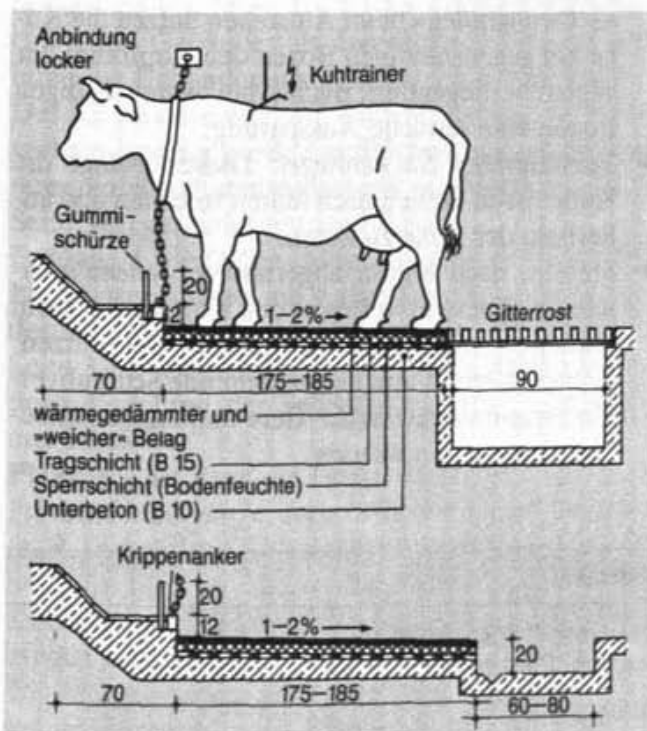


Abb. 421 Kurzstand mit Kuhtrainer; oben: mit Gitterrost; unten: mit Kotgraben (Maße in cm).

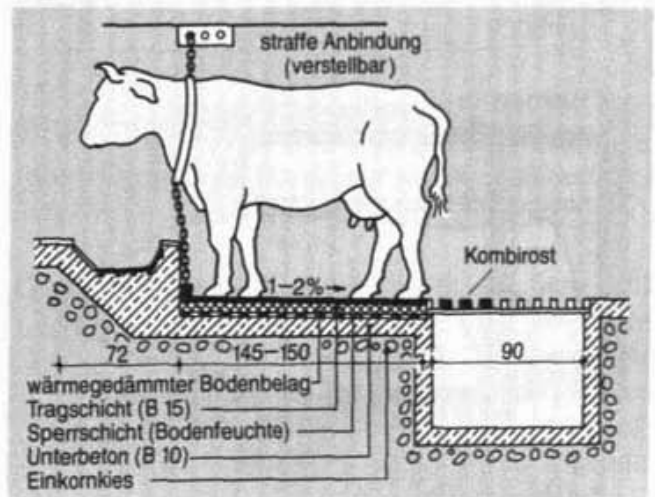


Abb. 422 Kurzstand mit verkürzter Liegefläche, Kombirost und fester Krippenwand (Maße in cm).

2.3.3 Laufstall

Laufstallformen – Je nach Ausbildung von Liege- und Lauffläche unterscheidet man unterschiedliche Laufstallsysteme.

Beim **Laufstall mit Volleinstreu** (Tieflaufstall) bestehen Liege- und Laufflächen aus einem Tiefstreubett, auf das täglich frische Einstreu geworfen wird. Der so entstehende Dungstapel wird in größeren Zeitabständen mit dem Frontlader entfernt. Das Dung-Ein-

streupolster bildet ein warmes Lager, so daß einfache Leichtbauten genügen. Der größte Nachteil dieser Stallform ist die hohe Einstreumenge von 12–15 kg je Tier und Tag.

Beim **eingestreuten Laufstall mit Festbodenauflä- che** (Laufhof) kann der Strohbedarf um die Hälfte auf 6–8 kg je Tier und Tag gesenkt werden. Bei dieser Stallform ist der Freßbereich, in dem etwa $\frac{2}{3}$ des Kotes anfallen, betoniert. Diese Lauffläche wird in kürzeren Abständen mit dem Schlepper abge- schoben.

Der **Liegeboxenlaufstall mit Festboden- oder Spal- tenbodenauflä- che** hat sich für die Milchviehhaltung gut bewährt, da er gegenüber den anderen Laufstall- systemen folgende Vorteile bietet:

- ▶ Strohharme bis strohlose Aufstallung,

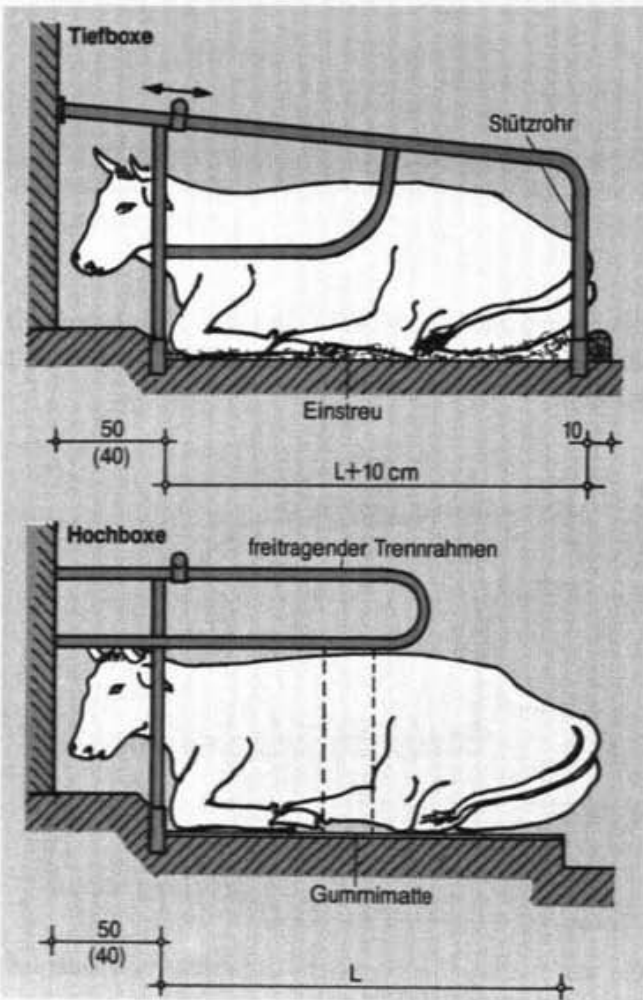


Abb. 423 Gestaltung von Liegeboxen (Maße in cm).

Tabelle 159 Vergleich von Hoch- und Tiefboxe.

Hochboxe	Tiefboxe
Lager wird von den Tieren bevorzugt; billiger <i>aber:</i> höherer Kapitalaufwand (150 DM/Kuh)	geringer Pflegeaufwand; weniger Platzbedarf <i>aber:</i> laufender Pflegeaufwand; schwierige Reinigung

- ▶ geringer Flächenbedarf,
- ▶ bequemer und geschützter Liegeplatz.

Liegeboxen – Wichtigstes Bauteil der Laufställe für Milchvieh ist die Liegeboxe. Sie muß, genau wie der Kurzstand, ein tiergerechtes Abliegen, Liegen und Aufstehen ermöglichen. Bei den Liegeboxen wird zwischen Hoch- und Tiefboxe unterschieden (Abb. 423).

Bei der **Gestaltung** der Liegeboxen für Kühe ist folgendes zu beachten:

- ▶ Richtige **Boxenabmessungen**: Diese werden bestimmt von der Liegefläche (s. »Kurzstand«, Abschnitt 2.3.2, Seite 342).

$$\text{Liegeboxenlänge (cm)} = \text{Kopfraum (40–50)} + \text{Lie- gelänge} + \text{Zuschlag Tiefboxe (10)}$$

$$\text{Liegelänge (cm)} = 0,922 \times \text{Rumpflänge (Rs)} + 20$$

(s. Abb. 411, Seite 342)

$$\text{Liegeboxenbreite (cm)} = 0,85 \times \text{Widerristhöhe}$$

(s. Abb. 411)

Je nach Rasse und Boxenform errechnet sich dar- aus eine Boxenlänge von 210–245 cm und eine Boxenbreite von 115–125 cm.

Wandständige Boxen müssen um 10–20 cm län- ger als gegenständige sein.

- ▶ Ausreichender **Kopfschwungraum**: Dieser ist er- forderlich, damit das aufstehende Tier nicht be- hindert wird. Eine Bugkante (bzw. Kopfkasten) und ein Nackenriegel hindern die Tiere, zu weit nach vorne in die Boxe zu treten. Für das »Schwungholen« beim Aufstehen nutzen die Kü- he bei gegenständigen Boxen den Kopfraum der gegenüberliegenden Bucht, bei wandständigen Boxen eine seitliche Aussparung.
- ▶ Verstellbarer **Nackenriegel**: Dieser zwingt die Kühe, beim Stehen nach hinten zu treten und au- ßerhalb der Boxe zu koten.
- ▶ Stabile, nach hinten abgerundete **Seitenabtren- nungen**: Diese erlauben es den Kühen, sich beim Hinlegen mit dem Hüfthöcker abzustützen. Scharfe Kanten und herausstehende Schraubver- bindungen verletzen die Tiere und müssen unbe- dingt vermieden werden.

- Ausreichender seitlicher *Freiraum* (30–35 cm): Er ermöglicht es den Kühen, beim Liegen die Extremitäten durchzustrecken. Ein zu hoher seitlicher Freiraum kann allerdings dazu führen, daß Kühe durchschlüpfen und sich schwer verletzen. Hinderlich sind weiterhin Abstütungen der Seitenwand im Bereich der Hinterhand. Bei den Tiefboxen wird deshalb das Stützrohr am Ende der Liegefläche nach unten geführt; bei den kürzeren Hochboxen sind freitragende Seitenabtrennungen zu empfehlen.
- *Bodenbelag*: Er hat den Anforderungen an Wärmeschutz, Trittsicherheit, Elastizität und Haltbarkeit zu entsprechen. Hochboxen müssen eine ausreichende Wärmedämmung aufweisen und mit einer elastischen Gummimatte ausgelegt werden, die allerdings weniger als im Kurzstand beansprucht wird. Zum Mistgang hin ist eine Stufe von 20–25 cm vorzusehen. Tiefboxen haben eine Schüttung aus Häckselstroh und Sand. Diese Tiefstreu wird gegenüber der Lauffläche durch eine 15 cm hohe, abgerundete Holzschwelle getrennt.

Bauformen – Bei den Liegeboxenlaufställen unterscheidet man zwei Bauformen:

- Liegeboxenställe mit Außenfütterung (Laufhof),
- geschlossene Liegeboxenställe.

Liegeboxenstall mit Laufhof (Abb. 424) – Bei dieser Stallform sind Freß- und Liegebereich räumlich getrennt. Das eigentliche Stallgebäude kann auf eine Liegehalle mit Melkstand und Nebenräume reduziert werden, da der Freßplatz außerhalb des Gebäudes untergebracht ist. Durch die alleinige Beanspruchung des Gebäudes als *Liegehalle* ergibt sich eine intensive Gebäudenutzung (Liegehalle 4 m²/Kuh).

Der Liegeboxenstall mit Außenfütterung erfordert verhältnismäßig große Laufflächen, die nur mit einem *mobilen Entmistungsgerät* (s. Abschnitt 2.3.2, Seite 342) gereinigt werden können.

Besonders vielfältige Möglichkeiten eröffnet der Liegeboxenlaufstall mit Außenfütterung hinsichtlich der *Mechanisierung der Fütterung* (s. Abschnitt 2.2, Seite 329). Typisch für diese Laufstallform sind jedoch Verfahren der Selbstfütterung aus Heuraufe und Flachsilo.

Planung – Sie kann die Funktionsbereiche »Liegen, Fressen, Melken« je nach örtlichen Gegebenheiten (z. B. vorhandene Altbauten) unterschiedlich zuordnen. Trotz dieser planerischen Freiheit, die dieses System ermöglicht, hat sich folgende **Standardlösung** als günstig erwiesen:

Der Liegebereich wird von der Längsseite her kammartig erschlossen. Die Gebäudebreite wird von der Liegeboxenzahl bestimmt, die zwischen 10 und 15 Boxen beträgt. In Boxenreihen dürfen keine

Sackgassen enden, damit abgedrängte Tiere ausweichen können.

Bei der dichten Belegung der Liegehalle ist eine Wärmedämmung des Gebäudes nicht unbedingt erforderlich (Kaltstall). Dem Liegebereich ist der offene Lauf- und Freßbereich vorgeordnet. Hier ist lediglich eine Überdachung des Freßplatzes notwendig. Nur in niederschlagsreichen Gegenden empfiehlt sich die Überdachung des gesamten Laufbereichs. Um dem mobilen Entmistungsgerät ausreichende Rangierfläche zu bieten, ist zwischen Liegebereich und Futterachse ein Abstand von 6 m erforderlich. Der Melkbereich mit Nebenräumen wird zweckmäßig seitlich der Liegehalle angeordnet, wobei darauf zu achten ist, daß der Umtrieb beim Melken von den Liegeboxen zum Freßplatz erfolgt. Die Zuordnung der Futterlagerräume ist beliebig. Ein Erweitern der Liegehalle ist möglich.

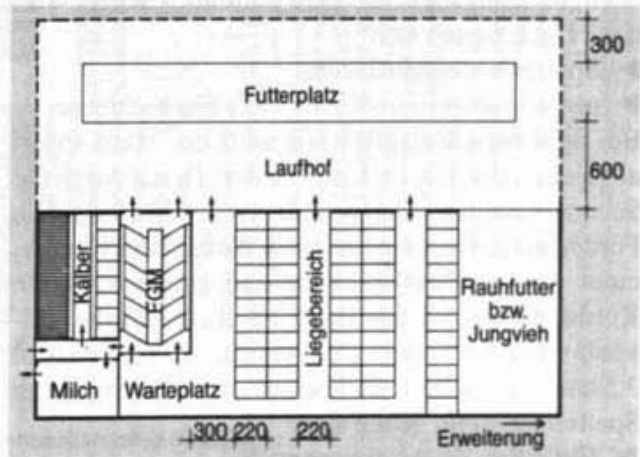


Abb. 424 Grundform des Liegeboxenstalles mit Laufhof (Maße in cm).

Geschlossener Liegeboxenstall (Abb. 425, Seite 350)

– In diesem Laufstalltyp sind die Funktionen »Liegen, Laufen, Fressen und Melken« in kompakter Form in einer Halle zusammengefaßt. Wegen des hohen Kapitalbedarfes für die Hülle muß die Lauffläche im Gebäude auf das geringste Maß beschränkt werden, bei dem die Funktion noch sichergestellt ist. Dies ist gegeben durch:

- Längsaufschluß des Gebäudes mit parallelen Futter- und Entmistungsachsen,
- ausreichend breite Gänge zwischen den Liegeboxen mit folgenden Abmessungen:

Laufgang bei einer Liegeboxe	200 cm Breite
Laufgang zwischen zwei Liegeboxen	220 cm Breite
Laufgang am Futtertisch	300 cm Breite

- Der Freßplatzgang muß so breit sein, daß hinter einem fressenden Tier eine futtersuchende Kuh vorbeigehen kann. Dazu sind mindestens 300 cm Gangbreite notwendig.

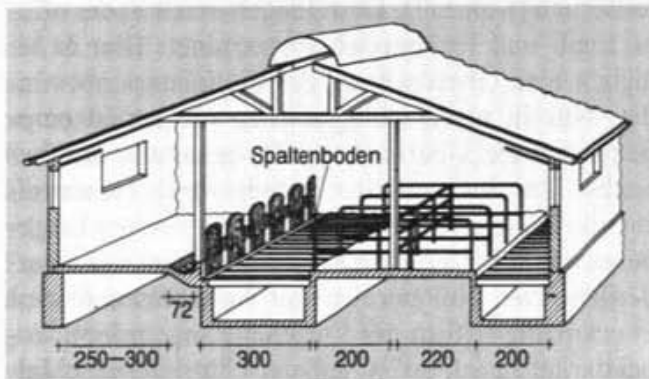


Abb. 425 Grundform des geschlossenen Liegeboxenlaufstalles (Maße in cm).

Entmisten: Bei geschlossenen Liegeboxenlaufställen verteilt sich der Kot- und Harnanfall auf räumlich beengte Laufgänge. Er muß laufend beseitigt werden. Dazu eignen sich

- Spaltenbodenlaufflächen
- planbefestigte Laufflächen mit Flachschieber.

Bei **Spaltenbodenlaufflächen** wird der Harn sofort abgeleitet, der Kot laufend von den Tieren durch die Schlitze getreten (s. Abschnitt 3.2.3, Seite 362). Die Forderungen nach einem festen Auftritt der Klauen, einer raschen Harnableitung und einem schnellen Kotdurchgang werden dann erfüllt, wenn die Balkenbreite 8 cm und die Schlitzweite 2,5 bis maximal 3,5 cm beträgt. Die wichtigsten Anforderungen an Spaltenböden für Kühe sind:

- Einhalten der Funktionsmaße,
- frei von scharfen Kanten und Graten,
- ebene, trittsichere Oberfläche,
- ebene Verlegung.

Zur Dungbeseitigung unter dem Spaltboden werden das Fließmistverfahren und das Zirkulationsverfahren eingesetzt (s. Abschnitt »Flüssigmist«, Seite 412).

Flachschieber reinigen planbefestigte Laufflächen mehrmals täglich. Durch die geringe Höhe des

Dungschiebergerätes von ca. 20 cm und der geringen Vorschubgeschwindigkeit von 2–4 m/min können die Tiere über den Schieber hinwegsteigen und werden von ihm nicht behindert. Die verschiedenen Anlagen unterscheiden sich in den Schieberwerkzeugen, den Zugmitteln und in den Antriebsstationen.

Als **Schieberwerkzeug** haben sich **Falt-** und **Klappschieber** eingeführt. Faltschieber öffnen sich in Arbeitsstellung V-förmig, bis sie an die Begrenzungswände des Ganges anstoßen; damit können sie sich unterschiedlichen Gangbreiten anpassen. Beim Zurückführen klappt der Faltschieber zusammen (Abb. 426).

Beim Klappschieber schwenkt das Reinigungsschild beim Zurückziehen nach oben und beim Koträumen nach unten. Eine Anlaufstrecke wie beim Faltschieber entfällt dadurch. Seitliche Klappen erlauben ebenfalls, wenn auch nur eingeschränkt, ein gewisses Anpassen an Gangbreitendifferenzen.

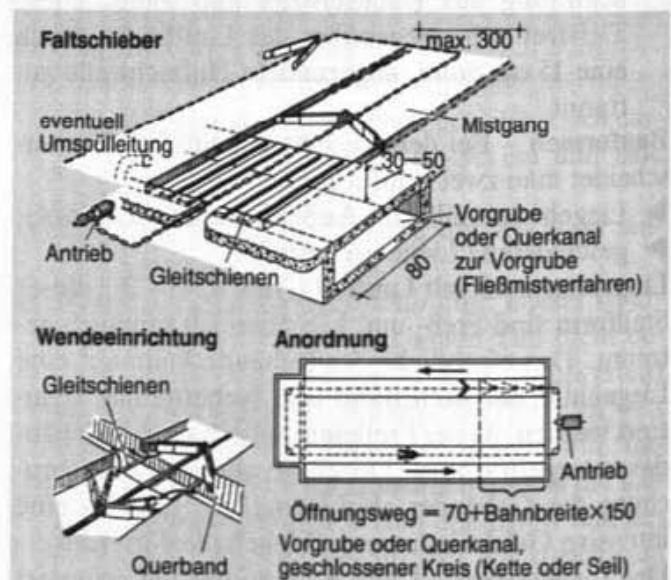


Abb. 426 Flachschieberentmistung (Maße in cm).

Als **Zugmittel** für Flachschieber werden Stahlseile, Ketten und Zugstangen verwendet. Der Einsatz der Flachschieberanlagen ist wirtschaftlicher, wenn gleichzeitig zwei oder drei zueinander parallel ver-

Tabelle 160 Vergleich von Spaltenboden und Flachschieberanlage.

Spaltenboden	Flachschieberanlage
<p>sehr funktionssicher; nicht achsengebunden, deshalb gut geeignet für verwinkelte Anordnung; schnelle Harnableitung; weniger Klauenerkrankungen</p> <p><i>aber:</i> hoher Bauaufwand; Störungen bei längerem Futter und bei zu reichlicher Einstreu (z. B. der Boxen)</p>	<p>geringerer baulicher Aufwand; für Altgebäude gut geeignet, da keine Kanäle notwendig;</p> <p><i>aber:</i> gerade Mistachsen erforderlich; reparaturanfällig; mangelnde Harnableitung; Verletzungsgefahr</p>

laufende, gleichlange Mistachsen mit einem Aggregat angetrieben werden können.

Planung – Der geschlossene Liegeboxenstall mit kombinierten Funktionsbereichen hat eine einheitliche Grundform, die je nach Zahl der Boxenreihen den unterschiedlichen Betriebsbedingungen ange-

paßt werden kann. Die Grundform sieht in der Längsachse des Gebäudes einen überfahrbaren Futtertisch vor, an den der Freßgang anschließt. Parallel zur Futterachse sind die Liegeboxen in Einfach- oder Doppelreihen angeordnet.

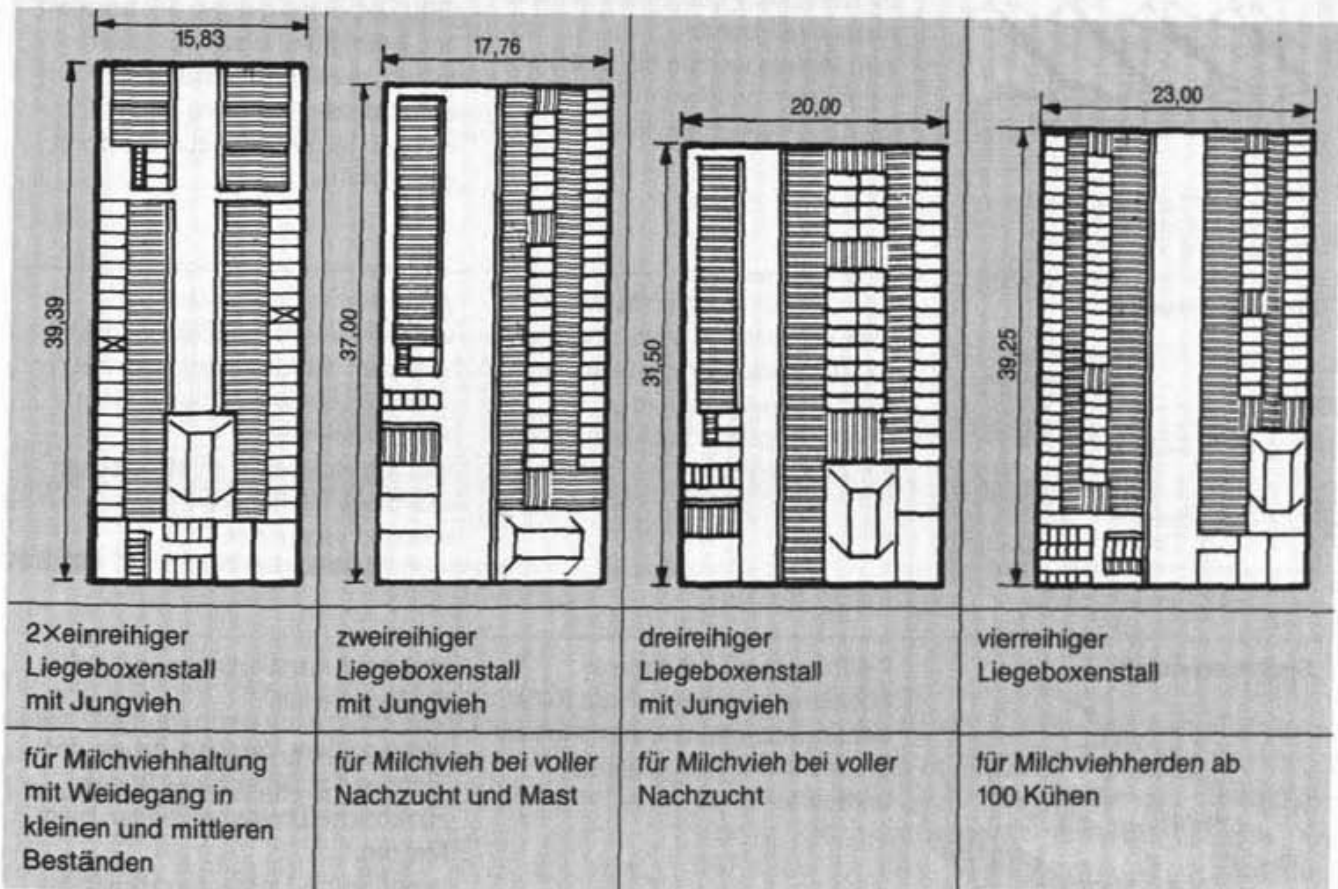


Abb. 427 Geschlossene Liegeboxenlaufställe mit kombinierten Funktionsbereichen (Maße in m).

Tabelle 161 Vergleich von offenem und geschlossenem Liegeboxenlaufstall.

Liegeboxenlaufstall mit Laufhof (offen)	geschlossener Liegeboxenlaufstall
<p>gute Gebäudenutzung (vor allem bei Altgebäuden); für Altgebäudenutzung in günstiger Klimlage geeignet; geringer Bauaufwand; einfache, funktionssichere Entmistung; Möglichkeit der Selbstfütterung</p> <p><i>aber:</i> erschwerte Tierbeobachtung; schwieriges Reinigen des Laufhofes</p>	<p>wegen arbeitswirtschaftlicher Vorteile bevorzugt; keine Entmistungsarbeiten; Mensch und Tier gegen Witterung geschützt</p> <p><i>aber:</i> höherer Bauaufwand; aufwendigere Entmistungstechnik</p>

2.3.4 Sonderstallformen

Neben den gezeigten Standardverfahren der Milchviehhaltung gibt es noch einige Sonderstallformen. Bei diesen Stallformen wurde versucht, die Vorteile der Einzeltierhaltung zu nutzen, gleichzeitig aber auch die Melkarbeiten zu verbessern. Sie nehmen deshalb eine Zwischenstellung zwischen Anbindeställen und Laufställen ein (Abb. 428, Seite 352).

2.4 Vergleich der Stallformen für die Milchviehhaltung

Die Auswahl geeigneter Stallsysteme kann nur aufgrund einzelbetrieblicher Verhältnisse erfolgen. Als Hauptpunkte müssen dabei beachtet werden:
Tierleistung – Untersuchungen über die Höhe der Milchleistung ergaben keine gesicherten Unterschiede.

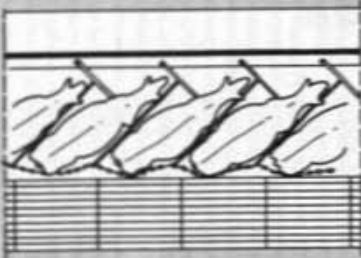
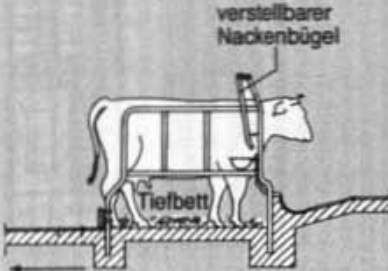
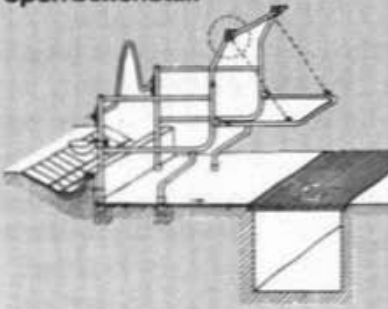
Sonderstallform	Prinzip	Beurteilung
<p>Schwenkbuchtenstall (System Ryholm)</p>  <p>für jede Kuh 1 Milchhahn, gute Euterzugänglichkeit und Übersicht, Schwenkwinkel 35°</p>	<p>Grundprinzip wie Anbindestall; Tiere jedoch nicht angebunden, sondern zwischen zwei schwenkbaren Seitenabtrennungen, einer Schulterstütze und einem hinteren Absperrseil fixiert; zum Melken werden die Seitenabtrennungen geschwenkt, so daß die Kühe fischgrätenähnlich stehen</p>	<p>besserer Zugang beim Melken; dadurch bis zu 10% Arbeitszeiteinsparung möglich;</p> <p><i>aber:</i> höhere Investitionskosten (300 DM/Stand); hoher Platzbedarf am Anfang und Ende der Standreihen; durch gemeinsamen, absenkbaren Mistgang und mobilen Melkstand neue Stallform in Entwicklung</p>
<p>Freßboxenstall</p>  <p>verstellbarer Nackenbügel Tiefbett</p>	<p>Stand entspricht grundsätzlich dem Anbindestall, jedoch können die Tiere jederzeit die Boxe verlassen; diese Stallform ist mit einem Melkstand mit Vorwarteplatz verbunden</p>	<p>gut geeignet für den Umbau vorhandener Anbindeställe, ein Verkoten der Liegefläche ist trotz verstellbarer Nackenbügel nicht auszuschließen; bequemes Melken im Melkstand, allerdings mit höheren Treibarbeiten verbunden</p>
<p>Sperrboxenstall</p> 	<p>Freßboxenstall mit hinterer Absperrung, in der sich die Kühe selbst einfangen und zum Melken gruppenweise ausgelassen werden</p>	<p>bessere Einzeltierbetreuung als im Freßboxenstall;</p> <p><i>aber:</i> größere Verschmutzung der Tiere und zusätzlich der Bügel; zusätzliche Umtriebsarbeiten beim Melken; eventuell bei Umbauten vorhandener Anbindeställe</p>

Abb. 428 Vergleich von Sonderstallformen.

de zwischen den einzelnen Stallformen, auch nicht zwischen Anbinde- und Laufstall. Lediglich bei der Umstellung vom Anbinde- zum Laufstall muß mit einem kurzfristigen Leistungsabfall gerechnet werden. Dagegen scheint in einigen Laufställen ein etwas höherer Aufwand an Futter erforderlich zu sein, der allerdings durch fehlerhafte Fütterungstechnik verursacht werden kann.

Gesundheit, Fruchtbarkeit und Tierverhalten – In Anbindeställen kommt es bei baulichen Mängeln häufiger zu Verletzungen der Euter und der Gliedmaßen. In Laufställen sind demgegenüber häufiger Klauenerkrankungen festzustellen, wenn Klauenbad und Klauenpflege vernachlässigt werden.

Unterschiede bestehen in der Fruchtbarkeitserkennung. Obwohl im Anbindestall die Tiere besser beobachtet werden können, ist das Erkennen der

Brunst schwieriger, weil die äußeren Anzeichen nicht so deutlich werden wie im Laufstall. Längere Zwischenkalbezeiten sind die Folge.

Die Einzelhaltung im Anbindestall ermöglicht die gezielte Tierversorgung und -betreuung auf einfache Weise. Allerdings sind die Bewegungsmöglichkeiten auf der Standfläche und durch die Anbindevorrichtung beschränkt. Demgegenüber bietet der Laufstall reichliche Bewegungsmöglichkeiten. Die Konfrontation des Einzeltieres mit der Herde führt jedoch bei rangniederen Kühen zu einer erhöhten Bewegungsaktivität und zu kürzeren Ruhezeiten.

Kapitalbedarf – Ein wesentlicher Gesichtspunkt für den Vergleich der verschiedenen Stallsysteme ist der Kapitalbedarf für Gebäude, Inneneinrichtung und Maschinen. Hier zeigt sich, daß bei guter Raumnutzung und bei Leichtbauten der Kapitalaufwand

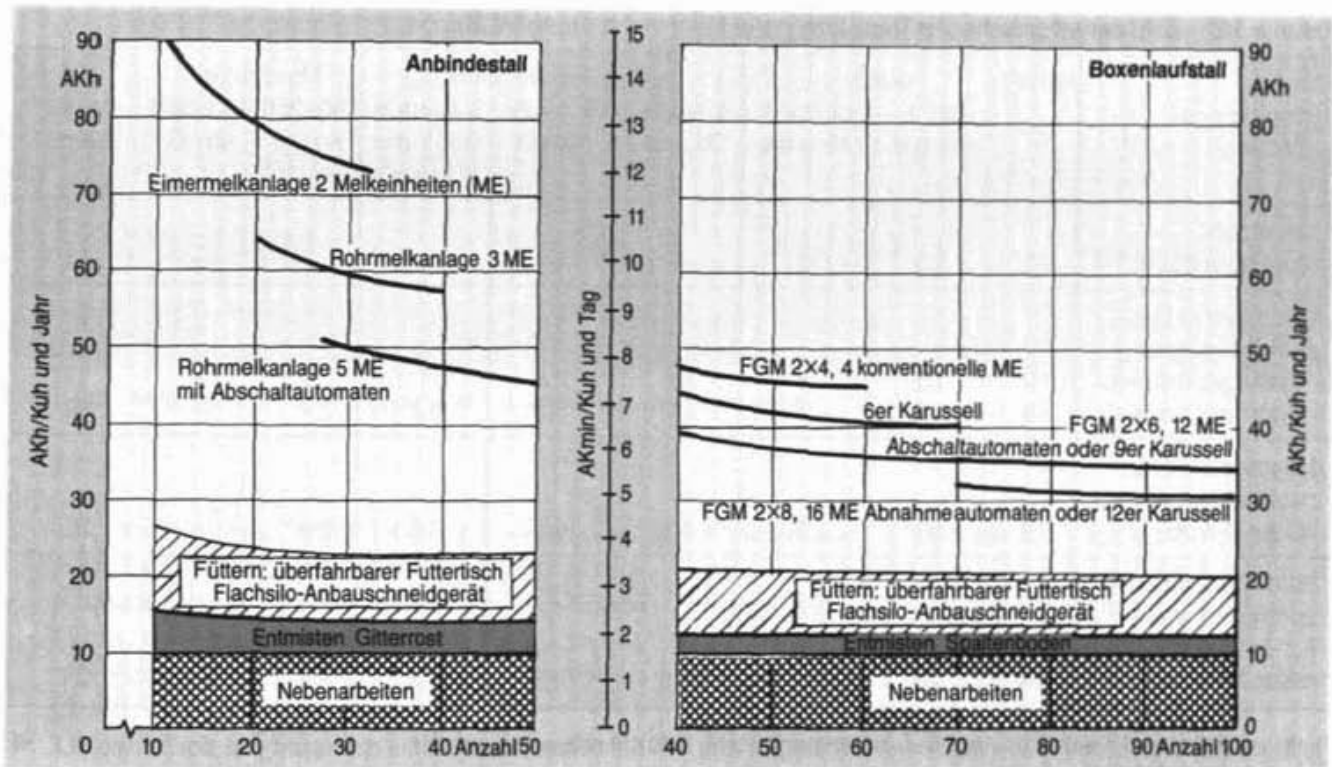


Abb. 429 Arbeitszeitbedarf in der Milchviehhaltung in Abhängigkeit von Aufstallung und Melktechnik (ganzjährige Stallhaltung).

für die Gebäude gesenkt werden kann (Abb. 430). Gute Möglichkeiten dazu bietet der Liegeboxenlaufstall ohne Wärmedämmung, der aber nicht in allen Klimlagen der Bundesrepublik Deutschland befriedigt.

Zuordnung – Anbindeställe haben bei Herden unter 40 Kühen, soweit kein Aufstocken möglich ist, nach wie vor große Bedeutung. In vielen Fällen lassen sich

vorhandene Anbindeställe mit geringem Kapitalaufwand durch verbesserte Kurzstände und teilautomatisierte Melkzeuge arbeitswirtschaftlich sanieren. Geschlossene Liegeboxenlaufställe sind in spezialisierten Milchviehbetrieben mit künftig mehr als 40 Kühen zu empfehlen. Durch kapitalsparende Hüllen ist trotz höheren Platzbedarfes eine möglichst geringe Kostenbelastung anzustreben. Laufställe mit Laufhöfen sind als Umbaulösungen in günstigen Klimagebieten sinnvoll. Freiboxenställe eignen sich für den Umbau vorhandener Anbindeställe bei Herden über 40 Kühen.

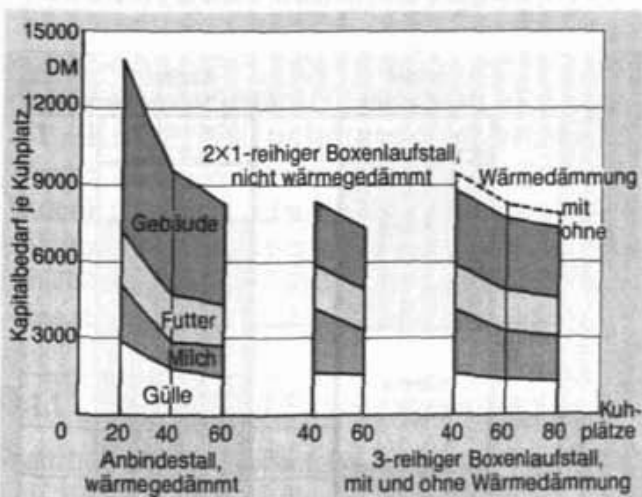


Abb. 430 Kapitalbedarf für Milchviehlaufställe (nach PIOTROWSKI).

2.5 Planung von Milchviehställen

Grundlage der Gebäudeplanung ist die Ermittlung des **Raumbedarfes**. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- ▶ Bestimmen der Zahl der erforderlichen *Tierplätze* (Tabelle 162, Seite 354),
- ▶ Bestimmen des *Dung-Lagerraumes*,
- ▶ Erstellen einer *Funktionsskizze* (Abb. 431, Seite 354).
- ▶ Bestimmen des *Futterlagerraumbedarfes* nach der Formel:

$$\text{Futterlager-raum (m}^3\text{)} = \text{Tierplätze} \times \text{Futterbedarf (dt/Jahr und Tierplatz)} \times \text{Bruttolagerraum-bedarf (m}^3\text{/dt)}$$

Tabelle 162 Zahl der erforderlichen Tierplätze in der Milchviehhaltung (ALB).

Tiere: Produktions- richtung	Kühe ¹⁾	Kälber ²⁾		Jungvieh weiblich			Mastbullen		GV insge- samt	
		bis 4 Wochen	bis ca. 4 Monate	5. mit 15. Monat	16. mit 26. Monat	tragende Kalbinnen (Färsen)	130–350 kg LG	350–550 kg LG		
Milchvieh ohne Nachzucht	10	1,5	–	–	–	–	–	–	13	
Milchvieh mit Be- standsergänzung	–4jähriger Umtrieb	10	1,5	3	2,5	2,5	1	–	–	17
	–3jähriger Umtrieb	10	1,5	3	3,3	3,3	1,2	–	–	19
Milchvieh mit Auf- zucht aller weib- lichen Rinder	10	1,5	3	4,5	4,5	1,5	–	–	21	
Milchvieh mit Auf- zucht aller weib- lichen und Mast aller männlichen Rinder	10	1,5	3	4,5	4,5	1,5	2,2	2,2	24	

¹⁾ in Laufställen sind zusätzlich 1 Abkalbe- und Krankenplatz für je 20 Kuhplätze vorzusehen.

²⁾ bei kontinuierlicher Abkalbung.

3 Rindviehaufzucht und -mast

Für die Rindviehaufzucht und -mast sind folgende Anforderungen zu stellen:

► **Günstige arbeitswirtschaftliche Bedingungen:** In der Handarbeitsstufe (Abb. 432) entfallen etwa 35% der Arbeiten auf das Entmisten, 32% auf die Kälberaufzucht und 27% auf die Fütterungsarbeiten. Vordringlich ist bei der Bullenmast also die Mechanisierung der Entmistungsarbeiten, zweckmäßigerweise durch strohlose Aufstallung.

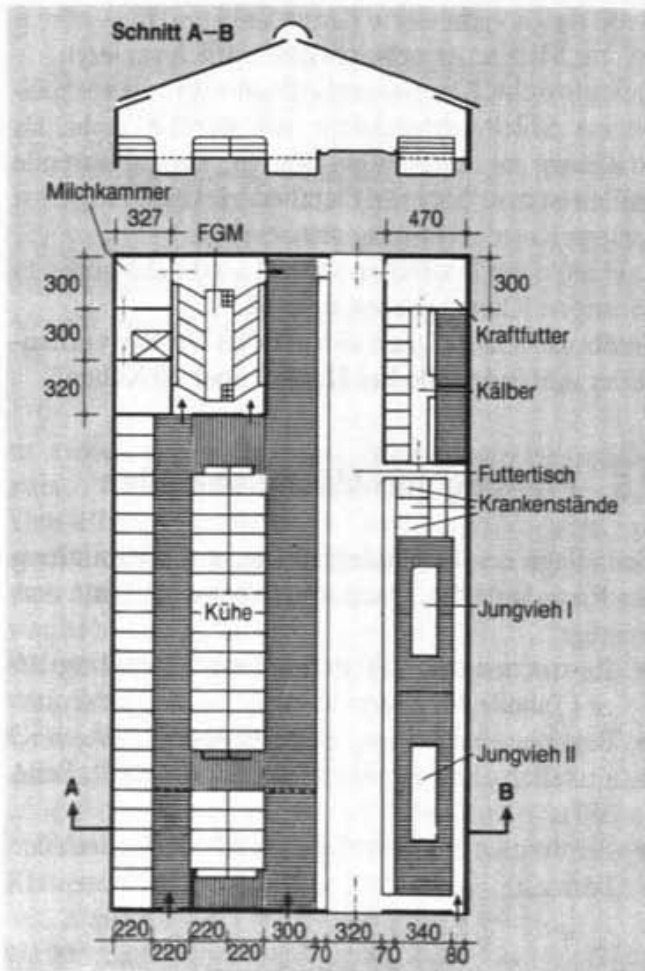


Abb. 431 Dreireihiger Liegeboxenlaufstall für 60 Milchkuhe mit Aufzucht zur Bestandsergänzung (Maße in cm).

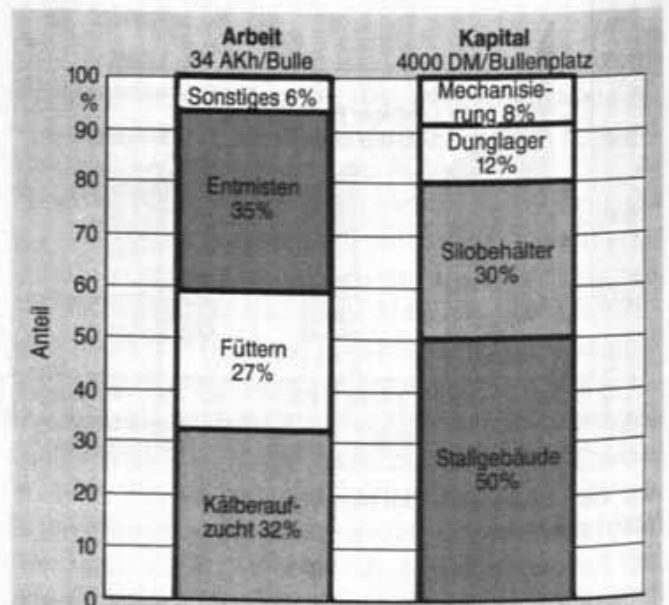


Abb. 432 Zusammensetzung des Arbeitszeit- und Kapitalbedarfs in der Bullenmast (Handarbeitsstufe im Anbindestall).

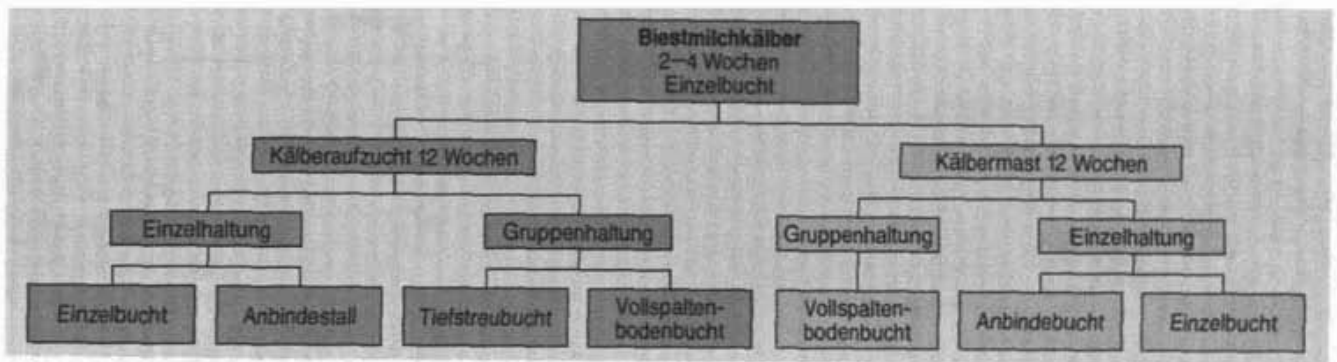


Abb. 433 Haltungs- und Fütterungsverfahren in der Kälberaufzucht und -mast.

In einem weiteren Schritt ist dann die Grund- und Kraftfuttermittelvorgabe zu verbessern. Bei der arbeitswirtschaftlichen Verbesserung der Kälberaufzucht und -mast stehen die Tränkearbeiten mit 90% Anteil an den gesamten Arbeiten im Vordergrund.

- ▶ **Ökonomisch tragbarer Investitionsaufwand:** Kapitaleinsparungen sind durch einfache Flachsilo und billige Gebäudehüllen möglich.
- ▶ **Optimale Voraussetzungen für hohe Produktionsleistungen:** Wie die Kostenstruktur in Abb. 371, Seite 313 zeigt, entfallen davon allein $\frac{1}{3}$ auf die Fütterung. Alle Stallformen müssen deshalb beste Voraussetzungen für hohe Tierleistungen und Futterverwertung bieten. Bei der Futterkonservierung und -vorgabe sind Fütterungsverluste möglichst auszuschließen.
- ▶ **Kälberverluste** müssen unbedingt vermieden werden: Etwa $\frac{2}{3}$ dieser Verluste beruhen auf Fütterungs- und Haltungsfehlern, die meist Infektionskrankheiten nach sich ziehen.

3.1 Kälberaufzucht und Kälbermast

In der Kälberaufzucht und Kälbermast sind zwei Produktionsabschnitte zu unterscheiden, die durch verschiedene Haltungs- und Fütterungsverfahren gekennzeichnet sind (Abb. 433).

3.1.1 Tränke- und Fütterungsverfahren

Von besonderer Bedeutung für die Kälberhaltung sind die Fütterungsverfahren, da sie den Erfolg der Kälberaufzucht entscheidend bestimmen und 90% der Gesamtarbeitszeit auf Futteraufbereitung und Futtermittelvorgabe entfallen. Die Verfahren zur Fütterung mit Milchaustauscher lassen sich in Eimertränke und Automatentränke bzw. in Warm- und Kalttränke gliedern (Abb. 434, Seite 356).

Eimertränke – Dabei wird die halbe oder ganze Tagesration bei wenigen Kälbern von Hand gleich im Eimer, bei allen anderen Verfahren arbeitssparend in einem Mixer zubereitet. Diese haben ein Fassungsvermögen von 100–300 l und sind mit einem elektrisch betriebenen Quirl ausgestattet.

Zur Tränkevorgabe dienen Spezialeimer mit Nuckel, welche zwar teuer und etwas schwer zu reinigen sind, aber ein zu hastiges Saufen verhindern.

Die wesentlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Eimertränkeverfahren ergeben sich hinsichtlich des **Transportes der Tränke** zu den Kälbern:

- ▶ Bei geringen Mengen werden die Eimer am Mixer abgefüllt und entweder zu den Kälbern getragen oder mit einem Wagen gefahren.
- ▶ Der Mixer läßt sich auch mit einem Fahrgestell ausstatten und in den Stall fahren (Füllen der Eimer im Stall).
- ▶ Bei großen Tränkemengen löst man das Transportproblem mit Pumpe (ca. 0,5 kW) und Schlauch mit Zapfpistole bzw. fest verlegter Rohrleitung mit Hähnen über der Eimerhalterung. Die Eimer werden vor dem Tränken bereits an den Buchten befestigt und nachher zum Reinigen wieder herausgenommen. Das Leitungssystem ist zu spülen.

Automatentränke – Der Tränkeautomat rührt die Wärmetränke in kleinen Mengen bei Bedarf frisch an. Je nach Größe reicht ein Gerät für 15–40 Kälber (bis zu 25 Kälber je Sauger). In jeder Gruppenbucht stehen den Kälbern ein oder zwei Sauger zur Verfügung, die immer zugänglich und voll funktionsfähig sein müssen.

Zwei Systeme sind zu unterscheiden:

- ▶ **Tränkeautomaten zur freien Futteraufnahme:** Sie erlauben kein Rationieren der Tränke für das Einzeltier und erschweren die Tierkontrolle.
- ▶ **Tränkeautomaten mit Tieridentifizierung:** Hier wird die Tränkemenge für jedes Tier durch einen Computer bestimmt und die tatsächlich abgerufene Menge registriert. Beim Tränkeautomaten

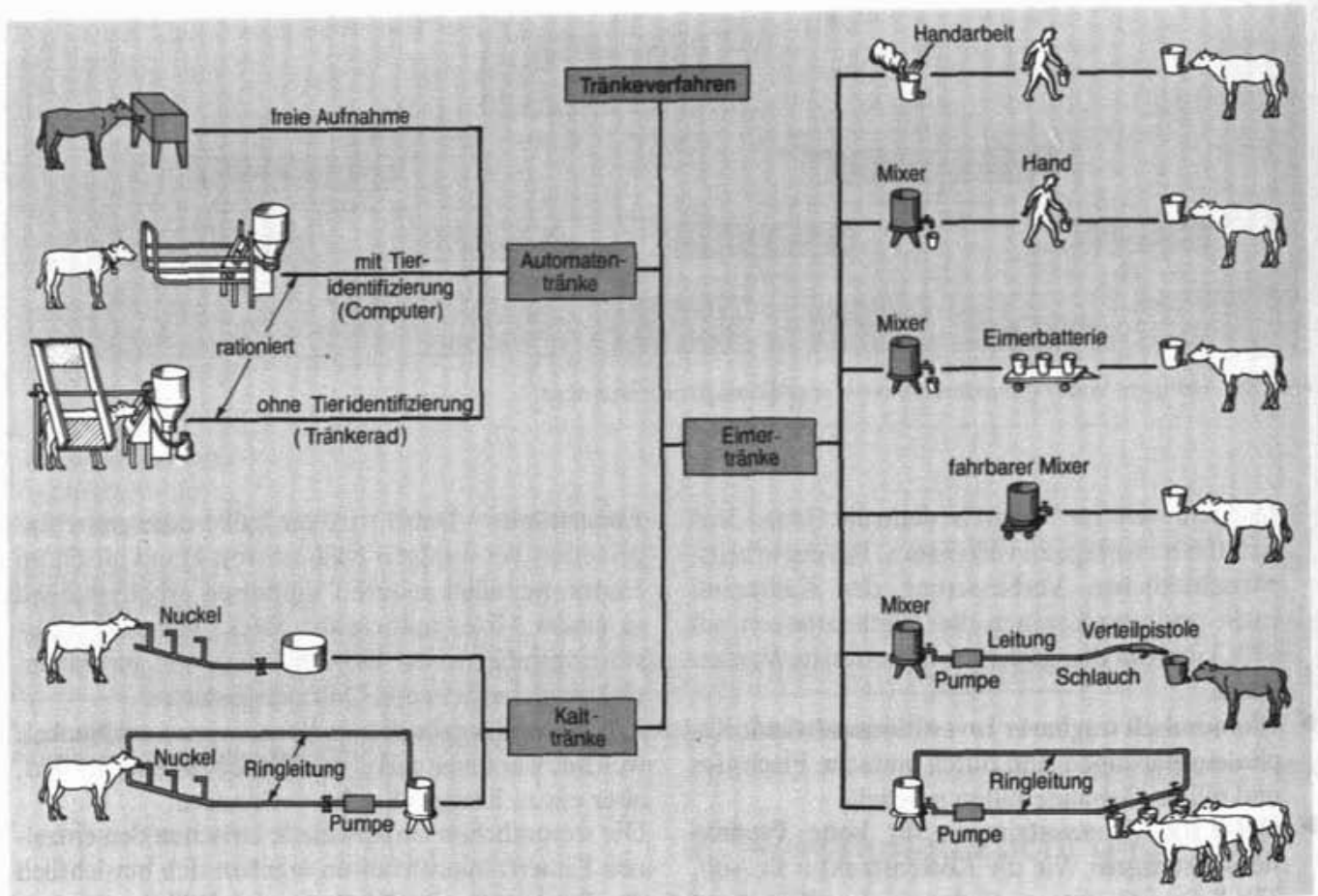


Abb. 434 Fütterungsverfahren für die Kälberaufzucht und -mast.

bleibt neben einigen Kontroll- und Wartungsarbeiten lediglich das Auffüllen des Vorratsbehälters mit Milchaustauschpulver.

Kalttränke – Bei der Kalttränke wird versucht, die arbeitswirtschaftlichen Vorteile der Automaten-tränke zu nutzen, den hohen technischen Aufwand und die Störanfälligkeit des Gerätes aber zu vermeiden. Dieses Fütterungsverfahren basiert darauf, daß die Zubereitung der täglichen Tränkemenge für alle Kälber nur einmal auf Vorrat erfolgt, wozu die Tränke haltbar sein muß. Zu diesem Zweck wird den Spezialmilchaustauschern bzw. der Magermilch konzentrierte Ameisensäure zugegeben. Die Kalttränke ist bei Einzel- und Gruppenhaltung einsetzbar. Je nach Bestandesgrößen sind folgende **Verfahren** möglich:

- Für *kleinere Bestände*: Anrühren in säurefesten Vorratsbehältern, Schlauchverbindung zu den Saugern an den Kälberbuchten. Die Kälber saugen die Tränke aus dem Vorratsbehälter. Ein Rückschlagventil sorgt dafür, daß die Milch direkt am Sauger steht. Der Vorratsbehälter befindet sich auf gleicher Ebene wie die Kälber. Bei Gruppenhaltung reicht ein Sauger für 3–4 Kälber.
- Für *größere Bestände*: Vorratsbehälter mit Ringleitung, Pumpe und Saugern. Die Pumpe wird in

Zeitabständen von 20–30 Minuten jeweils für fünf Minuten in Betrieb gesetzt (automatische Zeitschalt-einrichtung), damit die Kälber ständig frische Milch zur Verfügung haben.

Vergleich der Tränkeverfahren – Dabei interessiert neben dem Arbeitszeitbedarf vor allem der Aufzucht- bzw. Mast-erfolg. Die wichtigsten **Beurteilungskriterien** sind in Tabelle 163 gegenübergestellt.

3.1.2 Haltung von Aufzucht-kälbern

Die Kälberaufzucht soll – ausgenommen in der Mutter- und Ammenkuhhaltung – aus hygienischen und stallklimatischen Gründen von Milchvieh- und Maststall getrennt sein. Die Kälber können sowohl in Einzel- als auch in Gruppenhaltung aufgezogen werden.

Einzelhaltung – In Milchviehbetrieben mit weniger als 20 Kühen und bei gleichmäßig über das Jahr verteilter Abkalbung ist es meist nicht möglich, in Gewicht und Alter ausgeglichene Gruppen von mindestens 4–5 Kälbern zu bilden. In diesen Fällen werden die Kälber einzeln gehalten, sei es in größeren Einzelbuchten oder in Anbindeställen (Abb. 436, Seite 358).

Gruppenhaltung – Die Gruppenhaltung (Abb. 437, Seite 359) von Kälbern spart Platz und Arbeit. Das gleichzeitige Verabreichen von Heu, Silage, Kraft-

Tabelle 163 Vergleich der Tränkeverfahren.

Verfahren	Arbeitszeitbedarf AKh/Kalb	Tierkontrolle und Wertung	Zuordnung	Bucht
Eimer/Hand	4,0	sehr gute Kontrolle der aufgenommenen Milchmenge; Standardverfahren für Aufzucht und Mast	bis 20 Kälber	Einzel- und Gruppenhaltung
Eimer/Mixer	3,0		ab 20 Kälber	
Eimer/Schlauch	2,5		ab 100 Kälber	
Tränkeautomaten zur freien Aufnahme	1,0	keine Kontrolle der aufgenommenen Tränke beim Einzeltier; unterschiedliche Entwicklung in der Gruppe	Gruppen ab 15 Kälber erforderlich; nur in Einzelfällen üblich	Spezialbucht für Gruppenhaltung
Tränkeautomaten mit Tiererkennung	1,0	rationiertes Zutellen und automatische Tierkontrolle	Gruppen ab 15 Kälber; in Praxiserprobung	
Kalttränke	1,0	möglichst frühes Umstellen erforderlich; sorgfältige Tierbeobachtung notwendig; Vorsicht beim Umgang mit konzentrierter Ameisensäure!	für Kälberaufzucht beim Erzeuger, da hier frühes Umstellen sowie günstige Magermilchverwertung möglich	Einzel- und Gruppenbucht

futter und Wasser wird gegenüber der Einzelhaltung wesentlich erleichtert. Freilaufende Kälber halten sich sauberer als angebundene. Die Gruppeneinteilung mit 4-10 Kälbern hat sich bewährt.

Die Einrichtung verschließbarer Krippengitter (Freßplatzbreite 40 cm) ist notwendig, damit die Kälber nach der Eimermilchtränke 30 Minuten lang festgehalten und mit Trockenfutter versorgt werden können. Dies ist zum Vermindern des gegenseitigen Besaugens nötig und führt zudem zu ungestörtem Saufen. Für jede Bucht ist ein Tränkebecken vorzusehen. Bei der Gruppenhaltung ist zwischen eingestreuten und strohlosen Aufstallformen zu unterscheiden.

3.1.3 Vergleich der Verfahren für die Kälberaufzucht

Entscheidende Kriterien zum Beurteilen der Haltungsverfahren sind Arbeitszeitbedarf, Raumanpruch und Aufzuchtergebnisse.

Der **Arbeitszeitbedarf** wird bis zu etwa 30 Kälbern entscheidend von der Herdengröße bestimmt. Daher sollte bei der Kälberaufzucht für die Rindermast möglichst ein Bestand von 20 Tieren angestrebt werden. Zur Senkung des Arbeitszeitbedarfes trägt außerdem die einstreulose Aufstallung bei (Abb. 435). Unter Berücksichtigung der verschiedenen Eigenschaften ergibt sich bei den Verfahren der Kälberauf-

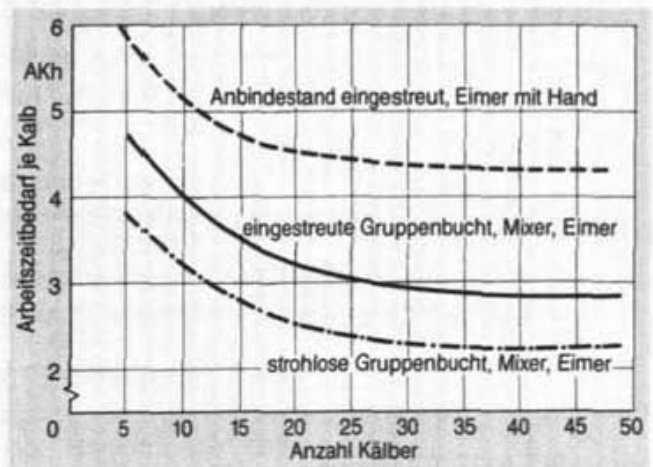


Abb. 435 Arbeitszeitbedarf in der Kälberaufzucht (12 Wochen).

zucht folgende **Zuordnung** (Tabelle 165, Seite 359):

- ▶ **Kälberhütte:** Kapitalextensive Aufzucht in milderen Klimaten, meist in Verbindung mit einer Milchviehhaltung in Kaltställen.
- ▶ **Einzelboxe:** Sie ist in allen Fällen für die Biestmilchperiode zu empfehlen; für die weitere Aufzucht empfiehlt sich ein Umstallen in Gruppenbuchten.
- ▶ **Anbindehaltung:** Für Kälberaufzucht in kleineren Milchviehbetrieben mit kontinuierlichem Abkalben. In diesen Betrieben können keine ausgeglichenen Gruppen zusammengestellt werden.

Bauformen	Ausführung	Bewertung
<p>eingestreute Kälberhütte</p>	<p>mobile Kälberhütte als eingestreuter Kaltstall; der Hüttenboden ist 40 cm über dem Boden; zum Aufstallen und zum Entmisten kann sowohl die vordere als auch die rückwärtige Wand geöffnet werden</p>	<p><i>Vorteile:</i> gesunde Aufzucht ab der ersten Woche; geringer Kapitalbedarf (ca. 500 DM/Platz);</p> <p><i>Nachteile:</i> höherer Arbeitsaufwand; größerer Flächenbedarf; ungünstige Arbeitsbedingungen im Freien</p>
<p>Einzelboxe Tränkeimerhalter Heuraufe</p>	<p>die Größe der Einzelbox richtet sich nach der Verweildauer der Kälber, bis zu 2 Wochen: 80×120, bis zu 10 Wochen: 100×140 bei größeren Kälbern ist eine Heuraufe vorzusehen; der Boden besteht aus Holzrost (6–8 cm breit; 2,5 cm Schlitz), zum besseren Reinigen sollte der Rost 30 cm über Boden angehoben werden; die Seitenwände der Boxe sollen geschlossen sein</p>	<p><i>Vorteile:</i> verhindert in den ersten Wochen das gegenseitige Besaugen; gute Kontrollmöglichkeit, deshalb besonders für Biestkälber geeignet;</p> <p><i>Nachteile:</i> bei älteren Kälbern größerer Platzbedarf, höherer Arbeitszeitbedarf und zunehmende Verschmutzung</p>
<p>Anbindestand</p>	<p>strohlose Aufstallung für weibliche Tiere: bis 150 kg: 70 cm Standlänge, ab 150 kg: 90 cm Standlänge, Gummi- oder Kunststoffmatte erforderlich,</p> <p>eingestreute Aufstallung für männliche Tiere: bis 110 kg: 100 cm Standlänge, ab 110 kg: 130 cm Standlänge, Kotstufe 12 cm; Harnrost erforderlich</p>	<p><i>Vorteile:</i> für kleinere Bestände (bis 25 Kühe) mit ganzjähriger Abkalbung;</p> <p><i>Nachteile:</i>engt Bewegungsraum der Kälber ein; hoher Platzanspruch; schwierige Anpassung des Standes an wachsende Tiere</p>

Abb. 436 Verfahren der Einzelhaltung von Kälbern (Maße in cm).

Tabelle 164 Vergleich der Einzel- und Gruppenhaltung von Kälbern.

Vorteile der Einzelhaltung	Vorteile der Gruppenhaltung
<ul style="list-style-type: none"> ▶ keine Mindestgruppengröße erforderlich, ▶ besseres Überwachen der Tiere möglich, ▶ Besaugen und Harnsaufen der Kälber wird eingeschränkt 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ artgemäße Haltung, ▶ höhere Futteraufnahme, ▶ Bucht für alle Altersgruppen geeignet, ▶ arbeits- und platzsparende Haltungsform, ▶ saubere Tiere

- ▶ **Gruppenbucht eingestreut:** Für die periodische Aufzucht von Zukaufkälbern im Rein-Raus-Verfahren bei vorhandenen Gebäuden.
- ▶ **Vollspaltenbodenbucht:** Für die Aufzucht von Zukaufkälbern in spezialisierten Rindermastbetrieben. Dabei werden die Kälber frühzeitig an

die spätere Haltung im Vollspaltenbodenstall gewöhnt (Klauen!).

Bei der **Planung** von Kälberaufzuchtställen ist von folgenden Grundsätzen auszugehen:

- ▶ Ab 40 Kälberplätzen ist ein abgetrennter Kälberaufzuchtstall erforderlich.

Tabelle 165 Auswahlkriterien bei der Kälberaufzucht.

Verfahren	Arbeitszeitbedarf (bei 20 Kälbern) AKh/Tier	Gebäudeanspruch m ² /Tier	Tierbeobachtung	Klimatisierungsanforderungen	Einrichtungsaufwand
Anbindehaltung eingestreut	5	2,30	++ +	gering	hoch
Anbindehaltung strohlos	4,0	2,25	++	hoch	sehr hoch
eingestreute Gruppenbucht	3,5	1,20	+	gering	gering
Vollspaltenbodenbucht	2,5	1,00	+ +	hoch	hoch

Bauformen	Ausführung	Bewertung
<p>eingestreute Gruppenbucht</p>	<p>die Kälber benötigen 1,2 m² eingestreute Liegefläche; der Miststapel wird nach der Aufzuchtperiode mit Hilfe des Frontladers abgeräumt (Rein-Raus-Methode);</p> <p>der Freßplatz kann mit einem absperrbaren Freßgitter oder Freßstand ausgestattet werden; letztere sind für enthornte Tiere besonders geeignet;</p> <p>der Freßplatz kann auch mit Spaltenboden ausgelegt werden; um Einstreu von den Spalten fern zu halten, ist eine Trennwand zur Liegefläche mit einem 60 cm breiten Schlupf erforderlich</p>	<p><i>Vorteil:</i> Haltung der Kälber auch bei niedrigen Temperaturen möglich; geeignete Stallform für Kälber ab 14 Tagen; Einbau in Altgebäude gut möglich;</p> <p><i>Nachteil:</i> hoher Arbeitsaufwand; Stroh erforderlich (1,5 kg/Kalb und Tag)</p>
<p>Vollspaltenbodenbucht</p>	<p>die Kälber benötigen 0,9–1,1 m² Spaltenbodenfläche; geeignet sind Balken aus Stahlbeton mit einer Dämmschicht und einer Breite von 8–12 cm; die Schlitzweite darf 2,5 cm nicht übersteigen;</p> <p>besonders hohe Anforderungen sind an die Klimatisierung zu stellen: 15–20 °C; Luftfeuchte 60–80%; Zugluft ist zu vermeiden, deshalb sollten die Schwemmkanäle möglichst flach angelegt werden; es empfiehlt sich das Stau-Schwemmverfahren getrennt für jedes Stallabteil</p>	<p><i>Vorteil:</i> geringster Arbeitsaufwand und Raumbedarf; Abhärtung der Klauen für spätere strohlose Aufstallung;</p> <p><i>Nachteil:</i> Heizung erforderlich; für Kälber erst ab 3 Wochen geeignet; aufwendige Gebäudelösung</p>

Abb. 437 Verfahren der Gruppenhaltung von Kälbern (Maße in cm).

- ▶ Die Reinigung und Desinfektion von Stalleinrichtungen, Lauf- und Liegeflächen sowie Flüssigmistkanälen muß nach jedem Gruppenwechsel möglich sein. Größere Kälberaufzuchtställe werden dazu in mehrere Stallabteilungen gegliedert. Dabei ist auf eine strikte Trennung von Lüftungs- und Entmistungssystemen zu achten.
- ▶ Kälberställe sind so zu planen, daß die Wege zwischen Futterlagerraum und Stall möglichst kurz sind.
- ▶ Kälberwarmställe müssen wegen der erforderlichen hohen Stalltemperaturen geheizt werden können. Auf eine gute Wärmedämmung ist zu achten.

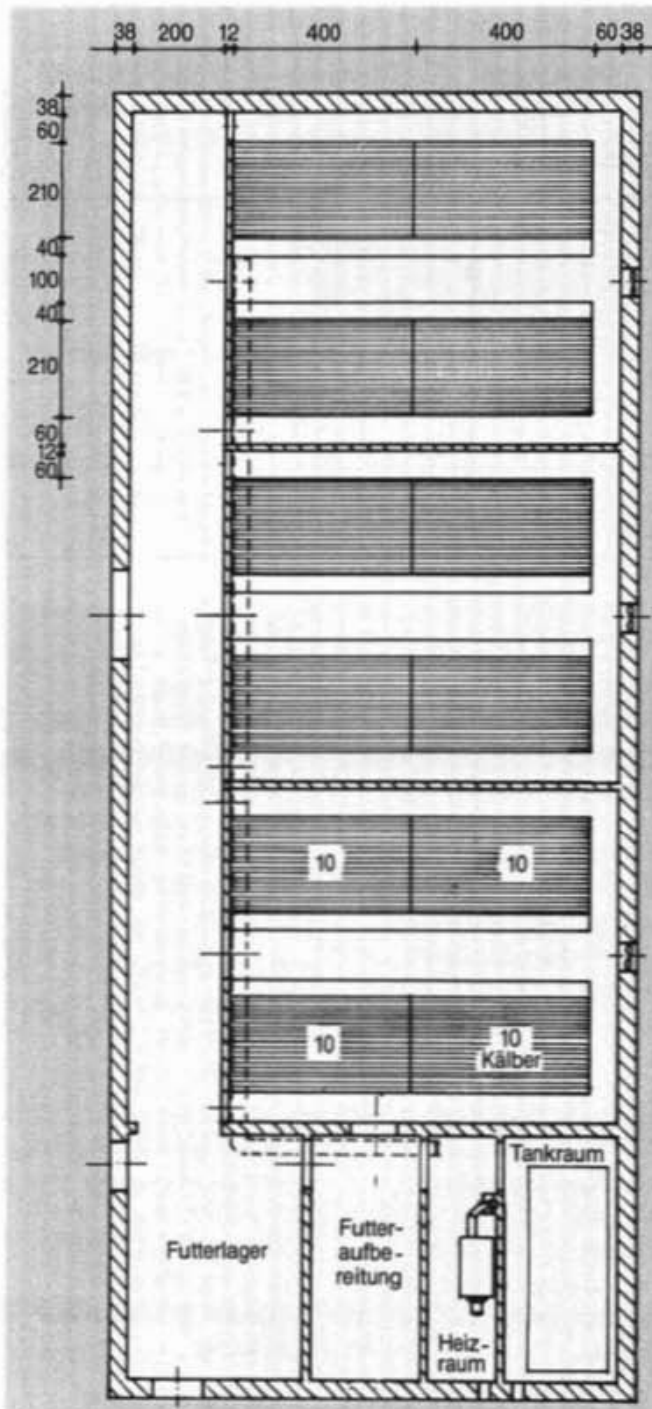


Abb. 438 Kälberaufzuchtstall für Gruppenhaltung und Eimertränke (Maße in cm).

3.2 Mastbullenhaltung

Die Haltungsverfahren der Bullenmast werden in Einzel- und Gruppenhaltung (Abb. 439) eingeteilt. Die **Einzeltierhaltung** erfordert ein stetiges Anpassen des Standes an das starke körperliche Wachstum der Bullen. Deshalb sind unterschiedliche Anbindestände für die verschiedenen Altersgruppen erforderlich. Weiterhin ist auf eine gute Harnableitung von der Liegefläche zu achten.

Der wesentliche Vorteil der Einzeltierhaltung liegt darin, daß das Herdenverhalten ausgeschaltet ist. Dies ist vor allem bei Magerviehzukauf (250–400 kg Lebendgewicht je Tier) aus unterschiedlichen Beständen von Bedeutung.

Die **Gruppenhaltung** setzt voraus, daß sich die Tiere bereits im Kälberalter aneinander gewöhnen. Dabei sind Gruppen von 6–15 Tieren gleichen Alters und gleichen Gewichts üblich.

3.2.1 Anbindeställe

Die Einzeltierhaltung von Mastbullen wird in Anbindeställen durchgeführt. Nur der Kurzstand stellt sicher, daß Futter auf Vorrat gegeben werden kann und die Tiere ständig Zugang zur Tränke haben. Bei eingestreuten Kurzständen ist es schwierig, den Harn von der Liegefläche abzuleiten. Deshalb sind nur einstreulose Kurzstände zu empfehlen (Abb. 440).

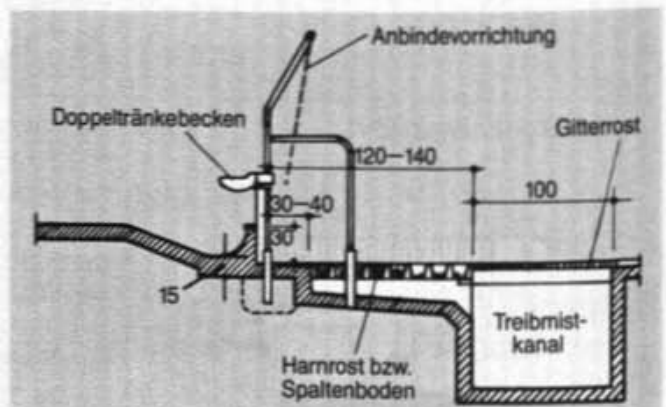


Abb. 440 Einstreuloser Kurzstand für Mastbullen (Maße in cm).

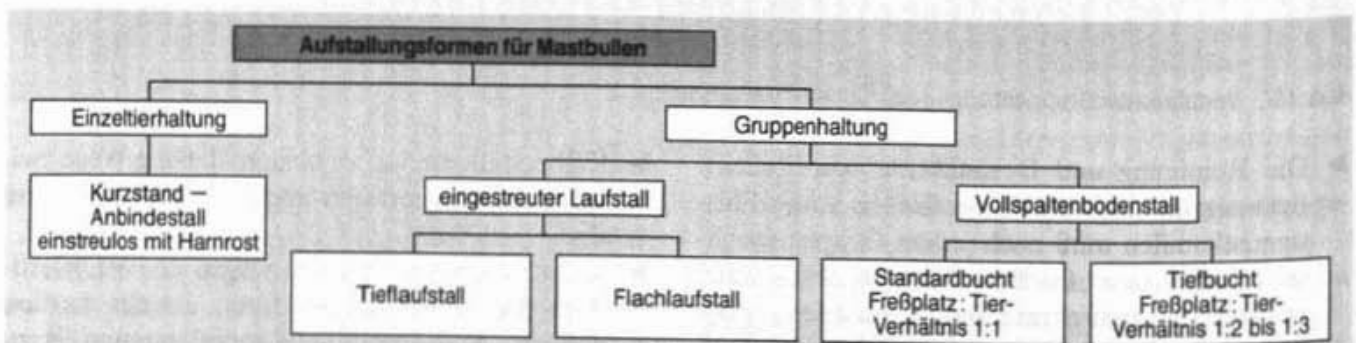


Abb. 439 Aufstellungsformen für Mastbullen.

Die Abmessungen des **Kurzstandes** werden von der Tiergröße bestimmt, wobei zwei Gewichtsklassen unterschieden werden.

Tabelle 166 Abmessungen von einstreulosen Kurzständen für Mastbullen (nach OBER und KOLLER).

Gewichtsentwicklung kg	Standlänge cm	Standbreite cm
bis 300	120	70–80
bis 600	140	90–100

Da beim Kurzstand die Bewegungsabläufe Liegen, Fressen und Koten auf eng begrenztem Raum stattfinden, ist auf ein besonders sorgfältiges Ausführen der Kurzstanddetails zu achten. Dabei sind die bei der Milchviehhaltung (s. Abschnitt 2.3.2, Seite 342) genannten Grundsätze bei der Ausgestaltung von Krippe, Liegefläche und Gitterrost zu beachten.

3.2.2 Eingestreute Laufställe

Eingestreute Laufställe stellen geringe bauliche Anforderungen und eignen sich deshalb besonders für die Nutzung von Altbäuden. Je nach Einstreumenge und Entmistungssystemen ist zwischen Tief- und Flachlaufställen zu unterscheiden.

Tieflaufstall – Im Tieflaufstall (Abb. 441) dient die gesamte Bucht als Lauf- wie auch als Liegefläche. Sie ist eingestreut. Das frische Einstreumaterial wird auf die vorhandene Mistmatratze verteilt. Das Entmisten erfolgt periodisch mit Frontlader nach einem Haltungsabschnitt bzw. bei Mastende. Breite Tore und herausnehmbare Buchtenabtrennungen sind dafür notwendig.

Die *Buchtenabmessung* wird bestimmt

- ▶ von der Tierzahl in der Gruppe,
- ▶ von der Freßplatzbreite für das Einzeltier (ohne Umtrieb 70 cm),
- ▶ vom Flächenbedarf je Tier (6–8 m²/GV).

Der *Einstreubedarf* hängt von der Belegdichte ab (Beispiel: Bei 6 m²/GV bis zu 15 kg pro Tag, bei 8 m²/GV 5–6 kg pro Tag). Das Mistpolster unter den Tieren wächst während der Haltungsperiode ständig

an. Damit das Futter erreichbar bleibt, sind Betonstufen (60 cm auf 60 cm) erforderlich.

Wegen des hohen Strohverbrauches kann der Tieflaufstall nur als Stallsystem zur vorübergehenden Unterbringung kleinerer Gruppen von Tieren sinnvoll sein, nicht aber im spezialisierten Bullenmastbetrieb.

Flachlaufstall – Im Flachlaufstall (Abb. 442) sind Liegefläche und Freßplatz getrennt. Da 60% des Kotes beim Fressen anfallen, kann damit sehr viel Stroh eingespart werden. Allerdings muß der *Freßplatz* täglich abgeschoben werden. Das Profil wird deshalb so angelegt, daß entweder mit dem Schlepper oder in größeren Beständen mit einer Flachschieberanlage entmistet wird.

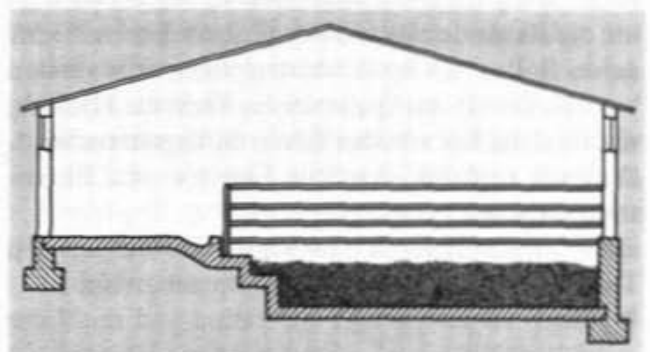


Abb. 441 Querschnitt durch einen Tieflaufstall für Mastbullen.

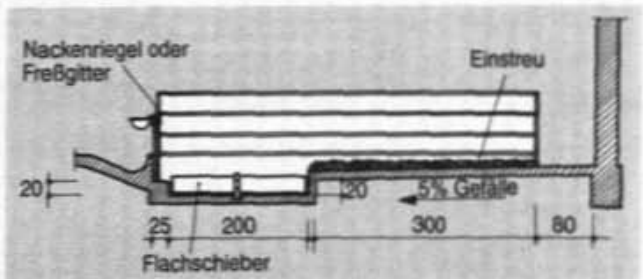


Abb. 442 Querschnitt durch einen Flachlaufstall für Mastbullen (Maße in cm).

Die anschließende *Liegefläche* wird gegenüber dem Freßplatz höher gelegt und mit einem Gefälle zu dieser Fläche versehen. Die Liegefläche erhält eine Einstreuschicht, die im Gegensatz zum Tieflaufstall nur

Tabelle 167 Buchtenmaße des Flachlaufstalles.

Tiergewicht kg	Liegefläche m ² /Tier	Buchtentiefe (ohne Freßplatz) cm	Freßplatzbreite cm/Tier	Freß- und Mistplatztiefe (Mindestmaße) cm
130–350	1,00–1,50	250–280	40–55	180
über 350	1,50–2,10	280–300	55–70	200

eine dünne Matratze bildet, die von den Tieren in Richtung des Gefälles allmählich heruntergetreten wird.

Die *Abmessungen der Buchten* werden den Tiergrößen bzw. Gewichtsabschnitten angepaßt (Tabelle 167, Seite 361). Ein Gang hinter den Buchten erleichtert die Einstreu- und Treibarbeiten. Von der Einstreumenge hängt einerseits die Sauberkeit der Tiere, andererseits aber auch die Mistkonsistenz ab. Bis ca. 0,5 kg kurz gehäckseltes Stroh je GV und Tag kann Flüssigmist bereitet werden. Festmist entsteht ab einer Einstreumenge von mindestens 1,5–2 kg je GV und Tag.

3.2.3 Vollspaltenbodenstall

Beim Vollspaltenbodenstall stehen, liegen und fressen die Rinder in einer einstreulos gehaltenen Bucht, deren Boden aus Spaltenbodenbalken oder -rosten besteht. Durch den Spaltenboden fließt der Harn ab, während der Kot von den Tieren durchgetreten wird. Dadurch entfallen sämtliche Einstreu- und Entmütsungsarbeiten.

Diese arbeitssparende Haltungsform wird von den Tieren aber nur dann gut angenommen, wenn

- ▶ durch ausgewogene Futterration und reichliche Futtermittelvorlage sowie durch richtigen Umgang mit

den Tieren Ruhe innerhalb der Tiergruppe gewährleistet ist,

- ▶ die Klauen der Tiere bereits im Aufzuchtstadium an den harten Boden gewöhnt werden,
- ▶ die Buchtenabmessungen den Erfordernissen der Tiere angepaßt sind.

Spaltenboden – Dieser ist wichtigster Bestandteil dieses Haltungssystems und erfüllt folgende Funktionen (Abb. 443):

- ▶ Trittsichere Lauffläche,
- ▶ Ableiten des Harns,
- ▶ Durchtreten des Kotes, wozu eine entsprechend dichte Belegung erforderlich ist,
- ▶ Liegefläche für die Tiere.

An die Spaltenböden werden besondere bau- und haltungstechnische Anforderungen gestellt.

Bautechnische Forderungen sind in DIN 1808 »Fußböden für Stallanlagen« und DIN 1045 »Beton- und Stahlbetonbau« festgelegt. Hersteller von Spaltenböden müssen sich der Güteüberwachung unterziehen. Transport, Lagerung und Einbau der Spaltenböden erfordern hohe Sorgfalt. Vor Inbetriebnahme ist die Spaltenbodenfläche auf Höhendifferenzen zu kontrollieren. Scharfe Kanten müssen nachgearbeitet werden.

Aus **haltungstechnischer Sicht** ist bei der Bullenmast eine Auftrittfläche von 80–120 mm und eine Spal-

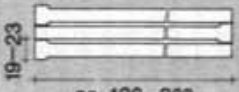
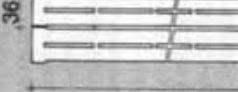
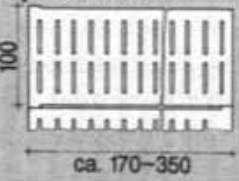

Vergleich verschiedener Spaltenboden-ausführungen	Einzelbalken	Verbundbalken	Spaltenrost	Lochboden
Maße in cm	 ca. 100–300	 ca. 250–300	 ca. 170–350	 ca. 120–350
Auftrittsbreite cm	12–15	12	8	–
Spaltenweite cm	3,5–4	3–3,5	2,5–3	Ø 5,7
Spaltenlänge cm	voll	50	50	–
Bodenfläche je Element m ²	0,54	1,08	3,53	0,65–1,90
Spaltenflächenanteil %	25	25	30	20
Gewicht je Element kg	140	250	700	130–400
Beurteilung	leichter zu verlegen; gute Selbstreinigung	Verlegen erschwert; gute Standsicherheit	Verlegen nur mit Kran möglich; gute Standsicherheit	neigt zum Verstopfen; guter Auftritt
Empfehlung	für Milchvieh in Altgebäuden; für Bullenmast wenig geeignet	für Bullenmast in Altgebäuden; für Milchvieh in Alt- und Neubauten	für Bullenmast und Milchvieh im Neubau	wegen mangelnder Selbstreinigung für Rinder nicht zu empfehlen

Abb. 443 Beurteilungskriterien von Spaltenböden (Maße in cm).

tenweite von 30 mm anzustreben. Ein Spaltenanteil von 25–30% der Gesamtfläche ermöglicht einen guten Kotdurchtritt bei ausreichender Aufstandsfläche für die Klauen. Aus konstruktiven Gründen sind diese Forderungen nur vom Verbundbalken und vom Spaltenrost zu erfüllen. Diese Bauarten von Spaltenböden sind deshalb besonders für die Bullenmast zu empfehlen.

Buchtenabmessungen, Buchtenformen – Beide werden bestimmt von:

- ▶ **Der Tierzahl je Bucht:** Die günstigste Gruppengröße liegt zwischen 8 und 15 Tieren. Kleine Gruppen erfordern eine stärkere Unterteilung des Stalles und damit höheren Kapitalbedarf. In Gruppen über 15 Tieren steigt die Unruhe der Tiere und die Tierbeobachtung wird erschwert.
- ▶ **Dem Flächenbedarf je Tier:** Das Sauberhalten der Bucht erfordert deren dichte Belegung. Trotzdem muß jedem Tier eine ausreichende Liegefläche und ein ausreichender Bewegungsraum beim Fressen zur Verfügung stehen. Je nach Tiergröße sind die in Abb. 444 gezeigten Flächen erforderlich. Beim Umtriebsverfahren beanspruchen die Tiere in der Anfangsmast (150–300 kg LG) 1,6 m², bei der Endmast (300–600 kg LG) 2,2 m² Buchtenfläche.

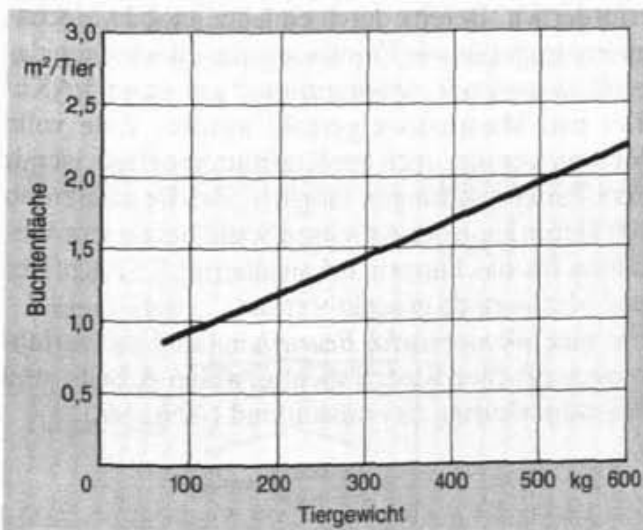


Abb. 444 Flächenbedarf bei der Bullenmast auf Vollspaltenböden (nach HAMMER und MITTRACH).

Das *Umtreiben* macht Arbeit und ist nicht ungefährlich, weswegen häufig darauf verzichtet wird und von Mastbeginn an 2,2–2,3 m² Buchtenfläche/Tier bereitgestellt werden. Der Stallflächenanteil erhöht sich damit um ca. 20%. Ein Treibgang hinter den Buchten mit 80 cm Breite ist aber in jedem Fall zu empfehlen.

- ▶ **Der Freßplatzbreite:** Diese ist ebenfalls vom wachsenden Tier abhängig (Abb. 445). Bei Umtriebbuchten werden in der Anfangsmast 50 cm

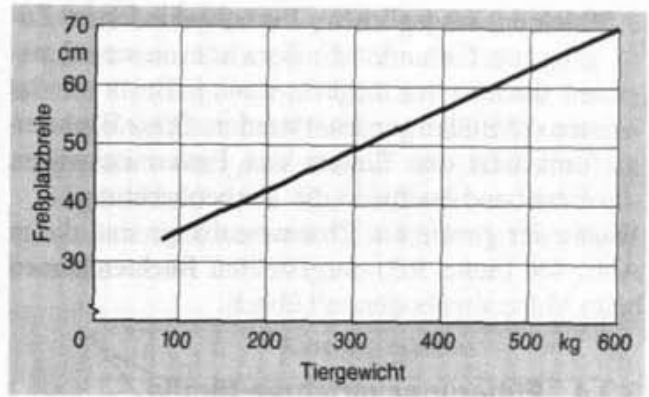


Abb. 445 Freßplatzbreite für Mastbullen in Abhängigkeit vom Tiergewicht (nach HAMMER und MITTRACH).

und in der Endmast 70 cm Freßplatzbreite notwendig, bei Rein-Raus-Buchten ist von vornherein eine Freßplatzbreite von 70 cm erforderlich.

- ▶ **Vom Freßplatz: Tier-Verhältnis:** Neben den üblichen Buchten mit *einem* Freßplatz je Tier ist bei der Bullenmast auch eine Vorratsfütterung mit eingeschränkter Freßplatzzahl möglich (Freßplatz: Tier-Verhältnis von 1:2 bis 1:3). Dadurch verringert sich der Futtertischanteil und damit der Stallflächenbedarf je Tier merklich. Der Liegeflächenanspruch je Tier wird durch längere

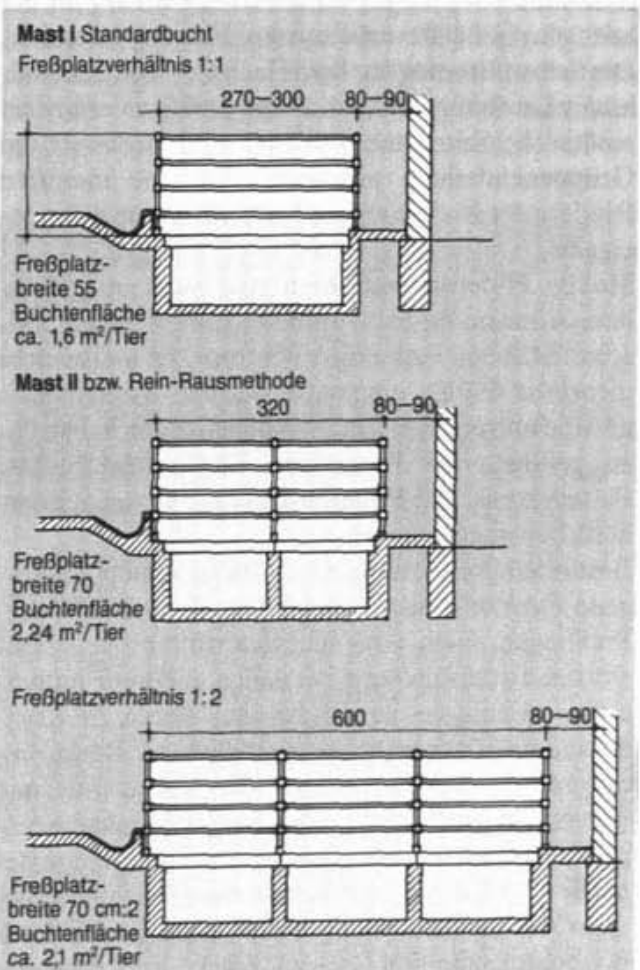


Abb. 446 Buchtenformen bei Vollspaltenbodenställen (Maße in cm).

Buchten ausgeglichen. Ein ungehinderter Zugang zum Futter für alle Tiere ist in diesen schmalen Buchten nur möglich, wenn je Bucht mindestens 15 Bullen gemästet werden. Diese Buchtenform setzt den Einsatz von Futtermischwagen voraus und erschwert die Tierbeobachtung.

Wegen der genannten Zusammenhänge sind die in Abb. 446 (Seite 363) dargestellten **Buchtenformen** beim Vollspaltenbodenstall üblich.

3.2.4 Fütterungsverfahren für die Bullenmast

Hierzu siehe auch Abschnitt 2.2, Seite 329.

Die Fütterungsarbeiten beanspruchen in der Rindermast auf Vollspaltenboden 60–80% der gesamten Stallarbeiten. Davon beträgt allein die Silageentnahme 50%, die Silagevorlage 30%. Eine durchgehende Mechanisierung vom Futterlager bis hin zur Krippe ist deshalb anzustreben.

Stationäre Fütterungsverfahren erfordern ein kontinuierliches Zuteilen, wie dies bei Hochsilofräsen möglich ist. Zudem muß, um Mechanisierungskosten zu sparen, der Silobehälter in unmittelbarer Nähe des Stalles stehen. Aus diesen Gründen hat eine stationäre Fütterungsmechanisierung kaum (nur bei beengten Gebäudeverhältnissen) Eingang gefunden. Die **Selbstfütterung** aus dem Flachsilo ist an Laufställe mit Laufhof gebunden. Diese Stallform erfordert zusätzliche Entmistungsarbeiten und erschwert die Gruppeneinteilung erheblich. Für eine intensive Rindermast ist deshalb die Selbstfütterung nicht geeignet.

Mobile Fütterungsverfahren sind nicht ortsgebunden, können deshalb größere Entfernungen zwischen Stall und Futterlager überbrücken und auch in mehreren Ställen eingesetzt werden. Vielseitigkeit und die universellen Einsatzmöglichkeiten haben dazu geführt, daß Frontlader, Blockschneidegerät, Futtermischwagen in der Rindermast bevorzugt werden.

Besondere Bedeutung haben dabei schleppergezogene **Futtermischwagen** gefunden, da sie aus Silage, Preßlingen, Heu, Gras und Kraftfutter eine aufgewertete Futtermischung herstellen und innig miteinander vermengen, so daß bei den Tieren die Komponentenauslese nicht mehr möglich ist. Dieses homogene Vermischen erlaubt die Vorratsfütterung (einmal täglich) sowie eine eingeschränkte Freßplatzzahl. In der Rindermast ist eine voll aufgewertete Futtermischung anzustreben, wobei zwei verschiedene Mischungen jeweils für die Anfangs- und Endmast notwendig sind (Eiweiß : Stärke-Verhältnis von 1:4,7 bzw. 1:7,1). Kleinere Betriebe bereiten nur eine Mischung für die Anfangsmast, teilen diese der

Anfangsmastgruppe zu und füllen dann erst Kraftfutter für die Endmast nach, mischen es ein und verfüttern die Restmischung. Anzustreben ist eine Kopplung von Fräse und Futtermischwagen (Fräsmischwagen).

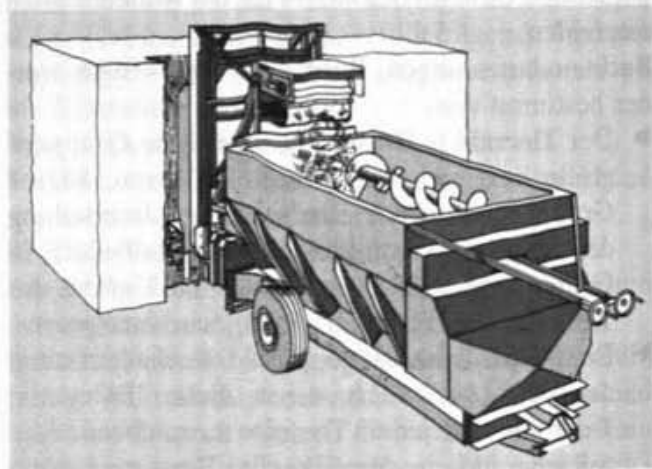


Abb. 447 Futtermischwagen mit angekoppelter Fräse.

Der **Vergleich der Fütterungsverfahren** für die Bullenmast erfolgt nach Arbeitszeitbedarf und Verfahrenskosten.

Auf der Handarbeitsstufe sind für das Füttern eines Mastbullen etwa 9–12 AKh/Tier und Mastperiode erforderlich. Bereits durch einfache mobile Mechanisierungsgeräte wie Frontlader oder Blockschneidegerät kann dieser **Arbeitsaufwand** auf unter 5 AKh/Tier und Mastperiode gesenkt werden. Eine volle Mechanisierung, auch der Kraftfuttermischwagen, ist mit dem Futtermischwagen möglich. Bei Beständen ab 100 Tieren kann der Arbeitsaufwand bei diesem Verfahren für das Füttern auf annähernd 1,5 AKh/Tier und Mastperiode gesenkt werden.

Für eine **ökonomische Beurteilung** sind die verfahrensspezifischen Kosten wichtig, wobei Arbeits- und Maschinenkosten zu erfassen sind (Abb. 448).

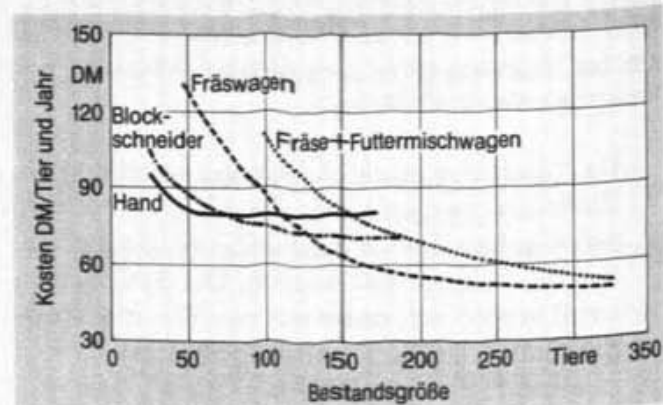


Abb. 448 Kosten der Arbeitserledigung für das Füttern von Bullen (16 kg Maissilage pro Tier und Tag; 15 DM/AKh, Maschinenring-Sätze bzw. Maschinenkosten 20% vom Neuwert).

Aufgrund dieses Kostenvergleiches ist folgende **allgemeine Zuordnung** der Fütterungsverfahren für die Bullenmast möglich:

- ▶ Bis 100 Masttiere: Frontlader oder Blockschneidegerät,
- ▶ von 100–200 Masttieren: Futtermischwagen mit Frontladerbefüllung bzw. Fräsmischwagen,
- ▶ über 200 Masttiere: Flachsilofräse und Futtermischwagen.

3.3 Vergleich und Planung von Verfahren der Rindermast

Der Vergleich der verschiedenen Haltungsverfahren für die Rindfleischerzeugung geschieht nach folgenden Kriterien:

- ▶ Arbeitszeitbedarf
- ▶ Kapitalbedarf
- ▶ Masterfolg

Arbeitswirtschaftlicher Vergleich – Abb. 449 zeigt drei wesentliche Einflußfaktoren:

- ▶ Die **Herdengröße**: Sie bestimmt – ausgenommen bei Handarbeit – bis zu 80 Tieren entscheidend den Arbeitsaufwand je Tier. Darüber hinaus ermöglichen größere Herden nur noch geringe Zeiteinsparungen je Tier.
- ▶ Die **Mechanisierung der Fütterung**, wobei der Übergang von der Handarbeit zu einer vollme-

chanisierten Fütterung den Arbeitszeitbedarf je gemästeten Bullen um 8 Stunden senkt.

- ▶ Die **Stallform**, wobei – vollmechanisierte Fütterungsverfahren und Herden ab 80 Bullen vorausgesetzt – im Anbindestall 10 AKh/Bulle, im Flachlaufstall etwa 7,5 AKh/Bulle und im Vollspaltenboden nur noch 5,5 AKh/Bulle notwendig sind.

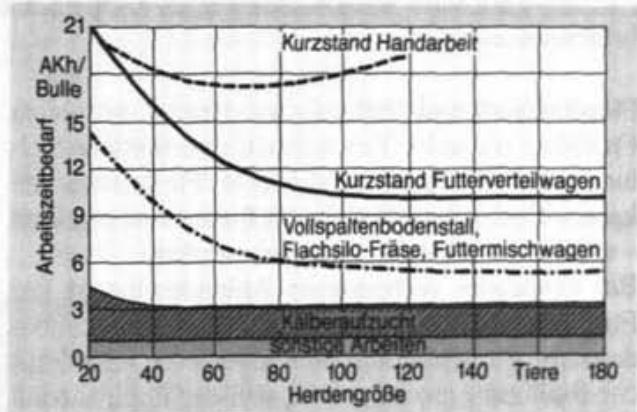


Abb. 449 Arbeitszeitbedarf in der Bullenmast (16 kg Mais-silage, 1,5 kg Kraftfutter pro Tier und Tag, überfahrbarer Futtertisch) (nach PIRKELMANN).

Kapitalbedarf – Für das Stallgebäude wird er von der benötigten Stallgrundfläche und dem Innenausbau bestimmt. Die Aufstellung (Abb. 450) zeigt, daß hinsichtlich **Neubauten** Anbindeställe infolge des großen umbauten Raumes und der erforderlichen Wärmedämmung den höchsten Kapitalbedarf haben.

Stallform	Kapitalbedarf DM/Tierplatz		Wärmedämmung des Gebäudes	Stallfläche m ² /Tier	AKh/Tier und Jahr 100 Tiere	Sonstiges
	Neubau	Umbau				
Anbindestall 	4200	–	erforderlich	7	22–10	keine Rangkämpfe
Tieflaufstall 	2600	500	nicht erforderlich	3,2	8,0	schwieriges Entmisten
Flachlaufstall 	3400	250	erforderlich (ausgenommen mildes Klima)	5	7,5	–
Vollspaltenboden 1:1 	3300	600	erforderlich	3,7	5,5	–
Vollspaltenboden 1:3 	2600	–	erforderlich	2,9	5,0	schwierige Tierkontrolle, große Gruppen

Abb. 450 Vergleich verschiedener Stallformen für die Bullenmast.

Tabelle 168 Futter- und Güllelagerung in der Mastbullenhaltung.

	m ³ /Mastplatz	DM/m ³	DM/Mastplatz
Futterlagerung			
Flachsilo	10	60	600
Hochsilo	10	110	1100
Güllelagerung ¹⁾			
Tiefbehälter mit befahrbarer Decke	4	120	480
Hochbehälter	4	70	280

¹⁾ 6 Monate Lagerzeit.

Flachlaufstall und Vollspaltenbodenstall mit einem Freßplatz für jedes Tier nehmen eine mittlere Stellung ein. Durch eingeschränkte Freßplatzzahlen kann – Bestandsgrößen ab 200 Bullen vorausgesetzt – spürbar an Baukosten gespart werden.

Bei *Umbauten* vorhandener Anbindeställe ist der Flachlaufstall deutlich billiger als der Vollspaltenbodenstall. Berücksichtigt man jedoch die erforderliche Stallbreite, so zeigt sich, daß der Flachlaufstall nur in reichlich dimensionierte Mittellangstand-Ställe oder Scheunen einzubauen ist. Im Gegensatz dazu paßt das Profil des Vollspaltenbodenstalles gut in bisherige Rindvieh-Anbindeställe. Die billigste Lösung für die Nutzung vorhandener Scheunen ist der Tieflaufstall, der allerdings häufig wegen des hohen Strohbedarfes ausscheidet.

Zu den *Gebäudepreisen* kommt bei der Bullenmast ein nicht unerheblicher Kapitalbedarf für die *Futter- und Güllelagerung* (Tabelle 168). Hier kann, unabhängig vom Stallsystem, z. B. durch die Wahl von Flachsilos oder Foliengruben, der Kapitalbedarf für die Bullenmast verringert werden.

Vergleich von Futtermittelverwertung, Fleischzuwachs – Bei der Bullenmast bestehen zwischen den einzelnen Stallformen bei intensiver Maissilagemast in Verbindung mit der Frühentwöhnung der Kälber und einer rechtzeitigen Gruppenbildung keine nennenswerten Unterschiede. Bei Magerviehzukauf und unausgeglichene Tiergruppen sind meist im Anbindestall bessere Mastergebnisse zu erzielen.

Eine allgemeine **Zuordnung der Haltungssysteme** für die Rindermast ist wie folgt möglich:

- ▶ Der **Kurzstand-Anbindestall** hat in zwei Betriebstypen seine Berechtigung, wo eine ausgeglichene Mastgruppenbildung ausscheidet:
 - Bei wenig Jung- und Masttieren in Ergänzung zur Milchviehhaltung,
 - bei Zukauf von Magervieh unterschiedlicher Größe.
- ▶ **Tieflaufställe** – auch in verbesserter Form – sind für die Rindermast nur bei vorübergehender Unterbringung in vorhandenen Scheunen zu empfehlen.

▶ Der **Flachlaufstall** erweist sich wegen seines einfachen Profils und geringer Umbaukosten als günstig, sofern ein ausreichend breites, wärmege-dämmtes Gebäude verfügbar ist.

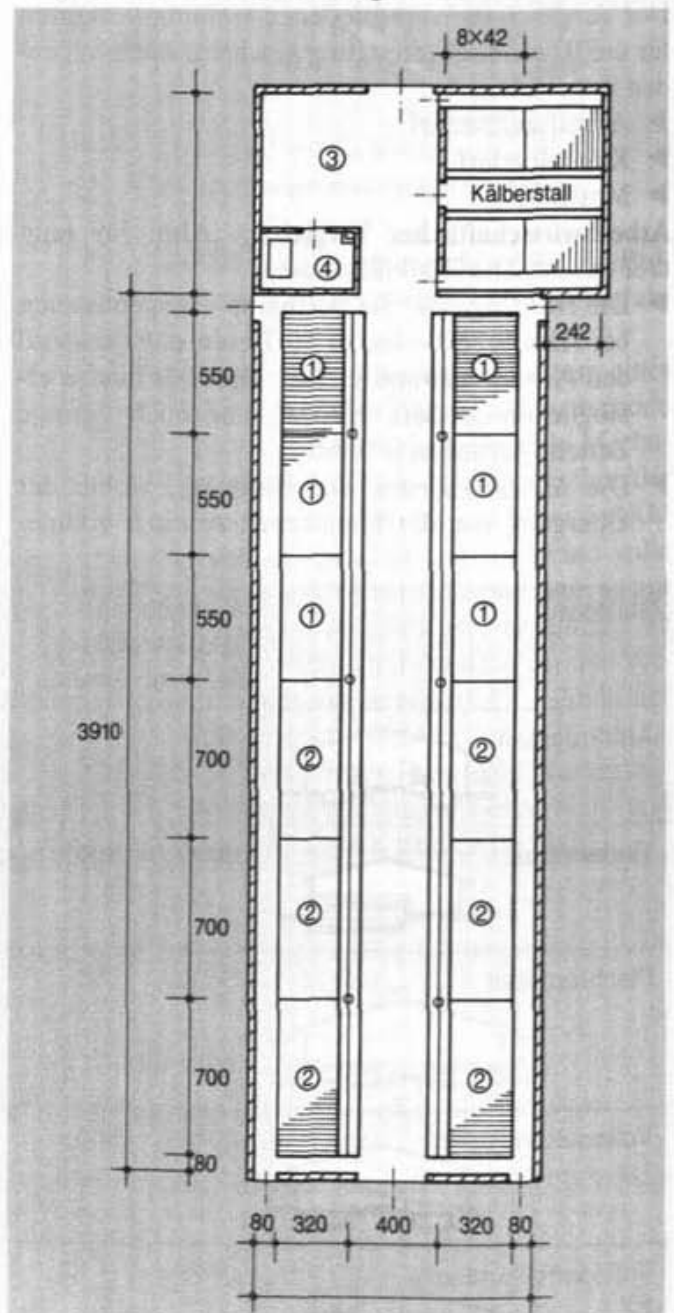


Abb. 451 Vollspaltenbodenstall für 120 Mastbullen, Freßplatz : Tier-Verhältnis 1:1, einmaliger Umtrieb (32 Plätze für Kälber) (Maße in cm). 1 = 60 Plätze für Anfangsmast, 2 = 60 Plätze für Endmast, 3 = Futterraum, 4 = Heizraum.

- Der **Vollspaltenbodenstall** mit einem Freßplatz : Tier-Verhältnis von 1:1 ist die Standardlösung für die Mastbullenhaltung in den Betrieben bis zu 200 Tieren. Alle Tiere können gleichzeitig fressen, wodurch in Verbindung mit der kleineren Tiergruppe und der geringeren Buchtentiefe die ständige Tierkontrolle erleichtert wird. Außerdem können die Futtermittel ohne Einmischen verabreicht werden.
- Der **Vollspaltenbodenstall** mit eingeschränkten Freßplätzen (Freßplatz : Tier-Verhältnis 1:2) ermöglicht deutliche Kapitaleinsparungen. Allerdings ist die Tierkontrolle besonders sorgfältig vorzunehmen, da nicht alle Mastbullen gleichzeitig fressen, die Gruppen größer und die Buchten tiefer sind. Wegen der eingeschränkten Freß-

plattzahl müssen Grund- und Kraftfutter intensiv vermischt werden. Dies erfordert einen Futtermischwagen. Fütterungstechnik, Gruppengröße und Gebäudeform (Breite über 20 m) machen den Vollspaltenbodenstall mit eingeschränkten Freßplätzen für jene Betriebe geeignet, die im Neubaufall bei über 200 Mastbullen Gruppen mit 15–20 Tieren installieren können.

Planung von Rindermastställen – Ihr muß die Ermittlung des Raumbedarfes vorausgehen. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- Bestimmen der Zahl der erforderlichen Tierplätze (Tabelle 169),
- Bestimmen des Futterlagerraumbedarfes,
- Errechnen des Lagerraumbedarfes für Flüssig- und Festmist.

Tabelle 169 Raumprogramm für einen Bullenmaststall mit Kälberaufzucht (120 Mastplätze).

Kälberzukauf pro Jahr	Anzahl der Kälberplätze für Kälber bis 150 kg LG	notwendige Kälber pro Jahr	tägliche Zunahmen g	Mastdauer Tage	Mastplätze bei 1× Umbuchten		Mastplätze bei 2× Umbuchten	
					Mastabschnitt kg	Anzahl	Mastabschnitt kg	Anzahl
3× 4×	44 33	132	1200	335	150–360	60	150–285	40
							285–430	40
3× 4×	40 30	120	1100	365	360–550	60	430–550	40
3× 4×	39 29	116	1200	375	150–400 400–600	60 60	150–310	40
							310–465	40
3× 4×	36 27	108	1100	410			465–600	40

4 Schweinehaltung

In der Schweinehaltung ist die Arbeitsteilung bereits weit fortgeschritten. Man unterscheidet

- Schweinezuchtbetriebe,
- Ferkelerzeugerbetriebe,
- Schweinemastbetriebe,

die unterschiedliche Anforderungen an die Mechanisierung und an die Stallsysteme stellen.

Zucht- und Ferkelerzeugerbetriebe sind durch einen hohen Arbeitsaufwand je Tier gekennzeichnet, da durch den hohen Anteil der Nebenarbeiten der Mechanisierungseffekt gering bleibt. Die Stallsysteme sind in mehrere Bereiche bzw. Stallräume mit unterschiedlicher technischer Ausstattung gegliedert. Mit zunehmenden Hygieneanforderungen und Bestandesgrößen werden zwar auch Schweinemastställe in kleinere Einheiten unterteilt. Die Ausstattung bleibt jedoch weitgehend einheitlich.

In der Schweinehaltung kommt den **Futterkosten** eine besondere Bedeutung zu (Anteil bei Zuchtsauen 40%, bei Mastschweinen über 50% der Gesamtkosten). Möglichkeiten, auf technischem Wege diese Kosten zu senken, bestehen in der hofeigenen Futteraufbereitung und in der genauen Futterzuteilung.

4.1 Hofeigene Futteraufbereitung

Der Einsatz von betriebseigenem Getreide in der Veredelungswirtschaft, insbesondere in der Schweinemast, erfordert eine Futteraufbereitung in Mahl- und Mischanlagen, da

- das Getreide zur besseren Verwertung (Verdaulichkeit) zerkleinert werden muß und
- eine den Fütterungsansprüchen angepaßte Mischung aus verschiedenen Futtermitteln herzustellen ist.

Tabelle 170 Kennzeichen verschiedener Verfahren der Schweinehaltung.

	Schweinezucht (Stamm-, Herdbuchzucht)	Ferkelerzeugung	Schweinemast
Produkt	Jungeber/Jungsauen	Ferkel	Mastschweine
Arbeitsaufwand Mechanisierbarkeit Stallsystem	sehr hoch gering stark untergliedert	hoch gering untergliedert	gering gut einheitlich

Hofeigene Mischungen werden besonders rentabel, wenn

- ▶ zum selbst erzeugten Getreide preiswerte Komponenten gemischt werden können,
 - ▶ die verfügbare Arbeitskapazität für das hofeigene Mischen ausreicht,
 - ▶ Lagerraum, Fördergeräte und eine Mahl- und Mischanlage bereits vorhanden sind.
- In Mahl- und Mischanlagen werden Transporte und Mengen- oder Gewichtszuteilungen vorgenommen. Die Anordnung der einzelnen Bauteile ergibt sich aus dem Arbeitsprinzip der Anlage. Von besonderer Bedeutung ist dabei die Mechanisierung des Schrotens und des Mischens.

4.1.1 Schrotmühlen

Das **Zerkleinern der Körner** kostet zwar Energie, dadurch wird aber die Verdaulichkeit des Futters wesentlich erhöht, da

- ▶ die schwerverdauliche Schale zerbrochen wird,
- ▶ die Oberfläche des Futters vergrößert wird, was ein besseres Einspeicheln und eine bessere Enzymwirkung ermöglicht,
- ▶ Kauenergie eingespart wird,
- ▶ Zusatzstoffe besser eingemischt werden können.

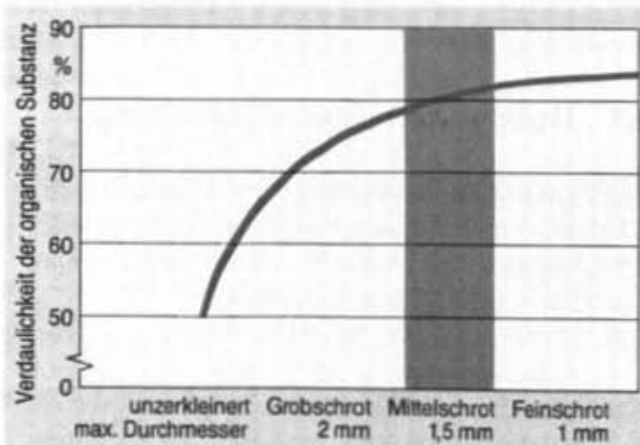


Abb. 452 Zusammenhang zwischen Zerkleinerungsgrad des Futters und der Verdaulichkeit von Getreide.

Je hartschaliger und kleiner der Mehlkörper ist, desto günstiger wird die Verdaulichkeit durch das Schrotten beeinflusst.

Für die Schweinefütterung wählt man am besten eine *mittelfeine Schrotung*, da mit stärkerer Zerkleinerung die staubförmigen Anteile im Futter zunehmen. Dies führt zu einem erhöhten Staubanteil in der Stallluft, zu höheren Futtermitteln, und schließlich werden die höheren Kosten für das feinere Zerkleinern nicht durch eine bessere Verdaulichkeit ausgeglichen.

Die verschiedenen Bauarten lassen sich folgendermaßen gruppieren (Abb. 453):

Walzenmühlen – Als Werkzeuge dienen zwei gegenläufige, schraubenförmig geriffelte Hartguß- oder Stahlwalzen. Beide Walzen werden verschieden schnell angetrieben. Das Drehzahlverhältnis liegt bei 1 : 2,5 bis 1 : 3. Das Getreide wird in den Riffeln der langsamer laufenden Walze gehalten und von den Riffeln der schneller drehenden Walze abgeschert. Das bei diesem schnittähnlichen Vorgang entstehende Gut ist hart und griesig mit wenig Staubanteil. Nach einem ähnlichen Prinzip arbeiten *Haferquetschen*, die in jüngster Zeit vor allem für das Herstellen von Pferde- und Rinderschrot wieder an Bedeutung gewonnen haben. Der Quetschvorgang entsteht in einem Walzenpaar (glatt oder geriffelt), wobei oft nur eine der beiden Walzen angetrieben wird.

Metallscheibenmühlen – Sie entsprechen im Aufbau den *Steinmühlen*. In der Metallscheibenmühle wird das Mahlgut zwischen Hartgußscheiben zerkleinert, die von scharfkantigen Rillen durchzogen sind. Eine der Scheiben ist fest montiert, während die andere auf der Motorwelle sitzt und mit ca. 500/min rotiert. Das Mahlgut wird in der Mitte eingespeist. Nach außen hin verengt sich die Verzahnung der Metallscheiben, so daß nur zerkleinertes Gut durchtreten kann. Die Scheiben sind auf beiden Seiten mit Rollen ausgestattet, so daß sie nach Abnutzung einer Seite gewendet werden können. Das Schrot ist infolge der schneidenden Zerkleinerung durch Druck- und Scherkräfte griesig mit wenig Staubanteil.

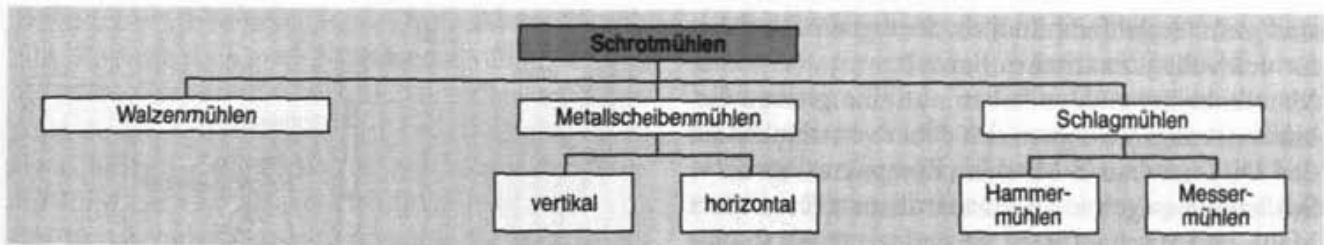


Abb. 453 Übersicht über die Schrotmühlenbauarten.

Schlagmühlen – Die am meisten verwendete Bauart ist die *Hammermühle*. Der Name ist von den hammerartig ausgebildeten Werkzeugen abgeleitet, die an einem Rotor (Laufscheibe) pendelnd befestigt sind. Diese Hammer streichen mit großer Umlaufgeschwindigkeit (80 m/s und mehr) nur wenige mm an Pralleisten vorbei und zerschlagen dabei das Mahlgut. Die Feinheit des Schrotes wird durch das Auslaufsieb bestimmt. (Mittelschrot: 2,5–3 mm Sieblochung). Nur entsprechend zerkleinertes Gut kann den Siebmantel passieren. Bei flügelartiger Ausbildung der Rotorscheibe fördern die Hammermühlen das Mahlgut bis zu 30 m.

Mittels eines Zusatzgebläses können sogar Entfernungen bis zu 100 m überbrückt werden. Die Gebläsewirkung der Hammermühle verursacht auf der Eingabeseite einen Sog, so daß der Einlauf für das Getreide nicht unbedingt von oben erfolgen muß, sondern auch seitlich angebracht werden kann. Zur Absicherung gegen Beschädigung sollte im Zulauf eine Fremdkörperabscheidemulde angebracht sein.

Messermühlen weisen anstelle der auf dem Rotor beweglich angebrachten Hämmer feststehende Messer auf. Messermühlen eignen sich je nach Ausführung zum Zerkleinern von Feuchtmais, Corn-Cob-Mix (Feuchtigkeitsgehalt bis zu 50%) oder von Rauhfutter (Heu und Stroh bis zu einem Feuchtigkeitsgehalt von 25%).

Vergleich der Schrotmühlen – Neben den qualitativen Anforderungen an Schrotmühlen entscheiden bei der Auswahl weitere Kriterien wie Funktionssicherheit, spezielle Störempfindlichkeit (gegenüber Fremdkörpern bzw. Leerlauf), elektrischer Leistungs- und Energiebedarf sowie der Kapitalbedarf (Abb. 454).

Walzenmühlen sind störanfällig und haben schlechte Leerlaufeigenschaften. Sie sind deshalb für automatische Schrot- und Mischanlagen trotz hoher Leistungen ungeeignet.

Metallscheibenmühlen weisen bei mittlerem spezifischen Zerkleinerungsaufwand und mittlerem Leistungsbedarf eine geringe Störanfälligkeit auf und

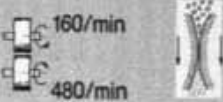


Bauart	Zerkleinerungsprinzip	erforderliche Motorleistung kW/dt/h	Energiebedarf kWh/dt	max. Feuchtigkeit %	Störanfälligkeit	Leerlauf	für automatische Mahl- und Mischanlagen geeignet
Walzenmühlen  160/min 480/min	Zerreiben Abscheren	0,7	0,4	bis 35 (40)	mittel	empfindlich	nein
Metallscheibenmühlen  ca. 500/min	Zerreiben Abscheren	1,3	0,9	bis 25 (30)	gering	nicht empfindlich	ja (Kompaktanlagen)
Schlagmühlen  1400–3000/min	Zerschlagen	2,0	1,4	bis 30 (40)	gering	nicht empfindlich	ja

Abb. 454 Vergleich der Schrotmühlenbauarten.

sind nicht leerlaufempfindlich. Sie eignen sich daher für den vollautomatischen Betrieb.

Metallscheibenmühlen haben nur eine geringe Gebläsewirkung. Sie eignen sich daher vornehmlich für den Direkteinbau in Mischer (Kompaktanlagen).

Schlagmühlen gelten als Standardbauart für größere Mahl- und Mischanlagen. Sie sind wenig stör anfällig und nicht empfindlich gegenüber Leerlauf. Die Sogwirkung erleichtert den Einbau von Fremdkörperabscheidern. Da das Mahlgut vom Luftstrom der Mühle über begrenzte Strecken gefördert wird, sind in der Regel zwischen Mühle und Mischer bzw. Futtevvorratsbehälter keine zusätzlichen Fördereinrichtungen nötig.

Hammer- und Messermühlen werden in angepaßter Ausführung als *Maismühlen* für erntefeuchten Körnermais und Corn-Cob-Mix geliefert. Wenn das Erntegut vor der Einlagerung geschrotet wird, muß bei einem spezifischen Leistungsbedarf von 0,7–1,0 kW/dt und h und einer Erntegutanlieferung von 15 t/h (4reihiger Mähdrescher) eine Antriebsleistung von 100–150 kW zur Verfügung stehen. Derartig hohe Leistungen werden entweder durch Schlepper (Anbaumühlen) oder Aufbaudieselmotoren bereitgestellt.

4.1.2 Mahl- und Mischanlagen

Allgemeines – Getreideschrot muß in der Regel durch *zusätzliche Komponenten* zu einer vollwertigen Kraftfuttermischung aufgewertet werden. Dazu sind Mischanlagen erforderlich, die auch kleinere Komponentenanteile bis zu 1% gleichmäßig einmischen, wobei die Abweichung bei einer Vielzahl von Proben nicht mehr als $\pm 5\%$ von der kleinsten Komponente betragen soll. Komponenten mit einem Anteil unter 1% müssen in einer Vormischung (sogenanntes Premix) aufbereitet werden (z. B. Mineralstoffe, Wirkstoffe).

Mahl- und Mischanlagen lassen sich nach ihrem Aufbau grundsätzlich in absätzig und kontinuierlich mischende Anlagen einteilen (Abb. 455). Anlagen, die kontinuierlich mischen, haben keinen eigenen Mischer. Die einzelnen Komponenten werden während des Fördervorganges im entsprechenden Verhältnis zusammengeführt (Abb. 456).

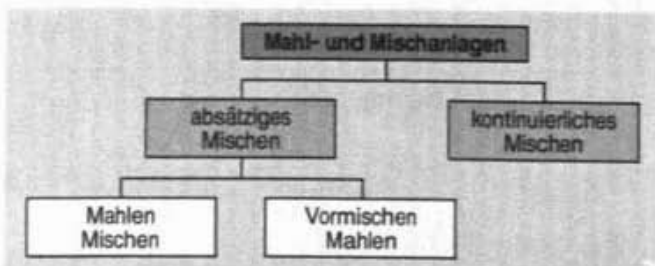


Abb. 455 Übersicht über Mahl- und Mischanlagen.

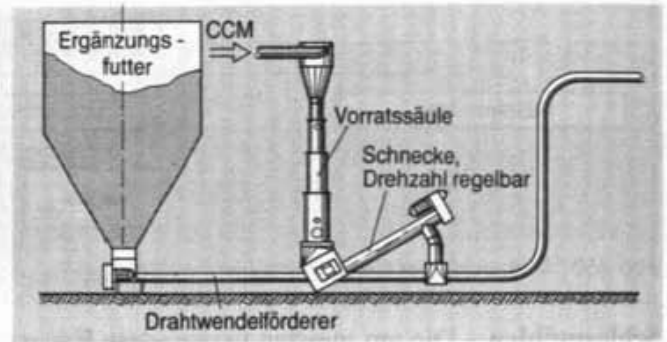


Abb. 456 Kontinuierlich arbeitender Mischer für Corn-Cob-Mix und Trockenfutter.

Absätzig arbeitende Anlagen verwenden sogenannte **Chargenmischer**. Man unterscheidet Horizontal- und Vertikalmischer.

Horizontalmischer – Sie weisen einen horizontal angeordneten oder leicht geneigten Mischerbehälter auf. Bei kurzer Mischdauer von 4–8 min wird eine hohe Mischgenauigkeit erreicht. Der Energiebedarf liegt bei 4–5 kWh/t. Horizontalmischer eignen sich besonders für fasrige, feuchte und klebrige Futtermittel. Zum Entleeren wird eine eigene Austrageinrichtung benötigt.

Vertikalmischer – Diese haben einen stehenden zylindrischen Mischbehälter, der sich nach unten trichterförmig verengt (Abb. 457). In der Behältermitte ist senkrecht stehend eine Mischschnecke angebracht, die das Futter nach oben fördert. Anschließend wandert es am Behälterrind wieder abwärts und wird erneut durch die Mischschnecke nach oben gebracht.

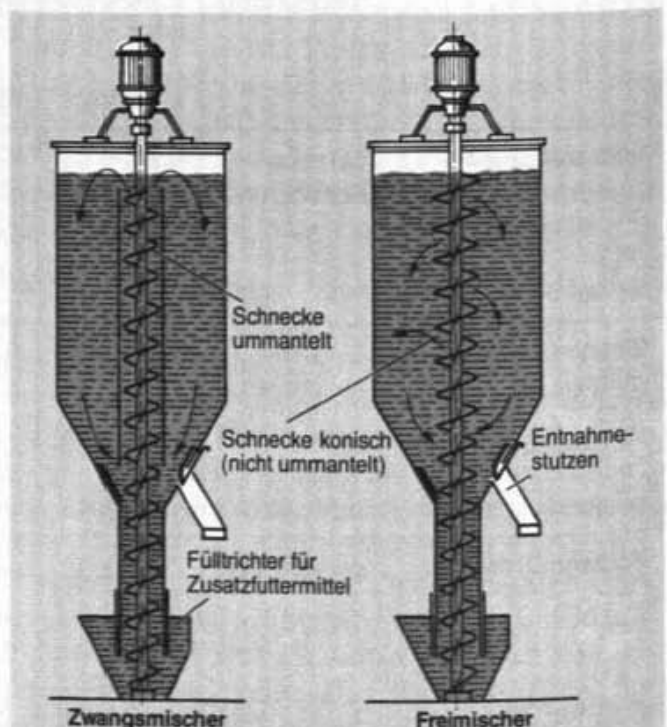


Abb. 457 Bauarten von Vertikalmischern.

Freimischer arbeiten mit einer Drehzahl von 90–140/min, *Zwangsmischer* mit 200/min; die Mischzeit hängt bei beiden Bauarten vom Anteil der kleinsten Komponente ab. Die Mischzeit ist bei Zwangsmischern etwas kürzer. Zwangsmischer erfordern einen Mindestfüllstand von 20% des Behälterinhaltes.

Bei Vertikalmischern sind folgende **Kenndaten** anzugeben:

▶ Mischereinhalte	0,7–2,0 m ³
▶ Antriebsleistung	1,5–4,0 kW
▶ Energiebedarf	0,5 kWh/t
▶ Mischzeit (ohne Füllzeit)	7–15 min
▶ Verhältnis von Mischerhöhe zu -durchmesser	1,5:1

Absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlagen – Sie gibt es als Kompaktanlagen, bei denen Mühle und Mischer integriert sind oder als größere Anlagen, deren besonderes Merkmal der zylinderförmige Mischer mit trichterförmigem Unterbau ist.

Größere absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlagen benötigen zum reibungslosen Ablauf Transport- und Dosiereinrichtungen sowie Zwischenlagerbehälter (Abb. 458).

Aus den Getreidebehältern wird das Gut über eine Durchlaufwaage der Schrotmühle zugeleitet und von

dort in den Mischer befördert. Die Zugabe der gewogenen Komponenten zum Schrot erfolgt am Mischer. Eine weitere Fördereinrichtung transportiert das Mischfutter zu den Futtervorratsbehältern. Der Vorratsbehälter über der Schrotmühle muß auf das Fassungsvermögen des Futtermischers abgestimmt sein (20% weniger als der Mischer).

Das Fördern des Schrotes mit dem Mühlenluftstrom erfordert einen Luft- und Staubabscheider, bestehend aus einem Zyklon und Filterschläuchen. Die Dimensionierung richtet sich nach der Mühlengröße. Bei Vormisch- und Mahlanlagen steht der Mischer vor der Mühle. In einem Freimischer mit Spezialeinbauten werden Getreide und Komponenten gemischt und dann der Mühle zugeleitet. Ein Vorratsbehälter über der Mühle entfällt (Abb. 459).

Vormisch- und Mahlanlagen – Diese lassen sich durch motorisch betriebene Drehschieber an den Getreide- und Komponentenbehältern, die von einem Wiegemischer aus gesteuert werden, voll automatisieren. Das Mühlengebläse dient als Transportvorrichtung. Die einzelnen Teile einer Mischcharge werden vom Gebläse zum Mischer gesaugt und dort noch während des Befüllvorganges gemischt. Der Mahlvorgang setzt ca. 30 s nach Füllung des Mixers ein. Die Mühle saugt die Mischung an, mahlt und bläst das Gut zu den Vorratsbehältern.

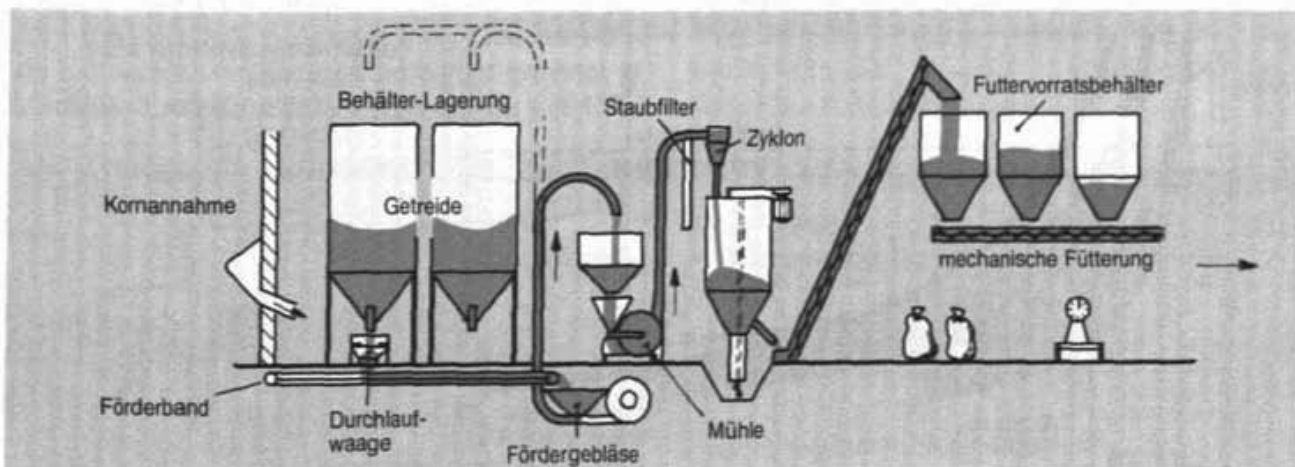


Abb. 458 Absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlage.

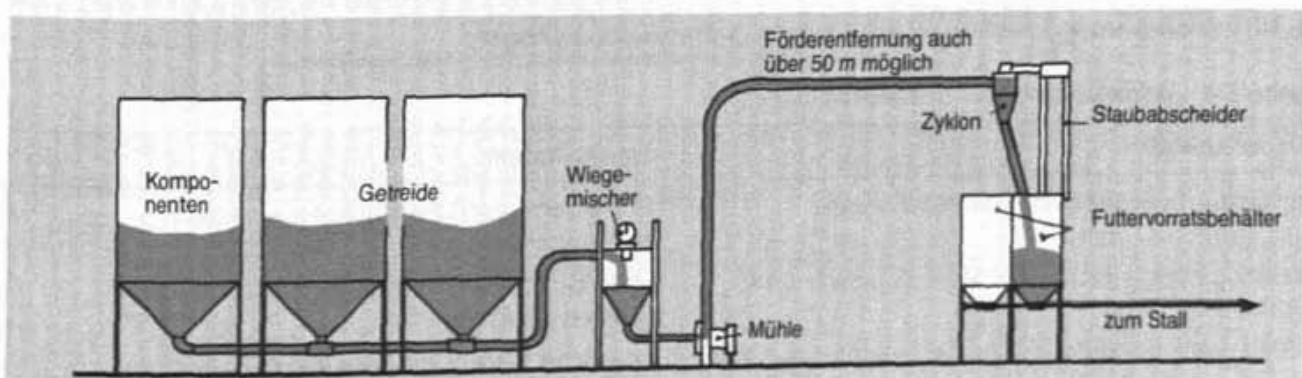


Abb. 459 Vormisch- und Mahlanlage, durch Wiegemischer und Motordrehschieber für automatischen Betrieb eingerichtet.

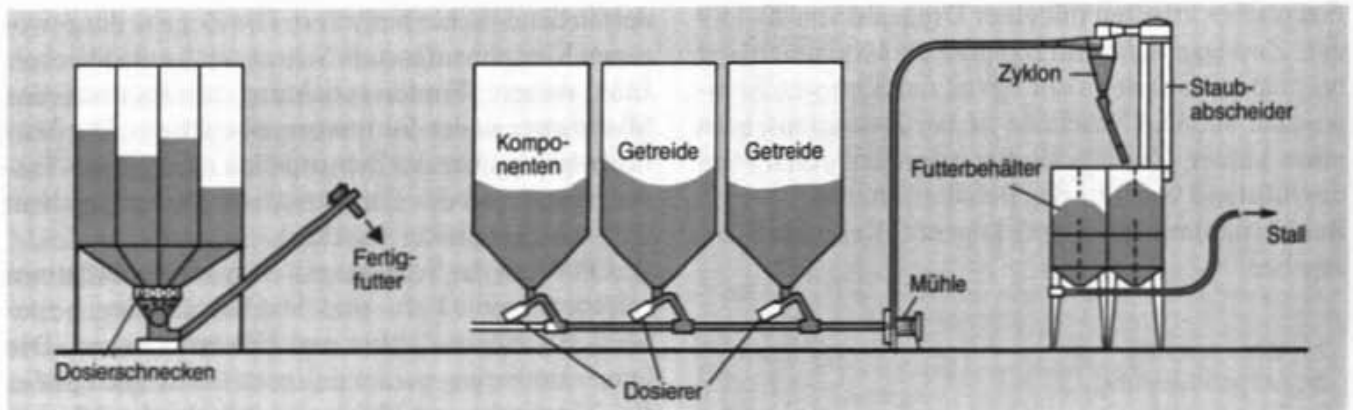


Abb. 460 Kontinuierlich arbeitende Misch- und Mahlanlagen. Links: Zentrale Dosierung über der Mühle, rechts: Dosierung in der Saugleitung der Mühle.

Kontinuierlich arbeitende Anlagen – Sie stellen ebenfalls eine Vormischung her. Allerdings geschieht dies bereits bei der Entnahme aus den Getreide- bzw. Komponentenbehältern. Einzeln angetriebene Dosierschnecken schleusen das Gut gleichzeitig in die Transporteinrichtung zur Mühle. Der Mischer entfällt.

Bei kontinuierlich arbeitenden Anlagen besteht die Gefahr, daß bei Störungen eines Dosierers eine Komponente fehlt, wodurch eine falsche Mischung entsteht. Dies muß durch Leermelder, die die Anlage sofort abschalten, vermieden werden.

Beurteilung – Mahl- und Mischanlagen können auch

auf Lastkraftwagen aufgebaut werden. In dieser Form stehen sie meist durch Lohnunternehmer zur Verfügung.

Tabelle 171 Kapitalbedarf von Mahl- und Mischanlagen.

Art der Anlage	Kapitalbedarf DM ¹⁾
Kompaktanlage	5000–7000
absätzig arbeitende Anlage	15 000
kontinuierlich arbeitende Anlage	25 000

¹⁾ Ohne Lagerbehälter.

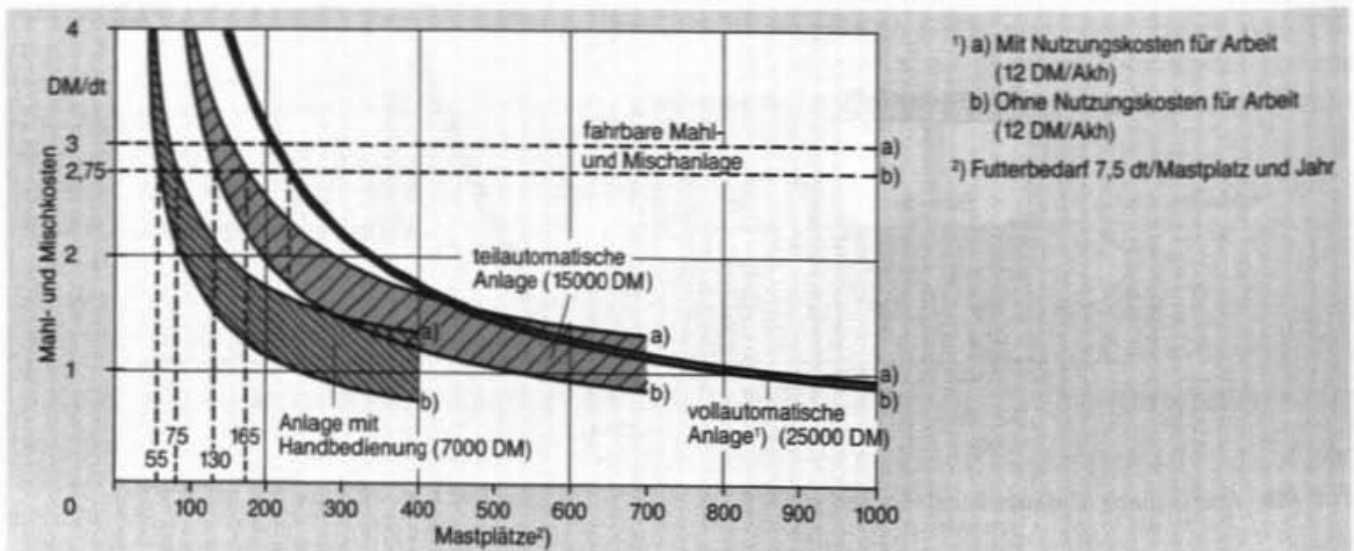


Abb. 461 Kosten der hofeigenen Trockenfutteraufbereitung (STEINHAUSER und FENNER).

Tabelle 172 Vergleich der Mahl- und Mischanlagen.

Art der Anlage	Eigenschaften
absätzig arbeitende Mahl- und Mischanlage	Betrieb erfordert Überwachung, eventuell Handzuteilung
absätzig arbeitende automatische Vormisch- und Mahlanlage	einfache Anlage; Mischgenauigkeit vom Wiegemischer abhängig
kontinuierlich arbeitende Vormisch- und Mahlanlage	Mischgenauigkeit von Zuteilgeräten abhängig; vollautomatischer Betrieb

Aus der Darstellung der Mahl- und Mischkosten (Abb. 461) geht hervor, daß die hofeigene Futtermittelzubereitung gegenüber der Lohnaufbereitung schon bei 55–75 Mastplätzen rentabel sein kann.

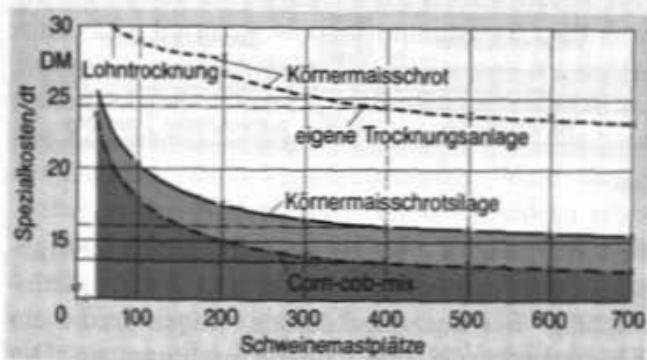


Abb. 462 Spezialkosten für die Erzeugung und Aufbereitung verschiedener Körnermaissprodukte (nach KRAJNER).

4.1.3 Aufbereitung von Corn-Cob-Mix (CCM)

Aufgrund der stark gestiegenen Energiekosten haben die Verfahren der Feuchtmaisernte und -konservierung an Bedeutung gewonnen. Erweist sich bereits die Körnermaisschrotsilage als besonders günstig gegenüber dem getrockneten Körnermaisschrot, so liegt Corn-Cob-Mix in den Spezialkosten nochmals günstiger (Abb. 462).

Corn-Cob-Mix (CCM, Mais-Spindel-Gemisch) wird wie Körnermais mit dem Mähdrescher geerntet (s. Abschnitt 6.2.4, Seite 215). Daneben läßt sich CCM

auch aus Lieschkolbenschrot gewinnen. Dieses Material wird mit dem Feldhäcksler mit Pflückvorsatz geerntet. Die Aufbereitung des CCM setzt nach der Entnahme aus dem Silo einen Trennvorgang zum Abtrennen der Lieschen voraus. Die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens ist nur dann gegeben, wenn auch die abgetrennten und mit Maismehl angereicherten Lieschen z. B. über Rinder und Zuchtsauen verwertet werden können.

Vergleich – In **gasdichten Hochsilos** kann CCM ungeschrotet eingelagert werden. Dieses Verfahren erfordert besondere Vorkehrungen hinsichtlich des gasdichten Abschlusses bei der Entnahme (Untenfräse, Preßschnecke). Das Schrotten erfolgt ein- oder mehrmals täglich während der Entnahme aus dem Hochsilo (Abb. 463).

In **Flachsilos** oder weniger dichten Hochsilos wird CCM geschrotet eingelagert. Dies bedingt einen hohen Leistungsbedarf für das Schrotten während der Ernte (7–10 kW/t und h). Die Leistungsbereitstellung erfolgt über starke Schlepper oder über Aufbaumotoren.

Beurteilung – Das Flachsiloverfahren ist kostengünstig. Es erfordert einen relativ hohen Arbeitsaufwand und mehrere Arbeitskräfte (Festwalzen). Das Verfahren mit »gasdichten« Hochsilos verursacht hohe Investitionen. Dafür ist der Bedarf an Arbeitspersonen gering. Mittlere Kosten verursacht das Verfahren mit normalen Hochsilos. Wie beim Flachsilo besteht aber ein hoher Leistungsbedarf für das Schrotten vor dem Einlagern.

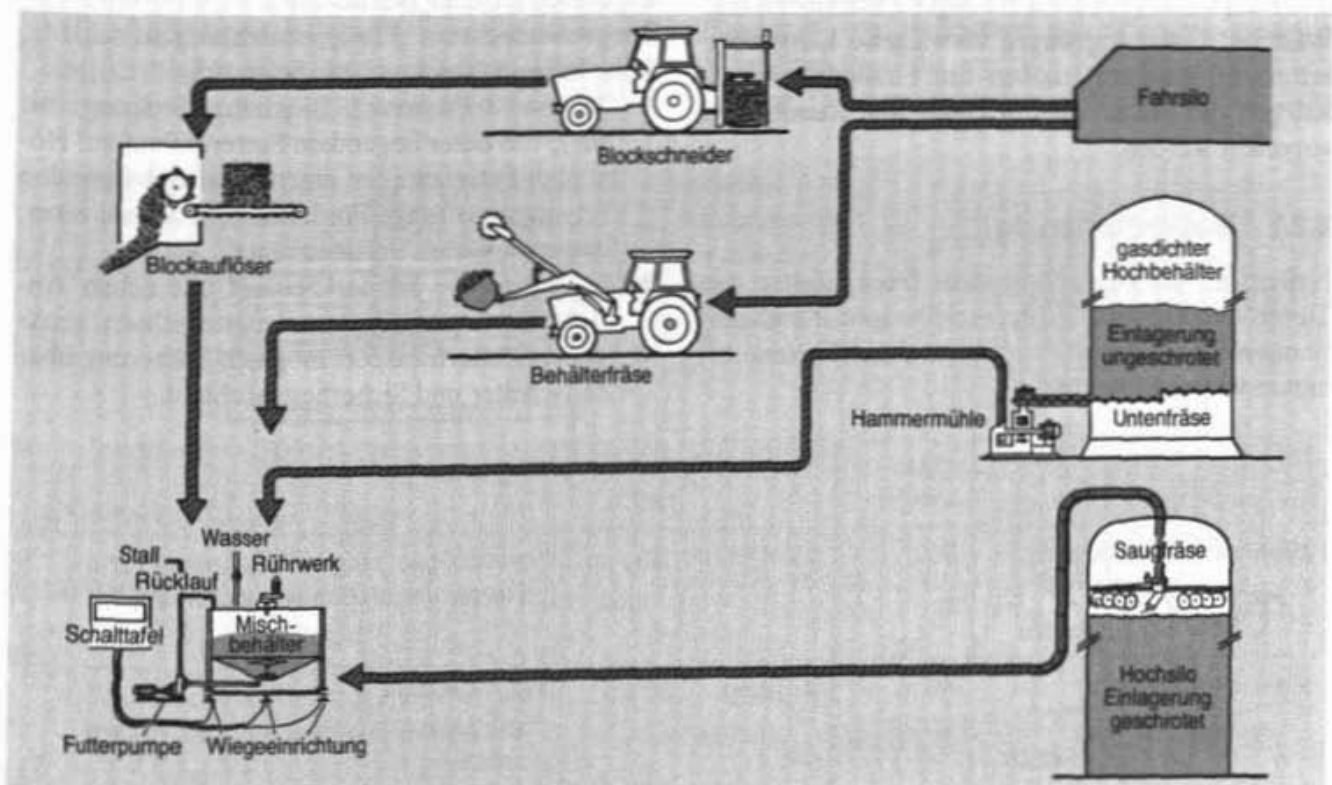


Abb. 463 Lagerung und Entnahme von CCM aus Hoch- und Flachsilos.

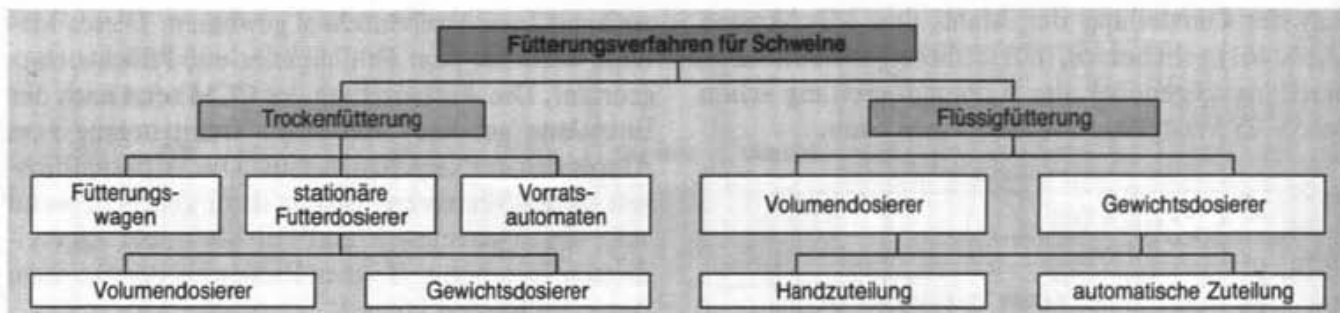


Abb. 464 Übersicht über die Fütterungsverfahren in der Schweinemast.

4.2 Fütterungsverfahren in der Schweinehaltung

An die mechanisierte Futtervorlage im Schweinestall werden folgende **Anforderungen** gestellt:

- ▶ Arbeitszeiteinsparung trotz erhöhten Aufwandes für Tierbeobachtung,
- ▶ geringer Kapitalbedarf, z. B. durch Einsparung von Futtergängen,
- ▶ Reduzierung der Futterkosten durch genaues Zuteilen und Vermeiden von Futtervergeudung,
- ▶ einfaches Handhaben und Einstellen,
- ▶ funktionssicherer Betrieb,
- ▶ keine Terminbindung an Futterzeiten.

Bei der Mechanisierung der Schweinefütterung werden die in Abb. 464 gezeigten **Verfahren** unterschieden.

Die Mechanisierung der Fütterungsverfahren richtet sich nach der Futterkonsistenz (mehlig-trocken oder flüssig, Fließfutter). Zwischen Fütterungsverfahren und Buchtenform besteht ein enger Zusammenhang. Während Fütterungswagen vorwiegend Längströge erfordern, kann bei Trocken- und Flüssigfütterungsanlagen das Futter auch in Quer- und Rundtrögen vorgelegt werden.

4.2.1 Trockenfütterung

Neben der Handzuteilung kann Trockenfutter den Tieren durch mobile Futterverteilwagen, durch stationäres Dosieren oder auf Vorrat durch Futterautomaten vorgelegt werden.

Fütterungswagen – Sie bestehen aus einem Fahrgestell, dem Futtervorratsbehälter und der Zuteileinrichtung. Bei den angebotenen Wagen treibt ein Elektromotor die Futterzuteileinrichtung an. Die Bedienungsperson zieht oder schiebt den Wagen. Die Dosierung erfolgt nach Volumen oder Gewicht. Die Verteilung des Futters im Trog hängt somit von der Bedienungsperson ab. Fütterungswagen benötigen ausreichend breite Gänge (1,10–1,30 m).

Vorteile: Nicht an Gebäude gebunden, daher auch in mehreren Ställen einzusetzen; wenig stör anfällig.

Nachteile: Nur für Längsbuchten; breite Futtergänge; Unruhe im Stall; keine Automatisierung möglich.

Stationäre Futterdosierer – Die Trockenfuttervorlage eignet sich gut für die Vollmechanisierung. Die Anlagen bestehen aus Fördereinrichtungen und Zuteilgeräten an jeder Bucht.

Die wesentlichsten **Fördereinrichtungen** sind (s. Abb. 465 und Abschnitt 4.6, Seite 195):

- ▶ **Drahtwendelförderer:** Biegsam (Steigung bis 70%), von tiefer liegendem Futtereinlauf auf Höhe über Futterzuteiler, eigener Antrieb für jeden Versorgungsstrang, Förderlänge maximal 80 m, Steuerung durch Endabschalter.
- ▶ **Kettenförderer:** Förderkreislauf mit einem Antrieb, Versorgung mehrerer Futterachsen, senkrechter Futtertransport möglich, Steuerung über Zeitschalter und Sicherheitsnachlauf.

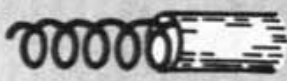
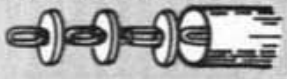
Bauart	max. Länge	Steigung	Krümmradius	Eignung
 Drahtwendelförderer	80 m	bis 70%	150 cm	bei wenigen, langen Futterachsen und direkter Vorratsbehälterzuordnung
 Rohrkettenförderer	45 m	beliebig	30 cm	bei mehreren kurzen Futterachsen, auch bei ungünstigem Standort des Vorratsbehälters

Abb. 465 Fördereinrichtungen für Schweinefütterungsanlagen

Die **Zuteilgeräte** bestehen aus einem Vorratsbehälter, der eine Ration aufnimmt und zur Futterzeit seinen Inhalt in den Trog entleert. Da sämtliche Tiere einer Stalleinheit gleichzeitig Futter erhalten, entsteht während der Futtervorlage keine unnötige Unruhe. Die Behälter werden unmittelbar nach dem Entleeren wieder befüllt. Die Füllmenge der Behälter läßt sich nach Volumen oder Gewicht einstellen. Bei **Volumendosierung** muß das Fassungsvermögen des Gefäßes durch Verschieben einer Wand, durch Anheben des Bodens oder durch Verändern eines Teleskoprohres begrenzt werden. Da die Futterrationen nach Gewicht angegeben sind, erfordert das erste Einstellen und jeder Wechsel der Futterzusammensetzung eine Eichung, um das Verhältnis zwischen Volumen und Gewicht zu ermitteln. Bei geänderter Tierzahl einer Bucht ist die richtige Einstellung über eine Umrechnung möglich.

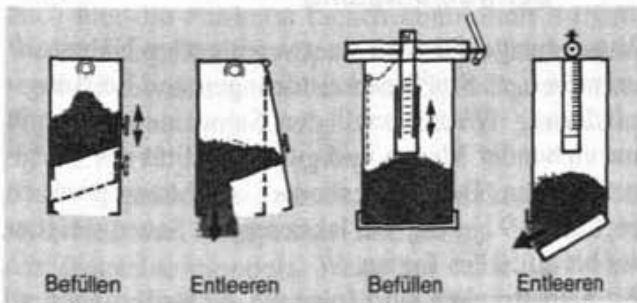


Abb. 466 Volumendosierung mit Zwischenbehälter: Mengengrenzung durch verstellbares Bodenblech (links) und verschiebbares Füllrohr (rechts).

Vorteil der Volumendosierung: Einfache Bauart, geringerer Kapitalbedarf.

Nachteil: Höherer Einstellaufwand wegen Umrechnung von Gewicht auf Volumen und eventuell erforderliche Eichung.

Bei **Gewichtsdosierung** (Abb. 467) kann die Futterration direkt am Zuteilgerät an einem Waagebalken durch Verschieben eines Gewichtes eingestellt werden. Der Waagebalken ist mit dem Zuteilbehälter verbunden und unterbricht dessen Befüllung, sobald die gewünschte Futterration den Behälter gegen die Waage nach unten drückt. Der Mechanismus der Gewichtsdosierung erfordert einen höheren technischen Aufwand als die Volumendosierung, erleichtert aber den Wechsel von Ration und Futtermittel.

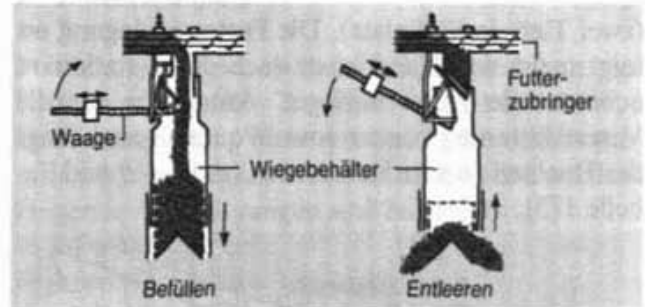


Abb. 467 Gewichtsdosierung bei Trockenfutter.

Vorteil der Gewichtsdosierung: Einfaches Einstellen.

Nachteil: Höherer Kapitalbedarf.

Besondere Einrichtungen sind zur **Futterverteilung im Trog** erforderlich. Dies kann durch einen punktförmigen Auswurf bei der Rundtrogfütterung oder durch seitliche Fallrohre bei der Quertrogfütterung erfolgen (Abb. 468).

Die **Vorratsfütterung**, wie sie vor allem für die Anfangsmast von Bedeutung ist, erfordert spezielle Vorratsbehälter, die mehrere Rationen aufnehmen können. Die Anzahl der Freßplätze ist eingeschränkt

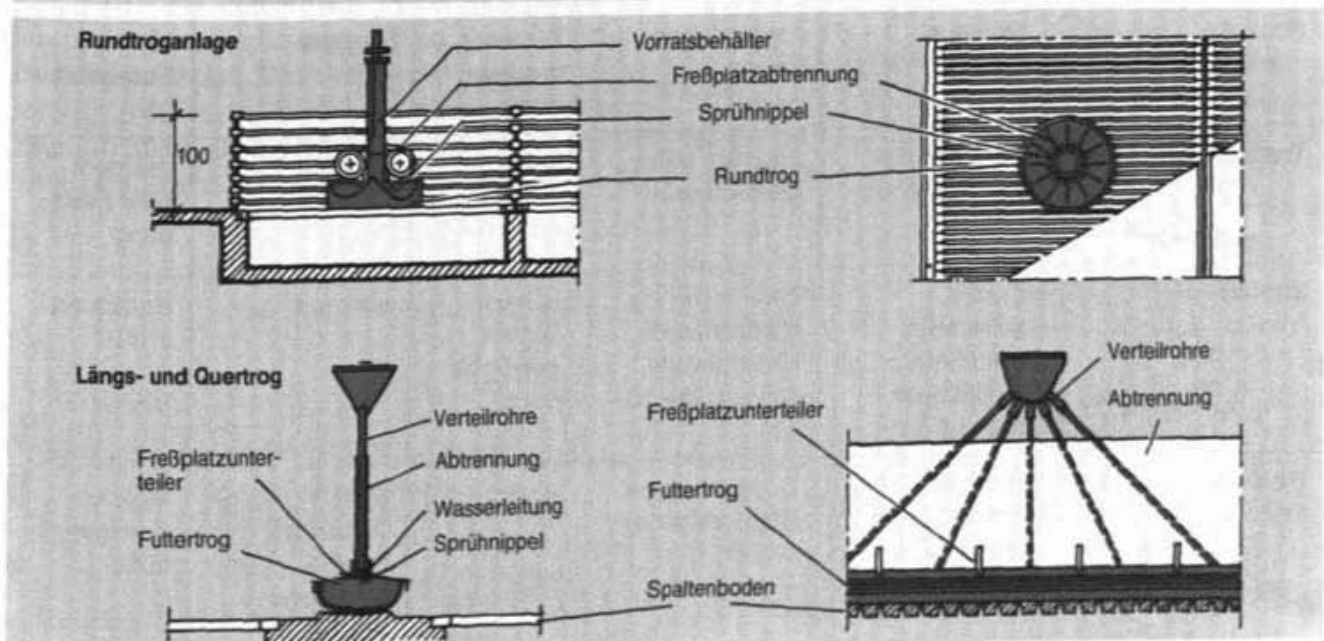


Abb. 468 Futterverteilung in Quer- und Rundtrögen (Maße in cm).

Tabelle 173 Maßempfehlungen für Futterautomaten (ALB).

Tierart	Höhe cm	lichte Weite der Trog- schale cm	Freßplatzbreite cm	Höhe der vorderen Trogchalenkante cm
Saugferkel	40	20	14	10
Absetzferkel (bis 20 kg)	60	30	18	12
Vormast, Läufer (bis 40 kg)	70	30	23	15
Anfangsmast (bis 60 kg)	85	40	27	18
Endmast (bis 110 kg)	85	40	33	18

(zwei Tiere je Freßplatz). Die Futterzubringung erfolgt meist von Hand, aber auch durch stationäre oder mobile Futterzubringer. Automaten für die Vorratsfütterung können sowohl quer als auch längs der Buchten angeordnet werden (Abb. 469 und Tabelle 173).

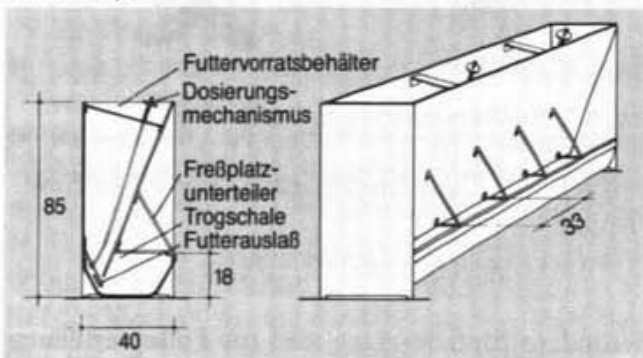


Abb. 469 Futterautomat für die Vorratsfütterung von Mastschweinen von 60–100 kg Lebendmasse (ALB) (Maße in cm).

Vorteile der Vorratsfütterung: Billige Mechanisierung, unkompliziert und wenig störänfällig, keine Zeitbindung, für Quer- und Längsaufstallung geeignet.

Nachteile: Futtervergeudung, geringere Schlachtkörperqualität.

4.2.2 Wasserversorgung in der Schweinehaltung

Wassermangel führt zu einer verringerten Nährstoffaufnahme, zu Stoffwechselstörungen und Leistungsminderung. Wasser muß den Schweinen daher in ausreichender Menge und guter Qualität zur Verfügung stehen. Der Wasserbedarf von Mastschweinen liegt bei 3–9 l je Tag, bei laktierenden Sauen steigt er auf bis zu 50 l je Tag an.

An **Selbsttränken** sind folgende Anforderungen zu stellen:

- ▶ Sichere Funktion,
- ▶ einfache Kontrolle und Reinigung,
- ▶ einfache Montage und Anpassungsmöglichkeit an vorhandenen Wasserdruck.

Das umfangreiche Angebot an Selbsttränken läßt sich nach Form und Betätigungsmechanismen ordnen (Abb. 471).


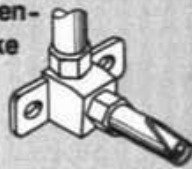

Bauart	Montage	Anwendungsbereich	Wasservergeudung	Hygiene	sonstige Bemerkungen
Trogprüher 	ca. 8 cm über der Trogsohle	Zuchtschweine Mastschweine	keine	sehr gut	gelegentliche Reinigung
Zapfen-tränke 	bei Mastschweinen (Endmast) 60 cm über dem Boden	Zuchtschweine Mastschweine Ferkel (leichtgängige Mechanik)	je nach Bauart gering bis hoch	sehr gut	Reinigung entfällt
Becken-tränke 	mit Trittstufe 40 cm über dem Boden (Endmast)	Zuchtschweine Mastschweine Ferkel	gering	weniger befriedigend bei mangelhafter Reinigung	tägliche Reinigung nötig

Abb. 470 Beispiele für Selbsttränken für Schweine (ALB).

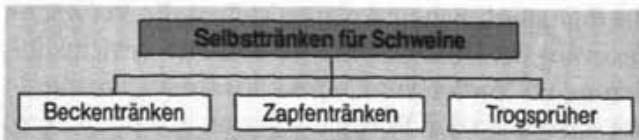


Abb. 471 Einteilung der Selbsttränken für Schweine.

Bei **Beckentränken**, aber auch bei Zapfentränken, soll der Wassernachlauf der Trinkgeschwindigkeit der Tiere angepaßt sein (Mast- und Zuchtschweine ca. 1 l/min). Die Wasseraufnahme an Beckentränken entspricht dem natürlichen Trinkverhalten. Beckentränken verschmutzen leicht durch Kot und Einstreu. Sie müssen daher regelmäßig kontrolliert werden.

Zapfentränken liefern immer Frischwasser, bedürfen nicht der ständigen Reinigung. Allerdings muß auch hier die Funktion täglich kontrolliert werden. Wegen mangelhafter Anpassung an das Trinkverhalten der Schweine kommt es bei einigen Bauarten zur Wasservergeudung. Lediglich bei der *Beißtränke* ist die Wasservergeudung gering.

Bei **Trogprühern** kommt es zu einer indirekten Wasseraufnahme. Trogprüher sind knapp 10 cm über der Trogsohle montiert. Wenn Schweine das Ventil betätigen, läuft das Wasser in den Trog und wird in der Regel zusammen mit dem Futter aufgenommen (Abb. 470).

4.2.3 Flüssigfütterung

Bei der Flüssigfütterung wird durch Wasser oder flüssige Futtermittel (z. B. Molke, Magermilch, Schlempe) das geschrotete Futter pumpfähig gemacht und über ein Leitungssystem zu den einzelnen Buchten gefördert. Das Verhältnis von Schrot : Wasser liegt zwischen 1:2 bis 1:3. Bei geringerem Wasserzusatz besteht die Gefahr, daß sich das Futter im Trog nicht mehr genügend verteilt. Bei dem in der

Praxis verbreiteten Mischungsverhältnis ist der normale Wasserbedarf der Tiere gedeckt.

Der Einbau zusätzlicher Tränken ist dennoch zu empfehlen, damit die Tiere an heißen Tagen den zusätzlichen Wasserbedarf decken können und eine höhere Futterkonzentration ermöglicht wird.

Flüssigfütterungsanlagen bestehen aus folgenden **Einrichtungsteilen**:

- ▶ Wasser- und Futterzubringer,
- ▶ Futtermischtechnik,
- ▶ Fördertechnik,
- ▶ Futterdosierung,
- ▶ elektrische bzw. elektronische Schalteinheit.

Futtermischtechnik – Trockene, feuchte und flüssige Futtermittel (bzw. Wasser) müssen zu einem homogenen (einheitlichen) Gemisch aufbereitet werden. Folgende **Anforderungen** sind zu stellen:

- ▶ Mischgenauigkeit,
- ▶ korrosionsbeständiges Material.

Das **Mischen** wird in einem auf die Bestandesgröße abgestimmten Mischbottich (Fassungsvermögen abgestimmt auf den Tagesbedarf von 10 l/Mastschwein und Tag und die Zahl der Mischvorgänge je Tag) vorgenommen. Im Behälter befindet sich ein Rührwerk, das zum Mischen, aber auch – da sich das Futter sofort absetzt – zum Homogenisieren während der Zuteilung dient.

Bei neuen Anlagen werden häufig *Wiegemischer* eingesetzt. Der Mischbehälter ruht auf mehreren Biegestäben, die zu einer elektronischen Waage integriert sind. Mit Hilfe dieser Waage können die einzelnen Komponenten nacheinander in der richtigen Menge abgerufen oder auch von Hand in den Behälter gegeben werden.

Hinsichtlich der Anforderungen an die **Mischgenauigkeit** (Zudosieren der Einzelkomponenten) wird bei gebräuchlichen Futterrationen von einer maximalen Abweichung von $\pm 5\%$ vom Sollwert der kleinsten Komponente der Futtermischung ausgegangen. Es empfiehlt sich, die prozentuale Abweichung auf das *tatsächliche Gewicht* umzurechnen.

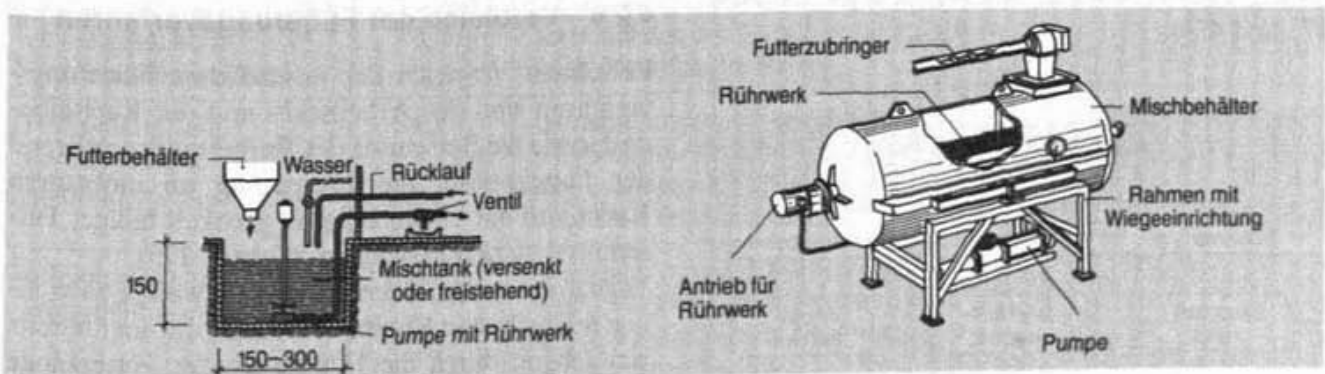


Abb. 472 Mischtechnik (Maße in cm). Links: Versenkte Mischgrube; das Futter wird teilweise von Hand zuteilt. Rechts: Wiegemischer. Die einzelnen Komponenten werden automatisch nacheinander zugeführt.

Beispiel: Die kleinste Komponente einer Futtermischung beträgt 420 kg; 5% davon sind ± 21 kg maximale Abweichung.

Fördertechnik – Der Futtertransport findet in Ringleitungen mit einem Innendurchmesser von 50–60 mm statt. Als Pumpen gelangen die Bauarten Kreisels- oder Exzentrerschneckenpumpe zum Einsatz. *Exzentrerschneckenpumpen* liefern auch unter schwierigen Verhältnissen einen konstanten Druck, weisen aber einen höheren Verschleiß (Stator) auf und sind trockenlauf- und fremdkörperempfindlich.

Futterdosierung – An die Futterdosiertechnik werden folgende Anforderungen gestellt:

- ▶ Hohe Dosiergenauigkeit,
- ▶ große Zuverlässigkeit,
- ▶ Möglichkeit des Handbetriebes bei technischen Störungen.

Mastschweine können mit Flüssigfutter, das das Magenvolumen weitgehend auslastet, nur begrenzt überfüttert werden. Zuviel zugeteiltes Futter bleibt im Trog und verdirbt. Durch Reduzieren der Dosiermenge kommt es zu Unterversorgung. Daher wird eine Dosiergenauigkeit von $\pm 5\%$ des Sollwertes gefordert (Tabelle 174).

Tabelle 174 Beispiele für Dosiermengen und Abweichungen.

Tierart	Dosiermenge je Ventil- und Futterzeit	absolute Abweichung (5%)
Mastschweine	30–60 kg	1,5 –3 kg
Zuchtsauen	5–20 kg	0,25–1 kg
Ferkel	3– 5 kg	0,15–0,25 kg

Um die **Dosiergenauigkeit** kontrollieren zu können, soll bei jeder Ringleitung am Anfang, in der Mitte und am Ende Futter entnommen werden können. Die verschiedenen Dosiereinrichtungen lassen sich arbeitswirtschaftlich (von Hand oder vollautomatisch) oder nach dem technischen Prinzip (Zeit- Volumen- oder Gewichtsdosierung) gruppieren (Abb. 473 und 474).



Abb. 473 Einteilung der Dosiereinrichtungen von Flüssigfütterungsanlagen.

Bei den angebotenen Anlagen stehen die *Volumendosierung* mit Durchflußmesser und die *Gewichtsdosierung* im Vordergrund. *Gewichtsdosierende Anlagen* verwenden den Wiegemischer nicht nur zur Herstellung der Futtermischung, sondern teilen unter Verwendung der im Mischer eingebauten Waage das Futter auch zu. Dadurch werden an die Waage noch höhere Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit gestellt.

Seit einiger Zeit bieten verschiedene Hersteller **Fütterungscomputer** für die Futteraufbereitung und Futterzuteilung an. Die Meßtechnik beider Bereiche liefert Signale an die zentrale Steuerung, von wo aus das Mischen und Futterzuteilen nach eingestellten Werten geregelt wird. Darüberhinaus können Fütterungscomputer je nach Herstellerangebot weitere **Aufgaben** übernehmen.

Beispiele:

- ▶ Berechnen der Komponenten-Anteile in der Mischung nach Eingabe des Mischungsverhältnisses und der Einzelmengen je Ventil.
- ▶ Automatische Korrektur der Mischung bei Änderung einer Einzelmenge am Ventil.
- ▶ Restmengen-Rückrechnung für die neue Mischung.
- ▶ Verbrauchskontrolle (Eingabe des Einstellungsdatums und der Mastdauer): Futterverbrauch nach Einzel-Komponenten, insgesamt und je Ventil.
- ▶ Bei weiterer Eingabe des Einstellungsdatums je Bucht, des Einstellungsgewichtes je Bucht, der Tierzahl je Bucht, der Ausfälle je Bucht, des Ausstallungsgewichtes je Bucht: Futterverwertung und Futterverbrauch bezogen auf die Zahl der aufgestellten Tiere.
- ▶ Wöchentliche automatische Anpassung der Zuteilmengen an den Ventilen.

Bei Eingabe entsprechender Daten kann vom Rechner auch eine Wirtschaftlichkeitsberechnung vorgenommen werden.

4.2.4 Vergleich der Fütterungsverfahren

Bei einem Vergleich der wesentlichen Fütterungsverfahren sind der Arbeitszeit- und der Kapitalbedarf sowie die Betreuung des Tierbestandes während der Futterzeiten, die Einsparung an umbautem Raum und die Verwertungsmöglichkeit billiger Futtermittel zu berücksichtigen (Tabelle 175).

Vollautomatische Fütterungsanlagen weisen zwar einen relativ hohen **Kapitalbedarf** auf, der aber bereits weitgehend durch die Einsparung der Futtergänge aufgewogen wird. Bei 300 Mastplätzen sind *Trockenfütterungsanlagen* gegenüber Flüssigfütterungsanla-

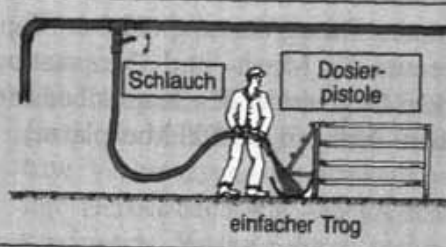


Kennzeichen	Arbeitsweise	Bemerkungen
	Schlauch mit Pistole wird von Trog zu Trog gezogen, Zuteilen durch Öffnen des Pistolenventils	Mengenschätzung, Dosieren über Dosierpistole möglich, gefüllter Schlauch ist schwer zu bewegen
	Arbeitsperson geht von Bucht zu Bucht, öffnet das jeweilige Ventil, beobachtet die Monitoranzeige und schließt nach Einlaufen der erforderlichen Menge	Dosieren möglich, Bindung der Arbeitskraft an Fütterungszeiten
	Anlage teilt vollautomatisch zu (Schaltung der Ventile über zentrale Steuerungseinheit und Durchflußmesser bzw. Wiegemischer)	Dosieren ohne Bindung der Arbeitskraft an Fütterungszeiten

Abb. 474 Dosiereinrichtungen von Flüssigfütterungsverfahren.

gen noch günstiger. Mit zunehmender Bestandesgröße sinkt jedoch der Kapitalbedarf je Mastplatz für Flüssigfütterungsanlagen (Abb. 475, Seite 380). Die Unterschiede im **Arbeitszeitbedarf** sind so ge-

ring, daß die Differenz zwischen handbedienten Einrichtungen und vollautomatischen Anlagen durch zusätzliche Tierbeobachtung beansprucht wird. An vollautomatischen Anlagen wird besonders ge-

Tabelle 175 Vergleich von Trocken- und Flüssigfütterung (400 Mastplätze, Mpl.).

Art der Fütterung	AKh/Mpl. und Jahr	Bemerkungen	Kapitalbedarf DM/Mpl.
Futterverteilwagen, geschoben	0,7	Bindung an Fütterungszeiten, Längstrog mit Futtergang	10-30
vollautomatische Volumendosieranlage	0,4 ¹⁾	Umrechnung von Volumen auf Gewicht, bei Quertrog bis zu 20% Einsparung an umbautem Raum	60-80
vollautomatische Gewichtsdosieranlage	0,4 ¹⁾	bei Quertrog und Rundtrog bis zu 20% weniger umbauter Raum	85-100
Flüssigfütterung, Handzuteilung Monitor	1,2 ²⁾	Verarbeitung feuchter und flüssiger Futtermittel, Bindung an Futterzeiten; bei Quertrog bis zu 20% weniger umbauter Raum	50-70
vollautomatische Flüssigfütterung	0,4 ¹⁾	Verarbeitung feuchter und flüssiger Futtermittel; bei Quertrog bis zu 20% weniger umbauter Raum, einfache Anlagenerweiterung	85-100

¹⁾ Ohne Tierkontrolle. ²⁾ Futtermischung von Hand.

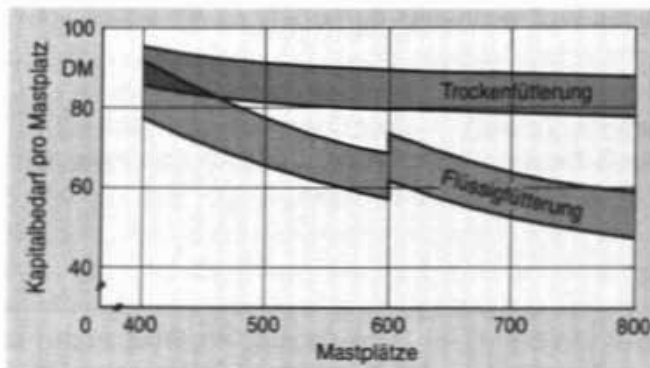


Abb. 475 Kapitalbedarf von vollautomatischen Fütterungsanlagen für Mastschweine.

schätzt, daß die Bedienungsperson nicht unbedingt zur Futterzeit anwesend sein muß.

Die einzelnen technischen Lösungen lassen sich unter Einbeziehung der verschiedenen Eigenschaften folgendermaßen **zuordnen**:

- ▶ **Geschobener Futterverteiler mit elektrischer Zuteileinrichtung:** Nachträgliche, preiswerte Fütterungsmechanisierung für bereits bestehende Teil- und Vollspaltenbodenställe mit Längströgen und ausreichend breiten Futtergängen.
- ▶ **Vollautomatische Trockenfütterung:** Standardverfahren für die Trockenfüttervorlage (Mast mit Getreide oder Fertigfutter), für Betriebe mit 300–500 Mastplätzen, wegen einfacherer Einstellung vorwiegend Gewichtsdosierung; einfache Volumendosierung für Zuchtsauenbetriebe.
- ▶ **Trockenfütterung mit Vorratsautomaten:** Mit Hilfe von Fördereinrichtungen läßt sich dieses Verfahren bei geringem Aufwand vollautomatisieren. Eigene Futtergänge entfallen dann. Dieses Verfahren ist dort wettbewerbsfähig, wo das Futter günstig angeboten wird und die Fleischqualität keinen zu hohen Einfluß auf den Verkaufswert der Mastschweine ausübt.
- ▶ **Flüssigfütterung mit Handzuteilung:** Betriebe mit billigen Mischfutterkomponenten (z. B. Molke,

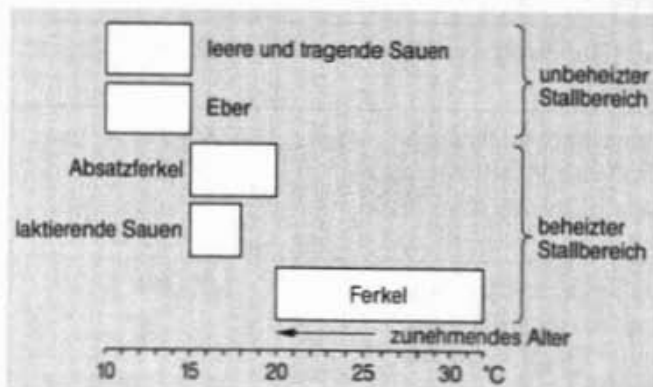


Abb. 476 Temperaturansprüche von Ebern, Sauen und Ferkeln.

Schlempe, Küchenabfälle) oder Feuchtmais. Zuteilung über Monitorkontrolle.

- ▶ **Vollautomatische Flüssigfütterung:** Hoher Kapitalbedarf bereits für Misch- und Pumpstation; wegen starker Degression des Kapitalbedarfes nur für größere Anlagen (ab 500 Mastplätze).

4.3 Verfahren der Zuchtsauenhaltung

4.3.1 Allgemeine Anforderungen

Die Produktivität der Zuchtsauenhaltung wird u. a. bestimmt von

- ▶ der Zahl der betreuten Zuchtsauen je Arbeitskraft. Arbeitswirtschaftliche Verbesserungen sind durch einen hohen Aufwand an Nebenarbeiten (z. B. ständige Tierkontrolle, Decken, Umbuchten, Hygienearbeiten, Geburtshilfe) gewisse Grenzen gesetzt, vor allem in kleinen Beständen. Eine Kostensenkung je Sau ist deshalb vor allem durch Bestandsausweitung (z. B. auf 60–120 Sauen) und Spezialisierung möglich.
- ▶ der Zahl der aufgezogenen Ferkel je Sau (Verbesserung der Aufzuchtergebnisse). Eine wesentliche Kostensenkung wird durch die Verbesserung des Aufzuchtergebnisses erreicht. Drei Ferkel mehr je Sau und Jahr – das sind 1–2 Ferkel mehr je Wurf – senken die Ferkelkosten um 10%.

Höhere Ferkelzahlen je Sau und Jahr lassen sich erreichen durch:

- ▶ Mehr Ferkel je Wurf (z. B. durch andere Rassen oder Kreuzungseffekte),
- ▶ mehr Würfe je Jahr durch frühes Absetzen und hohe Konzeptionsrate (schnelles Belegen),
- ▶ weniger Ferkelverluste in der Aufzucht.

Gegenüber dem konventionellen **Absetzen** nach 6–8 Wochen kann durch früheres Absetzen (nach 3–4 Wochen) das Aufzuchtergebnis um 2 Ferkel je Sau und Jahr gesteigert werden.

Die **Ferkelverluste** liegen bei 9–12%. Ein Drittel davon ist in älteren Haltungsverfahren auf Erdrücken zurückzuführen. Zweckmäßige Abferkelstände können diese Verluste spürbar senken. Verluste entstehen auch, wenn es in Gruppenhaltung zu Rangkämpfen kommt. Von großer Bedeutung für hohe Aufzuchtleistungen sind schließlich optimale Stalltemperaturen (Abb. 476).

Aus den wirtschaftlichen und biologischen Gegebenheiten lassen sich folgende **Anforderungen** an die baulichen und technischen Einrichtungen ableiten:

- ▶ Verringerung des Arbeitsaufwandes (z. B. durch strohlose Haltung, einfache Reinigung, leichtere Tierkontrolle und Deckarbeiten im Deckzentrum),
- ▶ Erhöhung der Wurfzahlen je Jahr durch Einbau eines Ferkelstalles für früh abgesetzte Ferkel bzw. Verbesserung der Konzeptionsrate (sorgfältige Tierbeobachtung, Deckzentrum),
- ▶ verringerte Verluste durch technische Maßnahmen im Abferkelstall (z. B. Ferkelschutzbügel, Heizung des Ferkelplatzes) und durch Einzelhaltung tragender Sauen,
- ▶ Schaffung optimaler Temperaturen für die einzelnen Tiergruppen. Dies zwingt zum Unterteilen des gesamten Bestandes in einen beheizten und unbeheizten Stallbereich.

Sauen und Ferkel durchlaufen einen innerbetrieblichen Umbuchtzyklus (Abb. 477 und 478), der das Raumprogramm beeinflusst.

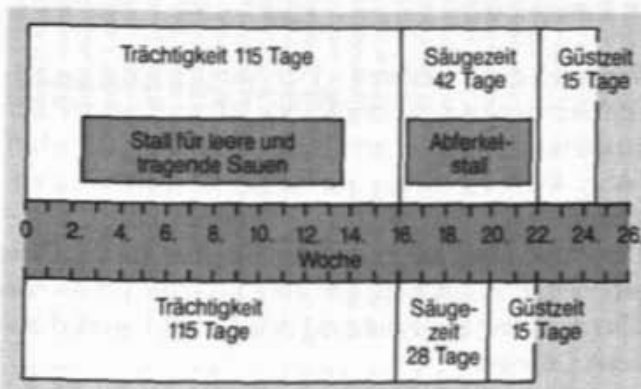


Abb. 477 Wurfzyklus einer Zuchtsau bei unterschiedlichen Absetzterminen.

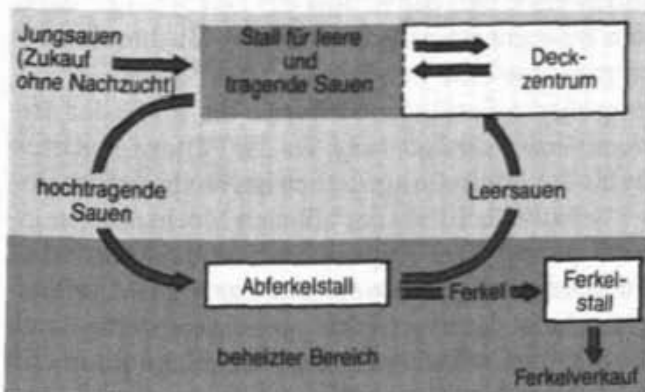


Abb. 478 Umstellungsschema für eine Ferkelproduktions-einheit.

4.3.2 Stall für leere und tragende Sauen

Leere und tragende Sauen werden in Gruppen oder einzeln aufgestellt (Abb. 479). Bei leeren und tragenden Sauen wird zunehmend die einstreulose Haltung bevorzugt.

Gruppenhaltung – Eine Tiergruppe umfaßt 4–8 Sauen. Die Gruppenhaltung von leeren und tragenden Sauen erfordert eine Buchtenform mit getrennten Funktionsbereichen für das Fressen und Liegen bzw. Laufen. Während des Fressens müssen die Sauen zur Vermeidung von Rankämpfen völlig getrennt in absperrbaren Freßständen oder Boxen untergebracht werden können.

Tiefenlaufstall mit Einzelfreßständen: Die Buchtenform besteht aus Einzelfreßständen und einer anschließenden eingestreuten Liegefläche. Sie läßt sich häufig ohne großen Bauaufwand in bestehenden Scheunen einrichten. Wegen des wärmenden Mistpolsters kann auf eine Wärmedämmung des Gebäudes verzichtet werden. In Abständen von 2–6 Monaten wird mit dem Frontlader entmistet. Dafür sind entsprechende Tore an beiden Seiten des Stalles vorzusehen. Zwischen Tiefenstreu und Freßstand befinden sich Stufen, 15 cm hoch, 30 cm breit. Die eingestreute Liegefläche muß für die Frontladerentmischung mindestens 2,50 m breit sein.

Die Einzelfreßstände weisen eine Breite von mindestens 45 cm und eine Länge von 1,60–1,80 m auf. Die genaue Bemessung hängt von der jeweiligen Tiergröße ab. Der Boden des Freßstandes erhält ein Gefälle von 3% nach hinten. Für den Trog wird eine Halbschale mit 40 cm Durchmesser verwendet. Sie wird so verlegt, daß die Oberkante zur Freßstandseite ca. 20 cm über dem Boden liegt. Eine Einbuchtung unterhalb der Schale erleichtert den Tieren das Stehen beim Fressen.

Freßliegebucht: Diese Buchtenform besteht aus größeren Freßständen mit einer lichten Breite von 60–65 cm, in denen die Tiere auch liegen können. Bei Jungsaugen muß die Freßstandbreite um 10 cm verringert werden, um zu verhindern, daß sich die Sauen im Stand umdrehen. Die Lauffläche ist mit Betonspaltenboden (Spaltenroste) ausgelegt. Der vordere planbefestigte Teil des Freßliegestandes muß wärmedämmend sein.

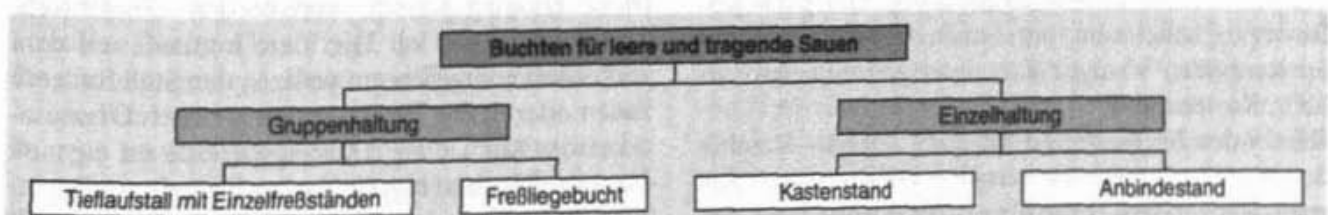


Abb. 479 Einteilung der Buchtenformen für leere und tragende Sauen.

Funktionsmaße und Hinweise: Standabtrennung 100 cm hoch, im Kopfbereich der Tiere geschlossen, senkrechte Trennstäbe mit maximal 10 cm Abstand; Bodenabstand des Trennrahmens 15 cm. Mehrere quer über den Trennrahmen verlaufende Rohre und absperzbare Türen verhindern das Überspringen des Standes und das Abdrängen von schwächeren Tieren (Selbstfangvorrichtung).

Einzelhaltung – Die Einzelhaltung leerer und tragender Sauen ermöglicht eine intensive Nutzung der Stallgebäude. Außerdem bietet sie günstige Voraussetzungen zur individuellen Fütterung. Sie ist übersichtlich und erleichtert das ständige Überwachen der Sauen. Da keine Machtkämpfe mehr möglich sind, entfallen die Probleme der Gruppenzusammenstellung. Bei guter Zuordnung von Fütterungs- und Entmistungsachsen ist der Arbeitsaufwand geringer als bei der Gruppenhaltung.

Nachteilig ist die eingeschränkte Bewegungsmöglichkeit der Sauen. Die Einzelhaltung kann in Kasten- oder Anbindeständen erfolgen.

Kastenstände: Kastenstände entsprechen in Form und Abmessungen im wesentlichen der Freßliegebucht. Die Buchtentüren sind einzeln oder gruppenweise zu öffnen und zu schließen. Kastenstände werden mit planbefestigtem (wärmegeprägtem) Boden mit Kotstufe oder teilperforiert (Spaltenboden oder Kragrost) ausgeführt.

Anbindestände: Im Anbindestand ist das Tier mit einem Hals- oder Schultergurt befestigt. Der Gurt bzw. Bügel muß leicht zu verstellen sein, um ihn dem Tier gut anpassen zu können. Mit dem Schultergurt lassen sich die Sauen im allgemeinen sicherer fixieren.

Der halsumschließende Teil geht in eine kurze Kette über, die in einem 25–30 cm hinter dem Trog vertieft angebrachten Bodenanker befestigt wird. Die Standbreite beträgt 65 cm (60–70 cm). Der Trennrahmen ist im vorderen Bereich ähnlich ausgeführt wie beim Kastenstand. Er ist jedoch mit einer Länge von 120 cm – gemessen ab Troghinterkante – deutlich kürzer und ermöglicht durch eine abgeschrägte Bauweise das Decken im Stand.

Wegen der exakteren Fixierung der Sauen können Anbindestände sowohl als Kotgrabenstände mit oder ohne Einstreu als auch mit Teilspaltenboden (Roste) ausgeführt werden. Die planbefestigte Fläche erfordert eine Wärmedämmung. Der geringere Bewegungsspielraum der Sauen bewirkt, daß bei Spaltenboden weniger Kot durchgetreten wird als beim Kastenstand.

Rostböden für leere und tragende Sauen – Rostböden tragen zu einer raschen Harnableitung bei. Kot muß dagegen von Hand über dafür vorgesehene Abwurfluken entfernt werden. Besondere Beachtung

muß der Schlitzweite entgegengebracht werden, denn zu breite Schlitzweite lassen die Klauen so weit in die Schlitzweite eintauchen, daß es zu Kronsaumverletzungen kommen kann. Die Schlitzweite ist daher auf 1,6 cm zu begrenzen.

Als Rostmaterialien haben sich Graugruß und Stahlbeton bewährt. Für leere und tragende Sauen werden Stahlbetonroste wegen ihres wesentlich günstigeren Preises bevorzugt (Abb. 480).

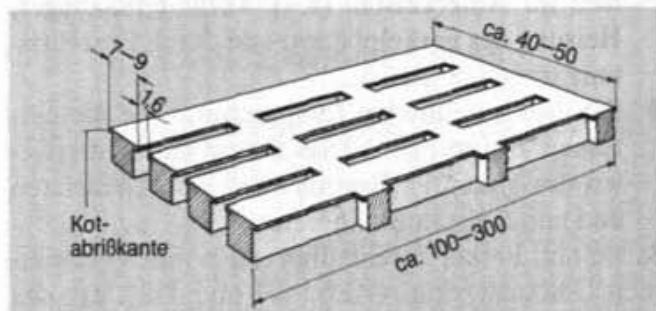


Abb. 480 Spaltenrost für leere und tragende Sauen (ALB) (Maße in cm).

Vergleich der Verfahren – Der Vergleich der einzelnen Buchtenformen oder Stände läßt sich anhand der quantitativen Kriterien Platz- und Kapitalbedarf (Abb. 481) und einiger qualitativer Maßstäbe durchführen.

Der **Platzbedarf** hängt zwar unmittelbar mit dem **Kapitalbedarf** zusammen, gibt aber zusätzlich Hinweise über die Flächenausnutzung beim Einbau in vorhandene Gebäude.

Als besonders günstig erweist sich hier der Anbindestand, der auch eine Reihe von anderen Vorteilen aufzuweisen hat, denen aber der Nachteil der stärksten Bewegungseinschränkung aller Buchtenformen entgegenzustellen ist.

In größeren Beständen stellt sich die Frage der **Mechanisierung der Fütterung**. Da das Füttern gleichzeitig als Tierkontrolle anzusehen ist, bleibt der arbeitswirtschaftliche Effekt der höheren Mechanisierungsstufe gering. Der Kapitalbedarf vollautomatischer Fütterungsanlagen bewegt sich um 200 DM je Tierplatz. Er ist dann vertretbar, wenn gleichzeitig durch Wegfall eines Futterganges beträchtliche Raumeinsparungen möglich werden.

4.3.3 Stall für Jungsau

Diese Haltungsperiode umfaßt den Gewichtsabschnitt von 20–90 kg. Die Tiere kommen aus dem Ferkelstall und gehen entweder in den Stall für leere Sauen oder in das Deckzentrum. Je nach Organisationsform kann diese Haltungsperiode im eigenen Betrieb ablaufen (eigene Nachzucht) oder in Zuchtbetrieben, aus denen die Jungsau

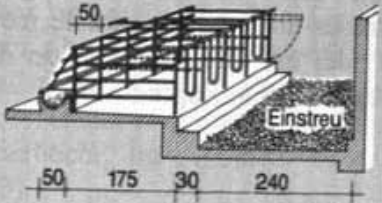
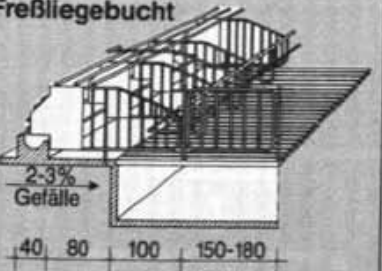
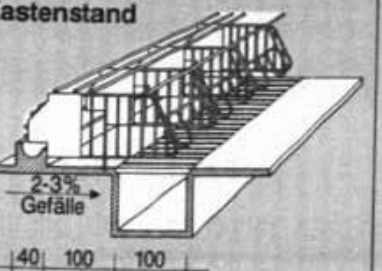
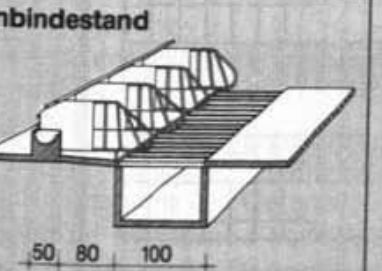
Buchtenform	Stallfläche m ² /Sau	Kapitalbedarf DM/Sau	Liegeflächen- ausführung	Beurteilung
Tieflaufstall mit Einzelfreßplätzen 	2,75	350	Tiefstreu 0,5 kg/Tier und Tag	billige Einbauten; gute Bewegungsmöglichkeit für die Sauen, aber hoher Stroh- und Raumbedarf; nur zur Nutzung von Altgebäuden üblich; Gruppenhaltung siehe auch Freßliegebucht
Freßliegebucht 	2,73	550	Spaltenboden	Gruppenhaltung; Bewegungsmöglichkeit, einfaches Umställen; hoher Flächen- und Kapitalbedarf; Rankkämpfe in der Gruppe (Totgeburten); erschwerte Tierkontrolle; Gruppenbildung im kleinen Bestand unter 50 Sauen schwierig
Kastenstand 	2,60	450	Spaltenboden	Einzelhaltung; einfaches Umställen; schwierige Tierkontrolle und Behandlung; teure Einrichtung (50% Mehrpreis gegenüber Anbindestand)
Anbindestand 	2,60	300	Spaltenboden oder planbefestigt	Einzelhaltung, durch freie Standrückseite Decken im Stand möglich, gute Übersicht, erleichterte Entmistung durch guten Zugang; Sauen können sich nicht umdrehen; günstiger Kapitalbedarf; geringe Bewegungsmöglichkeit; Umställen mit An- und Abhängen verbunden; Eingewöhnung der Jungsau; ständige Bügel- bzw. Gurtkontrolle

Abb. 481 Vergleich der Buchtenformen für leere und tragende Sauen (Maße in cm).

Die Haltung der Jungsau erfolgt in Gruppen von 6–12 Tieren. Auf diese Weise haben die Jungtiere ausreichend Bewegungsmöglichkeit. Hierfür eignen sich grundsätzlich die in der Schweinemast verwendeten Gruppenbuchten.

Zunehmend werden auch für die Nachzucht **einstreulose Buchten** bevorzugt, da

- ▶ ein geringerer Arbeits- und Bauaufwand erforderlich ist,
- ▶ eine bessere Selektion auf gutes Beinwerk möglich ist. In einstreulosen Buchten wird dieses stärker beansprucht, und ungeeignete Tiere können deshalb besser ausgesondert werden.

Bei der einstreulosen Haltung von Jungsau unterscheidet man teil- und vollperforierte Buchten (Abb. 482, Seite 384). Die *teilperforierte Bucht* gibt den Jungsau eine planbefestigte und wärmedämmte Liegefläche von ca. 0,6 m²/Tier mit einem zusätzlichen ca. 1,3 m breiten Mistgang.

Vollperforierte Buchten sind kleiner (0,60–0,66 m²/Tier) und bilden bei sorgfältiger Wärmedämmung des Gebäudes und guter Klimaführung eine ebenfalls den Bedürfnissen des Tieres angepaßte Umwelt. Die perforierte Fläche besteht aus Spaltenrosten mit 7–9 cm Auftrittsweite, einer Spaltenweite von 1,6–1,8 cm und einer Spaltenlänge von 15–25 cm.

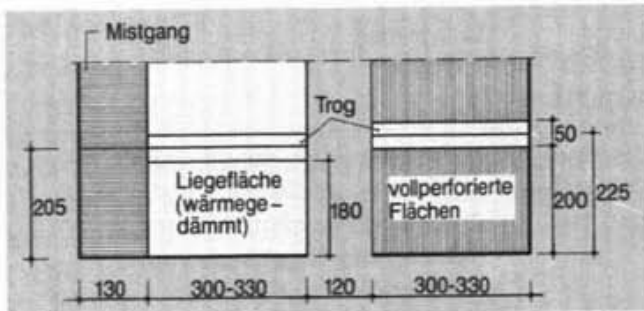


Abb. 482 Quertrogbuchten für Jungsauen (nach LORENZ, Maße in cm); links teilperforiert, rechts vollperforiert.

Zur **Entmistung** lassen sich das Stau- oder das Fließmistverfahren einsetzen. In jedem Fall ist das Kanalsystem absolut zugfrei auszuführen.

Die **Futternvorlage** erfolgt rationiert für einen Tag in Futterautomaten oder mehrmals täglich durch stationäre Futterdosierer. Zur Trinkwasserversorgung eignen sich unmittelbar über der Trogschale montierte Sprühnippel oder am Mistgang bzw. an der Buchtenrückwand angebrachte Zapfentränken.

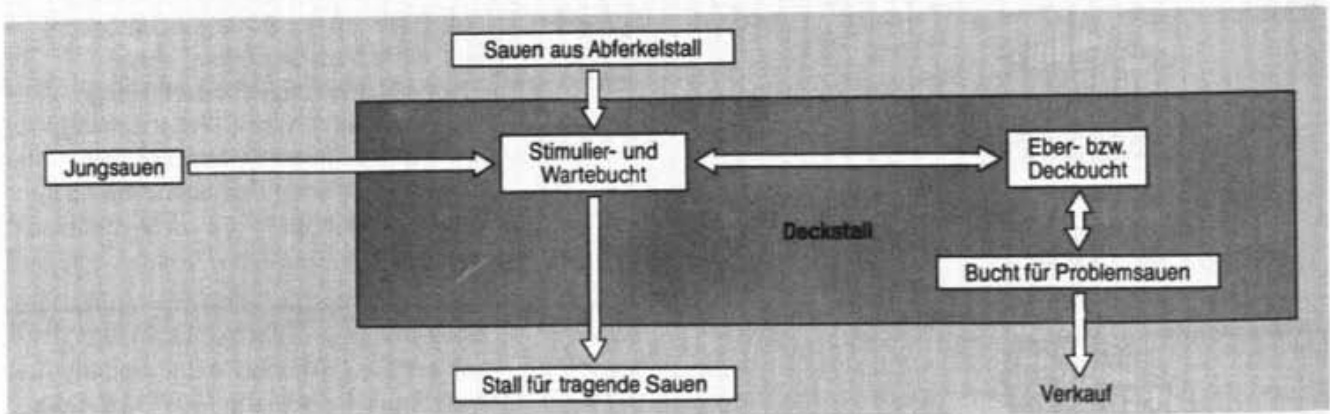


Abb. 483 Umbuchtschema für das Deckzentrum.

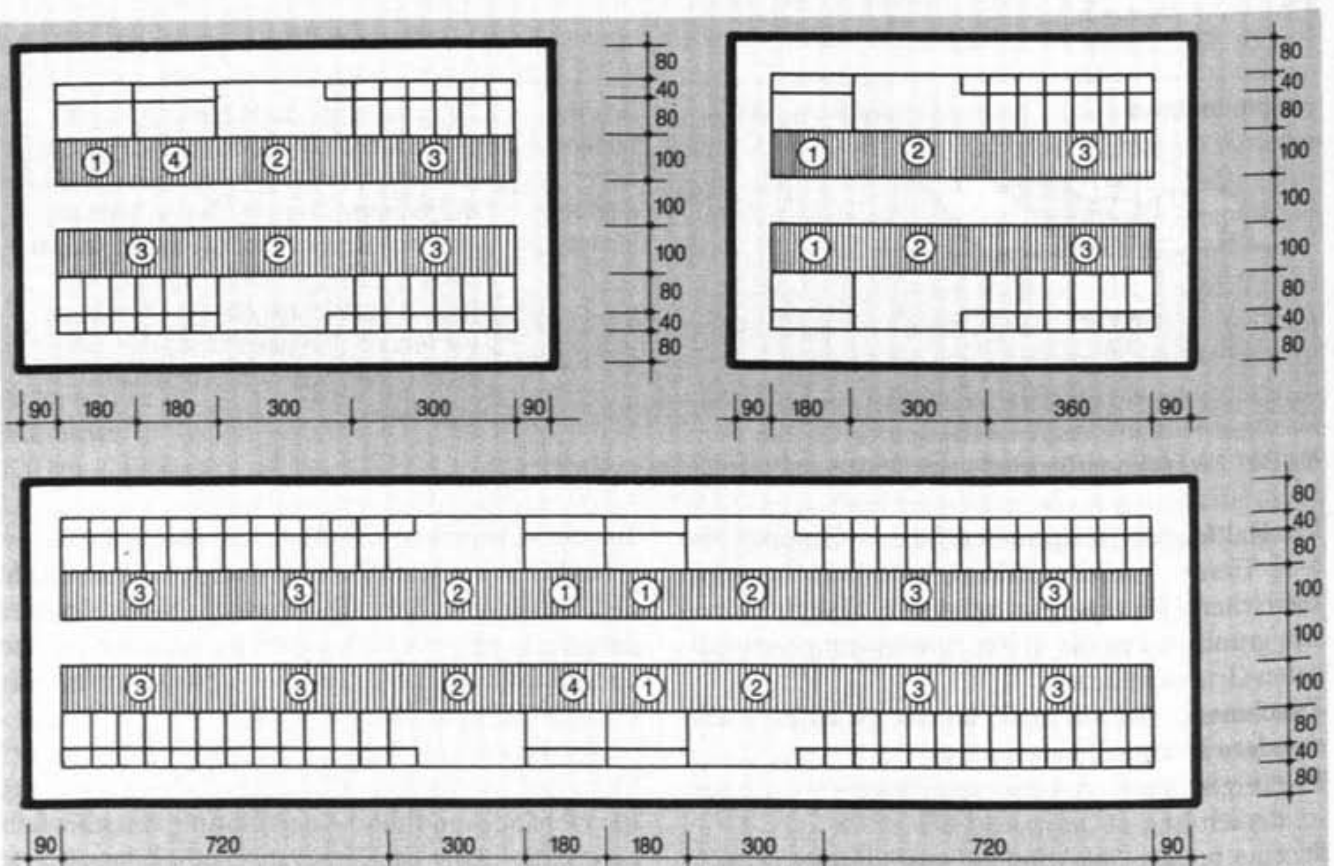


Abb. 484 Deckzentrum für ca. 50 Sauen (kontinuierliche Stallbelegung ohne künstliche Besamung) und für 75–80 Sauen (Rein-Raus-Stallbelegung und künstliche Besamung (nach LORENZ, Maße in cm). 1 = deckfähige Jungsauen, 2 = Eber (Deckbucht), 3 = güste und gedeckte Sauen (Deckstand), 4 = Problemsauen.

4.3.4 Deckstall

Ein eigener Deckstall empfiehlt sich in Herden ab 60 Sauen, da sich hier der Arbeitsbedarf senken und die Konzeptionsrate steigern lassen. Im Deckstall sind die Leersauen, die umrauschenden Sauen und die Eber untergebracht. Die Leersauen kommen aus dem Abferkelstall (Jungsauen aus dem Jungsauentstall oder Zukauf) in eine Stimulierbucht neben den Eber. Gedeckt werden die rauschenden Sauen in der Eberbucht, im Anbinde- oder Deckstand (Abb. 483).

Zu diesem Zweck weist der Deckstall folgende **Buchten** auf:

- ▶ Für deckfähige Jungsauen eine *Gruppenbucht*, in größeren Beständen mehrere Buchten, ca. 6 Tiere je Bucht mit teilperforiertem Boden,
- ▶ *Eberbuchten* (für 25–30 Sauen einen Eber), Einzellaufbucht mit teilperforiertem Boden, Buchtenfläche 6–7 m²,
- ▶ für leere und gedeckte Sauen entweder *Anbindestände*, in denen auch gedeckt werden kann, oder *Freßliegebuchten*.

Beispiele für Deckställe zeigt Abb. 484.

4.3.5 Abferkelstall

Während des Abferkelns und der nachfolgenden Aufzucht werden besonders hohe **Anforderungen** an die Buchtenform, die Buchtenausstattung und das Stallklima gestellt:

- ▶ Buchtenform und -ausstattung sollten vor allem verhindern, daß Ferkel schon unmittelbar während des Abferkelns oder später erdrückt werden.
- ▶ Zur Erhaltung der Gesundheit der Ferkel sind optimale hygienische Verhältnisse anzustreben, z. B. durch rasche Harnableitung, einfache Reinigung der Bucht.
- ▶ Ferkel stellen in den ersten Lebenstagen sehr hohe Ansprüche an das Klima, die vor allem hinsichtlich der Umgebungs- und Bodentemperatur wesentlich über denen der tragenden Sauen liegen.

Zum **Schutz der Ferkel** vor dem Erdrücken dienen folgende Maßnahmen:

- ▶ Einengung des seitlichen Bewegungsbereiches des Muttertieres durch Ferkelschutzgitter,
- ▶ Fluchtwege für die Ferkel beiderseits des Schutzgitters,
- ▶ geheiztes Ferkelnest, damit sich die Ferkel nicht am Muttertier wärmen und sich nicht unnötig lang im Gefahrenbereich aufhalten.

Abferkelbucht – Sie ist dreigeteilt und besteht aus einem Aufenthaltsbereich für das Muttertier mit Fer-

kelschutzgitter, einem Ferkelnest und einem schmalen Fluchtbereich für Ferkel auf der anderen Seite des Ferkelschutzgitters (Abb. 485).

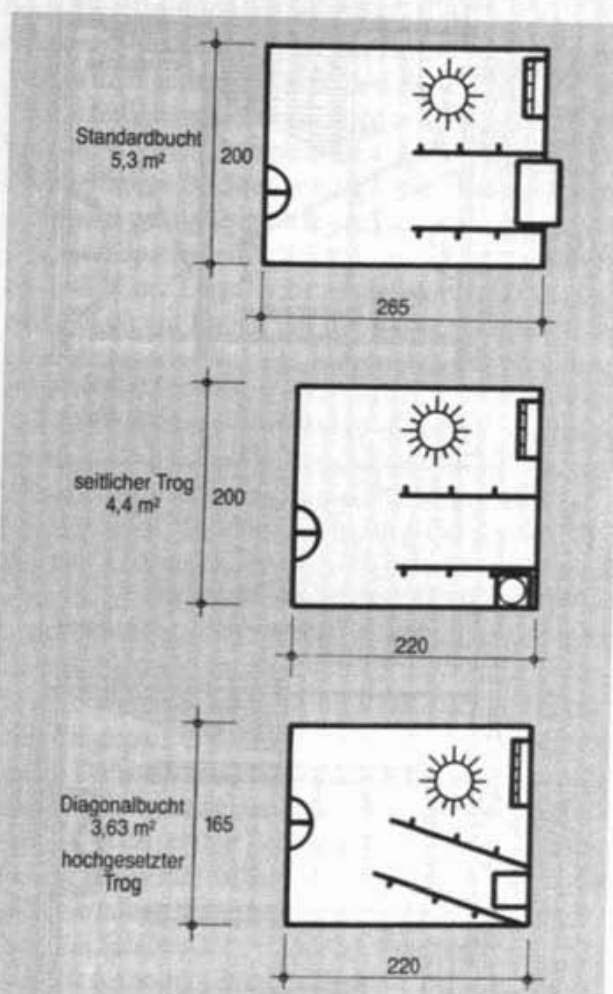


Abb. 485 Abferkelbucht (Maße in cm).

In der größeren der beiden Nebenbuchten befindet sich das *Ferkelnest*, das zur besseren Temperaturhaltung als Ferkelkiste ausgebildet sein kann. Eine lokale Heizquelle sorgt für die zur sicheren Ferkelaufzucht erforderlichen Temperaturen. Das *Ferkelbeifutter* wird in einem Vorratsbehälter zur Verfügung gestellt.

Die schmale Nebenbucht hat die Aufgabe, den Zugang zum Gesäuge zu ermöglichen und für die Ferkel einen Fluchtweg zu schaffen. In diesem Bereich der Bucht sollte auch die *Ferkeltränke* so angebracht werden, daß sie nahe dem Mistgang liegt und damit Tropfwasser nicht über die gesamte Bodenplatte läuft.

Hinsichtlich der **Haltung des Muttertieres** unterscheidet man zwei verschiedene Formen, den Ferkelschutzkorb und die Anbindebucht.

Ferkelschutzkorb – Der Mittelteil der Bucht ist für das Muttertier käfigartig ausgebildet. Die Sau kann sich in der Längsachse bewegen, ist jedoch nicht in

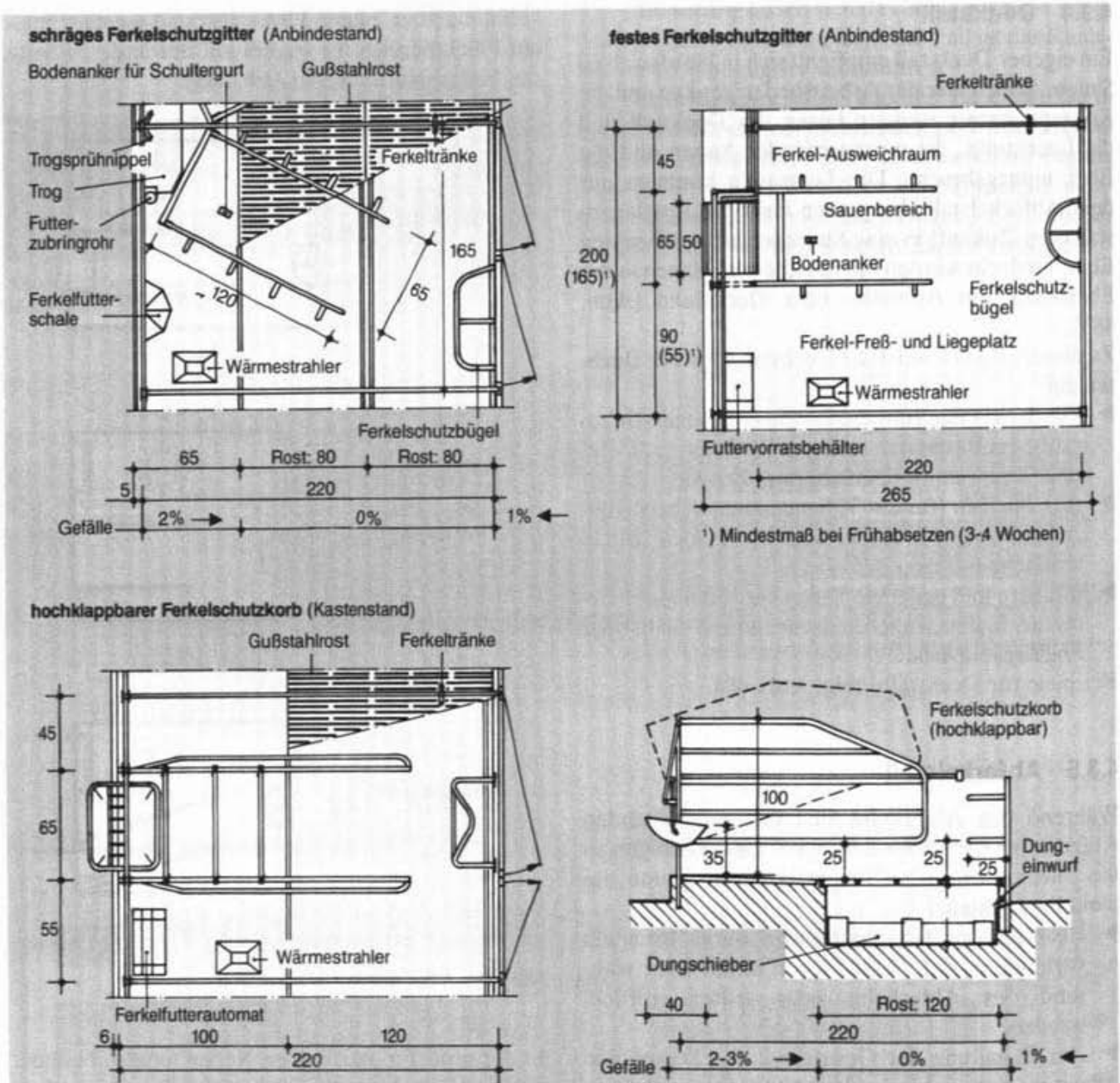


Abb. 486 Abferkelbuchten mit geradem und schrägem Ferkelschutzgitter (Anbindestand, oben) und mit hochklappbarem Ferkelschutzkorb (Kastenstand, unten) (Maße in cm).

der Lage, sich umzudrehen. Wegen der unterschiedlichen Tiergröße sollten die Seitengatter verstellbar sein oder unten in Abweishörnern auslaufen. In beiden Fällen soll dadurch verhindert werden, daß sich kleinere Sauen unter dem Seitengatter festklemmen (Abb. 486). In der einfachen Form sind die Seitengit-

ter des Sauenkastens vorne und hinten fest verschraubt.

Bei neueren Ausführungen findet man den *freitragenden Käfig*, der im hinteren Bereich ohne Verstrebung um die Sau herumgezogen ist. Dies erfordert, da die hintere Befestigung fehlt, eine bedeutend sta-

Tabelle 176 Vergleich von Anbindebucht und Ferkelschutzkorb.

Bewertung	Anbindebucht	Ferkelschutzkorb
Vorteile	geringerer Kapitalbedarf (350–500 DM/Bucht), leichte Reinigung, übersichtliche Anordnung	mehr Bewegungsfreiheit für die Muttersau, kein Anbinden, leichteres Eingewöhnen von Jungsau
Nachteile	Jungsau müssen an das Anbinden gewöhnt werden, An- und Abbinden	höherer Kapitalbedarf (600–850 DM/Bucht), weniger übersichtlich

bilere Ausführung des Sauenkastens. Der freitragende Kasten erleichtert aber das Arbeiten in der Bucht, da über den Freiraum hinter der Sau von einer Buchtenseite zur anderen gewechselt werden kann, ohne daß die Arbeitsperson die Bucht verlassen muß.

Mit dem *seitlich schwenkbaren Sauenkasten* kann außerdem das Muttertier während der Reinigungsarbeiten zur Seite geschoben werden. Bei einer anderen Ausführung läßt sich der Kasten hochklappen. Diese Lösung wird in Betrieben bevorzugt, die die Sau aus der Abferkelbucht herausnehmen und die Ferkel weiterhin in der Abferkelbucht aufziehen (kombinierte Abferkel-Aufzuchtbucht).

Anbinde-Abferkelbucht – Auch diese Abferkelbucht weist die genannte Dreiteilung auf. Durch die Anbindung des Muttertieres wird der Ferkelschutzkorb überflüssig. Das verbleibende Abweisgitter (Ferkelschutzgitter) erfüllt nur noch Schutzfunktionen gegenüber den Ferkeln und schränkt die seitliche Bewegungsfreiheit des Muttertieres ein. Man unterscheidet fest montierte und bewegliche Ferkelschutzgitter. Wegen der größeren Stabilität werden feste Schutzbügel bevorzugt.

Als Anbindevorrichtung dient in erster Linie der Schultergurt (Abb. 486). Die Halsanbindung läßt sich nicht bei allen Sauen durchführen und bedarf auch der ständigen sorgfältigen Anpassung.

Bodenausführung – Der Fußboden der Abferkelbucht sollte

- ▶ den Tieren möglichst wenig Wärme entziehen,
- ▶ keine Verletzungen hervorrufen,
- ▶ eine schnelle Harnableitung ermöglichen und leicht zu reinigen sein,
- ▶ arbeitssparende, stroharme bzw. strohlose Aufstallung ermöglichen.

Die **planbefestigte Buchtenfläche** muß wärmege-dämmt sein (wärmedämmender Estrich, Spezial-Stallbodenplatten, Gußasphalt). Sau und Ferkel stellen hohe Ansprüche an die Griffigkeit.

Harnroste verbessern die Harnableitung und lassen wegen ihrer geringen Fläche Ferkeln und Sau wie bei planbefestigten Buchten ein bequemes Lager, erfordern aber einen komplizierten Ableitungsschacht. Planbefestigte Buchten mit und ohne Harnrost werden meist geringfügig eingestreut.

Bei der **teilperforierten Bucht** kann der Rost bis über die Hälfte der Liegefläche ausgedehnt sein. Darunter verläuft ein Kanal, mit mechanischer Unterflur-entmischung oder auf das Staumistverfahren eingerichtet. Von den verschiedenen Rostmaterialien eignen sich vor allem Drahtroste, Gußroste, Lochbleche und Betonroste. Die verschiedenen Roste unterscheiden sich in bezug auf Selbstreinigung, Tierfreundlichkeit, Haltbarkeit und Preis (Tabelle 177). Bei der Abferkelbucht mit **vollperforiertem Boden** wird häufig angestrebt, die Ferkel nicht in einen Ferkelstall umzusetzen, sondern in der Abferkelbucht bis zur 10. bzw. 15. Lebenswoche aufzuziehen (einphasige Aufzucht). Damit wird ein eigener Ferkelstall eingespart und den Ferkeln die Umstellung erspart. Dafür beanspruchen die Ferkel aber in der gleichen Zeitspanne den teuer eingerichteten Abferkelstall. In den ersten Lebenstagen muß die Liegefläche für die Ferkel außerdem abgedeckt werden, da sonst die hohen Klimaansprüche nicht zu befriedigen sind. Bei Schlitzböden (Gußrost, Stahlbeton, Kunststoff) ist besonders darauf zu achten, daß die Schlitzweite den relativ kleinen Klauen angepaßt ist, um Kronsaumverletzungen zu vermeiden (Abb. 488, Seite 388).

Tabelle 177 Vergleich von perforierten Böden.

Rostart	Merkmale	Vor- und Nachteile	Kapitalbedarf DM/m ²
Drahtrost	Draht 5–6 mm Schlitz 9 × 50 mm	sehr gute Selbstreinigung, begrenzte Haltbarkeit	90–140
Lochbleche	Lochabmessungen 10 × 20 mm und 10 × 45 mm	stabil geringere Selbstreinigung	80–200
Gußroste	Stabbreite 10–20 mm Schlitz 9 × 30 mm	gute Selbstreinigung, tierfreundlich, teuer	150–180
Betonroste	Stabbreite 70–90 mm Schlitz 16 × 200 mm	trittsicher, geringere Selbstreini- gung, hoher Wärmeentzug, preisgünstig	45
Kunststoff	Streckmetall kunststoffüberzogen	Überzug nicht haltbar, nicht so trittsicher	200
	Vollkunststoff	teils zu weich, zu hart, zu rutschig, wenig Klauenabnutzung	100–140

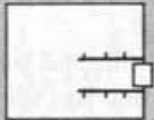

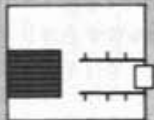
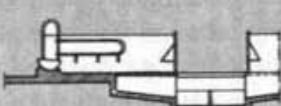

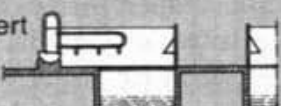


Fußboden-ausführung	Entmistung	Entmistungstechnik	Kennzeichen
	planbefestigt 	Flachschieber oder Schleppechaufel außerhalb der Bucht unter abgedecktem Gang	Fußbodenheizung möglich, mit Einstreu, kein Rostboden
	Harnrost 		Fußbodenheizung möglich, mit Harnrost, Einstreu möglich
	teilperforiert 	Staumistverfahren, konventionell oder als Rohrentmistung einstreulos	Fußbodenheizung möglich, Rostboden ca. 70% der Buchtenfläche
	vollperforiert 		vor allem bei einphasiger Aufzucht, für die ersten Tage nach der Geburt der Ferkel Gummimatte im Ferkelnest

Abb. 487 Fußbodenausführung und Entmistung in Abferkelbuchten.

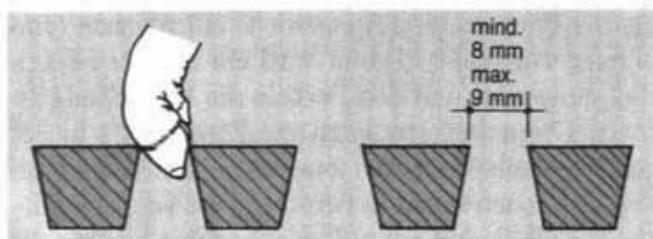


Abb. 488 Schlitzroste für Ferkel, links: Entstehung von Kronsaumverletzungen (nach GEYER); rechts: tiergemäße Schlitzweite und Auftrittsbreite (nach LORENZ).

Entmistungsverfahren für Abferkelställe – Bei *planbefestigter Ausführung* des Buchtenbodens wird der Mist durch Türen oder anzuhebende Buchtenrückwände zum außerhalb der Bucht liegenden Mistgang geschoben. Der Abtransport des Mistes geschieht entweder in Handarbeit oder mit einer Entmistungsanlage. Hierfür eignen sich Schubstangen- oder Flachschieberanlagen, bei abgedecktem Mistgang aber vor allem auch preisgünstige Seilzugschraper mit automatischer Rückführung (Abb. 487).

Bei *teil- oder vollperforiertem Buchtenboden* werden vor allem Flüssigentmistungsverfahren eingesetzt. Das Staumistverfahren verdient vor dem Fließmistverfahren den Vorzug, da sich die Kanäle vollständig entleeren lassen. Bei konsequent durchgeführtem Rein-Raus-Verfahren ist das Kanalsystem so anzulegen, daß der Mist eines Stallabteils nicht durch ein anderes fließt.

Zusatzheizung für Ferkel – Neugeborene Ferkel benötigen in den ersten Tagen Umgebungstemperaturen von ca. 30° C und bei einstreuloser Haltung Bodentemperaturen bis hinauf zur Körpertemperatur (Abb. 489). Mit zunehmendem Lebensalter können

Umgebungs- und Bodentemperatur gesenkt werden. Der optimale Temperaturbereich für Muttersauen liegt dagegen bei 15–18° C. Da beide Forderungen nicht gleichzeitig zu erfüllen sind, wird die Raumtemperatur im Abferkelstall auf 15–18° C gehalten (in rauen Klimagebieten: Raumheizung) und der zusätzlich erforderliche Wärmebedarf der Ferkel durch lokale Heizquellen gedeckt.

An diese Zusatzheizung sind folgende **Anforderungen** zu stellen:

- ▶ Wirksamkeit im Ferkelbereich ohne Beeinträchtigung der Muttersau. Die Temperaturabgrenzung des Ferkelbereiches gegenüber der Sau bewirkt, daß sich die Ferkel außerhalb der Säugezeiten gerne im behaglicheren Warmbereich aufhalten und so aus der »Erdrückungszone« von der Sau weggelockt werden. Außerdem wird durch zu hohe Umgebungstemperaturen die Milchleistung der Zuchtsau beeinträchtigt.
- ▶ Gleichmäßige Temperaturverteilung über die gesamte Liegefläche der Ferkel (0,06 m²/Ferkel, 0,6–0,7 m²/Wurf);
- ▶ einfache Temperaturregelung;
- ▶ Einhalten der eingestellten Temperatur;
- ▶ geringer Kapitalbedarf und geringe Kosten (Energiekosten);
- ▶ Einhalten einschlägiger Vorschriften (Brandverhütung, VDE).

Hinsichtlich der *technischen Ausführung* lokaler Ferkelheizungen sind zwei Möglichkeiten zu unterscheiden:

- ▶ Strahlungsheizung (von oben),
- ▶ Bodenheizung (von unten) (Abb. 489).

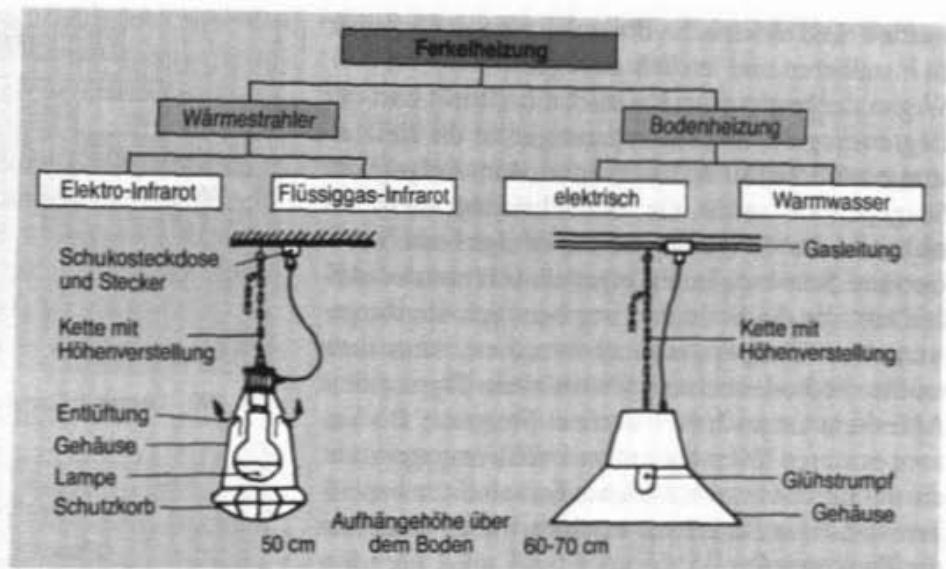


Abb. 489 Übersicht über die Möglichkeiten der Zonenheizung im Ferkelbereich.

Tabelle 178 Vergleich der Ferkelzonenheizungen.

Heizungsart	Leistung und Regelung	beheizte Fläche und erreichbare Temperaturen (Boden)	Beurteilung
elektrische Bodenheizung	150–180 W Thermostatregelung oder Intervallschaltung	0,75 m ² über 36° C	gleichmäßige Temperaturverteilung, hohe Betriebskosten, Wärmeverluste durch Konvektion, lange Anlaufzeit
Warmwasser-Bodenheizung	150–180 W Handregelung oder Thermostat	0,75 m ² über 36° C	gleichmäßige Temperaturverteilung, besonders günstige Betriebskosten, Wärmeverluste durch Konvektion, lange Anlaufzeit, relativ hoher Installationsaufwand
Elektroinfrarotstrahler	250 W voll regelbar	ca. 0,7 m ² 22–32° C	einfache Handhabung, geringer Kapitalbedarf, ungünstige Temperaturverteilung, geringe Leistung
Flüssiggasinfrarotstrahler	700 bzw. 1400 W begrenzt regelbar (50%)	ca. 0,7 m ² 30–40° C	relativ gleichmäßige Temperaturverteilung, Regelung sehr beschränkt, aufwendige Installation, relativ hohe Betriebskosten, regelmäßige Pflege erforderlich

Wärmestrahler senden Infrarotlicht aus, das beim Auftreffen auf den Boden bzw. auf die Tiere in Wärme umgewandelt wird. Die umgebende Luft erwärmt sich dabei kaum. Die Wärmeverteilung hängt vom Strahler ab. Beim *Elektroinfrarotstrahler* ist die Temperaturverteilung kreisförmig. Die höchsten

Temperaturen liegen im Strahlungskern. *Gasinfrarotstrahler* liefern bei wesentlich höherer Wärmeabgabe eine gleichmäßigere Temperaturverteilung. Die **Bodenheizung** kann direkt mit elektrischem Strom oder – meist in Verbindung mit der Wohnhaus-Zentralheizung – mit Warmwasser versorgt

werden. Die elektrische Bodenheizung ist einfacher zu installieren und leichter zu regeln.

Wegen der begrenzten Heizfläche ($0,75 \text{ m}^2$) und der Begrenzung der Bodentemperaturen ist die Heizleistung auf $150\text{--}180 \text{ W}$ beschränkt. Am Anfang der Säugeperiode reicht die Bodenheizung allein oft nicht aus. Die Wärmeverteilung ist gleichmäßig.

Gewisse Schwierigkeiten ergeben sich aus der Anlaufzeit, die die Bodenheizung benötigt, um die gewünschten Temperaturen zu erreichen, denn dazu müßte die Bodenheizung jeweils einen Tag vor dem Abferkeln eingeschaltet werden. Steigende Bodentemperaturen lösen außerdem Luftströmungen aus, die nur durch ein geschlossenes Ferkelnest zu beseitigen sind. Das Ferkelnest erschwert aber wiederum die Tierkontrolle.

Der **Vergleich der Ferkelzonenheizungen** (Tabelle 178, Seite 389) wird durch die unterschiedlichen Eigenschaften der Bauarten erschwert. Deutliche Überlegenheit hinsichtlich der Leistung zeigt der Flüssiggasinfrastrahler. Da die hohe Leistung nur begrenzt herunterzulegen ist, kommt es in Zeiten eines geringen Zusatzwärmebedarfes zu Schwierigkeiten. Bei Elektroinfrastrahlern wird in der Praxis die einfache Installation und Handhabung geschätzt. Die Bodenheizung ergibt eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung. Die Warmwasserheizung erfordert zwar einen hohen Kapitalbedarf, dafür sind die Betriebskosten bei Ölfeuerung oder Wärmerückgewinnung gering.

Unter Einbeziehung der verschiedenen Eigenschaften ergibt sich folgende **Zuordnung**:

- ▶ **Elektroinfrastrahler ohne Raumheizung:** Für reichlich eingestreute Ställe, mit guter Wärmedämmung bei mittleren bis günstigen Klimlagen.
- ▶ **Elektroinfrastrahler, kombiniert mit Fußbodenheizung:** Für einstreuarmer und einstreulose Haltung; besonders günstig bei Warmwasserbodenheizung und Anschlußmöglichkeit an Wohnhausheizung mit Ölfeuerung.
- ▶ **Flüssiggasinfrastrahler:** Wegen hoher Leistung besonders geeignet für einstreulose Abferkel- (und Aufzucht-) buchten mit Voll- und Teilrostböden.

4.3.6 Ferkelaufzuchtställe

Die Ferkelaufzucht kann einphasig oder zweiphasig erfolgen (Abb. 490).

Beim *einphasigen* Verfahren wird die Muttersau abgesetzt und die Ferkel bleiben in der Abferkelbucht. Beim *zweiphasigen* Verfahren kommen die Ferkel (ab 4. Lebenswoche) aus der Abferkelbucht in spe-

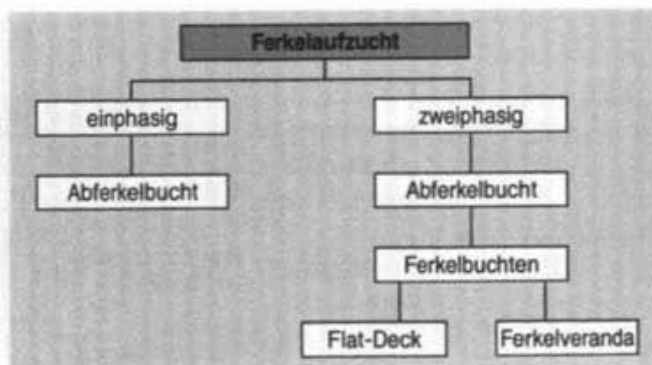


Abb. 490 Übersicht über die Verfahren der Ferkelaufzucht.

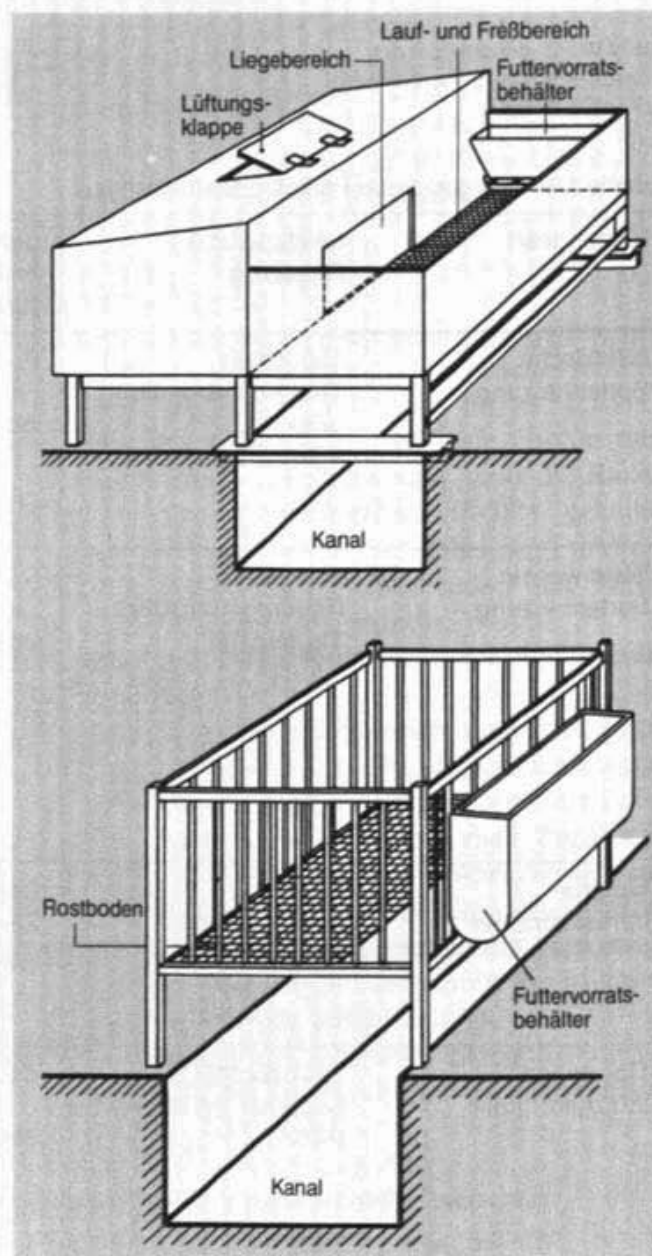


Abb. 491 Ferkelveranda (oben), Flat Deck (unten).

zielle Ferkelbuchten (Abb. 491), entweder in Ferkelveranden oder in Flat Decks.

Bei der **Verandahaltung** sind Liege- und Lauf- bzw. Freßbereich getrennt. Der Liegebereich besteht aus einer geschlossenen Kiste mit Lüftungsclappen, der

Laufbereich aus einer perforierten Fläche. Bei wärmeisolierten Gebäuden ist keine Heizung erforderlich, da die Ferkel den Liegebereich selbst warmhalten (Abb. 491).

Bei den **Flat Decks** werden hohe **Anforderungen** an das Raumklima und die Buchtenausstattung gestellt:

- ▶ **Buchtenabmessungen:** 0,01 m²/kg Lebendgewicht; 0,20–0,30 m²/Tier, möglichst quadratische Buchtenform (Breite mind. 1,2 m).
- ▶ **Buchtenboden:** voll- oder teilperforiert, Gußroste (Tabelle 177, Seite 387).
- ▶ **Stallklima:** Gleichdrucklüftung mit Lufterwärmung oder Unterdrucklüftung und Wärmestrahler, Luftraum 1 m³/Ferkel, wegen gleichmäßiger Luftverteilung keine geschlossenen Buchtentrennwände (Abb. 491).
- ▶ **Fütterung:** Trog oder Futterautomat, Troghöhe 13 cm über Standfläche, Freßplatzbreite 18 cm, bei Vorratsfütterung Freßplatz : Tier-Verhältnis = 1 : 3.
- ▶ **Tränke:** Eine Zapfentränke je Bucht (bei sorgfältiger Reinigung auch Beckentränke), Niederdruckanlage mit Wasservorratsbehälter oder Druckminderungsventil. Abstand zum Trog 85–90 cm, je nach Alter der Tiere höhenverstellbar im Bereich von 25–45 cm.
- ▶ **Entmistung:** Staumistverfahren bzw. Lagerung für die gesamte Aufstallungsperiode im Kanal.

Beurteilung: Die verschiedenen Eigenschaften (Tabelle 179) bestimmen weitgehend den Einsatzbereich der Ferkelbuchten. Ferkelveranden eignen sich für Betriebe mit einer geringen Zahl von Zuchtsauen und vorhandenem umbauwürdigem Altbauvolumen. Bei Neubau und Beständen von mehr als 60 Zuchtsauen wird der Flat-Deck-Haltung der Vorzug gegeben.

4.3.7 Raumprogramm und Planungsbeispiele

Das Raumprogramm eines Zuchtsauenbetriebes wird bestimmt von der

- ▶ **Bestandesgröße:** Zahl der Produktivsauen

- ▶ **Stallbelegung:** Kontinuierlich oder Rein-Raus
- ▶ **Säugezeit bzw. Wurfzahl**
- ▶ **Ferkelaufzucht:** Ein- oder zweiphasig
- ▶ **Zeit für Reinigung und Desinfektion**
- ▶ **Organisationsform** (z. B. mit oder ohne eigene Nachzucht)

Die Grundlage des Stallraumprogrammes bildet der **Produktionsablauf**. Je nach Säugezeit und Zeitspannen für Reinigung bzw. Desinfektion ergeben sich daraus unter Berücksichtigung von Sicherheitszuschlägen die einzelnen Umbuchtzeitpunkte und somit der prozentuale Anteil der Plätze für die Hal- tungsgruppen (Tabelle 181, Seite 392).

Beim kontinuierlichen Umtrieb werden die Sauen innerhalb der Produktionseinheit einzeln umgesetzt, während beim Rein-Raus-Verfahren das Umbuchten gruppenweise erfolgt. Die Gruppengröße liegt bei den üblichen Bestandsgrößen zwischen 4 und 12 Sauen. Wegen der individuellen Unterschiede bei der Säuge- und Gützeit erfordert das Rein-Raus-Verfahren Sicherheitszuschläge, die einen um ca. 5% erhöhten Stallflächenbedarf verursachen (Tabelle 180).

Tabelle 180 Raumprogramm von Ferkelproduktions- einheiten mit 64 Produktivsauen, Rein-Raus-Verfahren (Turnus: 3 Wochen, ALB).

	zweiphasige Aufzucht (Plätze)	einphasige Aufzucht (Plätze)
Abferkelstall	16 in 2 Einheiten à 8	32 in 4 Einheiten à 8
Deckstall (15% Zuschlag auf 16 Einheiten)	19 (+ 3 Eber) ¹⁾	19 (+ 3 Eber) ¹⁾
Wartestall	35	35
Ferkelplätze	216 in 3 Einheiten à 72 Ferkel	–

¹⁾ Ohne künstliche Besamung.

Tabelle 179 Vergleich der Buchtenformen für Absatzferkel.

Buchtenform	Kapitalbedarf DM/Ferkel	Vorteile	Nachteile
Ferkelveranda	Eigenbau	einfache Einrichtung	hoher Platzbedarf; schwierige Tierkontrolle; höherer Arbeitsaufwand
Ferkelbucht (Flat Deck)	280–330	gute Übersicht; gute Tierkontrolle; geringer Arbeitsaufwand	Heizung erforderlich; Güllekanal notwendig

Tabelle 181 Berechnung des Raumprogrammes einer Ferkelproduktionseinheit für 64 Produktivsaueu und bei kontinuierlichem Verfahren (ALB).

Grunddaten	Rechengang	Anzahl der Plätze
Belegzeit/Wurf: Sau vor dem Abferkeln: 1 Woche Sau mit Ferkeln 4 Wochen Reinigung und Desinfektion 1 Woche insgesamt 6 Wochen 64 Sauen × 2,2 Würfe/Sau und Jahr = 141 Würfe/Jahr oder 2,7 Würfe/Woche	$2,7 \text{ Würfe/Woche} \times 6 \text{ Wochen Belegzeit}$ je Wurf = 16,3 Plätze + 10% Zuschlag = 18 Plätze	Abferkelstall: 18
= 2,7 abgesetzte Sauen/Woche	$2,7 \text{ abgesetzte Sauen/Woche} \times 5 \text{ Wochen Aufenthalt} = 13,5 \text{ Plätze} + 10\% =$ 15 Plätze	Deckstall: 15 (und 3 Eberbuchten)
5 Wochen Aufenthalt im Abferkelstall 5 Wochen Aufenthalt im Deckstall	64 Sauen – 13,5 Sauen im Abferkelstall – 13,5 Sauen im Deckstall = 37 Sauen im Wartestall + 10% Zuschlag = 40 Sauenplätze	Wartestall (tragende Sauen): 40
Belegzeit/Durchgang: Ferkel im Aufzuchtstall 7 Wochen Reinigung und Desinfektion 1 Woche insgesamt 8 Wochen	$9 \text{ Ferkel/Wurf} \times 2,7 \text{ Würfe/Woche} =$ $25 \text{ Ferkel/Woche} \times 8 \text{ Wochen Belegzeit} =$ 200 Plätze + 10% Zuschlag = 220 Plätze	Ferkelaufzuchtstall: 220

Tabelle 182 Vergleich zwischen kontinuierlichem und Rein-Raus-Verfahren (nach VAN DEN WHEGE).

	kontinuierliches Verfahren	Rein-Raus-Verfahren
Prinzip	laufende Zu- und Abgänge von Tieren in den einzelnen Haltungs- und Produktionsphasen	der Sauenbestand ist in Gruppen aufgeteilt; innerhalb einer Sauengruppe durchlaufen die Tiere gemeinsam sämtliche Haltungs- und Produktionsphasen
Vorteile	keine Arbeitsspitzen; optimale Nutzung der Stallabteile; eingestreute wie einstreulose Verfahren möglich	Unterbrechen der Infektionsketten und des Infektionsdruckes durch gründliche Reinigung und Desinfektion; bessere Arbeitsorganisation; Wochenendarbeit kann reduziert werden; Stalltemperatur kann den Ansprüchen der Tiere angepaßt werden
Nachteile	gründliche Reinigung und Desinfektion der Stalleinheit nicht möglich; Quarantäneabteil erforderlich; Krankheitsrisiko größer bzw. Krankheitsbekämpfung schwieriger	nur in größeren Beständen (50 und mehr Sauen) durchführbar; hoher Investitionsmehraufwand in Beständen unter 100 Sauen; Arbeitsspitzen (Sonderarbeiten) an bestimmten Tagen; größerer Aufwand an Ebern oder künstliche Besamung erforderlich

Das **Beispiel** zeigt darüber hinaus, welchen Einfluß die Art der Ferkelaufzucht (ein- oder zweiphasig) auf die Zahl der erforderlichen Stallplätze ausübt (Abb. 492 und 493).

Bei eigener Nachzucht muß das Raumprogramm um die entsprechende Zahl der Jungsaueuplätze ergänzt werden. Sie ist von der durchschnittlichen Nutzungsdauer der Zuchtsaueu abhängig.

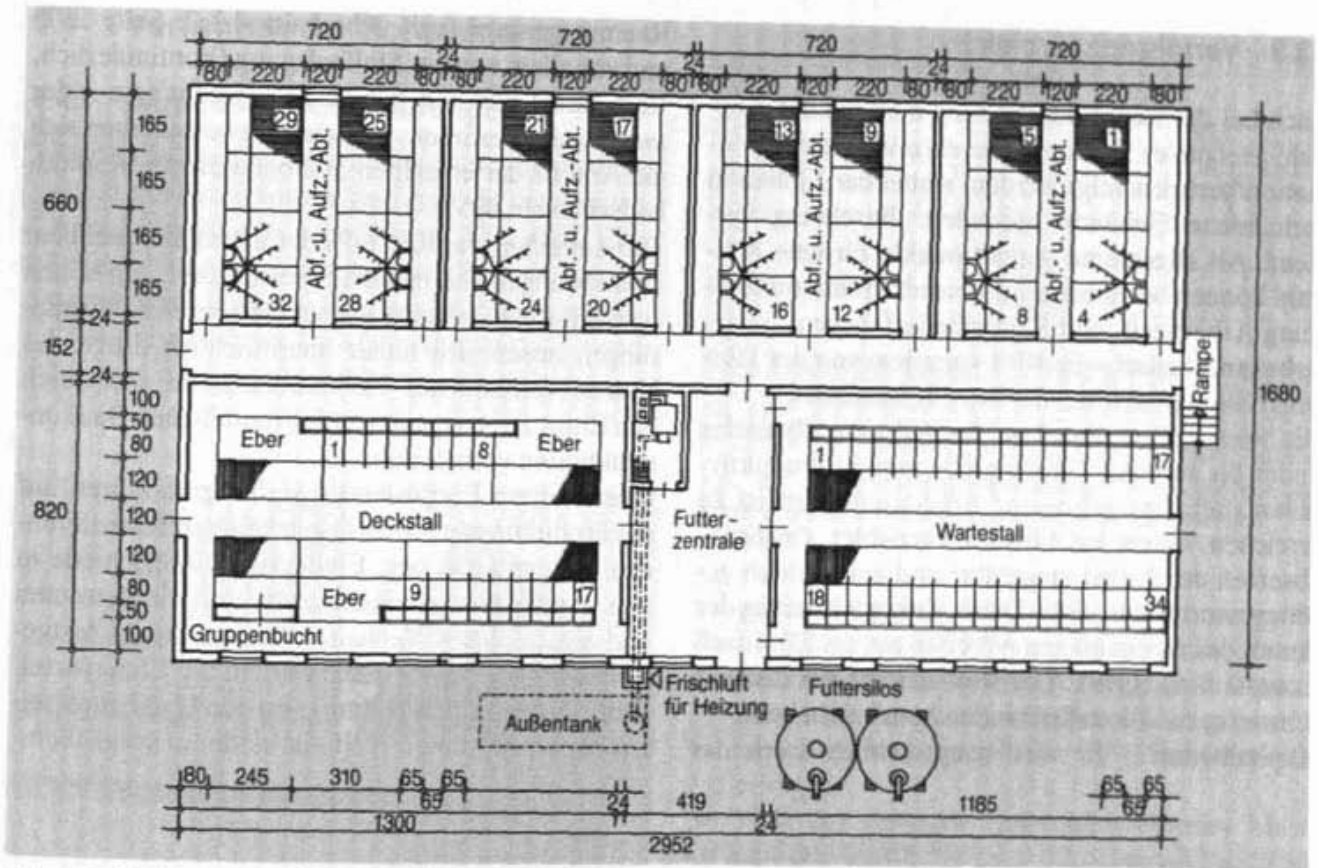


Abb. 492 Stall für 64 Produktivsaue, Rein-Raus-Verfahren, einphasige Ferkelaufzucht (ALB) (Maße in cm).

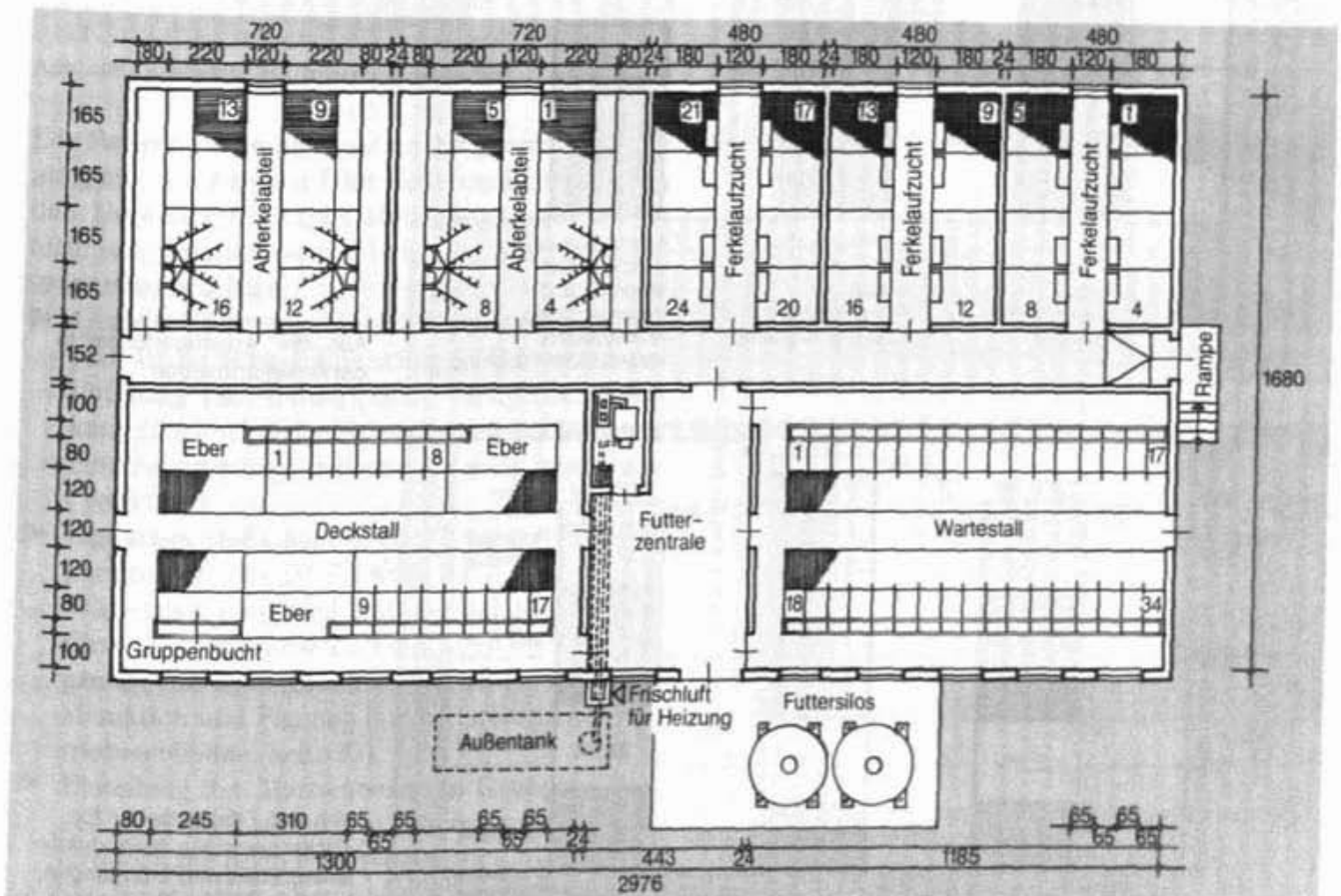


Abb. 493 Stall für 64 Produktivsaue, Rein-Raus-Verfahren, zweiphasige Ferkelaufzucht (ALB) (Maße in cm).

4.3.8 Verfahrensvergleich

Auch bei der Zuchtsauenhaltung muß bei der Auswahl geeigneter Verfahren die einzelbetriebliche Situation berücksichtigt werden, wobei der Einbau in vorhandene Gebäude besondere Beachtung verdient. Als allgemeine Anhaltspunkte für eine Auswahl können bei annähernd gleicher Produktionsleistung Arbeitszeit- und Kapitalbedarf dienen.

Arbeitszeitbedarf – Er wird vor allem von der Herdengröße und der Mechanisierung bestimmt.

Die wesentliche *Abnahme* des Arbeitszeitbedarfes findet bis zu einer Herdengröße von 60 Produktivsauen statt. Ein geringerer Arbeitszeitbedarf ist zu erreichen, indem auf Einstreu verzichtet, das Frühabsetzen der Ferkel eingeführt und automatisch gefüttert wird (Abb. 494). Damit sinkt gleichzeitig der Anteil der regelmäßigen Arbeiten auf ca. 23% (nach LORENZ u. a., 1979). Der Rest besteht aus den nur schwierig zu rationalisierenden Sonderarbeiten.

Kapitalbedarf – Er wird hauptsächlich durch das

Raumprogramm (vgl. Abschnitt 4.3.7, Seite 391) und vor allem von der Stallbelegung (kontinuierlich, Rein-Raus) und von der Ferkelaufzucht (ein- oder zweiphasig) bestimmt. Gleichzeitig verschieben sich die Anteile der einzelnen Stallbereiche am Kapitalbedarf (Abb. 495).

Die *Aufteilung* des Kapitalbedarfes auf die einzelnen Bauleistungen und Installationen ergibt einen hohen Anteil für das Gebäude von annähernd 60%. Einsparungen lassen sich daher hauptsächlich durch das Nutzen vorhandener Gebäudesubstanz und durch den Einsatz von eigenleistungsfreundlichen Baukonstruktionen vornehmen.

Über weitere Einflüsse der Haltungsverfahren auf das Produktionsergebnis liegen keine differenzierenden Erkenntnisse vor. Eindeutige Unterschiede in den Aufzuchtergebnissen zwischen eingestreuten und einstreulosen Verfahren konnten nicht festgestellt werden. Anscheinend werden die Klimavorteile der eingestreuten Haltung von den Hygienevorteilen der einstreulosen Haltung wieder ausgeglichen.

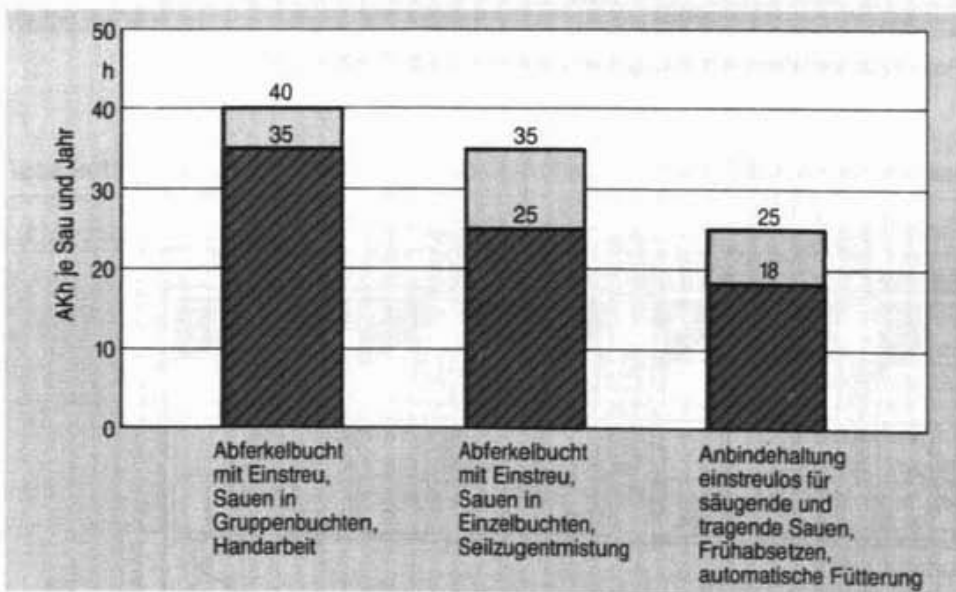


Abb. 494 Arbeitszeitbedarf in der Ferkelproduktion.

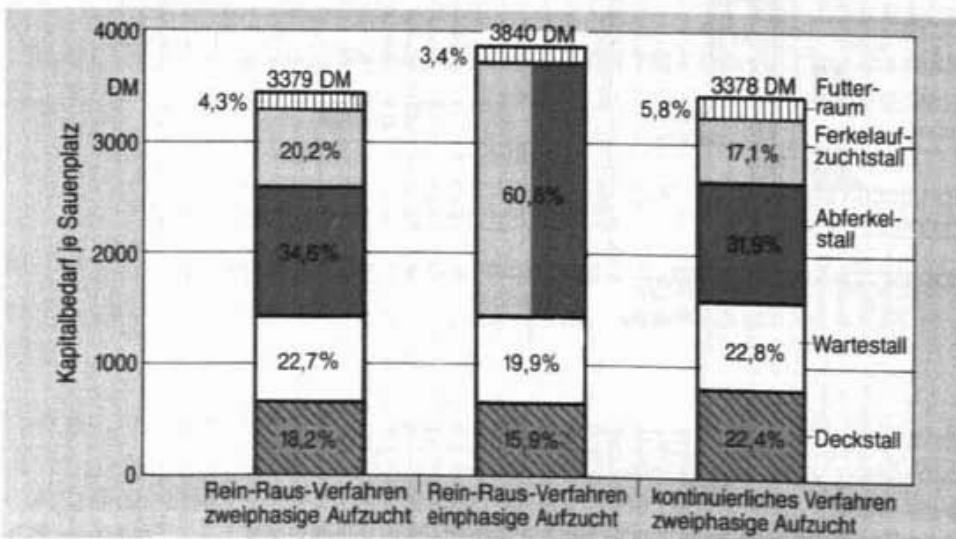


Abb. 495 Kapitalbedarf für Zuchtsauenställe, 96 Produktivsauen, Ställe mit Futtergängen, Massivbau (nach Kostenblockmethode, 1982).

4.4 Verfahren der Schweinemast

4.4.1 Allgemeine Anforderungen

Der Erfolg in der Schweinemast wird vor allem durch die Futterkosten bestimmt, da diese einen Anteil von 50–60% einnehmen (Abb. 496). Zur Verringerung der Futterkosten trägt neben einer günstigen Futterbeschaffung (z. B. hofeigene Mischung, Einsatz von CCM, s. Abschnitt 4.1.2 und 4.1.3) auch eine gute Futterverwertung bei.

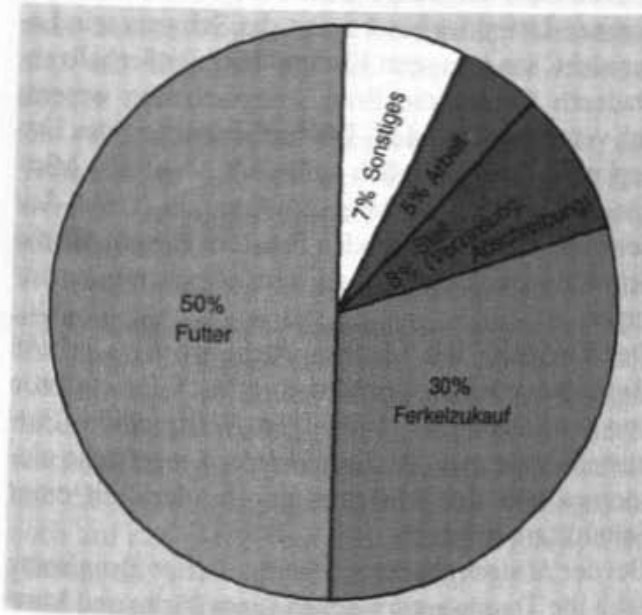


Abb. 496 Kostenstruktur in der Schweinemast.

Die **Futterverwertung** ist neben der genetischen Veranlagung der Tiere und der Futterqualität auch von den Umweltbedingungen abhängig. Diese können technisch gestaltet werden. Folgende Punkte sind besonders zu beachten:

- **Gezielte Fütterung:** Sie soll nach einem Rationsplan an die Mastgruppe erfolgen. Reine Vorratsfütterung (ad libitum) ohne Mengenbeschränkung führt bei vielen Schweinen zu schlechterer Futterverwertung und zu Qualitätsminderung (Verfetten).
- **Optimales Stallklima:** Es liegt bei einer Stalltemperatur von 18–23°C (Abb. 497). Durch gute Wärmedämmung und Lüftung der Ställe sollte dieser Temperaturbereich möglichst während des ganzen Jahres eingehalten werden (s. Kapitel 5 »Funktion und Planung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude«, Seite 93).
- **Einteilung der Mastschweine in Gruppen:** Wie aus Abb. 498 hervorgeht, ist bei sehr kleinen Gruppen die beste Futterverwertung zu erzielen. Sie verursachen aber hohe Bauaufwendungen und einen höheren Arbeitszeitbedarf gegenüber

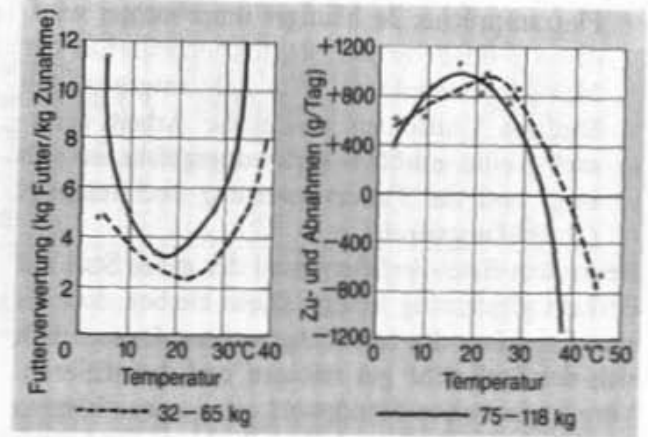


Abb. 497 Einfluß der Stalltemperatur auf Zu- (Ab-)nahmen und Futterverwertung von Mastschweinen (nach HEITMANN und HUGHES).

großen Gruppen. Die günstigste Gruppengröße liegt etwa bei 10–15 Tieren, da hier Rangkämpfe zwischen den Mastschweinen eingeschränkt sind. Müssen Ferkel aus verschiedenen Würfen zusammengelegt werden, soll dies möglichst frühzeitig erfolgen.

- **Wahl des richtigen Umbuchverfahrens:** Mastschweine stellen je nach Alter unterschiedliche

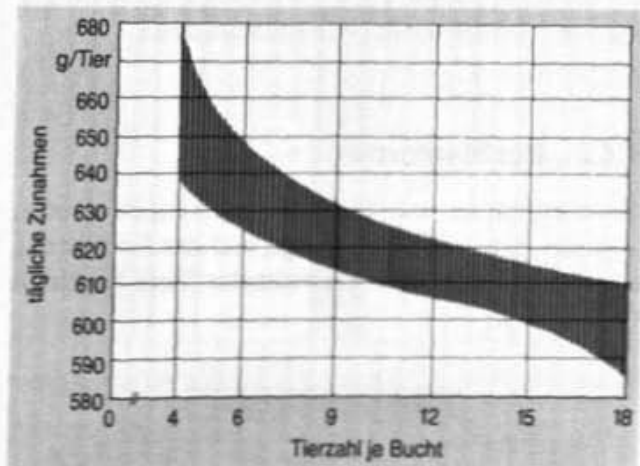


Abb. 498 Tägliche Zunahme in Abhängigkeit von der Mastgruppengröße.

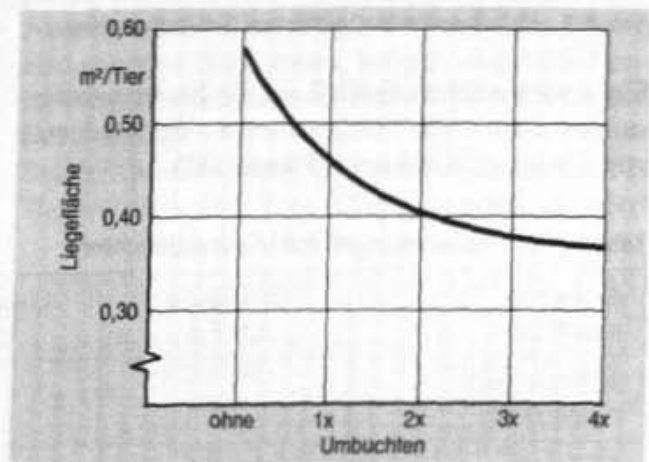


Abb. 499 Einfluß des Umbuchtens auf den anteiligen Liegeflächenbedarf in Mastschweinebuchten.

Platzansprüche. Je häufiger umgebuchtet wird, desto geringer ist der Stallflächenbedarf in der Mastschweinehaltung. Dem steht entgegen, daß häufiges Umtreiben zusätzliche Arbeit verursacht, eine erhöhte Verletzungsgefahr in sich birgt und die Futtermittelverwertung beeinträchtigt (Umstellungsstreß).

Beim *Rein-Raus-Verfahren* wird der ganze Stall mit Ferkeln gleichzeitig belegt. Diese bleiben dort bis zum Erreichen des Schlachtgewichtes. Danach läßt sich der Stall sehr gut reinigen und desinfizieren. Vom hygienischen Standpunkt aus gesehen können damit beste produktionstechnische Voraussetzungen geschaffen werden.

In der Praxis sind unter anderem die in Abb. 500 gezeigten Umtriebsverfahren möglich.

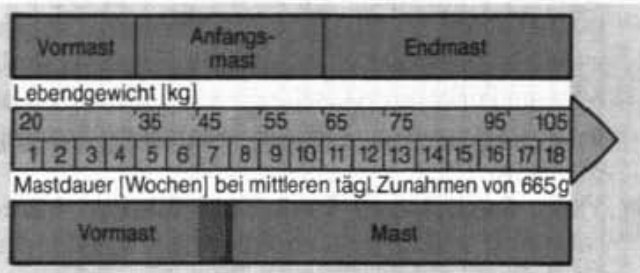


Abb. 500 Umtriebsverfahren in der Schweinemast.

4.4.2 Buchtenformen

Buchtenformen und Buchtenabmessungen werden von der Art der Futtervorlage und der Entmistung sowie vom Alter bzw. Gewicht der Tiere bestimmt (Abb. 501).

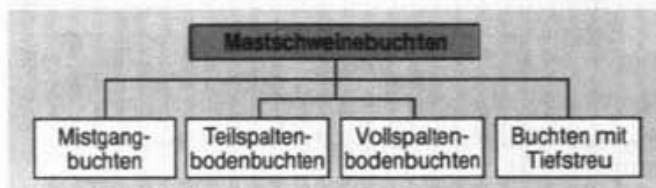


Abb. 501 Einteilung der Buchtenformen für Mastschweine.

Einen wesentlichen Einfluß auf die Buchtenabmessungen nimmt die Freßplatzbreite, die wiederum vom Tiergewicht abhängt (Tabelle 183).

Tabelle 183 Freßplatzbreite in Abhängigkeit vom Tiergewicht

Mastperiode	Gewicht kg	Freßplatzbreite m/Tier
Vormast	20– 35	0,21
Anfangsmast	35– 65	0,27
Endmast	65– 85	0,29
	85–105	0,33

Mistgangbucht – Bei Mistgangbuchten ist der Mistplatz für die Tiere deutlich von der Liegefläche abgesetzt und als Gang ausgebildet. Aufgrund eines angeborenen Instinktes beschmutzt das Schwein sein Lager nicht, sondern setzt Kot und Harn außerhalb ab. Dadurch können die Entmistungsarbeiten wesentlich vereinfacht werden. Die Sauberhaltung des Liegeplatzes wird zusätzlich gefördert, wenn die Mistgänge in einem dunkleren Stallbereich (meist Außenwand bei hochliegenden Fenstern) liegen, da die Schweine dunklere Zonen zum Abmisten bevorzugen.

Der Vorläufer der Mistgangbucht ist die *dänische Aufstallung*, bei der der Mistgang durch Trennwände von der Liegefläche abgeteilt ist. Während des Entmistens kann man die Tiere auf der Liegefläche einsperren und den Mistgang ungehindert mit einer Schubkarre befahren.

Bei der *Mistgangbucht mit mechanischer Entmistung* fehlt die Trennwand zwischen Liegefläche und Mistgang. Der Mistgang ist hier lediglich durch eine Stufe von der Liegefläche abgesetzt. Die Höhe dieser Stufe wird vom Entmistungsgerät bestimmt und beträgt bei Flachschieberanlagen z. B. 15 cm. Die Bemessung von Liegefläche und Mistgangbreite ist aus Tabelle 184 zu entnehmen.

Mistgangbuchten können mit oder ohne Einstreu betrieben werden. Bei eingestreuten Buchten sind 0,5–1,5 kg Stroh/Tier und Tag erforderlich. Das ergibt einen täglichen Dunganfall von 2,5–4 kg/Tier sowie 3 l Jauche je Tier und Tag. Bei einstreulosen Mistgangbuchten ist darauf zu achten, daß die Liegefläche wärmedämmend ist (wärmedämmender Estrich oder Stallbodenplatten).

Zur Mechanisierung der Entmistungsarbeiten eig-

Tabelle 184 Abmessungen von Mistgangbuchten.

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Liegeflächentiefe cm	Liegefläche m ² /Tier	Mistgangbreite cm
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	150	0,41	110
Endmast bis 105 kg	33	170	0,56	120

Tabelle 185 Abmessungen von Teilspaltenbodenbuchten.

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Tiefe der plan- befestigten Fläche cm	Tiefe der Spalten- bodenfläche cm	Buchten- fläche m ² /Tier
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	80	100	0,49
Endmast bis 105 kg	33	80	140	0,73

nen sich Schubstangen- und Flachschieberanlagen. Letztere haben den Vorteil, daß sie in Ruhestellung außerhalb des Aufenthaltsbereiches der Tiere stehen und daß sich dadurch die Tiere nicht verletzen können.

Ein Nachteil der Flachschieber besteht darin, daß Verletzungen während des Entmistens durch Einklemmen an der Buchtentrennwand nicht auszuschließen sind.

Teilspaltenbodenbucht mit Längstrog – Sie hat sich ursprünglich aus der Mistgangbucht entwickelt. Die Teilspaltenbodenbucht neuerer Art hat sich in den Abmessungen mehr der Vollspaltenbodenbucht genähert. Die planbefestigte Fläche ist soweit eingeschränkt, daß die Tiere beim Fressen sicher stehen und die neu eingestellten Tiere in der Anfangsmast noch auf der planbefestigten Fläche liegen können (Tabelle 185).

Vollspaltenbodenbuchten mit Längstrog – Die gesamte Buchtenfläche ist mit Spaltenboden ausgelegt, durch den die Schweine den Kot durchtreten. Dies läßt eine dichte Stallbelegung zu (Tabelle 186).

Zu Spaltenboden und Entmistung gelten die bereits bei den Längstrogbuchten mit Teilspaltenboden gegebenen Hinweise.

Bei der Anordnung von Längstrogbuchten besteht das besondere Problem des Ein-, Aus- und Umtreibens der Tiere. Hierfür sind besondere Vorkehrungen zu treffen. Dazu werden entweder Stichgänge zu den Futtergängen oder eigene Treibgänge angeordnet, die zusätzlichen Platzbedarf verursachen (Abb. 502). Stichgänge verursachen einen geringeren Flächenbedarf, erhöhen aber den Bauaufwand dadurch, daß an einer Buchtenreihe die Tröge unterbrochen werden müssen.

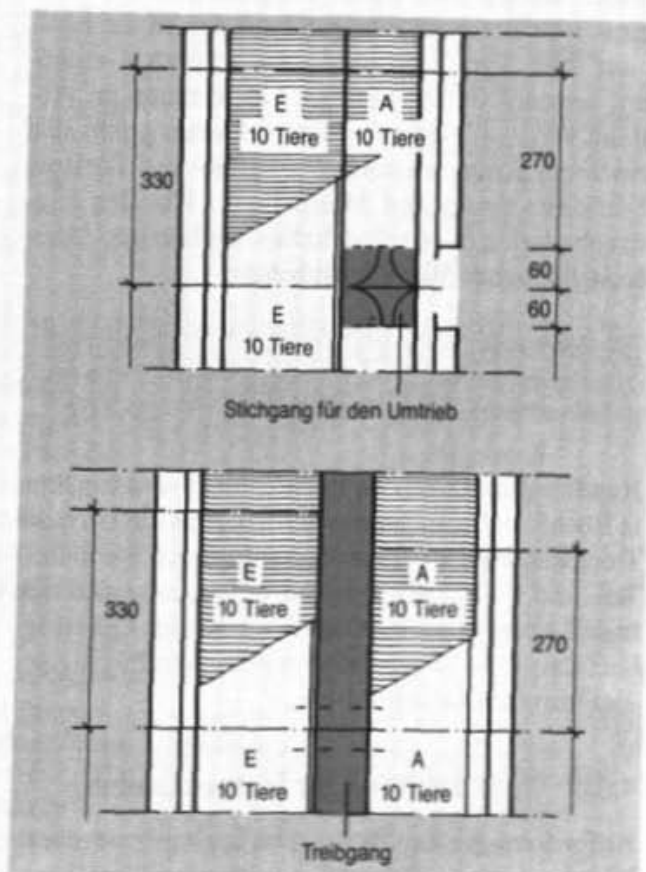


Abb. 502 Umtrieb bei Längstrogbuchten (Maße in cm). A = Anfangsmast, E = Endmast.

Quertrogbuchten – Für Quertrogbuchten gelten prinzipiell dieselben Abmessungen (Tabelle 186). Auszunehmen ist der Trog, der von beiden Seiten, also von zwei Tiergruppen, benutzt wird. Gleichzeitig verringert sich auch der Anteil an Umtriebs- und Kontrollgängen.

Bei der Quertrogbucht fehlt der direkte Zugang des Tierbetreuers zum Trog. Diese Buchtenform setzt

Tabelle 186 Abmessungen für Vollspaltenbodenbuchten.

Gewichtsabschnitt	Troglänge cm/Tier	Buchtentiefe cm	Buchtenfläche m ² /Tier
Anfangsmast bis ca. 65 kg	27	140	0,46
Endmast bis 105 kg	33	200	0,66

also eine mechanisierte Futtervorlage voraus, führt aber zu einer stallraumsparenden Anordnung. Für die beidseitige Nutzung des Troges werden spezielle Trogformen eingebaut (U-Schale oder Doppeltrog).

Buchten für Vorratsfütterung – Bei Vorratsfütterung ist die Zahl der Freßplätze eingeschränkt. Im allgemeinen steht für je 2–4 Mastschweine ein Freßplatz zur Verfügung. Daraus ergeben sich eigene Buchtenformen mit Teil- oder Vollspaltenboden (Abb. 504).

Tiefstreubucht – Bei der Tiefstreubucht (Abb. 504) findet ähnlich wie beim Vollspaltenboden keine räumliche Trennung zwischen Laufbereich und Mistplatz statt. Die Einstreumatratze wird nicht erneuert, sondern durch ständiges Nachstreuen im Abstand von 2–4 Tagen verbessert. Daraus ergibt sich ein hoher Strohverbrauch: 3–4 kg/Tier und Tag bzw. 5 dt/Mastschwein und Mastperiode. Um den Einstreubedarf in Grenzen zu halten, sind für den *Platzbedarf* folgende Werte einzuhalten:

Absatzferkel	0,7 m ²
Läuferschweine	1,0 m ²
Mastschweine	1,6–2,0 m ² .

Rundtrogbuchten – Die Buchtenform wird von dem in Buchtenmitte angeordneten Trog, um den sich die Tiere während der Freßzeiten gruppieren, bestimmt. Teil- und Vollspaltenbodenbucht unterscheiden sich in den Abmessungen. Ähnlich wie bei den Quertrogbuchten gibt es auch hier keinen direkten Zugang des Tierbetreuers zu den Trögen.

4.4.3 Spaltenböden für Mastschweine

Anforderungen der Tiere – Die Spaltenbodenfläche bildet einen Kompromiß aus tiergemäßer Bewegungs- und Liegefläche und Sauberkeit (Hygiene). Die Sauberkeit hängt hauptsächlich von der Kotdurchlaßfläche (Schlitzfläche) und der Schlitzausführung ab. So fördert z. B. eine Kotabriebkante den Kotdurchlaß.

Dagegen kann die Sauberkeit nicht durch einen erhöhten Schlitzflächenanteil erreicht werden. Auftrittsbreite und Schlitzweite sind tierspezifische Funktionsmaße (Tabelle 187).

Bauausführung – Sie ist in DIN 18908 festgelegt. Als Material hat sich Stahlbeton in Form von Einzelbal-

Tabelle 187 Funktionsmaße für Spaltenboden für Mastschweine.

Lebendmasse kg	Auftrittsbreite cm	Spaltenweite cm
20– 45	7–9	1,6
30–105	7–9	1,8

ken oder Rosten durchgesetzt. Roste weisen kürzere Schlitzlöcher auf, so daß die Tiere leichter Halt finden. Spaltenböden sind so auszuführen, daß sie griffig sind, den Tieren (durch scharfe Kanten oder Graten) keine Verletzungen zufügen und daß insgesamt eine ebene Fläche entsteht.

Entmistung – Für das Entmisten von Mastschweinebuchten mit Spaltenboden stehen verschiedene Verfahren zur Wahl. Staumistverfahren bieten hygienische Vorteile. Fließmistverfahren werden vor allem dann eingesetzt, wenn durch die Fütterung fasriger Futtermittel (z. B. CCM) die Mistkonsistenz schwieriger wird (Näheres in Kapitel 5, Seite 93).

4.4.4 Verfahrensvergleich

Der wichtigste Maßstab für die Bewertung der Aufstallungsformen ist die tierische Leistung, die in den täglichen Gewichtszunahmen und in der Futterverwertung zum Ausdruck kommt. Umfangreiche Auswertungen zeigen, daß in der Praxis gute Zunahmen in allen Buchtenformen erzielt werden können. Andererseits zeigen gut geführte einzelne Betriebe, daß auch bei Vollspaltenbodenställen hohe Tageszunahmen möglich sind. Allerdings müssen bei Vollspaltenbodenställen erhöhte Anforderungen an die Klimatisierung gestellt werden (Abb. 504).

Darüber hinaus unterscheiden sich die verschiedenen Buchtenformen in ihrem Platzbedarf. Hier erweist sich die Vollspaltenbucht als sehr günstig.

Für eine abschließende ökonomische Beurteilung der verschiedenen Aufstallungs- und Mechanisierungsformen in der Schweinemast sind der Arbeitszeit- und der Kapitalbedarf von großer Bedeutung. Diese sind abhängig von der Herdengröße (Abb. 503). Bei Herden unter 400 Mastschweinen ist das einzelne Schwein mit einem wesentlich höheren Kapital- und Arbeitszeitbedarf belastet, insbesondere bei hochmechanisierten Verfahren.

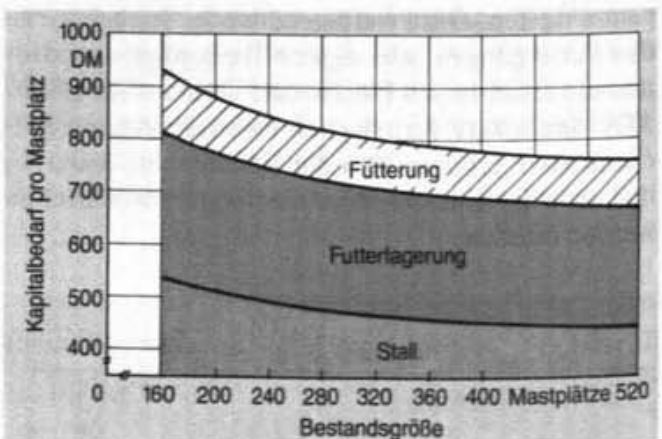
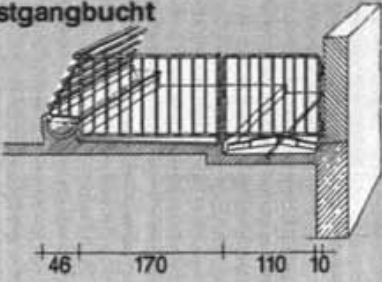
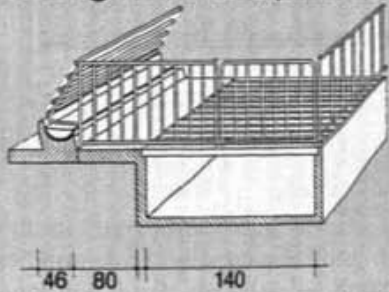
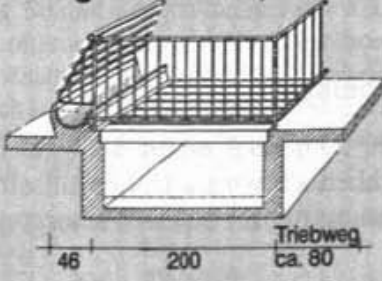
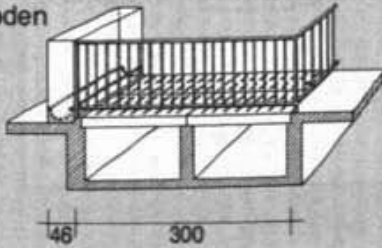
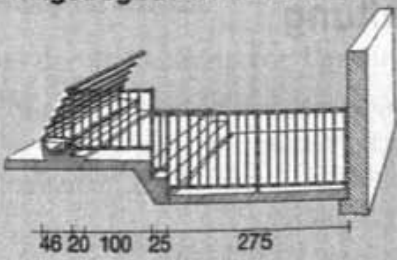


Abb. 503 Kapitalbedarf in der Schweinemast (Mastplätze ohne Vormast, einschließlich Nebenräume, einschließlich 5-monatiger Flüssigmistlagerung und Trockenfütterung (nach GARTUNG, KRENTLERN, SIEVERS, 1982).

Bauart	Entmistung	Fütterung	Buchtenfläche, Stallfläche ¹⁾	Bemerkungen
Mistgangbucht 	Flachschieber, eventuell Teilspaltenboden und Staumist bzw. Fließmist	von Hand, Fütterungswagen, vollautomatische Trocken- oder Flüssigfütterung (auch teilautomatisch)	0,9 m ² /Tier 1,2 m ² /Tier (ohne Treibgang)	hoher Stallflächenbedarf, Einstreu möglich, Entmistungsprobleme, ohne Treibgang Probleme beim Umbuchten
Quertrogbucht mit Teilspaltenboden 	Staumist oder Fließmist	vollautomatische Trockenfütterung, teil- oder vollautomatische Flüssigfütterung	0,8 m ² /Tier 1,1 m ² /Tier	vollmechanisierte Fütterung, relativ geringer Stallflächenbedarf, z.T. befestigte Liegefläche, teilweise Probleme mit Verschmutzung
Quertrogbucht mit Vollspaltenboden 	Staumist oder Fließmist	vollautomatische Trockenfütterung, teil- oder vollautomatische Flüssigfütterung	0,66 m ² /Tier 0,95 m ² /Tier	vollmechanisierte Fütterung, geringer Stallflächenbedarf, hohe Stallklimaanforderungen
Vorratsfütterung mit Vollspaltenboden 	Staumist oder Fließmist	Befüllen der Vorratsfütterer von Hand oder vollautomatisch, z.B. Drahtwendelförderer	0,66 m ² /Tier 0,75 m ² /Tier	einfache Fütterungsmechanisierung, geringer Stallflächenbedarf, gute Mastleistung bei geringerer Schlachtkörperqualität
Längstrogbucht mit Tiefstreu 	Frontlader	von Hand, Fütterungswagen, vollautomatische Trockenfütterung, teil- oder vollautomatische Flüssigfütterung	1,6–2,0 m ² /Tier 1,9–2,3 m ² /Tier	hoher Stallflächenbedarf, hoher Einstreubedarf, tiergemäße Liegefläche

¹⁾ Einschließlich Futter- bzw. Treibgänge.

Abb. 504 Vergleich der Buchtenformen für Mastschweine (Maße für Endmast, in cm).

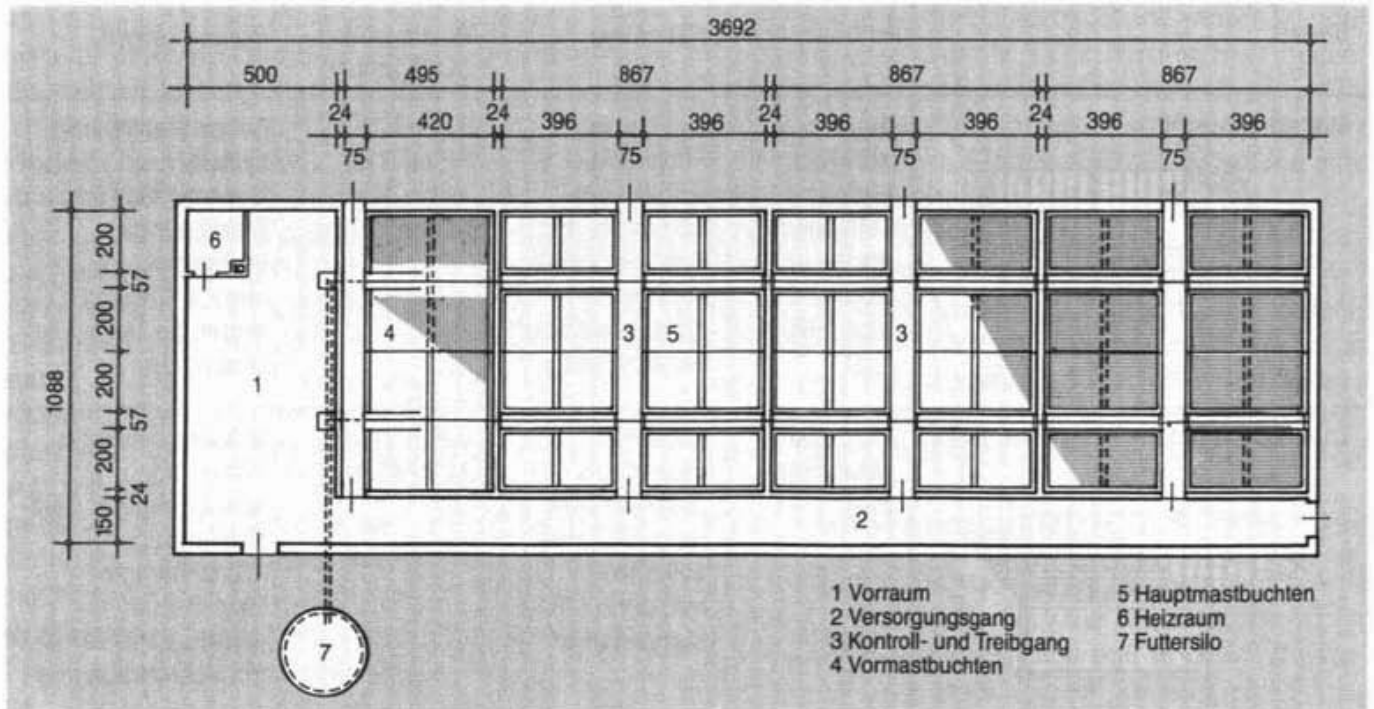


Abb. 505 Mastschweinestall in kammartiger Anordnung mit 384 Mastplätzen (ALB) (Maße in cm).

Der **Kapitalbedarf** der Stallanlage teilt sich etwa folgendermaßen auf:

Stall	ca. 55%
Flüssigmistlagerung	ca. 30%
Trockenfütterung	ca. 15%

Für Flüssigfütterungsanlagen gilt in etwa die gleiche Größenordnung. Allerdings verhält sich hier der Kapitalbedarf mit zunehmender Bestandsgröße stark degressiv (s. Seite 380, Abb. 475).

Auch der **Arbeitszeitbedarf** wird stark von der Fütterungstechnik geprägt, da die Unterschiede zwischen Teil- und Vollspaltenböden gering sind (Abb. 506).

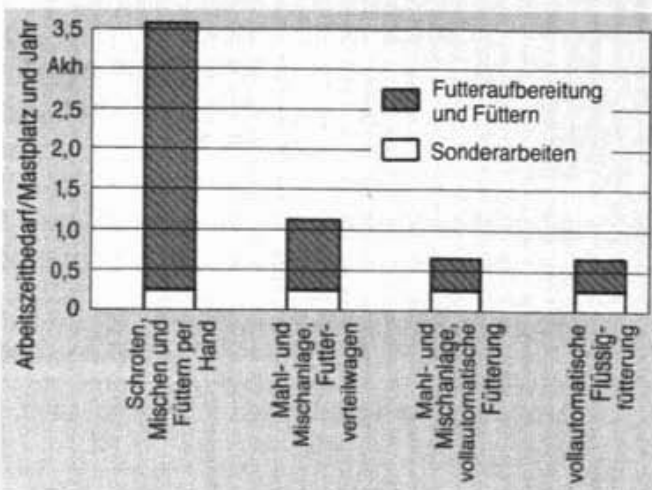


Abb. 506 Arbeitszeitbedarf in der Mastschweinehaltung (Vollspaltenboden, Mastperiode 150 Tage, 500 Mastplätze).

4.4.5 Planungsbeispiel

Das Beispiel (Abb. 505) zeigt einen Stall mit 384 Mastplätzen (einschließlich Vormast). Die einzelnen Stallräume sind kammartig an einem Versorgungsgang angeordnet.

Die Anlage ist auf der anderen Seite des Ganges und in beiden Giebelrichtungen erweiterungsfähig.

5 Hühnerhaltung

Die Hühnerhaltung zählt zu den höchstmechanisierten landwirtschaftlichen Produktionszweigen. Mehrere Faktoren haben dafür günstige Voraussetzungen geschaffen:

- ▶ Flächenunabhängige Produktion,
- ▶ vorwiegend einheitliches, standardisiertes Futter,
- ▶ weit fortgeschrittene Züchtung, die zu einheitlichem Tiermaterial führte,
- ▶ reine Stallhaltung.

Diese Gründe haben auch eine starke Spezialisierung und Arbeitsteilung mit sich gebracht.

5.1 Legehennenhaltung

Ziel des Hühnerhalters ist es, bei hoher Legeleistung mit möglichst geringen Kosten auszukommen. Bei der Kostensenkung richtet sich das Interesse zunächst auf den Hauptkostenfaktor, die *Futterkosten*. Hier spielen neben der Futtermittelverwertung vor allem die technisch beeinflussbaren Futterverluste eine Rolle. Die *Produktionsleistung* läßt sich im Bereich der Haltung durch optimale Umwelt beeinflussen:

- ▶ gutes Stallklima und richtige Beleuchtung,
- ▶ Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Gaskonzentration, Lichtprogramm,
- ▶ Stalleinrichtung: Verletzungsfreie, schonende Eierbehandlung,
- ▶ richtige Futter- und Wasserversorgung.

Moderne Erkenntnisse der Tierernährung haben die extensive Form der Legehennenhaltung mit Auslauf völlig verdrängt und durch die alleinige Stallhaltung abgelöst. Die Stallhaltung stellt aber hohe Ansprüche an die Klimatisierung. So sind eine Stalltemperatur von 12°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 65–75% während des gesamten Jahres einzuhalten. Außerdem ermöglicht die Stallhaltung durch künstliche Beleuchtung die Beeinflussung des Tagesrhythmus der Tiere, so daß hohe Leistungen zu erzielen sind (Abb. 507).

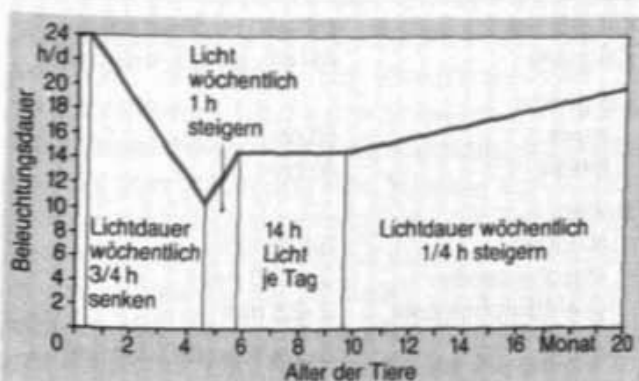


Abb. 507 Beleuchtungsprogramm (Beispiel) für Legehennenhaltung und Aufzucht.

Bei der Stallhaltung von Legehennen unterscheidet man zwischen Bodenhaltung und Käfighaltung. Aus den Bemühungen, tiergerechte Haltungsformen mit der guten Raumnutzung der Käfighaltung zu kombinieren, sind neuere Haltungsformen entstanden, z. B. die Volierenhaltung.

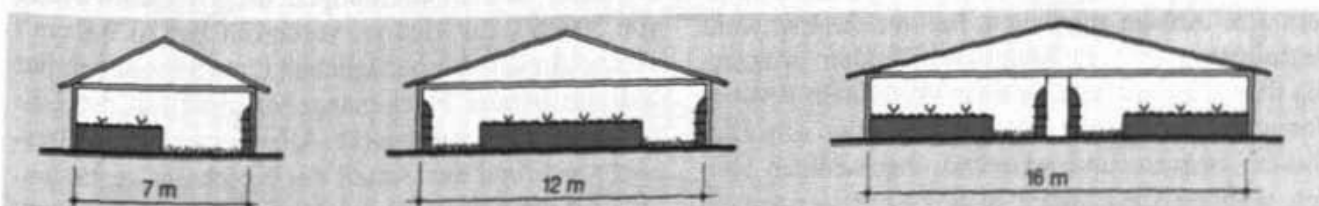


Abb. 509 Anordnungsbeispiele für Scharraum und Kotgrube bei Bodenhaltung (s. Tabelle 188).

5.1.1 Bodenhaltung

Bei der Bodenhaltung können 6 Hennen/m² aufgestellt werden. Die **Stallfläche** gliedert sich in folgende Bereiche:

- ▶ Scharraum
- ▶ Kotgrube
- ▶ Legenester

Je nach Stallbreite werden diese Bereiche unterschiedlich angeordnet (Abb. 508 und 509).

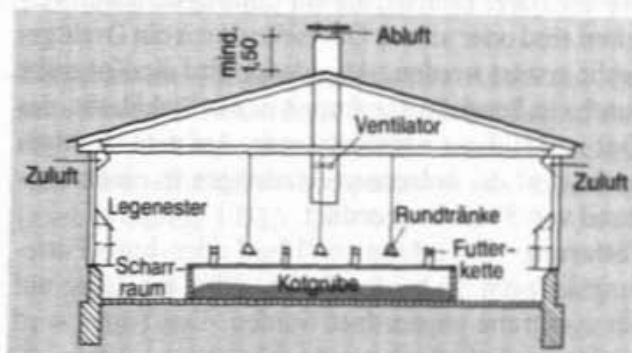


Abb. 508 Stallbereiche und Einrichtungsteile bei der Bodenhaltung.

Tabelle 188 Kenndaten für die Bodenhaltung.

Scharfläche	30–50% der Stallfläche
Kotgrube	70–50% der Stallfläche
Beleuchtung	0,75–1,0 W/m ²
Freßplatzbreite	
bei Freßrinnen	12 cm/Henne
bei Rundtrögen	8 cm/Henne
Tränken	
Rinnentränken	2 cm/Henne
Rundtränken	50 Tiere/Tränke
Sitzstangen	4–5 Hennen/lfd. m
Querschnitt (Oberkanten abgerundet)	5 × 6 cm
Achsabstand	35 cm
Kotgrabengeflecht	
Maschenweite	2,5 × 2,5 cm
Drahtdurchmesser	2 mm
Legenester	4 Hennen/Öffnung

Scharraum – Um die Tiere verstärkt zum Aufenthalt auf der Kotgrube zu zwingen, schränkt man den Scharraum ein und vergrößert die Kotgrube bis auf 70% der Stallbodenfläche. Eingestreut wird der

Scharraum mit einem Gemisch von Hobelspänen und Strohhäcksel, welches allerdings schimmelfrei sein sollte. Wichtig ist, daß die **Einstreu** scharrfähig bleibt und nicht fest wird. Bei falschen Einstreumaterialien (z. B. Sägemehl) und zu hoher Luftfeuchtigkeit verfestigt sich die Einstreu und muß umgestochen werden. Die Einstreu wird mit jeder neuen Stallbelegung erneuert.

Kotgrube – Sie besteht an der Vorderseite aus einer 70–100 cm hohen Trennwand aus imprägnierten Brettern oder Bohlen, die mit Lüftungsschlitzen versehen sind oder an der Oberseite durch ein Drahtgeflecht ersetzt werden. Abgedeckt wird die Kotgrube durch ein Spezialkotgrubengitter aus Stahldraht, das Eier und Hühner vom Kot trennt. Auf dem Drahtgeflecht sind die hölzernen Sitzstangen in einem Abstand von 35 cm angeordnet.

Fütterung – Sie erfolgt von Hand oder durch Fütterungsanlagen. In beiden Fällen sollen die Tröge auf der Kotgrube angeordnet werden. Das Futter wird zur freien Aufnahme verabreicht.

Ebenso wie das Trockenfutter soll auch das **Wasser** jederzeit über der Kotgrube verfügbar sein, da Planschwasser in der Kotgrube weniger stört als im Scharraum.

Legenester – Bei ihnen muß dafür gesorgt werden, daß die Tiere nicht unnötig aufsitzen. Bei den einfachen Legenestern hat sich das *Abrollnest* (Abb. 510) gegenüber dem Familienest durchgesetzt. Ein solches Nest reicht für 3–4 Hennen.

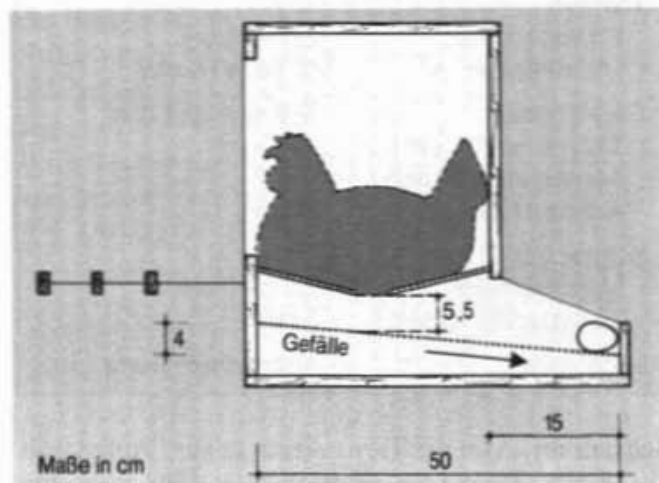


Abb. 510 Abrollnest (nach SCHOLTYSEK) (Maße in cm).

Zur Mechanisierung der **Eierabnahme** wird außerdem eine Anlage angeboten, bei der die Eier samt Nesteinstreu mittels Kettenkreisförderer sorgsam aus dem Stall gezogen werden. Auf einem Rost im Vorraum trennen sich Eier und Einstreu. Die Eier können bequem und schonend abgenommen werden, während die Einstreu in die Legenester zurückwandert.

5.1.2 Käfighaltung

Das Angebot an Käfigen reicht vom Einzeltierkäfig bis zum Koloniekäfig. Am gebräuchlichsten sind Käfige für 2–5 Tiere, wobei sich aus verschiedenen Versuchen abzeichnet, daß bei einem Besatz von 3–4 Hennen/Käfig günstige Produktionsvoraussetzungen geschaffen sind. Die Käfigfläche muß auf die Anzahl der Tiere abgestimmt sein.

Das vorherrschende **Material** bei Käfigen ist verzinkter Stahldraht. Mehr und mehr werden auch Kunststoffteile verwendet.

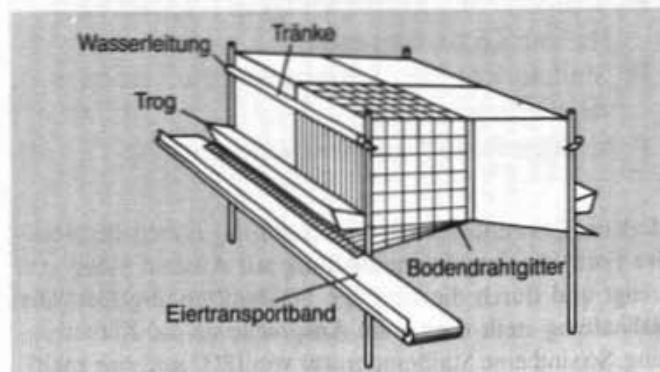


Abb. 511 Anforderungen an einen Legehennenkäfig (s. Tabelle 189).

Tabelle 189 Kenndaten für die Käfighaltung.

Käfigfläche	430–450 cm ² /Henne
Käfigtiefe	40–45 cm, teilweise mehr
Käfighöhe	
vorne	50 cm
hinten	40 cm
Boden	
Neigung	bis zu 10%
Maschenweite	über 20 mm
Drahtdurchmesser	2–2,5 mm
Licht	5 Lux/Tier (Glühbirnen)
Tränken	Zugang zu 2 Tränkenip-peln für jede Käfigbesatzung
Troglänge	10–12 cm/Henne

Hinsichtlich des **Flächenangebotes** in den Käfigen gehen die Forderungen zum Teil erheblich über die angegebenen Werte hinaus. So beinhalten politische Entwürfe und Empfehlungen die Größenordnung von 500–600 cm²/Henne, vereinzelt bis zu 900 cm²/Henne. In den diesbezüglichen Untersuchungen hat sich das höhere Flächenangebot nicht auf die Leistung der Tiere ausgewirkt. Allerdings ist der Futterverbrauch und der Anteil der Knickeier gestiegen, was auf die höhere Aktivität der Hennen zurückgeführt wird.

Tabelle 190 Vergleich von Fütterungseinrichtungen für die Käfighaltung.

	Futterwagen	Futterkette
Vorteile	geringer Anschaffungspreis, geeignet für kürzere Anlagen, auch von Hand zu schieben, mit Entmistung kombinierbar	hohe Dosiergenauigkeit, geringe Verluste, restriktive Fütterung möglich, funktionssicher, geringe Wartung, geringer Verschleiß
Nachteile	Probleme hinsichtlich Dosiergenauigkeit, zusätzliche Dosiereinrichtungen erforderlich, bei restriktiver Fütterung bedingt geeignet	höhere Investition, insbesondere für Klimaanlage, nicht mit Kotschieber zu kombinieren

Fütterung – Bei der Mechanisierung der Fütterungsarbeiten in Käfiganlagen bringt die täglich einmalige Vorratsfütterung Futterverluste bis zu 4%. Deshalb wird eine mehrmalige Futtervorlage angestrebt, die durch mechanische Anlagen wesentlich erleichtert wird.

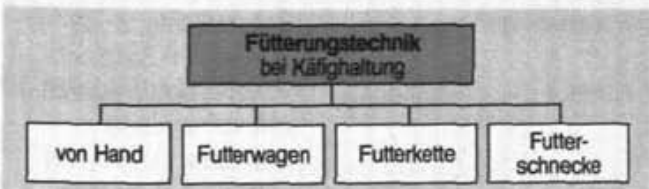


Abb. 512 Einteilung der Fütterungsmechanisierung in der Käfighaltung.

Als **Tränkeanlagen** sind Niederdrucksysteme zu bevorzugen, bei denen ein Zwischenbehälter den Druck reduziert. Über einen Schwimmer wird dabei ein gewisser Wasservorrat bereitgestellt, der Wasser ausfälle überbrückt und eine Vitamin- und Medikamentenverabreichung ermöglicht. Als Tränken werden neben der sparsamen und sicheren *Rinnenränke* in den letzten Jahren vermehrt *Nippeltränke* verwendet, die eine laufende Frischwasserversorgung gewährleisten. Die Anordnung der Nippel an der Vorderseite des Käfigs erleichtert die laufende Funktionskontrolle. Sie ist von besonderer Bedeutung, da mangelnde Wasserversorgung zu einem erheblichen Rückgang der Legeleistung führt.

Eiersammeln – Einen wesentlichen Anteil des Gesamtarbeitszeitbedarfes in der Käfighaltung nimmt das Eiersammeln ein. Mit Hilfe neuer Techniken sind hier erhebliche Einsparungen zu erreichen (nach HAMMER, 1982):

Eiersammeln mit Korb	= 100%
mit Sammelwagen	= 65%
mit Sammelband und Handabnahme	= 35%

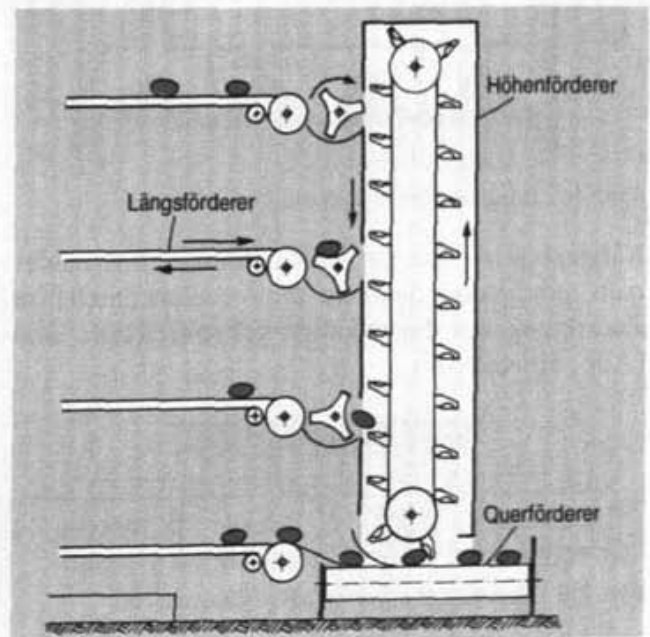


Abb. 514 Automatisches Eiersammeln in Käfiganlagen.

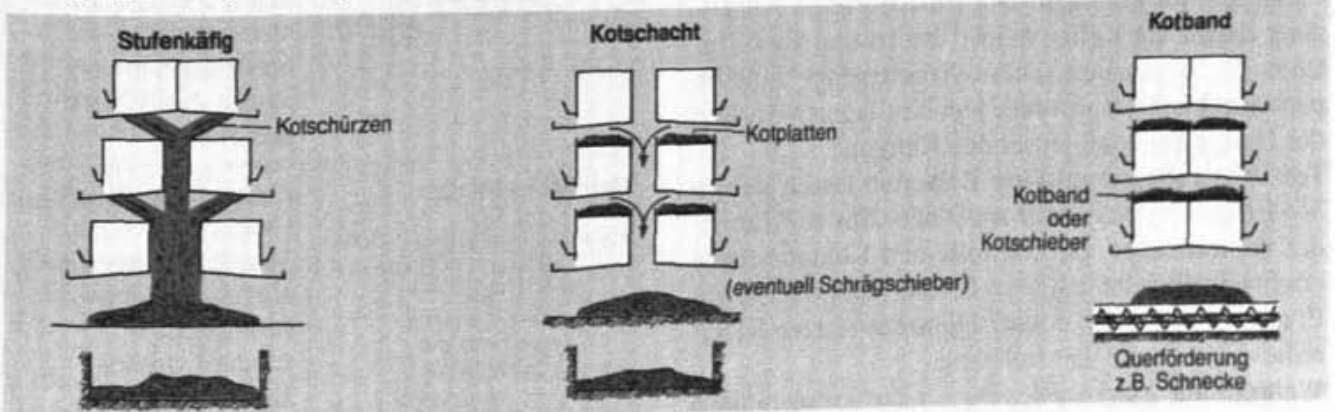


Abb. 513 Entmistung der einzelnen Käfigtagen (nach HAMMER).

Bei der Verwendung von Sammelbändern müssen am Ende der Käfiganlage die Eier mittels eines Höhenförderers auf die Höhe der untersten Käfigetage zum Querförderer gebracht werden (Abb. 514).

Entmisten – Der durch die Käfigböden fallende Kot wird entweder auf dem Boden oder in Kanälen unter den Käfigen gesammelt (Kotschürzen oder Kotplatten eventuell mit Schrägschieber) bzw. mit Kotschiebern oder Kotbändern in der Längsachse der Käfigreihen gefördert. Die weitere Querförderung übernimmt dann z. B. eine Schnecke (Abb. 513, Seite 403).

Bei Abschieben des Kotes in die Mitte zwischen den beiden Käfigreihen kann der Mist durch einen Spalt in der Decke auch einem Kotkeller als endgültigen Lagerraum zugeführt werden, aus dem er dann als Trockenkot (z. B. mit Frontlader) zu entnehmen ist (Abb. 515).

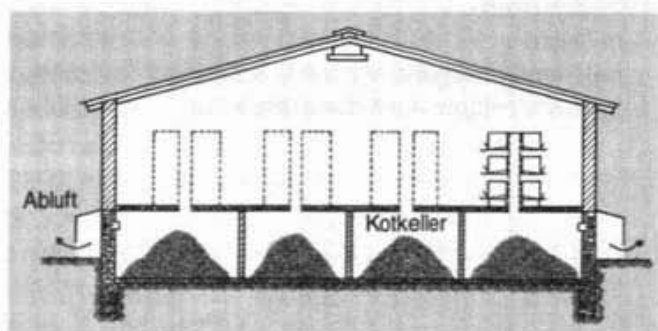


Abb. 515 Dunglagerung im Kotkeller (Trockenkot).

Käfiganlagen – Bei der Käfighaltung unterscheidet man verschiedene Systeme, die vor allem durch ihre Zuordnung der Einzelkäfige gekennzeichnet sind (Abb. 516 und 517).



Abb. 516 Übersicht über verschiedene Käfiganlagen.

Stufenkäfige (Kaskadenkäfige) sind die einfachste Form der Käfiganlagen. Die stufenförmige Anordnung macht die Käfige beim Füttern und Eiersammeln gut zugänglich. Diese Arbeitsgänge müssen nicht mechanisiert werden. Der Kot lagert während der Haltungsperiode unter den Käfigen.

Teil- und vollmechanisierte Batterien lassen sich in 3–6 Etagen übereinander anordnen. Mit zunehmender Höhe werden Tierkontrolle und Klimatisierung erschwert (Besatzdichte s. Tabelle 191). Bei sechs Etagen befindet sich auf der Höhe der vierten Käfigreihe ein weiterer Kontrollgang.

Während die Mechanisierung der Fütterung einfach durchzuführen ist, benötigt das vollautomatische

Eiersammeln einen hohen technischen Aufwand, da die Eier aus den verschiedenen Etagen auf ein Niveau gebracht werden müssen. Dies erfordert neben der Horizontalförderung auch eine Vertikalförderung.

Der hohe Arbeitsaufwand für das Eiersammeln trägt dazu bei, daß dennoch in den größeren Batterianlagen das Eiersammeln mechanisiert wird.

Bei den **Flat-Deck-Anlagen** liegen die Käfige in einer Ebene. Somit ist die Vollmechanisierung (Füttern, Tränken, Eiersammeln) einfacher durchführbar. An der Mechanisierungsseite liegen die Käfige aneinander, so daß die verschiedenen Bänder und Fördereinrichtungen doppelseitig zu nutzen sind. Die Gänge werden nur zur Bestandskontrolle benutzt. Unter den Käfigen transportieren Kotschieber den Dung aus dem Stall.

Bauart	Merkmale
Stufenkäfig 	Besatzdichte: 8–13 Hennen/m ² Stallfläche <i>Vorteile:</i> gutes Ausnutzen vorhandener Gebäude, da nicht an Mechanisierungsachsen gebunden; niedriger Kapitalbedarf; für kleinere Bestände geeignet <i>Nachteile:</i> geringe Besatzdichte; ungünstiges Stallklima bei Dunglagerung im Stall
Batterie 	Besatzdichte: 3-Etagen: 20–23 Hennen/m ² , 4-Etagen: 27–30 Hennen/m ² <i>Vorteile:</i> gute Stallraumausnutzung, keine Kotlagerung im Stall <i>Nachteile:</i> Mindestgröße 3000 Tiere je Stall (2 Reihen, 30 m Mindestlänge), hoher Mechanisierungsaufwand (Eiersammeln!)
Flat-Deck-Anlage 	Besatzdichte: 13–14 Hennen/m ² <i>Vorteile:</i> gut mechanisierbar, einfachere Klimatisierung <i>Nachteil:</i> geringe Besatzdichte

Abb. 517 Vergleich der Käfiganlagen (Maße in cm).

5.1.3 Neuere Entwicklungen

Neuere Entwicklungen verfolgen hauptsächlich das Ziel, die Umweltbedingungen für die Hennen zu verbessern. **Flachkäfige** sind bei einem Flächenangebot von 460 cm²/Henne nur 30 cm tief und dafür 60 cm breit. Das ergibt eine Freßplatzbreite von 15 cm/Henne. Da gleichzeitig der Abrollweg der Eier kürzer wird, vermindert sich die Zahl der Knickeier. Beim Umstellen von bisherigen Batterien gibt es wegen anderer Abmessungen Anpassungsprobleme. Eine andere Entwicklung, die **Volierenhaltung**, ähnelt der Bodenhaltung. Um den Stallraum besser auszunutzen, wird versucht, die Sitzstangen und die Versorgungseinrichtungen auf unterschiedlichen Ebenen anzuordnen (Abb. 518).

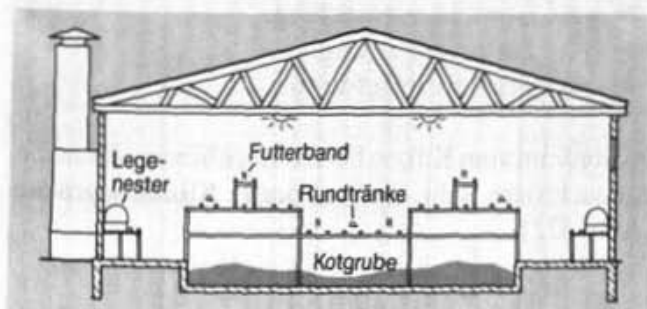


Abb. 518 Volierenhaltung.

5.1.4 Vergleich der Haltungssysteme für Legehennen

Beim Vergleich der Kosten der verschiedenen Hal-tungsverfahren kommt vor allem den **Gebäudekosten** besondere Bedeutung zu. Die Gebäudekosten stehen in direktem Zusammenhang mit der Stallflä-chennutzung bzw. der Besatzdichte (Tabelle 191). Im Vergleich zur Batteriehaltung mit über 20 Hen-nen/m² wird das Ei aus der Bodenhaltung mit 0,03 DM zusätzlichen Gebäudekosten belastet.

Tabelle 191 Besatzdichte bei verschiedenen Hal-tungsverfahren für Legehennen.

Haltungsverfahren	Besatzdichte Hennen/m ²
Bodenhaltung	ca. 6
Stufenkäfige	8–13
Flat Decks	13–14
Batterien,	
3 Etagen	20–23
4 Etagen	27–30
5 Etagen	34–37
6 Etagen	40–45

In einem neueren Vergleich der **Legeleistung** zwi-schen Batterie, Boden- und Volierenhaltung konnte kein wesentlicher Unterschied festgestellt werden.

In der Bodenhaltung waren allerdings der Futterver-brauch und die Sterblichkeit der Hennen höher. Zu den Vorteilen der Käfighaltung zählen darüber hin-aus, daß keine parasitären Erkrankungen auftreten, die Eier sauberer und gesünder sowie die Arbeitsbe-dingungen günstiger sind.

Der **Arbeitszeitbedarf** wird hauptsächlich von der Aufstallungsform, der Herdengröße und dem Eier-sammelfahren beeinflusst (Abb. 519). Trotz voll-automatischem Eiersammeln in der Bodenhaltung liegt der Arbeitsaufwand sehr hoch.

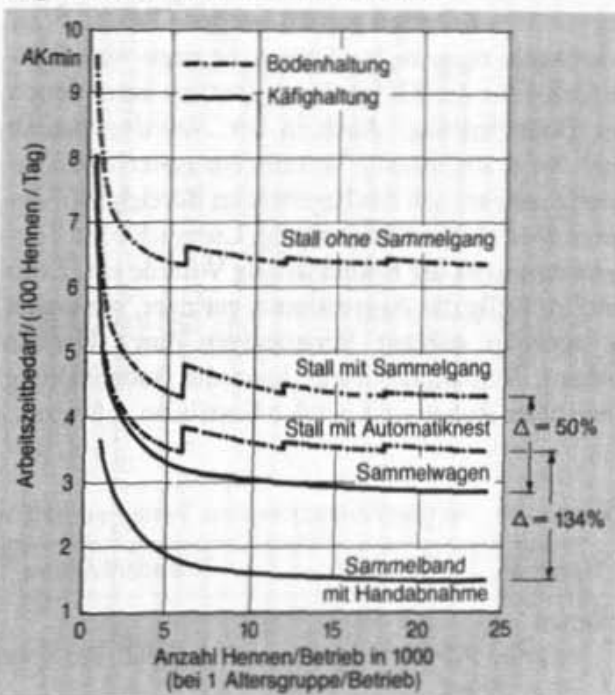


Abb. 519 Arbeitszeitbedarf bei Boden- und Käfighaltung in Abhängigkeit von der Herdengröße.

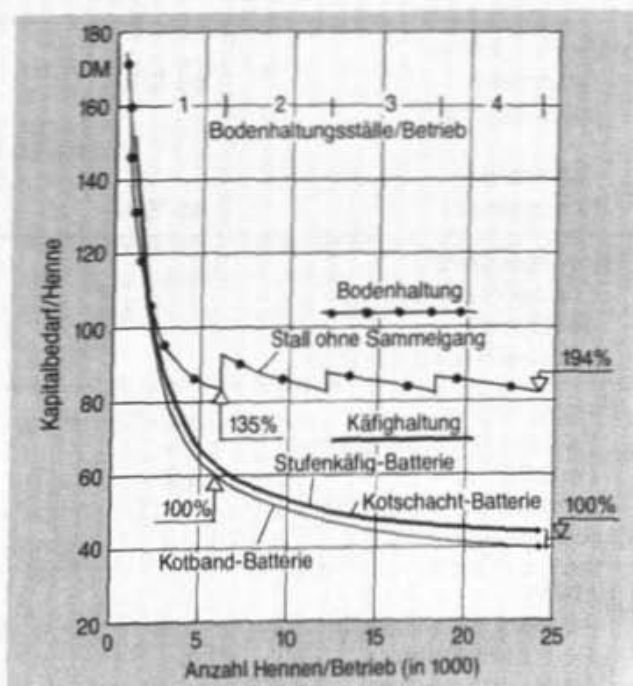


Abb. 520 Kapitalbedarf bei Boden- und Käfighaltung in Abhängigkeit von der Herdengröße und den Verfahren des Eier-sammelns und Entmistens (nach HAMMER).

Der **Kapitalbedarf** je Einheit nimmt zunächst mit steigender Bestandesgröße sowohl bei der Bodenhaltung als auch bei der Käfighaltung ab. Der Abnahme sind jedoch in der Bodenhaltung durch die Stallgröße (ca. 6000 Hennen) Grenzen gesetzt, so daß der Kapitalbedarf/Henne dann ca. 90,- DM beträgt. Bei der Käfighaltung sinkt der Kapitalbedarf noch weiter bis auf ca. 50,- DM/Hennenplatz (Abb. 520).

Für die **Beurteilung** der Haltungssysteme müssen insbesondere im Hinblick auf die Tierschutzdiskussion weitere Kriterien geprüft werden (Tabelle 192). Wie bereits dargestellt, liegen *Arbeitszeit-* und *Kapitalbedarf* für die Käfighaltung deutlich unter denen der Bodenhaltung. Auch in der *Nahrungsqualität* sind der Käfighaltung Vorteile zuzusprechen. Eindeutig spricht auch das Ergebnis im Bereich der *Tiergesundheit* für die Käfighaltung. Lediglich beim *Tierverhalten* weist die Bodenhaltung Vorteile auf. Zwar sind im Käfig die Aggressionen geringer, weswegen es auch zu weniger Verletzungen durch Hacken kommt. Verhaltensvorteile kann die Bodenhaltung aber beim Ruhen und bei der Nestsuche aufweisen.

5.1.5 Planungsbeispiele

In den Abb. 521 und 523 werden **Beispiele** für die Planung von Legehennenställen gezeigt.

5.2 Küken- und Junghennenaufzucht

Während früher die Aufzucht in Jahreszeiten verlegt wurde, in denen sie wegen der hohen klimatischen Ansprüche der Jungtiere problemloser durchzuführen war, besteht heute die Tendenz zur kontinuierlichen Aufzucht zu jeder Jahreszeit. Für die erfolgreiche Aufzucht gilt folgende Zielsetzung:

- ▶ geringe Verluste,
- ▶ gute Gewichtsentwicklung,
- ▶ gute Futtermittelverwertung,
- ▶ geringer Arbeitsaufwand.

Im Stadium vom Küken bis zur Legehennen haben die Aufzuchtstiere sehr differenzierte **Klimaansprüche** (Abb. 522).

Tabelle 192 Vergleich verschiedener Systeme der Hühnerhaltung (nach WEGNER, ZEEB u. a.).

Merkmal	Bodenhaltung		Käfighaltung	
Arbeit				
Arbeitszeitbedarf		-	bis 40% weniger	+
Arbeitsplatz	Staub, Bakterien	-		+
Investitionen				
		-	bis 40% weniger	+
Aufwand – Ertrag				
Tierverluste	ca. 10%	-	ca. 6%	+
Futtermittelverbrauch		-	ca. 10 g/(Tier und Tag) weniger	+
Legeleistung		○		○
Schmutzeler	ca. 10%	-	ca. 1%	+
Nahrungsqualität				
Eifarbe/Vitamin A		-		+
Geschmack		○		○
bakterielle Kontamination		-		+
Tiergesundheit				
Hacken und Kannibalismus	6%	-	1%	+
Parasiten	1,5%	-	0,1%	+
bakterielle und virale Infekte	ca. 1%	○	ca. 1%	○
Antikörper		-		+
Verhalten				
Aggressionen (Hacken)		-		+
Ruhen und Komfort		+		-
Nahrungsaufnahme		+		-
Eiablage		○		○

+ Vorteil, - Nachteil, ○ kein Unterschied.

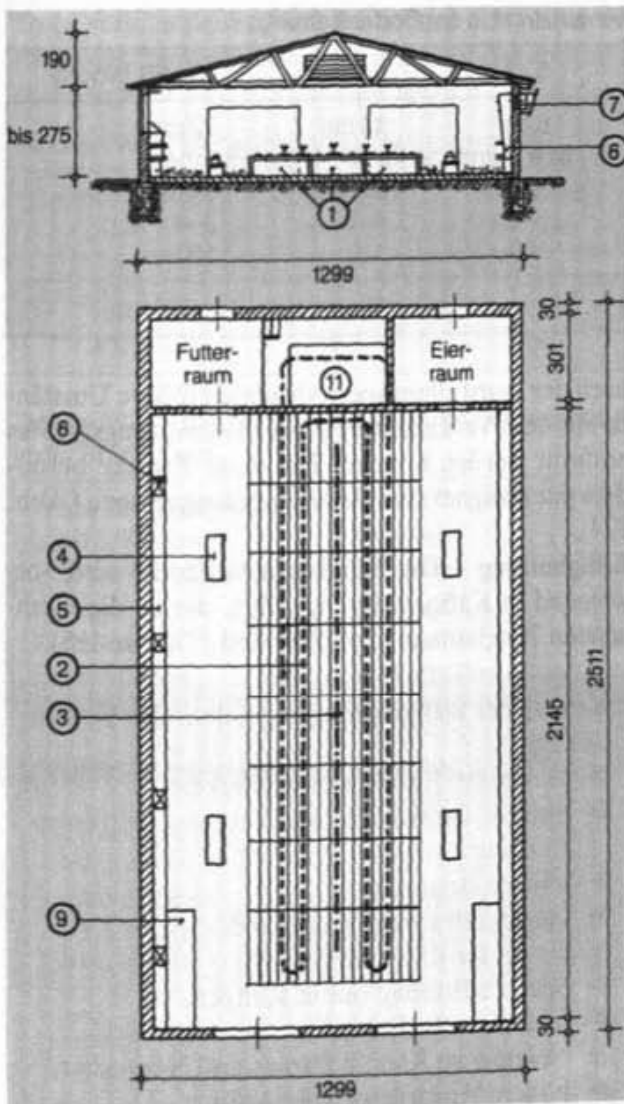


Abb. 521 Bodenhaltung von Legehennen für 1600 Tiere (Maße in cm). 1 = Kotgrube, 2 = Automatisches Futterband, 3 = Automatische Durchlauftränke, 4 = Futtertrog für Grit und Muschelschalen, 5 = Legenester, 6 = Ablutschacht, 7 = Ventilator mit Regler, 8 = Frischluft-Zufuhr, 9 = Staubbad, 10 = Futterraum, 11 = Futterbereiter, 12 = Eierraum.

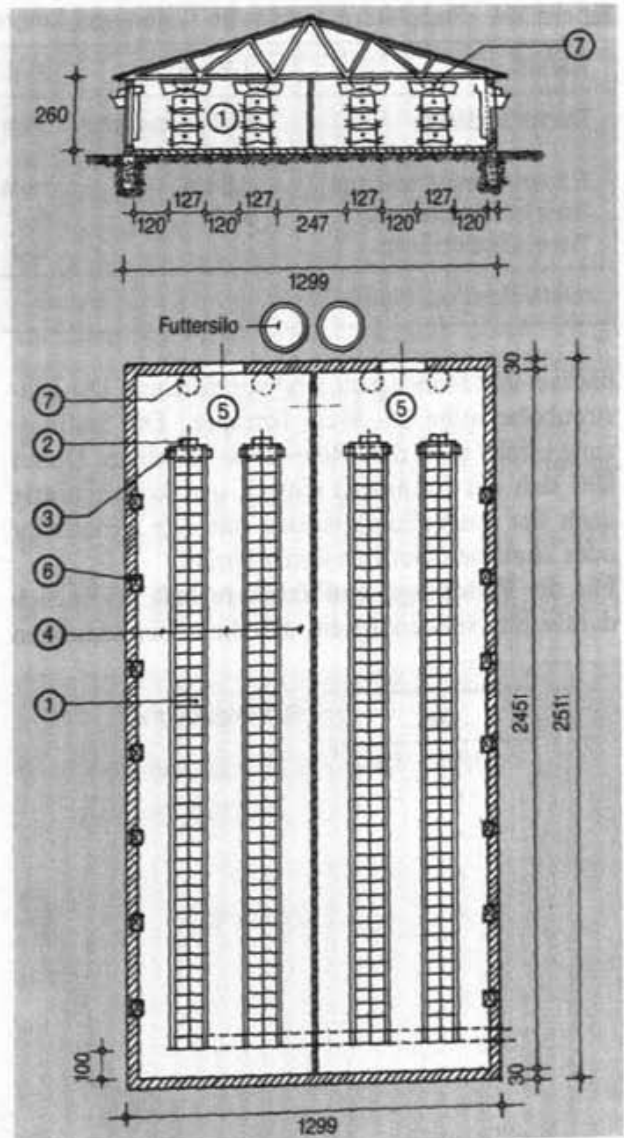


Abb. 523 Batteriehaltung mit drei Etagen für ca. 4800 Tiere (Maße in cm). 1 = Batterien, 2 = Motoren, 3 = Futterwagen, 4 = Bedienungsgänge, 5 = Platz für Futter- und Eieraufbewahrung, 6 = Be- und Entlüfter, 7 = Wasservorratsbehälter mit Zu- und Ablauf.

Bei der Junghennenaufzucht sind Boden- und Käfighaltung möglich.

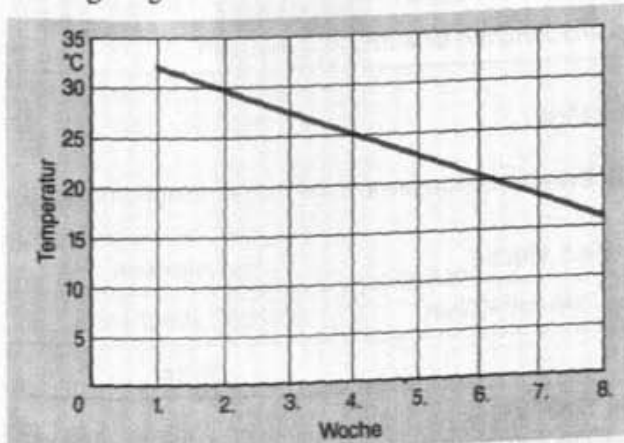


Abb. 522 Stalltemperatur bei der Junghennenaufzucht.

Bodenhaltung – In den Tabellen 193 und 194 (Seite 408) sind *verfahrenstechnische Kenndaten* der Küken- und Junghennenaufzucht in Bodenhaltung dargestellt.

Hinsichtlich der **Einstreu** gilt in der Junghennenaufzucht in Bodenhaltung ähnliches wie bei den Legehennen. Sie muß scharffähig bleiben. Kurzes Stroh-

Tabelle 193 Flächenbedarf der Küken- und Junghennenaufzucht in der Bodenhaltung (Einstreu: Strohhacksel, Hobelspäne auf trockenem Sand als Unterlage).

Tieralter	Besatzdichte Tiere/m ²	Stallfläche cm ² /Tier
bis 6. Woche	17–20	500
7.–18. Woche	8–10	1000

Tabelle 194 Freßplatz und Tränke bei Küken- und Junghennenaufzucht in der Bodenhaltung.

Tieralter	1. Woche	2.-4.	5.-8.	9.-15.	16.-20. Woche
Trogseitenlänge	Wellpappe oder Eierhorde	3 cm	6 cm	10 cm	12 cm
Tränkrinnenseitenlänge	0,5 cm	1 cm	1,5 cm	2,5 cm	3 cm
Tiere je Nippeltränke	6-7	6-7	5-6	4-5	3-4
Tiere je Rundtränke		150	120	120	100
relative Luftfeuchte 60-70%					

häcksel und Hobelspäne sind vorzuziehen. Die Einstreuhöhe sollte 25-30 cm betragen. Die Stallnutzung erfolgt nach dem Rein-Raus-Verfahren. Daher läßt sich das Entmisten einfach und kostengünstig nach der Aufstellungsperiode mit dem Frontlader oder ähnlichen Geräten durchführen.

Für die **Fütterungs- und Tränketchnik** ergibt sich daraus die Notwendigkeit, daß diese Einrichtungen

nach der Aufstellungsperiode ohne größere Umstände aus dem Verkehrsbereich des Entmistungsgertes entfernt werden können. Für diese Zwecke besonders gut geeignet sind Rohr-Rundtroganlagen (Abb. 524).

Käfighaltung - Die Junghennenaufzucht wird vorwiegend in Käfigen durchgeführt, die an die wachsenden Junghennen anpaßbar sind (Tabelle 195).

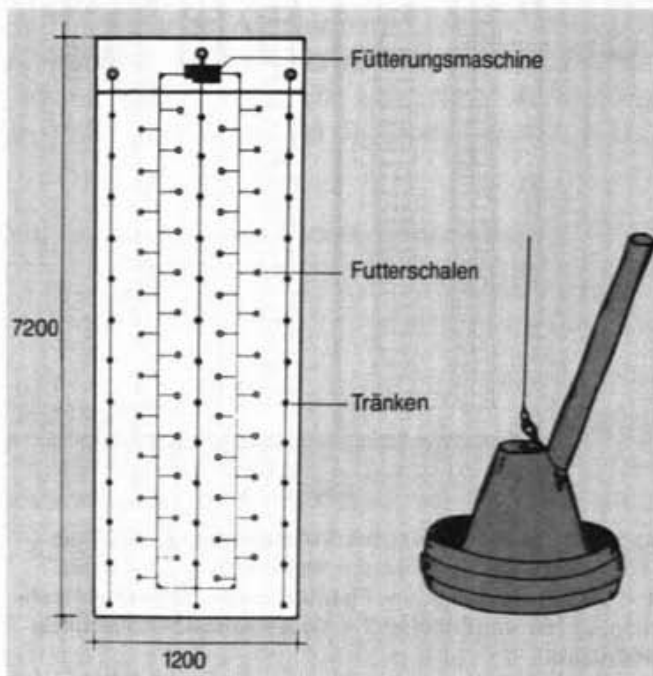


Abb. 524 Aufzucht- und Maststall mit Rohr-Rundtroganlage für Junghennen (Maße in cm) (links); Rundtrog der Rohr-Rundtroganlage (rechts).

Vorteile der Käfighaltung gegenüber der Bodenhaltung:

- ▶ Geringere Krankheitsanfälligkeit,
- ▶ bessere Gewichtsentwicklung und Futtermittelerwertung,
- ▶ höhere Besatzdichte,
- ▶ verringerter Arbeitsaufwand.

Nachteile der Käfighaltung:

- ▶ Spätere Haltung nur in Käfigen,
- ▶ schlechtes Federkleid,
- ▶ Neigung zu Kannibalismus und Nervosität,
- ▶ höhere Ansprüche an Stallklima.

5.3 Broilermast

Die Broilermast wird in Bodenhaltung durchgeführt. Die Stalleinrichtung entspricht weitgehend der der Bodenhaltung in der Junghennenaufzucht (Tabelle 196 und 197).

Tabelle 195 Verfahrenstechnische Kenndaten für die Küken- und Junghennenaufzucht in Käfigen.

Verfahren:	Verfahrenstechnische Kenndaten		
	bis 5. Woche	bis 8. Woche	bis Legereife
<ul style="list-style-type: none"> ▶ 5-6 Wochen Bodenaufzucht, anschließend Umstallen in Käfige ▶ gesamte Aufzucht in Käfigen: <ul style="list-style-type: none"> a) Anlage Eintagsküken mit Anpassung der Futter- und Tränkeeinrichtungen an wachsende Junghennen b) getrennte Küken- und Junghennenbatterien 			
Flächenbedarf	130 cm ² /Küken	mind. 180 cm ² /Küken	330 cm ² /Junghenne
Käfighöhe	27 cm	-	35 cm
Freßplatzbedarf wie Bodenhaltung, ebenso Rinnentränke (s. Tabelle 194)			
Nippeltränke		6-8 Küken/Nippel	5-6 Junghennen/Nippel

Trotz verschiedener Vorteile konnte sich bisher die Käfighaltung wegen des Auftretens der qualitätsmindernden Brustblasen nicht einführen.

Tabelle 196 Flächenbedarf in der Broilermast.

Lebendmasse g/Tier	Besatzdichte Tiere/m ²	Stallfläche cm ² /Tier
1500	18	550
1800	16	630
2000	14	700

Tabelle 197 Freßplatz, Tränken und Raumtemperatur in der Broilermast.

Tröge (Trogseitenlänge) bis 3. Woche ab 3. Woche	3 cm/Tier 6 cm/Tier
Rundtröge	50 Tiere/Trog
Futterketten	2–3 cm/Tier
Rinnentränke	1–1,5 cm/Tier
Rundtränken	100 Tiere/Tränke Entfernung zwischen Futtertrog und Tränke max. 2 m
Raumtemperatur 1. Woche wöchentliche Absenkung ab 5. Woche	30° C 1–2 K 21° C

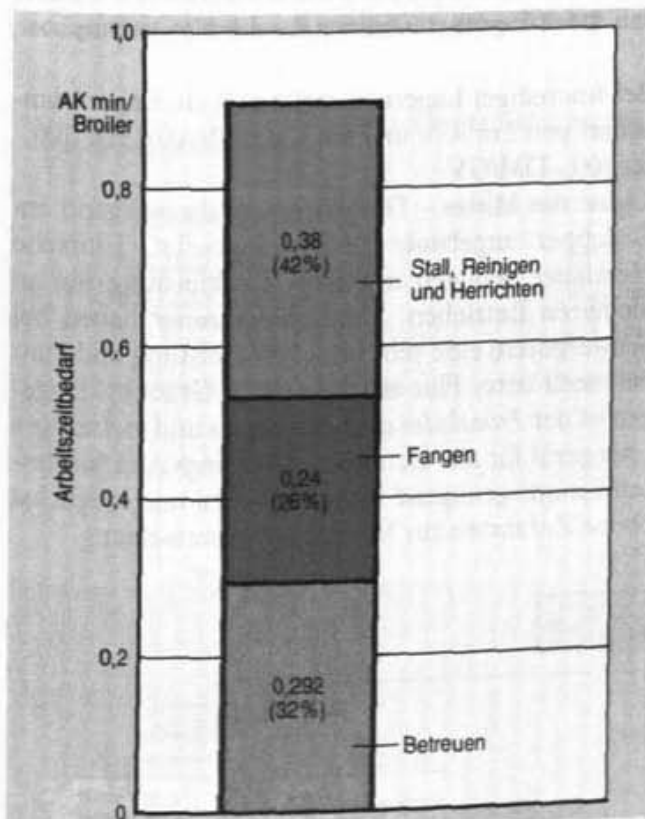


Abb. 525 Arbeitszeitbedarf in der Broilermast.

Aufgrund der vollautomatischen Versorgung der Tiere reduziert sich der **Arbeitsaufwand** auf die Kon-

trollgänge. Den Mastbetrieb belastet vor allem die bei Ende der Mastperiode anstehende Arbeitsspitze, verursacht durch:

- ▶ Einfangen der ausgemästeten Tiere,
- ▶ Entmisten,
- ▶ Reinigen und Desinfizieren,
- ▶ Einstreuen,
- ▶ Aufstallen der Küken.

Obwohl eine Verstärkung des Arbeitskräftebesatzes für diese Zeit unvermeidlich ist, z. B. durch »Fangkolonnen«, können verbesserte technische Einrichtungen zur Entlastung beitragen:

- ▶ Lichtstärkereduzierung zum besseren Einfangen, hochziehbare Fütterungsanlage, um die Frontladerentmistung zu ermöglichen;
- ▶ Förderbänder zum Transportieren der Fangkästen;
- ▶ Hochdruckreiniger zur schnelleren Säuberung.

6 Verfahren für Fest- und Flüssigmist

Bei der tierischen Produktion fällt Düng als Nebenprodukt an. Stallung hat einen erheblichen Gehalt an organischer Substanz und Pflanzennährstoffen (Tabelle 198). Eine gezielte umweltfreundliche Nutzung muß daher angestrebt werden.

Tabelle 198 Nährstoffgehalte von Fest- und Flüssigmist (Durchschnittswerte nach VETTER, KLASINK u. a.).

	N kg/m ³	P ₂ O ₅ kg/m ³	K ₂ O kg/m ³
frischer Festmist (7 dt/m ³)			
Rindvieh	2,8	1,4	3,5
Schweine	3,9	5,3	3,5
Flüssigmist			
Rindvieh (10% TM)	4,7	2,4	5,9
Schweine (10% TM)	6,7	5,8	3,7
Hühner (15% TM)	10,7	9,5	4,8

Probleme entstehen bei der Ausbringung dann, wenn Oberflächen- oder Grundwasser verunreinigt wird. Im allgemeinen besteht diese Gefahr nicht, wenn das übliche Maß der Düngung nicht überschritten wird, also die im Stallung enthaltenen Nährstoffmengen auf den Bedarf und die Verwertungsmöglichkeit der Pflanzen abgestimmt sind. Flüssigmist enthält leicht lösliche N-Verbindungen, die bei unsachgemäßem Ausbringen zu einer Nitratbelastung des Grundwassers führen können.

Im Rahmen des **Vollzugs des Abfallbeseitigungsgesetzes** haben einzelne Bundesländer Vorschriften erlassen mit dem Ziel, vor allem Flüssigmist zur Düngung einzusetzen. Unter anderem werden mengenmäßige und zeitliche Ausbringungsgrenzen gesetzt. Bei den **Mengenbegrenzungen** geht man von der Obergrenze für das übliche Maß der landwirtschaftlichen Düngung aus und legt danach die Tierbestandsgröße fest (z. B. Erlaß in Niedersachsen: 3 Dungeinheiten/ha). Eine Dungeinheit entspricht einer Nährstoffmenge von 80 kg N und 70 kg P₂O₅ (Tabelle 199).

Tabelle 199 Beispiel für die Festlegung der Tierzahlen pro Dungeinheit (Güllelaß des Landes Niedersachsen).

Tierart bzw. Tiergruppe	Zahl der Tiere je Dungeinheit
Rinder über 2 Jahre	1,5
Jungrinder über 3 Monate bis 2 Jahre	3,0
Kälber bis 3 Monate	9,0
Zuchtsauen mit Ferkeln bis 20 kg	3,0
Schweine über 20 kg	7,0
Legehennen	100,0
Junghennen	200,0
Masthähnchen	300,0
Mastenten	150,0
Mastputen	100,0

Die **zeitlichen Begrenzungen** verfolgen das Ziel, während der Zeit der überwiegenden Grundwasserneubildung (Oktober bis Februar) die Belastung von Grund- und Oberflächenwasser zu vermeiden. Dies setzt beim Tierhalter ausreichende Lagerkapazitäten für mindestens vier, besser sechs Monate voraus.

6.1 Festmist

Festmist entsteht durch die Bindung des Kotes und eines Teils des Harns mit Einstreu (Abb. 526). Bei Festmistbereitung wird Harn weitgehend vom Kot getrennt abgeleitet.

Lagerung – Die erforderliche Dunglagerfläche richtet sich nach der *Mistkonsistenz* (stroh- oder kotreich, 5–10 dt/m³), der *Stapelhöhe*, die über das Entmistungsverfahren vorgegeben ist (2,5–5 m) und nach der *Lagerzeit*.

Im allgemeinen reicht eine *Dungplatte* mit 1,5–2 m²/GV aus. Bei 6monatiger Lagerzeit und strohreichem Mist kann aber auch eine Fläche von 3–4 m²/GV erforderlich werden. Die Dungplatte sollte ebenerdig angelegt sein und für das Laden des Mistes zumindest auf einer Seite zugänglich sein. Holzfaschinen an den übrigen Seiten erleichtern das Stapeln (Abb. 527). Der Kapitalbedarf für eine so eingerichtete Festmistlagerung beträgt ca. 50 DM/m² bzw. 100,- bis 200,- DM/GV.

Der Harn muß aufgefangen und in eine *Jauchegrube* abgeleitet werden. Allgemein rechnet man mit einem Jauchelagererraumbedarf von 0,5 m³/GV und Monat.

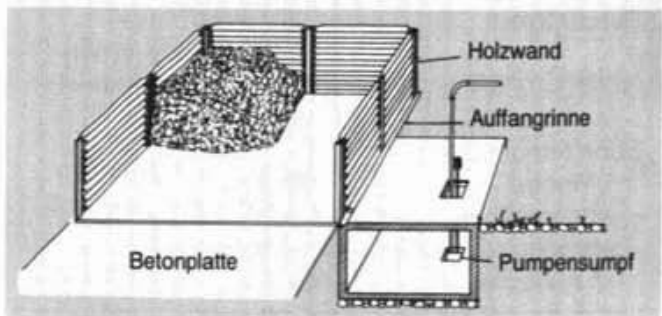


Abb. 527 Dungstätte für Festmist einschließlich Jauchegrube.

Bei 4monatiger Lagerzeit ergibt sich ein Lagerraumbedarf von 2 m³/GV und ein Kapitalbedarf von 200,- bis 300,- DM/GV.

Laden des Mistes – Dafür werden überwiegend am Schlepper angebaute Lader eingesetzt. Einfache *Hecklader* genügen mit ihrer Ladeleistung nur in kleineren Betrieben. *Heckschwenklader* haben bei Schwergütern eine sehr hohe Ladeleistung und können auch unter Flur arbeiten (z. B. Gräben). Dagegen ist der *Frontlader* ein preiswertes und vielseitiges Ladegerät für alle Betriebe. Allerdings sind für dessen Einsatz genügend Rangierflächen und möglichst ebene Zufahrten zur Miststätte Voraussetzung.

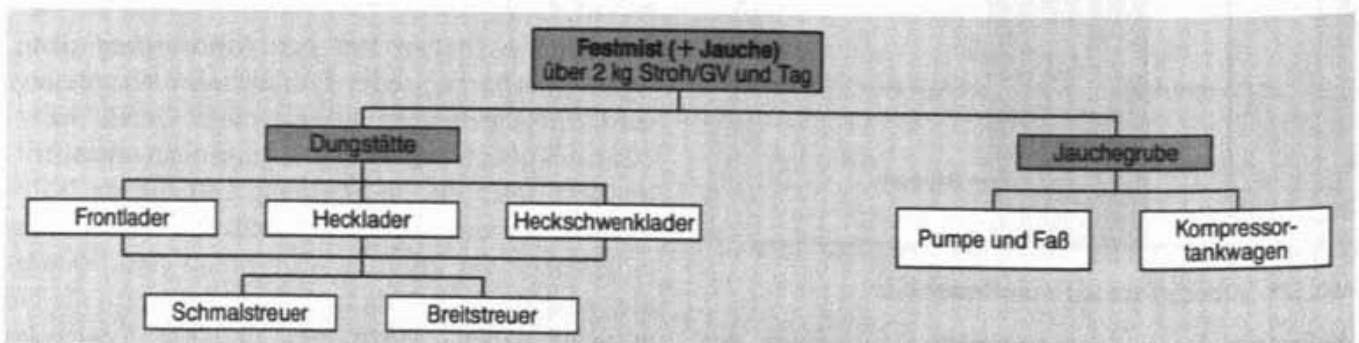


Abb. 526 Übersicht über Festmist- und Jauchelagerung und -ausbringung.

Bauart	Hecklader	Heckschwenklader	Frontlader
Ladeleistung dt/h	140–170	200–300	180–250
Güter	Mist, Erde	Mist, Rüben und Rübenblatt, Erde	Mist, Rüben und Rübenblatt, Erde, Futter und Silage
Einsatzbedingungen	eben	eben, unter Flur	eben
Preis DM	2500–3500	10000–13000	5000–7000
Bedienung	schwierig	leicht	mittel

Abb. 528 Vergleich verschiedener mobiler Ladegeräte für Festmist.

Ausbringen des Mistes – Hier finden **Miststreuer** Verwendung, die als Universalwagen mit Kratzboden auch zu anderen Arbeiten eingesetzt werden können.

Aufbau und Arbeitsweise des *Streuaggregates* bestimmen das Streubild (Abb. 529). Als Streuelemente dienen Streuschnecken mit außenliegenden Fräsmessern oder Verzahnungen. Daneben kommen Walzen mit aufgeschweißten Fräsarmen und auch pendelnd angebrachte Streuzinken zum Einsatz.

Der *Leistungsbedarf* wird hauptsächlich von der Plattformgröße bzw. der damit zusammenhängenden Nutzmasse bestimmt (Tabelle 200, Seite 412).

Die Mechanisierung der **Jaucheausbringung** bestand früher aus einer Jauchepumpe und den Jauchefässern, die häufig auf vorhandene Transportfahrzeuge aufgesetzt wurden.

Neuerdings werden zur Jaucheausbringung zunehmend auch preiswerte Kompressortankwagen eingesetzt.

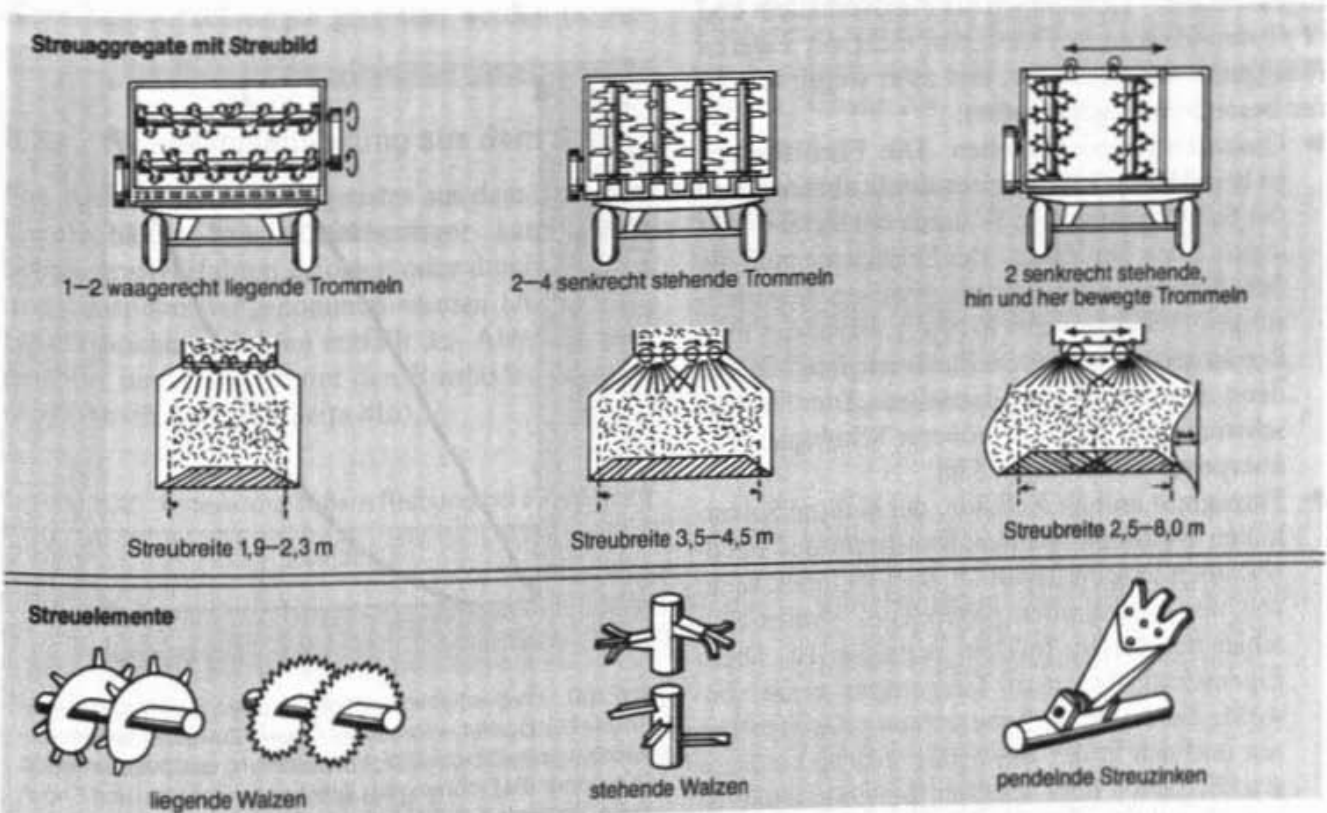


Abb. 529 Streuaggregate, Streubilder und Streuelemente von Stallungstreuern.

Tabelle 200 Nutzmasse, Plattformgröße und Stützlast für Stallungstreuer.

Plattformgröße L × B	m	ca. 3,50 × 1,50	ca. 4,00 × 1,75	ca. 4,50 × 1,75
Nutzmasse	t	2–3,2	3,5–4,5	5,0
zulässige Stützlast	N	ca. 7000	ca. 8000	ca. 10 000

Tabelle 201 Vergleich der Geräte für die Festmistausbringung.

Geräte	Streuleistung dt/min	erforderliche Leistung kW	Kapitalbedarf DM
Miststreuer			
3 t Einachser	3–20	25	11 000–12 600
4 t Einachser	3–25	32	12 000–17 000
6 t Zweiachser	3–25	50	18 000–23 000
Jauchepumpe	–	1–5	1 500– 2 500
Jauchefaß 3 m ³	0,8–1,2	6–7 ¹⁾	3 000– 4 000
Kompressortankwagen 3 m ³	1,0–1,5	6–7 ¹⁾	ca. 8 000

¹⁾ kW/m³ Fassungsvermögen.

6.2 Flüssigmist

Bei Flüssigmist handelt es sich um ein Gemisch aus Kot, Harn, eventuell Wasser, Einstreu- und Futterresten. Auch bei Haltungsverfahren mit Einstreu kann Flüssigmist erzeugt werden, wenn die Einstreu aus Strohhäcksel oder Strohmehl besteht und 1,5 kg/GV und Tag nicht übersteigt.

Eigenschaften – Hinsichtlich des Fließverhaltens und der Pumpfähigkeit ist Flüssigmist nicht mit anderen Flüssigkeiten vergleichbar, und zwar wegen folgender besonderer Eigenschaften:

- ▶ Quasiplastisches Verhalten: Die Fließfähigkeit ist bei üblichen Flüssigkeiten direkt abhängig von der Schubspannung, z. B. durch ein Gefälle oder durch einen Staudruck. Bei Flüssigmist muß die Schubspannung zuerst einen gewissen Wert übersteigen (Fließgrenze = 10 N/m²), bevor das Fließen einsetzt. Das weitere Fließverhalten läßt sich dann in einer Kurve darstellen. Die Fließgeschwindigkeit steigt bei höherer Schubspannung überproportional (Abb. 530).
- ▶ Flüssigmist enthält Kolloide, die in ihren Solvathüllen Wasser aufnehmen. Konsistenz und Fließverhalten hängen davon ab, wieviel freies, nicht von den Solvathüllen gebundenes Wasser zwischen den festen Teilchen verfügbar ist. Diese Eigenschaft, die man Thixotropie nennt, bewirkt, daß Stoffe im Ruhezustand gelartig erstarren und sich in der Bewegung solartig verflüssigen. Stehende oder langsam fließende Gülle ist deshalb zähflüssiger als schnell fließende Gülle.

- ▶ Biologischer Abbau durch Lagerzeit und höhere Temperatur: Der Trockenmassegehalt bleibt dabei nahezu unverändert, während sich die Fließfähigkeit (Güllekonsistenz, Abb. 531) wegen des Abbaus der grobfasrigen Teile durch die Mikroorganismen verbessert. Die Folge: Teilweise abgebauter Flüssigmist hat eine höhere Fließge-

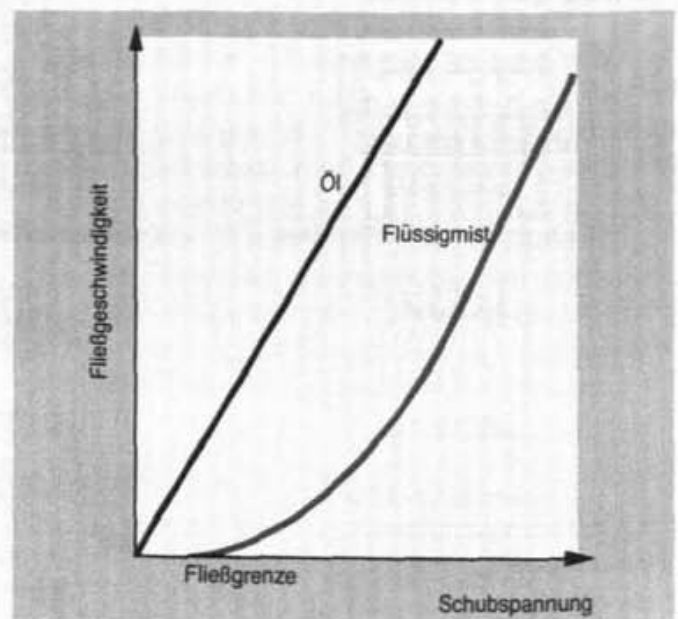


Abb. 530 Fließverhalten einer reinviskosen Substanz (Beispiel: Öl) und Flüssigmist; während bei Öl jeder Zuwachs der Schubspannung eine Geschwindigkeitsänderung auslöst, bewirkt bei Flüssigmist die Erhöhung der Schubspannung von 0 auf F noch keine Geschwindigkeitsänderung. Erst darüber setzt der Fließvorgang ein.

schwindigkeit und läßt sich leichter pumpen. Während der Lagerung kann dieser Vorgang durch Einbringen von Luftsauerstoff in den Flüssigmist beschleunigt werden.

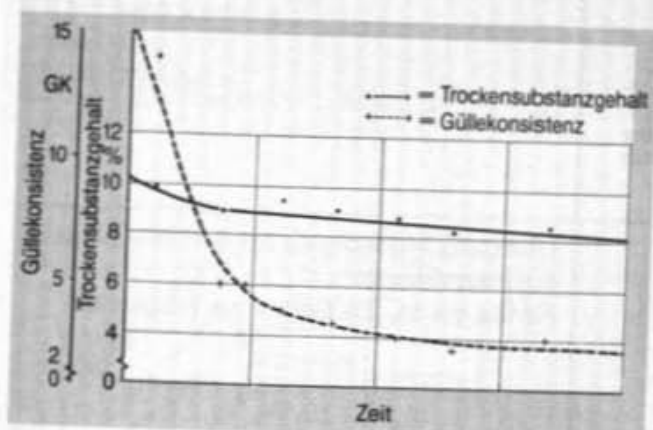


Abb. 531 Trockensubstanz- und Gülleconsistenzverlauf beim biologischen Abbau (nach ZEISIG).

Folgerungen – Die für die Planung von Flüssigmistsystemen wichtigsten Eigenschaften lassen sich in dem Begriff »innere Reibung« zusammenfassen. Darüber hinaus hemmt auch die äußere Reibung (z. B. Kanalwände) den Abfluß (Tabelle 202).

Bei Flüssigmist entstehen **Gärgase**, von denen Schwefelwasserstoff (H_2S) besonders gefährlich ist. Schwefelwasserstoff tritt dann in lebensgefährlichen Konzentrationen auf, wenn Flüssigmist bewegt wird (z. B. Ablassen aus Staukanälen, Aufrühren zum Mischen). Um Unfälle zu vermeiden, müssen geeignete Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden (s. Abschnitt 6.2.1 und 6.2.2).

6.2.1 Flüssigmistableitung aus dem Stall

Die Ableitung des Flüssigmistes aus dem Stall zum Lagerbehälter bzw. Zwischenlager kann durch Schwerkraftverfahren erfolgen oder durch Pumpen und Umspülen vorgenommen werden (Abb. 532). Beim Speicherverfahren entfällt das Ableiten, weil der Mist unmittelbar unter den Rostböden gelagert wird (Abschnitt 6.2.2, Seite 416).

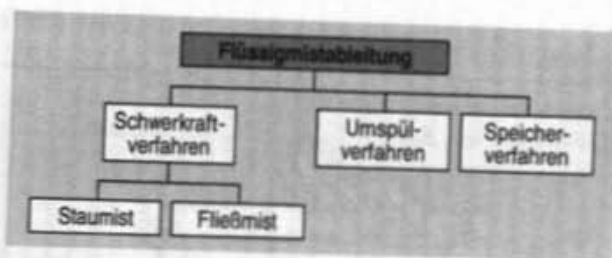


Abb. 532 Verfahren der Flüssigmistableitung.

Staumistverfahren – Dabei wird der Flüssigmist je nach Kanaltiefe mehrere Tage oder Wochen im Stall zwischengelagert. Ein Schieber staut den Flüssigmist je nach Fassungsvermögen der Kanäle eine bestimmte Zeit auf. Für die Überleitung in verschiedene Kanalabschnitte gibt es unterschiedliche Ableitungsmöglichkeiten (Abb. 534, Seite 414).

Fließmistverfahren – Bei diesem Verfahren läuft der Mist kontinuierlich ab. Über einer *Flüssigkeitsgleitschicht* bauen sich die festen Dungbestandteile so auf, daß deren Oberfläche vom Kanalbeginn bis zum Kanalende schräg abfällt (Abb. 533). Dieser Anstau bewirkt einen hydrostatischen Druck, der eine Schubspannung aufbaut. Der Fließvorgang setzt ein, sobald die Schubspannung groß genug ist, um innere und äußere Reibung zu überwinden. Dung, der in den Kanal fällt, bringt eine entsprechende Menge am Kanalende zum Überlauf. Um die Flüssigkeitsgleitschicht zu erhalten, wird am Ende jedes Kanalabschnittes eine 10–15 cm hohe *Stauase* angebracht. Die Kanalsole weist kein Gefälle auf. Durch den schrägen Dunganstau, der für die Überwindung der Fließgrenze und das Abfließen erforderlich ist, müssen Kanaltiefe und -länge aufeinander abgestimmt werden (Tabelle 204, Seite 415).

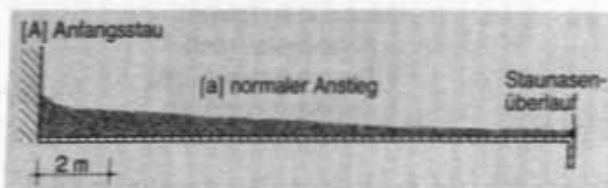


Abb. 533 Flüssigmistanstau beim Fließmistverfahren.

Tabelle 202 Innere und äußere Reibung bei Flüssigmist.

	Einfluß	Möglichkeiten der Verringerung
innere Reibung	faserige Futterreste, Zeit und Temperatur, Mistanfall (Fließgeschwindigkeit)	Futterreste sollen nicht in den Kanal gelangen; Konsistenzabbau mit zunehmender Verweildauer des Mistes im Kanal, tiefe Stalltemperaturen vermeiden
äußere Reibung	Anteil der Reibungsfläche, Oberflächen-gestaltung	glatte Wand- und Bodenflächen im Ableitungssystem, keine Hindernisse, große Rohrquerschnitte

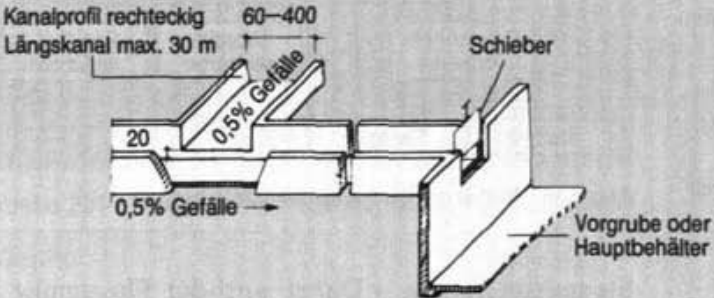
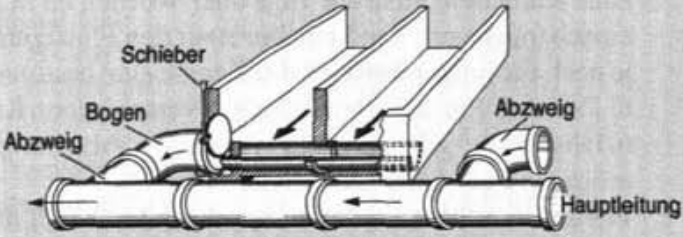
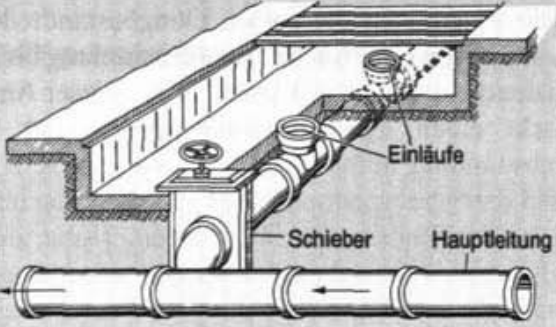
Ableitungsverfahren	Merkmal
 <p>Kanalprofil rechteckig Längskanal max. 30 m 60–400 20 0,5% Gefälle 0,5% Gefälle Schieber Vorgrube oder Hauptbehälter</p>	<p>Übergang: Querkanal zu Längskanal; Schieber am Ende des Längskanals</p>
 <p>Schieber Abzweig Bogen Abzweig Hauptleitung</p>	<p>Übergang: Halbschalen mit Schieber parallel zur Hauptleitung; Kanäle mit ca. 2% Gefälle zur Halbschale</p>
 <p>Einläufe Schieber Hauptleitung</p>	<p>Übergang: Stichleitung mit T-Stücken und Schieber; Hauptleitung im rechten Winkel zur Stichleitung; Kanal tiefe nur 40 cm; Kanal ohne Gefälle; T-Stücke ragen 0,5–1 cm aus dem Kanalboden</p>

Abb. 534 Beispiele für die Ableitung beim Staumistverfahren (Maße in cm).

Die **Kanaltiefe** bzw. die Tiefe des Kanalabschnittes läßt sich nach folgender vereinfachter Formel berechnen:

$$\begin{aligned} \text{Kanaltiefe (cm)} = & (\text{Kanallänge} - 2 \text{ m}) \times \text{normaler} \\ & \text{Dunganstieg (cm/m)} \\ & + \text{Anfangsstau (cm)} \\ & + \text{Staunasehöhe (cm)} \\ & + \text{Überlaufhöhe (cm)} \end{aligned}$$

Tabelle 203 Kennwerte für die Berechnung von Fließmistkanälen.

Stall für	Anfangsstau cm	normaler Anstieg cm/m	Überlauf- höhe cm
Milchvieh	40	1,5	10–20
Rinder	55	2,0	10–20
Schweine	40	1,8	5–10

Lange Kanäle werden in Abschnitte aufgeteilt (Abb. 536), um Kanaltiefe zu sparen, die Gleitschicht auf der Kanalsole sicherer halten zu können und den Flüssigmiststrom zum Abreißen zu bringen.

Anstelle des bei Längskanälen üblichen rechteckigen Kanalprofils können zur Querableitung auch Steinzeugrohre und -schalen eingesetzt werden (Abb. 536). Die Rohrdurchmesser hängen von der Konsistenz des Flüssigmistes ab (250–400 mm).

Umspülverfahren – Dabei wird Wasser oder behandeltes Flüssigmist in die ca. 40 cm tiefen Kanäle gepumpt. Das Wasser bzw. der Flüssigmist transportiert den Frischmist zum Lagerbehälter. Die Spüleleitungen sind fest im Stall verlegt. Stichleitungen führen von einer Hauptleitung unter den Rostboden am Anfang der Kanäle (Abb. 535).

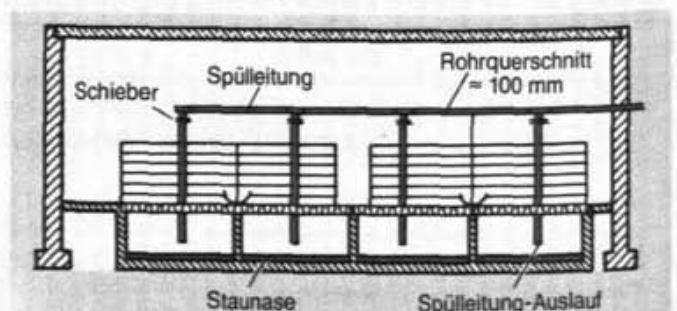


Abb. 535 Leitungsführung beim Umspülverfahren.

Tabelle 204 Mindestkanaltiefe in cm (Abstand Unterkante Rost oder Spaltenboden bis Kanalsohle) (ALB).

Stall für	bei Kanallängen von ... Metern					
	15	20	25	30	35	40
Mastbullen und Jungvieh (bei Maissilage- bzw. trockener Fütterung)	85	100	115	130	145	160
Milchkühe	80	90	105	115	130	140
Mastschweine	50	54	58	62	66	70

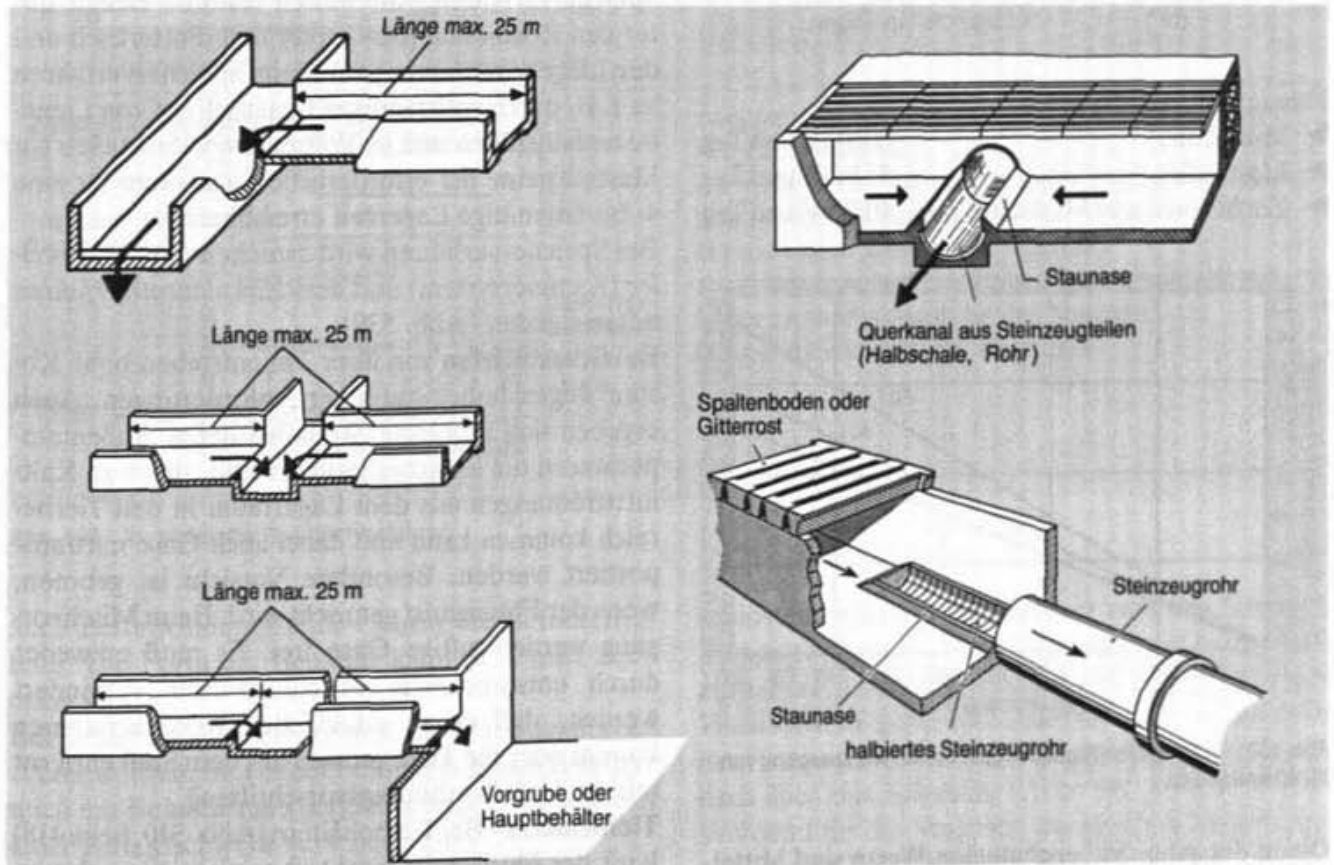


Abb. 536 Fließmistableitung in Kanälen (links) und Rohren (rechts).

Tabelle 205 Vergleich der Verfahren der Flüssigmistableitung.

Verfahren	Merkmale	Zuordnung
Staumistverfahren	regelmäßige Kanalentleerung, eventuell Wasserzusatz, zusätzlicher Arbeitsaufwand, z. T. flache Kanäle	Kälberställe, Ferkelställe, Zuchtsauenställe, Mastschweineeställe
Fließmistverfahren	sichere Funktion, auch bei zäheren Mistkonsistenzen, kein Arbeitsaufwand, geringere Hygiene	Milchviehställe, Mastbullenställe, eventuell Mastschweineeställe
Umspülverfahren	sichere Funktion, zusätzlicher Leistungs- und Energiebedarf für das Entmisten, Wasserverbrauch oder Flüssigmistbehandlung, flache Kanäle	Schweinemast

6.2.2 Flüssigmistlagerung

Die gezielte Anwendung des Flüssigmistes als Düngemittel erfordert dessen Lagerung bis zum passenden Anwendungszeitpunkt. Das **Fassungsvermögen** des oder der Lagerbehälter hängt neben der Lagerzeit von der Tierart und der Tierzahl ab. Der Nettolagererraum errechnet sich nach folgender Formel:

$$\text{Flüssigmist-lagererraum (m}^3\text{)} = \frac{\text{Tagesmenge/GV (m}^3\text{)} \times \text{Tierzahl in GV}}{\text{Lagerzeit in Tagen}}$$

Flüssigmisterzeugung:

- ▶ Milchkühe 50 l/GV und Tag
- ▶ Mastbullen 35 l/GV und Tag
- ▶ Zuchtsauen und Mastschweine 40 l/GV und Tag

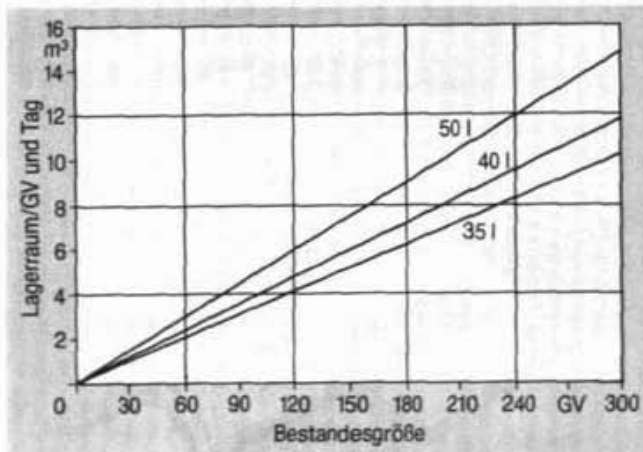


Abb. 537 Flüssigmist-Tagesmengen bei einer Erzeugung von 35, 40 und 50 l/GV.

Die in der Abb. 537 enthaltenen Werte sind Mittelwerte, die in Abhängigkeit von der Leistung bzw. von der Fütterung variieren können und geringe Mengen Reinigungswasser berücksichtigen. Zusätzliches Plansch- oder Verlustwasser, das von Reinigungsarbeiten oder von anderen Quellen kommt, muß zu diesen Werten hinzugerechnet werden (z. B. Gitterrostaufstallung: bis zu 10 l/Kuh und Tag, Mastschweinestall mit Hochdruckreiniger 20–40 l/Mastschwein).

Um Flüssigmist als Dünger einsetzen zu können, sollte die **Lagerzeit** mindestens 4 Monate, besser aber 6 Monate betragen.

Flüssigmistbehälter müssen so gebaut werden (flüssigkeitsdicht), daß eine Grundwasserverschmutzung ausgeschlossen ist. Bei den Lagerbehältern unterscheidet man Tief- und Hochbehälter, die eine unterschiedliche Bauweise und Bedienung erfordern und entsprechende Rückwirkung auf die Mechanisierung haben.

Speicherverfahren – Sie weisen vertiefte Kanäle unter den Rostböden (bzw. unter dem Futtertisch und den Liegeboxenreihen) auf. Beim Speicherverfahren ist z. B. durch vollständiges Unterkellern von Liegeboxenlaufställen und in Vollspaltenbodenställen für Mastschweine der erforderliche Lagererraum für eine 4- bis 6monatige Lagerzeit erreichbar.

Bei Speicherverfahren wird zwischen dem *Güllekel-ler* (Kammersystem) und dem *Zirkulationsverfahren* unterschieden (Abb. 539).

Bei **Schachttiefen** von über 2 m entstehen hohe Kosten wegen hoher statischer Anforderungen. Auch ergeben sich Probleme, wenn bei tiefen Außentemperaturen die Speicher entleert sind, da es zu Kaltluftströmungen aus dem Lagererraum in den Tierbereich kommen kann und dabei auch Gase mittransportiert werden. Besondere Vorsicht ist geboten, wenn der Flüssigmist gemischt wird. Beim Mischvorgang werden giftige Gase frei. Es muß entweder durch entsprechende Frischluftzufuhr verhindert werden, daß es zu schädlichen Konzentrationen kommt oder die Tiere müssen aus dem Stall entfernt sein (s. Unfallverhütungsvorschriften).

Tiefbehälter – Bei Tiefbehältern (Abb. 540, Seite 418) läuft der Flüssigmist direkt über einen Geruchsverschluß (Siphon) in den Behälter. Liegt der Behälterrand auf dem Fußbodenniveau des Stalles, so kann sich das Fassungsvermögen des Behälters um bis zu 25% verringern. Die Tiefe dieser Flüssigmistbehälter wird durch die Pumpenbauart begrenzt (häufig 2,5–4 m). Ein Pumpensumpf unter der Entnahmeöffnung ermöglicht die vollständige Entleerung.

Tiefbehälter werden hauptsächlich in Massivbauweise (Ortbeton) erstellt. Daneben eignen sich aber

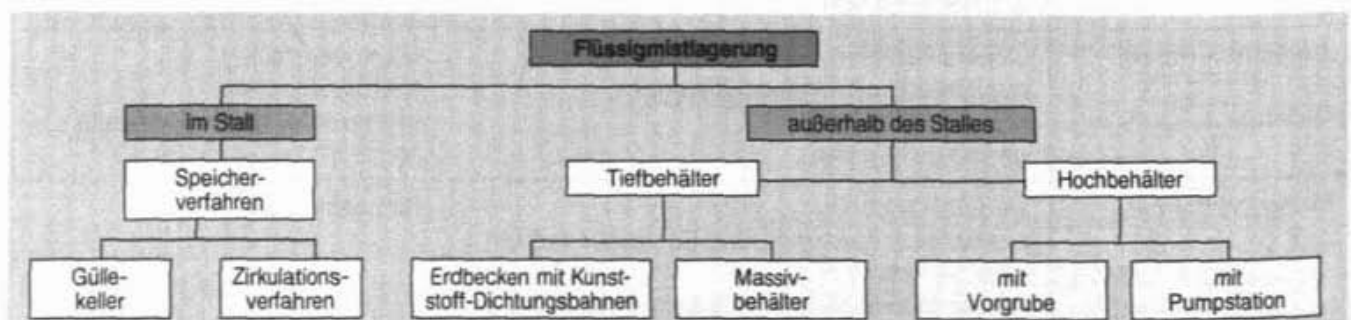


Abb. 538 Einteilung der Lagersysteme für Flüssigmist.

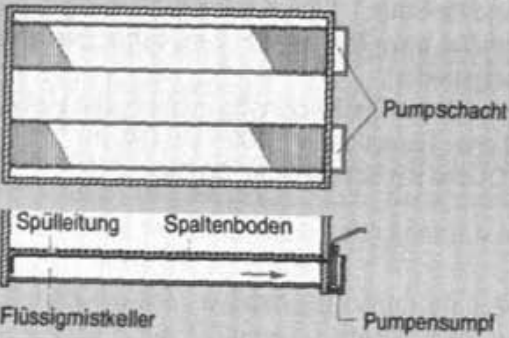
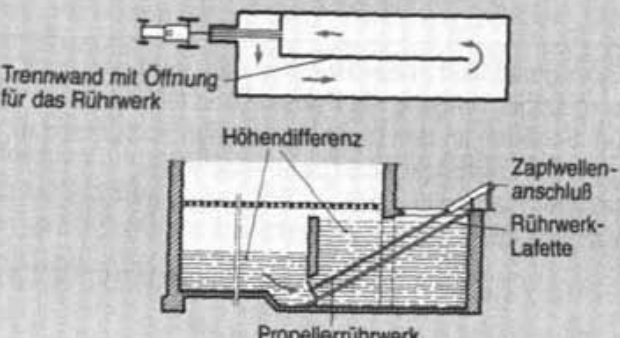
Lagersystem	Kenndaten, Vor- und Nachteile
<p>Gülle Keller (Kammersystem)</p> 	<p>Lagerung unter Spalten- oder Rostböden, außenliegender Entnahmeschacht, begrenztes Fassungsvermögen, schwieriges Mischen; Gasgefahr während des Mischens</p>
<p>Zirkulationsverfahren</p> 	<p>zwei nebeneinanderliegende Kanäle sind zu einem Kreislauf verbunden, Rührwerk in der Trennwand saugt Flüssigmist an und bewirkt Mistzirkulation, Mischen nach jeweils 3–4 Wochen; zusätzlicher Aufwand für das regelmäßige Mischen, hoher Leistungsbedarf für das Mischen; Gasgefahr während des Mischens</p>

Abb. 539 Vergleich der Speicherverfahren.

auch Betonschalungssteine ebenso wie Betonfertigteile. Die Form der Behälter kann rund oder auch eckig sein.

Bei Behältern ohne Decke muß der Unfallschutz beachtet werden, indem der besonders gefährliche Bereich am Behälterranda sorgfältig abgezäunt und mit einer Anfahrswelle versehen wird.

Eine weitere Tiefbehälterform sind *Erdbecken* mit Kunststoff-Dichtungsbahnen. Ihre Genehmigung wird in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich gehandhabt. Z. B. werden u. a. Kontrollbrunnen oder Leckerkennungsdräns gefordert, um die Dichtigkeit überwachen zu können.

Hochbehälter mit Vorgrube – Der Flüssigmist wird in einer Vorgrube aufgefangen und etwa alle zwei Wochen in den Hauptbehälter übergepumpt. Bei der Entnahme aus dem Hochbehälter fließt der Flüssigmist über einen Rücklaufkanal in die Vorgrube zurück. Zum Homogenisieren (Vermischen) wird über die Behälterfülleitung und Röhreinrichtung Flüssigmist aus der Vorgrube so lange umgepumpt, bis der Hauptbehälterinhalt vollständig aufgerührt ist. Bei der Entnahme wird dann der Flüssigmist von der Vorgrube in den Tankwagen gepumpt.

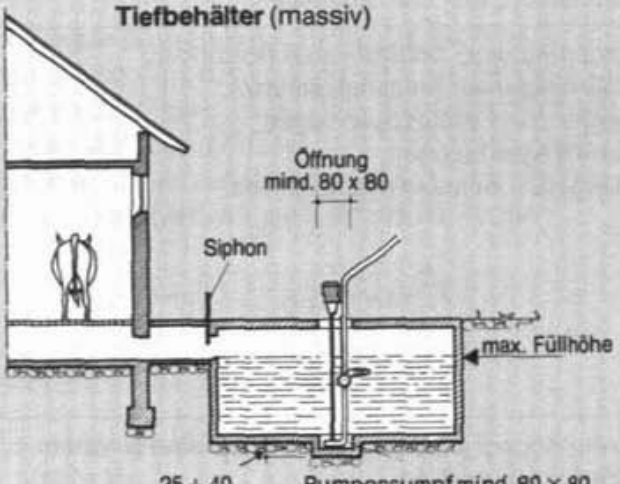
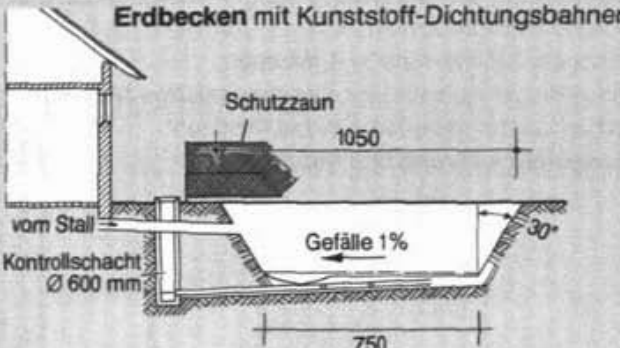
Hochbehälter mit Pumpstation – Die Pumpstation besteht aus einem Gehäuse, auf dem die Pumpe sitzt, und zwei Schiebern. Der Schieber zwischen Hochbehälter und Pumpe bleibt während der Lagerzeit ge-

schlossen, während der Schieber zwischen Stall und Pumpe geöffnet ist. Der Flüssigmist wird in den Stall zurückgestaut und im Abstand von 1–2 Tagen in den Hochbehälter gepumpt. Das Ein- und Ausschalten der Pumpe kann von Hand geschehen oder automatisch über eine Schaltuhr (Abb. 541, Seite 418).

Während für die Vorgrube die gleichen Materialien wie für den Tiefbehälter verwendet werden, sind bei Hochbehältern für die oberirdischen Teile neben Beton auch andere Materialien möglich. So haben sich z. B. Holz- und auch Metallbehälter einführen können. Metallbehälter brauchen einen widerstandsfähigen Korrosionsschutz (Verzinkung, Glasierung, Edelstahl).

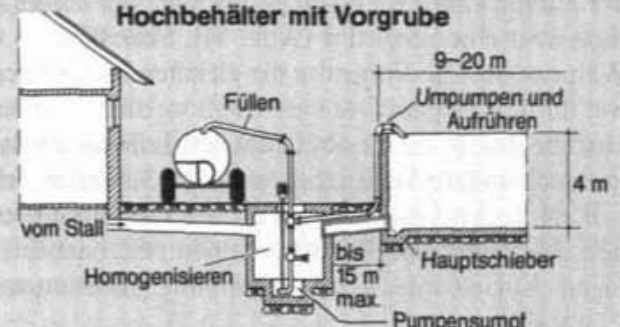
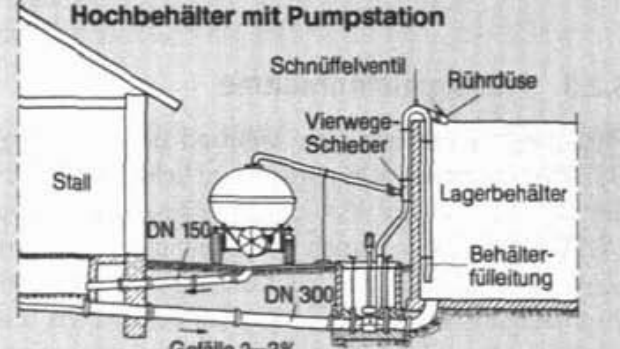
6.2.3 Flüssigmistentnahme

Flüssigmist entmischt sich während der Lagerung. Bei Rindern bilden sich vorwiegend Schwimmschichten, bei Schweinen vorwiegend Sinkschichten (bei CCM-Fütterung auch Schwimmschichten). Schwimmschichten sind rohfaserreich und verfilzt, Sinkschichten bestehen aus kleinstrukturierten Teilchen anorganischen Materials. Schwimmschichten erreichen bei normalem Rinderflüssigmist ohne Einstreu und Behälterhöhen von 4–5 m eine Dicke von ca. 0,3 m.

Lagersystem	Kenndaten, Vor- und Nachteile
<p>Tiefbehälter (massiv)</p>  <p>Öffnung mind. 80 x 80 Siphon max. Füllhöhe 25 + 40 Pumpensumpf mind. 80 x 80</p>	<p>Flüssigmist läuft in Lagerbehälter (kein Umpumpen); volle Lagerraumausnutzung nur bei Gefälle zwischen Stall und Behälter, Förderhöhe beim Mischen 0–2 m, daher geringer Leistungsbedarf, mit befahrbarer Decke günstig in beengten Hoflagen, aber hoher Kapitalbedarf: 100–140 DM/m³ ¹⁾ ohne Decke mit Schutzzaun: 50 DM/m³ ¹⁾</p>
<p>Erdbecken mit Kunststoff-Dichtungsbahnen</p>  <p>Schutzzaun 1050 vorn Stall Kontrollschacht Ø 600 mm Gefälle 1% 30° 750</p>	<p>Flüssigmist läuft in den Behälter oder wird gepumpt; sorgfältiger Umgang mit Pumpen und Rührgeräten, um Schäden an den Dichtungsbahnen zu vermeiden; geringer Leistungsbedarf beim Mischen, höherer Flächenbedarf; Kapitalbedarf: 20–40 DM/m³ ¹⁾</p>

¹⁾ Ohne Misch- und Pumptechnik.

Abb. 540 Vergleich der Tiefbehälter (Kapitalbedarf ohne technische Einrichtungen) (Maße in cm).

Lagersystem	Kenndaten, Vor- und Nachteile
<p>Hochbehälter mit Vorgrube</p>  <p>9–20 m Füllen Umpumpen und Aufrühren 4 m vorn Stall Homogenisieren bis 15 m max. Hauptschieber Pumpensumpf</p>	<p>Flüssigmist läuft in die Vorgrube und wird in den Hochbehälter gepumpt; Förderhöhe 5–7 m, daher hoher Leistungsbedarf beim Hochpumpen und Mischen; gute Lagerraumausnutzung; Arbeitsaufwand und Energiebedarf für regelmäßiges Umpumpen; Kapitalbedarf: 60–80 DM/m³ ¹⁾</p>
<p>Hochbehälter mit Pumpstation</p>  <p>Stall Schnüffelventil Rührdüse Vierwege-Schieber Lagerbehälter Behälter-fülleitung DN 150 DN 300 Gefälle 2–3%</p>	<p>Flüssigmist wird in den Hochbehälter gepumpt; gute Lagerraumausnutzung; Förderhöhe beim Hochpumpen 4–5 m, beim Mischen ca. 1 m, mittlerer Leistungsbedarf beim Hochpumpen, geringer Leistungsbedarf beim Mischen; kein Rückströmen der Gase in den Stall; Kapitalbedarf: 50 DM/m³ ¹⁾</p>

¹⁾ Ohne Misch- und Pumptechnik.

Abb. 541 Vergleich der Hochbehältersysteme (Kapitalbedarf nur für Behälterbau ohne technische Einrichtungen).

Mischen – Zum vollständigen Entleeren der Behälter ist vor dem Entnehmen ein intensives Mischen nötig. An die *Mischtechnik* werden folgende Anforderungen gestellt:

- ▶ Hohe Leistung bei geringem Leistungsbedarf,
- ▶ einfache Handhabung,
- ▶ geringer Kapitalbedarf.

Das **Mischen** läßt sich mechanisch, hydraulisch (mit Pumpen) und pneumatisch (mit Kompressoren) durchführen. Kompressorührwerke konnten bisher keine große Verbreitung erlangen.

Propellerrührwerke werden in unterschiedlichen Bauformen und mit Schlepper- oder Elektromotor-Antrieb eingesetzt. Gegenüber Pumpen weisen sie zumeist einen geringeren Wirkungsgrad auf. Die Bauformen sind auf den unterschiedlichen Einsatz abgestimmt (Abb. 542).

Für das Mischen werden zunehmend leistungsfähige **Pumpen** eingesetzt, an die folgende Anforderungen zu stellen sind:

- ▶ Ausreichende Leistung beim Mischen,
- ▶ Robustheit,

- ▶ leichte Handhabung,
- ▶ lange Lebensdauer,
- ▶ günstiger Anschaffungspreis.

Diese Anforderungen haben bewirkt, daß hauptsächlich drei *Pumpenbauarten* in Flüssigmist eingesetzt werden:

- ▶ Kreiseltauchpumpen,
- ▶ Exzentrerschneckenpumpen,
- ▶ Drehkolbenpumpen.

Kreiseltauchpumpen – Hier befindet sich der Pumpenkörper am unteren Ende des Pumpengestelles. Er wird in den Flüssigmist versenkt. Somit wird ein Nachteil der Kreiselpumpen, die geringe Saugleistung, umgangen.

Eine hohe Leistung der Kreiseltauchpumpen ist nur mit einem leistungsfähigen Antrieb zu erreichen. Außerdem sollte der Zulauf verstopfungsfrei und das Pumpenlaufrad auf die Antriebsleitung abgestimmt sein.

Flüssigmist-Kreiseltauchpumpen lassen sich nach *Antriebsform* und *-anordnung* drei wesentlichen Ausführungen zuordnen (Abb. 543, Seite 420):

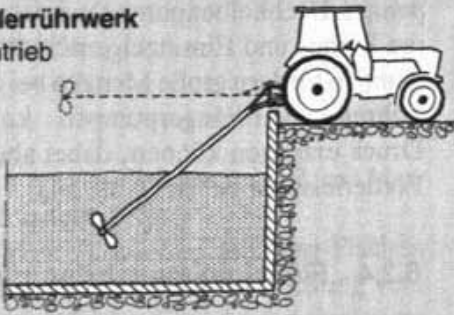
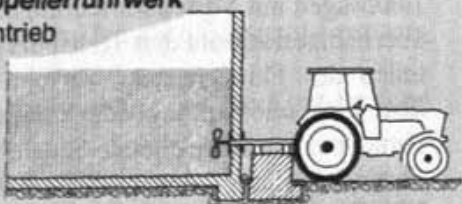
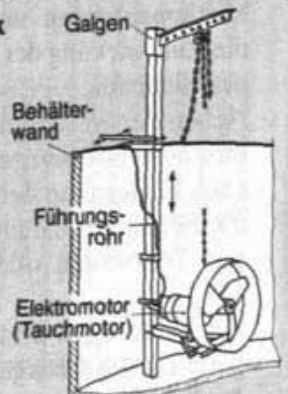
Bauart	Merkmale
<p>mobiles Propellerrührwerk mit Schlepperantrieb</p> 	<p>schwieriger Einsatz, insbesondere bei Behältern mit Decke; nur für Tiefbehälter; Höhenanpassung möglich</p>
<p>stationäres Propellerrührwerk mit Schlepperantrieb</p> 	<p>für Hochbehälter, fester Einbau auf Montage-sockel; Durchbruch durch die Behälterwand erforderlich; keine Höhenverstellung</p>
<p>stationäres Propellerrührwerk mit Elektromotor-Antrieb (Tauchmotor)</p> 	<p>höhenverstellbar; gute Anpassung beim Mischen, dadurch gute Rührwirkung; trotz begrenzter Antriebsleitung für Hoch- und Tiefbehälter geeignet</p>

Abb. 542 Vergleich der Bauarten von Propellerrührwerken.

- Kreiseltauchpumpe mit Schlepperantrieb: Vom Pumpengehäuse führt eine ca. 3 m lange Antriebswelle zu einem Winkelgetriebe, das über eine Gelenkwelle mit der Zapfwelle des Schleppers verbunden wird.
- Kreiseltauchpumpe mit Elektromotor: Der Elektromotor ist über eine kurze Antriebswelle mit dem Pumpenlaufrad verbunden.
- Kreiseltauchpumpe mit (Elektro-)Tauchmotor: Der Elektromotor sitzt direkt auf dem Pumpenlaufrad. Ein wasserdichtes Gehäuse ermöglicht das Eintauchen der kompletten Einheit in den Flüssigmist.

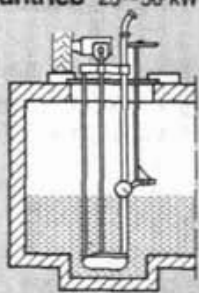
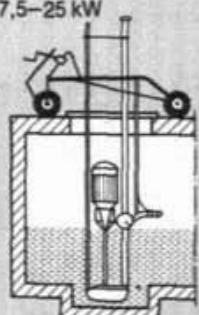
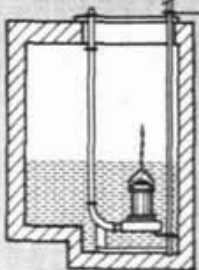
Bauart	Merkmale
Schlepperantrieb 25–50 kW 	hohe Förderleistung (3,5–7 m ³ /min); Schlepper erforderlich; begrenzte Anpassung an Behältertiefe und Füllstand; Kapitalbedarf: 7000–14 000 DM
Elektromotor 7,5–25 kW 	durch Elektromotor begrenzte Förderleistung (2–5 m ³ /min); verbesserter Wirkungsgrad beim Mischen durch geringe Förderhöhe; Kapitalbedarf: 7000–10 000 DM
Tauchmotor (Elektromotor) 7,5–25 kW 	durch Elektromotor begrenzte Förderleistung (2–5 m ³ /min); besonders günstiger Wirkungsgrad beim Mischen, da Förderhöhe = 0; Kapitalbedarf: 4000–12 000 DM

Abb. 543 Kreiseltauchpumpen-Bauarten.

Exzentrerschneckenpumpen – Diese Pumpenart besteht aus dem Rotor und dem Stator. Beim Rotor

handelt es sich um einen kornenzieherförmigen Metallkörper, der außenliegende Stator besteht aus Gummi. Die langgestreckte Bauweise eignet sich für den Einbau in Tankwagen. Die Pumpe ist selbstansaugend.

Die **Drehkolbenpumpe** arbeitet ebenso wie die Exzentrerschneckenpumpe nach dem Verdrängungsprinzip. Über ein Vorgelegegetriebe werden die beiden Wellen, auf denen die Drehkolben sitzen, mit gleicher Drehzahl angetrieben. Durch die Gummiauflage der Drehkolben ist die Pumpe gegen kleinere Fremdkörper und fasrige Inhaltsstoffe unempfindlich.

Bei der Auswahl der Pumpen und deren Einbau in Pumpanlagen ist zu beachten, daß unnötige Bögen und Abwinklungen der Förderleitung und geringe Rohrleitungsquerschnitte die Förderleistung verringern oder den Leistungsbedarf erhöhen. Unnötige Bögen sind daher zu vermeiden. Zähne Mistkonsistenzen erfordern Rohrleitungsdurchmesser von 125–150 mm.

Vergleich der Pumpenbauarten – Kreiseltauchpumpen und Verdrängerpumpen (Exzentrerschneckenpumpe, Drehkolbenpumpe) unterscheiden sich in ihren Pump- und Einsatzigenschaften. Kreiseltauchpumpen fördern große Mengen bei geringem Druck, während Verdrängerpumpen konstant höheren Druck erzeugen können, dabei aber eine geringere Förderleistung haben (Abb. 544).


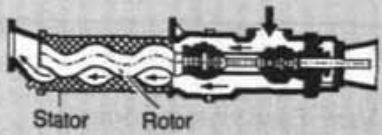

6.2.4 Flüssigmistausbringung

Zur Flüssigmistausbringung werden vorwiegend *Tankwagen* mit Verteileinrichtungen verwendet. Sie übernehmen sowohl den Transport als auch das Verteilen des Flüssigmistes. Verfügt der Tankwagen über eine selbstansaugende Pumpe (bei Kompressortankwagen ausreichende Saugleistung), so bedarf es zur Faßfüllung keiner zusätzlichen Pumpe. Für das Mischen des Flüssigmistes, insbesondere bei zähen Mistkonsistenzen und starker Entmischung reicht die Rührwirkung der Tankwagenpumpe im allgemeinen nicht aus.

Neben der Verteilung mit Tankwagen wird Flüssigmist auch mit *Beregnungsmaschinen* ausgebracht. Je nach Entfernung der zu beregnenden Fläche erfolgt die Flüssigmistanlieferung zur Beregnungsmaschine mit Tankwagen oder durch Rohrleitungen (Abb. 545).

An **Tankwagen** und Verteileinrichtungen sind folgende *Anforderungen* zu stellen:

- Konstante Ausflußmenge für gleichmäßige Quer- und Längsverteilung,

Pumpenbauart	technische Merkmale	Beurteilungskriterien, Eignung
Kreiselpumpe 	Ring- oder Spiralgehäuse mit Laufrad; Fördermenge ¹⁾ : Elektromotor (6–25 kW) 1000–5000 l/min, Schlepper (25–55 kW) 3500–7000 l/min, Drehzahl 1460–1890/min	unempfindlich; bei Antrieb mit Elektromotor: einfache Handhabung, gute Anpassung an verschiedene Grubentiefen, automatische Steuerung möglich; Schlepperantrieb: für zähe Flüssigmistkonsistenzen und große Behälter; Kapitalbedarf: 4500–12 000 DM ²⁾
Exzentrerschneckenpumpe 	Gehäuse mit Stator (Gummi) und Rotor (Stahl); Fördermenge ¹⁾ : Schlepperantrieb (15–30 kW) bis 2000 l/min, Drehzahl bis 540/min	druckstabil; empfindlich gegen Fremdkörper und Trockenlauf (Statorverschleiß); wegen langgestreckter Form gut in Tankwagen einzubauen; Kapitalbedarf: 4000–7500 DM ²⁾
Drehkolbenpumpe 	Ovalgehäuse mit Drehkolben; Fördermenge ¹⁾ : Elektromotor oder Schlepper (11–35 kW) bis 3900 l/min, Drehzahl 540/min	druckstabil; mittlerer Verschleiß; besonders geeignet bei Flüssigmisttransport über lange Förderleitungen; Kapitalbedarf: 4000–14 000 DM ²⁾

¹⁾ Von Flüssigmistkonsistenzen abhängig. ²⁾ Pumpe mit Elektromotor-Antrieb ohne Zubehör.

Abb. 544 Pumpenbauarten.

- ▶ Einstellbarkeit der Ausflußmenge, z. B. mit Markierung und Einstelltabelle,
- ▶ Verteilgenauigkeit (gemessen auf Test-Flächen von 50 × 50 cm) unter ± 10% Abweichung vom Sollwert, über ± 15% ist mit Ertragseinbußen zu rechnen!
- ▶ Ausbringung auch kleinerer Flüssigmistmengen, z. B. unter 30 m³/ha,
- ▶ Verteilbreite nicht unter 10 m, um Kopfdüngung zu ermöglichen,
- ▶ geringer Bodendruck,
- ▶ geringer Zugkraftbedarf, z. B. durch richtige Reifendimension,

- ▶ korrosionsicherer Tank, ausreichender Korrosionsschutz bei den übrigen Fahrzeugteilen,
- ▶ bequeme Bedienung des Verteilaggregates vom Schleppersitz aus.

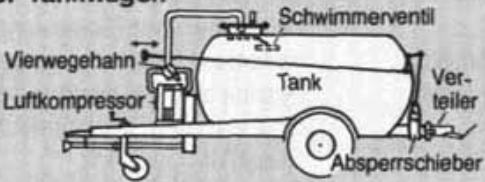
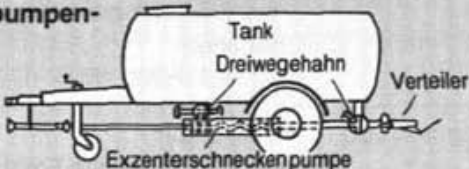
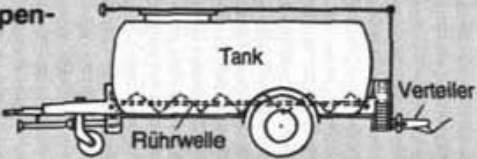
Flüssigmisttankwagen sind vorwiegend *Einachser*. Um den Reifendruck und den Zugkraftbedarf zu verringern, sind Reifen mit möglichst großem Durchmesser und möglichst großer Breite zu bevorzugen. Ab 6 m³ Fassungsvermögen werden *Tandemachsen* empfohlen. Diese führen wegen des Radierens bei Kurvenfahrt jedoch zu einem erhöhten Reifenverschleiß. Tandemachsen erhöhen aber wegen des niedrigeren Schwerpunktes die Kippsicherheit. Die Tandemachse begrenzt die Radgröße.

Verteilen – Für das Verteilen des Flüssigmistes werden Tankwagen mit passiven oder aktiven Verteileinrichtungen versehen. Zu den *passiven Verteileinrichtungen* zählen Prallteller oder Verteilgestänge. *Aktive Verteileinrichtungen* sind Schleuderräder und Regner. Sie benötigen einen eigenen Antrieb. Die Verteileinrichtung ist am Wagenende angebaut.

Um eine gleichmäßige Längs- und Querverteilung auch bei geringen Flüssigmistgaben zu erreichen, müssen Tankwagen mit *Pumpen* oder *Kompressoren* ausgestattet sein. Nur so ist eine konstante Ausfluß-



Abb. 545 Übersicht über die Verfahren der Flüssigmistausbringung.

Bauart	Merkmale
Kompressor-Tankwagen 	Ausbringen: Überdruck bis zu 1,0 bar im Tank; Füllen: selbstansaugend (Unterdruck im Tank); keine beweglichen Teile im Flüssigmist, fremdkörper- sicher; Kapitalbedarf: 2600 DM/m ³ Fassungsvermögen ¹⁾
Verdrängerpumpen-Tankwagen 	Exzentrerschneckenpumpe oder Drehkolbenpumpe; Förderdruck ca. 3 bar (bis 12 bar), selbstansaugend; Exzentrerschneckenpumpe oder Drehkolbenpumpe fremdkörper- und trockenlaufempfindlich; Kapitalbedarf: 3000 DM/m ³ Fassungsvermögen ¹⁾
Kreiselpumpen-Tankwagen 	einfache Kreiselpumpe, Förderdruck ca. 2 bar; fremdkörpersicher; Kapitalbedarf: 2600 DM/m ³ Fassungsvermögen ¹⁾

¹⁾ Mit Pralltellerverteiler.

Abb. 546 Vergleich der Tankwagenbauarten.


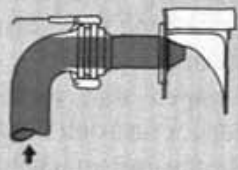
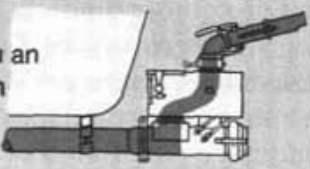
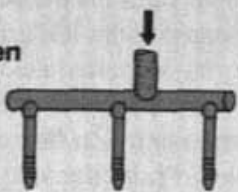
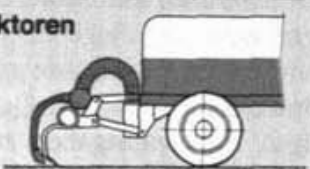
Bauart	Merkmale
Prallteller mit Düse 	problematische Pralltellereinstellung, bei sorgfältiger Ausformung und Einstellung des Pralltellers ausreichend genau; Arbeitsbreite ca. 12 m
Düse mit obenliegendem Prallblech 	geringe Geruchsentwicklung wegen kurzem Weg zum Boden, aus- reichende Verteilgenauigkeit; Arbeitsbreite 10 m; genaues Anschlußfahren erforderlich
Regner zum Anbau an Tankwagen 	hydraulischer Antrieb (Schlepperhydraulik); Arbeitsbreite 10–18 m (einstellbarer Schwenkwinkel); Verteilen kleiner Mengen möglich
Querverteiler mit Auslaufrohren 	Flüssigmistdüngung in Reihenkultur, nur mit zusätzlicher Dosierein- richtung; ungenaue Querverteilung; Arbeitsbreite 2,5 m
Bodeninjektoren 	Kombination Grubber mit Ableitungsrohr, Ablage im Boden zur geruchslosen Ausbringung, hoher Zugkraftbedarf (20–25 kW zusätzlich bei 2–2,5 m Arbeitsbreite)

Abb. 547 Verteileinrichtungen.

menge gewährleistet. Nach verschiedenen Messungen können die noch weit verbreiteten Schleudertankwagen diesen Anforderungen nicht genügen. Von den verschiedenen **Verteileinrichtungen** weisen die **Prallblechverteiler** wegen ihres günstigen Anschaffungspreises von ca. 500 DM die weiteste Verbreitung auf. Prallblechform und -einstellung nehmen einen großen Einfluß auf die Verteilgenauigkeit. Nur bei günstiger Form und sorgfältiger Einstellung ist eine ausreichend genaue Verteilung gewährleistet. Tankwagenregner verteilen auch kleine Mengen relativ genau, erfordern aber einen Kapitalaufwand von 4000–5000 DM.

Beregnungsmaschinen – Insbesondere feststoffarmer Flüssigmist kann auch mit Beregnungsmaschinen ausgebracht werden. An dieses Verfahren sind hinsichtlich der Genauigkeit die gleichen Anforderungen zu stellen wie bei der Tankwagenausbringung. Für das Verregnen von Flüssigmist werden Beregnungsmaschinen mit Regnereinzug verwendet. Im Vergleich zur Wasserberegnung bestehen folgende Unterschiede:

- ▶ Die Flüssigmistmenge beträgt nur 10–20% der Wassermenge (über 200 m³/ha); für diese geringeren Ausbringungsmengen ist eine wesentlich höhere Einzugschwindigkeit (über 600 m/h) erforderlich. Der Düsendurchmesser des Regners soll 30 mm betragen.
- ▶ Zum genauen Verteilen in Einzugsrichtung ist eine konstante Einzugschwindigkeit (z. B. Lagenausgleich) erforderlich.

6.3 Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und Dungausringung

Ein Vergleich der Verfahren für Dunglagerung und Dungausringung umfaßt im engeren Bereich den Arbeits- und Kapitalbedarf von Fest- und Flüssigmistverfahren (Abb. 548 und Tabelle 206).

Ein Vergleich der Verfahren für die Dunglagerung und -ausbringung, insbesondere ein Vergleich zwischen Fest- und Flüssigmistkette, darf nicht nur den eigentlichen Arbeitsgang einbeziehen, sondern muß die gesamte Stroh-Stallmistkette vom Feld in den Stall und wieder auf das Feld berücksichtigen. Die vielen Arbeitsglieder weisen bereits auf den hohen Transportaufwand bei der Festmistkette hin. Auch ein Vergleich des Arbeits- und Kapitalaufwandes zeigt erhebliche Unterschiede (Tabelle 207).

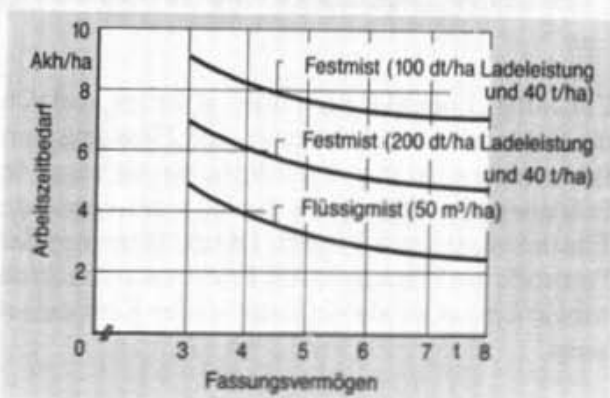


Abb. 548 Arbeitszeitbedarf bei der Dungausringung (Fest- und Flüssigmist), gleiche N-Düngung, Feldentfernung 1 km.

Tabelle 206 Kapitalbedarf bei Dunglagerung und Ausbringung.

Festmist	für 40 Kühe DM	Flüssigmist mit Vorgrube	für 40 Kühe DM
1. Geräte		1. Bauten und Pumpe	
a) Schubstange mit Hochförderer	24 000,-	a) Kotkanäle Roste Kanal zur Vorgrube	21 000,-
2. Bauten		b) Pumpe	9 000,-
a) Strohlager 12 m ³ /Kuh für 200 Tage	15 000,-	c) Flüssigmistbehälter oberirdisch, 9 m ³ /Kuh	26 000,-
b) Dungplatte 2 m ² /Kuh für 200 Tage	9 000,-		
c) Jauchebehälter 3 m ³ /Kuh für 180 Tage	12 500,-	2. Ausfuhr	
3. Ausfuhr		Pumpentankwagen	16 000,-
a) Frontlader (1/2)	2 500,-		
b) Stallmiststreuer	12 000,-		
c) Jauchefaß mit Pumpe	8 000,-		
Insgesamt je Kuhplatz:	83 000,- 2 075,-	Insgesamt je Kuhplatz	72 000,- 1 800,-

Tabelle 207 Arbeits- und Kapitalbedarf bei der Fest- und Flüssigmistkette (Beispiel: 40 Kühe).

Art der Arbeit		Festmist			Flüssigmist		
		Menge	AKh	Maschinen-, ¹⁾ Baukapital DM	Menge	AKh	Maschinen-, ¹⁾ Baukapital DM
Strohbergen	dt	292	20,8	11 000 ²⁾	–	–	–
Lagerraum	m ³	292	–	5 840	–	–	–
Einstreuen	dt	292	73	–	–	–	–
Entmisten	dt	–	29,2	2 000 ³⁾	–	17,3	4 000 ⁴⁾
Lagerung	m ²	80	–	4 000	240 ⁵⁾	–	12 000
Ausbringen	m ³	80	–	6 000	–	–	–
Ausbringen ⁶⁾	–	–	91	8 000	–	49	10 000
Summe			214	36 840		66,3	26 000

1) Maschinen voll eingesetzt, vielseitige Nutzung möglich.

2) Hochdruckpresse mit Ballenwerfer.

3) Seilzugentmistung.

4) Sonderaufwendungen für Kanäle.

5) Hochbehälter mit Vorgrube, viermonatige Lagerung.

6) Frontlader, Stalldungstreuer bzw. Pumpe, Schleudertankwagen.

Zukünftige Entwicklungen lassen erwarten, daß sich die Grenzen zwischen Festmist- und Flüssigmistverfahren nicht mehr in jedem Fall klar ziehen lassen. In Betrieben mit Flüssigmist kommt eine begrenzte Einstreumenge zum Einsatz. Durch Abtrennen der Feststoffe aus Flüssigmist und Einmischen von Stroh wird in einigen Betrieben Festmist oder Kompost erzeugt.

6.4 Verfahren der Dungbehandlung

Dungbehandlungsverfahren verfolgen das Ziel, Flüssigmist umweltfreundlich als Dünger verwenden zu können. Waren frühere Maßnahmen ausschließlich auf das Verringern der Geruchsemissionen gerichtet, so stehen nun Verfahren im Vordergrund, die neben der Geruchsverminderung die Düngung mit Flüssigmist verbessern und ein Überdüngen vermeiden helfen.

Bei hohem Viehbesatz entstehen in Ackerbau- und Grünlandbetrieben unterschiedliche Probleme. Im *Ackerbaubetrieb* gibt es nur wenig Ausbringzeitpunkte, die eine günstige Nährstoffverwertung erwarten lassen. Drei Verbesserungsmaßnahmen bieten sich an:

- ▶ Dung-Lagerkapazität auf 6 Monate erweitern,
- ▶ Fruchtfolge verwertungsfreundlich gestalten,
- ▶ Flüssigmist als Kopfdünger einsetzen.

Zur Kopfdüngung wird Flüssigmist in einigen Betrieben behandelt. Das Ziel dieser Behandlung ist zu-

nächst eine Feststoffreduzierung bei Rinderflüssigmist, damit die in der Kopfdüngung üblichen Nährstoffgaben von den Verteilsystemen gleichmäßig auszubringen sind und anhaftende Feststoffe die Assimilation der Pflanzen nicht behindern.

Im *Grünlandbetrieb* beeinträchtigen Feststoffe an Pflanzenteilen die Futteraufnahme. Bei hohen Flüssigmistgaben bildet sich in der Grasnarbe ein Feststofffilz, der das Wachstum der feinen Gräser und Kräuter behindert.

Das **Verringern der Feststoffe** kann durch Verdünnen mit Wasser oder durch maschinelles Abtrennen erfolgen. Das Verdünnen verursacht Wasser- und Lagerkosten. Für das *maschinelle Abtrennen* werden Flüssigmistseparatoren verwendet (Abb. 549). Durch das Separieren entstehen meistens noch höhere Kosten.

Bei der **biologischen Behandlung** werden aerobe, also sauerstoffliebende Mikroorganismen, die im Flüssigmist bereits vorhanden sind, durch Eintrag von Luftsauerstoff zur Vermehrung angeregt. Sie verzehren dabei die vorhandene organische Substanz und produzieren Bakterieneiweiß, Energie in Form von Wärme und anorganische Abbauprodukte.

Die biologische Behandlung trägt bei annähernd gleichbleibendem TS-Gehalt zu einer dünnflüssigen Konsistenz bei, weil die gröberen fasrigen Teile abgebaut werden. Gleichzeitig verringert sich der NH₃-Stickstoff. Inwieweit dies für ein Nachlassen der Ätzwirkung bei biologisch behandeltem Flüssigmist verantwortlich ist, konnte bisher noch nicht eindeutig nachgewiesen werden. Ebenso nimmt die Geruchsintensität ab.

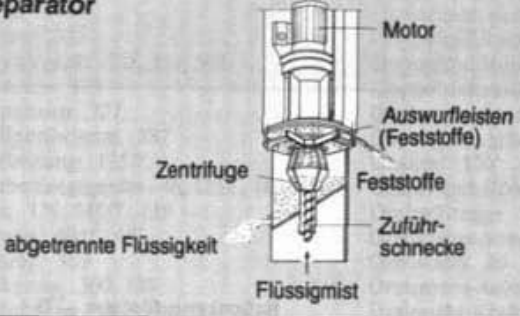
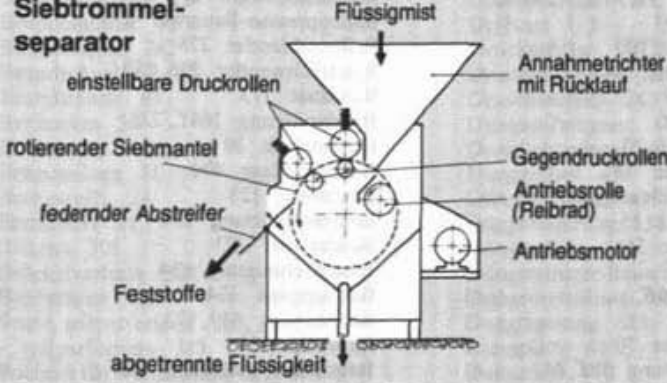
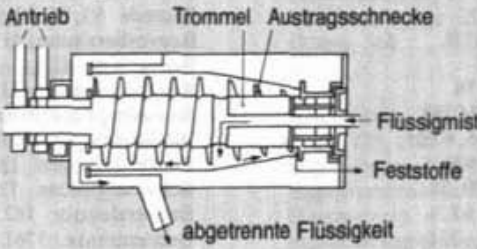
Bauart	Merkmale
Siebseparator 	Zentrifuge mit Sieb als Doppelkonus; Antriebsleistung 3–5 kW; Trennleistung 5–7 m ³ /h; Trockensubstanz-Gehalt der Feststoffe 15–18%; Kapitalbedarf: 19000–25000 DM
Siebtrommelseparator 	Siebmantel mit einstellbaren Druckrollen; Antriebsleistung 2,3 kW; Trennleistung bis 35 m ³ /h; Trockensubstanz-Gehalt der Feststoffe 15–20%; Kapitalbedarf: 17000 DM
Dekantier-Zentrifuge 	Antriebsleistung 11–15 kW; Trennleistung bis 10 m ³ /h; Trockensubstanz-Gehalt der Feststoffe 25–35%; Kapitalbedarf: 90000–250000 DM

Abb. 549 Flüssigmistseparatoren.

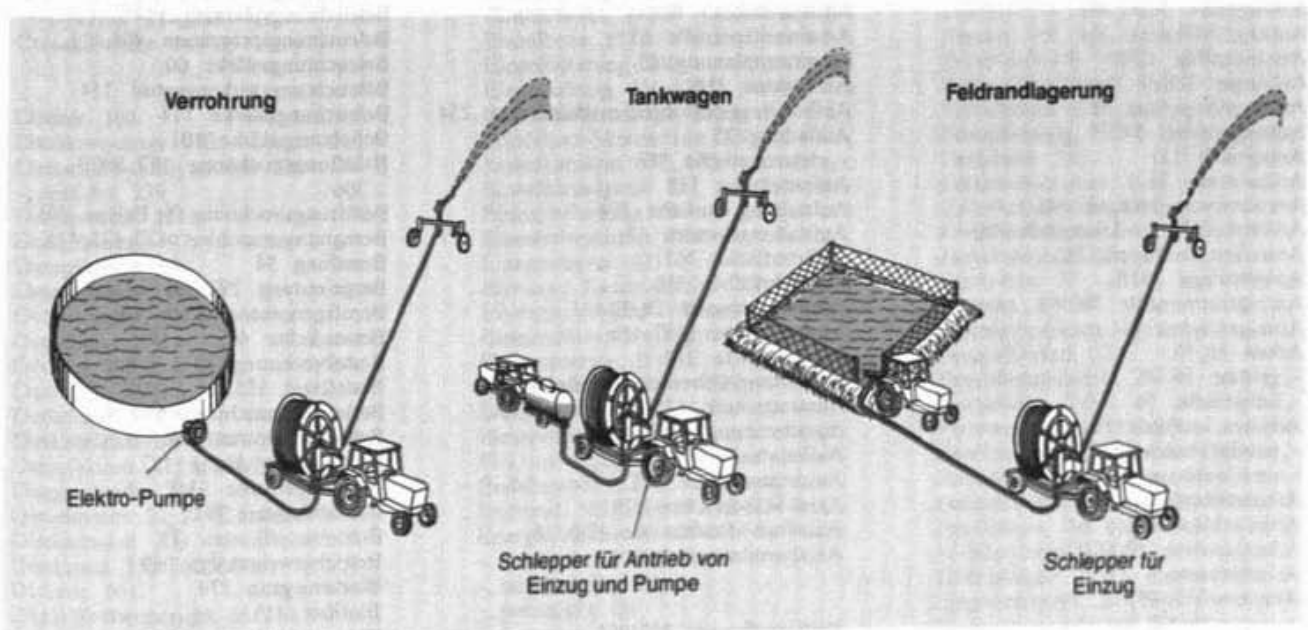


Abb. 550 Güllezubringung zur Beregnungsmaschine.

Sachregister

- Abdriftweite 167
Abfallbeseitigung 123
Abfallbeseitigungsgesetz 410
Abferkelbucht 385, 390
Abferkelstall 381, 384f., 387, 389
Abgasturbolader 35
Abkottbereich 343
Abmessungen 51
Abnahmeautomat 319f., 325
Abrollnest 402
Abrufautomat 338
Absatzferkel 391
Abschaltautomat 319f., 323, 325
Abscheidetrommel 178
Abschreibung 76, 79
Abschreibungsschwelle 76f.
Absetzen 380
Achslast 51
Ackerbaubetrieb 44
Ackeregge 141
Ackerschiene 41
Agrartechnik 13ff.
Allradantrieb 47
Allradschlepper 49
Ammoniak 106
Anbau-Mähdrescher 176
--Strohhäcksler 219
-, vereinzeltloser 222
Anbaupflug 128
Anbinde-Abferkelbucht 387
Anbindebucht 386
Anbindehaltung 357
Anbindestall 325, 329, 337, 340f., 360, 365
Anbindestand 358, 381ff.
Anbindevorrichtung 343f.
Anfangsmast 363f., 396
Anhänge-Mähwerk 254
Anhängepflug 128
Anhänger 52f.
Anhängerkupplung 41
Anhängerreifen 54
Anlagesech 131
Anlaufstrom 26
Annahmeverrichtungen 241
Anwärmen der Trocknungsluft 300
Anwelken des Futters 282
Anwelksilage 292ff.
Anzeigeeinstrumente 58
Anzeigesysteme 43
Arbeit 16, 55
-, geistige 56
-, körperliche 56
Arbeiten, laufende 72
-, termingebundene 72
-, verschiebbare 72
Arbeitsablauf 70
Arbeitsablaufanalyse 69
Arbeitsanalyse 59, 68ff.
Arbeitsanspruch 73
Arbeitsaufriß 69
Arbeitsaufwand 65
Arbeitsausführung 55
Arbeitsausgleich 74
Arbeitserledigung 14, 74f., 77, 80, 83
Arbeitsfunktion 93
Arbeitsgestaltung 57ff.
Arbeitsgewohnheiten 64
Arbeitshaltung 59
Arbeitskosten 74f.
Arbeitskraft 14, 56, 70
Arbeitskraft-Einheit 14
Arbeitskräfte, familieneigene 75
Arbeitskräftebesatz 15
Arbeitskraftstunde 56
Arbeitslehre 55ff.
Arbeitsleistung 56ff.
Arbeitsmacht 73
Arbeitsplatzanalyse 70
Arbeitsplatzgestaltung 58f., 61
Arbeitsproduktivität 14
Arbeitsqualität 16
Arbeitssicherheit 62ff.
Arbeitsspeicher 86
Arbeitspitzen 58, 74
Arbeitstagebuch 65f., 68
-, elektronisches 65, 67f.
Arbeitsunfälle 62, 123
Arbeitsverfahren 70, 74
Arbeitsverfassung 63
Arbeitsvoranschlag 72f.
Arbeitszeit 55, 58
Arbeitszeitaufwand 65f.
Arbeitszeitbedarf 70f., 73f.
Arbeitszeitbedarfssockel 74
Arbeitszeitermittlung 65, 67
Arbeitszeitgestaltung 57f.
Arbeitszeitkalkulation 65
Arbeitszeitkarte 65f., 68
Arbeitszeitkonto 68
Arbeitszeitkontrolle 65
Arbeitszeitplanung 65
Architekten 124
Aufbereitungsverfahren, mechanisches 254
Aufladung 35
-, elektrostatische 168
Aufsattelpflug 128
Aufstallung, dänische 396
Aufstallungsformen 17
Auftrittsfläche 362
Aufzuchtälber 356
Ausgleichsabgabe 28, 30
Auslegerstreuer 157, 159
Ausmelkgriffe 321
Ausrüstung, sicherheitstechnische 63
Aussaatechnik 171
Ausschreibung 119, 124
Außenwände 99
Automatentränke 355
Axial-Mähdrescher 175
Axialfuß-Mähdrescher 178, 180
Axialventilatoren 109
Balkenmähwerk 252, 255
Ballenkette 261, 276f., 279f., 309
Ballenkettenförderer 278
Ballenladewagen 278
Ballenpressen-Bauarten 276
Ballenschleuder 278
Bandrechwender 256, 258f.
Bandsaat 173
Bandspritzung 168f., 223
Basiseinheit 20
Batterieanlage 404
Bauantrag 123
Baubeschreibung 124
Bauentwurf 123
Baugenehmigung 124
Baulageplan 124
Bauplanung 119, 123
Baurecht 121
Baustelleneinrichtung 124
Baustellenvorbereitung 124
Bauteile 93, 95, 97, 99, 101
Bauvorbereitung 119ff.
Bauvorlage 124
Bauvorplanung 123
Bauweise, konventionelle 102
Bauweisen 93, 102ff.
Bauzeichnungen 124
Bebauungspläne 123
Becherelevator 162
Beckenränke 376f.
Beetpflug 129
Behälterfräse 288, 334, 373
Behandlung, biologische 424
Behelfssilo 291
Beizen 203
Beiztrommel 204
Beizverfahren 204
Beleuchtung 58, 114
Beleuchtungsplanung 114f.
Beleuchtungsprogramm 401
Beleuchtungsstärke 60
Beleuchtungswirkungsgrad 114
Beleuchtungsstärke 114
Belichtungsstärke 101
Belüftungstrocknung 187, 300ff., 306
Belüftungstrocknung für Ballen 303
Beregnungsmaschine 420, 423, 425
Bereifung 54
Bergeleistung 292, 295
Berufsgenossenschaften 64
Besatzdichte 405
Bestabrechnung 30
Bestellsaat 153ff.
Bestellsaatmaschinen 153
Betriebscomputer 89f.
Betriebsentwicklung 117
Betriebsgebäude 93ff.
Betriebskosten 79f.
Betriebsstoffkosten 77
Betriebszweiganalyse 69
Bindevorgang 279
Biofilter 111
Biogas 31
Biogasanlagen 32

Biologische Bundesanstalt 169
Bit 85
Blatternte 220
Blindmelken 314f.
Blockauflöser 373
Blockschneider 288, 334, 364
Blockschneider 373
Blockzeitspannen 72f.
Boden, vollperforierter 387
Bodenbearbeitung 125ff.
Bodenbearbeitungsgeräte 46, 125f., 147
Bodenfräse 139, 145ff., 219
Bodenhaltung 401f., 407
Bodenheizung 389
Bodentrocknung 300, 306
Bodenverdichtung 48
Bodenwindung 129
Bordcomputer 90
Boxenstapler 242
Brandschutz 97, 122, 124
Brandwände 97
Breitreifen 54
Breitsaat 173
Bremsanlage 51
Brennstoffe 24
Brennwert 21
Briketts 306
Bröckelverluste 301
Broilermast 408
Bucht, teilperforierte 383, 387
-, vollperforierte 383
Buchten für Vorratsfütterung 398
Buchtenfläche 363
-, planbefestigt 387
Bundesbaugesetz 124
Bunker-Fassungsvermögen 229
Bunkerpflücker 214
Bürstenwalzen 238
Bus 86
By-Pass-Anlage 111
Byte 85

Cambridge-Crosskill-Walze 144
CCM 373
CCM-Ernte 216, 218
Chargenmischer 370
Cobs 306
Computer 85ff.
Computereinsatz 85, 87, 89, 91
Corn-Cob-Mix 373
-----Ernte 214, 218
Crosskillwalze 144

Dächer 100
Dächertrockner 190
Dammaufnahme, mittige 239
-, seitliche 239
Dammwalze 237
Dampfbremse 97
Dampfsperre 97
Datenausgabe 88
Dateneingabe 88
Deckbucht 384
Decken 100
Deckstall 384f.
Deckstand 385
Deckzentrum 381, 384
Desinfektion 115f., 324, 359
Diagonalreifen 48
Dieselmotor 22, 27, 33f., 36
Direktdrusch 208
Direktsaat 153ff., 212f.
Diskette 86f.
DLG-Wochenbericht 65f., 68
Dochtstreich-Verfahren 167
Doppelachse 54

Doppelleggen-Krümlerwalze 143
Doppelfuß-Abscheiderotor 178
Doppelherz-Schar 138
Doppelmessermähwerk 251
Doppelrad-Rodeschar 229
Doppelzinkenrotor 142
Doppelzinkenschar 229
Dosiereinrichtung 277
Dosiergenauigkeit 378
Dositest 170
Drahtwendelförderer 374
Drahwälzgege 143
Drehkolbenpumpe 420f.
Drehstrom 26
Drehstrom-Asynchronmotor 26
Dreipunkt-Kraftheber 41f.
Drillmaschine 171f.
Drillsaat 173
Druckgebläse 196, 200
Druckzenstäuber 166f.
Druschverluste 215
Dungausbringung 423
Dungbehandlung 424f.
Dungeinheit 410
Düngereinleger 131
Düngerlagerung 158
Düngersäcke 158
Düngerstreuer-Bauarten 158
Düngerverteilung 158, 163
Dunglagerung 423
Dungplatte 410
Dungstätte 410
Durchlauftrockner 187, 189, 206
Durchlaufwaage 206, 371
Düsen 168

EA-Spritzen 167
Egge 126, 139f.
Eggen-Packer-Kombination 151
Eggenkombinationen 151
Eiersammeln 403
Eigenmechanisierung 81, 83
Eimermelkanlage 316, 322ff.
Eimertränke 355
Einachsanhänger 53f.
Einachser 264
Einlagerungsgeräte 241
Einlegestreichschiene 131
Einsatzumfang 78
Einschienengreifer 266f.
Einstellhilfen 168
Einzelboxe 357f.
Einzelfütterung 330
Einzelhaltung 356, 381f.
Einzelknollenablage 236
Einzelkorn-Sämaschine 210
Einzelkornsaat 173, 220
Einzelkornslägerät 221
Einzelstierhaltung 360
Einzelzeitspannen 72
Einzugsregner 421
Eiswasser-Kannenkühler 327
Eiswasserkühlung 326
Elektrizitätsversorgung 118
Elektroenergie 25ff.
Elektroinfrarotstrahler 389
Elektromotor 25
Elektrozaun 245ff.
Elektrozaugerät 246
Endabstand 222
Endmast 363f., 396
Energie, elektrische 25
-, kinetische 20
-, mechanische 20
-, potentielle 20
-, thermische 20ff.
Energiearten 18

Energiebedarf 17
Energiebilanz 18
Energieeinsatz 19f.
Energiekosten 305
Energiequellen, alternative 17
Energiesituation 17
Energiespeicher 25
Energieträger 19, 24
Energieumwandlung 19f.
Entlastungsphase 315
Entmisten 345, 350, 384
Entmistungstechnik 345, 388
Entnahmetechnik 282, 284, 288
Erdbecken 416ff.
Erdfilteranlagen 111
Erdwallsilo 287
Erdwärmespeicher 113
Ermüdung 57
Erntetechnik 175ff.
Ernteverfahren, absätziges 296
- für Heu 309, 311
Ernteverluste 300
Erosionsproblem 213
Erosionsschutzstreifen 213
Etagenkäfig 404
Euter 314
Euterhygiene 315
Exaktfeldhäcksler 270
Exaktkopf 228
Exaktkopf mit Radtaster 228
Exzentrerschneckenpumpe 378, 420f.

Fahrerinformationssystem 42f.
Fahrerlaubnis 51
Fahrgeschwindigkeit 51f.
Fahrsilo 283
Fahrwerk 38f.
Flachsilotypen 285
Faltschieber 350
Familienarbeitskraft 55
Fangfreigitter 332
Faserzementplatten 100
Federzinkenegge 140
Feingrubber 139f.
Feingrubber-Kombination 151
Feldarbeitstage, verfügbare 44
Feldarbeitszeitspanne 72
Feldhäcksler 267
Feldrandmiete 232
Feldspritze 168
Feldverluste 215
Fenster 101
Ferkelaufzucht 390f.
Ferkelaufzuchtstall 390
Ferkelbucht 390
Ferkelheizung 389
Ferkelnest 385
Ferkelschutzgitter 385f.
Ferkelschutzkorb 385f.
Ferkelstall 381
Ferkelverluste 380
Festkosten 77
Festmist 409ff.
Festmistbereitung 345
Feststoffkessel 22
Feuchtbeizautomat 204
Feuchtbeize 203
Feuchtgleichgewicht 185
Feuchtigkeitsgleichgewicht 299
Feuchtigkeitschutz 96
Feuchtkornkonservierung 185
Feuchtmais 217
FI-Schutzschalter 28
Filteranlagen 111
Fingermähwerk 251, 254
Fischgrätenmelkstand 322ff.
Flächennutzungspläne 123

- Flächenspritzung 168 f., 223
 Flachholzsilo 287
 Flachkäfige 405
 Flachlager für Getreide 192
 Flachlaufstall 360 f., 365 f.
 Flachrostanlage 301 f.
 Flachschieber 350
 Flachsilo 283 f., 287, 291 ff., 296, 298, 373
 Flachsilobaufornen 287
 Flachsilofräse 288, 365
 Flat-Deck 390, 391, 404
 ----Anlage 404
 Flexowellband 161
 Fließmistverfahren 398, 413, 415
 Fließverfahren 293, 295 f.
 Fluchtbereich 385
 Flügelschar 138
 Flüssigdünger 162
 Flüssigfütterung 374, 377 ff.
 Flüssigkeitgleitschicht 413
 Flüssigmist 409, 412 f., 415, 417, 419, 421
 Flüssigmist-Kreiseltauchpumpe 419
 --Lagerzeit 416
 --Tagesmengen 416
 Flüssigmistausbringung 420 f.
 Flüssigmistbehälter 416
 Flüssigmistlagerraum 416
 Flüssigmistseparatoren 424 f.
 Foliensilo 283, 289 f., 292
 Folienverschlüsse 290
 Förderband 197, 200, 275
 Fördergebläse 267
 Fördergeräte 196
 Förderorgane 263
 Förderschnecke 162
 Fräse 126
 Fräs(misch)wagen 335
 Frässaat 153 ff.
 Frässaatmaschinen 153
 Fräswagen 288, 337
 Freimischer 370 f.
 Fremdarbeitskräfte 75
 Fremdenergie 20
 Fremdkörpersicherung 274
 Fremdmechanisierung 80
 Freßbereich 342
 Freßboxenstall 352
 Freßgitter 330
 Freßgitterformen 332
 Freßliegebucht 381, 383
 Freßplatz : Tier-Verhältnis 363
 Freßplatz 329
 Freßplatzbreite 363
 Front-Heckpflug-Kombination 132 f.
 Frontlader 162, 262, 288, 334, 347, 410 f.
 Frontsitzschlepper 49
 Fruchtbarkeit 352
 Funktionsprogramm 119, 123
 Fußboden 101
 Futteraufbereitung 367, 369, 371, 373
 Futterautomat 376
 Futterband 333
 Futterbergeverfahren 248
 Futterbergung 260 f., 263, 265
 Futterdosierer 374
 Futterentnahme 286, 333
 Futterernte 245, 260
 Futterkonservierung 245, 281 f., 292
 Futterkosten 367
 Futtermisch- und Verteilwagen 335
 Futtermischwagen 337, 364
 Futterrübenvollernter 232
 Futerschnecke 333
 Futterstapel 282
 Futtertisch 335, 341
 Futtertransport 334
 Fütterungscomputer 89, 91, 378
 Fütterungsgeräte, mobile 334
 -, stationäre 333
 Fütterungsmechanisierung 332
 Fütterungsverfahren 329, 331, 374
 Fütterungsverfahren, mobiles 364
 -, stationäres 364
 Fütterungswagen 374
 Futterverluste 330
 Futterverteilwagen 335, 337, 364
 Futterverwertung 395
 Futtervorlage 248
 Futterwerbung 256 ff.
 Futterzubringer 333
 Futterzuteilung 334
 Gänsefuß-Breitschar 138
 Gareegge 141
 Gärfutterbehälter 283
 Gärfutterbereitung 281, 283, 285, 287, 289, 291
 Gärgase 413
 Gärprozeß 281
 Gärst 283, 285
 Gasinfrarotstrahler 389
 Gebäudekosten 74, 78 f.
 Gebläse 303
 Gebläsekennlinie 303
 Gebläsekonvektoren 112
 Genehmigung, baurechtliche 122
 Genehmigungspflicht 123
 Generatoren 26
 Geräte, zapfwellengetriebene 145
 Geräteankopplung 41
 Gerätekombinationen 141, 149, 151 ff., 155
 Geräteträger 47, 49, 60
 Geräuschemissionen 15
 Geruchsbelästigung 111
 Geruchsemissionen 15
 Geruchsimmissionen 118
 Geruchsminderung 111
 Gesamtfensterfläche 101
 Gesamtgewicht, zulässiges 53
 Gesamtwirkungsgrad 39
 Gestaltung 123
 Gesundheitsschäden 61
 Getreidebau 171, 173, 177, 179
 Getreideflußbild 205
 Getreideförderung 195 ff., 199
 Getreidekühlung 194
 Getreidelagerung 206
 Getreidereinigung 201
 Getreidesilo 193
 Getriebe 48
 Getriebeabstufung 48
 Gewichtsdosierung 375, 378
 Gitterrost 346
 Glattwalze 144
 Gleichdrucklüftung 108 ff.
 Gleichstrom 25
 Gleichstromprinzip 113
 Globalstrahlung 31
 Greifer 266, 284, 286
 Greiferhalle 307 f.
 Greifraum 59
 Grenzabstand 122
 Großballen 261, 281, 309
 Großballenkette 279, 310
 Großballenpresse 276
 Großraumstreuer 157, 160
 Grubber 126
 Grubberbauarten 136
 Grundbodenbearbeitung 125 ff., 129, 131, 133, 135, 137
 Grundfutter, aufgewertetes 338
 Grundfuttermittel 333, 335
 Grundpreistarif 28, 30
 Grundstücksentwässerung 124
 Grundstücksnachbarn 124
 Grünfütterbereitung 281
 Grünfütterung 245, 247
 Grünfütterung 245, 247
 Grüngut 254
 Grünlandbetrieb 44
 Grünmehl 306
 Gruppenbucht, eingestreut 358 f.
 Gruppenfütterung 330
 Gruppengröße 363
 Gruppenhaltung 356, 360, 381
 Güllekeller 416 f.
 Gummimatte 342
 Gummischiebenwalze 238
 Gummistifenband 238
 Gurtelevator 197, 200
 Gürtelreifen 48
 Hacken 220, 236
 Hackmaschine 222
 Häckselgutkette 309
 Häckselkette 293
 Hackwerkzeuge 237
 Haferquetsche 368
 Hammermühle 369
 Handarbeit 57
 Handhacke 223
 Handvereinzeln 222
 Hardware 85 f.
 Häufeln 236
 Häufler 237
 Häuflerstriegel 237
 Heck-Kipper 181
 - -Mähwerk 254
 Hecklader 410 f.
 Heckschiebesammler 262
 Heckschwenklader 410 f.
 Heißlufttrocknung 300, 305 f.
 Heißwasserhochdruckreiniger 116
 Heizkessel 22
 Heizwert 21, 24
 Herdengröße 365
 Herdenüberwachung 339
 Heubereitung 299 ff.
 Heubergehalle 307 ff.
 Heubergung 310
 Heulagererraum 307
 Heulagerung 306 ff.
 Heuturm 302, 307 f.
 Hochbehälter 193, 416
 - mit Pumpstation 417 f.
 - - Vorgrube 417 f.
 Hochboxe 348
 Hochdruckballensilage 289
 Hochdruckpresse 276 f.
 Hochdruckreiniger 115
 Hochschnitt 252
 Hochsilo 283 f., 286, 291 ff., 296, 298, 373
 Hochsilofräse 337
 Höchstdruckpresse 278
 Hofplanung 116 f.
 Hofschlepper 347
 Hohlscheibenpacker 141
 Holmbauweise 130
 Holzfachwerkbinder 102
 Hordenschüttler 178
 Horizontalförderband 199
 Horizontalmischer 370
 Hubkolbenmotor 33
 Hubkraft 49
 Hubleistung 40
 Hubschwenklockerer 156
 Hubvorrichtung 238
 Hühner 29

- Hühnerhaltung 400ff.
Hygiene 329
- Immissionsschutz 111, 118, 123
Infrarotstrahler 112
Inkrustierungsbeize 203
Input 85
Intensivstandweide 247
- Jahresstromverbrauch 29
Jaucheaufbringung 411
Jauchegrube 410
Junghennenaufzucht 406ff.
Jungsauen 382
- k-Wert 94, 96
Käfig, freitragend 386
Käfighaltung 402ff.
Kälberaufzucht 355, 357, 359
Kälberhütte 357f.
Kälberverluste 355
Kaltbelüftungsanlage 188
Kaldächer 100
Kaltränke 356
Kaltwasserhochdruckreiniger 116
Kanalsole 413
Kannibalismus 408
Kapitalbedarf 121f.
Kapitalbedarfsermittlung 120
Kapitalwert 76
Kartoffel-Lagerhäuser 242
--Legemaschinen 234
--Sammelroder 239
Kartoffelbau 233, 235, 237, 239, 241, 243
Kartoffelernte 237
Kartoffellagerung 241
Kartoffelpflege, chemische 237
-, mechanische 236
Kartoffelsammelroder 237
Karussellmelkstand 323
Kastenstand 381ff.
Kastenstreuer 157, 159
Kastenträger 102, 104
Kastentrockner 304
Kegelreiniger, pneumatischer 201
Kehrpflug 129, 133
Keimgehalt der Milch 326
Kernkondensat 97
Kettenelevator 198, 200
Kettenförderer 346, 374
Kettenrondförderer 198f.
Kippbunker 239
Kippdarre 188
Klappschieber 350
Kleinballen 261, 310
Kleinballenkette 276, 309
Kleinverbrauchstarif 28f.
Klima 61
Klimatisierung 242
Klingenschar 132
Knollenabstand 235
Knollenbeschädigung 240
Knollenform 235
Kohlendioxid 106
Kolbenentverfahren 214
Kombibeizautomat 204
Komponentenbehälter 372
Kompressor-Tankwagen 422
Kompressortankwagen 410
Konservierungsverluste 250, 281, 290f., 301
Konzeptionsrate 380, 385
Köpf-Rode-Bunker 225
Kopfdüngung 223
- Kopfmesser 228
Kopfgänge 228
Kopfschwungräum 348
Koppelungsgeräte 149
Korn-Stroh-Verhältnis 182
Kornablage 210
Kornbergung 180f.
Körnergebläse 181, 194
Körnerkonservierung 184f., 187, 189, 191
Körnerkühlgerät 185, 194
Körnermaishau 209, 211, 213, 215, 217, 219
Körnerschrot 216
Körnersumpf 181
Körnertransport 181
Körnertrocknung 185
Kornlängensortierung 202
Kornübergabe, parallele 181
Kosten, feste 76
-, veränderliche 76f.
Kostenblockmethode 79, 120ff.
Kostengleichheit 83
Kostenstruktur 314
Kostenstruktur der tierischen Produktion 313
Kotabriebkante 398
Kotband 403
Kotgrube 401f.
Kotkeller 404
Kotplatte 403
Kraftfuttermischung 370
Kraftfuttermischung 337, 339
Kraftfütterzuteilung 337
Kraftstoffeinsparung 37
Kraftstoffverbrauch 34, 77
-, spezifischer 36
Krananlagen 266
Kratzkettenwagen 277
Krautabtötung, chemische 237
Krautrennvorrichtung 238
Kreisellegge 145ff.
Kreiselgrubber 145ff.
Kreiselmäherwerk 251, 253ff.
Kreiselpflug 126, 130, 133
Kreiselpumpe 420
Kreiselrechwender 256, 259
Kreiselchwader 256, 258
Kreiseltauwpumpe 418
Kreiseltauwpumpen-Bauarten 420
Kreiselzettwender 256f.
Kreislumpen-Tankwagen 422
Kreuzstromprinzip 113
Krippe 343
Kronsaumverletzung 382
Krümelwalze 140, 142
Krumenpacker 141f.
Kühlkonservierung 185
Kühltank 327f.
Kühlung 326
Kühlverfahren 326
Kühlwanne 327f.
Kuhtrainer 344, 347
Kükenaufzucht 406ff.
Kunststoffolie 290
Kurzgrubber 136f.
Kurzgut 310
Kurzgutkette 261, 267, 271, 273, 275
Kurzschnittladewagen 263
Kurzstand 341, 343, 345, 360, 366
Kurzstandformen 347
Kurzstandkrippe 331
- Ladehilfen 52f.
Ladeluftkühlung 35
Ladewagen 248, 262ff., 293
Ladewagentypen 265
- Lagerungsbedarf 195
Lagerung, deckenlastige 341
-, erdlastige 341
Lagerungsanlagen 205, 207
Lagerungstechnik 194
Lagerverluste 301
Landtechnik 13, 15
Langegge 141
Langgut 310
Langgutkette 261f., 293, 309
Längsfließ-Mähdrescher 176
Langstand 341
Längstrogbucht 399
Lärm 61
Lärmstufe 62
Lastschaltstufen 48
Laufhof 349
Laufstall 337, 340, 347, 349, 360
Laufstallformen 347
Laufstallkrippe 331
Legehennenhaltung 401, 403, 405
Legehennenkäfig 402
Legeleistung 405
Legemaschinen 234
Legenest 401f.
Leichtbauwände 99
Leimbinder 102, 104
Leistungsbedarf 16
Leistungsbereitschaft 57
Leistungsfähigkeit 57
Leistungsreserve 41
Lenkautomaten 214
Lichtprogramm 401
Lichtstrom 114
Liegeboxe 348
Liegeboxenlaufstall 348, 350f.
Liegeflächen 101f., 361
Liegeflächenmaße 342
Liegeplatz 342
Lieschenkolben-Pflückschroter 216
Lieschenkolbenschrot (LKS) 216f., 373
--Ernte 214
Lochdüsen 168
Lockerungspflug 126
Löfflegge 140f.
Lohnansatz 75
Lohnunternehmen 82
Lohnunternehmer 81
Lose-Dünger-Kette 158, 160
Luftfeucht, relative 299
Luftgeschwindigkeit 111
Lüftung 105ff.
Lüftungssysteme 108f.
Luftzahl 34
- Mähaufbereiter 255f.
Mähbalken 251
Mähdrescher 175
Mähdrescher, selbstfahrender 176
Mähdreschereinsatz 182
Mähdruschstunden, verfügbare 175
Mahl- und Mischanlage 367, 370ff.
Mähverfahren 251, 253, 255
Mähvorsatz 272
Mähwerke, rotierende 251
Mais-Pflückvorsatz 219
--Spindel-Gemisch 373
Maisgebiß 272
Maishäcksler 216
Maiskolben-Pflückschroter 216
Maiskolbenschrot 216f.
Maiskolbensilage 219
Maiskorn-Spindel-Gemisch (CCM) 216ff.
Maispflückvorsatz 214
Maissaatgut 210
Maissilageernte 297

- Maisspezialfeldhäcksler 272, 274
 Maisspindeln 216
 Manotest 170
 Maschinenkosten 75f.
 Maschinen- und Betriebshilfsring 82
 Maschineneinsatz, überbetrieblicher 81, 83
 Maschinengemeinschaft 81
 Maschinenhacke 223
 Maschinenhauptgemelk 315, 319
 Maschinenhauptmelken 314
 Maschinenkosten 74, 76, 78
 Maschinenkostenkalkulation 83
 Maschinenmelken 315
 Maschinenring 81f.
 Massivzäune 245
 Mastbullenhaltung 360f., 363, 365
 Mastschweinehaltung 29
 Mechanisierung 15
 Mechanisierungskosten 14
 Mehrfachdüsen 168
 Mehrfachkombinationen 151
 Mehrstufenbrenner 190
 Meißelpflug 127
 Meißelschar 132
 Melkanlage 316f., 319, 321, 323
 Melkarbeiten 319
 Melkeinheit 317, 319, 325
 Melken 314
 Melkkarusell 323
 Melkleitung 318
 Melkstand 322, 329
 Melkstandcomputer 89
 Melkvakuum 315
 Melkverfahren 322, 325
 Melkzeug 316, 318ff.
 Messerbalken 251
 Messermühle 369
 Messerrotor 146
 Messersech 131
 Metallscheibenmühle 368f.
 Mikroelektronik 15
 Milchabwärme 32
 Milchbildung 314f.
 Milchentzug 314f.
 Milchfluß 315
 Milchflußanzeiger 319f.
 Milchflußgesteuerte Anlage 319
 Milchflußsteuerung 320
 Milchlagerung 326ff., 328
 Milchräume 328f.
 Milchsäuregärung 184, 282
 Milchtemperatur 326
 Milchviehhaltung 313
 Milchviehfütterung 329
 Milchviehlaufställe 353
 Milchviehställe 340, 353
 Mineraldüngerstreuer 157ff., 161
 Mineraldüngung, flüssige 163
 Minimal-Bestelltechnik 152
 - - Bestellverfahren 154
 Mischgenauigkeit 377
 Mistgang 384
 Mistgangbucht 396, 399
 Mistkonsistenz 410
 Miststreuer 411
 Mittellangstand 341
 Mittelschnitt 252
 Monitor 90
 Monogerm-Saatgut 223
 Motordrehmoment 36
 Motoren 26
 Motorkennfeld 36f.
 Motorleistung 36, 39f., 44f.
 Motornendrehzahl 37
 Motorschutzschalter 27
 Motorwirkungsgrad 35
 Mulchgeräte 253
- Muldenförderband 161
 Muskelarbeit, dynamische 56
 -, statische 56
- Nachbarschaftshilfe 123
 Nachläufer 137, 150
 Nachmelken 314f.
 Nachwerkzeuge 131
 Nackenriegel 348
 Nebenräume 60
 Nennleistung 27
 Netzegge 141, 237
 Niederdruckpresse 276
 Niederquerschnittreifen 54
 Nippeltränke 403, 408
 Normalkörper 131
 Nutztierwärme 31
 Nutzungsdauer 77
 - nach Arbeit 76
 - - Zeit 76
 Nutzungsgrad 19
- Obenentnahmefräse 286
 Obenfräse 284
 Oberflächen-Nachbearbeitung 139, 143, 146f.
 Ohmsches Gesetz 25
 Ökonomik 16
 Output 85
- Palisadenfreßgitter 332
 Parallelogrammfreßgitter 332
 Parallelogrammführung 210
 Parapflug 134
 Perfektschar 132
 Peripherie 85f.
 Pflanzenschutz 220
 - integrierter 164
 Pflanzenschutzgeräte-Überprüfung 170
 Pflanzenschutztechnik 164ff., 167, 169
 Pflückdrescher 216
 Pflückdrusch 214
 Pflückrebler 214
 Pflückverluste 215
 Pflückvorsatz 272
 Pflug 126ff.
 - - Sonderbauformen 126
 Pflugbauformen 130
 Pflugeinstellung 132
 Pfluggrubber 126, 134, 136
 Pflugkörperformen 130
 Pflugsaat 152ff.
 Pflugschare 131
 Pflugscharformen 132
 Pick-up-Trommel 262, 272
 --- -Vorrichtung 177
 Planzeiten 70f.
 Plattformwagen 53, 181
 Polderschar 229
 Portionsweide 245, 247
 Prallblechverteiler 423
 Präzisions-Saatgut 223
 Preisindexentwicklung 15
 Preßballensilo 289
 Primärenergien 18
 Prismenwalze 144
 Produktionsertrag 13
 Produktionsmittel 14
 Produktionsverfahren 74
 Produktivsäu 391
 Programme 85, 87f.
 Programmiersprachen 87
 Programmspeicher 86
 Propellerrührwerk 419
 Propionsäure 185
- Prozeßrechner 338
 Prozeßsteuerung 90
 Prozeßsteuerungscomputer 87f.
 Prozeßüberwachung 90
 Pulsator 316, 318
 Pulszahl 315
 Pumpensumpf 410
 Punktebewertung 119
- Qualitätsmilch 329
 Quantitest 170
 Quertrog 375
 Quertrogbucht 397, 399
 Quertrogfütterung 375
 Querverteilung 165, 168
 Quetschwalzen 272, 275
- Radialventilatoren 109
 Radiatoren 112
 Rahmenbauweise 130
 Rahmenhöhe 137
 Raps 208
 Rapsanbau 208f.
 Raumbedarf 353
 Raumgewichte 52
 Raumprogramm 123, 391
 Rautenkörper 131
 Rautenpflug 126f.
 Rechteckballenpresse 276, 281
 Rechteckballensilage 289
 REFA-Normalleistung 56
 Regelung 88
 Reibboden 272, 275
 Reibung, innere 413
 Reihenfräsen 237
 Reihenstriegel 237
 Rein-Raus-Verfahren 391ff., 396, 408
 Reinigung 115f., 324, 359
 Reinigung der Rüben 229
 Reparaturkosten 77f., 80
 Resonanzaufladung 35
 Restwärme 94, 110
 Rindviehhaltung 29
 Rindviehaufzucht 354
 Rindviehställe 60
 Ringelwalze 144
 Ringkreisförderer 198
 Rinnenränke 401, 403
 Rodebunker 226
 Roderorgan 229
 Rodeschar 237
 Rohr-Rundtroganlage 408
 Rohrkettenträger 198, 200
 Rohrmelkanlage 316, 322ff.
 Rohrschnecke 200
 Rollbodenbunker 239
 Rollwiderstandsbeiwert 40
 Rostboden 382
 Rotationsdüse 167
 Rotationszerstäuber 166
 Rotoregge 145ff.
 Rübenbergung 229
 Rübenernernte 220
 Rübenernernteverfahren, französisches 227
 Rübenlagerung 232
 Rübenschwad 227
 Rückkoppelung 88
 Rundballenpresse 276, 279
 Rundballensilage 289
 Rundbehälter 193
 Rundmelkstand 323, 325
 Rundränke 401, 408
 Rundrockner 304
 -, vollmechanischer 305
 Rundtrog 375

- Rundtrogbucht 398
 Rundtrogfütterung 375
 Rüttelege 145f., 148
- Saatbettbereitung 125
 Saatbettkombination 150f.
 Saatbettvorbereitung 171, 220
 Saatgutablage 173
 Saatgutbeizung 203
 Saatgutbereiter 202, 206
 Saatpflug 128
 Saatverfahren 173
 Sammelbunker 239
 Sammelroder 240
 Säschar 210
 Sästempelverfahren 222
 Säsysteme 210
 Satzrockner 187, 189
 Sauen, leere und tragende 381
 Saug-Druckgebläse 196, 200
 Sauggebläse 196, 286
 Saugphase 315
 Säurezusatz 185
 Schachtlüftung 108, 110
 Schachttrockner 188f.
 Schädlingsbekämpfung 236
 Schalenfestigkeit 237
 Schälgrubber 135f.
 Schalldruck 61
 Schallschutz 124
 Schälplflug 128
 Scharformen 173
 Scharraum 401
 Scheiben-Rodeschar 229
 Scheibenegge 140, 142f.
 Scheibenmäher 252f., 255
 Scheibenmähwerk 251
 Scheibenpflug 126f.
 Scheibenradfeldhäcksler 270, 272
 Scheibenradhäcksler 271
 Scheibensech 131
 Scherenschnitt 251
 Schlagkarteidaten 67
 Schlagkraft 46
 Schlagleisten-Dreschwerk 178
 Schlagmühle 369
 Schlegelfeldhäcksler 267, 270
 Schlegelkopf 228
 Schlegelmähwerk 251f., 254
 Schlemmbeize 203
 Schleppe 126, 139
 Schleppege 141
 Schlepper-Anbauspritzen 165
 - -Motorleistung 50
 Schlepperballenwerfer 278
 Schlepperbauarten 47
 Schlepperhydraulik 48
 Schlepperkosten 49
 Schleppermotor 33, 35, 37
 Schlepperwahl 43, 45
 Schleuderradroder 233
 Schleuderstreuer 157, 159
 Schlitzdüsen 168
 Schlitzrost 388
 Schlupf 26, 38
 Schmalspurschlepper 47
 Schnabelschar 132
 Schnecke 197
 Schneckenstreuer 157
 Schneelast 98
 Schnellentleerung 52
 Schnitt, freier 251
 Schnittgutkette 261f.
 Schnurgerüst 124
 Schrägbodentrockner 188
 Schrägförderer 276
 Schrägstab-Wälzgege 143
- Schroten 368
 Schrotmühlen 368
 Schubstangenförderer 346
 Schubwendetrockner 189
 Schurre 278
 Schüttdichte 52
 Schüttelrinne 198
 Schüttellverluste 215
 Schutzfunktion 93
 Schwachlasttarif 28, 30
 Schwadrusch 209
 Schwaden 257
 Schwadleger 208f.
 Schwarzarbeit 123
 Schwefelwasserstoff 106
 Schweinehaltung 367ff.
 Schweinemast 395ff.
 Schwenkbuchtenstall 352
 Schwergrubberzinken 137
 Schwerkraftlüftung 108
 Schwimmschicht 417
 Schwingförderer 198
 Schwingungen 59
 Schwingungsbelastungen 61
 Seilzugschieber 346
 Seitenkipper 181
 Sekundärenergien 19
 Selbstfütterung 364
 Selbsthilfe, bauliche 123
 Selbsttränke 376
 Sichtverhältnisse 58
 Siebverluste 215
 Siebvollreiniger 202
 Silagebereitung 282
 Silageentnahme 284
 Silieren der Futterrüben 232
 Siliertechnik 282
 Silierzusätze 282
 Siloanstrich 283
 Silobatterie 194
 Silobeschickung 289
 Siloblockschnidegerät 337
 Silomais 294f., 297
 - -Ernteverfahren 298
 Silomaisern 294
 Sinkschicht 417
 Sitzstange 401
 Software 85f.
 Solarkollektoren 31
 Solarzellen 31
 Sommerluft 106
 Sommerstallfütterung 248f.
 Sorptionsisotherme 185, 299
 Sortiermaschinen 243
 Spaltenboden 362, 398
 Spannung 25
 Spar-Gang 37
 - -Zapfwellendrehzahl 37
 Spatenmaschine 127, 130, 133
 Spatenpflug 126
 Spatenrolle 140, 142
 Speicherverfahren 416
 Sperboxenstall 352
 Spezial-Mais-Einzelkorn-Sämaschinen 210
 - -Zuckerrüben-Einzelkorn-Sämaschinen 221
 Spezialkombinationen 152
 Spitzschar 132
 Spitzzahnkrümmler 143
 Spritzbild 165
 Spritzcomputer 90
 Spritzverfahren 165
 Stall-Lüftung 105
 Stallungstreuer 411f.
 Stallfenster 101
 Stallformen 351
 Stallfußböden 101f.
- Stallheizung 112
 Stallreinigung 115
 Stalltemperaturbereich 313
 Stalltüren 101
 Stalllüftung 119
 Standardschlepper 47, 49, 60, 347
 Ständerkonstruktion 102
 Standortwahl 117
 Standsicherheit 124
 Standweide 245
 Starregge 140
 Staubschutzmaßnahmen 62
 Staumistverfahren 398, 413ff.
 Staunase 413
 Stechhubblocker 156
 Steinmühle 368
 Stelzenschlepper 47
 Stern-Dreieck-Schaltung 27
 Sternradroder 256ff.
 Sternwälzgege 141
 Steuerparameter 88
 Steuerung 88
 Stoppbearbeitung 125, 149f.
 Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) 51
 Streichblechpflug 126f.
 Streifen-Fräsaaat 212f.
 Streifenkörper 131
 Streifenpflug 126
 Streuaggregat 411
 Streubild 158
 Streuer, pneumatischer 160
 Strichabstand 135
 Striegeln 236
 Strohbürgung 183
 Strohdüngung 183f.
 Strohfuehrung 22
 Strohleithorn 131
 Strohmenge 183
 Strohverarbeitung 183
 Strom 25
 Stromarten 25
 Strömungsprinzip 113
 Strömungswiderstand 109
 Stufenkäßig 403f.
 Systemschlepper 47, 49
- Tandemachse 54
 Tandemmelkstand 322f.
 Tangential-Mähdrescher 175
 Tankwagen 420f.
 Tankwagenbauarten 422
 Tariflöhne für Landarbeiter 75
 Tauchkühler 326, 328
 Taumelege 145ff.
 Taupunkt 96
 Technik 16
 Teilbreitenschaltung 169
 Teilspaltenboden 399
 Teilspaltenbodenbucht mit Längstrog 397
 Tellerbürsten 238
 Tiefbehälter 416, 418
 Tiefboxe 348
 Tiefgrubber 156
 Tieflaufstall 360f., 365f., 383
 - mit Einzelfreiständen 381
 Tiefpflug 128
 Tiefstreubucht 398
 Tiergesundheit 406
 Tierleistung 351
 Tierschutz 123
 Tierverhalten 352, 406
 Tore 101
 Tränkeautomaten 355
 Tränkebecken 343
 Tränkeverfahren 357

- Transformatoren 26
 Transporte 50
 Transportfahrzeuge 53
 Transportleistung 50f.
 Transportmittel 50
 Sporttechnik 33 ff., 50f.
 Transportverfahren 50, 54
 Trauf-First-Lüftung 108 ff.
 Traunsteiner Silo 287
 Trenneinrichtungen, mechanische 239
 Triebkraftbeiwert 38f.
 Trockenbeizautomat 204
 Trockenbeize 203
 Trockenfütterung 374 ff., 379 f.
 Trockenkonservierung 185
 Trockner-Nennleistung 191
 Trocknereinsatz 190
 Trocknung 186
 Trocknungsanlagen 187
 Trocknungsgebläse 188
 Trocknungsgeschwindigkeit 300
 Trocknungskosten 190, 303, 305
 Trocknungsverfahren 300f., 303, 305
 Trogkettenförderer 198f.
 Trogschnecke 199
 Trogsprüher 376f.
 Trommelfeldhäcksler 270 ff.
 Trommelmäher 252f., 255
 Trommelmähwerk 251
 Trommelschwader 256, 258
 Trommeltrocknungsanlage 305
 Tropfenverteilung 165
 Türen 101
- Überanschlußwert 30f.
 Überdrucklüftung 108 ff.
 Überlastsicherung 131
 Übermechanisierung 14
 Übermotorisierung 50
 ULV-Sprühen 167
 Umbuchtverfahren 395
 Umbuchtzyklus 381
 Umgebungsbelastung 58
 Umlufttrockner 187, 189
 Umspülverfahren 414f.
 Umtreiben 363
 Umtrieb, kontinuierlich 391
 Umtriebsweide 245, 247
 Umweltbedingungen 313
 Umweltbelastung 15
 Unfallschutz 27
 Universalanhänger 53
 Universalfeldhäcksler 274
 Universalkrippe 331
 Universalmaschinen 258
 Universalwagen 277
 Unkrautbekämpfung 236
 Untenentnahmefräse 284, 286
 Unterbau-Strohschläger 219
 Unterblattspritzung 168
 Unterbodenlockerung 125, 156f.
 Unterbrandkessel 22f.
 Unterbringungskosten 76
 Unterdrucklüftung 108 ff.
 Unterfußdüngung 212
- Vakuumentleitung 316
 VDI-Richtlinie 3471 118f.
 Ventilatorbauarten 109
- Verandahaltung 390
 Verdaulichkeit des Futters 368
 Verdrängerpumpen-Tankwagen 422
 Vereinzeln 220, 223
 Vereinzelnungsverfahren 222
 Verfahren, absäztiges 293, 295
 Vergabe 119, 124
 Verkehrsflächen 101f.
 Verkehrslage, äußere 118
 -, innere 117
 Verkehrslasten, vertikale 98
 Verleseband 238
 Verrechnungssätze 75, 82
 Versicherung 79f.
 Versicherungskosten 76
 Verteileinrichtungen 263, 421 ff.
 Verteilgenauigkeit 163, 421
 Vertikalmischer 370
 Vielmesserschneidwerke 275
 Vielmessertrommel 272
 Viereckbehälter 193
 Volierenhaltung 405
 Vollastkennlinien 36
 Vollandpflug 129
 Vollmechanisierung 57
 Vollspaltenboden 365, 399
 Vollspaltenbodenbucht 358f.
 - mit Längstrog 397
 Vollspaltenbodenstall 360, 362, 367
 Volumendosierung 375, 378
 Vormast 396
 Vormelken 314f.
 Vorratsfütterung 375, 399
 Vorratsroder 233
 Vorreiniger 206
 - mit Wind- und Sortiersieben 202
 Vorwelken des Futters 300
 Vorwerkzeuge 131
- Wagenpflücker 214
 Wagentrockner 188
 Wagentrocknung 189
 Walze 126, 139, 141f., 144
 Wälzgege 140 ff.
 Walzenmühle 368f.
 Walzschlepper 285
 Wände 99
 Warmdächer 100
 Wärmeabgabe 106
 Wärmeanfall 94
 Wärmeaufwand, spezifischer 187
 Wärmeaustausch 94
 Wärmebilanz 94
 Wärmedämmstoffe 100
 Wärmedämmung 110
 Wärmedurchgangskoeffizient 94, 96
 Wärmeerzeuger 22 ff.
 Wärmehaushalt 94
 Wärmeleitfähigkeit 96
 Wärmepumpen 32, 114
 Wärmequellen 112
 Wärmerückgewinnung 112f., 328
 Wärmeschutz 93, 123
 Wärmespeicher 22
 Wärmespeichervermögen 97
 Wärmetauscher 31, 113
 Wärmeverluste 94f.
 Warmluft erzeuger 188
 Warmluftsatztrockner 206
 Warmlufttrocknung 187f., 300, 304, 306
- Warmwasserbereitung 32
 Wartebucht 384
 Wartezeiten 116
 Wasseraufnahmefähigkeit der Luft 186, 299
 Wasserdampf abgabe 106
 Wasserspeicher 328
 Wasserversorgung 118, 376
 Wechselspitzen-Schnabelschar 132
 Wechselstrom 25
 Weide 245
 Weidegang 249
 Weidehaltung 245
 Wenden 256
 Werkpläne 124
 Wetterrisiko 301
 Wiegemischer 377
 Wiesenegge 141
 Windkräfte 98
 Winkelschar 132
 Winterfutterbergung 250 ff.
 Winterluft rate 107
 Wippscharlockerer 156
 Wirkstoffkonzentration 169
 Wirkungsgrad 32, 48f.
 Wirkungsgrad (Nutzungsgrad) 19
 Wirtschaftlichkeit 14
 Wurfbeläge 275f., 286
 Wurzelbruch 228
- Zahnkrümmler 143
 Zapfenränke 376f.
 Zapfwellenantrieb 145 ff.
 Zapfwellenege 139
 Zeitkonto 65f.
 Zeitmessung 70
 Zentraleinheit 86
 Zentralrohr trockner 188f.
 Zentrifugalabscheider 178
 Zerkleinerungseffekt 145
 Zetten 256
 Ziegeldach 100
 Ziehlüfter 302
 Zimmermannskonstruktion 102, 104
 Zinkenege 140
 Zinkenrotor 146
 Zinsanspruch 79
 Zinssatz 76
 Zirkulationsverfahren 416f.
 Zitzen 315, 319
 Zitzenbaden 317, 319
 Zuchtsauenhaltung 29, 380f., 383
 Zuckerrüben, Ernteverfahren 224
 Zuckerrübenbau 220f., 223, 225, 227, 229
 Zughaken 42
 Zugkraftübertragung 48
 Zugluft 108
 Zugpendel 42
 Zugpunkt 42
 Zuluftquerschnitt 111
 Zusatzheizung für Ferkel 388
 Zestreicher 210
 Zuteilentleerung 52
 Zwangslüftung 108
 Zwangsmischer 370f.
 Zweiachsanhänger 54
 Zwillingbereifung 54
 Zyklon 197, 201, 371