

Grundlagen

# Landtechnik Bauwesen

Energie · Schlepper · Bauwesen · Arbeitslehre



# Grundlagen Landtechnik – Bauwesen

---

# Grundlagen Landtechnik Bauwesen

Energie – Schlepper – Bauwesen – Arbeitslehre

Herausgegeben vom Verband der Landwirtschaftsberater in Bayern e. V.  
unter der Schriftleitung von Dr. Johann Dörfler

**Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner**

und

Dr. agr. Josef Boxberger

Dr. agr. habil. Manfred Estler

Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer

Prof. Dr. agr. Hans Schön

Dr. agr. Arno Strehler

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



BLV Verlagsgesellschaft München

# Autoren und Hauptfachgebiete

---

Dr. agr. Josef Boxberger	Bauwesen, Tierische Produktion
Dr. agr. habil. Manfred Estler	Schlepper, Pflanzliche Produktion
Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer	Technische Grundlagen, Schlepper, Beregnung
Prof. Dr. agr. Hans Schön*	Arbeitslehre (gemeinsam mit Dr. agr. Hermann Auernhammer), Futterernte und -konservierung, Tierische Produktion
Dr. agr. Arno Strehler	Wärmeerzeugung, Getreide- lagerung, Trocknungstechnik
Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner	Grundsatzfragen der Landtechnik, Elektrizitätsanwendung

---

\* seit 1978 Institut für Betriebstechnik der FAL Braunschweig-Völkenrode

Zeichnungen:  
Franz Pöhlmann, Kurt Trzewik,  
Maria Kaupe

ISBN 3-405-12230-9

© BLV Verlagsgesellschaft mbH,  
München, 1980

Alle Rechte vorbehalten  
Gesamtherstellung:  
Druckerei Ludwig Auer, Donauwörth  
Printed in Germany

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

**Grundlagen Landtechnik, Bauwesen:**  
Energie, Schlepper, Bauwesen, Arbeitslehre /  
hrsg. vom Verb. d. Landwirtschaftsberater  
in Bayern e. V. unter d. Schriftf.  
von Johann Dörfler.  
Heinz-Lothar Wenner . . . –  
München: BLV Verlagsgesellschaft, 1980.  
ISBN 3-405-12230-9

NE: Dörfler, Johann [Hrsg.];  
Wenner, Heinz-Lothar [Mitarb.];  
Verband der Landwirtschaftsberater  
in Bayern

# Vorwort

Die Landwirtschaft ist in zunehmendem Maße gezwungen, die Löhne, welche stärker gestiegen sind als die Betriebsmittelkosten, durch Maschinen- und Gebäudekapital zu ersetzen.

Die moderne technische Entwicklung ist daher ein wesentlicher Produktionsfaktor zur Steigerung der Arbeitsproduktivität im landwirtschaftlichen Betrieb.

Die Auswahl der richtigen Maschine oder des passenden Gebäudes muß aus der Gesamtsituation des landwirtschaftlichen Betriebes heraus betrachtet werden. In immer stärkerem Maße setzt sich deshalb in der Landtechnik und im Bauwesen eine ganzheitliche Betrachtung bei der Verfahrenstechnik durch.

Nur auf diese Weise ist es in der Landwirtschaft von heute und morgen möglich, aus Gründen der Rentabilität und Produktivität alle Einzelglieder eines landtechnischen Verfahrens in ihrer Funktion und Leistung optimal abzustimmen.

Eine richtige Beurteilung landtechnischer Verfahren setzt ein umfangreiches Wissen landtechnischer Grundlagen voraus.

Das vorliegende Buch »Grundlagen: Landtechnik/Bauwesen« richtet sich in erster Linie an die zukünftigen landwirtschaftlichen Betriebsleiter, aber auch an erfahrene Landwirte, die sich im Bereich der Landtechnik und des Bauwesens auf dem laufenden halten wollen.

Das Buch ist in folgende Kapitel gegliedert:

- 1 Grundsätzliches
- 2 Energie
- 3 Schlepper
- 4 Landwirtschaftliches Bauwesen
- 5 Arbeitslehre

Neben einer klaren Gliederung tragen vor allem 169 Abbildungen – überwiegend graphische Darstellungen im Zweifarbendruck – wesentlich dazu bei, die »Grundlagen: Landtechnik/Bauwesen« überschaubar zu gestalten, damit leichter zu arbeiten.

Das vorliegende Buch »Grundlagen: Landtechnik/Bauwesen« ist eine hervorragende Basis und Ergänzung zur Lehrbuchreihe DIE LANDWIRTSCHAFT, insbesondere zum Band 3 »Angewandte Landtechnik«. Es wird deshalb insbesondere allen Studierenden der landwirtschaftlichen Fachschulen empfohlen.

Verlag, Herausgeber und Schriftleitung hoffen, daß dieses Buch in Unterricht und Praxis ein positives Echo findet.

Dr. Johann Dörfler  
Schriftleiter

# Inhalt

## **1** Grundsätzliches ..... 1

## **2** Energie ..... 3

### **1** Energie als Grundlage der Landtechnik ..... 3

1.1 Energieumwandlung 3

1.2 Energieformen 4

### **2** Mechanische Energie ..... 7

### **3** Wärmeenergie ..... 8

### **4** Elektroenergie ..... 12

4.1 Gleichstrom 14

4.2 Wechselstrom 15

4.3 Drehstrom (Dreiphasen-Wechselstrom) 15

4.4 Drehstrom-Motoren 16

4.5 Schutzmaßnahmen 19

4.6 Einsatz der Elektroenergie im landwirtschaftlichen Betrieb 21

4.7 Installation 25

### **5** Verbrennungsmotoren ... 25

5.1 Grundbegriffe, Arbeitsverfahren, Arbeitsweise 25

5.1.1 Grundbegriffe 25

5.1.2 Arbeitsverfahren 26

5.1.3 Arbeitsweise 28

5.2 Dieselmotoren 30

5.2.1 Verbrennungsverlauf 31

5.2.2 Aufbau des Dieselmotors 33

5.2.3 Kühlung 36

5.2.4 Schmierung 38

5.2.5 Luftfilterung 39

5.2.6 Betriebsverhalten und Motorbeurteilung 40

## **3** Schlepper ..... 43

### **1** Aufbau des Schleppers ... 43

1.1 Schlepperbauarten 44

1.2 Kraft- und Leistungsübertragung 46

1.2.1 Kräfte am Schlepper 46

1.2.2 Fahrkupplung 48

1.2.3 Getriebe 48

1.2.4 Differential 53

1.2.5 Untersetzungsgetriebe und Allradantrieb 53

## **2** Der Schlepper als Arbeitsmaschine ..... 54

2.1 Fahrwerk 54

2.2 Reifen und Felgen 56

2.3 Lenkung 59

2.4 Bremsen 60

2.5 Schlepperelektrik 61

2.6 Geräteanhangung 61

2.7 Geräteanbau 63

2.7.1 Hydraulikanlage 63

2.7.2 Dreipunkt-Kraftheber 65

2.7.3 Frontlader 67

2.8 Zapfwelle 68

2.9 Wartung 71

## **3** Schlepperwahl ..... 72

3.1 Technische Ausstattung 73

3.2 Betriebs- und standortspezifische Einflüsse 76

## **4** Transporttechnik ..... 79

4.1 Transportgeräte 79

4.2 Wagenbauteile 81

4.3 Transportverfahren 82

## **4** Landwirtschaftliches Bauwesen

### **1** Wärmehaushalt ..... 86

### **2** Baustoffe und Bauteile ... 90

2.1 Eigenschaften der Bauteile 90

2.1.1 Wärmeschutz 90

2.1.2 Feuchtigkeitsschutz 93

2.1.3 Wärmespeichervermögen 94

2.1.4 Längenausdehnung 95

2.1.5 Brandschutz 95

2.1.6	Statische Eigenschaften	95
2.2	Beton	96
2.3	Mauerwerk	99
2.4	Holz und Holzverbindungen	100
2.5	Kunststoffe und organische Dämmstoffe	104
2.6	Baumetalle	104
2.7	Dacheindeckungen	105
2.8	Decken	106
2.9	Türen, Tore und Fenster	108
<b>3</b>	<b>Bauweisen</b>	<b>108</b>
3.1	Allgemeines	108
3.2	Stallgebäude	110
3.3	Bau von Maschinenhallen und Lagerräumen	112
<b>4</b>	<b>Stall-Lüftung</b>	<b>114</b>
4.1	Allgemeine Anforderungen	114
4.2	Berechnungsgrundlagen	115
4.3	Lüftungssysteme	118
4.3.1	Thermische Lüftung	118
4.3.2	Ventilatorlüftung	119
4.3.3	Hinweise zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdruck-Lüftungsanlagen	121
4.4	Immissionsschutz (Stallabluft)	122
<b>5</b>	<b>Stallheizung</b>	<b>122</b>
<b>6</b>	<b>Beleuchtung</b>	<b>124</b>
<b>7</b>	<b>Hofplanung</b>	<b>125</b>
7.1	Gliederung und Zuordnung der Gebäude	126
7.2	Standort	127
<b>8</b>	<b>Bauvorbereitung und Bauplanung</b>	<b>130</b>
8.1	Vorplanung und Entwurf	130
8.2	Planung und Bauantrag	132
8.3	Ausschreibung und Vergabe	132
8.4	Baustellenvorbereitung	133

<b>5</b>	<b>Arbeitslehre</b>	<b>134</b>
<b>1</b>	<b>Die menschliche Arbeit</b>	<b>134</b>
1.1	Die natürlichen Voraussetzungen der Leistungsfähigkeit	135
1.2	Steigerung der menschlichen Leistungsfähigkeit	137
1.3	Folgerungen für die Arbeitsunterweisung	138
1.4	Bedingungen der Leistungsbereitschaft	140
1.5	Die Ermüdung als Begrenzung der Arbeitsleistung	141
<b>2</b>	<b>Mensch und Maschine</b>	<b>143</b>
2.1	Arbeitshaltung und Arbeitsplatz	145
2.2	Schutz vor gesundheitlichen Schäden	145
<b>3</b>	<b>Arbeitszeitermittlung und Arbeitsplanung</b>	<b>149</b>
3.1	Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit)	149
3.2	Arbeitsanalyse	152
3.3	Verwendung von Planzeiten (Arbeitszeitbedarf)	155
3.4	Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag)	157
<b>4</b>	<b>Verfahrenskosten und Verfahrenvergleich</b>	<b>160</b>
4.1	Allgemeines	160
4.2	Arbeitskosten	161
4.3	Maschinenkosten	161
4.4	Gebäudekosten	166
<b>5</b>	<b>Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz</b>	<b>167</b>
5.1	Formen des überbetrieblichen Maschineneinsatzes	167
5.2	Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes	169
	<b>Sachregister</b>	<b>170</b>

Vordringliche Aufgabe der Landtechnik ist es, Maschinen, Gebäude und Arbeitskräfte zu optimalen Arbeitsverfahren für die Erzeugung von Nahrungsmitteln abzustimmen und zu beurteilen.

Dabei sind folgende **Ziele** zu nennen:

- ▶ *Verbesserung des Produktionsertrages* durch
  - Steigerung der Erträge,
  - Verminderung von Verlusten und des Anbaurisikos,
  - Erhöhung der Produktqualitäten.
- ▶ *Verbesserung der Arbeitserledigung* durch
  - Einsparung an Arbeitszeit und Arbeitskräften,
  - Erhöhung des Arbeitskomforts.
- ▶ *Verbesserung der Wirtschaftlichkeit* durch
  - Verminderung der Mechanisierungskosten (geringe Betriebskosten, gute Ausnutzung, lange Gebrauchsdauer, geringer Reparaturaufwand u. a. m.),
  - Verringerung der Investitionshöhe für Maschinen und Gebäude.

Diese Ziele der Landtechnik, die einen Hinweis auf die klassischen Produktionsfaktoren *Boden – Arbeit – Kapital* geben, erlangten im Verlauf der stürmischen technischen Entwicklung der letzten 30 Jahre unterschiedliche Bedeutung. In diesem Zeitraum verdoppelten sich die Erträge und die Zahl der Arbeitskräfte verringerte sich auf ein Drittel.

Somit erzeugt heute jede in der Landwirtschaft tätige Arbeitskraft sechsmal soviel wie vor 30 Jahren, es erfolgte also eine Steigerung der Arbeitsproduktivität auf den sechsfachen Wert!

Um dies zu erreichen, waren sehr hohe Investitionen für Maschinen und Wirtschaftsgebäude erforderlich.

Die hohen Ausgaben für die Technik belasten aber die landwirtschaftliche Produktion erheblich (vgl. Abb. 1), so daß heute die *Wirtschaftlichkeit der Mechanisierung* im Vordergrund

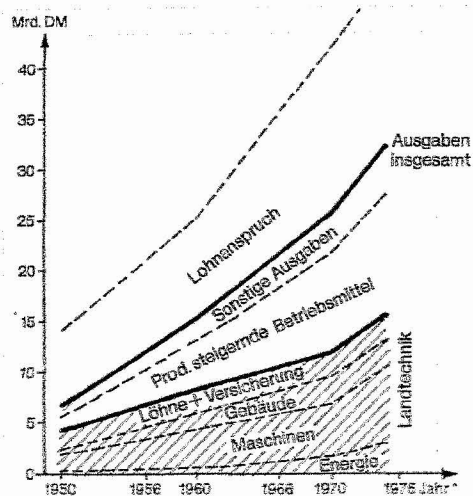


Abb. 1 Ausgaben der Landwirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland



steht. Zunehmend gewinnen aber auch Fragen der *Ertragssicherung*, der *Risikominderung* und des *Arbeitskomforts* an Bedeutung.

Zur **Beurteilung** landtechnischer Verfahren sind eine Vielzahl von Kriterien und Kennzahlen notwendig. Sie sind in der 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.

**Tabelle 1:** Beurteilungskriterien für landtechnische Arbeitsverfahren

Merkmal		Kennwerte
Arbeitsqualität	<i>Funktionseignung</i> je nach Anforderung von Boden, Pflanze und Tier	% usw.
Störanfälligkeit	<i>Funktionssicherheit</i> bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen	—
Energiebedarf	Energieverbrauch als Elektrizität, Wärme oder Treibstoff	kWh oder kJ oder l/ha
Leistungsbedarf	Leistungsanspruch der Verfahren	kW/Gerät kW/m Arbeitsbreite
technische Leistung	Arbeitsbreite mal Arbeitgeschwindigkeit oder Durchsatzleistung	ha/h dt/h
landwirtschaftliche Leistung (Schlagkraft)	erzielbare Leistung einschließlich Wendezeiten, Rüstzeiten, Wegzeiten, Störzeiten	ha/h Kühe/h usw.
Ertragshöhe	Einfluß der Technik auf — Verluste — Ertrag	% dt/ha, kg/Tier usw.
Arbeitszeitbedarf	für das gesamte Arbeitsverfahren — Zahl der Arbeitskräfte — Arbeitszeitbedarf	AK AKh/ha, AKh/Tier u. Jahr
Arbeitskomfort	Anforderungen an Gerätebedienung; physische und psychische Belastung	dB (A) usw.
Kapitalbedarf	Investitionshöhe für Geräte, Maschinen, Gebäude und Inneneinrichtungen	DM insg.; DM/ha; DM/Tierplatz
technische Nutzungsdauer	durch Verschleiß und Abnutzung, durch technische Veralterung	h oder ha Jahre
Unterhaltungskosten	Reparaturaufwand, Pflege und Unterstellung	%/Jahr (vom Anschaffungspreis ausgehend)
Kosten der Arbeitserledigung	jährliche Kosten der Arbeit, der Maschinen und Gebäude für ein Verfahren	DM/ha u. Jahr DM/dt DM/Tier u. Jahr
landtechnische Zuordnung	Möglichkeit der Eingliederung in das gesamte Produktionsverfahren bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen	—

## Internationale Basiseinheiten

Größe	Einheit	Zeichen
Länge	Meter	m
Masse	Kilogramm	kg
Zeit	Sekunde	s
Stromstärke	Ampere	A
Temperatur	Kelvin	K
Lichtstärke	Candela	cd

## Wichtige Größen und deren Einheiten

Mechanische und wärmetechnische Größen	Internationale SI-Einheit	Umrechnung
Kraft F	<b>N (Newton)</b>	1 N = 0,101972 kp $\approx$ 0,1 kp 1 kp $\approx$ 10 N
Druck p Spannung	<b>Pa (Pascal)</b> <b>bar</b>	1 Pa = 1 N/m <sup>2</sup> = 10 <sup>-6</sup> bar 1 bar = 10 N/cm <sup>2</sup> 1 at (techn. Atm.) = 1 kp/cm <sup>2</sup> = 0,981 bar 1 atm (phys. Atm.) = 760 Torr = 1,013 bar 10 m Ws = 736 mm Hg = 736 Torr = 0,981 bar
Arbeit A Energie E Wärmemenge Q	<b>J (Joule)</b>	1 J = 1 Nm = 1 Ws 1 kpm = 9,81 J = 9,81 Ws 1 PSh = 0,736 kWh 1 kcal = 4,19 kJ = 1,16 $\times$ 10 <sup>-5</sup> kWh
Leistung P Wärmestrom $\Phi$	<b>W (Watt)</b>	1 W = 1 J/s = 1 Nm/s $\approx$ 0,1 kpm/s 1 PS = 75 kpm/s = 0,736 kW 1 kcal/s = 4,19 kW 1 kcal/h = 1,16 J/s = 1,16 $\times$ 10 <sup>-3</sup> kW
Spezifische Energie e Spezifische Enthalpie h	<b>J/kg</b>	1 J/kg = 1 Nm/kg 1 kpm/kg = 9,81 Nm/kg 1 kcal/kg = 4,19 kJ/kg
Spezifische Wärmekapazität c	<b>kJ/kg K</b>	1 kJ/kg K = 0,239 kcal/kg grd
Wärmeleitzahl $\lambda$	<b>W/m K</b>	1 W/m K = 0,86 kcal/m h grd 1 cal/cm s grd = 4,19 W/cm K
Wärmeübergangszahl $\alpha$ Wärmedurchgangszahl K	<b>W/m<sup>2</sup> K</b>	1 W/m <sup>2</sup> K = 0,86 kcal/m <sup>2</sup> h grd 1 cal/cm <sup>2</sup> grd = 4,19 W/cm <sup>2</sup> K

## Vorsatzzeichen

Zehnerpotenz	Vielfach Vorsatz	Zeichen	Zehnerpotenz	Bruchteile Vorsatz	Zeichen
10 <sup>12</sup>	Tera	T	10 <sup>-1</sup>	Dezi	d
10 <sup>9</sup>	Giga	G	10 <sup>-2</sup>	Zenti	c
10 <sup>6</sup>	Mega	M	10 <sup>-3</sup>	Milli	m
10 <sup>3</sup>	Kilo	k	10 <sup>-6</sup>	Mikro	$\mu$
10 <sup>2</sup>	Hekto	h	10 <sup>-9</sup>	Nano	n
10 <sup>1</sup>	Deka	da	10 <sup>-12</sup>	Piko	p

## 1 Energie als Grundlage der Landtechnik

Alle Vorgänge auf der Erde, auch die der Produktion in der Landwirtschaft, sind mit Energieinsatz und -umformung verknüpft. Der Energieaufwand für die Nahrungsmittelproduktion nimmt mit dem Grad der Veredelung zu. Zur Erzeugung von 1 J Agrarprodukt sind 0,5 J (extensive pflanzliche Produktion) bis 5 J (intensive tierische Produktion) erforderlich. Diese Energie stammt allerdings zum größten Teil von der Nutzung der Sonnenenergie auf dem Wege der Photosynthese. Die technischen Energieprozesse, z. B. die Erzeugung von Elektroenergie, stellen dabei nur einen Bruchteil dar. Trotzdem waren sie für die Steigerung der landwirtschaftlichen Erzeugung in den letzten Jahrzehnten entscheidend. Durch den Einsatz von Fremdenergie, wie elektrischen Strom und Treibstoffe, ist die Arbeitsproduktivität, die landwirtschaftliche Erzeugung und auch das Einkommen entscheidend angestiegen. Aufgabe der Landtechnik ist es, Fremdenergie in verschiedenen Formen im landwirtschaftlichen Produktionsprozeß zu nutzen. Dafür sind die Gesetzmäßigkeiten der Energieumwandlung zu beachten.

### 1.1 Energieumwandlung

Die Energieumwandlung folgt dem Gesetz von der Erhaltung der Energie (Energieerhaltungsgesetz, HELMHOLTZ 1847), wonach bei deren Umwandlung physikalisch gesehen keine Energie verlorengeht. Jede Form der Energie, also auch mechanische Arbeit und Wärme, sind wesensgleich (MAYER 1840 und JOULE 1943). Die Energieumwandlung erfolgt jedoch nicht ausschließlich in der gewünschten Richtung, so wird z. B. die chemische Energie der Brennstoffe nicht nur in die gewünschte mechanische Arbeit, sondern auch in Wärme umgesetzt. Damit ist die beabsichtigte Energieumwandlung mit Verlusten behaftet. Die Höhe der Verluste bzw. die Güte der Umwandlung wird durch den *Wirkungsgrad* gekennzeichnet. Bei der Umwandlung von chemischer oder Wärme-Energie in mechanische Arbeit spricht man vom thermischen Wirkungsgrad, bei mechanischer Umwandlung, z. B. in Getrieben, vom mechanischen Wirkungsgrad.

$$\text{Thermischer Wirkungsgrad (\%)} = \frac{\text{erzeugte mechanische Arbeit}}{\text{zugeführte Wärmeenergie}} \times 100$$

$$\text{Mechanischer Wirkungsgrad (\%)} = \frac{\text{abgegebene mechanische Arbeit}}{\text{zugeführte mechanische Arbeit}} \times 100$$

Bei der *Energienutzung* ist demnach neben der Energiehöhe der Wirkungsgrad der Umwandlung ein wesentliches Beurteilungskriterium.

## 1.2 Energieformen

Jede Mechanisierung in der Landwirtschaft setzt die Bereitstellung von Energie in geeigneter Form voraus. Es wird zwischen ursprünglichen Energieformen (Primärenergie) und veredelten Energieformen (Sekundärenergie) unterschieden.

Die **Primärenergien** werden auch als Energiequellen bezeichnet, die an Energieträger gebunden sind.

In der Regel werden sie in **Sekundärenergien**, wie z. B. mechanische oder elektrische Energie, überführt. Diese sind nicht nur für eine zweckmäßige Bereitstellung, sondern auch für eine geeignete Verteilung der Energie erforderlich.

**Tabelle 2:** Primärenergien und deren Energieträger und gebräuchliche Energiewandler

Energiequellen	Energieträger	Energiewandler
Muskelkraft	Lebewesen	Arbeitsmaschinen
chemische Energie (fossile und regenerative)	Brennstoffe (z. B. Holz, Kohle, Heizöl, Erdgas)	Wärmekraftmaschinen, Wärmeerzeuger
nukleare Energie	spaltbare Stoffe	Kernreaktoren, Wärme-kraftmaschinen
geothermische Energie	Erdboden, Grundwasser, Flüsse	Wärmepumpen
Rotationsenergie (gem. mit Massenanziehung)	Erdanziehung, Wind, Flüsse, Wellen, Gezeiten	Kraftwerke (Wasser, Wind-turbinen, Gezeiten)
Sonnenenergie	Sonnenstrahlung, Umgebungsluft	Solarkollektoren, Solar-zellen, Wärmepumpen

In der historischen Entwicklung der *Primärenergienutzung* haben derzeit die fossilen Energiequellen (Brennstoffe) die größte Bedeutung. Dabei war der Höhepunkt der Holznutzung um 1900, der von Kohle 1935, von Heizöl wird es 1990 und von Erdgas 2060 sein.

Der Einsatz verschiedener Energieformen in der Landwirtschaft wird am Beispiel des Energieverbrauchs eines Betriebes mit Schweinezucht und -mast veranschaulicht (vgl. Abb. 2).

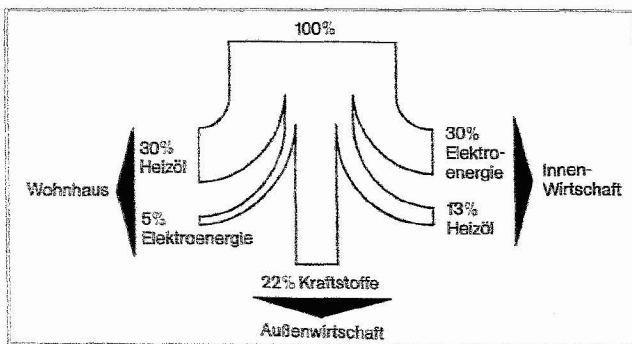


Abb. 2  
Energieverbrauch eines Schweinezucht- und -mastbetriebes

Von besonderer Bedeutung sind also die *chemische Energie* und deren Energieträger. Die Wärme ist dabei an feste, flüssige oder gasförmige Trägersubstanzen (Brennstoffe) gebunden. Die Energiehöhe der Brennstoffe wird als Heizwert, das ist die Wärmemenge (kJ) in 1 kg Brennstoff, angegeben. In Tabelle 3, S. 13, sind die Heizwerte, die Preise, die Wirkungsgrade der Nutzung und die Nutzwärmekosten der gebräuchlichsten Brennstoffe zusammengefasst. Die einfache Lagerung und Verteilung sowie die noch ausreichende Verfügbarkeit bei relativ

geringem Preis erklärt die vorherrschende Bedeutung von *Heizöl*. Andererseits sind auch die Chancen der in der Landwirtschaft selbst erzeugten Brennstoffe *Holz* und *Stroh* offensichtlich. Ferner wird deutlich, daß bei Nutzung der *Elektroenergie* für Heizzwecke hohe Energiekosten entstehen.

Für die Nutzung der geothermischen Energiequellen (Luft, Wasser, Erdwärme) ist es in der Regel notwendig, deren niedrige, an sich nicht nutzbare Temperatur durch Einsatz von Elektroenergie auf eine höhere, nutzbare Temperatur anzuheben, zu »pumpen« (Wärmepumpe). Hierbei wird das Verhältnis von nutzbarer Energie zu aufgewendeter Energie als Leistungszahl bezeichnet. Die Wärmepumpe stellt die Umkehrung eines Kühlaggregates dar und erreicht in Abhängigkeit von der genutzten Energiequelle bestenfalls Leistungszahlen von 6. Berücksichtigt man beim Antrieb der Wärmepumpe mit Elektromotor auch den Wirkungsgrad der Elektroenergieerzeugung von nur 33%, den der Leitung von 90% und den des Elektromotors von ebenfalls ca. 90%, so wird, wie in Abb. 3 angegeben, nur eine mechanische Energie zum Antrieb der Wärmepumpe von 27% der eingesetzten Primärenergie erzeugt.

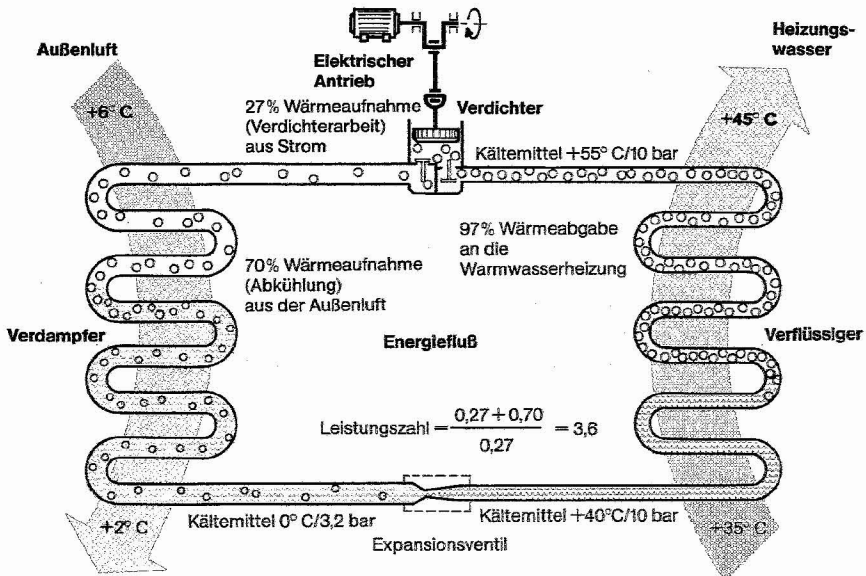


Abb. 3 Aufbau und Funktion einer Wärmepumpe

### Funktionsprinzip einer Wärmepumpe:

Einer Energiequelle mit niedrigen Temperaturen (z. B. Luft) wird Wärme entzogen. Dazu dient eine mit niedrigerer Temperatur siedende Flüssigkeit (das sog. Kältemittel), die in einem Kreislauf verdampft (gasförmige Phase) und kondensiert (flüssige Phase).

Die im Verdampfer erforderliche Verdampfungswärme wird der zu nutzenden Energiequelle entzogen (z. B. Abkühlung der Außenluft von 6 auf 2°C). Das verdampfte Kältemittel wird vom Verdichter angesaugt und infolge der Druckerhöhung von 3,2 auf 10 bar erwärmt. Dazu dient ein mechanischer Verdichter, der durch Fremdenergie angetrieben werden muß. Die dabei notwendige Mehrenergie wird zusätzlich in Wärme umgewandelt. Mit der Druckerhöhung steigt die Siedetemperatur. Unterhalb dieser Temperatur kondensiert das Kältemittel. Im Verflüssiger wird die dabei freiwerdende Kondensationswärme an das zu erwärmende Medium abgegeben (z. B. Erwärmung von Heizungswasser von 35 auf 45°C).

Das Kältemittel muß dann nur noch in einem Expansionsventil auf den niedrigeren Eingangsdruck des Verdampfers von 10 auf 3,2 bar entspannt werden. Dabei kühlt sich das Kältemittel auf 0°C ab. Der Kreislauf kann erneut beginnen.

Dadurch beträgt auch bei zusätzlicher Nutzung der Sonnenenergie in der Umgebungsluft (Umweltwärmeenergie) die Nutzenergie nur etwa der eingesetzten Primärenergie der Brennstoffe, was einen hohen technischen Aufwand selten rechtfertigt.

Wird demgegenüber zum Antrieb der Wärmepumpe ein Erdgasmotor bei gleichzeitiger Rückgewinnung des größten Teils der Wärmeverluste verwendet, so beträgt die Erhöhung der Nutzenergie gegenüber der eingesetzten Primärenergie der Brennstoffe immerhin 185%. Wichtig für den Einsatz der Wärmepumpen ist jedoch, daß die zusätzlich eingesetzte Primärenergie z. B. des Grundwassers, Laufwassers oder der Umgebungsluft ausreichend zur Verfügung steht. Dies gilt in der Regel nur für die Umgebungsluft.

Ein praktikabler Einsatzbereich in der Landwirtschaft ist die Kombination von Milchkühlung und Brauchwassererwärmung, wobei die der Milch entzogene Wärme zur Erwärmung von Wasser verwendet wird.

Eine nicht versiegende Energiequelle stellt die *Sonne* dar. Ihre Nutzung zur Wärmeerzeugung erfolgt mittels **Solarkollektoren**, deren schematischer Aufbau, Wertung und Anwendung verschiedener Bauarten in Abbildung 4 zusammengefaßt ist. Infolge der stark schwankenden Globalstrahlung besteht die Problematik der Sonnenenergienutzung in der Energiespeicherung sowie dem technischen Aufwand. Unter unseren klimatischen Verhältnissen fallen im Jahresmittel ca. 2,6 kWh nutzbare Energie pro Quadratmeter Kollektorfläche und Tag an, an einem Sonnentag im Sommer bestenfalls 5–7 kWh/m<sup>2</sup>.

Zur Beurteilung der Anwendbarkeit ist daher die Kenntnis der durchschnittlichen Sonnenscheindauer wichtig; in der Bundesrepublik Deutschland schwankt sie regional von 1300–2000 Stunden pro Jahr.

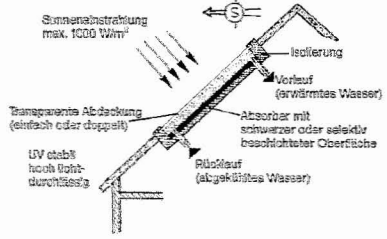
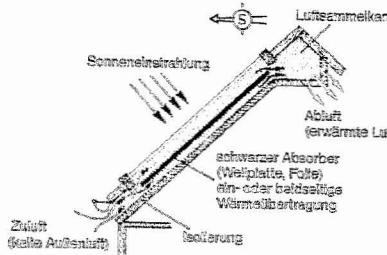
Solarkollektor-Bauart	Vorteile	Nachteile	Anwendung
<p><b>Wasserkollektor</b> (Platten- und Röhrenkollektor)</p> 	<p>als Bauelemente verwendbar (Kastenbauweise), für Wassererwärmung, gute Wärmespeicherefähigkeit</p>	<p>hoher Anschaffungspreis (300–500 DM/m<sup>2</sup> Kollektorfläche, Einfachkollektoren im Selbstbau ca. 100 DM/m<sup>2</sup>), hohes Gewicht, Mehraufwand zur Frostsicherung, großer Flächenbedarf, für Zwangsumlauf-Pumpe notwendig (Stromverbrauch)</p>	<p>Brauchwasseranwärmung (2–3 m<sup>2</sup> Kollektorfläche pro Person), Hochspeicher (Schwerkraftsystem), Tiefspeicher (Zwangsumlauf mit temperaturgesteuerter Umwälzpumpe), Schwimmbaderwärmung, Raumheizung, Koppelung mit Wärmepumpen</p>
<p><b>Luftkollektor</b></p> 	<p>für Trocknung geeignet, wenn Wärmebedarf z. Z. hoher Globalstrahlung, hoher Wirkungsgrad im Nieder-temperaturbereich, reich, niedriger Anschaffungspreis (30–200 DM/m<sup>2</sup> im Selbstbau 10–50 DM/m<sup>2</sup>), einfacher Selbstbau, Wärmespeicherung in Kassettenfüllung möglich</p>	<p>zur Brauchwassererwärmung und Hausheizung schlecht nutzbar, für hohe Trocknerleistung sehr großer Flächenbedarf, Gehäuse für erwärmte Abluft erforderlich</p>	<p>vorzugsweise zur Belüftungstrocknung mit vorgewärmter Luft (Temperaturerhöhung 5–15° C), 15 m<sup>2</sup> Kollektorfläche für 1 ha Grünland, für Warmlufttrocknung, wenn Kollektoren in Reihe geschaltet oder mit Wärmepumpe gekoppelt sind, Anwendung auch als ausleghare Folienkollektoren</p>

Abb. 4 Bauarten, Wertung und Anwendung von Solarkollektoren

## 2 Mechanische Energie

Die 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:** Die *potentielle* Energie eines angehobenen Gewichtes kann durch den Fall Arbeit leisten (Greiferrücktransport, Rammholz). Die ausgeübte Kraft errechnet sich aus der Masse des Gewichtes multipliziert mit der Erdbeschleunigung.

Die *kinetische* Energie eines Hammers treibt den Nagel ins Holz, die Kraft errechnet sich aus der Hammermasse multipliziert mit der von »Hand« vorgegebenen Beschleunigung.

In beiden Beispielen ist eine *Kraft* zur Überwindung eines Widerstandes erforderlich. Erst durch die Bewegung der Kraft wird eine *Arbeit* vollbracht. Dabei ist von Bedeutung, in welcher Zeit die Arbeit geleistet wird. Eine *Leistung* ist demnach eine in der Zeiteinheit verrichtete Arbeit.

*Physikalische Zusammenhänge von Kraft, Arbeit und Leistung (Newtonsches Grundgesetz der Mechanik):*

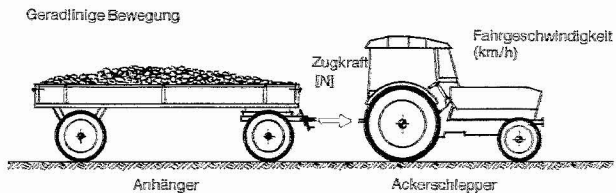
$$\begin{aligned} \text{Kraft } F \quad (\text{N}) &= \text{Masse (kg)} \times \text{Beschleunigung (m/s}^2) \\ \text{Mechanische Arbeit} \quad (\text{Nm}) &= \text{Kraft (N)} \times \text{Weg (m)} \\ \text{Mechanische Leistung (Nm/s)} &= \frac{\text{Arbeit (Nm)}}{\text{Zeit (s)}} = \frac{\text{Kraft (N)} \times \text{Weg (m)}}{\text{Zeit (s)}} \end{aligned}$$

In der praktischen Anwendung wird die mechanische Leistung für die geradlinige und drehende Bewegung folgendermaßen ermittelt (Abb. 5 und 6):

*Geradlinige Bewegung:*

$$\text{Zugleistung des Ackerschleppers} \quad (\text{kW}) = \frac{\text{Zugkraft (N)} \times \text{Fahrgeschwindigkeit (km/h)}}{3600}$$

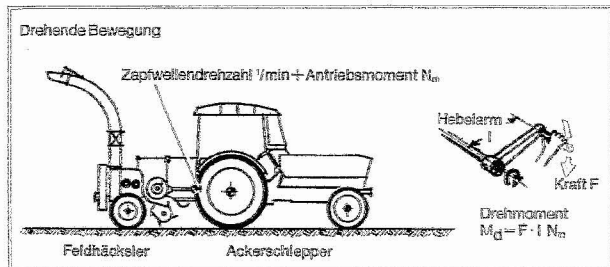
Abb. 5 Leistungsermittlung für die geradlinige Bewegung am Beispiel der erforderlichen Zugleistung beim Ziehen eines Anhängers



*Drehende Bewegung:*

$$\text{Zapfwellenleistung} \quad (\text{kW}) = \frac{\text{Antriebsdrehmoment (Nm)} \times \text{Zapfwelldrehzahl (1/min)}}{9550}$$

Abb. 6 Ermittlung der erforderlichen Drehleistung zum Antrieb eines Feldhäckslers und Erläuterung des Drehmomentes



### 3 Wärmeenergie

Die Nutzung der chemischen Energie zur Erzeugung von Wärme erfolgt durch Verbrennen von Kohle, Heizöl, Holz usw. in

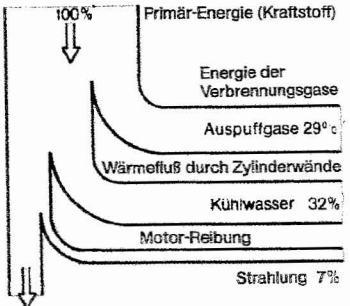
- ▶ Wärmekraftmaschinen,
- ▶ Wärmeerzeugern (Warmluft, Warmwasser, Dampf).

In **Wärmekraftmaschinen** wird die erzeugte Wärmeenergie sofort in mechanische Arbeit umgewandelt. Dies bestätigt die Erkenntnis, daß Wärme und mechanische Arbeit »äquivalent«, d. h. ineinander umwandelbar sind. Für die Umwandlung gilt:

$$\text{Wärme} = \text{mechanische Arbeit} \times \text{Umrechnungsfaktor}$$

Der Umrechnungsfaktor wird auch als mechanisches *Wärmeäquivalent* bezeichnet und er beträgt (ohne Berücksichtigung des thermischen Wirkungsgrades):

$$1 \text{ (kcal)} = 4.2 \text{ (kJ)} = \frac{1}{860} \text{ (kWh)}$$



Der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen beträgt bei Nichtnutzung der Abwärme gemäß Abb. 7 weniger als 35%. Bei Abwärmenutzung beim Antrieb von Wärmepumpen oder in Heizkraftwerken erhöht sich der Wirkungsgrad bis auf 80%. Die in der Landwirtschaft verbreitetsten Wärmekraftmaschinen Otto- und Dieselmotor werden bei Verbrennungsmotoren behandelt (vgl. Kap. 5, S. 25).

32% Nutzbare Motorarbeit an der Kurbelwelle (=Wirkungsgrad)

Abb. 7 Energieverteilung eines wassergekühlten Dieselmotors

Die **Verbrennung in Wärmeerzeugern (Öfen)** zur Wärmebereitstellung erfolgt auf unterschiedliche Weise:

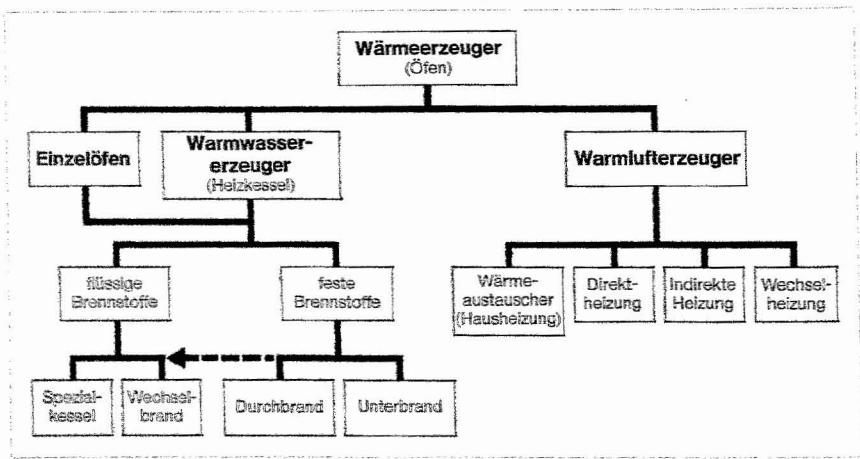


Abb. 8 Möglichkeiten der Wärmebereitstellung durch Wärmeerzeuger (Öfen)



Heizwert und Heizkosten bei den verschiedenen Brennstoffen können der Tabelle 3, Seite 13, entnommen werden.

Die **Auswahl** der Wärmeerzeuger erfolgt nach

- ▶ dem günstigsten Energieträger: Hier ist neben der Handhabung vor allem der Nutzwärmepreis entscheidend (vgl. Tabelle 3, Seite 13);
- ▶ bauspezifischen Eigenschaften, je nach Verwendungszweck. Die wichtigsten Merkmale der verschiedenen Wärmeerzeuger sind in den Abbildungen 10 bis 14 zusammengefasst;
- ▶ den Anschaffungspreisen, welche – bezogen auf die Heizleistung – ebenfalls in den Abbildungen 9–11 aufgeführt sind.

### Durchbrandöfen für Kohle und Scheitholz

Verbrennungsluft wird je nach Leistungsbedarf von unten zugeführt; vorrangig für Kohle- und Holzverbrennung.

*Leistung:* 8000–35 000 kJ/h

*Vorteile:* Günstige Anschaffungskosten, Verwertung wirtschaftseigenen Holzes, angenehme Raumanwärmung, unabhängig von Importbrennstoffen.

*Nachteile:* Hoher Arbeitsaufwand, Schmutzanfall im Wohnbereich, Holzzerkleinerung arbeitsaufwendig.

*Preis:* 100–500 DM/10 000 kJ/h

### Ölofen mit Verdampfungsbrenner

Das Öl verdampft auf der heißen Bodenplatte; Zulauf nach Leistungsbedarf; ein Schwimmerventil sorgt bei Störung für die Unterbrechung der Ölzufuhr.

*Leistung:* 8000–45 000 kJ/h

*Vorteile:* Günstige Anschaffungskosten, Brennstoffzufuhr einfach, gut regulierbar, keine Staubentwicklung, geringer Lagerraumbedarf für Brennstoff.

*Nachteile:* Weniger Bedienungskomfort als bei Ölzentralheizung, Geruchsbelästigung bei Bedienungsfehlern.

*Preis:* 100–500 DM/10 000 kJ/h

### Gasstrahler

Wärmeabgabe erfolgt hauptsächlich durch Strahlung. Das Gas-Luft-Gemisch wird über einen Bunsenbrenner in eine poröse, siebartige Masse eingeleitet, wo es bei 800–900° C verbrennt.

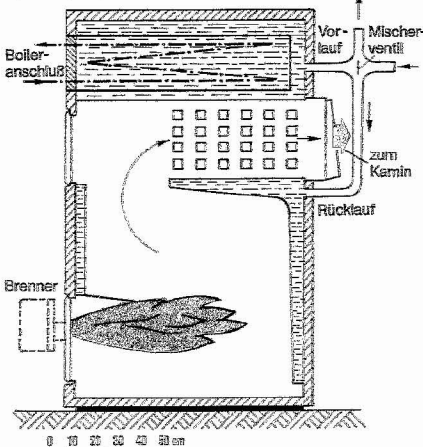
*Leistung:* 4000–20 000 kJ/h

*Vorteile:* Geringer Anschaffungspreis, einfache Bedienung.

*Nachteile:* Teurer Brennstoff, für Wohnbereich ungeeignet; nur für Ferkel- und Kälberheizung.

*Preis:* 300–450 DM/10 000 kJ/h

### Spezialheizkessel für Öl



Im **Spezialheizkessel** kann nur eine Brennstoffart verwendet werden. Brennstoffzufuhr erfolgt automatisch nach Leistungsbedarf.

*Leistung:* 80 000–800 000 kJ/h

*Vorteile:* Einfache Bedienung, hoher Wirkungsgrad, Brauchwasserbereitung ist gekoppelt.

*Nachteile:* Nur eine Brennstoffart verwertbar.

*Preis:* 150–300 DM/10 000 kJ/h

## Wechselbrandkessel für Öl und Holz

**Wechsel- und Umstellbrandkessel** ermöglichen die Nutzung verschiedener Brennstoffarten.

*Leistung:* 80 000–800 000 kJ/h

*Vorteile:* Ausnutzung der jeweils kostengünstigsten Brennstoffart.

*Nachteile:* höherer Anschaffungspreis.

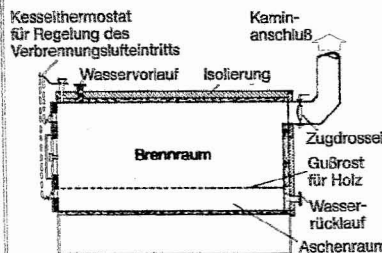
*Preis:* 180–350 DM/10 000 kJ/h

Abb. 9 Technischer Aufbau, Beschreibung und Wertung gebräuchlicher Einzelöfen und Kessel für flüssige Brennstoffe und kleinvolumige Festbrennstoffe (vgl. auch Seite 9)

Zur *Verwertung von Stroh* in Ballenform und von *Holz* in Meterstücken wurden Kessel mit großvolumigen Brennkammern konstruiert. Über große Feuerungstüren kann mit Hochdruckballen, Großballen oder Holz nachgeheizt werden. Je nach Ausführungsart erfolgt die Beschickung von oben oder seitlich. Die Kessel werden bei großvolumigen Brennstoffen vorzugsweise nach dem Unterbrandprinzip mit Nachbrennkammer gebaut. Es ist zu unterscheiden zwischen Anlagen mit absätziger und fortlaufender Brennstoffbeschickung.

### Absätzige Brennstoffbeschickung

#### Durchbrandkessel für Hochdruckstrohballen und Holz



Beim **Durchbrandkessel** steht der gesamte Brennstoff in der Brennkammer in Verbrennung.

*Leistung:* 80 000–500 000 kJ/h

*Vorteile:* solide, einfache Ausführung; relativ preisgünstig.

*Nachteile:* Verbrennung in Anfahrphase unbefriedigend, wenn keine Nachbrennkammer eingebaut ist. Bei Stroh nur kurze Brenndauer; hoher Arbeitsaufwand für Nachheizen. Bei Leistungsdrose- lung Rauchentwicklung.

*Preis:* 200–400 DM/10 000 kJ/h

#### Unterbrandkessel für Hochdruckstrohballen und Holz

**Unterbrandkessel** sind mit einer **Nachbrennkammer** ausgerüstet. Es brennt nur der untere Teil des Brennstoffvorrates, da die Verbrennungsluft nur im unteren Bereich zugeführt und die Rauchgase nur nach unten abgezogen werden. Die Nachbrennkammer sorgt für eine vollständige Verbrennung.

*Leistung:* 80 000–500 000 kJ/h

*Vorteile:* Gute Verbrennung auch im Schwachlastbereich; bessere Regelbarkeit als bei Durchbrandöfen.

*Nachteile:* Hoher Anschaffungspreis, erheblicher Arbeitsaufwand für das Nachheizen, soweit nicht über Ballenmagazin mechanisiert.

*Preis:* 250–500 DM/10 000 kJ/h

#### Unterbrand-Großballenkessel

Die derzeit angebotenen Kessel arbeiten nach dem Unterbrandprinzip mit Nachbrennkammer. Großballen werden bei einfachen Anlagen mit dem Frontlader über seitliche Feuerungstüren nachgelegt. Bei größeren Anlagen erfolgt die Großballeneinspeisung über eine Beschickungsschleuse mittels Kran.

*Leistung:* 600 000–8 000 000 kJ/h

*Vorteile:* Nachheizen mit Frontlader billig zu mechanisieren; Großballenofen verfügt über hohe Leistung.

*Nachteile:* Erst über 800 000 kJ/h wirtschaftlich; teure große Brennkammer. Mehrballenkessel mit Schleuse und Befüllkran sind teuer.

*Preis:* 150–300 DM/10 000 kJ/h

## Kontinuierliche Brennstoffbeschickung

### Aufbereitung von Strohballen-Häckselstroheinspeisung

Durch eine Feuerungsschnecke werden gehäckseltes Stroh oder kleine Strohpreßlinge nach Leistungsbedarf automatisch in die Brennkammer eingespeist.

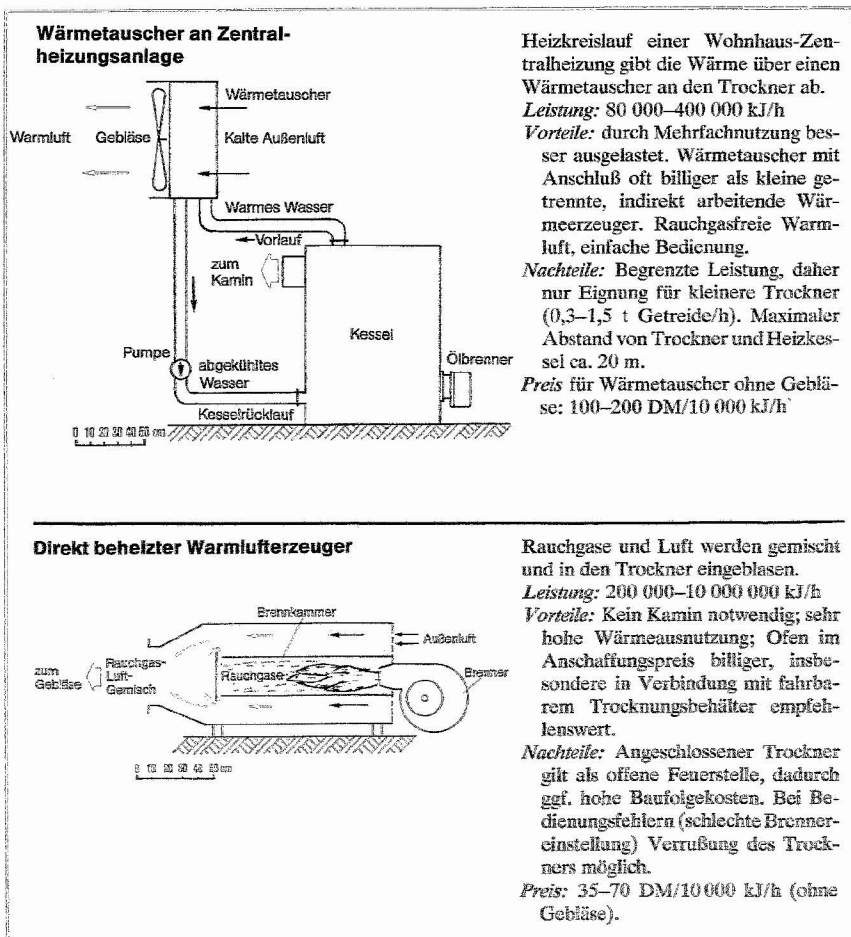
*Leistung:* 16 000–500 000 kJ/h

*Vorteile:* geringer Arbeitsaufwand, kleine Brennkammer reicht aus.

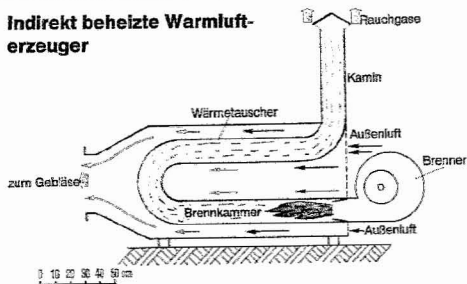
*Nachteile:* Hoher Anschaffungspreis, soweit nicht ein Teil der Mechanisierungskette im Betrieb vorhanden ist.

*Preis* für Kessel und Einspeisung: 500 DM/10 000 kJ/h

Abb. 10 Kessel für großvolumige Festbrennstoffe (absätzig und kontinuierliche Brennstoffbeschickung, vgl. auch Seite 10)



### Indirekt beheizte Warmluft- erzeuger



Die Rauchgase werden in den Kamin abgeleitet. Die Wärmeübertragung erfolgt an Metallwänden.

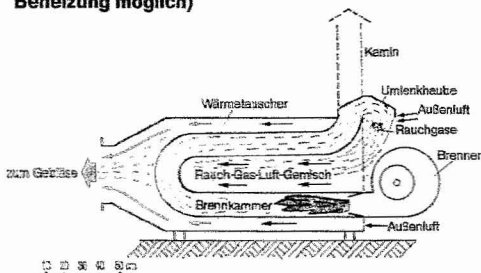
**Leistung:** 100 000–7 000 000 kJ/h

**Vorteile:** Keine Beeinträchtigung des Trocknungsgutes durch Schadstoffe aus den Rauchgasen; Nutzung der Warmluft auch für Heizzwecke möglich.

**Nachteile:** Kaminbau für stationäre Anlagen notwendig, Ofen durch Wärmetauscher teurer als Direktbeheizung. Wärmeverluste durch den Wärmeinhalt der in den Kamin abziehenden Rauchgase.

**Preis:** 60–200 DM/10 000 kJ/h

### Umschaltbare Warmluft-erzeuger (direkte und indirekte Beheizung möglich)



Sie sind ähnlich ausgeführt wie der indirekt arbeitende Ofen. Die Rauchgasbeimischung zur Trocknungsluft erfolgt entweder über Öffnungsklappen im Wärmetauscher oder durch Umlenkung der Rauchgase an der Kaminseite zur Luftansaugöffnung.

**Leistung:** 100 000–7 000 000 kJ/h

**Vorteile:** Gute Anpassung an Betriebs-situation, durch Direktbeheizung bei hohem Leistungsbedarf, indirekte Beheizung bei empfindlichem Trocknungsgut (Backweizen) und geringem Leistungsbedarf.

**Nachteile:** Wärmetauscher muß mitgekauft werden. Rauchgase können bei schlechter Verbrennung die Qualität des Trocknungsgutes beeinträchtigen (bei Rauchgasbeimischung).

**Preis:** 60–200 DM/10 000 kJ/h

Abb. 11 Technischer Aufbau, Beschreibung und Wertung von Warmluft-erzeugern für Trockner (vgl. auch Seite 11)

Tabelle 3: Heizwerte und Heizkosten der Nutzwärme verschiedener Brennstoffe

Brennstoff	Heizwert kJ/kg	Preis (m. MwSt) am Verbrauchsort		Wirkungs- grad zur Nutzung %	Nutzwärmekosten absolut : relativ <sup>2)</sup>	
		DM/kg			DM/GJ	%
Steinkohle <sup>1)</sup>	32 300	0,31	Transport 650 km	75	12,80	143
		0,27	50 km			
Koks <sup>1)</sup>	29 400	0,40	Transport 650 km	75	18,50	207
		0,36	50 km			
Braunkohle <sup>1)</sup>	20 600	0,22	Transport 650 km	70	15,50	173
		0,18	50 km			
Heizöl leicht (0,86 kg/l)	42 000	0,30	Tank ab 5000 l	80	8,92	100
		0,35	Tank 1000 l			
		0,40	Kleinbezug			
				80	11,90	133

Brennstoff	Heizwert	Preis (m. MwSt) am Verbrauchsort		Wirkungs- grad zur Nutzung %	Nutzwärmekosten absolut   relativ <sup>2)</sup>	
	kJ/kg	DM/kg			DM/GJ	%
Flüssiggas	46 200	0,65	Tank	85	16,70	190
		1,20	Flaschen	85	30,35	340
Brennholz	16 000	0,06	Meterstücke	70	5,35	60
		0,15	Scheitholz 25 cm mit Selbstkosten zur Aufbereitung	70	13,40	150
Stroh	14 300	0,06	6,- DM/dt am Ort der Verbrennung oder 3,- DM/dt ab Feld	70	5,95	66
<i>Zum Vergleich:</i>	kJ/kWh	DM/kWh				
Strom für	3 600	0,20	Tagstrom	98	56,54	633
Heizzwecke		0,08	Nachstrom	98	25,60	286

<sup>1)</sup> Bei Kohle Einzelabnahme von 2 t ab Händler unterstellt; die Preisunterschiede der Kohle durch Transportkosten vom Revier zum Einzelhändler werden nach Bundesbahntarif bestimmt <sup>2)</sup> Heizöl = 100%

**Tabelle 4:** Anwendungsbereiche und Leistung von Wärmeerzeugern in der Landwirtschaft

Anwendungsbereich	Leistung in kJ/h	Wärmeerzeuger	Energieträger
Wohnhaus Heizung und Brauchwasser	20 000–200 000	Einzelöfen, Zentralheizung, (Warmwasser und Luft)	Heizöl, Kohle, Holz, Gas, Strom Solarenergie
Werkstatt Heizung	8000–20 000	Einzelöfen oder Anschluß an Zentralheizung	Öl (auch Aitöl), Kohle, Holz, Gas Strom
Aufzuchtstall Heizung	10 000–1 000 000	Einzelöfen oder Zentralheizungs- anschluß	Öl, Gas, Kohle, Holz, Strom
Ställe Brauchwasser	2000–10 000	elektrische Speicher- öfen; Boiler, einzeln oder Heizkesselanschluß	Strom, Gas, Öl, Kohle, Holz, Solarenergie
Trocknung	160 000–2 000 000	Warmflufferzeuger stationär oder versetzbar; Anschluß an Zentralheizung	Öl, Kohle, Holz, Gas; (Solarenergie bei geringem Leistungs- bedarf)

## 4 Elektroenergie

Bei der elektrischen Energie handelt es sich um eine sogenannte »veredelte« Energieform, die durch die *Spannung in (V)* und durch die *Stromstärke in (A)* gekennzeichnet ist. Mittels einfacher Einrichtungen läßt sie sich in Licht, mechanische, thermische und chemische Energie umformen. Ihre Anwendung liegt in den folgenden Vor- und Nachteilen begründet:

**Vorteile:** unterteilbar in kleine Einheiten, einfach schalt- und regelbar, sofort verfügbar, abgasfrei, geringe Lärmbelastigung, wartungsarme Geräte.

**Nachteile:** in der Regel an Standort und öffentliches Versorgungsnetz gebunden, begrenzte Leistung, teuer.

**Tabelle 5:** Wichtige Kenngrößen der Elektroenergie in Abhängigkeit von der Stromart

Gleichstrom		Wechselstrom	
Spannung	U (V)	Spannung	U (V)
Strom	I (A)	Strom	I (A)
Leistung	P (W)	Wirkleistung	$P_w$ (W)
elektrische Arbeit	W (Ws; kWh)	Blindleistung	$P_b$ (var)
		elektrische Arbeit	W (Ws; kWh)
		Frequenz	f (Hz)
		Leistungsfaktor	cos $\varphi$

## 4.1 Gleichstrom

Gleichstrom fließt ständig in *einer* Richtung.

Jeder Leiter setzt dem elektrischen Strom einen Widerstand R entgegen [Ohm ( $\Omega$ ) ist die Einheit des Widerstandes]. Der Ohmsche Widerstand ist der Drahtlänge direkt und dem Drahtquerschnitt umgekehrt proportional; von Einfluß ist auch die Leitfähigkeit des Materials (Kupfer sehr gut, Eisen schlecht).

Die Stromstärke ist bei vorgegebener Spannung vom Widerstand abhängig. Es gilt das sog. Ohmsche Gesetz:

$$\text{Stromstärke } I \text{ (A)} = \frac{\text{Spannung } U \text{ (V)}}{\text{Widerstand } R \text{ (\Omega)}}$$

Die elektrische Leistung [in Watt (W)] ist das Produkt aus Spannung und Stromstärke:

$$\text{Elektrische Leistung } P \text{ (W)} = \text{Spannung } U \text{ (V)} \times \text{Stromstärke } I \text{ (A)}$$

Wesentlicher **Vorteil** des Gleichstromes ist die mögliche Energiespeicherung in Akkumulatoren (Batterien). Diese sind ein umkehrbares galvanisches Element, d. h. elektrische Energie wird durch elektrochemische Vorgänge gespeichert und nach Bedarf abgegeben. Hauptsächlich werden *Bleibatterien* verwendet, selten die alkalische Batterie. Nachfolgend wird daher die Arbeitsweise eines Blei(Pb)-Akkumulators beschrieben. Der Aufbau ist aus Abb. 12 ersichtlich:

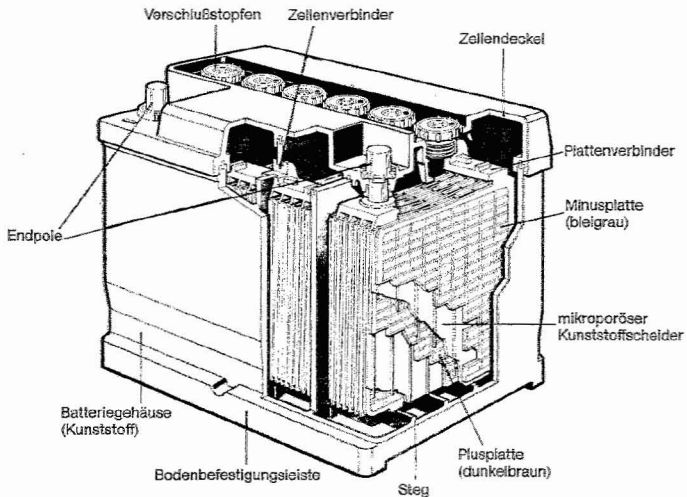
Zwischen den Platten (Elektroden aus Blei für – bzw. Bleidioxid für +) befindet sich als Elektrolyt verdünnte Schwefelsäure. Jede Zelle enthält einen positiven und einen negativen Plattensatz. Bei der Entladung wird die chemische in elektrische Energie umgewandelt, das braune Bleidioxid ( $PbO_2$ ) der positiven Platte und der graue Bleischwamm (Pb) der negativen Platte werden zu weißem Bleisulfat ( $PbSO_4$ ) umgewandelt. Hierbei wird Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) verbraucht und Wasser gebildet (Säuredichte sinkt). Bei der Ladung wird das Bleisulfat der Platten wieder in Bleischwamm und Bleidioxid umgewandelt und dadurch Schwefelsäure gebildet (Säuredichte steigt). Gegen Ende der Ladung entsteht Wasserstoff an der Minus-Platte und Sauerstoff an der Plus-Platte, weil dann nur noch Wasser elektrolytisch zerlegt wird, die Batterie »gast«, sie ist »geladene«.

Die Zellenspannung beträgt ohne Stromentnahme etwa 2,1 V, bei 20stündiger Entladung etwa 2,0 V (Anpassungsspannung). Als Ladeschlussspannung sind etwa 2,7 V pro Zelle erforderlich.

Die Typenbezeichnung einer Batterie ist nach DIN 72310/11 genormt und enthält Typennummer, Nennspannung (V), Nennkapazität (Ah) und Kälteprüfstrom (bei Starterbatterien).

Die *Amperestundenzahl (Ah)* gibt die Kapazität bei 20stündiger Entladezeit und einer Elektrolyttemperatur von 27°C bis zum Absinken der Klemmenspannung auf 1,75 V/Zelle an. Demnach kann eine geladene Batterie mit 68 Ah 20 Stunden mit 3,4 A belastet werden, ohne daß die Klemmenspannung unter 1,75 V pro Zelle absinkt.

Abb. 12 Aufbau einer Bleibatterie



Für eine Starterbatterie ist die *Startfähigkeit* bei Kälte noch wichtiger als ihre Kapazität. Ein Maß für die Startfähigkeit ist der Kälteprüfstrom. Wird die Batterie bei  $-18^{\circ}\text{C}$  mit dem Kälteprüfstrom entladen, muß die Spannung je Zelle nach 30 s Entladezeit mindestens 1,4 V und nach 180 s Entladezeit mindestens 1,0 V betragen.

## 4.2 Wechselstrom

Wechselstrom ist ein elektrischer Strom, dessen Größe und Richtung nach bestimmter Gesetzmäßigkeit periodisch (speziell mit sinusförmigem Verlauf) *wechselt*. Sein wesentlicher Vorteil liegt darin, daß er sich mittels Transformatoren auf niedrigere und höhere Spannungen umspannen läßt. Gekennzeichnet wird der Wechselstrom durch die Spannung (V) und die Frequenz (Hz). Die in Deutschland übliche Verbraucher-Spannung beträgt 220 V und die Frequenz bekanntlich 50 Hz, d. h. der Strom wechselt 100mal in der Sekunde seine Richtung. Infolge des periodischen Wechsels treten neben dem Ohmschen Widerstand noch der kapazitive und induktive Widerstand auf. Aufgrund dessen eilt die Spannung dem Strom nach oder vor und beide erreichen nicht gleichzeitig ihren Höchstwert. Es ergibt sich daher als wirksame Leistung die sog.

$$\text{Wirkleistung } P_w (W) = \text{Spannung } U (V) \times \text{Stromstärke } I (A) \times \text{Leistungsfaktor } \cos \varphi$$

Demnach stellt das Produkt der Effektivwerte  $U \times I$  nur eine *Scheinleistung* dar. Die Berechnung der Wirkleistung berücksichtigt den Cosinus des Phasenverschiebungswinkels  $\varphi$  als Leistungsfaktor  $\cos \varphi$ . Er beträgt durchschnittlich 0,75–0,8. Dies bedeutet, daß die Querschnitte aller elektrischen Leitungen bezogen auf die Wirkleistung um 20–25% zu groß gewählt werden müssen.

## 4.3 Drehstrom (Dreiphasen-Wechselstrom)

Um eine größere elektrische Leistung zu übertragen, ist die heute allgemein übliche Stromart der *dreiphasige Wechselstrom* (Drehstrom) mit einer Verbraucherspannung von 380 V. Der Drehstrom entsteht in drei um  $120^{\circ}$  (elektrisch) versetzten Wicklungssträngen eines Drehstromerzeugers (»Generators«). Durch Verkettung der drei getrennt erzeugten Wechselströme wird die Zahl der Leitungen von 6 auf 3 herabgesetzt. Die Praxis verwendet jedoch das 4-Leitersystem (zusätzlich einen Mittelpunktleiter  $M_p$  oder  $N$ ), um dem gleichen Netz einphasigen Wechselstrom (220 V) entnehmen zu können. Die Verkettung kann in Sternschaltung oder Dreieckschaltung erfolgen (vgl. Abb. 13, S. 16).

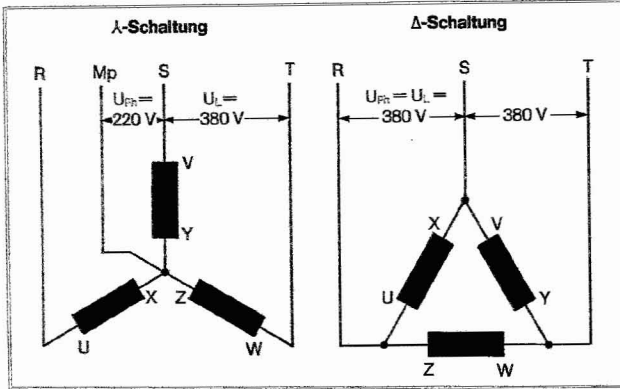


Abb. 13 Schaltarten von Drehstromerzeugern und -verbrauchern (R, S, T = Außenleiter bzw. Phasenleiter, M<sub>p</sub> = Mittelpunktleiter, U<sub>Ph</sub> = Phasenspannung, U<sub>L</sub> = Leiterspannung, U... Z = Wicklungs- bzw. Klemmenbezeichnung)

#### 4.4 Drehstrom-Motoren

In der Landtechnik haben nur Drehstrom-Motoren eine größere Bedeutung erlangt. Hierbei handelt es sich fast ausschließlich um **Asynchronmotoren** (»ASM«). Deren Arbeitsprinzip beruht auf dem »Feldlinienschneiden«, wodurch im Läufer (rotierender E-Motorteil) eine Spannung und damit ein Strom »induziert« wird. Durch Wechselwirkung des magnetischen Drehfeldes im Ständer und des induzierten Läuferstromes entsteht ein Drehmoment →, der Motor läuft. Zum »Feldlinienschneiden«, d. h. der Induktion eines Läuferstromes, muß der Läufer langsamer als das synchron mit der Netzfrequenz umlaufende Drehfeld des Ständers laufen. Dieses Zurückbleiben des Läufers wird als **Schlupf (s)** bezeichnet und beträgt je nach Motorgröße und Gestaltung 0,5–6%.

Damit läßt sich die »synchrone« Drehzahl und die Motornenddrehzahl infolge Schlupf angeben. Die synchrone Drehzahl kann stufenweise über die Anzahl der Polpaare im Ständer verändert werden.

$$\text{Synchrone Drehzahl (1/min)} = \frac{\text{Netzfrequenz (= 50 Hz)} \times 60}{\text{Polpaarzahl}}$$

Tabelle 6: Drehzahlen von Drehstrommotoren

Polpaarzahl:	1	2	3	4
synchrone Drehzahl (1/min)	3000	1500	1000	750
Motornenddrehzahl (1/min) (z. B. s = 5%)	2850	1425	950	712

Die Auswahl des richtigen Elektromotors erfolgt nach den motorspezifischen Eigenschaften und den Einsatzbedingungen. Dementsprechend liegen der Auswahl die folgenden Kriterien zugrunde:

- ▶ Betriebsart
- ▶ Betriebsverhalten
- ▶ Betriebsbedingungen

**Betriebsart** – Die Betriebsart bedeutet, in welcher zeitlichen Folge der Motor betrieben wird, d. h. ein- und ausgeschaltet ist. Dementsprechend ist zu unterscheiden in

- ▶ **Dauerbetrieb (S 1)**
- ▶ **Kurzzeitbetrieb (S 2 – . . . min):** Es ist die Dauer des Nennlastbetriebes anzugeben; empfohlene Zeiten: 10, 30, 60, 90 min.
- ▶ **Aussetzbetrieb** mit oder ohne Einfluß des Anlaufes bzw. der Bremsung (S 3/S 4/S 5)



**Tabelle 7:** Kennzeichen, Gesetzmäßigkeiten, Vor- und Nachteile der verschiedenen Stromarten

	Gleichstrom	Wechselstrom	
		einphasig	dreiphasig (Drehstrom)
Liniendiagramm Spannung bzw. Strom			
Leistung	$P(W) = U(V) \times I(A)$	$P_W = U \times I \times \cos \varphi$ (Wirkleistung) (P, U, I = Effektivwerte)	$P_W = U_{Ph} \times I_{Ph} \times 3 \times \cos \varphi$ $= U_L \times I_L \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$ (P, U, I = Effektivwerte)
Arbeit	$W(Ws) = P(W) \times t(s)$ (1 kWh = 3,6 MJs)	$W(Ws) = P(W) \times t(s)$	$W(Ws) = P(W) \times t(s)$
Erzeugung durch:	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Gleichstromgeneratoren</li> <li>▶ Galvanische Elemente</li> <li>▶ Gleichrichter aus Wechselstrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Wechselstromgeneratoren</li> <li>▶ Wechselrichter aus Gleichstrom</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Drehstromgeneratoren</li> <li>▶ Wechselrichter aus Gleichstrom</li> </ul>
Speicherung	in Akkumulatoren	keine	keine
Spannungs- umwandlung	keine	Transformator	Transformator
Motoren	Reihenschluß-, Nebenschluß-, Verbundmotor; permanent erregte Motoren	Wechselstrom-Reihenschluß-, Synchron-, Asynchronmotor	Synchron-, Asynchronmotor (mit Kurzschluß- oder Schleifringläufer)
<b>Vorteile:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Motoren mit besten Drehzahlregeleigenschaften</li> <li>▶ speicherbar</li> <li>▶ unbedingt erforderlich für elektrochemische Vorgänge</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ leicht transformierbar</li> <li>▶ einfache Erzeugung</li> <li>▶ einfache Motoren bei begrenzter Leistung (bis 2 kW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ leicht transformierbar</li> <li>▶ einfache Erzeugung bei hoher spezifischer Leistung (kW/kg)</li> <li>▶ einfache Motoren</li> </ul>
<b>Nachteile:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Motoren aufwendig und teuer</li> <li>▶ nicht transformierbar</li> <li>▶ aufwendige Schaltgeräte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ nicht speicherbar</li> <li>▶ Motoren mit schlechten Drehzahlregeleigenschaften</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ nicht speicherbar,</li> <li>▶ Motoren mit schlechten Drehzahlregeleigenschaften</li> </ul>

Motoren in der Landwirtschaft werden in der Regel für Dauerbetrieb ausgelegt, da eine genaue Festlegung der Bedingungen für Aussetzbetrieb nur in Sonderfällen möglich ist. Der höhere Preis für auf Dauerbetrieb ausgelegte Motoren wird durch einfachere Motorschutzmaßnahmen ausgeglichen.

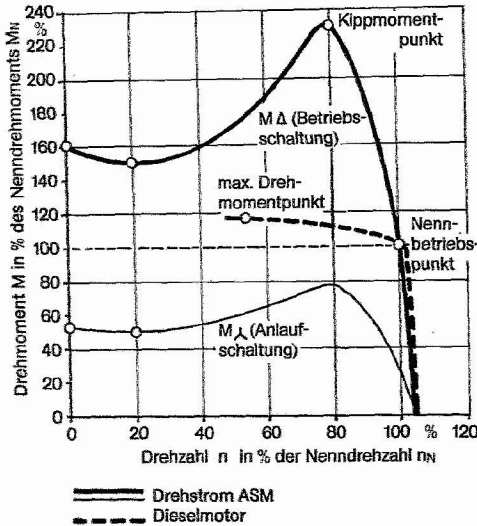


Abb. 14 Drehmoment- und Drehzahlkennlinien eines Dieselmotors und eines Elektromotors

Im Vergleich hierzu hat die als unterbrochene Linie eingetragene Drehmoment-Drehzahl-Kurve des Dieselmotors einen flachen Verlauf. Wird z. B. ein Silobefüllgebläse mit der Nennleistung, d. h. mit der maximalen Leistung des Dieselmotors, angetrieben, so fällt bereits bei geringer Steigerung des Arbeitswiderstandes, z. B. durch Erhöhung der Fördermenge, die Drehzahl stark ab. Beim Antrieb mit einem Elektromotor kann kurzzeitig wesentlich mehr gefördert werden, ohne daß die Drehzahl zu stark sinkt und damit die Funktionssicherheit des Gebläses gefährdet wird. Der elektrische Antrieb mit einem Drehstrom-ASM wird also zweckmäßigerweise bei den Arbeitsmaschinen eingesetzt, bei denen im Betrieb kurzzeitig größere Belastungsspitzen auftreten. In solchen Fällen müßte die Leistung des Dieselmotors größer gewählt werden, als dies für den durchschnittlichen Einsatz notwendig ist. Die Überlastung der Elektromotoren darf jedoch nur kurzzeitig erfolgen, da die Bemessung der Wicklung nach der Nennleistung erfolgt ist (sonst thermische Zerstörung der Wicklungsisolation!).

Wesentlicher Unterschied von Elektro- und Dieselmotor ist deren Anlaufverhalten. Nach Abb. 14 kann der Dieselmotor erst ab ca. 40% der Nennzahl ein Drehmoment abgeben, der ASM bereits im Stillstand.

Der ASM mit Käfigläufer nimmt jedoch bei direkter Einschaltung während des Anlaufvorganges einen Strom bis zum 6fachen Wert des Nennstromes auf und belastet damit das Versorgungsnetz erheblich. Die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) begrenzen daher in ihren »Technischen Anschlußbedingungen« (TAB) die Direkteinschaltung von Asynchronmotoren mit Käfigläufer auf Motornennleistungen von ca. 2,2 kW – ca. 5,5 kW (je nach EVU). Größere Motoren müssen mit  $\Delta$ - $\Delta$ -Schalter (ca. 5,5 bis 11 kW), bzw. Sondermaßnahmen (z. B. strombegrenzter Schleifringläufer bis 15 kW) angelassen werden. Diese Angaben gelten für den »Normalverbraucher« (mit Niederspannungsmessung).

Bei der  $\Delta$ - $\Delta$ -Schaltung wird dem Motor während des Anlaufvorganges eine verminderte Spannung ( $1/\sqrt{3}$  x Netzspannung) zugeführt. Dadurch verringert sich der Anlaufstrom auf  $1/3$  des Wertes bei direkter Einschaltung und damit das Anlaufmoment auf  $1/3$  des Momentes bei direkter Einschaltung (Abb. 14, Kurve M<sub>A</sub>). Bei Maschinen, die hohe Anlaufmomente erfordern, ist  $\Delta$ - $\Delta$ -Anlauf ungeeignet, beim sogenannten »Schweranlauf« Sondermaßnahmen: Schleifringläufer, Spezialkäfigläufer, hydrodynamische Kupplungen, Magnetpulver- und Fliehkraftkupplungen.

$\Delta$ - $\Delta$ -Anlauf ist jedoch nur bei Motoren möglich, deren Betriebschaltung die  $\Delta$ -Schaltung ist.

**Betriebsbedingungen** – Darunter versteht man die Art und Weise und unter welchen Einsatzbedingungen der Motor aufgestellt und betrieben wird. Es ist zu unterscheiden nach:

**Betriebsverhalten** – Als Betriebsverhalten des Elektromotors wird die Abhängigkeit der Motordrehzahl vom Motordrehmoment bezeichnet, gewissermaßen die Belastungskennlinie des Motors. Zum besseren Vergleich mit einem Dieselmotor ist dessen Vollastkennlinie und die charakteristische Kennlinie eines Drehstrom-ASM mit Käfigläufer in einem Drehmoment-Drehzahl-Diagramm dargestellt (Abb. 14). Daraus ist ersichtlich, daß das maximale Drehmoment des Elektromotors das 2,3 fache des Nennwertes bei ca. 80% der Nennzahl betragen kann. Dies bedeutet ein hohes Durchzugsvermögen des Motors bei Belastung, der Motor ist »drehzahlsteif«.

- ▶ Schutzart  
(z. B. geschützt gegen Spritz- oder Schwallwasser und gegen Fremdkörper bzw. Berührung), in der Landwirtschaft nur IP 44 mit Klemmkasten IP 54 zugelassen,
- ▶ Aufstellung  
(z. B. im Stall oder im Freien),
- ▶ Bauform  
(z. B. angeflanschter Motor).

Bei den Bezeichnungen sind die Schutzarten nach DIN 40050 genormt. Die zulässigen Betriebsbedingungen sind in der Regel auf dem Typenschild, das in Abb. 15 vereinfacht dargestellt ist, enthalten.

The image shows a simplified motor nameplate form with the following fields:

- Hersteller
- Typ oder Bezeichnung
- Stromart, Arbeitsweise
- Fertigungs-Nr., Herstellungsjahr
- Schaltart z. B. Δ; Nennspannung V
- Nennstrom A
- Nennleistung kW; Betriebsart
- Nennleistungsfaktor cos φ
- Drehrichtung, Nenn Drehzahl 1/min.
- Nennfrequenz Hz
- Isol.-Kl.
- Schutzart
- Gewicht

Abb. 15 Typenschild eines E-Motors

## 4.5 Schutzmaßnahmen

Der Mensch kommt bereits zu Schaden, wenn bei 220 V Wechselstrom, z. B. durch einen Isolationsschaden an einem Elektrogerät, mehr als 0,05 A durch seinen Körper fließen. Daher ist der Mensch vor elektrischen Unfällen zu schützen (»Körperschutz«). Hierfür werden die folgenden Schutzmaßnahmen angewendet:

- Betriebsisolierung
- Schutzisolierung
- Kleinspannung
- Schutztrennung
- Nullung
- Schutzerdung
- Fehlerstrom- oder FI-Schutzschaltung

Neben dem Schutz des Menschen sind jedoch auch die Geräte und Leitungen gegen Überlastung und Kurzschluß zu schützen:

- Geräteschutz
- Leitungsschutz

Tabelle 8: Kennzeichen, Vor- und Nachteile von Schutzmaßnahmen

	Schutzmaßnahme	Kennzeichen	Vorteile	Nachteile
Körperschutz	Betriebsisolierung	Ummantelung von Leitern mit nichtleitenden Materialien, z. B. Gummi, Kunststoff	einfach, geringer Aufwand	als Schutzmaßnahme nur bis zu einer Betriebsspannung von 65 V, bei Nutztieren 24 V
	Schutzisolierung	zusätzliche dauerhafte Isolierung, bzw. Gehäuse aus Isolierstoffen Wichtig: Gehäuse nicht anbohren!	geringer Aufwand	eingeschränkte Anwendung, da isolierende Bauteile nur begrenzt verwendbar
	Schutz-Kleinspannung	Nennspannung max. 42 V, Erzeugung durch Sicherheitstransformatoren, Umformer mit getrennten Wicklungen, Akkus, galvanische Elemente	hoher Schutzwert	hoher Aufwand, begrenzte Leistung

	<b>Schutzmaßnahme</b>	<b>Kennzeichen</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<b>Schutzmaßnahmen gegen zu hohe Berührungsspannung (Körperschutz)</b>	Schutz-Trennung	Galvanische Trennung eines Stromkreises bis 380 V vom speisenden Netz durch Trenntrafo oder Motorgenerator	Spannungen bis 380 V zulässig	nur ein Verbraucher bis 16 A Nennstrom, mäßiger Schutzwert, z. B. bei Leitungsdefekten unwirksam
	Nullung	Verbindung leitfähiger Gehäuseteile mit dem Null- bzw. Schutzleiter, dadurch im Fehlerfall Ansprechen der Überstromschutzorgane	einfach, geringer Aufwand	nicht immer anwendbar (Nullungsbedingungen), bei bestimmten Fehlern kein Schutz, bei Nulleiterunterbrechung Spannungsverschleppung auf Gehäuse usw.
	Schutzerdung	Verbindung leitfähiger Gehäuseteile mit dem Erder bzw. geerdeten Teilen, dadurch im Fehlerfall Ansprechen der Überstromschutzorgane	geringer Aufwand, wenn günstige Erdungsbedingungen	nicht immer anwendbar (Erdungsbedingungen), bei bestimmten Fehlern kein Schutz
	Fehlerstrom-(FI-)Schutzschaltung	Verbindung leitfähiger Gehäuseteile mit dem Erder bzw. geerdeten Teilen, bei Überschreiten eines definierten Fehlerstromes Abschaltung aller Außen- und des Mittelpunktleiters innerhalb von 0,2 s	hoher Schutzwert (Nutztiere)	Schutzwert hängt vom Schalter ab
<b>Überlastschutz</b>	Geräteschutz	Schutz gegen Überlastung, unzulässige Erwärmung: Motorschutzschalter,  Motorvoilschutz, Übertemperatursicherung, Schmelzsicherungen	geringer Aufwand  hoher Schutzwert hoher Schutzwert geringer Aufwand	eingeschränkte Anwendung hoher Aufwand hoher Aufwand mäßiger Schutzwert, eingeschränkte Anwendung
	Leitungsschutz	Schutz gegen Überlastung, Kurzschluß (Erdschluß): Schmelzsicherungen,  Leistungsschalter	geringer Aufwand  optimale Anpassung	eingeschränkte Anwendung hoher Aufwand

## 4.6 Installation

Die Elektroinstallation unterliegt folgenden Vorschriften:

- ▶ Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V (VDE 0100),
- ▶ Merkblatt für den Betrieb und die Unterhaltung elektrischer Anlagen in landwirtschaftlichen Betrieben (VDE 0130),
- ▶ Bestimmungen für das Einbeziehen von Rohrleitungen in Schutzmaßnahmen von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V (VDE 0190),
- ▶ Leitsätze für den Schutz elektrischer Anlagen gegen Überspannungen (VDE 0675),
- ▶ Technische Anschlußbedingungen (TAB) des jeweiligen Elektrizitätsversorgungsunternehmens (EVU),
- ▶ Allgemeine Blitzschutzbestimmungen (ABB),
- ▶ Unfallverhütungsvorschriften der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften.

Die Elektroinstallation darf nur durch einen anerkannten Elektrofachmann erfolgen. Der Aufbau einer Elektroanlage ist aus der schematischen Darstellung des Ortsnetzes, des Hausanschlusses und den Verteilungsorganen (u. a. Leitungen, Verbraucher, Schutzorgane) in Abb. 18 ersichtlich. Gemäß einem Rahmengesetz der Bundesregierung sind elektrische Anlagen in der Landwirtschaft überwachungspflichtig.

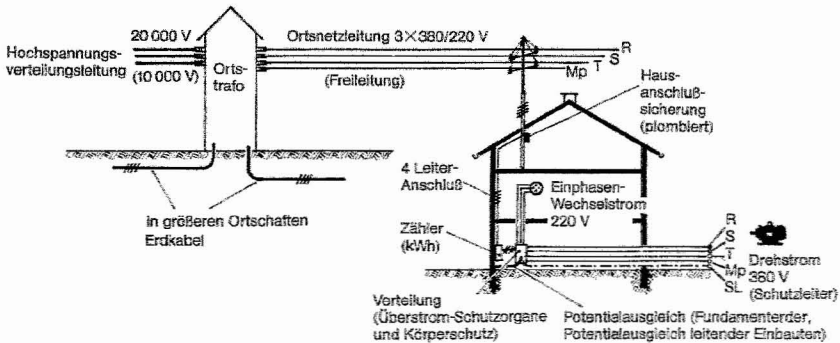


Abb. 18 Schema einer Elektroinstallation

## 4.7 Einsatz der Elektroenergie im landwirtschaftlichen Betrieb

Die Elektrizität beansprucht heute ein Viertel bis ein Drittel der gesamten Aufwendungen für Fremdenergie in der landwirtschaftlichen Erzeugung. Während jedoch die benötigten Treibstoffmengen für sämtliche Schlepper seit etwa 1970 kaum noch zunehmen, verzeichnet der Einsatz von Elektroenergie in der Landwirtschaft eine weitere kräftige Steigerung, insbesondere bei Betrieben mit intensiver Tierhaltung. Die durchschnittlichen Verbrauchswerte je landwirtschaftlicher Betrieb liegen z. Z. etwas über 8 000 kWh/Jahr bzw. bei etwa 500 kWh/ha LF und Jahr. Die Kosten für elektrischen Strom in der Bundesrepublik Deutschland in Höhe von ca. 1,3 Mrd. DM werden nach sehr unterschiedlichen Tarifen berechnet (vgl. Abb. 16).

**Tarifgestaltung** – Nach der Bundestarifordnung Elektrizität (BTO) bieten die Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) für die Landwirtschaft Tarif I und Tarif II an.

Während der Tarif I infolge hoher Arbeitspreise und niedriger Bereitstellungskosten bei nur geringem Stromverbrauch günstig ist, liegen die Verhältnisse bei Tarif II umgekehrt. Die Tarife sind – wie in der Tabelle 9 angegeben – einheitlich aufgebaut.

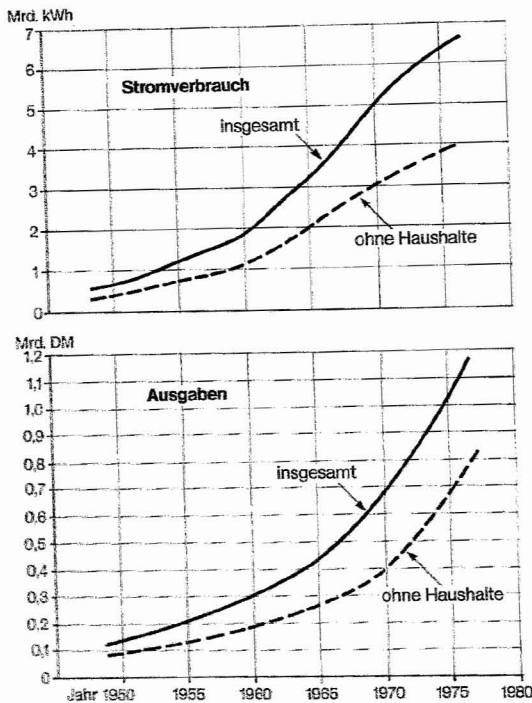


Abb. 16 Verbrauch und Ausgaben für elektrischen Strom in der Bundesrepublik Deutschland

Tabelle 9: Aufbau der Stromtarife und Strompreise (Richtwerte 1976/77)

	Tarif I	Tarif II
<b>1. Arbeitspreis</b> abhängig vom Stromverbrauch in DM/kWh	0,12–0,14	0,09–0,11
<b>2. Grundpreis</b> Sockelbetrag unabhängig vom Stromverbrauch (DM/Monat)		
a) <i>Bereitstellungspreis</i> – für die ersten 0–5 Tarif-ha insgesamt – zusätzlich für jedes weitere Tarif-ha	5 –7 0,7–1	9 –13 1,1– 1,7
b) <i>Zuschlag</i> für höhere Anschlußwerte	(vgl. Tabelle 11)	
c) <i>Verrechnungspreis</i> für Zähleinrichtungen, Tarifschaltung usw.	ca. 3–7	
<b>3. Mehrwertsteuer und Ausgleichsabgabe</b>	12 bzw. 4,5% vom Gesamtpreis	

Der **Arbeitspreis** errechnet sich nach der Höhe des tatsächlich verbrauchten Stromes laut Zählerstand. Es können die in der Tabelle 10 angegebenen Richtwerte unterstellt werden.

Der **Grundpreis** dagegen ist unabhängig vom tatsächlichen Stromverbrauch und setzt sich aus dem Bereitstellungspreis, dem Verrechnungspreis und gegebenenfalls Zuschlägen für hohe Anschlußwerte zusammen.

Der *Bereitstellungspreis* berücksichtigt die hohen Aufwendungen der Versorgungsunternehmen für die Zuleitung der Elektrizität, also die zur Verfügung gestellte elektrische Leistung

**Tabelle 10:** Richtwerte für den Jahres-Stromverbrauch in der Tierhaltung

Betriebszweig/ Mechanisierung	kWh/Einheit und Jahr	Betriebszweig/ Mechanisierung	kWh/Einheit und Jahr
<b>Rindvieh</b>		<b>Schweinehaltung</b>	
(je Kuh mit Nachzucht)		(je Mastplatz)	
Melkanlage	30– 45	Mahl- und Mischanlage	6– 10
Krafftutterdosierer	5	Fütterungsanlage	1– 4
Spülautomat	15– 50	Entmistungsanlage	1
Milchkühlung	60– 80	Kreiseltauchpumpe	1
Heißwasserbereitung	70–100	Stalllüftung	15– 30
Entmistungsanlage	2– 7	Beleuchtung	2– 7
Kreiseltauchpumpe	5– 8	Warmwasser	1– 3
Stalllüftung	50–140	je Mastplatz insg.	25– 45
Futtereinlagerung mit		<b>Zuchtsauen</b>	
Gebälsehäcksler	10– 15	(je ZS m. Ferkel)	
Gebläse	4– 6	Stalllüftung	50– 80
Greifer	2– 4	Beleuchtung	25– 85
Siloentnahmefräse	10– 40	Ferkelheizung	160–400
Futerverteilanlage	2– 5	Mahl- und Mischanlage	10– 15
Mahl- und Mischanlage	10– 20	Kreiseltauchpumpe	2– 3
Heubelüft. u. Trocknung	10–170	Warmwasser	3– 5
je Kuh m. Nachz. insg.	350–600	je Zuchtsau m. Ferkel	250–600
je Mastbulle	50–200	<b>Hühner (je Legehenne)</b>	3– 4

und die Anschlußmöglichkeit von Elektrogeräten. Dabei wird als Bemessungsgrundlage für den Bereitstellungspreis eine sog. Leistungshilfsgröße herangezogen, und zwar für landwirtschaftliche Betriebe die Betriebsgröße (Tarif-Hektar), ähnlich wie bei Haushaltungen die Anzahl der Räume. Die Verknüpfung des Bereitstellungspreises mit der Betriebsgröße geht von der Annahme aus, daß größere Betriebe höhere elektrische Leistungen – also leistungsstärkere Geräte – benötigen als kleinere. Demnach steigt der monatliche Bereitstellungspreis, ausgehend vom Mindestbetrag für 5 Tarif-Hektar, mit der Betriebsgröße linear an.

Für hohe Anschlußwerte, vor allem in Veredelungsbetrieben, kann ein nicht unerheblicher *Zuschlag* berechnet werden. Dieser wird allerdings erst dann eingesetzt, wenn die von der Betriebsgröße abhängige Freigrenze für die Anschlußwerte überstiegen wird. Die Freigrenze des tariflichen Anschlußwertes gibt also je nach Betriebsgröße Werte für die elektrische Leistung an, die ohne Zusatzkosten in Anspruch genommen werden kann. Sowohl die Festlegung der Anschluß-Freigrenzen als auch das Ausmaß der Zuschläge bei Überschreitung werden von den EVU unterschiedlich gehandhabt; dabei kann man oberflächlich in zwei Gruppen der EVU unterteilen:

- ▶ **EVU-Gruppe A:** Sie veranschlagen nur einen, und zwar den stärksten installierten Motor mit seiner Nennleistung, während alle weiteren Motoren unberücksichtigt bleiben; hinzu kommen aber in voller Höhe Heizeinrichtungen (z. B. Bodenheizung oder Infrarotstrahler in Abferkeiställen), jedoch nur mit  $\frac{1}{2}$  der Nennleistung weitere Wärmegeräte (z. B. Durchlauferhitzer). Beleuchtungseinrichtungen bleiben außer Ansatz. Bei dieser Ermittlung des tariflichen Anschlußwertes ergeben sich relativ niedrige Werte.
- ▶ **EVU-Gruppe B:** Sie setzen den stärksten Motor mit seiner vollen Leistung ein, den zweitstärksten mit  $\frac{2}{3}$  der Nennleistung und alle weiteren Elektroverbraucher mit  $\frac{1}{3}$  ihrer Leistung, dazu die Beleuchtung in voller Höhe. Bei derartiger Berechnung werden meistens hohe tarifliche Anschlußwerte erreicht.

Bei niedrig angesetzter **Freigrenze** (EVU-Gruppe A) werden in der Regel auch nur geringe Zuschläge für die Überschreitung des tariflichen Anschlußwertes berechnet und umgekehrt (EVU-Gruppe B). Entscheidend ist jedoch weiterhin, in welcher Art und Weise die Höhe des tariflichen Anschlußwertes ermittelt, also gemäß der Tarifunterlagen der verschiedenen EVU bestimmt wird.

**Tabelle 11:** Anhaltswerte für die Berechnung des Zuschlages zum Grundpreis

	Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU)	
	Gruppe A	Gruppe B
<b>Anschlußwert-Freigrenze</b>	kW	kW
– für die ersten 5 Tarif-ha	5 –6	12 –14
– für jedes weitere Tarif-ha	0,15–0,20	0,20– 0,80
<b>Zuschlag zum Grundpreis bei Überschreitung der Freigrenze</b>	Tarif I DM/Monat	Tarif II DM/Monat
– je 0,15–0,20 kW	0,65–0,70	1,1 –1,2
– je 0,50 kW	0,05–0,07	0,10–0,13

**Tabelle 12:** Strompreis eines Milchviehbetriebes mit 20 Kühen und Nachzucht, 20 ha LF (insgesamt installierte Leistung aller Geräte und Maschinen 48,9 kW; 1100 kWh monatlicher Stromverbrauch), bei unterschiedlicher Tarifgestaltung

Elektrizitätsversorgungsunternehmen:	Gruppe A		Gruppe B	
ermittelter tariflicher Anschlußwert kW	17,5		29,3	
Freigrenze kW	8		21	
Überschreitung der Freigrenze kW	9,5		8,3	
<b>Grundpreis:</b>	Tarif		Tarif	
	I	II	I	II
– Bereitstellungspreis DM/Monat	16,8	29,3	19,2	32,8
– Zuschlag für Überschreitung DM/Monat	44,3	76,8	112,0	215,8
– Verrechnungspreis DM/Monat	5,0	5,0	5,0	5,0
Grundpreis insgesamt DM/Monat	66,1	111,1	136,2	253,6
<b>Arbeitspreis:</b>				
– Preis DM/kWh	0,135	0,105	0,115	0,085
– Preis für 1100 kWh in DM/Monat	148,5	115,5	126,5	93,5
<b>Summe Grundpreis + Arbeitspreis DM/Monat</b>	<b>214,60</b>	<b>226,30</b>	<b>262,70</b>	<b>347,10</b>
Mehrwertsteuer + Abgabe (16,5%) DM/Monat	36,57	38,60	44,76	59,15
<b>Strompreis insgesamt DM/Monat<sup>1)</sup></b>	<b>251,17<sup>1)</sup></b>	<b>265,20</b>	<b>307,46<sup>1)</sup></b>	<b>406,25</b>

<sup>1)</sup> In beiden Beispielen (EVU A und B) ist der Tarif I günstiger und folglich vom Landwirt zu wählen. Würde der Zuschlag im Grundpreis bei einem Anschlußwert unterhalb der Freigrenze (8 bzw. 21 kW) liegen, wäre Tarif II in beiden Fällen billiger.

Das vorstehende **Beispiel** soll die Auswirkung dieser Zusammenhänge deutlich machen und entsprechende Hinweise für die richtige Wahl des günstigsten Tarifes geben.

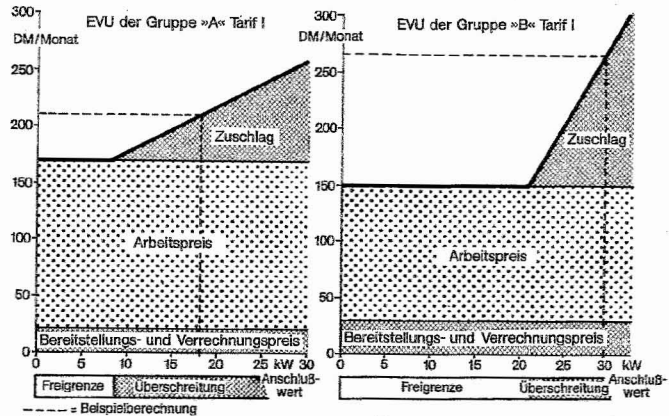
**Senkung der Stromkosten** – Dies ist in zweifacher Hinsicht möglich:

- ▶ durch niedrigeren Anschlußwert unter der Freigrenze,
- ▶ durch Einsparung des Stromverbrauches.

Von besonderer Bedeutung ist in Zukunft die *Begrenzung der Anschlußwerte*. Aus dem Berechnungsbeispiel der Tabelle 12 ergibt sich, daß – ohne überhaupt Strom zu verbrauchen – bereits hohe Grundpreise anfallen können, wenn viele Elektrogeräte mit hoher Nennleistung unüberlegt installiert werden (im Beispiel insgesamt 48,9 kW). Als Folgerung für den praktischen Betrieb sollte also nach Möglichkeit die vom jeweiligen EVU festgelegte Freigrenze besonders dann nicht wesentlich überschritten werden, wenn von diesem EVU hierfür hohe Zuschläge verrechnet werden.



Abb. 17 Zusammensetzung des Strompreises bei gleichem Stromverbrauch, aber verschiedenen Anschlußwerten (Beispiel: Milchviehbetrieb mit 20 Tarifehektar, 1100 kWh/Monat)



Folgende Maßnahmen können hierzu beitragen:

- ▶ Gebläseförderung mit hohem Leistungsbedarf vermeiden und mechanische Förderer verwenden (zur Futtereinlagerung, Körnerförderung u. a. m.),
- ▶ leistungsstarke Geräte mit nur geringer Einsatzzeit über den Zapfwellenantrieb des Schleppers betreiben (z. B. Silobefüllgebläse, Flüssigmispumpe),
- ▶ Betrieb einiger Verbraucher in Schwachlastzeiten verlagern (z. B. Heißwasserspeicher, Mahl- und Mischanlage) und über Schaltuhr oder Rundsteuerung in Gang setzen (vermindert tariflichen Anschlußwert),
- ▶ Wärmeerzeugung zur Trocknung und Klimatisierung durch andere Energiearten vorsehen (z. B. Ölheizung),
- ▶ gleichzeitige Inbetriebnahme leistungsstarker Verbraucher verhindern durch Wahlschalter, Lastabwurf oder Verriegelung (vermindert tariflichen Anschlußwert),
- ▶ Wahl von Arbeitsverfahren mit geringen Anschlußwerten.

Die *Einschränkung des Stromverbrauches* ist in den verschiedenen Produktionsverfahren unterschiedlich. Beispiele sind der Übergang von einer Zwangslüftung zur Trauf-Firstlüftung in der Rinderhaltung, die Beheizung von Ferkelställen mit Warmwasser oder Gas und die Silagebereitung an Stelle von Unterdachrocknung.

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 entsprechend seiner Vorzüge richtig einzusetzen.

## 5 Verbrennungsmotoren

Im Abschnitt 3 »Wärmeenergie« war bereits auf die Umwandlung der chemischen Energie in mechanische Energie durch die diskontinuierliche Verbrennung von Kraftstoff im Verbrennungsmotor hingewiesen worden. Der Verbrennungsmotor ist eine Wärmekraftmaschine, bei der das Volumen des Brennraumes (z. B. eines Arbeitszylinders) durch Bewegung eines Kolbens verändert wird, denn ihre Wirkungsweise beruht auf der Volumenausdehnung von Gasen durch die bei der Verbrennung entstehende Wärme.

### 5.1 Grundbegriffe, Arbeitsverfahren, Arbeitsweise

#### 5.1.1 Grundbegriffe

Die Verbrennungsmotoren werden nach der Art der Kolbenbewegung der Wärmekraftmaschine – hin- und hergehend oder drehend – unterschieden in:

- ▶ Hubkolbenmotoren
- ▶ Rotationskolben-(Kreiskolben-)motoren.

Der schematische Aufbau und die Grundbegriffe der Hubkolbenmotoren (da am häufigsten verwendet) sind in Abb. 19 zusammengefaßt. Das brennbare Kraftstoff-Luft-Gemisch wird in einem Arbeitszylinder entzündet und verbrannt. Dabei erhöht sich der Druck des vorverdichteten Gases. Dieser Verbrennungsdruck (Arbeitsdruck) wirkt über den Kolben und das Pleuel auf die Kurbelwelle: der Motor liefert ein *Drehmoment*, eine mechanische Arbeit. Je höher die Vorverdichtung ist, um so höher ist die Gastemperatur und um so höher ist der Verbrennungsdruck und damit das Drehmoment an der Kurbelwelle. Das Maß der Vorverdichtung ist das Verdichtungsverhältnis ( $\epsilon$ ). Dessen Höhe ist im wesentlichen durch die Art der Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bestimmt. Kraftstoffe mit einer geringen Zündwilligkeit (z. B. Benzin) benötigen eine *Fremdzündung*, während sich Kraftstoffe mit hoher Zündwilligkeit (z. B. Dieseldieselkraftstoff) selbst entzünden (*Selbstentzündung*). Flüssige Kraftstoffe sind nur im »gasförmigen Zustand« zu verbrennen. Die Verbrennung und damit die Energieausnutzung ist um so vollkommener, je besser Kraftstoff und Sauerstoff der Verbrennungsluft vermischt sind. Zur Verbrennung von 1 kg Kraftstoff sind etwa 15 kg Luft erforderlich. Bei Fremdzündung muß die Gemischbildung von Kraftstoff und Luft außerhalb des Brennraumes (*äußere Gemischbildung*), z. B. im Vergaser, und bei Selbstzündung innerhalb des Brennraumes (*innere Gemischbildung*) erfolgen (vgl. Tabelle 15).

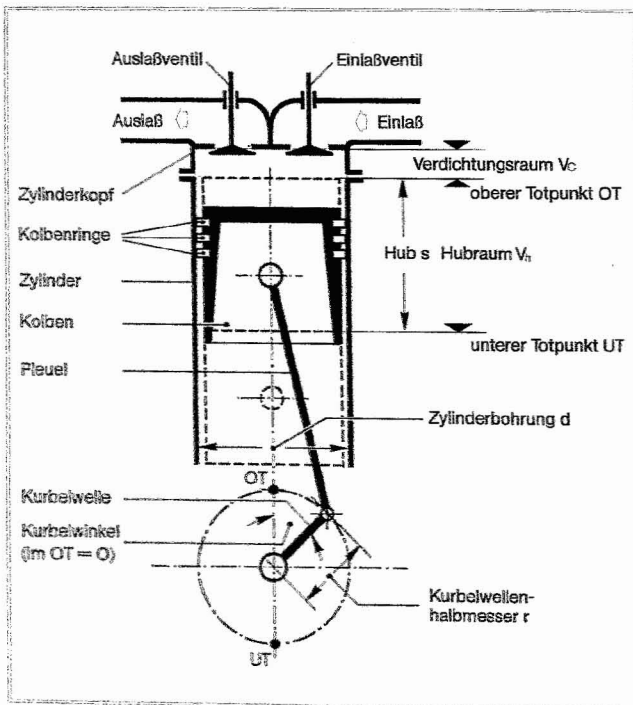


Abb. 19 Aufbau eines Hubkolbenmotors

### 5.1.2 Arbeitsverfahren

Nicolaus August Otto baute 1876 in Köln den ersten Motor mit Fremdzündung und Rudolf Diesel 1897 in Augsburg den ersten Motor mit Selbstzündung, bei dem der Kraftstoff in den Arbeitszylinder eingespritzt wurde. Daher werden die Verbrennungsmotoren nach dem Arbeitsverfahren der Verbrennung und Gemischbildung in

- ▶ Ottomotoren und
- ▶ Dieselmotoren

**Tabelle 13:** Grundbegriffe und Kennwerte von Verbrennungsmotoren

Motorhubraum:	$V_H = V_n \times \text{Anzahl der Zylinder}$
Verdichtungsverhältnis:	$\varepsilon = \frac{V_n + V_c}{V_c}$
Motorleistung:	$P = \frac{M_d (= V_n \times \text{mittleren Arbeitsdruck}) \times \text{Motordrehzahl}}{\text{Dimensionsfaktor}}$
– Viertaktmotor	$P \text{ (kW)} = \frac{V_H \text{ (dm}^3) \times p \text{ (bar)} \times n \text{ (1/min)}}{1200}$
– Zweitaktmotor	$P \text{ (kW)} = \frac{V_H \text{ (dm}^3) \times p \text{ (bar)} \times n \text{ (1/min)}}{600}$
Nutzleistung <sup>1)</sup> (effektive Motorleistung, nach DIN 70070 Nettoleistung)	$P_e \text{ (kW)} = P - \text{Motorverlustleistung}$
Motorverlustleistung	Reibung, Gaswechsel, Antrieb von Hilfseinrichtungen (z. B. Einspritzpumpe, Kühlwasserpumpe usw.)
Hubraum-Leistung	$P_H \text{ (kW/dm}^3) = \frac{P_e \text{ (kW)}}{V_n \text{ (dm}^3)}$
Leistungsgewicht	$m_p \left( \frac{\text{kg}}{\text{kW}} \right) = \frac{\text{Motorgewicht (kg)}}{\text{Nutzleistung } P_e \text{ (kW)}}$
spezifischer Kraftstoffverbrauch	$b_e \text{ (g/kWh)} = \frac{B \text{ (kg/h)} \times 1000}{P_e \text{ (kW)}}$
stündlicher Kraftstoffverbrauch	$B \text{ (kg/h)}$

<sup>1)</sup> bei SAE-Leistungsmessung werden auf dem Prüfstand Hilfseinrichtungen entfernt, daher SAE-Leistung (SAE-PS) 10–17% über DIN-Leistung, bei CUNA-Leistungsmessung (Italien) 5–10% über DIN-Leistung

unterschieden. Neben der *Zündung* und der *Gemischbildung* sind diese wesentlich durch den *Verbrennungsverlauf* unterschieden.

Beim **Ottomotor** wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch auf 8–15 bar verdichtet, die Verdichtungsendtemperatur beträgt 400–600° C. Erst der Zündfunke der Zündkerze leitet die Verbrennung ein. Entzündet sich der Kraftstoff bei der Verbrennungshöchsttemperatur schlagartig selbst, also am Ende der Verbrennung, »klopft« der Motor. Dies bedeutet durch kurzzeitigen Druckerhöhung, Druckschwingungen, Überhitzung usw. eine Überbelastung der Motorelemente und Senkung der Lebensdauer. Häufigste Ursache für das Klopfen ist Kraftstoff ungenügender Klopfestigkeit (= zu hohe Zündwilligkeit) (vgl. Tabelle 16, S. 32).

Kennzeichen der *Klopfestigkeit* ist die Oktanzahl (ROZ). Je höher die Oktanzahl ist, desto klopfester ist der Kraftstoff. Er muß so klopfester sein, je größer die Verdichtung ist. Bei gebräuchlichen Kraftfahrzeug-Kraftstoffen liegt die Oktanzahl bei 85–100 ROZ.

Beim **Dieselmotor** wird die Luft bis auf 30–55 bar verdichtet, d. h. es ist ein höheres Verdichtungsverhältnis als beim Ottomotor erforderlich. Die Verdichtungsendtemperatur beträgt dann 700–900° C; das Dieselmotorkraftstoff-Luft-Gemisch entzündet sich selbst. Infolge der höheren Verdichtung und damit einer höheren Verbrennungstemperatur hat der Dieselmotor eine bessere Verbrennung als der Ottomotor und damit einen höheren thermischen Wirkungsgrad (vgl. Abschn. 1.1). Der Verbrennungsverlauf des Dieselmotors wird ausführlich in Abschnitt 5.2.1 beschrieben (vgl. Tab. 15).

### 5.1.3 Arbeitsweise

Nach jedem Verbrennungsvorgang (Arbeitshub) müssen die verbrannten Gase gegen ein frisches Kraftstoff-Luft-Gemisch oder Luft ausgewechselt werden. Die Folge von Ansaugen, Verdichten, Verbrennen und Ausstoßen macht ein Arbeitsspiel von Kolbenbewegungen und dem Öffnen und Schließen von Auslaß- und Einlaßventilen bzw. -kanälen erforderlich. Umfaßt ein Arbeitsspiel vier Kolbenwege zwischen oberem Totpunkt (OT) und unterem Totpunkt (UT), also zwei Kurbelwellenumdrehungen, so ist es eine *Viertakt-Arbeitsweise*. Die Ventile werden von der Nockenwelle gesteuert, die von der Kurbelwelle angetrieben mit halber Kurbelwelldrehzahl läuft, da jedes Ventil während zwei Kurbelwellenumdrehungen nur einmal betätigt wird. Umfaßt ein Arbeitsspiel nur zwei Kolbenwege zwischen OT und UT, also eine Kurbelwellenumdrehung, so ist es eine *Zweitakt-Arbeitsweise*. Somit wird nach der Arbeitsweise unterschieden in:

- ▶ Viertaktmotoren und
- ▶ Zweitaktmotoren.

Die Arbeitsspiele sind in Abb. 20 dargestellt. Dabei verwendet der Zweitakt-Motor einen sog. Kurbelkammlader, d. h. im Kurbelgehäuse wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch (Ottomotor) oder die Luft (Dieselmotor) vorverdichtet. In Tabelle 14 sind Viertakt- und Zweitakt-Motor miteinander verglichen, deren Kennzeichen, Vorteile und Nachteile aufgeführt. Die vergleichende Wertung gilt für Saugmotoren, die das Kraftstoff-Luft-Gemisch bzw. die Luft selbst ansaugen. Ein Motor ist bekanntlich um so besser genützt, je vollkommener sein Zylinder mit brennbarem Kraftstoff-Luft-Gemisch »gefüllt« ist. Ein Maß hierfür ist der

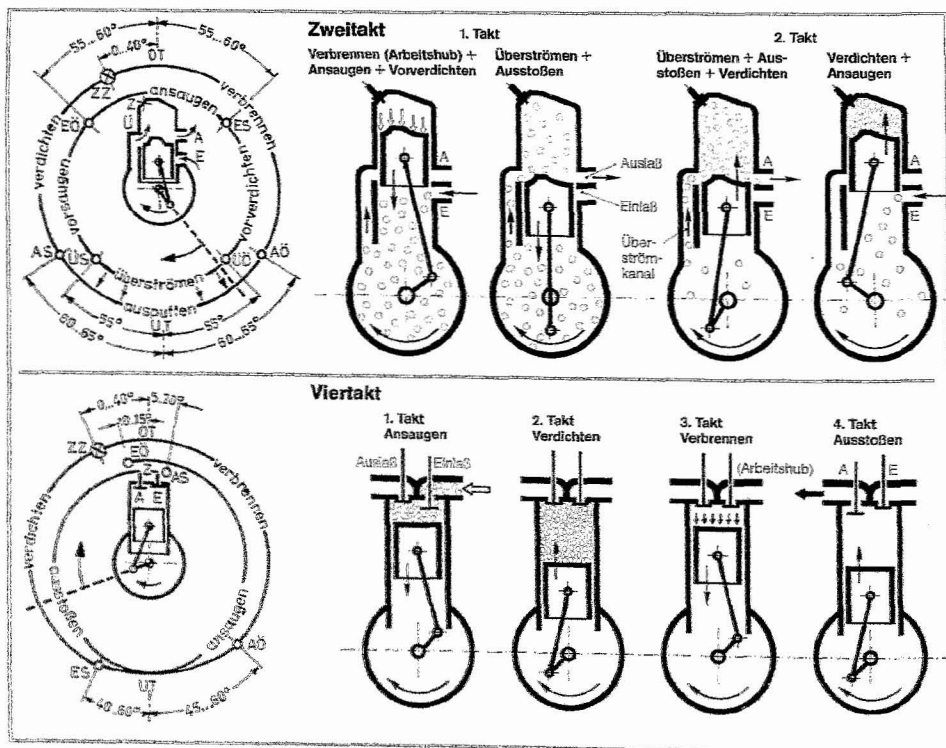


Abb. 20 Arbeitsspiele eines Zweitakt- und eines Viertaktmotors

**Tabelle 14:** Vergleich von Viertakt- und Zweitaktmotor

	Viertaktmotor	Zweitaktmotor (mit Kurbelkammerlader)
Kennzeichen	2 Kurbelwellenumdrehungen pro Arbeitsspiel, Füllung 70–90%	1 Kurbelwellenumdrehung pro Arbeitsspiel, Füllung 50–70%
Vorteile	geringer Kraftstoffverbrauch, da Arbeitsweise durch Ventile geregelt	einfacher Aufbau, keine Ventile <sup>1)</sup> , große Hubraumleistung, geringes Leistungsgewicht, billig
Nachteile	halbe Ausnutzung des Triebwerkes, ungleichförmiger $M_d$ -Verlauf <sup>2)</sup> geringer mechanischer Wirkungsgrad	hoher Kraftstoffverbrauch durch Spül- und Ladeverluste, höhere Wärmebelastung, laut, bei Vollast bis 25% Auslaßspülverluste, so daß die Ladung mit Gemisch nur halb so hoch ist wie beim Viertaktmotor

<sup>1)</sup> Die Vorteile des Zweitaktmotors hinsichtlich der einfachen Steuerung der Gasbewegung durch Schlitze gelten heute nur noch für Kleinmotoren. Alle Schnellläufer verwenden heute ebenfalls Auslaß-Ventile

Füllungsgrad, der angibt, zu wieviel Prozent der Zylinder zu Beginn der Verdichtung gefüllt ist. Bei hohen Drehzahlen verschlechtert sich die Zylinderfüllung infolge der starken Drosselung des Kraftstoff-Luft-Gemisches bzw. der Luft in den Einlaßkanälen.

Im Unterschied zu der in Abb. 20 dargestellten Arbeitsweise von Hubkolbenmotoren arbeitet der **Rotationskolbenmotor** ohne hin- und hergehende Teile (Kolben, Pleuel). Daher ist die Belastung der Motorbauelemente geringer und der Motor läuft ruhiger. Das Leistungsgewicht beträgt nur 0,9–1,6 kg/kW (vgl. Tabelle 15). Der 1960 erstmals von WANKEL vorgestellte Motor mit einem Drehkolben wird auch als Kreiskolbenmotor oder nach seinem Erfinder *Wankelmotor* genannt.

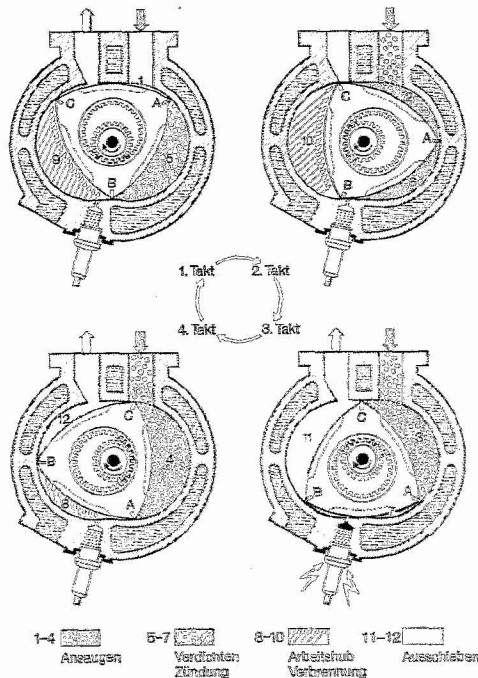


Abb. 21 Arbeitspiel eines Kreiskolbenmotors

Der Kolben hat im Querschnitt die Form eines Dreiecks mit nach außen gewölbten Seiten. Er ist exzentrisch gelagert und wälzt sich bei Drehung auf einem zentralen, festen Stirnzahnrad ab. Dadurch beschreiben seine Kanten A-B-C eine ovale, in der Mitte leicht eingeschnürte Kurvenbahn. Das Motorgehäuse hat den gleichen Querschnitt, so daß die Kolbenecken drei um  $120^\circ$  versetzte Arbeitsräume entstehen lassen, in denen die vier vom Hubkolbenmotor bekannten Takte ablaufen. Ein Rotationskolbenmotor ist damit gewissermaßen ein Dreizylinder-Viertaktmotor. Die Arbeitsweise ist in Abb. 21 dargestellt. Die Gaswechsel, d. h. das Ausstoßen des verbrannten und das Ansaugen des frischen Kraftstoff-Luft-Gemisches, werden durch Schlitze vom Kolben selbst gesteuert. Das Ansaugen erfolgt am Umfang (Wankelmotor, NSU) oder an der Seite durch den Kolben (japanische Motoren, F & S), wobei dieser gleichzeitig gekühlt wird. Die Schwierigkeiten der Gasabdichtung, der Materialauswahl und der Ölabdichtung haben die schnelle Einführung dieser Motoren verhindert. Kreiskolbenmotoren sind heute noch besonders gegen Kaltstart und Kurzstreckenfahrten empfindlich und haben sich in kleineren Leistungsbereichen für Dauerbetrieb und konstante Belastung zuerst bewährt. Wenngleich sie mit Benzin geringerer Oktanzahl auskommen, liegt aber ihr Kraftstoffverbrauch etwas höher als bei konventionellen Benzinmotoren. Infolge der Abdichtungsprobleme ist der Kreiskolbenmotor für das Dieselfahren mit höherem Verdichtungsverhältnis noch nicht geeignet.

## 5.2 Dieselmotoren

Die Verwendung des Dieselmotors zum Antrieb von Ackerschleppern und in der Landtechnik beruht auf dessen Vorteilen gemäß dem Motorvergleich in Tabelle 15. Hinzu kommt, daß auch scheinbare Nachteile, wie z. B. das höhere Leistungsgewicht, für die Verwendung im Ackerschlepper unbedeutend sind. Daher wird in diesem Abschnitt der Dieselmotor vertieft behandelt.

Tabelle 15: Vergleich von Otto- und Dieselmotor

	Ottomotor	Dieselmotor
Gemischbildung	äußere Gemischbildung («Vergaser«)	Innere Gemischbildung (Kraftstoffeinspritzung)
Kraftstoff	Benzin	Dieseldieselkraftstoff
Luftüberschuß Luftverhältnis $\lambda$	$\pm 10\%$ 0,9–1,1	1000–10% 10–1,1
Verdichtungs- -verhältnis -enddruck -endtemperatur	6–11:1 11–18 bar 400–600° C	14–22:1 30–55 bar 700–900° C
Verbrennungs- -höchstdruck Abgastemperatur	40–60 bar bis 1000° C	65–90 bar bis 600° C
Wirkungsgrad spezifischer Kraftstoff- verbrauch $b_e$	14–31% 300–600 g/kWh	23–33% 220–340 g/kWh
Hubraumleistung $P_e$ Leistungsgewicht $m_e$	20–50 kW/l 2–6 kg/kW	15–20 kW/l 5,5–9,5 kg/kW
Vorteile	geringes Leistungsgewicht, daher billiger, geringere Reparaturkosten, größere Laufruhe	geringer Kraftstoff- verbrauch, günstig im Teillastbereich (da $\lambda$ groß), großes Drehmoment bei geringer Drehzahl, gute Lager- und Transport- fähigkeit des Kraftstoffes

## 5.2.1 Verbrennungsverlauf

Der Dieseldraftstoff wird zur inneren Gemischbildung in die auf 30–55 bar vorverdichtete Luft eingespritzt. Die angesaugte Luftmenge ist in etwa immer gleich groß. Wird bei »Teillast« weniger Kraftstoff eingespritzt, ist der Luftüberschuß größer. Kennzeichen des Verbrennungsverlaufes ist der *Zündverzug*, das ist die Zeit zwischen Einspritz- und Zündbeginn, der für die Gemischbildung nötig ist. Er beträgt etwa 0,001 s. Die Selbstentzündung tritt um so rascher und vollkommener ein, je kleiner die Kraftstofftröpfchen sind (wichtig für die schnelle Erwärmung) und je besser die Gemischbildung ist. Kleine Tropfen, also starker Zerfall des Kraftstoffstrahles durch Oberflächenkräfte, Verwirbelung und Auflösung und deren gute Vermischung mit der Luft, werden durch hohen Abspritzdruck, entsprechende Ausbildung der Einspritzdüse und der Brennräumform erreicht. Die sich daraus ergebenden *Einspritzverfahren* sind in Abb. 22 dargestellt, die Einspritzdüsen werden im Abschnitt »Kraftstoffversorgung« behandelt. Kolbenkammerverfahren, bei denen der Kraftstoff mit hohem Druck direkt in die heiße Luft eingespritzt wird, haben einen geringeren Kraftstoffverbrauch und ein gutes Kaltstartverhalten. Daher werden sie in Ackerschleppermotoren überwiegend angewendet. Bei den Vorkammer-, Wirbelkammer- und Luftspeicherverfahren wird zum Vermischen eine Kraftstoff-Teilverbrennung und Verwirbelung der Luft benützt. Infolge der dann gleichmäßigeren Verbrennung haben sie einen ruhigeren Lauf und sind leiser,

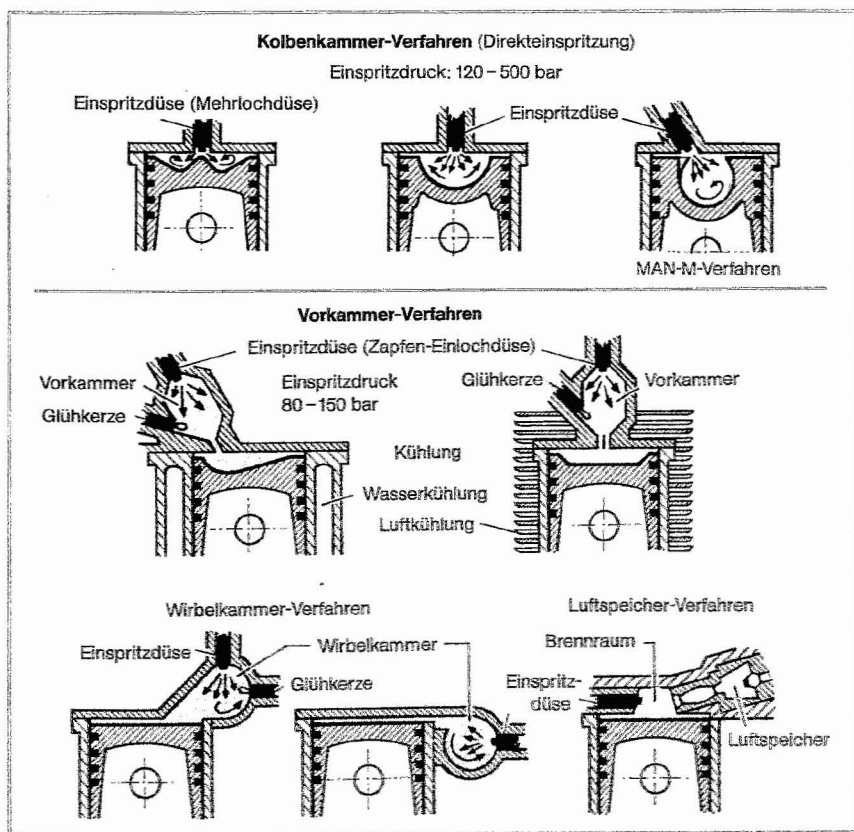


Abb. 22 Einspritzverfahren beim Dieselmotor

haben jedoch auch einen etwas höheren Kraftstoffverbrauch. Der erforderliche Einspritzdruck ist geringer. Da sich der Einspritzbereich schlechter erwärmt, haben sie ein schlechtes Kaltstartverhalten und benötigen thermische Starthilfsmittel, z. B. Glühkerzen zur Vorwärmung.

Bei tiefen Temperaturen benötigen auch Dieselmotoren mit Direkteinspritzung eine Starthilfe, in der Regel werden Flammglühkerzen verwendet (vgl. S. 36).

Der *Zündverzug* ist bei sehr früher Einspritzung oder bei Späteinspritzung größer, weil der Kraftstoff in weniger verdichtete und damit kältere Luft eingespritzt wird. Er ist bei größerer Last in der Regel kleiner, weil der Motor dann heißer ist. Bei unzulässig großem Zündverzug, d. h. wenn sich der Kraftstoff nicht rasch genug entzündet, sich ansammelt und nach geraumer Zeit schlagartig verbrennt, dann *klopft* der Motor. Das Klopfen tritt also zu Beginn der Verbrennung auf. Klopfursachen können Kraftstoff ungenügender Zündwilligkeit, Motorbauart oder ungünstige Betriebsbedingungen sein. Klopfen bedeutet wie beim Ottomotor Überbelastung der Motorelemente und ist auf jeden Fall zu vermeiden.

Ein Maß für die Zündwilligkeit ist die *Cetanzahl (CZ)*. Je größer die Cetanzahl ist, desto zündwilliger ist der Kraftstoff. Hohe Zündwilligkeit bedeutet geringe Klopfestigkeit: CZ = 60 – 0,5 ROZ. Die für Dieselmotoren erforderliche Cetanzahl beträgt 45–60 CZ. Der Dieselmotorkraftstoff verbrennt klopfrei, wenn seine Cetanzahl größer ist als der Cetanzahlbedarf des Motors. Dieser steigt nach längerem Betrieb, z. B. durch Nachlassen der Verdichtung, an.

Nach der Entzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches wird für die Weiterverbrennung laufend neuer Kraftstoff eingespritzt. Die Einspritzmenge wird zeitlich möglichst so gesteuert, daß der Verbrennungsdruck gleich bleibt. Das »Rauchen« des Dieselmotors zeigt eine unvollkommene Verbrennung an, es wird hauptsächlich durch ungenügenden Luftüberschuß oder Fehler in der Kraftstoffversorgung hervorgerufen. Erhöhter spezifischer Kraftstoffbedarf und damit niedriger Wirkungsgrad sind die Folge. Um unterhalb der Rauchgrenze zu bleiben, arbeiten Dieselmotoren bei Höchstleistung mit einem Luftüberschuß von 10–15%<sup>1)</sup> ( $\lambda = 1,1-1,15$ ).

**Tabelle 16:** Kennzeichen der Kraftstoffe

Bezeichnung	Benzin	Dieselmotorkraftstoff
Dichte (bei 15° C) unterer Heizwert <sup>2)</sup>	0,72–0,78 kg/l 43 MJ/kg	0,82–0,86 kg/l 40,5–44,4 MJ/kg
Siedebereich Selbstentzündungs- temperatur	25–210° C 550° C (Superbenzin 750° C)	200–300° C 350° C
Klopfestigkeit Zündwilligkeit	85–100 ROZ –	– über 45 CZ
Gefrierpunkt (Stockpunkt)	–30 bis –50° C	–10 bis –30° C <sup>2)</sup>
Lagerung	Vergast infolge niedrigem Flammpunkt bei normalen Außentemperaturen, feueregefährlich! Gefahrenklasse A I, Vorschriften beachten!	Flammpunkt über 56° C, weniger feueregefährlich, einfachere Lagerung;  Gefahrenklasse A III, Vorschriften beachten!

<sup>1)</sup> Wert je l = Wert je kg  $\times$  Dichte in kg/l. Heizwert des brennfähigen Kraftstoff-Luft-Gemisches für alle verwendeten Kraftstoffe und Flüssiggase etwa 3700 kJ/m<sup>3</sup>

<sup>2)</sup> 1% Benzin oder Petroleum senkt Gefrierpunkt um 1° C, max. 15% Petroleum zulässig (Winterlagerung!)

Bei Saugmotoren ist die Kraftstoffmenge durch die angesaugte Luftmenge begrenzt. Durch »*Aufladung*«, d. h. Hineindrücken der Ansaugluft in den Zylinder, ist gegenüber dem freien Ansaugen mehr Luft und damit mehr Sauerstoff im Zylinder für die Verbrennung verfügbar.



Demnach kann mehr Kraftstoff eingespritzt und verbrannt werden. Die Motorleistung wird bei gleicher Motorabmessung erhöht, das Leistungsgewicht gesenkt. Am gebräuchlichsten sind Abgasturbolader, bei denen die heißen Abgase des Motors das Turbinenrad des Laders antreiben (Abb. 23). Das auf gleicher Welle sitzende Verdichterrad drückt die Verbrennungsluft mit einem Überdruck von ca. 0,4 bar in den Verbrennungsraum. Durch die sichere Füllung wird auch der spezifische Kraftstoffbedarf gesenkt. Die mögliche Leistungssteigerung durch Aufladung beträgt 15–25% bei gleichem Hubraum. Infolge des höheren Verdichtungs- und Verbrennungshöchstdruckes werden die Motorbauelemente aufgeladener Motoren stärker belastet, was zu einer kürzeren Lebensdauer führen kann, wenn das Motortriebwerk nicht entsprechend ausgelegt ist.

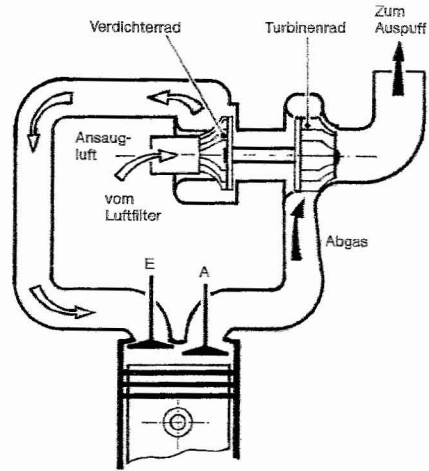


Abb. 23 Funktion eines Abgasturboladers

## 5.2.2 Aufbau des Dieselmotors

Die wesentlichen, noch nicht behandelten Hilfseinrichtungen des Schleppers sind die *Kraftstoffversorgung*, die *Kühlung* und die *Schmierung*. Die erforderliche *Luftfilterung* wird tabellarisch abgehandelt.

**Kraftstoffversorgung** – Die Aufgaben der Kraftstoffversorgung des Dieselmotors sind

- ▶ die richtige Zulieferung der Kraftstoffmenge,
- ▶ Bestimmung des Einspritzzeitpunktes,
- ▶ Regelung der Einspritzdauer und
- ▶ die gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im Brennraum.

Dabei müssen bei Mehrzylindermotoren alle Zylinder mit der gleichen Kraftstoffmenge versorgt werden. Der Kraftstoff muß rechtzeitig vor dem oberen Totpunkt eingespritzt werden, so daß die innere Gemischbildung unter Berücksichtigung des Zündverzuges gesichert ist. In Abhängigkeit von der Motordrehzahl verändert sich die hierfür verfügbare Zeit. Die Kraftstoffversorgung erfolgt über eine Diesel-Einspritz-Anlage. Deren wesentliche Bestandteile sind in Abb. 24 zusammengestellt.

- Kraftstoff-Förderpumpe
- Kraftstoff-Filter
- Einspritzpumpe (Reihen- oder Verteilerpumpe)
- Drehzahlregler (Leerlauf- und Enddrehzahl, Drehzahlbereich)
- Spritzversteller
- Einspritzdüse (Einloch-, Mehrloch-, Zapfendüse)

Die *Kraftstoff-Förderpumpe* hat die Aufgabe, die Einspritzpumpe unter Druck mit Kraftstoff zu versorgen. Der Überdruck von ca. 1 bar gewährleistet die Füllung der Pumpenzylinder. Dabei wird die Förderpumpe in der Regel von einem Exzenter auf der Nockenwelle der Einspritzpumpe angetrieben.

Die *Kraftstofffilterung* dient der Reinigung und Minderung der Dampf- und Luftblasen im Kraftstoff. Als Filtermittel werden Filz oder Papier verwendet. Während der Filzeinsatz gereinigt werden kann, muß der Papiereinsatz von Zeit zu Zeit ersetzt werden, wenn infolge von Verschmutzung nicht mehr genügend Kraftstoff durchfließt. Ein Überströmventil am Filter oder der Einspritzpumpe und Überströmleitungen sorgen für einen gleichbleibenden

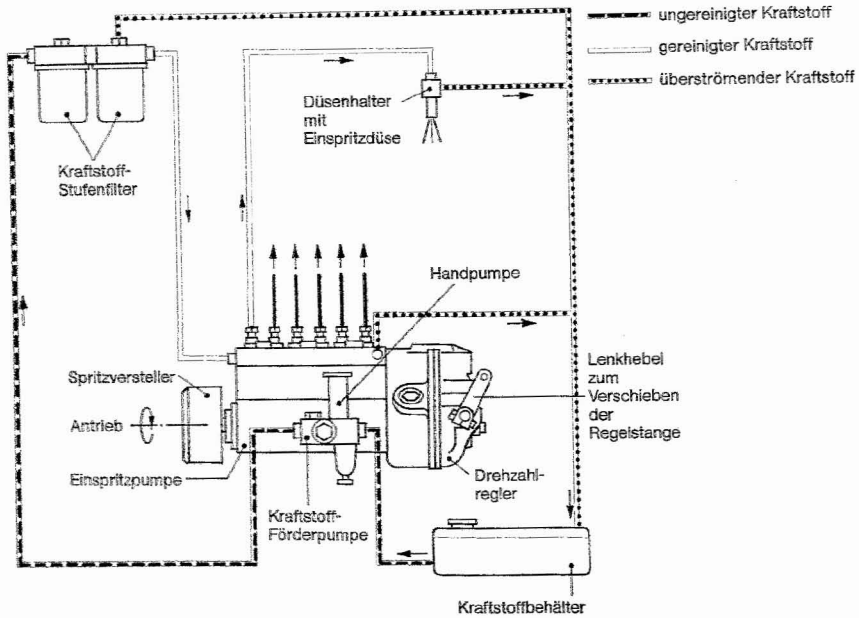


Abb. 24 Die wesentlichen Bestandteile einer Diesel-Einspritzanlage

Druck im Filter und im Saugraum der Einspritzpumpe sowie für eine Dauerentlüftung des Kraftstoffes.

Aufgabe der *Diesel-Einspritzpumpe* ist es, eine dosierte Kraftstoffmenge zu einem bestimmten Zeitpunkt mit ausreichendem Druck zur Verfügung zu stellen. Wegen des Zündverzuges und der gewünschten Gleichdruckverbrennung ist es erwünscht, daß die eingespritzte Menge der Einspritzdauer angepaßt wird. Die erforderlichen Drücke liegen infolge des Verdichtungsdruckes bis 60 bar und in Abhängigkeit von den Einspritzverfahren bei 100–500 bar. Am bekanntesten ist die *Reihen-Einspritzpumpe*, deren Wirkungsweise in Abb. 25 dargestellt ist. Die Änderung der Fördermenge erfolgt durch Verdrehen des Kolbens. Da der Druckraum über dem Kolben durch eine Längsnut mit dem Raum unterhalb der Steuerkante des Kolbens verbunden ist, wird durch Verdrehung der Nuthub verändert. Die

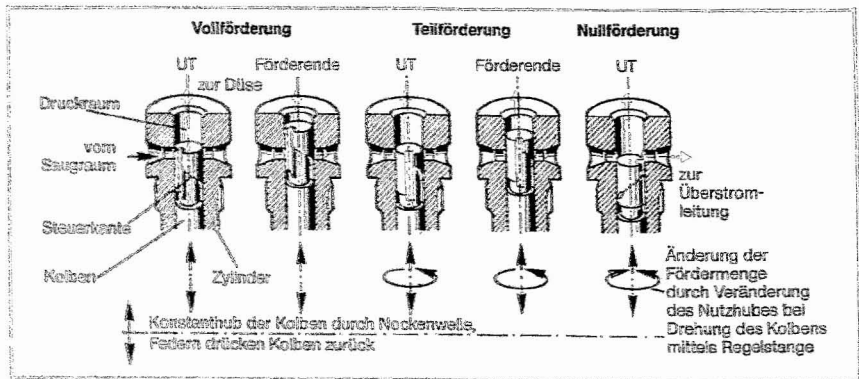


Abb. 25 Wirkungsweise einer Reiheneinspritzpumpe

Förderung hört auf, wenn die Steuerkante des Kolbens die Ansaugöffnung freigibt. Die Veränderung des Nutzhubes aller Einspritzpumpen erfolgt mittels verschiebbarer Regelstange, die über einen Zahnkranz bzw. Lenkhebel die mit dem Kolben verbundene Regelhülse dreht. Im Gegensatz hierzu hat die Verteiler-Einspritzpumpe nur einen Pumpenkolben und Zylinder. Der geförderte Kraftstoff wird in genau dosierter Menge von dem zugleich als Verteiler ausgebildeten Kolben auf die einzelnen Einspritzdüsen verteilt. Ihre Vorteile gegenüber der Reihen-Einspritzpumpe sind ihre kompakte, wartungsfreie Bauweise, geringerer Einbauraum, geringeres Gewicht sowie beliebige Einbaulage. Demgegenüber sind die Vorteile der Reihen-Einspritzpumpe die gute Einstell- und Reparaturmöglichkeit.

Der im Ackerschlepper in der Regel verwendete *Alldrehzahlregler* dient zur Sicherung der Leerlaufdrehzahl, zur Begrenzung der Höchst(End-)drehzahl und Einhaltung einer beliebig einstellbaren Betriebsdrehzahl. Zum Anhalten des Motors muß der Drehzahlregler über die Leerlaufstellung hinaus zurückgestellt werden.

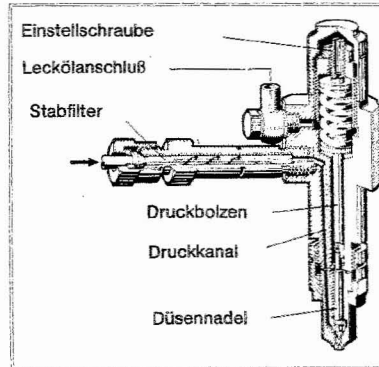


Abb. 26 Düsenhalter und Düse einer Diesel-Einspritzpumpe

Mit steigender Motordrehzahl ist die Zeit des Zündverzuges zwar infolge niedrigerer Wärme- und Verdichtungsverluste geringer, der zurückgelegte Kurbelwinkel während des Zündverzuges ist jedoch größer. Bei Dieselmotoren mit direkter Einspritzung und großem Drehzahlbereich (Ackerschleppermotoren) wird die Motorleistung und Laufruhe verbessert, wenn der Einspritzbeginn mit steigender Drehzahl durch automatische *Spritzversteller* vorverlegt wird. Die automatischen Spritzversteller an Reihenspritzpumpen sind Fliehkraftversteller, die zwischen Antrieb und Einspritzpumpe angeordnet sind (vgl. Abb. 20 und 24).

Die *Einspritzdüsen* sollen den Kraftstoff einspritzen und dabei im Verbrennungsraum verteilen und zerstäuben. Sie sind mittels Düsenhalter im Motorzylinderkopf montiert (Abb. 26). Es handelt sich bei den Einspritzdüsen im allgemeinen um flüssigkeitsgesteuerte Nadelventile, deren Nadel durch eine Feder mit starker Vorspannung auf den Ventilsitz gedrückt werden. Bei Anstieg des Flüssigkeitsdruckes in der Druckkammer wird die Düsennadel angehoben, dadurch wird die Düsenöffnung freigegeben und der Kraftstoff eingespritzt (Abb. 27).

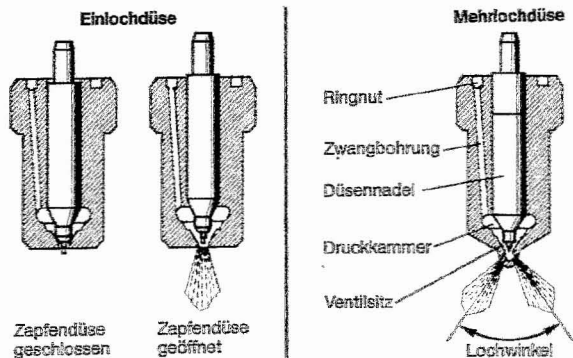


Abb. 27 Aufbau und Wirkung einer Einloch- und Mehrlochdüse

Fällt der von der Einspritzpumpe vorgegebene Druck wieder ab, so schließt die Düse. Die Einspritzung kann in verschiedene Brennraumformen erfolgen. Bei Vorkammer- und Wirbelkammerverfahren mit guter Luftverwirbelung werden die einfacheren Zapfen- und Ein-

lochdüsen verwendet, bei Kolbenkammervorfahren (mit direkter Einspritzung) Mehrlochdüsen.

Bei Vorkammer-Dieselmotoren sind *thermische Starthilfsmittel* erforderlich. Bei nicht zu hoher thermischer und mechanischer Belastung wie in Vorkammer- und Wirbelkammernmotoren werden Glühkerzen mit einer bis 1000° C heißen Wickeloberfläche verwendet. Bei Kolbenkammer-Motoren werden in der Regel Flammglühkerzen im Ansaugrohr zur Erwärmung der Ansaugluft unter Verbrennung von Dieselkraftstoff eingesetzt. Der Kraftstoff wird der Flammglühkerze über ein Magnetventil zugeführt. Nach Verdampfen des Kraftstoffes im Verdampferrohr ergibt sich bei Beginn des Startvorganges durch die hinzukommende Ansaugluft ein brennbares Gemisch, das in der Flammhülse entzündet (Abb. 28). Dadurch wird neben dem verbesserten Kaltstart auch eine rauchlose Verbrennung und ein rascher Rundlauf erreicht.

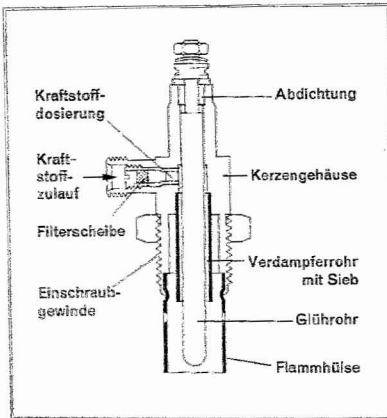


Abb. 28 Aufbau einer Flammglühkerze

### 5.2.3 Kühlung

Die Kühlung soll die Motortemperatur in beherrschbaren Grenzen halten. Bei der Energieumwandlung werden nur 14–33% in mechanische Arbeit umgewandelt, der Rest ist Verlustwärme! Durch die Verbrennung werden im Zylinder kurzzeitig Höchsttemperaturen bis zu 2000° C erreicht, die mittlere Temperatur des Kraftstoff-Luft-Gemisches liegt wesentlich darunter. Von diesen hohen Temperaturen der Verbrennungsgase wird der Brennraum erwärmt, und zwar um so mehr, je schneller die Verbrennungsfolge und damit die Höhe der Energieumwandlung ist. Dies heißt mit anderen Worten: je mehr mechanische Energie von einem Motor erzeugt wird, um so mehr erwärmt sich dieser. Die Motortemperatur ist jedoch nach oben durch den Werkstoff und das Motorenöl begrenzt. So erlauben z. B. *Graugußzylinder* nur etwa Temperaturen bis zu 350° C und *Aluminiumzylinder* bis zu 150° C. Andererseits ist jedoch eine Mindestwärme des Motors erwünscht, da sich sonst Teile des Kraftstoffes an der Zylinderwand niederschlagen (kondensieren) und zur Korrosion führen. Daraus erklärt sich, daß ein Motor möglichst wenig kalt gestartet und in kaltem Zustand nicht belastet werden soll. Jedoch ist auch eine ausreichende Motorkühlung erforderlich. Hierfür bieten sich zwei Möglichkeiten an:

- ▶ Luftkühlung und
- ▶ Wasserkühlung.

**Luftkühlung** – Bei der Luftkühlung (Abb. 29) soll die wärmeabgebende Fläche etwa 11 mal so groß sein wie die wärmeaufnehmende Fläche. Dies wird durch Rippen am Zylinder erreicht. Außerdem soll die Luftgeschwindigkeit mindestens 50–70 km/h betragen, weshalb beim Ackerschlepper Gebläse verwendet werden müssen, während z. B. Motorräder ohne diese auskommen. Die Materialtemperatur liegt im allgemeinen etwas über der eines wassergekühlten Motors.

- |                   |   |
|-------------------|---|
| <b>Vorteile:</b>  | Baulich einfach, geringe Anfälligkeit, schneller Temperaturanstieg, geringes Gewicht. |
| <b>Nachteile:</b> | Luftgeräusche, keine Geräuschkämpfung.  |

**Wasserkühlung** – Bei der Wasserkühlung wird zwischen folgenden Systemen unterschieden:

- ▶ Selbstumlaufkühlung (infolge der Temperaturunterschiede des Kühlwassers vor und nach dem Motor),
- ▶ Pumpenumlaufkühlung (Zwangsumlauf des Wassers durch eine Wasserpumpe),
- ▶ Verdampfungskühlung (früher bei Ackerschleppern üblich).

Am gebräuchlichsten ist die Pumpenumlaufkühlung (Abb. 30), mit der durch Steuerung über einen Thermostat eine gleichmäßige Temperatur des Zylinders (80–90° C, Schwankung geringer als 8° C) erreicht wird. Die vom Wasser dem Motor abgeführte Wärme muß dem Wasser im »Kühler« wieder entzogen werden.

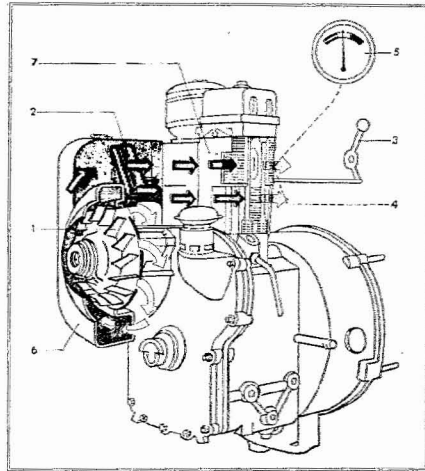


Abb. 29 Schema einer Luftkühlung  
1 Gebläsead, 2 Drosselklappe, 3 Handhebel zur Drosselklappenverstellung, 4 Temperaturegeber für Thermometer, 5 Thermometer (am Armaturenbrett), 6 Kühlluftgebläse, 7 Luftleitbleche

**Vorteile:** Gleichmäßige Motortemperatur, langsames Abkühlen (günstig bei öfterem Anlassen), geräuschkämpfend.

**Nachteile:** Baulicher Aufwand ist größer, nicht wartungsfrei (Gefahr des Einfrierens, ausreichende Wassermenge erforderlich).

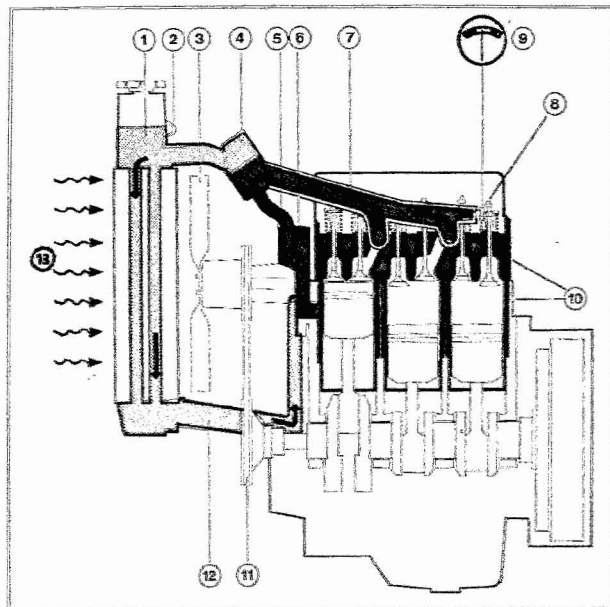


Abb. 30 Schema einer Wasserkühlung (Pumpenumlaufkühlung mit Thermostat und Kurzschlußleitung [Zweikreiskühlung])

- 1 Kühler
- 2 Kontrollglas
- 3 Ventilator
- 4 Thermostat
- 5 Kurzschlußleitung
- 6 Wasserpumpe
- 7 Heißwasserleitung
- 8 Temperaturfühler
- 9 Thermometer (am Armaturenbrett)
- 10 Kühlwassermantel in Zylinderkopf und Zylinder
- 11 Ventilatorkeilriemen
- 12 Rücklaufschlauch
- 13 Kühlluft

## 5.2.4 Schmierung

Alle im Motor verwendeten Materialpaarungen, wie z. B. die Lager, haben ein gewisses Spiel, erwärmen sich durch Reibung und verschleifen. Zur Verringerung dieser nachteiligen Eigenschaft dient das Schmieröl, indem es die Reibung verringert, die Lager kühlt und außerdem eine dichtende Wirkung hat. Am gebräuchlichsten ist die Druckumlaufschmierung (Abb. 31). Die erforderliche Ölmenge beträgt etwa das Zweifache des Motorhubvolumens. Der Ölverbrauch steigt mit dem Motorverschleiß bis 10 g/kWh.

Wie bereits bei der Kühlung erläutert, darf eine gewisse Motor- und damit Öltemperatur nicht überschritten werden. Abhängig von der Ölsorte soll die Temperatur zwischen 70 und 110° C betragen. Ist eine ausreichende *Ölkühlung* durch eine genügend große Oberfläche der Ölbehälter und der ölführenden Motorteile nicht gesichert, muß ein Ölkühler verwendet werden, z. B. bei turboaufgeladenen Motoren.

Zur Sicherung der Öleigenschaften ist neben ausreichender Kühlung auch eine *Reinigung des Öles* von Verbrennungsrückständen, Staub, Metallabrieb usw. erforderlich. Die meisten Ölverunreinigungen sind so fein, daß Hauptstromfilter (grob, geringerer Druckverlust), die den gesamten Ölkreislauf schützen, nicht ausreichen. Insbesondere bei Kraftfahrzeugmotoren können die Verunreinigungen nur mit Nebenstromfiltern (meist auswechselbare Papierfilter) entfernt werden, durch die 5–10% des Gesamtölvolumens laufen.

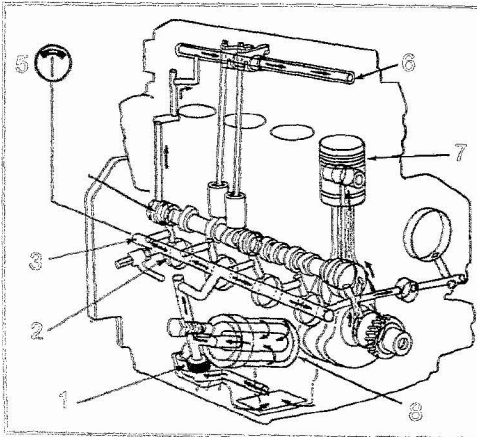


Abb. 31 Schematischer Aufbau einer Schmierung (Druckumlaufschmierung)  
1 = Ölpumpe mit Druckregelventil  
2 = Kurbelwellenlager  
3 = Hauptöl-Verteilerkanal  
4 = Nockenwellenlager  
5 = Ölmanometer (2–5 bar nach der Pumpe)  
6 = Kipphebelwelle  
7 = Pleuellagerbuchse und Pleuellager  
8 = Ölfilter

**Bezeichnung der Schmieröle:** Nach der Verwendung des Schmieröles ist grundsätzlich in Motoröl und Getriebeöl zu unterscheiden. **Motoröle** werden mechanisch und thermisch außerordentlich stark beansprucht. Bei den hohen Temperaturen im Zylinder darf das Öl nicht verdampfen, sondern soll z. B. an der Zylinderwand einen gut haftenden, »zäh« Film (Schmierfilm) bilden. Außerdem soll es vor Korrosion schützen und rückstandsfrei verbrennen. Demgegenüber soll das **Getriebeöl** einen ausreichend festen Schmierfilm zwischen den Zähnen des Zahnradgetriebes bilden. Getriebeöl ist also im allgemeinen mechanisch höher belastet als Motoröl.

Die hohen Anforderungen an Motor-Schmieröle werden nur von legierten Ölen, d. h. von mit Zusätzen versehenen Mineralölen erfüllt. Die heute fast ausschließlich verwendeten HD-Öle (**Heavy Duty**) sind höher legierte Öle. Exakt beschrieben werden die Schmieröle durch Angabe ihrer

- ▶ Viskosität und
- ▶ Qualität.

Die *Viskosität* (Zähigkeit) sinkt mit steigender Temperatur des Öles, angegeben durch die SAE-Viskositätsklasse (Society of Automotive Engineers) (Tabelle 17). Mehrbereichsöle überdecken mehrere Viskositätsklassen. Die *Qualität* beinhaltet die Eignung des Öles nach

**Tabelle 17:** Bezeichnung der Öle

		Verwendung, Einsatzbedingungen
<b>Viskosität:</b>		
SAE 10 W		Motoröle, für tiefe Außentemperaturen (Winter), Hydrauliköl
SAE 20 W		Motoröl, für mittlere Außentemperaturen (Frühjahr, »normale« Winter)
SAE 30		Motoröl, bis zu hohe Außentemperaturen (»Sommeröl«)
SAE 80-100		Getriebeöl, für tiefe Außentemperaturen
SAE 120-140		Getriebeöl, für hohe Außentemperaturen
SAE 20W/50		Motoröl, Mehrbereichsöl (»Ganzjahresöl«)
<b>Qualität:</b>		
API	MIL	
CA	L-46 152 ) L-2104 C )	leichte Betriebsbedingungen (commercial)
CB	L-46 152 ) L-2104 C )	mittlere Betriebsbedingungen
CC	L-46 152 )	mittelschwere Betriebsbedingungen und schwach aufgeladene Motoren
CD	L-2104 C )	schwere Betriebsbedingungen, mit und ohne Aufladung

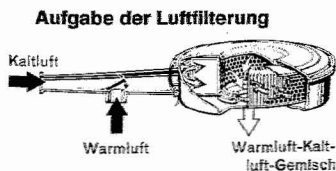
Betriebsbedingungen, Motorart und -ausführung, also die Leistungsfähigkeit des Motoröls. Gebräuchlich ist die Qualitätsangabe nach der API-Klassifikation (American-Petrol-Institute) und nach der MIL-Spezifikation (MILitary), die ebenfalls in der Tabelle 17 für die wichtigsten Betriebsbedingungen angegeben sind.

Es sollten stets hochwertige Motoröle verwendet werden, die Mischung gleicher Qualitäten ist möglich.

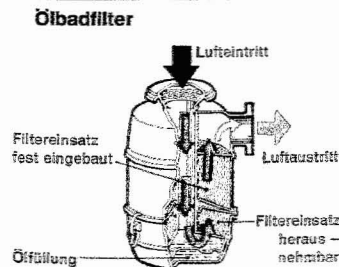
### 5.2.5 Luftfilterung

Aufgaben und technische Hilfseinrichtungen der Luftfilterung sind der nachstehenden Tabelle 18 zu entnehmen.

**Tabelle 18:** Luftfilterung

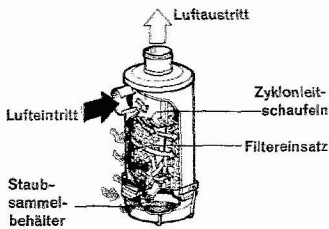


Staub aus der angesaugten Luft abscheiden, um Motorenverschleiß zu vermindern. Staubgehalt der Luft über unbefestigten Straßen und bei landwirtschaftlichem Einsatz beträgt bis  $0,2 \text{ g/m}^3$ . Luftansaugung möglichst über Staubzone.



Papierfilter mit hoher Abscheideleistung in allen Lastbereichen, Luftstrom trifft auf Ölspiegel (Motoröl), wobei grobe Staubteile ausgeschieden werden, auch Zyklonvorfilter, funktionell beliebige Einbaulage.

### Papierfilter mit Zyklon



Papierfilter wie bei Ölbadfilter, Zyklon scheidet grobe Verunreinigungen, Insekten usw. in Sammelbehälter ab, funktionell beliebige Einbaulage; wird am häufigsten verwendet.

**Benetzungsfiler**

für Kleinmotoren

**Papierluftfilter**

für Personenkraftwagen

## 5.2.6 Betriebsverhalten und Motorbeurteilung

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 – ohne daß der Fahrer schaltet – verhält, also sich der veränderten Zugleistung anpaßt. Es wird daher z. T. auch als *Leistungsverhalten* bezeichnet. Das unterschiedliche Betriebsverhalten von E- und Dieselmotor ist bereits in Abschn. 4.4 behandelt worden.

Das Betriebsverhalten des Dieselmotors kann am besten mit den folgenden, für jeden Motor unterschiedlichen Kennlinien angegeben werden:

- ▶ Vollastkennlinien
- ▶ Motorkennfeld.

*Vollastkennlinien* und *Motorkennfeld* sind in den amtlichen 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 »Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft e. V.« (DLG), Fachbereich Landtechnik, Prüfungsabteilung für Landmaschinen in Großumstadt, durchgeführt. Für jeden DLG-geprüften Schlepper kann von der DLG, Zimmerweg 16, 6000 Frankfurt/Main 1, ein Prüfbericht bezogen werden. Dieser enthält Abmessungen und Ausrüstung des Schleppers sowie Kraftstoff- und Schmiermittelverbrauch bei der Prüfung, außerdem acht Pflichtprüfungen und wahlweise Prüfungen (z. B. Motorleistung).

Die **Vollastkennlinien** werden für die maximale Einspritzmenge, also bei größtmöglicher Auslenkung der Regelstange (»Vollgas«) ermittelt. Es sind in Abhängigkeit von der Motordrehzahl (vgl. Tabelle 13, S. 27):

- Motordrehmoment  $M_d$
- Motorleistung  $P_e$
- spezifischer Kraftstoffverbrauch  $b_e$
- stündlicher Kraftstoffverbrauch  $B$

Den Kurvenverläufen und der Wertermittlung liegen die Beziehungen gemäß der Tabelle 13 zugrunde. Danach kann die Motorleistung gesteigert werden durch

- ▶ Vergrößerung des Drehmomentes über Vergrößerung des Hubraumes (z. B. größere Motoren) oder Erhöhung des mittleren Arbeitsdruckes im Zylinder (z. B. Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses, Aufladung) sowie
- ▶ Erhöhung der Motordrehzahl.

In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen des Ackerschleppers sind unterschiedliche Verläufe der Vollastkennlinien erwünscht. Eine Änderung ist bei gegebenem Motor am einfachsten über die Abstimmung der Kraftstoffversorgung möglich. Für das *Motordrehmoment* ist ein Anstieg über einen bestimmten Drehzahlabfall (»Drückung«) erwünscht. Dies



bedeutet, daß bei stärkerer Belastung des Motors und dem damit allgemein verbundenen Drehzahlabfall das Drehmoment noch ansteigt, wodurch kleinere Belastungsspitzen, z. B. durch ein ungleichmäßiges Schwad beim Häckseln oder kurze Anstiege beim Transport, besser überwunden werden können. Dies wird als gutes Durchzugsvermögen des Motors bezeichnet, wozu die Drehmomentkurve eine sog. »Büffelcharakteristik« haben soll. Bei einer Drückung von 20% beträgt der Drehmomentanstieg in der Regel 10% des Nenndrehmomentes.

Die Motorleistung errechnet sich nach der Tabelle 13, S. 27 als Produkt von Drehmoment und Drehzahl.

Bei nahezu konstantem Drehmoment steigt dann die Motorleistung im wesentlichen proportional mit der Motordrehzahl an. Eine Leistungsabgabe ist erst nach Erreichen der Leerlaufdrehzahl möglich, wobei die hohe Verdichtung Drehzahlen unter 700 1/min verhindert.

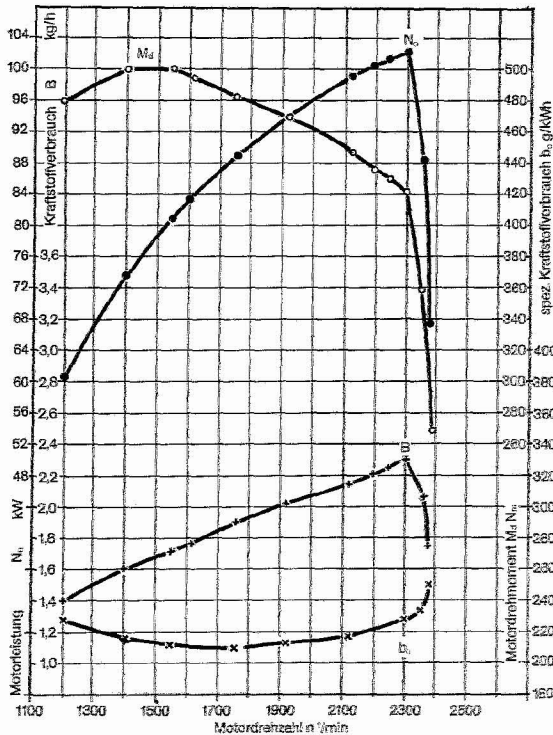


Abb. 32 Vollastkennlinie eines Dieselmotors

Jeder Motor hat eine konstruktionsbedingte Höchstdrehzahl. Der Enddrehzahlregler verhindert ein wesentliches Überschreiten dieser Drehzahl, indem er die Regelstange zurückstellt. Damit wird weniger Kraftstoff eingespritzt und das Drehmoment fällt steil ab. Infolge dessen fällt auch die Leistung ab. In Abb. 32 beträgt die Nenndrehzahl des Motors 2300 1/min. Der spezifische Kraftstoffverbrauch verläuft stets in einer flachen Kurve oder mit einem schwach ausgeprägten Minimum bei etwa 70% der Motornenndrehzahl. Infolge des flachen Verlaufes der  $b_3$ -Kurve muß der stündliche Kraftstoffverbrauch einen der Motorleistung ähnlichen Kurvenverlauf ergeben.

Das Motorkennfeld veranschaulicht den spezifischen Kraftstoffverbrauch des Dieselmotors für den gesamten Lastbereich, d. h. bei unterschiedlicher Stellung der Regelstange und damit bei unterschiedlichen Einspritzmengen. In Abb. 33 ist das Motorkennfeld des gleichen 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. Demnach hat der Ackerschlepper bei Teillast (z. B. beim Ziehen eines leichten Wagens) und hoher Motordrehzahl (z. B. bei hoher Fahrge-

schwindigkeit) einen sehr hohen spezifischen Kraftstoffverbrauch, also schlechten Wirkungsgrad. Nach Abb. 33 beträgt er z. B. bei einer Motorbelastung von 25% und Nenndrehzahl 350 g/kWh gegenüber bestenfalls nur 212 g/kWh. Der konventionelle Schlepper ist deshalb für solche Arbeiten ungeeignet. Der günstigste Kraftstoffverbrauch liegt für jeden Motor in einem etwas anderen, für den Motor spezifischen Bereich und ist konstruktionsbedingt. Wenn das Motorkennfeld des verwendeten Schleppers und die Einsatzbedingungen bekannt sind, kann – wie zuvor erwähnt – der spezifische Kraftstoffbedarf und der stündliche Kraftstoffverbrauch ermittelt werden. Mit Hilfe des Kennfeldes ist die Auswahl des energetisch günstigsten Motors möglich.

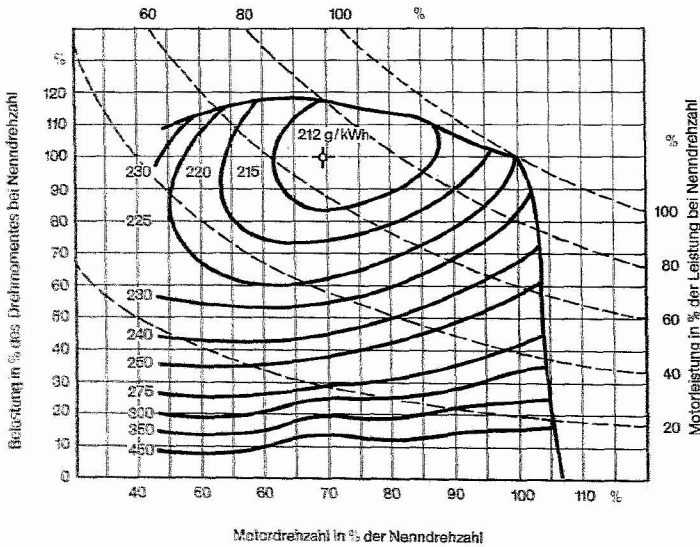


Abb. 33 Motorkennfeld eines Dieselmotors

Der Schlepper gehört zur Grundausstattung jedes landwirtschaftlichen Betriebes. Er ist die *Schlüsselmaschine* der landwirtschaftlichen Produktion, die vielseitig verwendbare Energiequelle und Arbeitsmaschine zur Erledigung der wichtigsten Arbeitsvorgänge. Daher kommt dem Schlepper von allen landwirtschaftlichen Maschinen die größte Bedeutung zu. Wegen der vielfältigen Einsatzbedingungen werden an ihn hohe und sehr verschiedenartige Anforderungen gestellt. Vor allem muß der Schlepper einen seinem Einsatz entsprechenden Aufbau aufweisen.

## 1 Aufbau des Schleppers

Der grundsätzliche Aufbau aller Schlepper, d. h. die Zuordnung und die Arbeitsweise der Schlepperbauteile, basiert auf der einsatzbedingten Schleppernutzung. Diese kann unterteilt werden in:

- ▶ Leistungsbereitstellung (Fahrleistung, Zugleistung, mechanische und hydraulische Antriebsleistung),
- ▶ Geräteanbau (Trag- und Hubarbeiten).

Hinzu kommt eine geeignete Arbeitsplatzgestaltung (Komfort, Sicherheit und Sichtverhältnisse). Die wesentlichen Schlepperbauteile sind in Abb. 34 schematisch zusammengefaßt. Deren Auslegung erfolgt in Übereinstimmung mit den Einsatzbedingungen, vor allem der Arbeitsgeschwindigkeit, der Verbindung Schlepper-Gerät sowie den gesetzlichen Bestimmungen der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) und der Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften (LBG).

Für Arbeitsgeschwindigkeiten von 1–25 (30) km/h (Hinterraddrehzahlen 3–150  $\frac{1}{\text{min}}$ ) und Zugkräften von mehr als 5000 daN müssen die Leistungswerte des Motors (vgl. S. 7 und Tab. 13, S. 27) »gewandelt« werden. Dies erfolgt mit dem *Schaltgetriebe* und *Hinterraduntersetzung*, beides Drehzahl-Drehmoment-Wandler; d. h. mit Minderung der Drehzahl erhöht sich im gleichen Verhältnis das Drehmoment, also die *Umfangskraft am Hinterrad*. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Raddrehzahlen bei der Kurvenfahrt ist in der Antriebsachse ein Ausgleichsgetriebe, das sog. *Differential* notwendig, bei *Allrad-Antrieb* also auch in der Vorderachse.

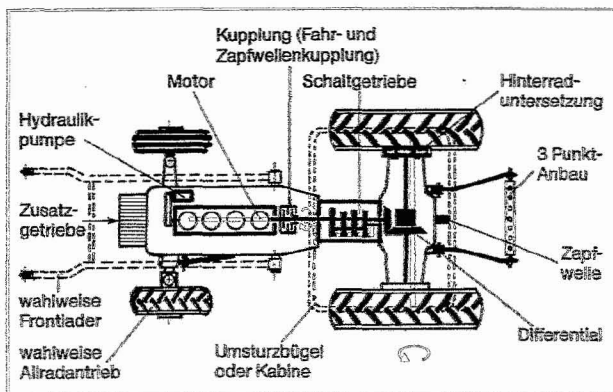


Abb. 34 Die wesentlichen Bauteile eines Schleppers

Um den Motor anzulassen und im nutzbaren Motordrehzahlbereich anfahren zu können, ist die *Fahrkupplung* erforderlich, eine schaltbare Verbindung zwischen Motor und Getriebe (Schaltkupplung, »Drehzahlwandler« beim Anfahren).

Die mechanische Antriebsleistung wird in der Regel als Zapfwellenleistung über die *Zapfwelle* abgenommen. Dazu ist es erforderlich, daß auch die Zapfwelle ein- und ausgeschaltet werden kann, was durch die *Zapfwellenkupplung* erfolgt.

Um eine hydraulische Leistung verfügbar zu haben, wird eine Hydraulikanlage und damit eine *Hydraulikpumpe* mit einer bestimmten Fördermenge und einem bestimmten Öldruck benötigt.

Der Geräteanbau erfolgt mit dem *Dreipunkt-Kraftheber* am Heck, zwischen den Achsen oder vorn sowie mit dem *Frontlader*.

Hinzu kommen Lenkung, Anhängervorrichtungen (u. a. Zugmaul, Zuggpendel) und infolge der gesetzlichen Bestimmungen Bremsen, Lichtanlage und *Umsturzbügel* bzw. Kabine.

Aus der kurzen Aufzählung der notwendigen Funktionen und damit der Bauteile ergibt sich der Standardaufbau eines Ackerschleppers gemäß Abb. 34.

## 1.1 Schlepperbauarten

Der Ackerschlepper allein kann keine Arbeit (ausgenommen Walzarbeiten) erledigen. Erst in Kombination mit angebauten, angehängten und angetriebenen Maschinen und Geräten ist er zur Arbeitserledigung einsetzbar, wird er damit zur Arbeitsmaschine. Folglich stehen für die Nutzung des Schleppers als landwirtschaftliche Arbeitsmaschine die Möglichkeiten zur Anbringung von Arbeitsgeräten und -maschinen im Vordergrund. Hinzu kommen die geeignete Kraftübertragung auf den Boden und die Sichtverhältnisse des Fahrers. Hierfür wurden die verschiedenen Schlepperbauarten entwickelt, die sich jeweils für einen bestimmten Arbeitsvorgang besonders eignen. Sie unterscheiden sich im wesentlichen nach den *Anbau- und Aufbauformen* und der *Zugkraftübertragung* (Abb. 35):

- ▶ **Standardschlepper:** Geräteanbau vorwiegend mit Dreipunkt-Kraftheber am Heck, für Schlepper der Größenklassen bis 45 kW Zwischenachsenanbau eines Mähwerkes und der Größenklassen bis 75 kW wahlweise Frontkraftheber und Frontlader.
  - Standardschlepper mit *Hinterradantrieb* (Zweiradantrieb) bis ca. 75 kW,
  - Standardschlepper mit *Allradantrieb* (Vierradantrieb):
    - mit kleineren Vorderrädern (35–132 kW),
    - mit gleichgroßen Rädern und Vorderradlenkung, bis ca. 110 kW,
    - mit gleichgroßen Rädern und Knick- oder Vierradlenkung, bis über 220 kW.
- ▶ **Geräteträger:** Front-, Zwischenachs- und Heckanbau, evtl. Ladepritsche, Motor und Getriebe liegen gemeinsam an der Triebachse, Radstand bis über 2,2 m, bis 52 kW. Der früher gebräuchliche Tragschlepper mit ausgeprägtem Anbauraum zwischen Vorder- und Hinterachse wird heute praktisch nicht mehr angeboten.
- ▶ **Systemschlepper:** Front- und Heckanbau, Aufbauform z. B. als Ladepritsche, bis 40 km/h (Frontsitzschlepper bis 80 km/h), Allradantrieb, in der Regel mit gleichgroßen Rädern und Vorderradlenkung, bis 92 kW. Sie sind gekennzeichnet durch einfachen Geräteanbau, gute Sichtverhältnisse, hohen Komfort und Unfallsicherheit, Fahrerkabine zwischen den Achsen.
- ▶ **Sonderbauarten:** Für spezielle Einsatzbereiche wie z. B. im Gewächshaus oder auf kommunalen Flächen, für Spezialkulturen sowie die Arbeit am Hang wurden Sonderbauarten entwickelt (vgl. Abb. 36).
  - Hackfräse:* triebtradlos, bis 5 kW, Holme schwenk- und drehbar (bis 180°), Arbeitsbreite 0,14–1,4 (2,1) m.
  - Einachsschlepper:* Anbauraum unter den Holmen und vorn, bis 10 kW, Arbeitsgeschwindigkeit von 1–20 km/h, Holme schwenkbar.
  - Kleinschlepper:* Front-, Zwischenachs-(Mähgerät) und Heckanbau, bis 15 kW, Leergewicht bis ca. 1000 kg, Spurweite bis 1,5 m, Radstand bis 2,3 m, i. d. R. hydrostatischer Fahrtrieb, besonders als Kommunal- und Gartenschlepper geeignet.

**Schmalspurschlepper** (»Plantagenschlepper«): schmaler Standard-schlepper, Spurweite 0,62–1,37 m (größte Außenabmessung 1,67 m), Radstand bis ca. 2 m, größte Höhe 1,53 m (abklappbarer Umsturzbügel), bis 44 kW. Bei Allradantrieb auch mit gleichgroßen Rädern und Knicklenkung, auch mit Halbraupe oder als Kettenschlepper. Einsatz insbesondere im Obst-, Wein- und Hopfenbau.

**Hangschlepper:** Heck- und Frontanbau, bis 38 kW.

**Stelzenschlepper:** Universell verwendbarer Anbaureaum zwischen den Achsen (bis 2 × 2 m), auch Front- und Heckanbau, Spurweite bis 3,15 m, Radstand bis 3,2 m, bis 74 kW. Einsatz insbesondere im Weinbau und Feldversuchswesen als »Triebsatz«, z. T. hydrostatischer Fahrtrieb.

**Kettenschlepper:** Gleisketten anstelle von Rädern, Heckanbau, hohe Zugfähigkeit und geringer Bodendruck, begrenzte Fahrgeschwindigkeit (10 km/h), für Straßenfahrt schlecht geeignet, bis 150 kW.

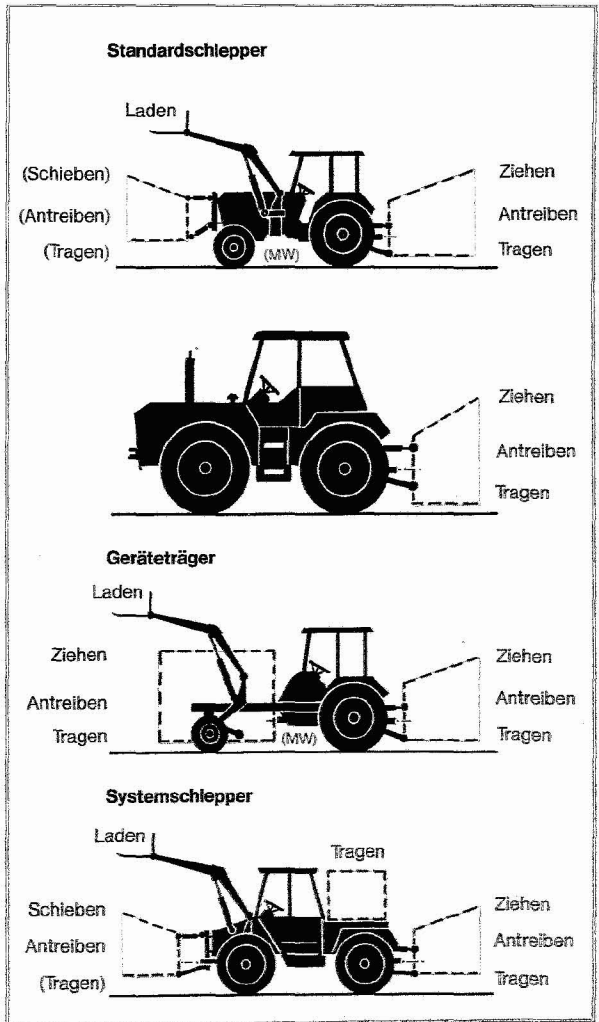


Abb. 35 Schlepperbauarten (Funktionen und Anbauräume)

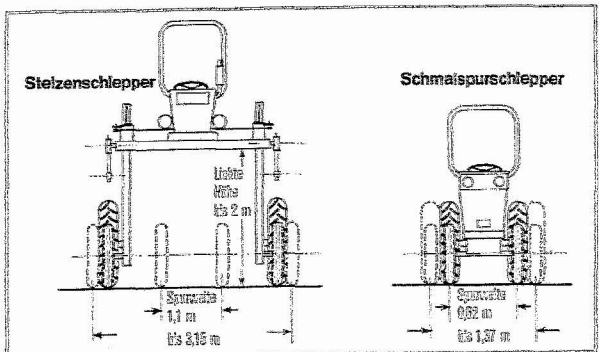


Abb. 36 Schlepper-Sonderbauarten

Daneben gibt es noch von nahezu allen Schlepperbauarten Sonderausrüstung, wie z. B. für den *Forst*.

Der **Hofschlepper** als eigene Bauart wurde aus dem Allrad-Lader entwickelt. Dessen Kennzeichen sind Frontanbau, Gesamtbreite ca. 1,2 m, Wendekreisdurchmesser 3 m und darüber.

## 1.2 Kraft- und Leistungsübertragung

In Abhängigkeit vom Schleppereinsatz und der Schlepperbauart wirken auf den Ackerschlepper unterschiedliche Kräfte. Dies gilt sowohl für die Bauteile der Leistungsübertragung (z. B. für Getriebe, Differential und Fahrwerk) wie auch für die des Geräteanbaues (z. B. Dreipunkt-Kraftheber). In diesem Abschnitt werden deshalb die Kräfte am Schlepper (Gewichtsverteilung und -verlagerung) und die Bauteile der Leistungsübertragung behandelt.

### 1.2.1 Kräfte am Schlepper

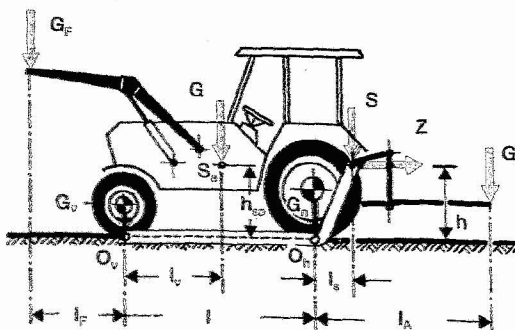
Die Kräfte müssen am Schlepper so verteilt sein, daß

- ▶ kein Bauteil (z. B. Reifen) überlastet wird,
- ▶ die Antriebsräder und die gelenkten Räder ausreichend belastet sind. Die Achslast der gelenkten Vorderachse muß stets mehr als 20% des Schleppergesamtgewichtes (mindestens 200 daN) betragen;
- ▶ der Schleppereinsatz funktionssicher möglich ist, z. B. am Hang und auf wenig tragfähigen Böden.

Die *Gewichtsverteilung* auf Vorder- und Hinterachse wird durch *statische Gewichtsverlagerung* (im Stand) und *dynamische Gewichtsverlagerung* (beim Fahren) verändert. Die Gewichtsverteilung in Abhängigkeit von der Schlepperbauart ist in Tab. 19 angegeben.

Die **statische Gewichtsverlagerung** ist in Abb. 37 als Entlastung der Vorderachse durch Hebelwirkung einer Zugkraft veranschaulicht. Der »Drehpunkt« des Hebels ist immer der zwischen dem Kraftangriffspunkt und dem Schlepperschwerpunkt liegende Radaufstandspunkt. In Anwendung der Hebelgesetze gilt, daß

- ▶ alle hinter und oberhalb von  $O_h$  angreifenden Kräfte die Vorderachse entlasten (z. B. Anbaugeräte, Anhänger, Regelhydraulik, Pflug),
- ▶ alle vor und oberhalb von  $O_h$  angreifenden Kräfte die Vorderachse be- und Hinterachse entlasten (z. B. Frontlader) und
- ▶ alle senkrecht zwischen  $O_h$  und  $O_v$  angreifenden Kräfte die Vorder- und die Hinterachse belasten.



Diese Zusammenhänge sind in Abb. 38 für Be- und Entlastung der Vorderachse durch Anbaulasten veranschaulicht.

Auf Grund dessen verändert sich in Abhängigkeit von der Schlepperbauart die Gewichtsverteilung bei der Zugarbeit (vgl. Tab. 19).

Abb. 37 Kräfte am Schlepper

- G = Schleppergewicht
- $G_v$  = Vorderachslast
- $G_h$  = Hinterachslast
- S = Stützlast
- $G_A$  = Heck-Anbaulast
- $G_f$  = Frontladeranbaulast
- Z = Zugkraft
- h, l = Abstände des Kraftangriffes
- $S_o$  = Schwerpunkt
- $O_{v,h}$  = Aufstandspunkt des Rades

Belastung der Hinterräder  $\Delta G_h$  (kg) durch

$$\text{Zugkraft } Z: \Delta G_h = Z \text{ (daN)} \times (1 + h/l)$$

$$\text{Stützlast } S: \Delta G_h = S \text{ (daN)} \times (1 + l_v/l)$$

$$\text{Anbaulast } G_A: \Delta G_h = \Delta G_A \text{ (daN)} \times (1 + l_h/l)$$

Abb. 38 Be- und Entlastung der Vorder- und Hinterachse des Schleppers durch Anbaulasten (+ = Belastung, - = Entlastung)

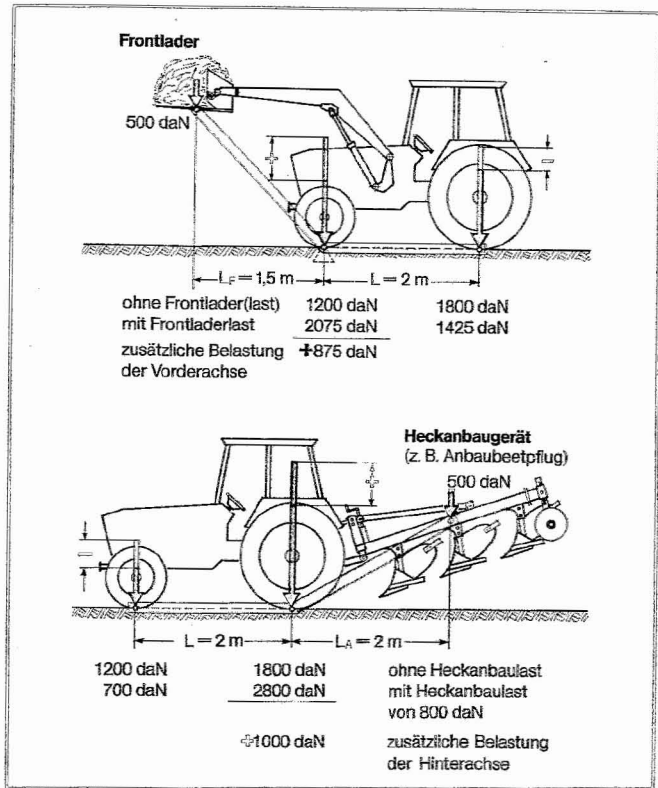


Tabelle 19: Veränderung der Gewichtsverteilung bei verschiedenen Schlepperbauarten durch Zugarbeit

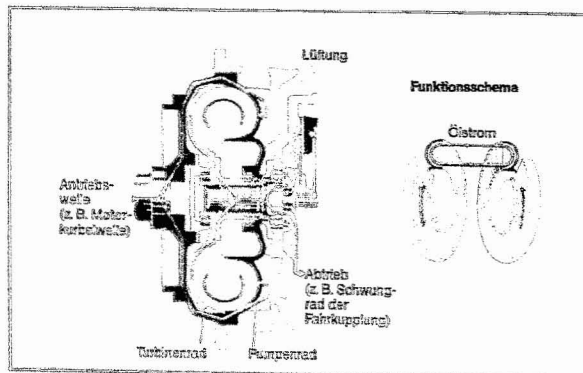
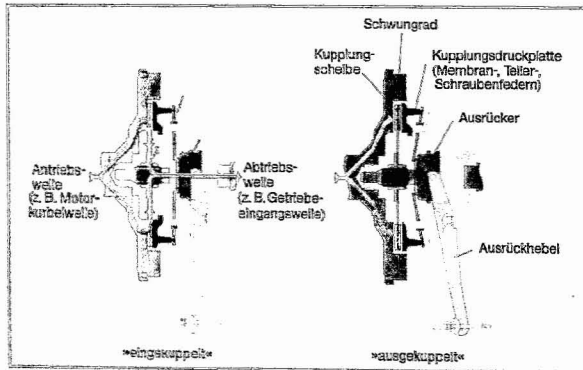
Schlepper-Bauart	Gewichtsverteilung in %			
	im Stand		bei Zugarbeit	
	vorn	hinten	vorn	hinten
Standardschlepper mit Hinterradantrieb	30	70	20	80
Allradantrieb				
(kleinere Vorderräder)	35-45	65-55	25-35	75-65
(gleich große Räder)	60	40	50	50
Geräteträger	20	80	20	80
Systemschlepper	55-60	45-40	45-50	50-55

Die Kräfte am Schlepper beim Arbeiten am Hang zeigen veränderte Verhältnisse. Liegt die Wirkungslinie des Schleppergewichtes unterhalb der talseitigen Räder (Radauflandspunkte), so kippt der Schlepper. Die zulässige Hangneigung ist von der Schwerpunkthöhe, der Spurweite und dem Boden (Art und Zustand) abhängig. Die grobe Einsatzgrenze liegt für Standardschlepper bei einer Hangneigung von ca. 35% und für Hangschlepper bei ca. 60%.

Die **dynamische Gewichtsverlagerung** kann z. B. beim Überfahren von Unebenheiten das dreifache der statischen Gewichtsverlagerung betragen.

## 1.2.2 Fahrkupplung

Die Fahrkupplung ist notwendig, um den Motor anzulassen, im nutzbaren Motordrehzahlbereich anzufahren und um die Drehzahlen von Motor und Getriebe anzugleichen. Ihre Aufgabe ist die Unterbrechung des Antriebes von Motor zum Getriebe. Beim Schalten der meisten Stufengetriebe muß die Kupplung betätigt werden. Am gebräuchlichsten ist die fußbetätigte mechanische Reibkupplung in der Ausführung als *Einscheiben-Trockenkupplung* (Abb. 39). Die mechanische Reibkupplung kann auch mit einer *hydrodynamischen Kupplung* (Strömungskupplung) kombiniert werden (Abb. 40). Die hydrodynamische Kupplung ist nicht schaltbar, ihre Aufgabe besteht vielmehr im Abbau der Drehmomentstöße. Die Strömungskupplung wird durch die auf die Kupplungsflüssigkeit wirkenden Zentrifugalkräfte bei größer werdender Drehzahl »verriegelt«. Sie ermöglicht daher ein Anfahren unter Last in jedem Gang, verhindert ein Abwürgen des Motors und wird insbesondere bei Wendegerieben (d. h. bei kurzzeitiger Änderung von Vor- in Rückwärtsfahrt) verwendet, sie bewirkt dabei auch eine Geräuschminderung.



Bei der häufig verwendeten Doppelkupplung ist eine mechanische Einscheiben-Trockenkupplung mit derselben Kupplungsbauart für den Zapfwellenantrieb (als Zapfwellenkupplung) kombiniert. Beim Kuppeln wird zuerst die Fahrkupplung und beim weiteren Durchtreten des Pedals die Zapfwellenkupplung betätigt. Beim Betätigen der mechanischen Reibkupplung entsteht Reibungswärme und Verschleiß, daher sollte nur bei Bedarf die Kupplung betätigt werden.

Abb. 39 (oben) Aufbau einer Einscheiben-Trockenkupplung

Abb. 40 (unten) Aufbau und Funktion einer hydrodynamischen Kupplung (Strömungskupplung)

## 1.2.3 Getriebe

Die landtechnischen Arbeitsvorgänge erfordern Arbeits- und damit Fahrgeschwindigkeiten des Ackerschleppers von 1–25 (30) km/h. Der Dieselmotor gibt jedoch seine volle Leistung nur bei Nenndrehzahl ab und ist nur in einem engen Drehzahlbereich wirtschaftlich. Bei Zapfwellenarbeit (z. B. Feldehäcksler, vgl. Abschn. 2.8) ist in der Regel eine bestimmte Motordrehzahl einzuhalten. Der Änderung der Fahrgeschwindigkeit über die Motordrehzahl sind daher enge Grenzen gesetzt. Aufgabe der Getriebe ist die Anpassung von Fahrgeschwindigkeit und Motordrehzahl. Dabei wird auch das Drehmoment »gewandelt«.



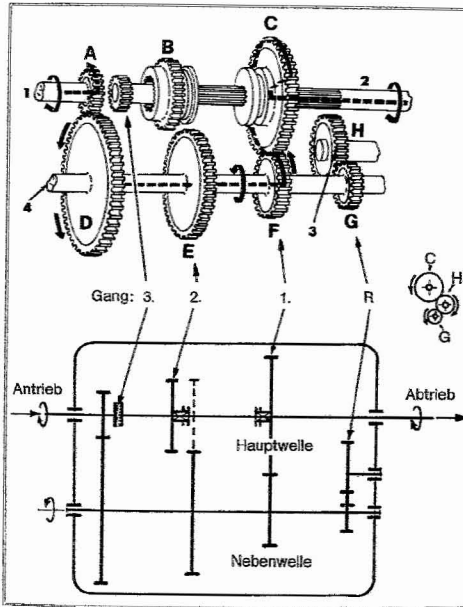


Abb. 41 Aufbau und vereinfachte Darstellung eines Stufengetriebes

- 1 = Antriebswelle  
 2 = Abtriebswelle  
 3 = Nebenwelle  
 4 = Nebenwelle  
 (=Vorgelegewelle)  
 A...H = Stirnzahnräder

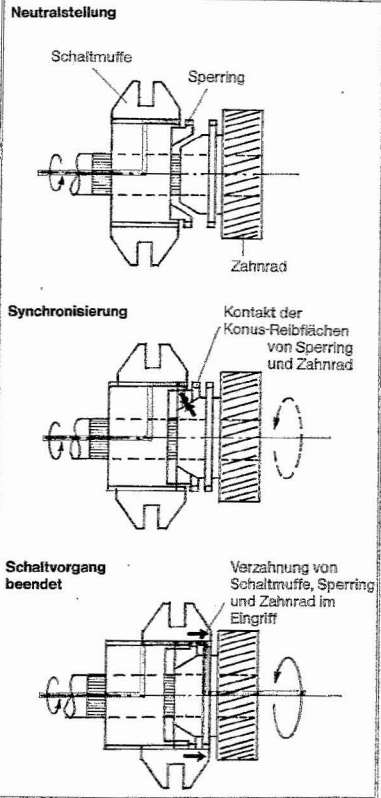


Abb. 42 Aufbau und Funktion einer Synchronschaltung

Die Getriebe werden unterteilt nach der

- ▶ **Kraftübertragung** in mechanische und hydraulische Getriebe,
- ▶ **Schaltung** in Stufengetriebe, Lastschaltgetriebe und stufenlose Getriebe.

**Stufengetriebe** – Als Stufengetriebe eignen sich besonders Zahnrad-Schaltgetriebe. Die einfachste Ausführung verwendet die *Schubradschaltung*, bei der für jeden Schaltvorgang jeweils ein Zahnrad (das »Schubrad«) des Zahnradpaares verschoben wird. Hierzu muß der Kraftfluß zum Motor unterbrochen werden (Kuppeln und »Zwischengas« beim Herunterschalten). Der schematische Aufbau und die vereinfachte Darstellungsform zeigt Abb. 41.

- Vorteile:** einfacher Aufbau, hoher Wirkungsgrad, billig.  
**Nachteile:** Schalten bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit der Zahnräder, schwergängig, höherer Schaltzeitbedarf, laut.

Bei der *Klauen- oder Stifenschaltung* wird mit Hilfe einer Schaltmuffe die Welle mit einem Zahnrad des ständig im Eingriff bleibenden Zahnradpaares gekuppelt.

- Vorteile:** leicht schaltbar, hohe Lebensdauer, infolge möglicher Schrägverzahnung leise.  
**Nachteile:** schlechter Wirkungsgrad (alle Zahnräder sind ständig im Eingriff), teuer.

Als *Synchronschaltung* wird eine Klauenschaltung bezeichnet, bei der durch eine Reibkuppelung Gleichlauf von Schaltmuffe und Zahnrad hergestellt wird (»synchronisiert«). Ein sog. Sperrkörper verhindert deren vorheriges Kuppeln (Sperrsynchrisation) (Abb. 42).

- Vorteile:** leicht schaltbar, leise, kein Zwischengas, geringerer Schaltzeitbedarf.  
**Nachteile:** schlechter Wirkungsgrad, teuer, Verschleiß der Synchronringe.

Stufengetriebe werden zum Erreichen einer feinstufigen Anpassung als *Gruppengetriebe* verwendet. Durch Vorschalten z. B. eines zweistufigen Getriebes wird dann aus dem in Abb. 43 dargestellten vierstufigen Getriebe ein  $2 \times 4 = 8$ -Gang-Gruppengetriebe. Gebräuchlich sind heute synchronisierte Gruppengetriebe mit 12–16 Gängen (max. 20 Gängen, sofern Kriechgänge). Oft sind auch nur die oberen Gänge synchronisiert. Bei Vorschaltung eines Wendegeriebtes werden die gleichen Vorwärts- und Rückwärtsgangzahlen erzielt (Zweiwegschlepper).

- Vorteile:** hoher Wirkungsgrad (über 90%), feinstufige Anpassung, preiswert.  
**Nachteile:** nicht unter Last schaltbar.

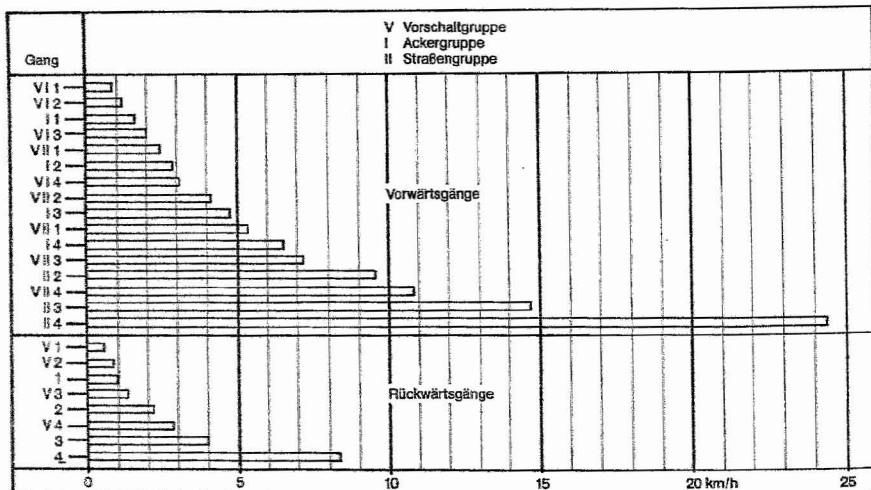


Abb. 43 Fahrgeschwindigkeiten eines Standardgetriebes (8 Vorwärts- und 4 Rückwärtsgänge)

**Lastschaltgetriebe** – Lastschaltgetriebe sind unter Last schaltbare Stufengetriebe, der Gang kann also ohne Betätigung der Fahrkupplung, d. h. ohne Zugkraftunterbrechung gewechselt werden. Dies wurde 1954 erstmals durch das hydraulisch betätigte Kuppeln einer Vorgelege- welle (Nebenwelle) erreicht.

Das *Lastschaltgetriebe mit Nebenwelle* (Abb. 44) kann in einer Stufe unter Last schaltbar und reversierbar oder in allen Stufen (vorwärts) unter Last schaltbar ausgelegt sein.

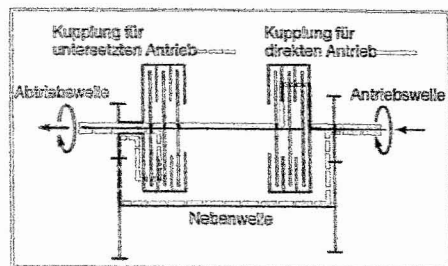


Abb. 44 Aufbau und Funktion eines Lastschaltgetriebes mit Nebenwelle

- Vorteile:** Einsatz in einer Stufe unter Last schaltbar, sicherer Schiebebetrieb.  
**Nachteile:** aufwendig, teuer, kann nicht durch Anschleppen gestartet werden.

Gebräuchlich ist auch das *Lastschaltgetriebe mit Überholkupplung* (Abb. 45). Dieses besteht aus zwei Zahnradpaaren mit um ca. 30% unterschiedlichem Übersetzungsverhältnis, von denen auf der

Vorgelegewelle eines fest und das andere mit einer Überholkupplung (Freilauf) mit dieser verbunden ist (Abb. 45). Wird über eine hydraulisch betätigte Lamellenkupplung die schnelle Stufe eingeschaltet, so wird die niedrigere Stufe in der Überholkupplung »überholt«, sie wird unwirksam. Das heißt aber auch, daß beim Schiebetrieb, z. B. bei Bergabfahrt, Fräsarbeit in der langsamen Stufe, der Motor nicht mehr als Bremse wirkt.

- Vorteile:** einfache Geschwindigkeitsänderung um 30%, preiswert.
- Nachteile:** Schiebetrieb erschwert, Anschleppen nicht möglich, da kein Öldruck zum Schalten der schnellen Stufe.

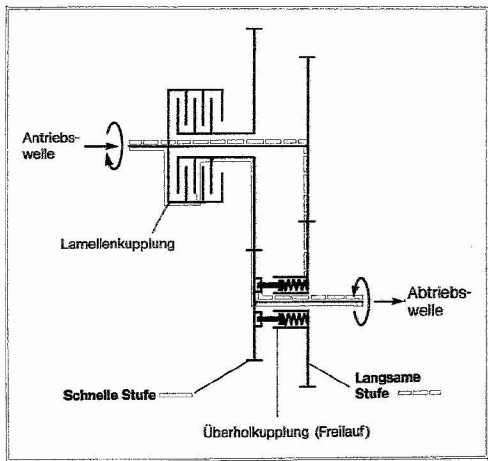


Abb. 45 Aufbau und Funktion eines Lastschaltgetriebes mit Überholkupplung

Beim Lastschaltgetriebe mit Planetensatz oder Planetengruppe wird der wellengleiche Ein- und Ausgang die kompakte Bauweise des Planetengetriebes und die mögliche Verwendung von Einscheibenkupplung, Lamellenkupplung und Bandbremse zum Kuppeln genutzt. In Abb. 46 ist ein Lastschalt-Planetensatz dargestellt.

- Vorteile:** kompakt, einfach, vielstufig unter Last schaltbar, Geschwindigkeitsstufen bis 25%.
- Nachteile:** Schiebetrieb erschwert, kein Anschleppen möglich, teuer, empfindlich.

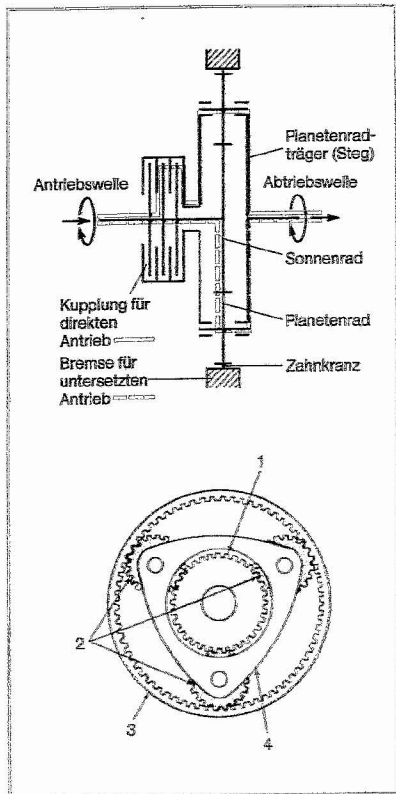


Abb. 46 Aufbau und Funktion eines Lastschalt-Vierganggetriebes mit Planetensatz  
 1 = Sonnenrad  
 2 = Planetenrad  
 3 = Hohlrad (Zahnkranz)  
 4 = Planetenradträger (Steg)

**Stufenlose Getriebe** – Stufenlose Getriebe ermöglichen eine vollkommene Anpassung von Motordrehzahl und Arbeitsgeschwindigkeit und gewährleisten damit eine hohe Motorauslastung (Abb. 47). Mechanische stufenlose Getriebe und hydrodynamische Getriebe haben im Ackerschlepper keine Bedeutung erlangt. Bewährt hat sich hingegen das *stufenlose hydrostatische Getriebe*. Es besteht aus einer Kombination von Hydrokolbenpumpe und Hydrokolbenmotor (Abb. 48). Durch Verschwenken der Schrägscheibe der Pumpe wird die Fördermenge und damit die Fahrgeschwindigkeit stufenlos verstellbar. Die Änderung der Drehrichtung ist einfach durch Verschwenken der Schrägscheibe über die Nullförderleistung hinaus möglich (gebräuchlicher Regelbereich: 0–2500 1/min in beiden Drehrichtungen).

- Vorteile:** unter Last schaltbar, stufenlose Anpassung, hohe Motorauslastung.  
**Nachteile:** schlechterer Wirkungsgrad (70–80%), teuer, empfindlich.

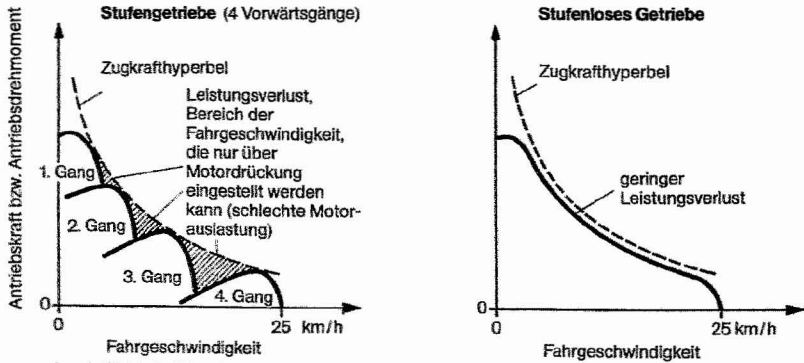


Abb. 47 Motorauslastung bei einem Stufengetriebe und einem stufenlosen Getriebe

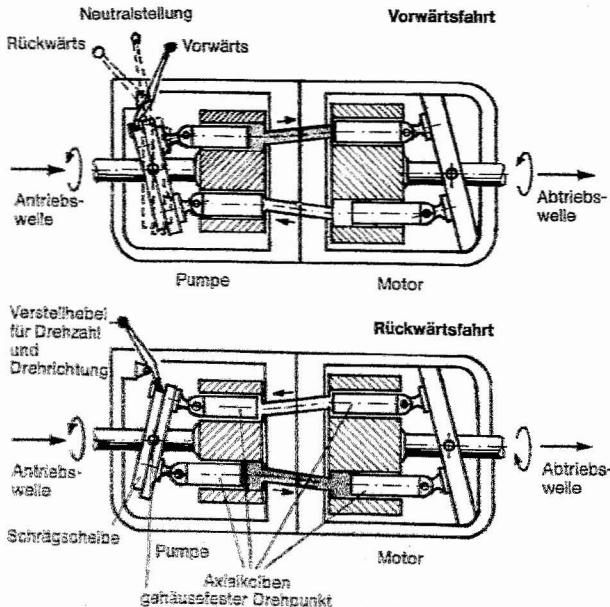


Abb. 48 Aufbau und Funktion eines stufenlosen hydrostatischen Getriebes

Das hydrostatische Getriebe wird infolge seines hohen Preises, schlechten Wirkungsgrades und der demgegenüber relativ guten Anpassung durch vielstufige Gruppengetriebe im Ackerschlepper wenig verwendet. Vielmehr erfolgt deren Anwendung als stufenloser Fahrtrieb insbesondere bei Arbeitsmaschinen, wo es auf genaue Geschwindigkeitsanpassung ankommt (z. B. Mähdescher, Sonderfahrzeuge).

### 1.2.4 Differential

Beim Abrollen der Räder einer Achse in der Kurve legen diese infolge ihres unterschiedlichen Kurvenradius einen unterschiedlichen Weg zurück (Abb. 49). Infolgedessen haben die Räder eine unterschiedliche Drehzahl, die zur Vermeidung eines zu hohen Schlupfes durch das Differential ausgeglichen werden («Ausgleichs»-getriebe) muß. Die Wirkungsweise ist aus Abb. 49 ersichtlich. Sie beruht auf der Übertragung des Antriebsdrehmomentes über in der Differentiallocke freibewegliche Ausgleichsräder. Bei gleichem Moment der Halbachsen sind die Ausgleichsräder in Ruhe. Das kleinere Moment und damit die kleinere Radumfangskraft bestimmt die mögliche Zugkraft. Rutscht z. B. ein Rad auf feuchtem Untergrund durch, so ist u. U. ein Anfahren unmöglich, da das Rad mit der wesentlich größeren Umfangskraft stehen bleibt. Deshalb werden bei Ackerschleppern *Differentialsperren* eingebaut: die von Hand geschaltete Klauenkupplung (Abb. 49) verbindet die Differentiallocke mit einer Halbachse. *Selbstsperrende* Differentiale heben bei sehr großen Drehzahlunterschieden die Ausgleichswirkung selbsttätig auf.

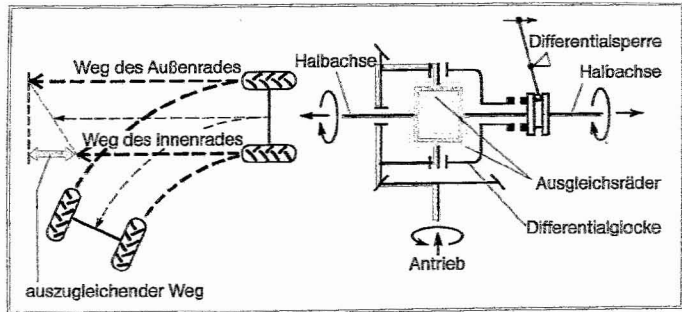


Abb. 49 Zweck und Aufbau eines Ausgleichsgetriebes

### 1.2.5 Untersetzungsgetriebe und Allradantrieb

Um die Momente und damit die Kräfte im Getriebe möglichst klein zu halten, erfolgt die *Enduntersetzung* nach dem Differential. Stirnraduntersetzungsgetriebe werden bei Portalachsen verwendet, i. d. R. jedoch Planetengetriebe infolge des wellengleichen Abganges. Der Allradantrieb (Antrieb der Vorderachse) kann mechanisch oder hydraulisch erfolgen. In Abb. 50 ist ein *mechanischer Allradantrieb* schematisch dargestellt. Die Drehmomentabnahme erfolgt stets nach dem Schaltgetriebe. Es sind außerdem eine Kupplung, ein Differential und evtl. ein Untersetzungsgetriebe erforderlich.

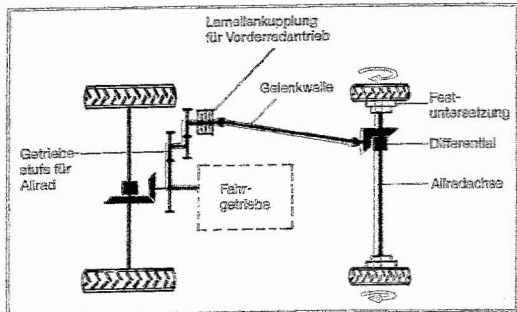


Abb. 50 Mechanischer Allradantrieb (schematisch)

- Vorteile:** hoher Wirkungsgrad, Nutzung über den gesamten Leistungsbereich.
- Nachteile:** aufwendig, Begrenzung des Lenkeinschlages bei Vorderradlenkung.

*Hydrostatische Allradantriebe* ermöglichen eine einfache Zuordnung zur Vorderachse mit den Vorteilen der guten Anpassung (z. B. bei Schlupf) des hydrostatischen Vorderradantriebes. Infolge der nur begrenzt verfügbaren hydraulischen Leistung ist der Leistungsbereich jedoch begrenzt: maximales Antriebsmoment nur bis 8 km/h, darüber nur Teilmoment. Die maximal übertragbare Leistung beträgt derzeit ca. 22 kW.

- Vorteile:** einfache Zuordnung, große Bodenfreiheit, großer Einschlagwinkel, variable Reifengröße, einfache Zuschaltung.  
**Nachteile:** schlechterer Wirkungsgrad, begrenzte Leistung.

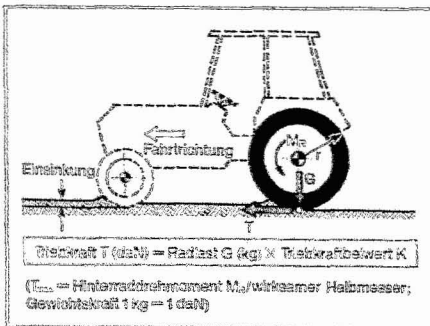
Infolge dieser Nachteile des hydrostatischen Antriebes hat sich der mechanische Allradantrieb weitgehend durchgesetzt.

## 2 Der Schlepper als Arbeitsmaschine

Der Ackerschlepper wird – wie in Abschnitt 1.1 bereits ausgeführt wurde – erst durch die Anbringung von Arbeitsgeräten zur Arbeitsmaschine. In Abhängigkeit vom landtechnischen Arbeitsvorgang und damit der Schleppernutzung haben einzelne Schlepperbauteile eine besondere Bedeutung. Für die *Zugarbeit* sind es das Fahrwerk und die Verbindungen Schlepper-Gerät, für die *Antriebsarbeit* die Zapfwelle (evtl. auch Mähwerksantrieb) und für die *Trag- und Hubarbeiten* die Hydraulikanlage, der Dreipunkt-Kraftheber und der Frontlader.

### 2.1 Fahrwerk

Das Fahrwerk dient im wesentlichen der Kraftübertragung. Die auf den Boden übertragene *Triebkraft* dient zur Überwindung des Fahrwiderstandes und des Zugwiderstandes. Die Größe der Triebkraft ist analog zur Reibungskraft abhängig von der »Materialpaarung« Fahrwerk – Fahrbahn (Boden) und der Fahrwerkslastverteilung. Aufgrund der nahezu ausschließlichen Verwendung von Radfahrwerken im Ackerschlepper wird im folgenden nur die Kraftübertragung des treibenden Rades und der Fahrwiderstand von Rädern behandelt. Bei der Kraftübertragung auf den Boden erfolgt eine Boden- und Reifendeformation sowie ein Gleiten (»Verschieben«) des Bodens. Hierdurch ist der tatsächlich zurückgelegte Weg eines Rades geringer als er sich beim freien Abrollen des Radumfanges ergeben würde. Diese Differenz wird als **Schlupf** bezeichnet. Eine Kraftübertragung ohne Schlupf ist nicht möglich. Er beträgt in der Regel 15–20% (0% bedeutet: Radumfang = zurückgelegter Weg; 100% bedeutet: Rad rutscht im Stand durch).



Für die Ermittlung der größtmöglichen Triebkraft gelten die Zusammenhänge der Kräfte am Treibrad (Abb. 51). Danach hängt die Größe der auf den Boden übertragbaren Triebkraft ab vom

- *Kraftschlußbeiwert* und der
- *Radlast*.

Abb. 51 Kräfte am Treibrad des Schleppers

Der **Kraftschlußbeiwert** (Triebkraftbeiwert) stellt gewissermaßen den Haftreibungsbeiwert zwischen Reifen und Boden dar. Infolge der »Materialpaarung« Fahrwerk – Boden ist er

von Bodenart und -zustand und der Treibradausbildung abhängig. Mit zunehmender Bodenverformung nimmt die Berührungsfäche Reifen – Boden und damit der Triebkraftbeiwert zu (Abb. 52 oben). Dies gilt demnach auch für zunehmenden Reifendurchmesser und -breite. Mit zunehmendem Gleiten fällt K wieder ab, und zwar bei Straßenfahrt (Beton, Asphalt) bei einem Schlupf von ca. 20%, beim Einsatz im Feld bei einem Schlupf von ca. 60%. In Kenntnis der Rad- bzw. Achslast läßt sich die Abhängigkeit von Abb. 52 auch als »Triebkraft-Schlupf-Kurve« darstellen.

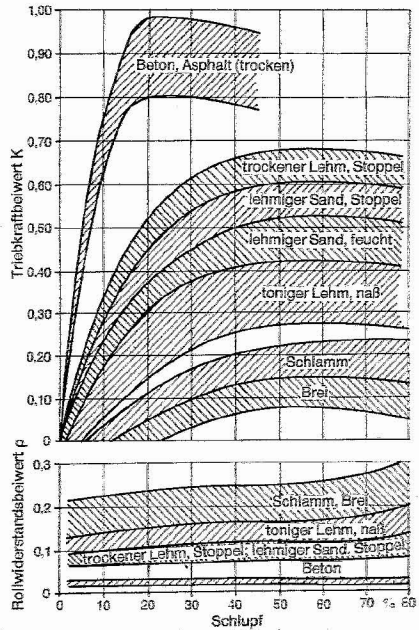


Abb. 52 Triebkraftbeiwerte (oben) und Rollwiderstandsbeiwerte (unten) in Abhängigkeit von Schlupf und Fahrbahn

Eine Triebkrafterhöhung ist sowohl durch eine Vergrößerung der Treibradlast bzw. Treibachslast als auch des Kraftschlußbeiwertes möglich:

- ▶ **Erhöhung der Treibradlast** (im Rahmen der zulässigen Radlast und gesetzlichen Bestimmungen) durch:
  - Zusatzgewichte,
  - Wasserefüllung der Reifen (75–100%ige Füllung, Frostschutz!),
  - Anbaugeräte (Frontlader, Arbeitsgeräte),
  - Stützlasten (Aufsattellast, z. B. durch Einachsanhänger),
  - Regelhydraulik.
- ▶ **Erhöhung des Kraftschlußbeiwertes durch:**
  - Fahrwerksabstimmung (Gleisketten, Klappgreifer, Halbraupen),
  - Reifenwahl (Abmessung, Profil, Bauweise: Diagonal- oder Gürtelreifen),
  - Differentialsperre (um so wirksamer, je ungünstiger die Bodenverhältnisse),
  - Allradantrieb.

Bei ungünstigen Bodenverhältnissen beruht die Triebkrafterhöhung durch Allrad (angetriebenes Vorderrad) 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.

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

- ▶ Rollwiderstand und
- ▶ Steigungswiderstand.

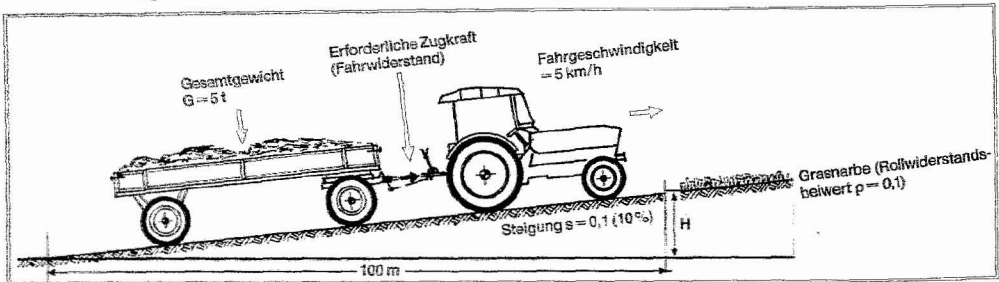
Die ebenfalls dazugehörenden Luftwiderstände sind unbedeutend, die Beschleunigungswiderstände können in der Regel vernachlässigt werden.

Der *Rollwiderstand* beruht auf der elastischen Verformung des Reifens (Einfederung) und dem Einsinken des Rades in den Boden. Er ist um so größer, je tiefer das Rad einsinkt. Demnach nimmt er auch zu, je kleiner die Fläche ist, mit der sich der Reifen auf dem Boden abstützt (vgl. Abschn. 2.2). Das Maß für die Größe des Rollwiderstandes ist der Rollwiderstandsbeiwert (Abb. 52 unten). Er gibt an, welcher Anteil der Radlast als Widerstand der Fortbewegung entgegenwirkt. Der Rollwiderstandsbeiwert nimmt demzufolge mit größer werdendem Durchmesser ab. Eine Erhöhung des Luftdruckes wirkt sich auf harter Fahrbahn (Beton, Asphalt) günstig, auf weicher Fahrbahn ungünstig aus, von der Höhe des Schlupfes ist der Rollwiderstandsbeiwert weitgehend unabhängig. Er ist jedoch für das Treibrad nur etwa halb so groß wie für das freierollende Rad (z. B. beim Anhänger).

Der *Steigungswiderstand* beruht auf der Gefällekraft und errechnet sich näherungsweise bis zu einer Steigung von 25% nach:

$$\text{Steigungswiderstand (daN)} = \text{Transportgewicht (kg)} \times \text{Fahrbahnsteigung (‰/100)}$$

An einem **Beispiel** der erforderlichen Zugleistung aufgrund des Fahrwiderstandes eines Anhängers werden die Zusammenhänge erläutert (Abb. 53). Bei einer Betrachtung mit dem Schlepper müßten auch noch der Fahrwiderstand des Ackerschleppers, die Schlupf- und die Getriebeverlustleistung berücksichtigt werden.



$$\text{erforderliche Zugleistung } P_z = \frac{G \times (s + p) \times \text{Fahrgeschw.}}{360} = \frac{5000 \times (0,1 + 0,1) \times 5}{360} = 13,9 \text{ kW}$$

Abb. 53 Erläuterung des Fahrwiderstandes (Roll- und Reibungswiderstandes) eines Ackerwagens

## 2.2 Reifen und Felgen



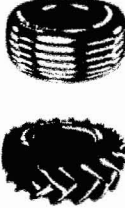
Der Reifen dient zur Zugkraft- und Stützlastübertragung auf den Boden. Dementsprechend erfolgt die Reifenwahl nach

- ▶ Einsatzbedingungen,
- ▶ Triebkraftübertragung,
- ▶ Tragfähigkeit und spezifischem Bodendruck (zulässige Bodenverdichtung).

Die einsatzbedingten Spurweiten und Mindestabstände zu den Kulturen werden im Abschnitt »Schleppereinsatz und -auswahl« behandelt. Zur Triebkraftübertragung ist ein griffiger Reifen, zur Lenkung und für Transporte ein spurhaltender Reifen erwünscht. Dies wird vor allem durch ein entsprechendes Reifenprofil mit dem besonderen Ziel eines möglichst geringen spezifischen Bodendruckes (gleichbedeutend mit niedrigem Reifenluftdruck) erreicht. Daher ist auch die Bauart (*Diagonal-* oder *Radialreifen*) von Einfluß. Radialreifen haben bei gleicher Abmessung eine um 20–25% größere Aufstandsfläche, der Reifen sinkt weniger ein. Für die Mehrzahl der Einsatzbedingungen ist demnach die Radial-Bauart im Vorteil. Zur bestmöglichen Kraftübertragung unter den verschiedensten Einsatzbedingungen werden ver-



**Tabelle 20: Reifentypen und ihre Einsatzbereiche**

Reifentyp	Einsatzbereiche	gängige Reifengrößen	Tragfähigkeit (daN) bei 30 km/h				max. Reifentragfähigkeit für Transporte (daN) (bar)	
			Luftdruck (bar)					
			1,0	1,5	2,0	2,5		
	Treibradreifen R-1  AS (Ackerschlepper) bzw. AS-Radial (nach DIN 7807)	Treibradreifen: Pfeilförmige Stollen zur Zugkraftübertragung; durch offenes Profil selbstreinigend, zulässige Tragfähigkeit bei 20 km/h: + 20%	12,4-32 AS 6 PR	1020	1265	—	—	
			16,9-34 AS 8 PR	1735	2200	—	—	
	Lenkradreifen F-2  AS-Front nach DIN 7808	Frontreifen; spurhaltend, in der Regel mit seitlichem Kletterprofil; bei Frontlereinsatz: mindestens 6 PR zulässige Tragfähigkeit: — bei 20 km/h: + 30% — bei 8 km/h: bis zu + 100%	6,00-16 AS-Front: 4 PR	320	390	450	—	
			7,50-18 AS-Front: 6 PR	545	655	755	—	
	Implement-Reifen I-1  Profil: AM (Arbeitsmaschine)  AW (Ackerwagen) Special ribbed	Ackermaschinen-Reifen; Längsrillen mit seitlichem Kletterprofil; bodenschonend, spursicher  Längsrillenprofil; bodenschonend, geringer Reifenverschleiß, geringer Zugleistungsbedarf	10,0/75-15 Implement: 6 PR	705	980	1040	1330 3,25	
			11,5/80-15 Implement: 6 PR	1010	1210	1410	—	1675 2,75
			8 PR	1010	1210	1410	1590	2040 3,75
		15,5/55-17 Implement: 8 PR	—	1425	1700	—	2225 3,0	

1) Diese Tragfähigkeiten dürfen verwendet werden:  
 a) an landwirtschaftlichen Transportfahrzeugen, deren Radlast im unbelasteten Zustand unter 50% der max. Tragfähigkeit liegt,  
 b) an Erntemaschinen auf dem Acker ( $v_{max} = 8 \text{ km/h}$ )

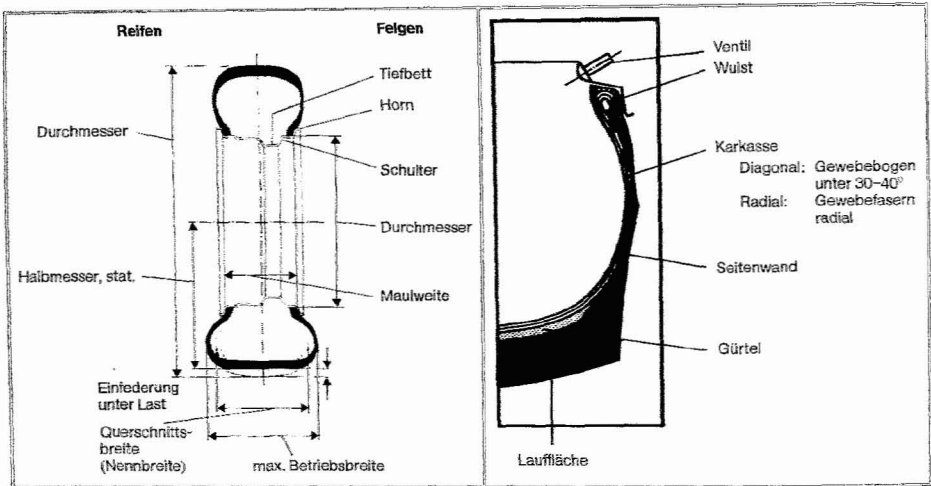


Abb. 54 Grundsätzlicher Aufbau eines Reifens und einer Felge

schiedene Reifentypen angeboten (Tab. 20). Der grundsätzliche Aufbau aller Reifen ist gleich und in Abb. 54 schematisch dargestellt.

Die Tragfähigkeit eines Reifens hängt von der Reifengröße, dem Reifendruck, dem Reifenaufbau (PR-Zahl) und der Fahrgeschwindigkeit ab. Die **PR (Ply-Rating)-Zahl** gibt die Karkassenfestigkeit (zulässiger Luftdruck) an und war ursprünglich mit der Zahl der Gewebelagen in der Karkasse identisch, sie ist also ein Maß für die Reifentragfähigkeit.

Die **Reifenbezeichnung** ist genormt und beinhaltet Reifenabmessungen, -bauart, -typ und -aufbau:

**1. Beispiel**

**16.9-34 AS 6 PR**

- 16.9: Querschnittsbreite (angenähert) in Zoll
- 34: Felgendurchmesser (Meßfelge) in Zoll
- AS: Reifentyp (Verwendung: Ackerschlepper)
- 6 PR: Karkassenfestigkeit

**2. Beispiel:**

**16.9 R 34 AS 8 PR**

- 16.9: Querschnittsbreite, angenähert in Zoll
- R: Bauart (R = Radial)
- 34: Felgendurchmesser (Meßfelge) in Zoll
- AS: Reifentyp (Verwendung: Ackerschlepper)
- 8 PR: Karkassenfestigkeit

Da der *Standardreifen* ein Verhältnis von Höhe (H) zu Breite (B) von 0,8–1 hat, kann in Kenntnis des Felgendurchmessers der Außendurchmesser des Reifens errechnet werden. Außerdem nimmt danach mit dem Durchmesser die Berührungsfläche Reifen–Boden (Aufstandsfläche) zu und damit bei gleicher Radlast der spezifische Bodendruck ab. Dies wird auch durch breitere Reifen mit gleichem Außendurchmesser, d. h. mit einem niedrigeren Verhältnis Höhe zu Breite erreicht: *Niederquerschnittsreifen* ca. 0,6, *Terrareifen* 0,3 sowie durch verminderten Reifendruck.

**3. Beispiel:**

**11.5/80-15 AM 8 PR**

- 11.5: Querschnittsbreite, angenähert in Zoll
- 80: Querschnittsverhältnis H/B in %
- 15: Felgendurchmesser (Meßfelge) in Zoll
- AM: Reifentyp (Verwendung: Ackermaschine)
- 8 PR: Karkassenfestigkeit

Der Bodendruck kann gleichfalls durch Verwendung von Zwillingsbereifung bei entsprechend gemindertem Reifendruck, Gitterrädern und Gleisketten gesenkt werden. Eine Erhöhung des Bodendruckes z. B. zur Zugkraftsteigerung ist durch Füllen des Reifens mit Wasser möglich. Die gebräuchliche 75%ige Wasserfüllung hat nur den Vorteil der Gewichtserhöhung, die 100%ige Wasserfüllung hat den zusätzlichen Vorteil, daß sich der Reifendruck der Achslast anpaßt (Druck bei belastetem Rad einstellen). Nachteil: keine Federung, hohe Karkassenbelastung. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland ist bei der Wasserfüllung ein Frostschutzmittel (Chlor-Calcium 80% und Magnesiumchlorid 47%) zu verwenden. Das Mischungsverhältnis richtet sich nach der zu erwartenden Mindesttemperatur.

Die Reifen werden in der Landwirtschaft in der Regel auf Tiefbett- bzw. Breitbettfelgen montiert. Die **Felgenbezeichnung** enthält die Felgenabmessungen und Felgenform, was am Beispiel einer Felge für den zuvor bezeichneten Reifen erläutert wird:

#### 4. Beispiel

**W 14 L × 34**

**W:** zusätzliche Bezeichnung der Form (W = Breitfelge)

**14:** Maulweite in Zoll

**L:** Form des Horns

**×**: Felgenart (-form) (× = Tiefbett, - = Flachbett)

**34:** Felgendurchmesser in Zoll

Wichtiges Kennzeichen eines Rades ist außerdem die Einpreßtiefe, d. h. die Abweichung des Flansches von der Radmitte. Aufgrund dieser ist eine Spurweitenverstellung durch Radumschlag möglich; die Spurweitenverstellung beträgt dann  $2 \times$  die Einpreßtiefe plus  $2 \times$  die Materialdicke der Radschüssel (Abb. 55).

### 2.3 Lenkung

Die Art der Lenkung beeinflusst die Schleppkurven der Arbeitsgeräte am Schlepper (Geräteführung), den Wendekreisdurchmesser sowie die Standsicherheit des Schleppers bei Kurvenfahrt und am Hang.

Am weitesten verbreitet ist die **Achsschenkellenkung** (Abb. 55), die **Knicklenkung** verschwenkt die Achsen gegeneinander.

Nach der Anzahl der gelenkten Räder wird unterschieden in:

- ▶ Zweiradlenkung,
- ▶ Vierradlenkung.

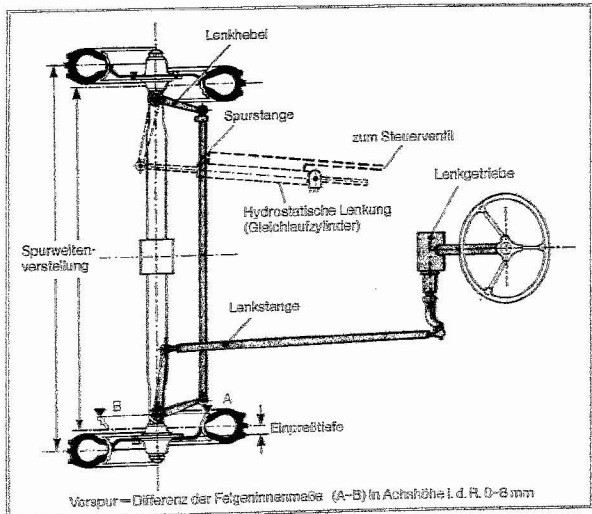


Abb. 55 Aufbau und Funktion einer Achsschenkellenkung

Bei der Vierradlenkung (Allradlenkung) sind jeweils die Räder einer Achse mit einem Lenkgestänge verbunden. Der Lenkeinschlag der Achsen erfolgt entweder in entgegengesetzter Richtung oder in gleicher Richtung (»Hundegang«) oder allein als Zweirad-Frontlenkung. Bei großen Lenkkräften (schwere Schlepper mit Allradantrieb) wird in der Regel eine hydrostatische Hilfskraftlenkung (*Servolenkung*) verwendet. Die *Knicklenkung* hat kinematisch bedingte Vor- und Nachteile; letztere sind infolge des im praktischen Einsatz zunehmenden Lenkeinschlages geringer als oft angenommen (Abb. 56). Das Lenkverhalten des Schleppers hängt jedoch nicht nur von der Lenkung, sondern auch von der Achskonstruktion und deren Vorspur (Schräglaufwinkel zur Aufnahme der Querspurkräfte) und dem Nachlauf (zur Stabilisierung des gelenkten Rades bei Geradeausfahrt) ab.

Die Schleppkurven und der zurückgelegte Kurvenbereich in Abhängigkeit von der Art der Lenkung sind in Abb. 56 dargestellt. Die einsatzbezogenen Vor- und Nachteile werden in Abschnitt 3 behandelt.

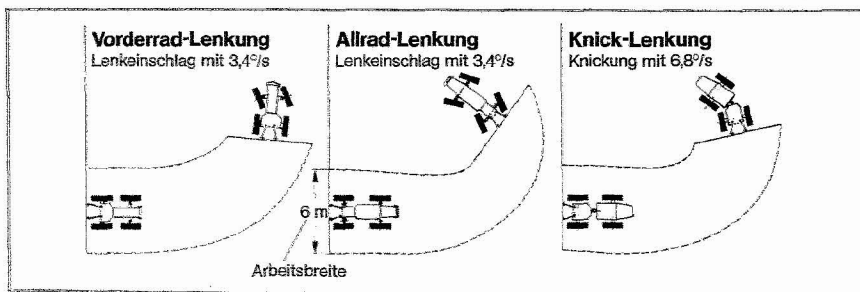


Abb. 56 Schlepperkurven bei verschiedenen Lenkungsarten

## 2.4 Bremsen

Zum betriebssicheren Einsatz des Schleppers sind eine **Betriebsbremse** (Fahrbremse) und eine **Feststellbremse** erforderlich. Die Betriebsbremse ist fuß-, die Feststellbremse handbetätigt. Beide wirken in der Regel auf die gleiche Reibungsbremse, die als Innenbacken-, Scheiben- oder Bandbremse ausgeführt sein kann.

Bei Standardschleppern sind nur die Hinterräder gebremst, die Bremsen sind im Rad oder am Ausgang des Differentials angebracht. Allradschlepper haben evtl. am Getriebeausgang des

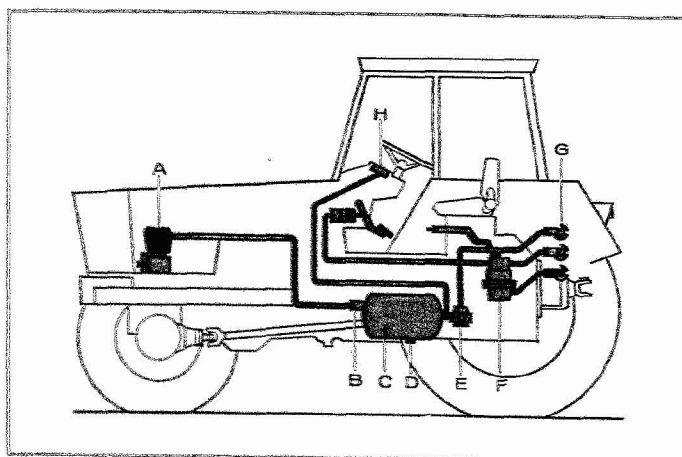


Abb. 57 Aufbau einer Druckluftfüllanlage

- A = Luftpressor
- B = Rückschlagventil
- C = Luftbehälter
- D = Entwässerungsventil
- E = Druckbegrenzungsventil mit Reifenfüllanschluß
- F = Anhängersteuerventil
- G = Kupplungskopf
- H = Manometer

Frontantriebes eine Bremse für die Vorderräder. Bei großen Schleppern und damit großen abzubremsenden Massen können die erforderlichen Betätigungskräfte oft nur durch hydrostatische Kraftverstärkung aufgebracht werden (hydraulische Bremsanlage).

Da die gesetzlichen Vorschriften für Anhänger über 8 t zwingend eine Druckluftbremse vorschreiben, können Ackerschlepper mit einer Druckluftbeschaffungsanlage ausgerüstet werden (Abb. 57), die als Ein- oder Zweileitungsbremsanlage für die Anhängerbremse dient.

## 2.5 Schlepperelektrik

Der Aufbau der Schlepperelektrik (Abb. 59, S. 62) ergibt sich aus den für die Funktion erforderlichen Bauelementen (*Stromversorgung, Startanlage, Kontrollorgan*) und den gesetzlich vorgeschriebenen Bauelementen (*Beleuchtung, Signalanlage*). Dabei sind die einzelnen Stromkreise getrennt abgesichert, die Leitungen sind durch genormte Bezeichnungen gekennzeichnet.

## 2.6 Geräteanhangung

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

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

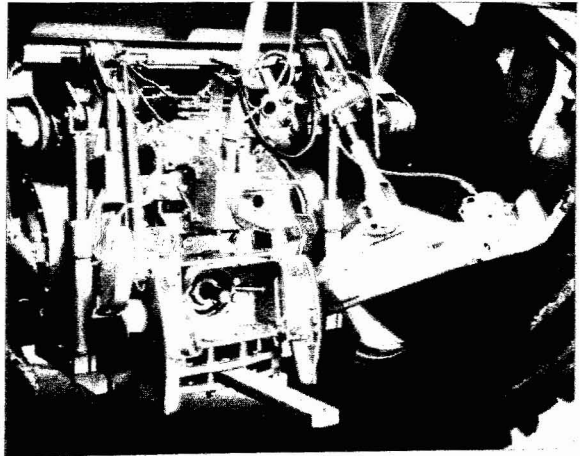


Abb. 58 Geräteanhangung am Schlepper

Die **Anhängerkupplung** ist genormt und TÜV-abnahmepflichtig. Sie verwendet einen Normenstecker (»Kupplungsbolzen«) von 30,5 + 1 mm Durchmesser und ist für begrenzte Stützlasten bis 2000 daN zugelassen (DIN 11025). Die Höhe der Anhängerkupplung ist so zu wählen, daß bei schwerem Zug eine zusätzliche Belastung der Hinterachse erfolgt (vgl. Abschnitt 1.2, Seite 46).

Die Anhangung an der **Ackerschiene** wird bei außerhalb der Schleppermitte arbeitenden Anhängegeräten angewendet. Die Lochteilung der Ackerschiene ist genormt. Mit dieser Anhangung an den Unterlenkern ist eine Höhenverstellung des Gerätes möglich (Abb. 62).

Das **Zugpendel** erlaubt die einfache Anhangung 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 für den Transport von Anhängern auf öffentlichen Straßen nicht zugelassen.

Wenig gebräuchlich ist der **Zughaken** (untere »Hitch«haken für tiefe Anhangung), der jedoch eine Anhängerschneilkupplung ermöglicht. Er hat etwa die gleiche Lage wie das Zugpendel. Für Transport auf öffentlichen Straßen ist TÜV-Einzelabnahme erforderlich.



## 2.7 Geräteanbau

Der Geräteanbau am Schlepper erfolgt hauptsächlich über ein Kupplungsdreieck (*Dreipunktanbau*) am Dreipunkt-Kraftheber. Dessen Heckanordnung ist genormt. Er ist jedoch auch bei Systemschleppern für den Frontanbau allgemein üblich. Der Zwischenachskraftheber des Geräteträgers verwendet die gleichen unteren Anschlußpunkte. Voraussetzung für den Kraftheber ist eine *Hydraulikanlage* am Schlepper.

### 2.7.1 Hydraulikanlage

Bei der Hydraulik ist grundsätzlich zwischen Hydrostatik (hoher Druck, geringe Durchflußmenge) und Hydrodynamik (geringer Druck, hohe Durchflußmenge) zu unterscheiden. Die *Hydrodynamik* wird jedoch im Ackerschlepper nur bei der Strömungskupplung angewandt. Demgegenüber ist die *Hydrostatik* die Grundlage der Hydraulikanlage und findet eine vielfältige Anwendung (Arbeitszylinder, Fahr- und Einzelantriebe). Dies liegt in ihren Eigenschaften begründet:

#### Vorteile:

- Vielseitige Verwendbarkeit zur Kraft- und Leistungsübertragung;
- einfache Lage- und Richtungsänderung;
- einfache Umwandlung einer drehenden in eine hin- und hergehende Bewegung;
- einfache Ein- und Ausschaltung;
- feinfühlig wandlung;
- Ölstrom ist einfach auf mehrere Verbraucher teilbar;
- einfacher Überlastschutz;
- geringes Leistungsgewicht.

#### Nachteile:

- Keine formschlüssige Verbindung, d. h. durch Verluste kann Schlupf auftreten, so daß z. B. für große Entfernungen hydraulisch gehaltene Geräte oft mechanisch gesichert werden;
- geringer Wirkungsgrad;
- empfindlich gegen Verschmutzung und möglichen Ölverlust;
- nur in bestimmten Drehzahlbereichen billige Motoren.

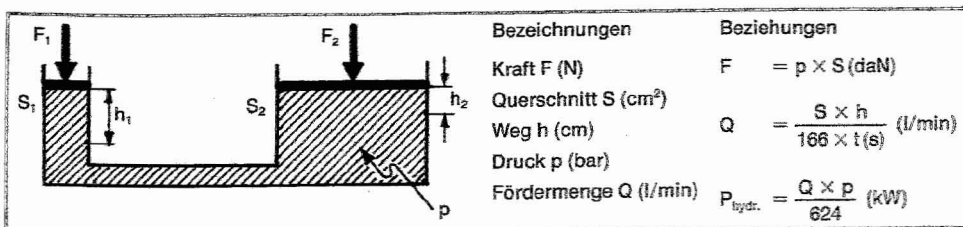
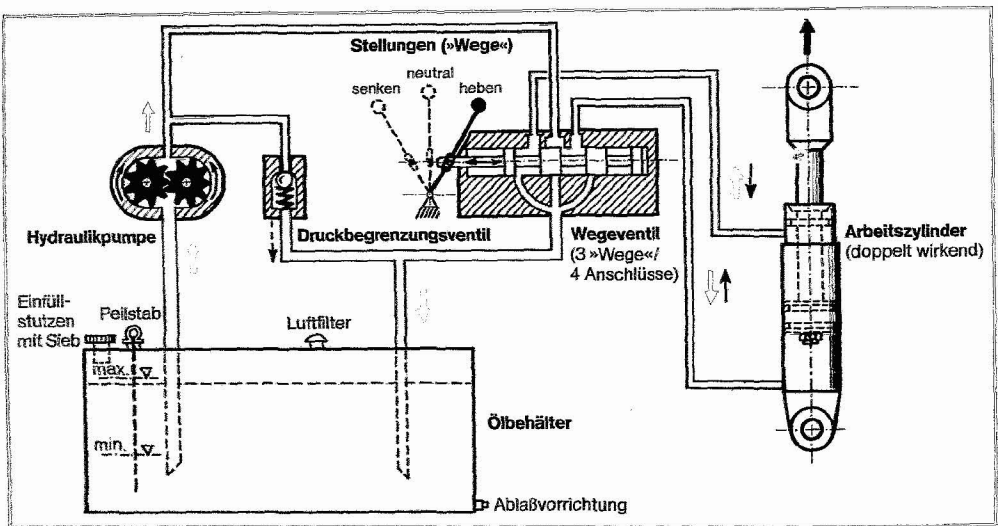


Abb. 60 Grundlagen der Hydrostatik

Die grundlegenden Zusammenhänge der Hydrostatik sind in Abb. 60 zusammengefaßt. Der Grundaufbau einer Hydraulikanlage am Schlepper ist in Abb. 61, S. 64, schematisch dargestellt. Als Hydraulikflüssigkeit wird Öl niedriger Viskosität verwendet (vgl. Kap. 2, Abschn. 2.2.4, S. 38). Eine Hydraulikanlage ist gekennzeichnet durch die Durchflußmenge (Fördermenge)  $Q$  (l/min) und den durch ein Druckbegrenzungsventil eingestellten Druck  $p$  (bar). Nach dem Funktionsprinzip ist zu unterscheiden in:

- ▶ Konstantmengensystem (»offenes« System),
- ▶ Konstantdrucksystem (»geschlossenes« System).

Beim »offenen« System wird der von der Pumpe erzeugte Ölstrom bei ausgeschaltetem Verbraucher nahezu drucklos in den Vorratsbehälter zurückgeführt. Wird ein Verbraucher eingeschaltet, so steht die volle Fördermenge (Literleistung) und der Druck bis zur Höhe der Leistungsanforderung zur Verfügung.



Merkmale	Zahnradpumpe	Flügelpumpe	Radial-Kolbenpumpe
$Q_v$ (l/min)	bis 600	bis 950	bis 1700
$p$ (bar)	15–175	15–175	50–350
$n$ (1/min)	800–3500	1200–4000	600–6000

Abb. 61 Schematischer Aufbau einer Hydraulikanlage (offener Kreis) und der verschiedenen Pumpenarten

Demgegenüber herrscht im »geschlossenem« System ständig der volle Druck. Die Fördermenge von einer Konstantmengenpumpe mit Speicher oder einer Regelpumpe richtet sich nach der benötigten Ölmenge der Verbraucher. In Tabelle 21 sind die Systeme und deren Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

Die **Kennwerte einer Schlepper-Hydraulikanlage** ergeben sich aus den Hydraulikpumpenkennwerten und den erforderlichen Ölmenge gebräuchlicher Verbraucher:

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 Aufsatzpflug	32 l/min
Schlepperballenwerfer	38 l/min

Druck und Fördermenge moderner Schlepperhydraulikanlagen betragen daher:

Arbeitsdruck:	155–175 (230) bar
Fördermenge:	25– 46 l/min
hydraulische Leistung:	7– 12 kW



**Tabelle 21:** Vergleich der Hydrauliksysteme

<b>Konstantmengensystem</b> (Neutralstellung)	<b>Konstantdrucksystem</b> (Neutralstellung)
Zahnradpumpe (Konstantpumpe)	Radialkolbenpumpe (Verstellpumpe)
<b>Vorteile</b>	
<p>Arbeitsdruck richtet sich nach dem Verbraucher, niedrigere Drücke, geringere Belastung, weniger Verluste infolge undichter Elemente, geringere Instandhaltungskosten, einfach und damit billiger</p>	<p>Pumpe fördert nur, wenn Verbrauch, geringe Leerlaufleistung, weniger Verluste, hydraulische Leistung schnell verfügbar, da stets voller Druck, Leistungsreserve, einfache Verteilung auf mehrere Verbraucher, Verteilorgane der Leistung angepaßt</p>
<b>Nachteile</b>	
<p>Pumpe fördert ständig, auch wenn kein Verbraucher angeschlossen ist und Druck nicht ausreicht, höherer Leistungsbedarf, teure Verteilung bei mehreren Verbrauchern (Strom-, Mengenteiler bzw. -regler)</p>	<p>teuer, höhere Instandhaltungskosten</p>

Um die Hydraulik vielseitig nutzen zu können, erfolgt der Anschluß von Verbrauchern außerhalb des Schleppers über *Schnellverschlußkupplungen*. Ihre Abmessungen sind genormt, ihre Größe richtet sich nach Druck und Fördermenge. Als Sonderausführung sind sie auch als Abreißkupplung verfügbar. Die Zugkraft am Schlauch wird über einen kugeligen Außenring zur Entriegelung benützt.

### 2.7.2 Dreipunkt-Kraftheber

Zur freien Austauschbarkeit von Schlepper und Gerät ist der Dreipunktbau von Geräten nach DIN 9674 und 9620 genormt.

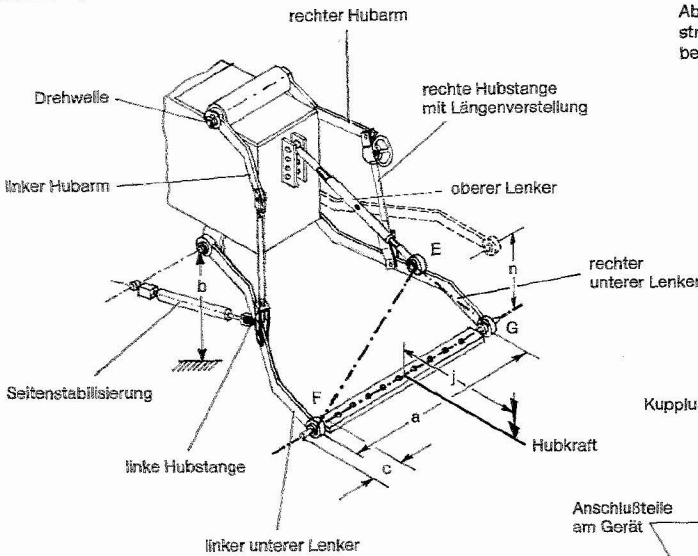
Bezeichnungen, Konstruktions- und Anschlußmaße sind in Abb. 62, S. 66, zusammengefaßt. Durch hydraulisches Heben und Senken der Unterlenker wird der Dreipunktbau zum Dreipunkt-Kraftheber (Dreipunkt-Hydraulik), mit der möglichen Übernahme von Regelfunktionen (regelnder Kraftheber; *Regelhydraulik*). Die 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.

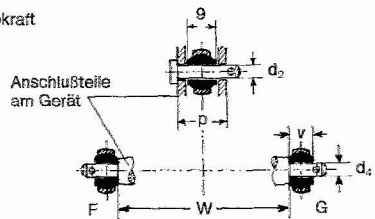
Der innenliegende Zylinder erlaubt eine kompakte und geschützte Bauweise (Kraftheberblock) bei begrenzter Hubkraft. Diese Lösung wird daher für Schlepperleistungen bis ca. 110 kW angewendet. Zur Hubkraftsteigerung ist ein Zusatzzylinder an einem Hubarm gebräuchlich.

Die Größe der Hubkraft richtet sich gem. DIN 9674 nach der Schlepper-Höchstzugleistung (Abb. 62, für regelnde Kraftheber). Sie beträgt genormt bis 1500 daN, in der Praxis bis 5900 daN.

Abb. 62 Bezeichnungen, Konstruktions- und Anschlußmaße beim Dreipunkt-Kraftheber



Kupplungspunkte für das Gerät



Konstruktions- und Anschlußmaße (nach DIN 9674 Teil 2)

Hubkraft (daN)	Hubhöhe (mm)	a	b	c	Hubhöhe (mm)	Länge des Unterlenkers (mm)	Hubhöhe des Unterlenkers (mm)	p	s	v	w	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>
(1)	bis 36	710	450	100	810	+83 -50	695 -75	20	44	35	693	19	22
2	36 bis 75	810	520	125	920	+60 -40	895 -100	36			825	25,4	28
3	ab 75	1010	650	150	1020	+83 -50	905 -110	35	51	45	935	31,7	35,6

<sup>1)</sup> vereinfacht

	Höchstzugleistung bis 65 kW	über 65 kW
H (daN)	23 je kW	1500
J (mm)	610 + 14 je kW	1000 + 8 je kW

Die am Dreipunktbau wirkenden Kräfte greifen am Schlepper im sog. *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 Zugpunkt an der Hinterachse liegt, d. h. je steiler der Oberlenker oder je größer die Koppelhöhe am Pflug ist.

Um das Kuppeln von Schleppern und Gerät zu erleichtern, sind

- ▶ *Kupplungshilfen* und
- ▶ *selbsttätige Gerätekupplungen* (Schnellkuppler) entwickelt worden (vgl. Abb. 63, S. 67).

Eine einfache **Kupplungshilfe** stellt der herausziehbare Kupplungspunkt des Unterlenkers dar, ebenso der schnellverstellbare Oberlenker. Für den Straßentransport von Arbeitsgeräten ist die einfache Festlegung der Seitenbeweglichkeit (Seitenstabilisierung) der Unterlenker wichtig. Diese erfolgt möglichst als Schnellverschluß-Seitenstabilisierung, evtl. mit Teleskopstößen und Verriegelungsklappen.

**Selbsttätige Gerätekupplungen** werden in ein- und zweiteilige Kupplungen und nach der Anzahl der erforderlichen Kuppelvorgänge in Einphasen- und Zweiphasen-Schnellkuppler unterteilt. Beim Zweiphasen-Schnellkuppler sind die Unterlenker mit Fangtaschen oder -haken (Abb. 58) und der Oberlenker mit einem Fanghaken versehen. Zur Kupplungsrichtung können die Unterlenker miteinander starr oder elastisch verbunden werden. Die Kupplungshaken können auch am Gerät angebracht sein (französischer Schnellkuppler). Die ele-

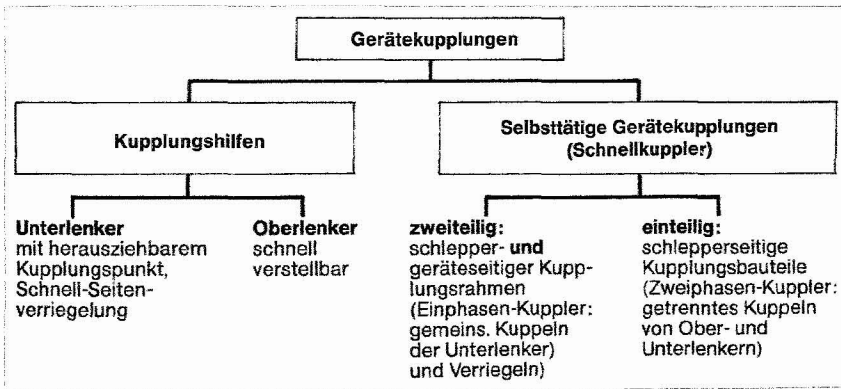
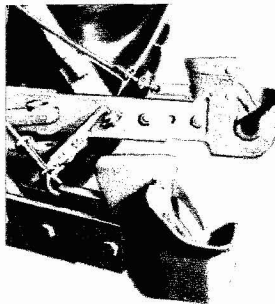


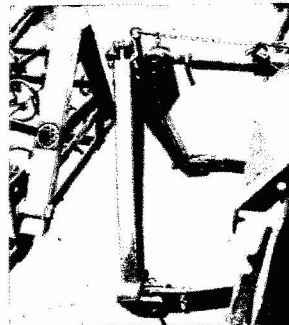
Abb. 63 Übersicht über Gerätekupplungen

ganteste Lösung stellt der Einphasen-Schnellkuppler dar, jedoch mit funktionellen Nachteilen bei Zapfwellengeräten. Dies ist jedoch von geringerer Bedeutung, da die selbsttätige Schnellkupplung insbesondere bei schweren, nicht zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten im Heck- und Frontanbau erwünscht ist. Am verbreitetsten ist das »System Weiste« (Akkord- bzw. Unidreieck) (Abb. 64). Sonderlösungen ermöglichen die gleichzeitige Kupplung von Gerät, Zapfwelle und Hydraulik.

Abb. 64 Selbsttätige Gerätekupplungen  
links: Zweiphasen-Schnellkuppler: Mit dem Schnellkuppler nach DIN 9875 werden die Bolzen der Dreipunktgeräte beim hydraulischen Hochheben automatisch durch eine doppelt wirkende Klappsicherung verriegelt. Die Fangtaschen sind im Bedarfsfall leicht gegen normale Kugellenden nach DIN 9674 austauschbar.



rechts: Einphasen-Schnellkuppler: Schlepper- und Geräterdreieck werden gekoppelt (Teleskop-Oberlenker mit federbelasteter Verriegelung)



### 2.7.3 Frontlader

Aufgaben und Einsatz des Frontladers werden in den produktionstechnischen Kapiteln behandelt. Der grundsätzliche Aufbau eines Schlepperfrontladers ist aus Abb. 65 ersichtlich. Die Schlepperbelastung durch Front-Anbaulasten wurde in Abschn. 1.2.1, S. 47, behandelt. Zum Gewichtsausgleich ist beim Frontladereinsatz in der Regel ein Heckgewicht anzubringen. Die Frontlader werden nach der Hubkraft in drei Kategorien unterteilt, deren Zuordnung zu den Schleppergrößenklassen aus Tabelle 23, S. 73, zu entnehmen ist. Nach der Lösbarkeit von Schlepper werden sie unterteilt in

- ▶ Anbau-Frontlader,
- ▶ Einfahr-Frontlader (Schnellanschluß-Frontlader).

Wichtige Auswahlkriterien sind:

- die Hubkraft am Boden,
- die Reißkraft (z. B. beim Stallmistladen),
- die Nutzlast,
- der Überstand,
- die Überlade- und die Ausschütthöhe,
- die Schürftiefe (Abb. 65).

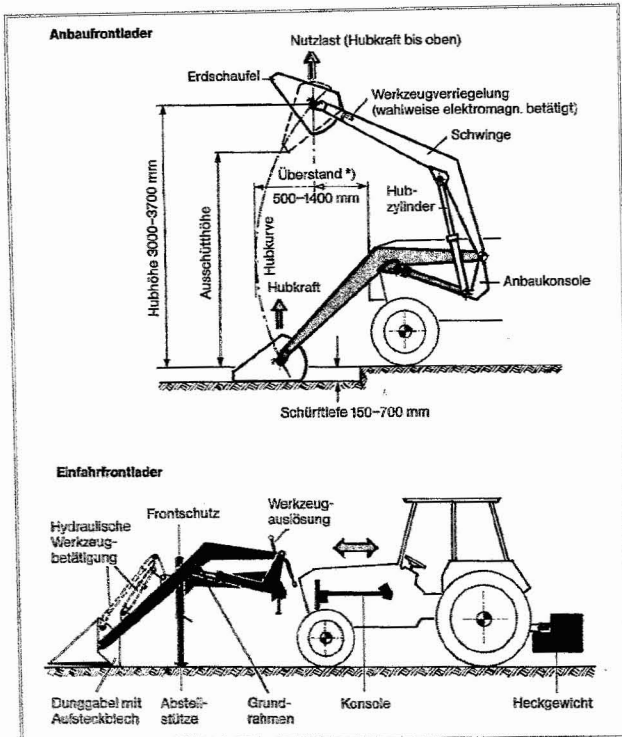


Abb. 65 Grundsätzlicher Aufbau eines Schlepper-Frontladers

\*) Der Überstand sollte 200-1000 mm bei einer Hubhöhe von 3000 mm betragen.

Als **Arbeitswerkzeuge** sind insbesondere Dunggabel und Erdschaufel gebräuchlich, hinzu kommen Werkzeuge für verschiedene Einsatzbereiche, z. B. Rüben-, Kartoffelkorb, Silage-, Grabgabel, Lasthaken, Palettengabel usw. Diese werden durch Kippen oder hydraulisch betätigte Abschiebevorrichtungen entleert. Bei Verwendung einer hydraulischen Werkzeugbetätigung über Zwischenhebelnker werden optimale Anstell- und Abkippwinkel erreicht.

Der **Hecklader** ist als Arbeitsgerät dem Frontlader ähnlich, infolge des Anbaues am Dreipunkt-Kraftheber ist in der Regel kein zusätzlicher Arbeitszylinder erforderlich. Sonderausführungen reichen bis zum Heck-Schaufellader.

## 2.8 Zapfwelle

Die Zapfwelle ist der Kupplungspunkt zur Abnahme mechanischer Antriebsleistung, und zwar am Schlepperheck, in Zwischenachsenanordnung oder frontseitig. Am wichtigsten ist die **Heckzapfwelle**. Zur beliebigen Austauschbarkeit von Schlepper und Gerät sind je nach Anordnung und Art der Zapfwelle genormt (vgl. Abb. 66):

- Lage,
- Drehzahl,
- Drehrichtung,
- Profil des Zapfwellenstummels.

In Abhängigkeit von den Einsatzbedingungen werden unterschiedliche Zapfwellenarten verwendet:

- ▶ Wegzapfwelle,
- ▶ Motorzapfwelle,
- ▶ (Getriebezapfwelle).

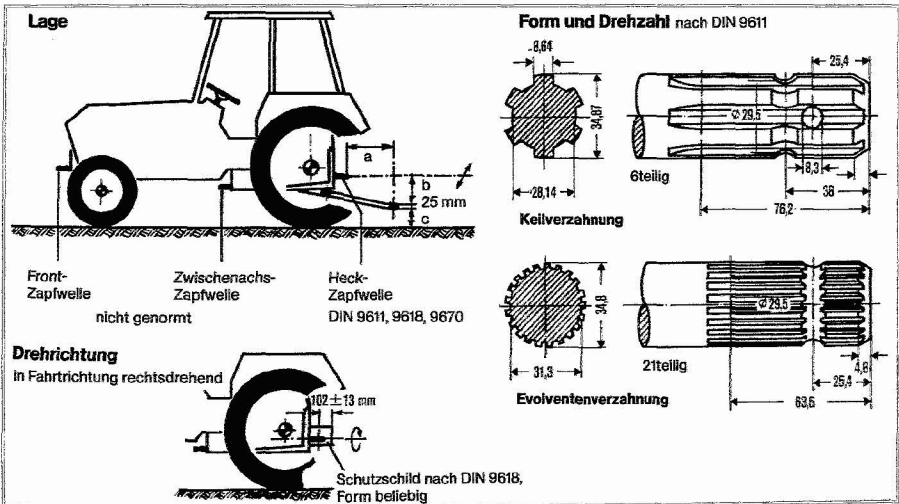


Abb. 66 Genormte Teile an der Schlepperzapfwelle

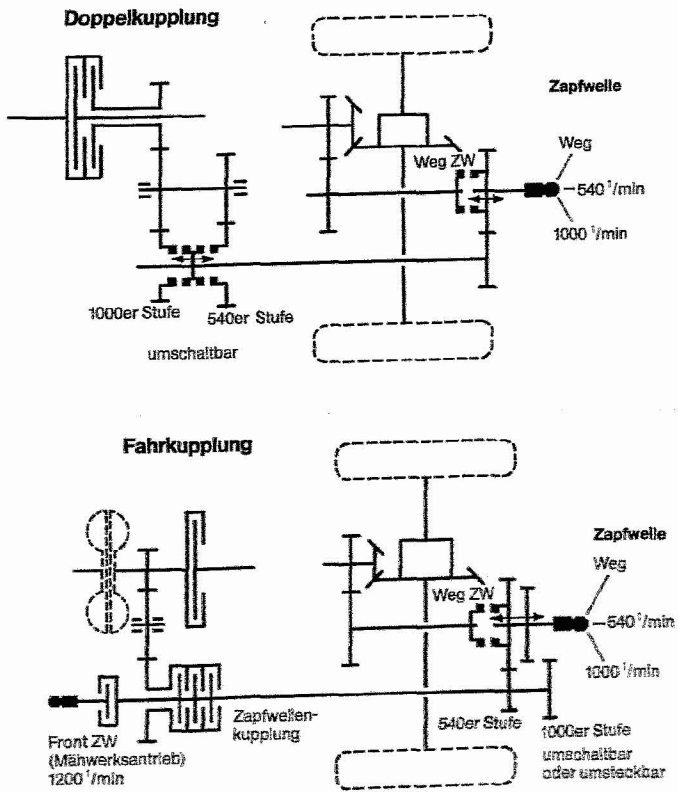


Abb. 67 Aufbau und Funktion verschiedener Zapfwellenarten

Bei der **Wegzapfwelle** soll sich die Drehzahl mit der Fahrgeschwindigkeit ändern, z. B. beim Antrieb von Triebachsanhängern, Sägeräten, Pflanzenschutzgeräten und Düngerstreuern. Daher wird das Drehmoment hinter dem Schaltgetriebe abgenommen (Abb. 67). Bei der **Motorzapfwelle** wird zum funktionssicheren Betrieb angebaute und angehängter Arbeitsmaschinen und -geräte eine von der Fahrgeschwindigkeit unabhängige Drehzahl gefordert, z. B. beim Antrieb von Feldhäckslern und Mähdreschern. Das Drehmoment muß daher vor der Fahrkupplung abgenommen werden (wegunabhängige Zapfwelle). Die Zapfwelldrehzahl ist dann für eine bestimmte Motordrehzahl konstant und genormt (540 oder 1000 1/min). Die Zapfwelle wird entweder über eine Doppelkupplung (Abb. 67) oder eine zweite, von der Fahrkupplung »unabhängige« Kupplung (Abb. 67) geschaltet. Diese unter Last schaltbare Zapfwelle gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die **Getriebezapfwelle** findet heute kaum mehr Verwendung. Sie ist die verlängerte Nebenwelle (Vorgelegewelle) des Schaltgetriebes und daher in der Regel mit einer Klauen- oder Einscheibenkupplung nur im Stillstand zu schalten.

**Gelenkwelle** – Die Übertragung der Drehleistung von der Zapfwelle zum Arbeitsgerät erfolgt mit der Gelenkwelle.

Deren *Eigenschaften* bei der Kraft- und Bewegungsübertragung werden durch die erforderlichen Kreuzgelenke (für beliebige Lage von An- und Abtriebswelle), ihren Aufbau und der schlepper- und geräteseitigen Zuordnung bestimmt. Das Übersetzungsverhältnis (= Abtriebswinkelgeschwindigkeit  $\omega_2$ /Antriebswinkelgeschwindigkeit  $\omega_1$ ) ändert sich bei Abwinkelung des Gelenkes während einer Umdrehung (Abb. 68), die Abtriebswelle läuft ungleichförmig bis ruckweise. Bei einer symmetrischen Anordnung der Gelenke und gleicher Abwinkelung infolge einer Achsenanordnung in Z- oder W-Beuge gleicht sich die Ungleichförmigkeit aus, das Übersetzungsverhältnis bleibt konstant. Die symmetrische Gelenkanordnung


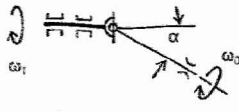
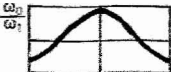
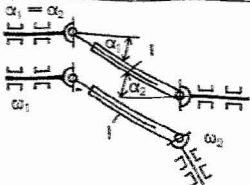
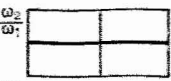


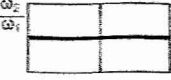

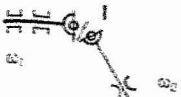
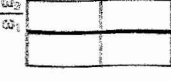
<p><b>Einfachgelenk</b></p> 	 <p><math>\omega_{1,2} = \text{Winkelgeschwindigkeit}</math></p>	 <p>Verdrehwinkel</p>
<p><b>Gelenkwelle</b></p> <p>Z-Beuge</p> <p>W-Beuge</p>		<p><b>Übersetzungsverhältnis</b></p>  <p>Verdrehwinkel</p>
<p><b>Doppelgelenk</b></p> 		<p><b>Übersetzungsverhältnis</b></p>  <p>Verdrehwinkel</p>
<p><b>Weitwinkelgelenk</b></p> 		<p><b>Übersetzungsverhältnis</b></p>  <p>Verdrehwinkel</p>

Abb. 68 Übersetzungsverhältnisse bei unterschiedlicher Abwinkelung der Gelenkwellen

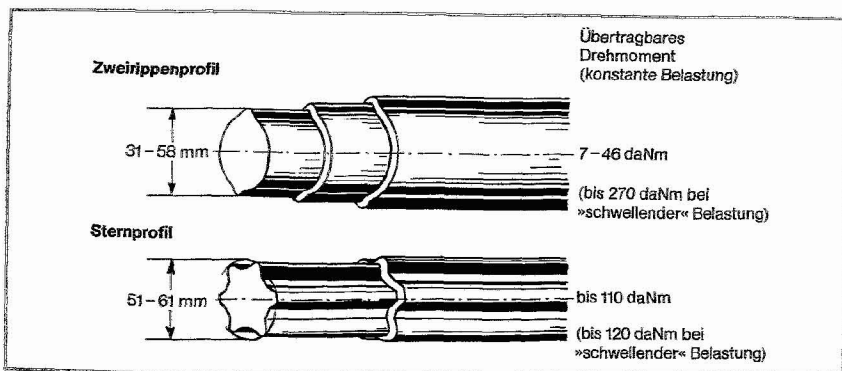


Abb. 69 Profilierung von Gelenkwellen

wird durch entsprechende Profilierung der Wellen (Abb. 69) sichergestellt. Zum Ausgleich der Gelenkwellen-Längenänderung, z. B. bei Kurvenfahrt, beim Heben und Senken von Anbaugeräten, beim An- und Abbau, sind die Profilwellen oder -rohre als Schiebepprofile ausgebildet. Da beim Verschieben unter Last (Kurvenfahrt bei Treiben der Gelenkwelle) axiale Kräfte auftreten, muß die Gelenkwelle auf der Zapfwelle und am Gerät gegen ein Herunterziehen gesichert sein, was mit Schiebestiften oder Klemmschrauben erreicht wird. Da die für einen gleichförmigen Lauf erforderliche gleiche Abwinkelung beider Gelenke kaum vorkommt, sollte die Abwinkelung auch aus Gründen der möglichst geringen Gelenkbelastung und damit einer höheren Lebensdauer im praktischen Einsatz unter  $15^\circ$  betragen.

Die *Abmessungen* (»Baugröße«) der Gelenkwellen und der Profilrohre (bzw. -wellen) richten sich nach dem zu übertragenden Antriebsmoment, der Arbeitsweise der Maschinen und der Gelenkwellenanordnung. Dabei hat die Auslegung nach dem zulässigen Maximaldrehmoment zu erfolgen (Länge gem. Baugröße, Profilüberdeckung und Verlustlängen für Schutz, Kuppeln).

*Überlastkupplungen* und u. U. auch *Überholkupplungen* (Freilauf) schützen Gerät, Schlepper und Gelenkwelle vor Überlastung. Bauartabhängig ist auf die Drehrichtung zu achten. Die Auswahl der Überlastkupplung erfolgt nach den auftretenden Momenten und den Schutzansprüchen. Die Scherholzen-Überlast-Kupplung ist eine einfache und daher billige »Abschalt«-Kupplung. Die Sperrkörper-Überlastkupplung (Ratsche) »rattert« beim Ansprechen, das übertragene Drehmoment schwankt zwischen dem Ansprech-Drehmoment und Null. Sie zeigt das Ansprechen auch akustisch an, dies verliert jedoch bei Schleppern mit Kabine an Bedeutung. Die Reib-Überlast-Kupplung (mit Verschleißausgleich) ist durch ein konstantes Ansprechmoment gekennzeichnet und wirkt gleichzeitig als Anfahrkupplung. Sie erfährt eine zunehmende Verbreitung. Gelenkwellen dürfen nie ohne Unfallschutz verwendet werden!

Kegel-Schnellkuppler zur Vereinfachung des Kupplungsvorganges, insbesondere unter schwierigen Verhältnissen, haben sich kaum eingeführt.

## 2.9 Wartung

Die erforderlichen Wartungsarbeiten sind in der Betriebsanleitung des Ackerschleppers angegeben und in bestimmten Zeitabständen (Wartungsintervallen) durchzuführen. Sie beruhen auf der unterschiedlichen Beanspruchung und Auslegung der Schlepperbauteile bzw. dem Verbrauch von Betriebsmitteln. Voraussetzung für jede Wartungsarbeit ist die gründliche Reinigung des zu wartenden Bauteiles bzw. Schlepperbereiches.

**Tabelle 22:** Übliche Wartungsarbeiten und -intervalle bei Ackerschleppern

Wartungsintervall	Wartungsarbeiten
<b>täglich</b>	Motoröl- und Kühlwasserstand prüfen (bei abgestelltem Motor) Zyklonvorabscheider des Luftfilters reinigen (je nach Staubanfall evtl. mehrmals täglich) Treibstoffvorfilter beim Tanken entwässern (bei Verteilereinspritzpumpen)
<b>wöchentlich</b>	Reifenluftdruck prüfen Vorderachse, Lenkung, Hubgestänge, Brems- und Kupplungsgestänge abschmieren Luftfilter warten (Ölstand überprüfen oder Zyklonfilter reinigen)
<b>monatlich</b> oder alle <b>50 Betriebsstunden</b>	Ölstand der Einspritzpumpe prüfen Kupplungsspiel prüfen (am Kupplungspedal 20–30 mm) Spannung des Ventilatorkeilriemens prüfen (1–2 cm Durchdrücken zulässig) Säurestand in der Batterie überprüfen
alle <b>100–200</b> Betriebsstunden	Motoröl wechseln (warmer Motor, Dichtring bei Ölablaßschraube erneuern) Ölfilter nach Bauart reinigen oder austauschen Kraftstofffilter reinigen Kühlerlamellen reinigen (mit Luft- oder Wasserstrahl) Getriebeölstand prüfen (nach Einfahrzeit wechseln, danach alle 1000–1500 Stunden) Dreipunkt-Kraftheber reinigen
alle <b>400</b> Betriebsstunden und darüber	Mineralölfilter wechseln Hydraulikrücklaufilter reinigen Ventilspiel überprüfen (Einlaßventil 0,15–0,2 mm, Auslaßventil 0,2–0,3 mm) Getriebeöl, evtl. gleichzeitig Hydrauliköl wechseln alle <b>1000</b> Betriebsstunden – Kraftstofffilter auswechseln – Vorderachse nachmessen – Bremsflüssigkeit überprüfen

### 3 Schlepperwahl






Der Schlepper stellt heute die Grundlage der Mechanisierung jedes landwirtschaftlichen Betriebes dar. Die zahlreichen Geräte zur Arbeitserledigung gruppieren sich um ihn, ihre Bauweise, Größe und technische Ausstattung richten sich nach ihm. Die richtige Auswahl der Schlepperleistung stellt eine wesentliche Voraussetzung für eine rentable landwirtschaftliche Produktion dar und bestimmt die optimale Erledigung fast sämtlicher Arbeitsgänge in der Außenwirtschaft. Bei Schlepper-Neuanschaffungen kommt daher der in jedem Verfahrensteilbereich zweckmäßigen Motorleistung eine zentrale Bedeutung zu. Allgemein gehaltene Empfehlungen oder eine starre Zuordnung verschiedener Schlepper-Leistungsklassen zu bestimmten Betriebsgrößen bzw. -typen bieten dem Einzelbetrieb keine echte Entscheidungshilfe, da sie die jeweils vorliegenden, individuellen Betriebs- und Produktionsbedingungen nicht berücksichtigen.

Zwei große Komplexe stehen bei der **Schlepperauswahl** in einer direkten und engen Wechselbeziehung zueinander:

- ▶ die technisch-konstruktive Schlepperausstattung und -leistung,
- ▶ die betriebs- und standortspezifischen Einflüsse.



**Tabelle 23: Schlepper-Größenklassen**

						
Schlepper-Größenklasse		I	II	III	IV	V
Motorleistung	kW	18–28 <b>26</b>	25–45 <b>37</b>	40–60 <b>50</b>	55–75 <b>70</b>	70–über 120 <b>100</b>
Leergewicht <sup>1</sup>	kg	bis 2280	bis 3525	bis 3960	bis 5000	über 5000
Gesamtgewicht <sup>1</sup>	kg	bis <b>4100</b>	bis <b>5000</b>	bis <b>6000</b>	bis <b>6500</b>	über <b>7500</b>
max. zulässige Stützlast	daN	bis 1000	1250	1500	1500	1500
Bereifung <sup>2</sup>						
Hinterrad		9,5–32 AS 12,4–28 AS	16,9–30 AS 12,4–32 AS	13,6–36 AS 16,9–34 AS	16,9–34 AS 18,4–34 AS	20,8–38 AS 16,9–34 AS
Vorderrad angetrieben (Allrad)		6–16 AS-Front –	7,5–16 AS-Front 10,5–20 AS	6,5–20 AS-Front 11,2–24 AS	7,5–20 AS-Front 12,4–24 AS	– – 14,9–28 AS
max. Zugkraft <sup>3</sup> ( $\lambda = 0,65$ ; ebenes Stoppfeld)	daN	2150	2600	3100	4200 (Allrad)	8000 (Allrad)
Leistungsgewicht <sup>4</sup>	kg/kW	158	135	120	93	70
3-Punkt-Kategorie Hubkraft	daN	1 (evtl. 2) bis 2100	1 (evtl. 2) bis 3280	2 (evtl. 1) bis 3800	2 (evtl. 3) bis 5200	3 (evtl. 2) bis 5900
Frontlader-Größe Hubkraft	daN	2 700	3 900	3 Super 1100	3 Super 1400	– –

<sup>1</sup> »Gewicht« bedeutet sowohl die Masse in kg als auch Gewichtskraft in N (Umrechnung: 1 kg m/s<sup>2</sup> = 1 N, d. h. Gewichtskraft von 1 kg = 1 daN)

<sup>2</sup> gebräuchliche Grundausrüstung

<sup>3</sup> der Berechnung wurde bei Hinterradantrieb 80%, bei Allradantrieb 100% des zul. Gesamtgewichtes zugrunde gelegt

<sup>4</sup> das Leistungsgewicht errechnet sich aus dem zul. Gesamtgewicht und der fettgedruckten Motorleistung

### 3.1 Technische Ausstattung

Bei der technischen Ausstattung des Ackerschleppers ist die vorhandene bzw. erforderliche Motorleistung ein zwar wichtiges, aber nicht das allein entscheidende Auswahlkriterium. So ist z. B. bei der Grund-Bodenbearbeitung mit dem Pflug oder Schwergrubber die Umsetzung der Motorleistung in effektive Geräte-Nutzleistung abhängig von der tatsächlich erreichbaren Zugleistung. Gesamt-Schleppergewicht, Gewichtsverteilung auf Vorder- und Hinterachse je nach Bauart, Hinterrad- oder Allradantrieb usw. nehmen darauf einen ganz wesentlichen Einfluß (vgl. Abschn. 1.2, S. 46).

**Bereifung** – Hinzu kommen Fragen der zweckmäßigen Bereifung. Breite Reifen mit großem Durchmesser gewährleisten im allgemeinen eine bessere Zugkraftübertragung als kleine,

schmale Reifen (vgl. Abschn. 2.2, S. 56). Gleiches gilt für die Wahl der Reifenbauart. Gürtelreifen bieten bei gleichen Abmessungen eine größere Auflage-(Kontakt-)fläche auf dem Boden, so daß ein besserer Wirkungsgrad der Kraftübertragung erreicht werden kann. Auf druckempfindlichen Böden ist neben einer Verteilung des Schleppergewichtes auf eine möglichst große Fläche (z. B. durch Verwenden von Zwillingbereifung, Gitterrädern o. ä.) auf ein geringes Leistungsgewicht zu achten. Dieses ist bei leistungsstarken Ackerschleppern meist geringer als bei leistungsschwächeren Typen (vgl. Tabelle 23).

Darüber hinaus hat sich die Auswahl der Bereifung nach den verschiedenen Einsatzbereichen zu richten. Beim Anbau von Reihenfrüchten sind Reifenbreiten einzuhalten, die ein Fahren auch durch wachsende Pflanzenbestände ohne Beschädigung der Pflanzen bzw. ohne Schädigung der Bodenstruktur ermöglichen. Für die verschiedenen Kulturen gelten folgende Richtwerte:

**Tabelle 24:** Reifenbreiten beim Anbau von Reihenfrüchten

Kulturart	Schlepperspurweite cm	Reihenabstand cm	max. zulässige Reifenbreite (Reifenbezeichnung)
Zuckerrüben	1,25	42	8,3/ 8– 9,5/ 9
	1,36	45	9,5/ 9–11,2/10
	1,50	50	11,2/10–12,4/11
Kartoffeln	1,25	62,5	8,3/ 8– 9,5/ 9
	1,36	68	9,5/ 9–11,2/10
	1,50	75	11,2/10–12,4/11
Mais	1,50	70–75	bis 18,4/15

In Ein-Schlepper-Betrieben mit vielseitiger Anbauorganisation sind deshalb in der Regel zwei Sätze von Wechselbereifung mit unterschiedlicher Breite erforderlich. Bei richtiger Wahl (vor allem übereinstimmender Durchmesser) ist es möglich, diese auch als Zwillingbereifung zu verwenden. Beim Pflügen (Fahren in der Furche) ist eine Abstimmung von Schnittbreite des Pflugkörpers und Reifenbreite erforderlich.

Da oftmals Probleme bei der Kraftübertragung über den Reifen auf den Boden bestehen, gewinnt auch die Kraftübertragung über die Zapfwelle auf die Geräte infolge des günstigeren Wirkungsgrades zunehmende Bedeutung.

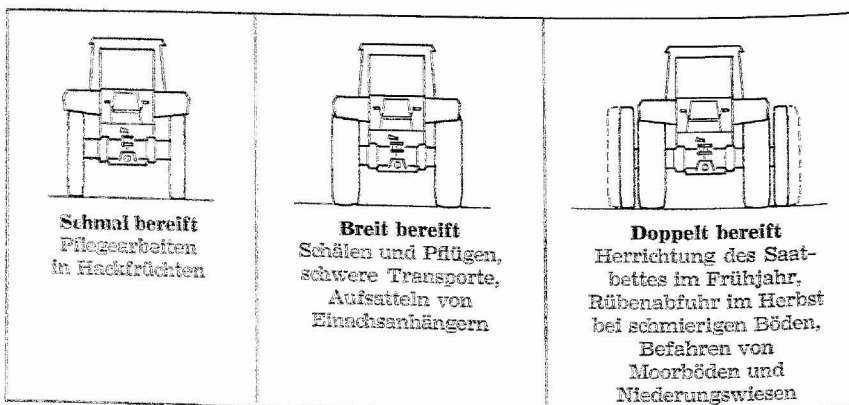


Abb. 70 Einfluß der Pflanzenkultur auf die Reifenbreite des Schleppers

**Hydraulik** – Wenn in größerem Umfang Ladarbeiten mit dem Schlepper durchgeführt oder schwere Dreipunkt-Anbau-Geräte benutzt werden, ist bei der Reifenwahl eine ausreichende Tragkraft zu berücksichtigen. Um hohe Ladeleistungen mit dem Frontlader oder Hecklader bzw. ein rasches Ausheben von Geräten am Heckkraftheber zu erzielen, ist neben einem ausreichenden Druck auch eine hohe Literleistung des Hydrauliksystems notwendig. Auch der Antrieb von Hydromotoren durch die Schlepperhydraulik (z. B. beim Mähwerksantrieb) setzt hohe Literleistungen von mindestens 20 l/min voraus.

In zunehmendem Umfang wird die Schlepperhydraulik auch zur Betätigung oder als Antriebsaggregat für Geräte und Maschinen verwendet (z. B. Volldrehpflug mit hydraulischer Drehung, Gerätekombination mit hydraulisch einklappbaren Seitenteilen, hydraulische Kipper, Steuerelemente an Erntemaschinen). Der Schlepper muß dann mit einem entsprechenden Steuergewicht sowie einer ausreichenden Anzahl von Schnellverschluß-Kupplungen für den Anschluß der flexiblen Schlauchleitungen ausgestattet sein.

**Sichtverhältnisse** – Bei Verwendung von Geräten, die während des Arbeitsprozesses eine ständige Beobachtung bzw. Überwachung erfordern, ist eine *ungehinderte Sicht* auf die frontseitig, seitlich oder heckseitig angebauten Geräte unerlässlich. Während bei den konventionellen Standardschleppern die am Heck und seitlich angelenkten Geräte relativ gut einzusehen sind, ist die Beobachtung von Frontanbaugeräten nur bedingt möglich. Frontsitzschlepper oder Systemschlepper mit Frontkabinen gewährleisten zwar eine gute Sicht auf Frontanbaugeräte, weniger dagegen auf Anbaugeräte im Heck-Kraftheber. Der Geräteträger nimmt hier eine Zwischenstellung ein, da er nach allen Seiten relativ gute Sichtmöglichkeiten bietet.

**Getriebe** – Auch die Frage, welches Getriebe zu wählen ist, hat sich an der Betriebsorganisation zu orientieren. Vielseitig organisierte Betriebe mit einer Geräteausstattung, die sehr unterschiedliche Geschwindigkeitsansprüche stellen, werden ein möglichst vielstufiges Getriebe bevorzugen. In spezialisierten Betrieben mit einer begrenzten Anzahl unterschiedlicher Einsatzbereiche für den Schlepper, aber auch bei Großschleppern ist meist eine geringere Anzahl von Schaltstufen ausreichend. Betriebe mit hohem Hackfruchtanteil oder viel Zapfwellenarbeiten werden Wert auf eine gute Stufe des Getriebes im Bereich von ca. 1–8 km pro Stunde bzw. Lastschaltstufen (vgl. Kap. 3, Abschn. 1.2.3, S. 48) legen. Dagegen sollten Schlepper, die in größerem Umfang Transportarbeiten zu übernehmen haben, eine hohe Endgeschwindigkeit aufweisen. Bei Fahrgeschwindigkeiten über 25 km/h bestehen jedoch spezielle Forderungen seitens der StVZO.

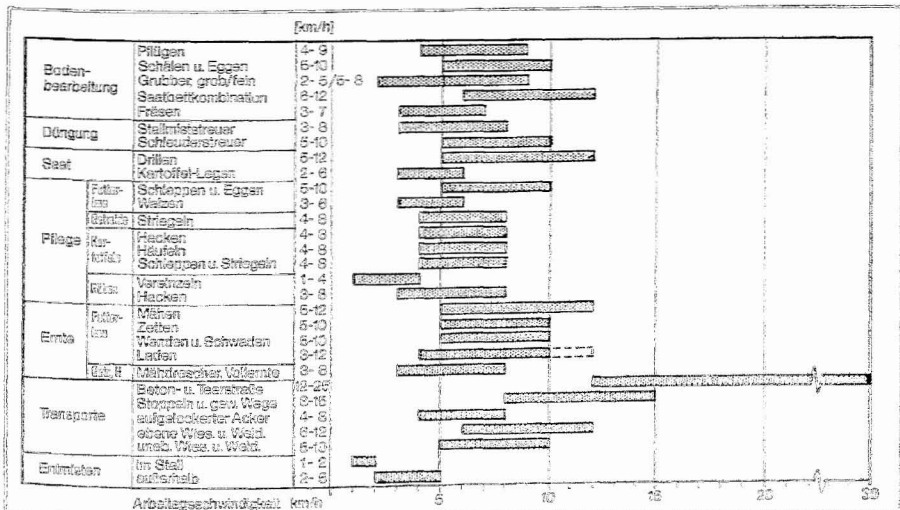


Abb. 71 Anforderungen an Ackererschlepper (Arbeitsgeschwindigkeiten von Maschinen und Geräten)

### 3.2 Betriebs- und standortspezifische Einflüsse

**Geländeausformung, Ebene, Hang** – Auch die Geländeausformung ist bei der technischen Ausstattung des Schleppers zu berücksichtigen. Für die Arbeit in hängigem Gelände sind Schlepper mit Allradantrieb, tiefer Schwerpunktlage, großer Spurweite, mit Gitterrädern oder Zwillingsbereifung und ausreichend dimensionierten Bremsen vorzuziehen. Daneben sind es aber die vielfältigen, für den jeweiligen Einzelbetrieb typischen Voraussetzungen, die bei der konkreten Auswahl des Schleppers beachtet werden müssen.

**Bodenart, Verkehrslage** – Die vorliegenden natürlichen Produktionsbedingungen, wie z. B. die Bodenart, bestimmen die erforderliche, spezifische Zugleistung des Schleppers, insbesondere bei der Bodenbearbeitung. So kann beim Pflügen auf schwerem, tonigem Boden bei gleichem verarbeitetem Bodenvolumen die notwendige Schlepperstärke mehr als doppelt so hoch sein als auf leichtem, sandigem Boden. Gleiches gilt für die Bodenbearbeitung in der Ebene oder am Hang. Daneben üben auch starke Parzellierung, ungünstige innere und äußere Verkehrslage u. a. m. einen wesentlichen Einfluß auf Schlepperstärke und -ausstattung aus.

**Produktionszweige, Arbeitsverfahren** – Der Produktionsumfang der einzelnen Kulturarten sowie die Wahl des zweckmäßigsten Arbeitsverfahrens stellen weitere, wichtige Gesichtspunkte dar. So besteht z. B. in Betrieben mit spezialisierter Körnerfruchtproduktion (z. B. Getreide-Körnermais-Betriebe) eine deutliche Arbeitsspitze bei den Herbstarbeiten. Zur Bewältigung der Herbst-Bodenbearbeitung werden hier in der Regel sehr leistungsstarke Schlepper benötigt, während z. B. ein Betrieb mit vielseitiger Betriebsorganisation und günstiger Arbeitsverteilung nur einen leistungsschwächeren Schlepper benötigt.

Auch in den verschiedenen Verfahrens-Teilbereichen bestehen sehr unterschiedliche Ansprüche an die erforderliche Mindest-Schlepperstärke. Im Zuckerrübenbau wird z. B. nach wie vor die tiefe Herbstfurche bevorzugt, die aber das Vorhandensein ausreichend hoher Zugkräfte erfordert. Bei Anwendung moderner Bestellmethoden mit reduziertem Aufwand (z. B. Frössaat ohne vorhergehende Pflugfurche) sind dagegen ausreichend hohe Zapfwellen-Drehleistungen erforderlich.

Im Futterbau, besonders bei Silomais und Anwelksilage, ist es die Ernte mit dem Feldhäckler, welche die Mindest-Motorleistung bestimmt (vgl. Bd. 3 B, Kap. 2). Die vorhandene Anbaufläche, die verfügbare Zeitspanne zur Arbeiterledigung sowie die Mechanisierung und Organisation des Gesamtverfahrens einschl. Einlagerung stehen damit in engem Zusammenhang. Es ist daher in jedem Einzelfall zu klären, welches Arbeitsverfahren oder welcher Arbeitsgang Priorität besitzt. Richtwerte für die benötigte Schlepper-Motorleistung der wichtigsten Maschinen und Geräte sind in der Abb. 72 zusammengestellt.

**Produktionsengpässe und Schlagkraft** – Vorhandene Engpässe in der Arbeiterledigung sowie das Bestreben, mit höherer Schlagkraft eine optimale Arbeitsabwicklung zu erreichen, sind gewichtige Bestimmungsgründe für die Anschaffung eines leistungsstarken Schleppers. Hierbei spielt die jeweils vorhandene *Einsatzzeitspanne* eine große Rolle. Sie wird vor allem bestimmt

- ▶ vom ortsüblichen Witterungsverlauf,
- ▶ von den fruchtspezifisch zu erwartenden Ertragsveränderungen oder Verlusten innerhalb einer Zeitspanne,
- ▶ von Anforderungen nachfolgender Arbeitsgänge und -verfahren (z. B. zulässige Dauer der Silobefüllung).

Ein typisches *Beispiel* hierfür stellt die Silomaisernte dar. Hier ist die Gewähr für das Erzielen hoher Trockensubstanz- und Nährstoffträge nur dann gegeben, wenn die optimale Ausreife abgewartet und dann die Ernte mit hoher Schlagkraft durchgeführt werden kann. Im Körnerfruchtbetrieb kann die Grund-Bodenbearbeitung und Wintergetreidebestellung im Herbst, im Zuckerrübenbetrieb die Rübenabfuhr, im Futterbaubetrieb die Silofutterernte einen Engpaß darstellen.

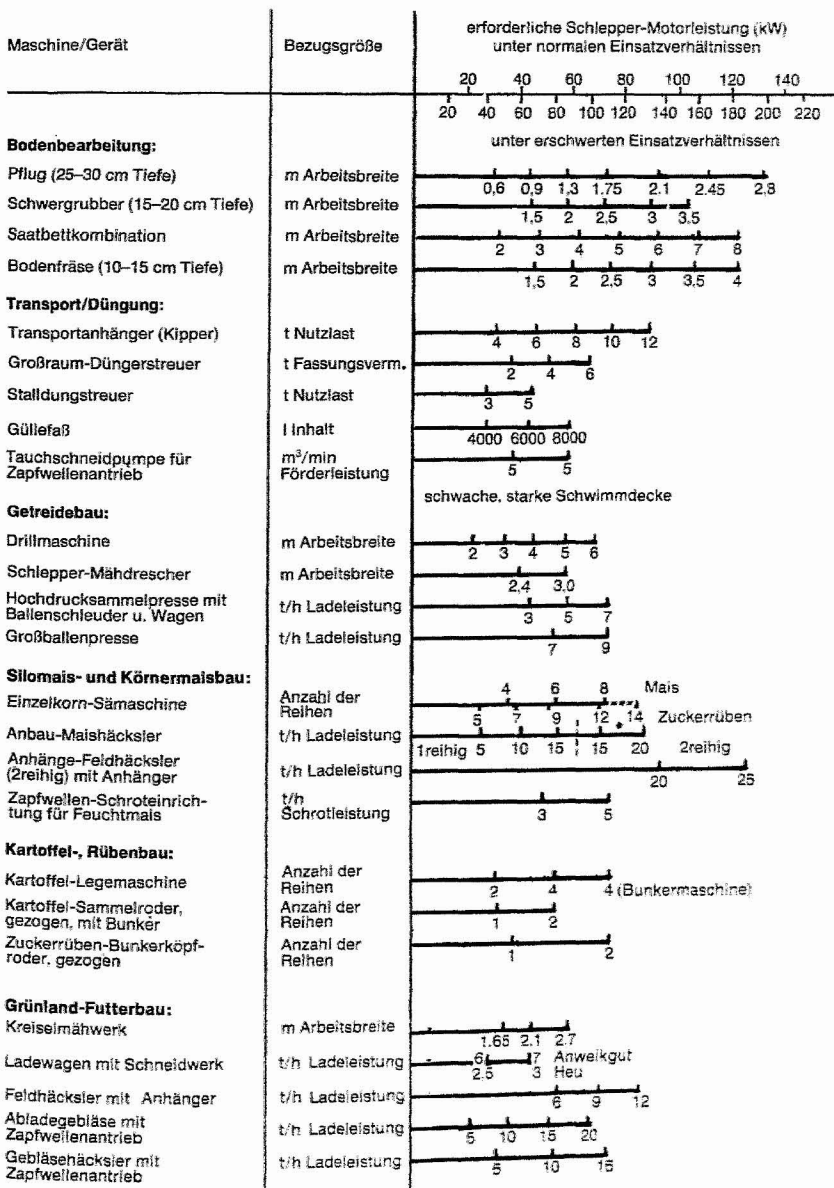


Abb. 72 Richtwerte für die benötigte Schlepper-Motorleistung wichtiger Maschinen und Geräte

Allerdings ist es notwendig, daß die für eine Steigerung der Schlagkraft notwendigen Mechanisierungsaufwendungen in einem vernünftigen Verhältnis zum erreichbaren Erfolg stehen. Insgesamt kann die Erhöhung der Schlagkraft folgende positive Auswirkungen bringen:

- ▶ höhere Qualität der Arbeitserledigung,
- ▶ Verbesserung und Sicherung der Erträge.

- ▶ Verlostesparung,
- ▶ Verminderung des Risikos, besonders in Schlechtwetterjahren,
- ▶ Verbesserung des Betriebsergebnisses.

**Vorhandener Gerätepark – neue Schleppergeräte** – In die Überlegungen bei der Schlepper-Neuanschaffung ist aber auch die Frage mit einzubeziehen, ob die bisher benutzten Geräte weiterhin verwendet werden können, oder eine neue Geräteausstattung angeschafft werden muß. Vor allem beim Übergang auf leistungsstärkere Schlepper ist zu berücksichtigen, daß eine Steigerung der Schlagkraft nur bei Verwendung von Geräten zu erwarten ist, die auf die Schlepperleistung sorgfältig abgestimmt sind. Andernfalls wären Verschlechterung des Arbeitsergebnisses, Risikovergrößerung, erhöhter Verschleiß und höhere Reparaturaufwendungen zu befürchten. Durch derartige Nachfolgeinvestitionen auf dem Gerätesektor können jedoch beträchtliche zusätzliche Aufwendungen entstehen.

**Ein Schlepper – mehrere Schlepper** – Im *Einschlepperbetrieb* ist zu bedenken, daß dieser Schlepper für die Bewältigung sämtlicher Arbeiten geeignet sein muß. Hier ergeben sich oftmals Konflikte, weil ein und derselbe Schlepper für das Übertragen hoher Zug- und Zapfwellenleistungen, aber auch für Bestell- und Pflegearbeiten eingesetzt werden soll. Deshalb ist oftmals ein Kompromiß hinsichtlich Motorleistung, Gewicht, Fahrwerksausstattung usw. zu schließen.

Im *Mehrschlepperbetrieb* besteht demgegenüber die Möglichkeit, einen leistungsmäßig günstig abgestuften Schlepperpark zu schaffen. Die anfallenden Arbeitsaufgaben können dann zweckmäßig auf die verschiedenen Schlepper verteilt werden.

**Schlepperkosten – Kosten der Arbeitserledigung** – Als wesentlicher Faktor für eine wirtschaftliche Produktion sind die Schlepperkosten zu betrachten. Während auf die Betriebsstoffkosten nur ca. 25% der Gesamtkosten entfallen, 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 z. B. bei Anschaffung eines leistungsstärkeren Schleppers trotz gleichbleibenden Arbeitsumfanges die Betriebsstunden sinken, die einzelne Schlepperstunde wird also entsprechend teurer.

Weil der leistungsstärkere Schlepper jedoch die Arbeiten schneller erledigt, bei gleichem Arbeitsumfang also weniger Einsatzstunden benötigt, erhöhen sich die Gesamtkosten insgesamt nur mäßig. Weniger Einsatzstunden/Jahr lassen theoretisch auch eine höhere Nutzungsdauer in Jahren, also einen längeren Abschreibungszeitraum und dadurch wieder eine Kostenreduzierung erwarten. Die »technische Veralterung« setzt hier allerdings gewisse Grenzen.

Sehr wichtig für die Beurteilung der Kosten der Arbeitserledigung sind auch die Einkommensansprüche des Landwirtes bzw. die Stundensätze bei Lohnarbeitskräften. Je höher diese zu bewerten sind, desto mehr kann eine höhere Schlepperleistung sinnvoll und auch kostenmäßig vertretbar sein.

**Verschleiß – Reparaturen – Störanfälligkeit** – Schlepper, die vorwiegend auf volle Motor-Nennleistung beansprucht werden, unterliegen einem höheren Verschleiß und erfordern erhöhte Reparaturaufwendungen als Schlepper, die mit einer gewissen Leistungsreserve benutzt werden.

Diese Leistungsreserven bieten die Möglichkeit, kurzfristige Leistungsspitzen zu verkraften und die Störanfälligkeit zu vermindern. Ein typisches Beispiel hierfür ist der Feldhäcksler beim Einsatz in der Silofutterernte. Wechselnde Schwadstärken verursachen erhebliche Unterschiede im Leistungsanspruch, so daß bei Verwendung leistungsschwacher Schlepper mit erhöhten Störzeiten zu rechnen ist.

**Überbetrieblicher Schleppereinsatz** – Eine ökonomisch interessante Alternative zur Anschaffung eines eigenen, leistungsstarken Schleppers stellt der überbetriebliche Schleppereinsatz dar. Diese Möglichkeit ist allerdings vom örtlichen Angebot durch Maschinenring, Lohnunternehmer usw. abhängig sowie von der Frage, ob langfristig die gewünschte Schleppereinheit zum optimalen Zeitpunkt sicher zur Verfügung steht.

Auf die Wahl des Schleppers wirkt also eine Fülle von Einzelfaktoren ein, deren Bedeutung und Gewicht von Betrieb zu Betrieb sehr unterschiedlich ist. Vorrang sollten diejenigen Gesichtspunkte haben, die eine ökonomisch sinnvolle und ausgewogene Produktion bestimmen.

## 4 Transporttechnik

Die verfahrenstechnischen Anforderungen an die landwirtschaftliche Transporttechnik sind in den letzten Jahren erheblich gestiegen. Höhere Leistungen der Erntemaschinen und steigende Erträge erfordern leistungsfähige Transportsysteme. Eine Abstimmung der Bauweise und Funktion der Transportfahrzeuge auf den vorhandenen Maschinenbestand und die Abladestellen ist erforderlich.

Vorrangig gilt es, folgende **Anforderungen** zu erfüllen:

- ▶ hohe Transportleistung,
- ▶ wirksame Entladehilfen,
- ▶ Transport von Leicht- und Schwergütern,
- ▶ vielseitige Verwendbarkeit,
- ▶ Bodenschonung durch entsprechende Bereifung,
- ▶ Erfüllen der gesetzlichen Bestimmungen (z. B. Bremsen, Beleuchtung),
- ▶ günstige Anschaffungskosten.

### 4.1 Transportgeräte

Die landwirtschaftlichen Transportfahrzeuge lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten einordnen (Tabelle 25).

**Tabelle 25:** Kriterien der Einordnung landwirtschaftlicher Transportfahrzeuge

Zahl der Achsen	2-Achsanhänger 1-Achsanhänger Tandem-Achsanhänger
Aufbauten	Plattformwagen Muldenwagen Wagen mit Ladegatter
Ent- oder Überladevorrichtung	Kipper, Hochkipper Kratz- oder Rollboden
Verwendungsbereich	Vielzweckwagen Spezialwagen

Hier sollen nur die Grundbegriffe der landwirtschaftlichen Transporttechnik besprochen werden. Auf spezielle Wagenbauarten oder Einsatzanforderungen wird bei den entsprechenden Produktionsverfahren hingewiesen.

**Zweiachsanhänger** – Sie sind am weitesten verbreitet. Sie bieten folgende *Vorteile*:

- ▶ große Ladefläche,
- ▶ Verwendung verschiedener Abladehilfen,
- ▶ verwindungsweicher Rahmen,
- ▶ Federung möglich.

Den Vorteilen stehen folgende *Probleme* gegenüber:

- ▶ beschränkte Standfestigkeit bei Drehschemellenkung,
- ▶ kaum Stützlastübertragung auf die Schlepperhinterachse,
- ▶ schwieriges Rückwärtsrangieren.

Die gebräuchlichste Bauart ist der *Zweiachs-Plattformwagen*. An einem festen Wagenboden sind eine feststehende Stirnwand und abklappbare (z. T. waagrecht oder schräg feststellbare) Seiten- und Rückwände angebracht. Der verwindungsweiche Rahmen gewährleistet auch bei unebener Bodenoberfläche eine gleichmäßige Auflage aller vier Räder. Die Lenkungsart beeinflusst vor allem die Standsicherheit und Wendigkeit des Fahrzeuges.

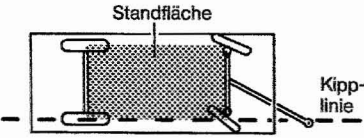
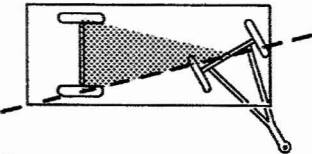
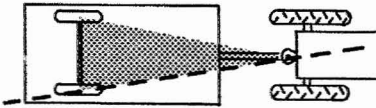
Bauart	Standfläche, Kipplinie	Bemerkungen
2-Achs-Wagen mit Achsschenkelenkung		Hohe Standsicherheit, begrenzter Einschlagwinkel
2-Achs-Wagen mit Drehschemellenkung		Geringer Platzbedarf beim Wenden, höhere Kippgefahr
1-Achs-Wagen		Größere Standfläche als Zweiachser mit Drehschemellenkung, enger Wendekreis

Abb. 73 Standfläche bei verschiedenen Wagenformen

Die Plattformhöhe ist durch den Reifendurchmesser festgelegt, ihre Abmessungen sind genormt.

**Tabelle 26:** Genormte Abmessungen bei Plattformwagen

Nutzlast t	Länge m	Breite m	Bordwandhöhe m
3	4	1,8	0,4
4	4,5 (5)	2,0 (1,8)	0,4
5-6	5	2,0	0,5

**Einachswagen** – Sie werden in letzter Zeit vor allem aus folgenden Gründen zunehmend verwendet und bieten folgende *Vorteile*:

- ▶ gute Manövrierfähigkeit,
- ▶ einfache Bauweise,
- ▶ ein Teil der Gesamtmasse wird auf die Schlepperhinterachse abgestützt,
- ▶ bessere Zugeigenschaften des Schleppers,
- ▶ einfachere Gelenkwellenführung (zum Antrieb von Abladehilfen usw.).

Den Vorteilen stehen folgende *Probleme* gegenüber:

- ▶ Ohne Schlepper schlecht zu bewegen,
- ▶ Umhängen im Feld erschwert,
- ▶ Deichselstützlast muß auf Schlepperkonstruktion abgestimmt sein.



## 4.2 Wagen-Bauteile

Für einzelne Bauteile werden verschiedene technische Lösungen angeboten.

**Anlenkung am Schlepper** – Für die Wagenanhangung am Schlepper werden im wesentlichen die in Abb. 74 gezeigten Varianten angeboten.

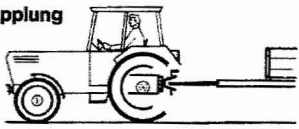
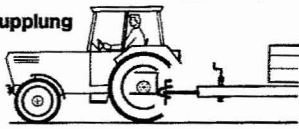
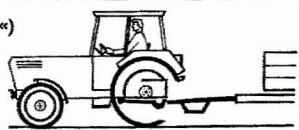
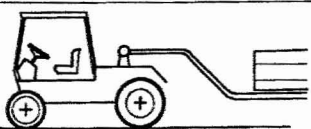
Anhangung	Technische Hinweise	Geeignet für
<b>Oben liegende Kupplung</b> 	In Lochschiene höhenverstellbar. Bis 25 km/h Steckbolzen, darüber Kupplung mit automatischer Verriegelung	2-Achs-Wagen
<b>Unten liegende Kupplung</b> 	Starr angeordnete DIN-Zugöse. Höhenbewegliche Stützvorrichtung am Wagen erforderlich	1-Achs-Wagen
<b>Zughaken (»hitch«)</b> 	Haken wird von Schlepperhydraulik angehoben und mechanisch verriegelt.	1-Achs-Wagen
<b>Schwannenhalsanhangung</b> 	Sehr enger Wendekreis möglich, aber Kippgefahr durch sehr hoch liegenden Kupplungspunkt	1-Achs-Wagen am Systemschlepper

Abb. 74 Anhängervorrichtungen für Transportfahrzeuge

Anhängeschiene (zwischen den Unterlenkern) und Zugpendel sind nur für die Anbringung von Landmaschinen geeignet (z. B. Sammelpresse, gezogener Feldhäcksler usw.).

Untenliegende Anhängerkupplung und Zughaken sind derzeit nur für wenige Schlepperfabrikate und -typen zugelassen.

Die auf die Anhängervorrichtung von den Einachsanhängern ausgeübte Stützlast ist nach StVZO gesetzlich geregelt. Es müssen mindestens 3% und dürfen maximal 20% der Anhänger-Gesamtmasse als Stützlast wirken. Der Maximalwert wird auch bei Anhängern mit hoher Nutzlast nicht erreicht. Obwohl heute die Schlepperkonstruktionen Stützlasten bis ca. 2500 kg aushalten, werden infolge entsprechender Wagenbauweise maximal ca. 1800 kg ausgeübt. Dadurch ist gewährleistet, daß am Schlepper eine ausreichende Lenkfähigkeit (keine Entlastung der Schlepper-Vorderachse) erhalten bleibt.

**Bereifung** – Der Anhängerreifen hat die Aufgabe, die Gesamtlast zu tragen, wenig Rollwiderstand zu verursachen, bei ungefederten Anhängern eine gewisse Federungsfunktion zu übernehmen und die befahrenen Kulturlflächen weitgehend zu schonen.

Die speziellen Ackerwagen (AW-)Reifen besitzen ein »Rollprofil«, nur bei Triebachsanhängern ein »Antriebsprofil«. Die technischen Daten sind in der DIN 7813 genormt. Es werden großvolumige Niederdruckreifen mit breiter Auflage und weichem Gewebeaufbau bevorzugt.

Als Faustregel gilt:

- ▶ breite, weiche Reifen bringen größere Auflagefläche, geringeren Zugwiderstand, flachere Fahrspuren und sind leichtzügiger.
- ▶ schmale, harte Reifen verursachen hohen Zugwiderstand und tiefe Fahrspuren.

Bei Einachsanhängern mit einer Gesamtmasse von über 10 t werden zur Verteilung des Gewichtes auch Tandemachsen verwendet.

Die »PR«-Zahl gibt, ähnlich wie beim Ackerschlepper, die Tragfähigkeit des Reifens an. Letztere ändert sich mit wechselndem Reifen-Innendruck.

**Bremsen** – Besondere Anforderungen und gesetzliche Auflagen werden an die Anhänger-Bremsanlagen gestellt. Derzeit sind im wesentlichen vier Bauarten im Einsatz, die für bestimmte Anhänger-Gesamtmassen zugelassen sind.

**Tabelle 27:** Bremsanlagen bei landwirtschaftlichen Transportfahrzeugen

Bremse	zugelassen bis Gesamtmasse t
Zuggabel-Bremse mit Handhebel auf der Deichsel	2,0
Umsteckbremse	4,0
Auflaufbremse	8,0
Druckmitte/bremse (Druckluft oder Hydraulik)	ab 8.0

Außer der Betriebsbremse muß eine wirksame Feststell- und Abreibbremse vorhanden sein.

**Entladehilfen** – Bei den Entladehilfen ist zu unterscheiden zwischen Vorrichtungen für Schnellentleerung und Zuteilentleerung.

**Schnellentleerung:** Typischster Vertreter für die Schnellentleerung ist der Kipper. Bei Zweiachswagen gibt es 2- und 3-Seitenkipper, bei Einachswagen werden Heckkipper bevorzugt. Die hydraulische Vorrichtung wird meist von der Schlepperhydraulik über flexible Schlauchleitungen, nur bei Großkippern über eine eigene Hydraulikanlage auf dem Wagen (Antrieb über Schlepperzapfwelle) betätigt. Ausreichende Pumpenleistungen und Ölmengen (~ 40 l) sind erforderlich, wenn ein rasches Kippen erfolgen soll.

**Zuteilentleerung:** Für die Zuteilentleerung werden einfache Auslauföffnungen und mechanische Zuteilvorrichtungen verwendet.

Einen Überblick über die derzeit bevorzugten Abladehilfen gibt die nachfolgende Zusammenstellung (Abb. 75, S. 83).

**Container** – Seit einiger Zeit werden die in der Industrie bereits lange bekannten Container in geeigneter Bauweise auch in der Landwirtschaft eingesetzt. Man unterscheidet folgende Arten:

▶ **Absatzcontainer:** Der Behälter wird von einem Rahmenfahrgestell hydraulisch aufgenommen bzw. abgesetzt. Der Behälter ist schmaler als das gesamte Fahrzeug, die zulässige Gesamtmasse beträgt derzeit 5,7 t, das Behälterfassungsvermögen 5,5 m<sup>3</sup> (mit Aufsätzen 10 m<sup>3</sup>).

▶ **Abgleichcontainer:** Hydraulisch betätigte Seile nehmen den Behälter über einen Hilfsrahmen auf oder setzen ihn ab. Der Behälter nutzt die gesamte Wagenbreite voll aus. Seine Gesamtmasse ist derzeit 8 t, sein Fassungsvermögen ca. 8 m<sup>3</sup>.

Bei beiden Bauarten können die Behälter nach hinten gekippt oder übereinander gestapelt werden.

### 4.3 Transportverfahren

Drei Transportverfahren sind heute beim Abtransport landwirtschaftlicher Erntegüter vom Feld allgemein üblich:

▶ **Absätziger Transport.** Fahrzeuge bleiben für einen Halbttag oder vollen Arbeitstag am Feld stehen, nur für kleinere Betriebe geeignet (absätziges Verfahren),

▶ **steiger Abtransport von Stundwagen (Umhängeverfahren),**

▶ **steiger Abtransport mit parallel zur Erntemaschine fahrenden Wagen (Parallelverfahren).**

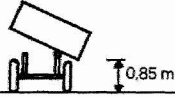

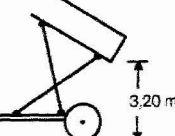
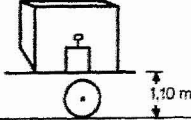
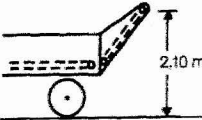
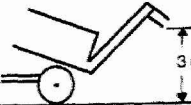
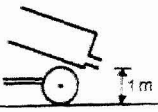
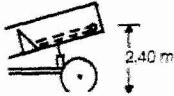
Entleerungsart	Bauart	Überladehöhe ca.	Eignung für	
			Körnerfrüchte	Hackfrüchte
<b>Schnellentleerung</b>	Zwei- und Dreiseiten-Kipper		×	×
	Heckkipper mit selbsttätig öffnender Heckklappe		×	×
	Hochkipper		×	×
<b>Zuteilentleerung</b>	Plattformwagen mit Schrägbodenaufsatzbehälter		×	-
	Plattformwagen mit Kratzboden und Entladeband		-	×
	Heckkipper mit Förderschnecke oder-band		×	-
	Heckkipper mit Kornauslaufstutzen (auch Seitenkipper)		×	-
	Hochblader mit Kratzboden und Schiebeschild		×	×

Abb. 75 Abladehilfen und Überladehöhen

Die Verfahren erfordern in der genannten Reihenfolge zunehmend mehr Ackerschlepper und Arbeitskräfte, steigern aber den Nutzungsgrad der Erntemaschine (Verringerung der Übergabe- und Wartezeiten).

Die Leistung der Erntemaschine, Anzahl der Fahrzeuge, Nutz- und Gesamtmasse, Feldentfernung und Abladeleistung müssen gut aufeinander abgestimmt sein, wenn reibungslos ablaufende Verfahren erreicht werden sollen.

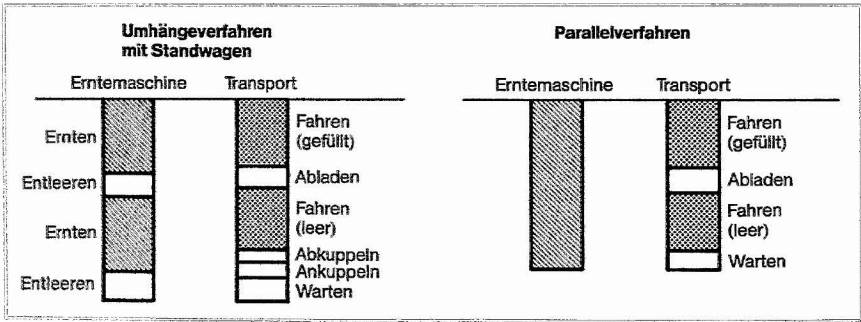


Abb. 76 Zeitablauf bei verschiedenen Transportverfahren

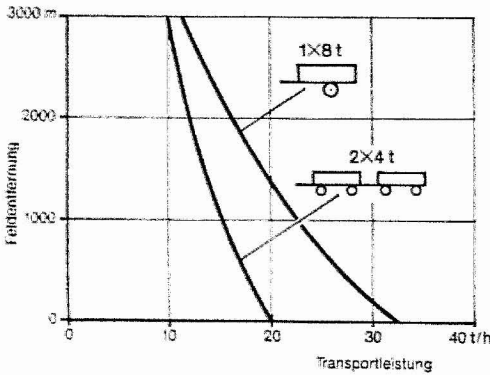


Abb. 77 Transportleistung beim Umhängeverfahren

Das landwirtschaftliche Bauwesen unterliegt, vergleicht man traditionelle Bauernhöfe mit neu erstellten Anlagen, einem deutlich sichtbaren Wandel. Ursachen sind

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

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude (vgl. Abb. 78) dienen

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

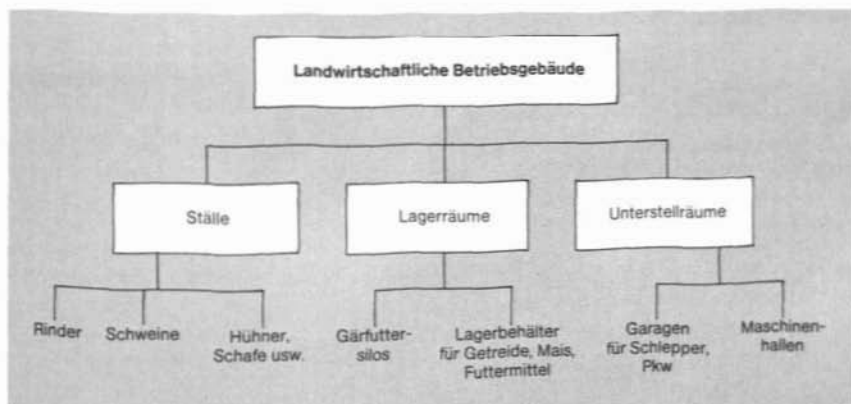


Abb. 78 Anforderungen an landwirtschaftliche Betriebsgebäude

Aus der Nutzungsart ergeben sich für landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterschiedliche Funktionen und Anforderungen:

**Schutzfunktion:** Schutz vor Witterung (Kälte, Wärme, Regen, Sonneneinstrahlung, Blitz usw.), vor Diebstahl, vor Ungeziefer.

**Arbeitsfunktion:** optimale arbeitswirtschaftliche Bedingungen (z. B. Inneneinrichtung, Anordnung der Gebäude zueinander, Türöffnungen, Belichtung, Stützenfreiheit).

Dazu sollten die Betriebsgebäude kostengünstig zu erstellen und zu unterhalten sein. Stallgebäude müssen darüber hinaus gewährleisten, daß die Tiere ihre Leistung voll entfalten können.

Je nach Anforderungen der unterzubringenden Güter oder Tiere liegt der Schwerpunkt des Witterungsschutzes auf bestimmten Eigenschaften. So genügt es z. B. bei der Unterbringung von Maschinen und Geräten, wenn das Gebäude gegen Wind, Niederschläge und Sonneneinstrahlung schützt. Auf eine Wärmedämmung des Gebäudes kann verzichtet werden, was mit Baukosteneinsparungen verbunden ist.

## 1 Wärmehaushalt

Bei wärmedämmten Gebäuden (Stallungen) kommt dem **Wärmeschutz** der raumumschließenden Bauteile besondere Bedeutung zu. Er soll

- ▶ zur Aufrechterhaltung der im Innenraum erforderlichen Temperaturen beitragen (in beheizten Ställen: Heizkostensparnis);
- ▶ Oberflächenkondensat (Tauwasser), also das Ablagern von Wassertropfen an Wänden und Decken, verhindern. Die warme Stallluft ist mit Wasserdampf beladen, der an den kälteren Bauteilen kondensiert und als Wassertropfen sichtbar wird;
- ▶ Kernkondensat (Kondenswasser), das im Innern von Bauteilen auftritt, vermeiden. Es ist zunächst nicht sichtbar, kann den Bauteilen aber erheblichen Schaden zufügen;
- ▶ Frostschäden verhindern.

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

Der Wärmeaustausch oder auch 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.

Die Bedeutung der Wärmedämmung läßt sich am besten anhand der Wärmebilanz aufzeigen:

$$\text{Wärmeproduktion der Tiere } (Q_T) = \text{Wärmeverluste der raumumschließenden Bauteile } (Q_B) + \text{Wärmeverluste durch Luftwechsel } (Q_L)$$

Die **Wärmebilanz** ist ausgeglichen, wenn die Wärmeverluste durch Bauteile und Luftwechsel der Wärmeproduktion der Tiere entsprechen. Reicht dagegen die Wärmeproduktion der Tiere nicht aus, um die Verluste durch Bauteile und Lüftung zu decken, so muß entweder die Wärmedämmung erhöht oder zugeheizt werden.

Zur raschen Berechnung der Wärmedämmung dient ein zusätzliches Kriterium, die Restwärme ( $Q_R$ ). Sie ist die Differenz zwischen der von den Tieren erzeugten Wärme und den Wärmeverlusten durch Luftwechsel.

$$\text{Restwärme } (Q_R) = \text{Wärmeproduktion der Tiere } (Q_T) - \text{Wärmeverluste durch Luftwechsel } (Q_L)$$

Ein negativer Wert für die Restwärme setzt unabhängig von der Wärmedämmung eine Beheizung des Stalles voraus.

Die Wärmebilanz ist ausgeglichen, wenn die Wärmeverluste über Bauteile der Restwärme entsprechen. Günstiger ist es allerdings, wenn die Restwärme größer ist als die Wärmeverluste über die Bauteile.

Die in Tabelle 28 zusammengestellten Daten der Wärmeleistung, Wärmeverluste über Lüftung und der Restwärme sind ausgewählte Beispiele. Die Wärmeverluste hängen unmittelbar von den Außentemperaturen und damit von der Klimazone, in welcher sich der Stall befindet, ab. Die Berechnung mit drei verschiedenen Außentemperaturen ergibt für die verschiedenen Klimazonen drei unterschiedliche Werte für die Restwärme.

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

$$\text{Wärmeverluste der raumumschließenden Bauteile } (Q_B) = \text{Wärmedurchgangskoeffizient } (K) \times \text{Fläche des Bauteiles } (F) \times \text{Temperaturdifferenz zwischen innen und außen } (t_i - t_e)$$

**Tabelle 28:** Wärmeleistung, Wärmeverluste über Lüftung und Restwärme von Rindern und Schweinen (nach MITTRACH, 1976)

Tierart	Wärmeleistung ( $Q_{T1}$ )	Wärmeverluste (max.) über Lüftung ( $Q_L$ )			Restwärme ( $Q_R$ )		
		bei $t_a$			bei $t_a$		
		-12° C	-14° C	-16° C	-12° C	-14° C	-16° C
Kuh 600 kg LG $t_i = 10^\circ \text{C}$	989	738	763	778	251	226	211
Mastrind 400 kg LG	768	562	577	590	206	191	178
Mastrind 600 kg LG $t_i = 16^\circ \text{C}$	989	714	733	749	275	256	240
Mastkalb 100 kg LG	262	274	281	287	-12	-19	-25
Mastkalb 200 kg LG $t_i = 18^\circ \text{C}$	454	445	456	465	9	-2	-11
tragende Sauen 200 kg LG $t_i = 12^\circ \text{C}$	342	245	273	279	97	69	63
Sauen (200 kg LG) mit Ferkel $t_i = 18^\circ \text{C}$	342	309	326	340	33	16	2
Mastschwein 60 kg LG	140	106	112	117	34	28	23
Mastschwein 100 kg LG $t_i = 16^\circ \text{C}$	198	159	168	176	39	30	22

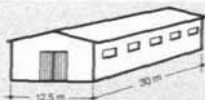
$t_i$  = Temperatur innen  $t_a$  = Temperatur außen

Der Wärmeverlust hängt demnach vom Flächenanteil des betreffenden Bauteils, von seinem k-Wert und der Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur ab. Anhand dieser Formel muß nun für jedes einzelne Bauteil der stündliche Wärmeverlust ermittelt werden. Die Werte für die Flächen ergeben sich aus dem Plan. Die k-Werte sind entsprechenden Tabellen zu entnehmen oder zu errechnen. (Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten und Tabellen siehe Abschn. 2 »Baustoffe und Bauteile«, S. 90).

Das Beispiel eines Bullenmaststalles (Tab. 29) zeigt zunächst die Flächenanteile der Bauteile.

**Tabelle 29:** Wärmeverluste der Bauteile eines Rindermaststalles (nach ENGLERT, 1978)

Bauteil	Aufbau	Fläche		k-Wert W/m <sup>2</sup> K	Wärmeverluste	
		m <sup>2</sup>	% der Gesamtfl.		W	% der Ges.-Leistung
Wände	36,5 cm Ziegel, beidseitig Putz	219	33,5	0,91	6 377	33,5
Dachdecke	5 cm Kunststoff-Hartschaum	378	57,9	0,722	8 733	45,6
Fenster	Isolierverglasung	35	5,4	3,2	3 584	18,7
Zwei Tore	5 cm Kunststoff-Hartschaum, Holz	21	3,2	0,696	468	2,4
<b>Wärmeverluste aller Bauteile</b>					<b>19 162</b>	



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

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

Um eine Beurteilung des Wärmehaushaltes dieses Rindermaststalles herbeiführen zu können, muß als nächstes die Restwärme ermittelt und den Wärmeverlusten gegenübergestellt werden (Tab. 30).

**Tabelle 30:** Vergleich von Restwärme und Wärmeverlusten der Bauteile eines Rindermaststalles für 90 Mastbullen

$Q_{Ti}$	nach Tabelle 28	$90 \times 768 = 69\,120\text{ W}$
$Q_L$ $t_a = -16^\circ\text{ C}$	nach Tabelle 28	$90 \times 590 = 53\,100\text{ W}$
$Q_R$ $t_a = -16^\circ\text{ C}$	nach Tabelle 28	<b>16 020 W</b>
$Q_B$ $t_a = -16^\circ\text{ C}$ $t_i = +16^\circ\text{ C}$	nach Tabelle 29	<b>19 162 W</b>

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 oder die Wärmedämmung an geeigneter Stelle verstärkt werden, wozu sich vor allem die großflächige Stalldecke eignet.

Die über die Decke maximal zulässigen Wärmeverluste errechnen sich aus der Restwärme aller Tiere ( $Q_R$ ) abzüglich der Wärmeverluste über Wände, Fenster und Tore. Weil  $Q_B$  kleiner oder gleich  $Q_R$  aller Tiere sein sollte, wird anstelle von  $Q_B$  die Restwärme  $Q_R$  gesetzt.

$$\text{Wärmeverluste über Decke } (Q_{De}) = \text{Restwärme } (Q_R) - [\text{Wärmeverluste über Wände } (Q_w) + \text{Wärmeverluste über Fenster } (Q_f) + \text{Wärmeverluste über Tore } (Q_T)]$$

**Tabelle 31:** Ermittlung der maximalen Wärmeverluste über die Stalldecke; Stall für 90 Mastbullen

$Q_w$	6 377 W	$Q_R$	16 020 W
$Q_f$	3 584 W	$-(Q_w + Q_f + Q_T)$	10 429 W
$Q_T$	468 W	$= Q_{De}$	<b>5 591 W</b>
<b>Summe</b>	<b>10 429 W</b>		

Aus dem nun bekannten Wert für die max. Wärmeverluste über die Decke läßt sich im nächsten Schritt der notwendige k-Wert ermitteln.

$$\text{Wärmedurchgangskoeffizient der Decke } (k_{De}) = \frac{\text{Wärmeverluste über Decke } (Q_{De})}{\text{Fläche der Decke } (F_{De}) \times \text{Temperaturdifferenz zwischen innen und außen } (t_i - t_a)}$$

**Tabelle 32:** Ermittlung des Mindest-k-Wertes für die Decke eines Rindermaststalles für 90 Mastbullen

$Q_{De}$	aus Tabelle 31	5 591 W
$F_{De}$	aus Tabelle 29	378 m <sup>2</sup>
$t_i - t_a$	$t_i = +16^\circ\text{ C}$ $t_a = -16^\circ\text{ C}$	32 K
<b><math>k_{De}</math></b>		<b>0,462 W/m<sup>2</sup>K</b>



Unter den gegebenen Verhältnissen (Klimazone  $t_a = -16^\circ\text{C}$ ) 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 (Dimension beachten!) oder aus der Wärmeleitfähigkeit errechnen (vgl. Abschn. 2, S. 90). Zur Verdeutlichung wird nochmals das Beispiel des Rindermaststalles (Tab. 29) aufgegriffen. Die Berechnungen haben gezeigt, daß ein Ausgleich des Wärmehaushaltes nur über Bauteile mit großem Flächenanteil wie Wände und Decken herbeizuführen ist. Ungünstige Wärmedurchgangskoeffizienten anderer Bauteile können keine ausgeprägte Wirkung auf das Gesamtergebn haben (Abb. 79).

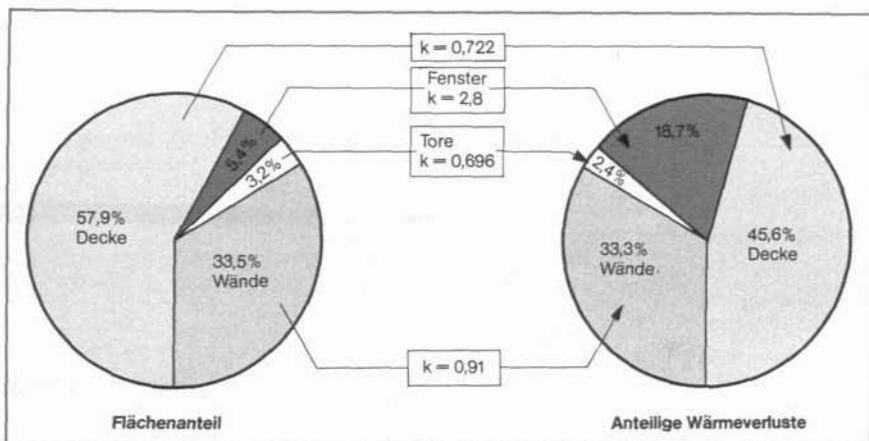


Abb. 79 Einfluß des Wärmedurchgangskoeffizienten verschiedener Stallbauteile auf deren anteilige Wärmeverluste

Allerdings besteht bei Bauteilen mit ungünstigem k-Wert unabhängig vom Flächenanteil die Gefahr der Bildung von Oberflächenkondensat, da bei niedrigen Außentemperaturen die Temperatur auf der innenliegenden Oberfläche des Bauteils soweit fallen kann, daß der Taupunkt unterschritten wird und der in der Stallluft enthaltene Wasserdampf sich auf dem Bauteil niederschlägt (z. B. Schweißwasserbildung an Fenstern, an nicht wärmedämmten Türen). Der gleiche Effekt tritt ein, wenn in die Wand integrierte Stahlbetonstützen, Streifenfundamente oder Ringanker nach außen keine Wärmedämmung aufweisen. Deshalb müssen diese Bauteile möglichst die Anforderungen des Mindestwärmeschutzes erfüllen.

**Tabelle 33:** Notwendige k-Werte zur Erlangung tauwasserfreier Oberflächen der Stallbauteile (nach MITTRACH, 1976)

Stall- temperaturen $t_i$ ( $^\circ\text{C}$ )	Außentemperaturen ( $t_a$ ) und relative Stallluftfeuchten $\phi$							
	$-10^\circ\text{C}$		$-12^\circ\text{C}$		$-14^\circ\text{C}$		$-16^\circ\text{C}$	
	70%	80%	70%	80%	70%	80%	70%	80%
10	1,60	1,02	1,45	0,93	1,34	0,85	1,23	0,78
11	1,54	0,97	1,41	0,88	1,29	0,81	1,20	0,76
12	1,48	0,94	1,36	0,86	1,26	0,79	1,16	0,73
13	1,43	1,90	1,31	0,83	1,22	0,77	1,13	0,71
14	1,38	0,87	1,28	0,80	1,19	0,74	1,10	0,70
15	1,33	0,84	1,23	0,78	1,14	0,72	1,07	0,67
16	1,29	0,81	1,20	0,76	1,12	0,71	1,05	0,66
17	1,24	0,80	1,16	0,74	1,09	0,70	1,02	0,65
18	1,21	0,77	1,14	0,72	1,06	0,67	1,00	0,63

Der für alle Bauteile unabhängig von der Wärmehaushaltsberechnung anzustrebende  $k$ -Wert hängt von der erforderlichen Stalltemperatur, der relativen Stallluftfeuchte und der Klimazone (Außentemperatur) ab (vgl. Tabelle 33, S. 89).

Da nicht bei allen Bauteilen die  $k$ -Werte zur Erlangung tauwasserfreier Oberflächen erreicht werden (z. B. Fenster: trotz Isolierverglasung  $k = 3,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), sollte zumindest eine technisch sinnvolle Annäherung angestrebt werden. Die Bildung von Oberflächenkondensat, z. B. an Fenstern, beschränkt sich sodann auf wenige Tage mit tiefen Temperaturen und kann in der kurzen Zeitspanne nicht zu Bauschäden führen, wenn die Bauteile danach bei günstigeren Temperaturen wieder trocknen können.

## 2 Baustoffe und Bauteile

Das Angebot an Baustoffen und Bauteilen wird immer größer. Die sinnvolle Nutzung dieses Angebotes verlangt genaue Kenntnis der Eigenschaften und auch der Anforderungen, die vom Baustoff bzw. vom Bauteil erwartet werden müssen (vgl. Tabelle 34).

**Tabelle 34:** 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, Eindekkung mit Wellasbestzement, Aluminium, Ziegel
Fenster	Lichtdurchlässigkeit; Schutz vor Niederschlägen, Wind, Wärmeschutz; Notlüftung	z. B. Glas, Plexiglas, Kunststoff, Holz, Beton
Tore, Türen	Zugang für Menschen, Tiere; Einfahrt für Maschinen; Fluchtweg; Witterungsschutz, Wärmeschutz	z. B. Holz, Metall, Kunststoff, Mineralfaser

### 2.1 Eigenschaften der Baustoffe

Den universell einsetzbaren Baustoff gibt es nicht. Im allgemeinen hat jeder Baustoff (Abb. 80, S. 91) schwerpunktmäßig einige Eigenschaften in sich vereint, die ihn dann für bestimmte Einsatzbereiche prädestinieren.

#### 2.1.1 Wärmeschutz

Zur Beurteilung des Wärmeschutzes wird neben der Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes auch dessen Wärmespeichervermögen und indirekt auch die Wasserdampfdiffusion herangezogen (vgl. Tab. 35, S. 91).

Die Wärmeleitfähigkeit eines Baustoffes wird mit der Wärmeleitzahl ausgedrückt.

Die *Wärmeleitzahl* bezeichnet diejenige Wärmemenge in Wh, die durch  $1 \text{ m}^2$  Fläche eines Baustoffes der Dicke von  $1 \text{ m}$  in einer Stunde fließt, wenn zwischen den beiden Seiten ein Temperaturunterschied von  $1 \text{ K}$  besteht. Materialien mit sehr niedriger Wärmeleitzahl (z. B.

Abb. 80 Baustoffeigenschaften

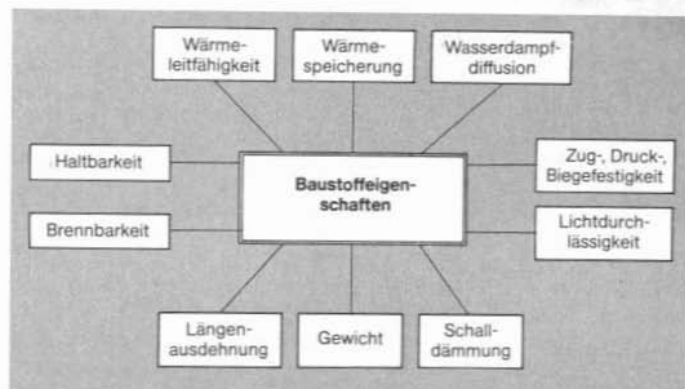


Tabelle 35: Wärmeleitzahl und Rohgewichte verschiedener Baustoffe (MV = Mischungsverhältnis)

Baustoff	Rohgewicht kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitzahl $\lambda$ in W/m K	Baustoff	Rohgewicht kg/m <sup>3</sup>	Wärmeleitzahl $\lambda$ W/m K
Natursteinmauerwerk	2500	2,32	Stahl		58,00
Ziegelmauerwerk	1000	0,41	Kupfer		383,00
Kalksandsteinmauerwerk	1800	1,04	Aluminium		204,00
Gasbeton	800	0,40	Zinkblech		69,80
Stampfbeton	1800	1,51	PVC		0,046
Stahlbeton	2200	2,04	Bitumenpappe	1100	0,170
Stahlbeton			Glas		0,810
(hochwertig)	2400	2,09	Holzwoleleichtbauplatten		0,080
Bimsbeton	1000	0,35	Minerale Dämmstoff		0,046
Blähton			Polyester m. Glasgewebe		0,046
haufwerkporig	1000	0,53	Polyester m. Glasmatte		0,046
Blähton mit geschl. Gefüge	1400	0,64	Polystyrol Hartschaum		0,040
Eichenholz		0,21	Korkstein expandiert	120	0,046
Fichtenholz		0,14	Foamglas		0,056
Sperrholz (wetterfest)		0,14			
Kalkmörtel (MV 1:4)		0,87			
Zementmörtel (MV 1:4)		1,39			

Mineralwolle 0,046 W/m K) dienen als Wärmedämmstoffe. Aus der Wärmeleitzahl der Baustoffe lässt sich der für die Beurteilung der Bauteile und für die Wärmehaushaltsberechnung besonders wichtige Wärmedurchgangskoeffizient errechnen (vgl. Tab. 36 und Abb. 81, S. 92).

Tabelle 36: Vergleich von Wärmeleitzahl und Wärmedurchgangskoeffizient

	Dimension	Kriterium	Anwendung
Wärmeleitzahl $\lambda$	W/m K	Wärmeleitfähigkeit eines <b>Baustoffes</b>	Vergleich von Baustoffen, Berechnung des k-Wertes
Wärmedurchgangskoeffizient k	W/m <sup>2</sup> K	Wärmedurchgang eines <b>Bauteiles</b>	Vergleich von Bauteilen, Berechnung von Wärmeverlusten ( $Q_D$ )

Die Rechenformel lautet:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_a}}$$

$\alpha_i$ : Wärmeübergangskoeffizient innen  
 $\alpha_a$ : Wärmeübergangskoeffizient außen  
 $d_1 \dots d_n$ : Baustoffdicke  
 $\lambda_1 \dots \lambda_n$ : Wärmeleitzahl des Baustoffes

Die in der k-Wert-Formel im Nenner aufgeführten Glieder  $\frac{d_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$

charakterisieren ein mehrschichtiges Bauteil. Die Rechenwerte für die Wärmeübergangskoeffizienten (DIN 4108) betragen für Außenwände und Decken, die Stallräume nach oben gegen die Außenluft abschließen,  $\alpha_i = 8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  und  $\alpha_a = 23 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Während die Schichtstärken der verschiedenen Baustoffe eines Bauteiles direkt gemessen werden können, übernimmt man die Wärmeleitzahlen aus Tabellen mit den technischen Daten von Baustoffen (vgl. Tabelle 35, S. 91).

In Abb. 81 wird anhand eines mehrschichtigen Bauteiles, nämlich eines beidseitig verputzten Mauerwerkes der Rechengang schematisch aufgezeigt.

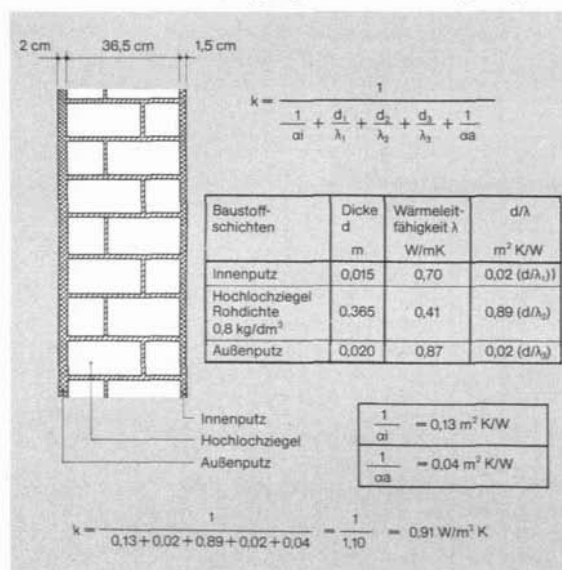


Abb. 81 Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten eines beidseitig verputzten Mauerwerkes

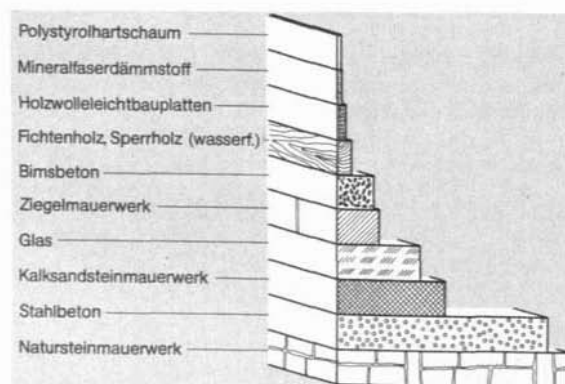


Abb. 82 Materialdicke bei gleicher Wärmedämmung ( $k = 0,95 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ )

## 2.1.2 Feuchtigkeitsschutz

Bei der praktischen Ausführung der Wärmedämmung müssen insbesondere die Probleme des *Feuchtigkeitsschutzes* berücksichtigt werden. Denn die Wärmedämmung beeinflusst die Temperaturen, wodurch die Aufnahmefähigkeit der Luft an Wasserdampf zu- oder abnimmt. Bauschäden verursachende Situationen entstehen zwar auch bei hohem Wasserdampfgehalt der Stalluft. Probleme gibt es aber vor allem, wenn die Aufnahmefähigkeit der Luft nicht mehr ausreicht und das Wasser sich niederschlägt, kondensiert.

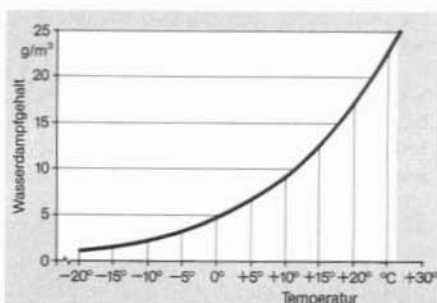


Abb. 83 Maximaler Wasserdampfgehalt der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur

Kurzzeitig auftretende Kondensate können durch wasseraufnahmefähiges Material (z. B. Holz) aufgenommen werden. Häufiges Einwirken führt jedoch zu Schimmelbildung und damit zu Bauschäden.

Tabelle 37: 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

Bei mehrschichtigen Wandbauteilen mit deutlich verschiedener Wärmeleitfähigkeit muß auf eine bauphysikalisch richtige Anordnung der Baustoffe geachtet werden. Unsachgemäße Anordnung kostet nicht nur Energie, sondern kann zu den gefürchteten Kernkondensatercheinungen führen, wenn im Bauteil die Taupunkttemperatur unterschritten wird.

Kernkondensat wird verhindert durch

- ▶ richtige Anordnung der Baustoffe (von innen nach außen geringer werdender Wasserdampfdiffusionswiderstand) (vgl. Tab. 38),
- ▶ eine Dampfsperre oder Dampfbremse auf der Innenseite,
- ▶ eine Hinterlüftung zwischen der inneren und äußeren Bauteilschicht.

Tabelle 38: Wasserdampfdiffusionswiderstand einiger Baustoffe

Material	Diffusionswiderstandszahl	Schichtdicke d (mm)	Teildiffusionswiderstand $r = u \times d$ (m)
Luft	1	1000	1,0
Ziegelmauerwerk	10	400	4,0
Zementmörtel	35	40	1,4
Beton (B 15)	100	200	20,0
Asbestzementplatten	50	6	0,3
PE-Folie	$10 \cdot 10^4$	0,1	10,0
Aluminium-Folie	$70 \cdot 10^4$	0,1	70,0

Materialien mit hohem Wasserdampfdiffusionswiderstand werden als Dampfsperren oder Dampfbremsen eingesetzt (Tabelle 38: PE-Folie, Alu-Folie).

### 2.1.3 Wärmespeichervermögen

Eine weitere wichtige Eigenschaft von Baustoffen und Bauteilen ist das Wärmespeichervermögen. Als Kennwert dient die *Wärmespeicherzahl* ( $S$ ) mit der Dimension  $Wh/m^3 K$ . Die vorübergehende Wärmespeicherung und Wärmeabgabe während der Tages- und Nachtzeit führt sowohl im Sommer als auch im Winter zu ausgeglicheneren Temperaturverhältnissen im Innenraum (Abb. 84), und zwar durch Abschwächung der Maximaltemperaturen (Amplitudendämpfung) und durch Verschiebung der Temperaturmaxima (Phasenverschiebung). Besondere Bedeutung hat die Wärmespeicherung bei der Stallhaltung von Mastschweinen oder Mastrindern. Sie trägt zu einer Abschwächung der hohen Sommertemperaturen bei, die ansonsten selbst bei richtig dimensionierten Lüftungsanlagen nicht zu vermeiden sind.

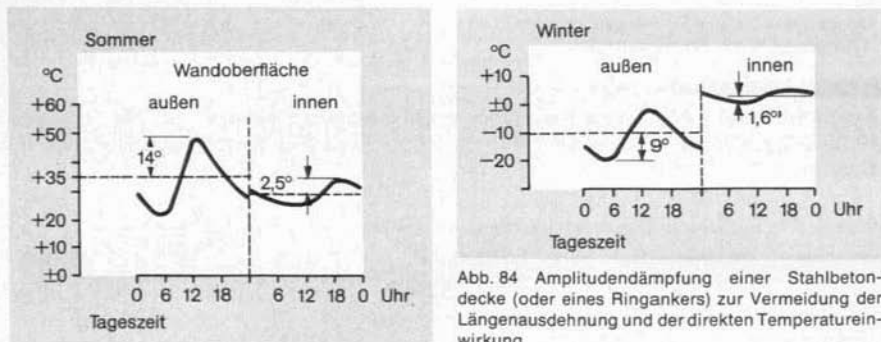


Abb. 84 Amplitudendämpfung einer Stahlbetondecke (oder eines Ringankers) zur Vermeidung der Längenausdehnung und der direkten Temperatureinwirkung

Tabelle 39: Wärmespeichervermögen einiger Baustoffe

Baustoff	Wärmespeicherzahl $S$ ( $Wh/m^3 K$ )
Natursteinmauerwerk	680
Ziegelmauerwerk	440
Beton	530–540
Fichtenholz	210
Aluminium	690

Vor allem die Amplitudendämpfung läßt sich durch die Anordnung der Wärmedämmung beeinflussen. Bei mehrschichtigen Bauteilen ist die Anordnung der Wärmedämmschicht auf der Außenseite zweckmäßig (Abb. 85).

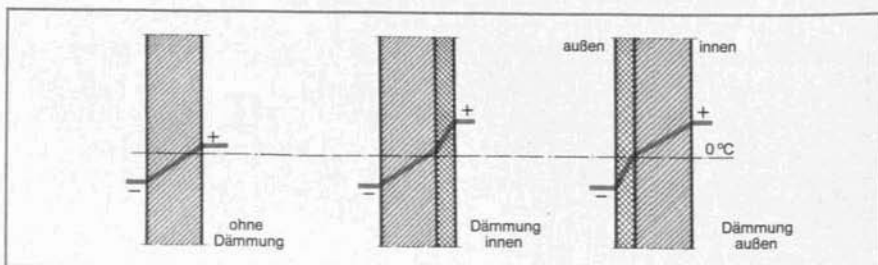


Abb. 85 Vergleich von innen- und außenliegender Wärmedämmung

## 2.1.4 Längenausdehnung

Im Zusammenhang mit dem Wärmeschutz muß eine andere Eigenschaft der Baustoffe gesehen werden, die Längenausdehnung. Sie wäre nahezu unbedeutend, wenn die landwirtschaftlichen Betriebsgebäude einheitlich aus nur einem Baustoff bestünden. Weil aber

- ▶ die Kombination von Baustoffen unerlässlich ist und
- ▶ die Unterschiede zwischen höchster Sommer- und tiefster Wintertemperatur doch beträchtlich sind,

müssen Baustoffe auch in der Längenausdehnung zusammenpassen oder das Einwirken der hohen Temperaturen verhindert werden (vgl. Tabelle 40).

**Tabelle 40:** Längenausdehnung einiger Baustoffe bei Erwärmung um 100 K

Baustoff	Längenausdehnung (mm/m)
Ziegelmauerwerk	0,5
Stahlbeton	1,2
PVC	12–18
Polystyrol-Hartschaum	7,0

**Beispiel:** Ein Gebäude mit Wänden aus Ziegelmauerwerk und einer Stahlbetondecke erreicht an den Wänden bei direkter Sonneneinstrahlung eine Temperatur von 40° C, im Winter bei Frost eine Temperatur von -20° C. Die Temperaturdifferenz beträgt somit 60 K. Würde die Stahlbetondecke keine Wärmedämmung nach außen aufweisen, so ergäbe sich – abgesehen von den direkten Einwirkungen auf die Raumtemperaturen – bei einem Gebäude von 30 m Länge eine Ausdehnung um 22 mm, die unweigerlich zur Rissebildung führen würde (vgl. auch Abb. 86).

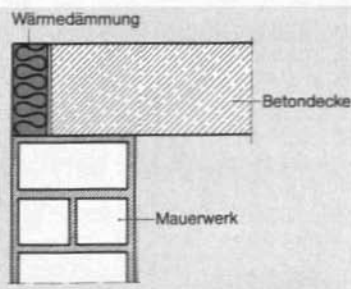


Abb. 86 Wärmedämmung einer Stahlbetondecke (oder eines Ringankers) zur Vermeidung der Längenausdehnung und der direkten Temperatureinwirkung

## 2.1.5 Brandschutz

Im Rahmen des Brandschutzes werden Baustoffe und Bauteile nach deren *Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und Wärme* 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 m<sup>3</sup> 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 unter der rechnerisch zulässigen Last ihre Standfestigkeit und Tragfähigkeit behalten und den Übergriff des Feuers verhindern. Nicht brennbare Baustoffe dürfen nicht zu Entflammung gebracht werden können und auch ohne Flamme nicht veraschen (Beispiele: natürliche und künstliche Steine, Mörtel, Beton, Stahl).

## 2.1.6 Statische Eigenschaften

Baustoffe für Decken, Wände, Dächer, Fundamente usw. sind Kräften und Lasten ausgesetzt (z. B. Eigengewicht, Verkehrslasten, Windlasten; vgl. a. Abschn. 3, S. 109). Sie müssen da-

nach ausgewählt werden, daß sie bei Beanspruchung durch Biegung, Zug und Druck standhalten. Derartig beanspruchte Bauteile werden statisch berechnet. Die statischen Eigenschaften lassen sich mit genormten Prüfverfahren untersuchen.

## 2.2 Beton

Beton entsteht aus Zement, Wasser und verschiedenen Zuschlägen. Nach der Rohdichte unterscheidet man Schwerbeton, Normalbeton und Leichtbeton. *Schwerbeton*-Zuschläge sind Schwespat, Eisenerz, Stahlsand und Stahlschrot. Bei *Leichtbeton* dienen als Zuschlag Naturbims, Hüttenbims, Blähton und Blähschiefer. *Normalbeton* – wenn keine Verwechslungsgefahr besteht auch einfach als Beton bezeichnet – hat als Zuschlag natürliches Gestein wie z. B. Sand, Kies oder Brechsand. Er gelangt hauptsächlich bei tragenden Konstruktionsteilen zur Anwendung (z. B. bei Fundamenten und Stützen). Wegen geringer Wärmedämmung (vgl. Abschn. 2, S. 92) eignet er sich als Wandbaustoff nur bei mehrschichtigem Aufbau in Verbindung mit wärmedämmendem Material.

Beton hält Druckbelastungen gut, Zugbelastungen kaum stand. Hierfür ist eine Stahlbewehrung erforderlich: Das ergibt *Stahlbeton*. Durch Vorspannen des Stahls kann die Festigkeit des Bauteils noch erhöht werden und es entsteht *Spannbeton*. *Transportbeton* ist einbaufertiger Beton, der zumeist in Transportmischern geliefert wird.

Die Eigenschaften des Zementes sind in der DIN 1164 festgelegt. Sie unterstehen der Überwachung. Besonders wichtig ist die Druckfestigkeit. Die einzelnen Festigkeitsklassen sind an den Farben der Säcke oder bei losem Zement an dem mitgelieferten Begleitblatt erkenntlich (Z 25 violett, Z 35 hellbraun, Z 45 grün, Z 55 rot). Für die bauliche Selbsthilfe wird vorwiegend Z 35 verwendet.

Die **Betonzuschläge** sind in DIN 4226 festgelegt. Vor allem die natürlichen Zuschläge sind in ihren Eigenschaften besonders schwankend. Charakteristisch für den Zuschlag ist die Sieblinie, die mittels eines Prüfsiebsatzes festgestellt wird. Schädliche Bestandteile im Zuschlag, wie z. B. zu viel Gesteinsstaub, Ton oder organische Substanzen, setzen die Festigkeit herab.

**Tabelle 41:** Zuschläge für Normalbeton

natürliche Zuschläge		künstliche Zuschläge
nicht gebrochen	gebrochen	
Flußsand	Brechsand	Hochofenschlackensand
Grubensand		Blähsand
Fließkies	Split	Hochofenstückschlacke
Grubenkies		Blähton
	Schotter	Schmelzschlacke
	Steinschlag	

Für das Erhärten des Betons reicht eine verhältnismäßig geringe Wassermenge. Zement bindet nur etwa eine Wassermenge von 40% seines Gewichtes. Eine höhere Wasserzugabe hat folgende Auswirkungen:

- ▶ Die Festigkeit sinkt,
- ▶ der Beton saugt mehr Wasser,
- ▶ der Beton schwindet stärker.

Beton wird in Betongruppen (B I und B II) und Festigkeitsklassen eingeteilt (Tab. 42, S. 97).

Die Zahl in der Bezeichnung der Festigkeitsklasse stellt die Mindestdruckfestigkeit dar, die jeder Prüfwürfel nach 28 Tagen erreicht haben muß.

Zur Charakterisierung der Verarbeitbarkeit von Beton verwendet man verschiedene Konsistenzklassen. So ist K 1 steifer Beton, K 2 plastischer Beton, K 3 weicher Beton (vgl. Tabelle 43, S. 97).



**Tabelle 42:** Einteilung des Betons in Betongruppen und Festigkeitsklassen

Gruppe	Herstellung	Festigkeitsklasse	Verwendung
B I	darf von jedem hergestellt und eingebaut werden	B 5 B 10	nur unbewehrter Beton
		B 15 B 25	bewehrter und unbewehrter Beton
B II	darf nur von besonderen Firmen eingebaut werden	B 35 B 45 B 55	

**Tabelle 43:** Mindestzementgehalt für Beton B I in Abhängigkeit von Konsistenz und Festigkeitsklasse (Zement: Z 35, Zuschlag: Größtkorn 32 mm, Sieblinie im günstigen Bereich)

Festigkeitsklasse	Mindestzementgehalt in kg/m <sup>3</sup> verdichteten Betons		
	K 1 <sup>1)</sup>	K 2	K 3
B 5 <sup>1)</sup>	140	180	–
B 10 <sup>1)</sup>	190	210	230
B 15	240	270	300
B 25	280	310	340

<sup>1)</sup> Nur für unbewehrten Beton

**Tabelle 44:** Mindestzementgehalt in kg/m<sup>3</sup> verdichteten Betons für Beton mit hohem Frostwiderstand und hohem Widerstand gegen schwachen chemischen Angriff

Zuschlag im günstigen Bereich	Konsistenz	Zementgehalt (kg/m <sup>3</sup> )
Größtkorn 32 mm	K 2	350
Größtkorn 16 mm	K 2	400

Da Zementgehalt, Zugabewasser und Zuschläge in einem genau abgestimmten Verhältnis stehen müssen, ergibt sich aus der Konsistenz das Betonrezept für die gewünschte Festigkeitsklasse (vgl. Tabelle 45).

**Tabelle 45:** Betonrezepte für 1 m<sup>3</sup> unbewehrten Beton der Festigkeitsklasse B 10 (Zuschlag: Größtkorn 32 mm, Sieblinie im günstigen Bereich, Zement: PZ 35 F oder HOZ 35 L)

Konsistenz	Zement kg	Zugabewasser l	Zuschläge (feucht) kg
K 1	190	80	2064
K 2	210	103	1991
K 3	230	125	1919

Je nach Konsistenz muß mehr oder weniger intensiv verdichtet werden. Stampfen und Stochern sind Handarbeit und im allgemeinen dem maschinellen Verdichtungsverfahren des Rüttelns unterlegen.

Die Festigkeitsentwicklung des Betons hängt vor allem von der Zementfestigkeitsklasse ab. Niedrige Temperaturen verlangsamen die Festigkeitsentwicklung, Frosteinwirkung kann das Gefüge des jungen Betons schädigen. Nach der Festigkeitsentwicklung richten sich die Ausschulfristen (vgl. Tabelle 47, S. 98).

**Tabelle 46:** Verdichtungsmethoden und ihre Eignung für verschiedene Betonkonsistenzen

Verdichtung durch	geeignet für Konsistenz	Bemerkung
Stampfen	K 1	Schichthöhen etwa 10 cm
Rütteln	K 1 und K 2	Außenrüttler eignen sich für Wanddicken von max. 20 cm bei einseitigem, und max. 40 cm bei beiderseitigem Rütteln. Innenrüttler sollen die Bewehrungsstäbe nicht berühren, in etwa 40 cm Abständen eingesetzt und in die schon verdichtete untere Schicht eingetaucht werden. Schichthöhen etwa 40 cm.
Stochern und Klopfen	K 3 und Fließbeton	Schichthöhen etwa 40 cm. Stochern innen und Klopfen außen, bis keine Luft mehr entweicht.

**Tabelle 47:** Ausschallfristen (Anhaltswerte) (Umgebungstemperatur höher als 5° C)

Zementfestigkeitsklasse	seitliche Schalung Tage	Deckenschalung Tage
Z 25	4	10
Z 35 L	3	8
Z 35 F u. Z 45 L	2	5
Z 45 F u. Z 55	1	3

**Tabelle 48:** Anwendungsbeispiele für Beton unterschiedlicher Festigkeitsklasse

Betonfestigkeitsklasse	Verwendung
B 5 } B 10 }	Fundamente
B 15	Kanalwände
B 25	Decken
B 35	Spaltenböden

Mit dem zunehmenden Einsatz von schweren Landmaschinen und Transportfahrzeugen kommt der **Befestigung der Hofflächen** besondere Bedeutung zu. Neben der Betonierung und Asphaltierung bietet sich für landwirtschaftliche Hofflächen der Einsatz des *Betonverbundpflasters* an, da es bei sorgfältiger Arbeit auch selbst verlegt werden kann, gute Tragfähigkeit aufweist und elastisch ist (wichtig bei hohen Belastungen und Temperaturspannungen):

- ▶ Höhen und Gefälle sorgfältig einrichten (Quergefälle mindestens 2%, Längsgefälle mindestens 0,5‰ zum Abfluß),
- ▶ Untergrund vorbereiten: bei Sand- und Kiesböden kann direkt auf dem Untergrund gepflastert werden, bei anderen Böden Tragschicht (z. B. Kies-Sand-Gemisch, Schotter, Hochofenschlacke) einbauen, Stärke je nach späterer Belastung zwischen 15 und 50 cm. Auf gute Entwässerung und Verdichtung achten.

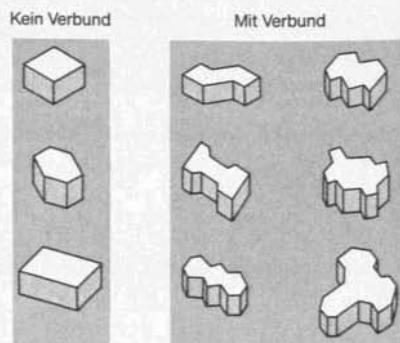


Abb. 87 Beispiele für Betonpflastersteine

- ▶ **Betonpflastersteinformat und -dicke wählen** (Dicke: Gehwege usw. 6 cm, Flächen für leichte Fahrzeuge 8 cm, landwirtschaftliche Hofflächen 10 cm). Die Formate unterscheiden sich durch mehr oder weniger starken Quer- und Längsverbund (Abb. 87). Der stärkere Verbund ist dann anzustreben, wenn die seitliche Begrenzung der Fläche fehlt.
- ▶ Verlegung mit Latten und Lehren in 3–5 cm starkes Sandbett, Unebenheiten durch Plattenrüttler oder Stampfen ausgleichen.

### 2.3 Mauerwerk

Mauerwerk besteht aus Mauersteinen und Mörtel. Das Mauerwerk hat seine besondere Bedeutung bei der konventionellen Bauweise.

Die **Stärke des Mauerwerks** richtet sich nach den Anforderungen (z. B. Wärmedämmung, Tragfähigkeit). Außenwände werden auf die erforderliche Wärmedämmung ausgelegt. Die daraus resultierende Stärke der Mauer reicht für statische Funktionen in der Regel aus.

Die **Steine eines Mauerwerks** werden in Verbänden gemauert, um die statische Festigkeit durch Verzahnung der Steine ineinander zu erreichen (Abb. 88).

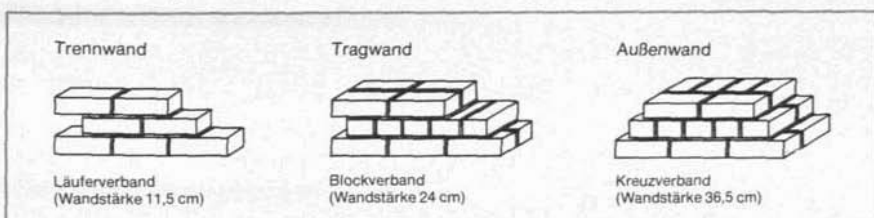


Abb. 88 Mauerverbände (Normalsteine) unterschiedlicher Funktion

Die Mauer besteht aus gebrannten, mörtelgebundenen oder natürlichen Steinen. Neben den hauptsächlich verwendeten **Ziegelsteinen** werden **Kalksandsteine**, **Leichtbetonvollsteine** und **Leichtbetonhohlblocksteine** verarbeitet.

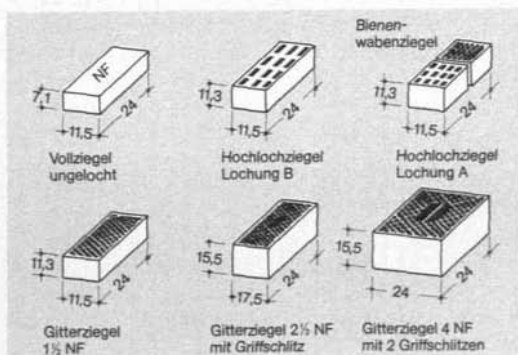


Abb. 89 Formate von Ziegelsteinen

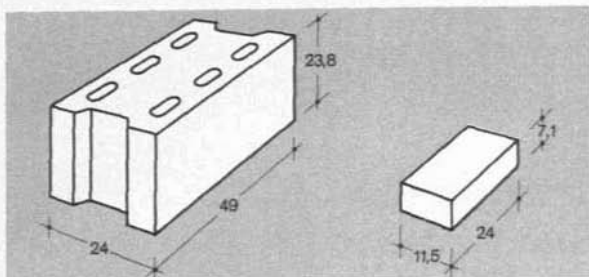


Abb. 90 Vergleich des Normalformates mit den Richtmaßen des Leichtbeton-Hohlblocksteines (L = 50 cm, B = 25 cm, H = 23,8 cm)

Mauerziegel bestehen aus gebranntem Ton. In dem Bestreben, die Wärmedämmung zu erhöhen, werden Mauerziegel mit Lochungen versehen bzw. es wird bei der Herstellung durch spezielle Verfahren das Porenvolumen vergrößert. Somit ändert sich die Rohdichte – der Ziegel wird leichter – und es nimmt aber auch die Druckfestigkeit ab. Mit dem geringeren Gewicht konnten auch großformatigere Ziegel zum Einsatz gelangen, ohne daß die Verarbeitung zur körperlichen Überlastung führen muß. Das größere Format beschleunigt das Mauern und verringert den Fugenteil. Die geringere Anpassungsfähigkeit muß durch Spezialsteine ausgeglichen werden.

**Tabelle 49:** Mauerziegel

Ziegelart	Rohdichte kg/dm	Druckfestigkeit kN/cm <sup>2</sup>	Abmessungen L × B × H cm
Vollziegel	1,8–2,0	9,8–34,3	24 × 11,5 × 5,2 bis 24 × 11,5 × 11,3
Hochlochziegel	1,0–2,0	9,8–34,3	24 × 11,5 × 5,2 bis 30 × 17,5 × 11,3
Großblockziegel	1,0–1,6	9,8–34,3	24 × 24 × 11,3 bis 36,5 × 30 × 23,8
Leichtziegel	0,6–0,8	2,5–34,3	24 × 24 × 11,3 bis 36,5 × 30 × 23,8

Der **Mörtel** verbindet die Steine zur Mauer. Er besteht aus einem *Bindemittel* (Kalk, Zement, Gips), *feinkörnigen Zuschlagstoffen* (reinen Sanden) und *Wasser*. Die Wahl des Bindemittels richtet sich nach der Druckbelastung des Mauerwerks. Für Mauerwerk verwendet man hauptsächlich Kalkmörtel. Die Korngröße sollte bei Mauermörtel 7 mm, bei Putzmörtel 1 mm nicht überschreiten. Kalk und Sand werden mit Wasser nach einem bestimmten Mischungsverhältnis (z. B. 1 : 3) zu einer plastischen Masse angerührt. In der Praxis schüttet man dabei zunächst Wasser in den Betonmischer, gibt dann einen Teil Kalk und drei Teile Sand zu und mischt. Die traditionelle handwerkliche Aufbereitung geschieht in einem Mörtelkasten mit Mörtelröhre. Werden nur kleine Mörtelmengen benötigt, so empfiehlt sich die Verwendung von sachgemäß vorgemischtem und abesackt im Handel erhältlichem Trockenmörtel (Mörtelgruppe II).

Beim Mauern ist besonders darauf zu achten, daß der auf der Mauer aufgetragene Mörtel (Mörtelband) gleichmäßig stark ist. Die Ziegel werden so gelegt, daß eine daumenbreite Stoßfuge bleibt.

Mauerwerk wird, von speziellen Formen abgesehen, außen (mindestens 2 cm) und innen (mindestens 1,5 cm) verputzt.

#### Der Außenputz

- ▶ schließt Mauerfugen (Wärmedämmung),
- ▶ schützt vor Durchfeuchtung (Regen, Schnee usw.),
- ▶ trägt durch Form- und Farbgebung zum ästhetischen Gesamteindruck des Gebäudes bei.

Der Putz soll haltbar sein, gut haften und das Austrocknen des Mauerwerks nicht behindern. Der Außenputzmörtel wird auf der Baustelle gemischt oder als Trockenmörtel (Edelputz) bereits in gemischter Form bezogen, so daß auf der Baustelle nur noch Wasser zugegeben werden muß.

Der **Innenputz** besteht aus zwei bis drei Schichten, die getrennt aufgetragen werden: *Spritzgrund*, *Unterputz* und *Schleifputz*. Als Spritzgrund dient bei Ställen meist rauher Kalkzementmörtel.

## 2.4 Holz und Holzverbindungen

Da zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe Wald besitzen, gehört der Baustoff »Holz« seit jeher zu den im landwirtschaftlichen Bauwesen stark verbreiteten Materialien.

Seine *Vorteile* sind folgende:

- ▶ Gute Festigkeitseigenschaften (wichtig für die Anwendung bei tragenden Teilen, z. B. Dachkonstruktion),
- ▶ gute Wärmedämmung, daher als Wand- und Deckenbaustoff geeignet,
- ▶ leichte Verarbeitung, was im Selbstbau besonders wichtig ist,
- ▶ begrenzte Feuchtigkeitsspeicherung.

Die Eigenschaften der einzelnen Holzarten sind unterschiedlich. Sie bestimmen deshalb den Anwendungsbereich.

**Tabelle 50:** Eigenschaften und Verwendung heimischer Bauholzarten (nach PILTZ, HÄRING, SCHULZ)

	Holzart und Rohdichte kg/dm <sup>3</sup>	Merkmale	Eigenschaften	Dauerhaftigkeit (ohne Imprägnierung)	Vorwiegende Verwendung
Nadelhölzer	Kiefer (Föhre) 0,50	Splint hellgelb, Kern rotbraun. Deutliche Jahrringe	Stark harzhaltig, besonders Kernholz. Harzfluß bei Brettern nachteilig. Bläue möglich	Ziemlich dauerhaft im Wechsel Luft/Wasser	Außenverarbeitung, Holzpflaster, Fußböden
	Lärche 0,55	Ähnlich Kiefer. Dunkelroter Kern. Schmales Splintholz	Starker Harzgehalt, jedoch ohne Harzfluß. Wenig arbeitend	Dauerhaft, kein Wurmfraß	Wasserbau, Außenverkleidungen
	Fichte und Tanne (»Fi/Ta«) 0,45	Kaum unterscheidbar, Holz gelblichweiß, Splint und Kern gleichfarbig. Astschnitte bei Tanne rund	Fichte weniger harzig als Kiefer. Tanne harzfrei. Gute Elastizität. Gradschaftig	Im Wechsel Luft/Wasser rasch faulend	Konstruktionsholz, Gerüste, Maste (impr.), Tischlerholz
Laubhölzer	Eiche 0,70–0,80	Heller, schmaler Splint, Kern braun, deutliche Jahrringe und Markstrahlen. Im Längsschnitt nadel-förmige Gefäße sichtbar	Schwer und fest (feuerhemmend), wenig arbeitend	Sehr dauerhaft. Kein Wurmfraß und Schwamm. Nur Kern verarbeitbar	Außenverarbeitung, Wasserbau, Treppen, Parkett
	Rotbuche 0,70	Frisches Holz gelblich, später rötlich, Kern nicht erkennbar. Markstrahlen dunkle kurze Striche	Druck- und abnutzungsfest. Durch Dämpfen biegsam und weniger arbeitend	Im Wechsel Luft/Wasser schnell faulend. Durch Vollimprägnierung von hoher Dauerhaftigkeit	Schwellen, Fußböden, Sperrholz, Tischlerholz
	Esche 0,70	Grobe Struktur	Biegsam, elastisch	Weniger dauerhaft	Leitern, Werkzeugstiele

**Holzverarbeitungsstufen** – Holz kommt in verschiedenen Verarbeitungsstufen zum Einsatz, die sich – wie in Abb. 91 angegeben – einteilen lassen.

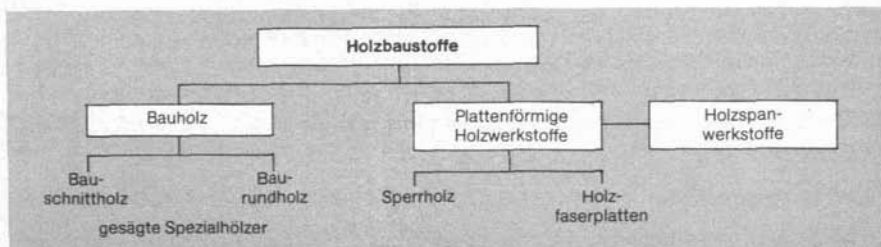


Abb. 91 Verarbeitungsstufen von Holz

Zum **Bauschnittholz** zählen Kanthölzer (Querschnittseiten von 6–20 cm), Bretter, Bohlen, Dachlatten, Leisten und Schwarten. Kanthölzer mit größeren Querschnittseiten nennt man Balken. Bei Brettern schwankt die Dicke zwischen 8 und 35 mm, während die Brettseite eine Breite von mindestens 8 cm aufweist. Bohlen haben eine Dicke von 40–120 mm. Dachlatten und Leisten liegen in ihren Abmessungen unter den Kanthölzern und Brettern. Die Maße der Dachlatten sind genormt. Schwarten sind Reststücke, die sich aus der runden Form des Stammes ergeben.

**Baurundhölzer** sind haltbar und preiswert, neuerdings mit Spezialverbindern für einfache Konstruktionen einzusetzen. Vor dem Einbau werden Baurundhölzer lediglich von Rinde und Bast befreit (weitere Anwendung: Pfosten, Masten, Zäune).

Im landwirtschaftlichen Bauwesen hat von den **plattenförmigen Holzwerkstoffen** vor allem das Sperrholz als Außen- und Innenverkleidung an Bedeutung gewonnen. Die Eignung hängt wesentlich von der Art der Verleimung ab (z. B. außen Type AW 100).

Zur Gruppe der **Holzspanwerkstoffe** gehören die Holzspanplatten und die Holzwole-Leichtbauplatten.

Wie es der Name schon ausdrückt, bestehen **Holzspanplatten** aus Holzspänen, die mit Kunstharzbindemitteln verleimt werden (Plattendicke 6–60 mm). Das umfangreiche Anwendungsgebiet umfaßt vor allem Bereiche, in denen sich Bretter und Bohlen ersetzen lassen.

**Holzwole-Leichtbauplatten** werden aus Holzwole und mineralischen Bindemitteln wie z. B. Zement oder Gips hergestellt (Plattendicke: 15–100 mm, Format: 500 × 2000 mm). Insbesondere im Zusammenwirken mit einem Schaumstoffkern (Mehrschichtplatte) werden Holzwole-Leichtbauplatten zur Verbesserung der Wärmedämmung eingesetzt.

Die grobe Oberflächenstruktur bildet einen guten Putzträger. Mehrschichtplatten werden auch auf der Innenraumseite mit einer Kunststoffolie als Dampfsperre kaschiert und als Deckenbauteile verwendet.

**Holzfaserplatten** entstehen aus zerfaserten Holzabfällen durch Zusammenpressen und Entwässern des Faserbreis (Bindung durch Eigenharze oder Zugabe von Kunstharz). Als Verwendungszweck sind bei porösen Platten die Wärmedämmung und bei Hartplatten die Verkleidung von Wänden und Decken (Wohnräume, Aufenthaltsräume) zu nennen.

**Holzschutz** – Holz ist der Zerstörung durch Insekten oder Pilze ausgesetzt. Holz muß daher geschützt werden (*Imprägnierung*). Die Wirkung der Holzschutzmittel beruht auf dem mehr oder weniger starken Eindringen in die Holzfasern. Ölige Schutzmittel oder wasserlösliche Salzverbindungen wirken dabei auf Pilze und Insekten als Gift. Beim Umgang mit Holzschutzmitteln ist darauf zu achten, daß von manchen auf Mensch und Tier Giftwirkungen ausgehen. Schutzöle (z. B. Teerölpräparate, Karbolineum) sollten bei möglichst trockenem Holz aufgetragen werden. Bei Salzlösungen wird das tiefere Eindringen durch größere Holzfeuchtigkeit gefördert. Bei den Salzlösungen unterscheidet man auswaschbare, fixierende (weniger lösliche) und hochfixierende (witterungsbeständige) Salze. Letztere sind meist sehr giftig und in Aufenthalts- bzw. Stallräumen nicht zu verwenden. Bei auswaschbaren Salzen

muß auf eine in den Randzonen reichlich gespeicherte Salzmenge geachtet werden. Während bei der Anwendung das Randschutzverfahren (z. B. Streichen, Spritzen, Tauchen) den handwerklichen Verfahren zugeordnet werden kann, gehört der Tiefschutz (z. B. Trogränkung, Kesseldrucktränkung) mehr in den industriellen Bereich.

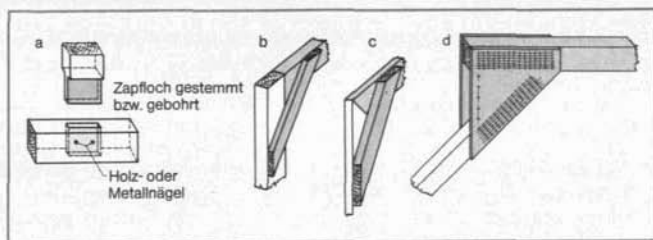
**Holzverbindungen** – Bei der Verarbeitung von Holz kommt den Verbindungen besondere Bedeutung zu. Bei der Verwendung von Holz für Konstruktionen wurden bisher nur die handwerklichen Verbindungen der Zimmerer genutzt. Hierbei wird nicht geleimt, sondern überwiegend mit *Schlitz und Zapfen* bzw. *Bolzen* befestigt.

*Nagelverbindungen* erfordern demgegenüber keine handwerklichen Fähigkeiten. Es genügen einfache Werkzeuge wie Hammer und Säge, weswegen diese Art der Holzverbindung im landwirtschaftlichen Bauwesen gewisse Vorteile bringt. Nagelverbindungen sind haltbar. Es ist aber zu beachten, daß die Haltbarkeit bei längs zur Faser eingeschlagenen Nägeln um 50% unter derjenigen bei quer zur Faser eingeschlagenen Nägeln liegt.

Nagelverbindungen werden neuerdings wieder verstärkt bei Holzbauelementen eingesetzt. Mit Knotenplatten aus wetterfest verleimtem Sperrholz lassen sich z. B. stützenfreie Starrrahmenkonstruktionen herstellen, bei denen die Hölzer stumpf gestoßen und mit Knotenplatten und Nägeln biegesteif verbunden sind (Abb. 92).

Abb. 92 Holzverbindungen:

- a) mit Schlitz und Zapfen
- b) stumpfer Stoß gerade
- c) stumpfer Stoß auf Gehrung
- d) Sperrholz-Knotenplatte



Stumpf aneinandergestoßene Hölzer können auch mit *Holzverbindern aus verzinktem Stahlblech* verbunden werden. Dies geschieht entweder durch Einschlagen von verzinkten Nägeln in die im Holzverbinder vorgesehenen Löcher oder durch werkseitiges Einpressen von Nagelplatten (Abb. 93 und 94).

Vereinzelt werden im landwirtschaftlichen Bauwesen auch *Leimbinder* eingesetzt. Sie eignen sich vor allem für stützenfreie Gebäude größerer Spannweite, z. B. für zwei- und mehrreihige Stallgebäude und Maschinenhallen.

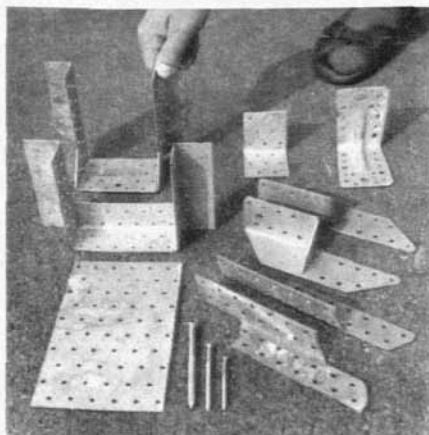


Abb. 93 Verzinkte Holzverbinder: mit Nägeln zu befestigende Lochplatten (HVV-Verbinder)

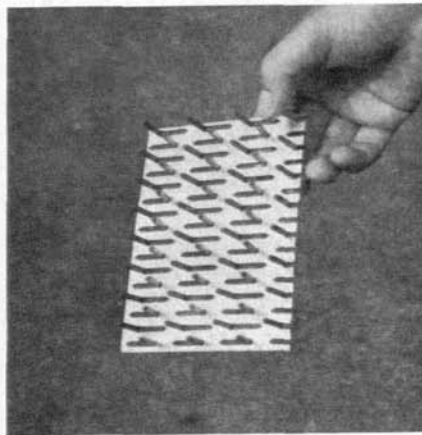


Abb. 94 Verzinkte Holzverbinder: Nagelplatte (Gang-Nail-Platte)

## 2.5 Kunststoffe und organische Dämmstoffe

Der Einsatz von Kunststoffen im landwirtschaftlichen Bauwesen wird dann wirtschaftlich, wenn möglichst mehrere Eigenschaften des teuren Materials nutzbar sind. Während die Verwendung auf Innenseiten von Gebäuden kaum Probleme aufwirft, ist bei Außenseiten zu beachten, daß die Sonneneinstrahlung (UV-Licht) und Temperaturunterschiede (bis zu 60 ° C) Veränderungen hervorrufen können. Auch für statische Belastung zeigen Kunststoffe wenig Eignung.

Andererseits sind Kunststoffe leicht, daher gut transportierbar und einfach zu handhaben. Besonders wichtig ist auch die Korrosionsfestigkeit. Die hauptsächliche Anwendung liegt bei Folien (Auskleidungen, Abdeckungen) und Hartschäumen für die Wärmedämmung.

Einteilung der Kunststoffe nach Anwendungsgruppen mit Anwendungsbeispielen:

1. Feste und elastische Kunststoffe: Formstücke, Rohre, Schläuche, Platten, Profile, Beläge, Folien
2. Geschäumte Kunststoffe: Dämmplatten
3. Flüssige Kunststoffe: Lacke, Anstrichdispersionen, Kleber
4. Plastische Kunststoffe: Kitten

**Tabelle 51:** Verwendung verschiedener Kunststoffarten (nach PILTZ, HÄRIG U. SCHULZ, 1971)

Verwendung für	Kunststoffart
Schaumstoffe	PVC, PS, PF, UF, PUR
Folien	PE, PP, PVC, PS, PA
Bodenbeläge	PVC, PA, UP, EP, PUR
Bauprofile	PE, PP, PVC, PS
Rohre, Schläuche	PE, PP, PVC, PMMA, PA
Formteile, Behälter	PE, PP, PVC, PS, PMMA, PF, UF, MF, GUP
Lichtplatten	PVC, PMMA

### Erläuterung der Abkürzungen:

PVC = Polyvinylchlorid	PP = Polypropylen
PS = Polystyrol	PA = Polyamid
PF = Phenolformaldehyd	UP = ungesättigte Polyester
UF = Harnstoffformaldehyd	EP = Epoxidharz
PUR = Polyurethan	PMMA = Polymetacrylat
PE = Polyäthylen	MF = Melaminformaldehyd

## 2.6 Baumetalle

Zu den Baumetallen werden, neben Eisen und Stahl, Aluminium und Zink, ferner – bei geringerer Bedeutung für das landwirtschaftliche Bauwesen – Kupfer, Blei, Zinn, Chrom und Nickel gerechnet.

Beim Stabstahl unterscheidet man zwischen glattem Rundstahl und den sich besser mit dem Beton verbindenden Rippenstählen. Baustahlmatten bestehen aus zusammengeschweißten

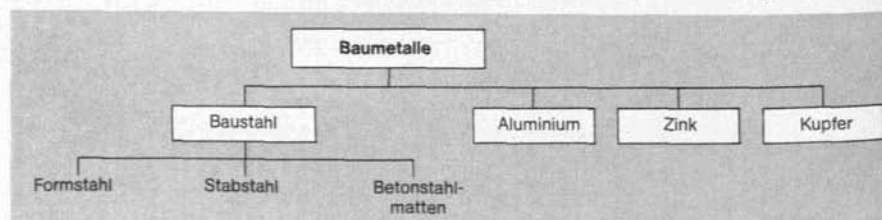


Abb. 95 Baumetalle und ihre Verwendung



**Tabelle 52:** Einteilung der Betonstähle

Art	Kurzzeichen	Form	Nennendurchmesser mm
Betonstabstahl	I G	glatt	5–28
	I R	senkrecht zur Achse verlaufende Querrippen	6–40
	III U	sichelförmige Schrägrippen	6–28
	III K	sichelförmige Schrägrippen, um Längsachse verwunden	6–10 10–28
Betonstahlmatten	IV G	glatt	4–12
	IV P	profiliert	4–12
	IV R	gerippt (schräg)	4–10 10–16

Bewehrungsstählen (glatt, profiliert oder gerippt). Es gibt auch Matten aus Betonrippenstählen, die z. B. mit Kunststoffmuffen zu sog. Verbundstahlmatten zusammengefügt sind. Im konstruktiven Bereich wird **Stahl** auch als Formstahl eingesetzt. Die unterschiedlichen Profilträger (Abb. 96) werden durch Schrauben, Nieten oder Schweißen verbunden. Für intensiven Korrosionsschutz muß gesorgt werden (Verzinkung, Rostschutzanstriche).

**Aluminium** wird im landwirtschaftlichen Bauwesen vorwiegend für Bedachungen (Profiltafeln), z. T. als Fassadenelemente und als Innenverkleidung bzw. in Form von Dichtungsbahnen und Folien als Dampfbremse eingesetzt. Weitere wichtige Eigenschaft: Reflexion der Wärmestrahlung.

**Zink** erhält seine besondere Bedeutung im Bauwesen durch den Korrosionsschutz von Stahlteilen (Verzinkung):

- ▶ Feuerverzinkung: Schmelztauchverfahren
- ▶ elektrolytische Verzinkung (galvanisches Verfahren)
- ▶ Spritzverzinkung, Zinkstaubanstriche

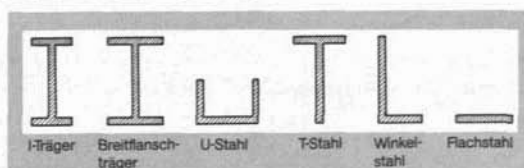


Abb. 96 Verschiedene Arten von Stahlprofilen

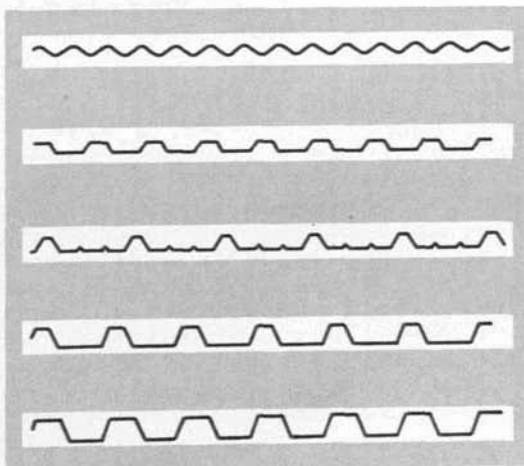


Abb. 97 Verschiedene Arten von Aluminiumprofilen

## 2.7 Dacheindeckungen

Das Dach schützt das Gebäude vor Regen und Schnee. Im landwirtschaftlichen Bauwesen werden vorwiegend *Kaltdächer* verwendet. Hierbei liegt unter der Dachhaut ein durchlüfte-

ter Dachraum. Die Dachhaut bzw. das zur Eindeckung verwendete Material bestimmt die Dachneigung (vgl. Tabelle 53). Dachform, Dachneigung und das Material der Eindeckung (Farbe, Struktur) prägen wesentlich das Aussehen eines Gebäudes.

**Tabelle 53:** Dacheindeckungen

Dachdeckung	Dachneigung in Grad
Schiefer	30–50
Ziegel	20–60
Betondachstein	20–60
Papp-Deckungen	3–30
Wellasbestzementtafeln	5–30
Metalldeckungen	3–25

Das Ziegeldach benötigt wegen seines Gewichtes eine stabile Dachkonstruktion, die im allgemeinen gegenüber Eindeckungen aus z. B. Wellasbestzementplatten zu einer Verteuerung landwirtschaftlicher Betriebsgebäude führt. In Gegenden, in denen das Ziegeldach traditionell verbreitet ist, wird es z. T. von den begutachtenden Behörden gefordert.

Wellasbestzementplatten werden aus einem Gemisch von Asbestfasern und Zement hergestellt (Pressen und Erhitzen). Das Material ist hellgrau und wird zur Anpassung an örtlich übliche Dachfarben rotbraun oder dunkelgrau eingefärbt. Bei Eindeckung und Reparaturen sollten zur Vermeidung von Brüchen auf die Wellasbestzementplatten Bohlen zum Begehen des Daches ausgelegt werden.

Dacheindeckungen aus Well- bzw. Profilaluminium sind leicht und reflektieren die einstrahlende Wärme.

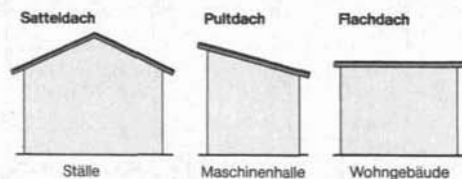


Abb. 98 Beispiele von Dachformen

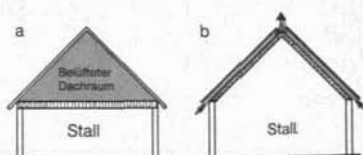


Abb. 99 Kaldtatch; a) mit ebener Decke, b) mit schräger Decke

## 2.8 Decken

Dachkonstruktion, Eindeckung und Decke stehen in enger Beziehung und sind aufeinander abzustimmen. Dachziegel sollten z. B. auf Ober- und Unterseite annähernd gleichen Temperaturen ausgesetzt sein, um die Gefahr von Frostschäden zu vermeiden. Dies erfordert das sogenannte Kaldtatch, bei dem sich auf der Unterseite der Dachhaut ein belüfteter Raum befindet (Abb. 98 und Abb. 99). Die richtig angeordnete Hinterlüftung stellt 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 wärmedämmten Innenräumen kommt der Decke wegen ihres hohen Flächenanteils besondere Bedeutung zu (vgl. Abb. 100). Durch die starke Verbreitung des Flachbaus und die Entwicklung moderner Dämmstoffe konnten die Decken vereinfacht und verbilligt werden. An Decken werden folgende Anforderungen gestellt:

- ▶ Wärmedämmung
- ▶ Haltbarkeit und günstiger Preis
- ▶ einfache Pflegemöglichkeiten

Für die technische Ausführung ergeben sich daraus insbesondere hinsichtlich des Einsatzes verschiedener Wärmedämmstoffe Konsequenzen:

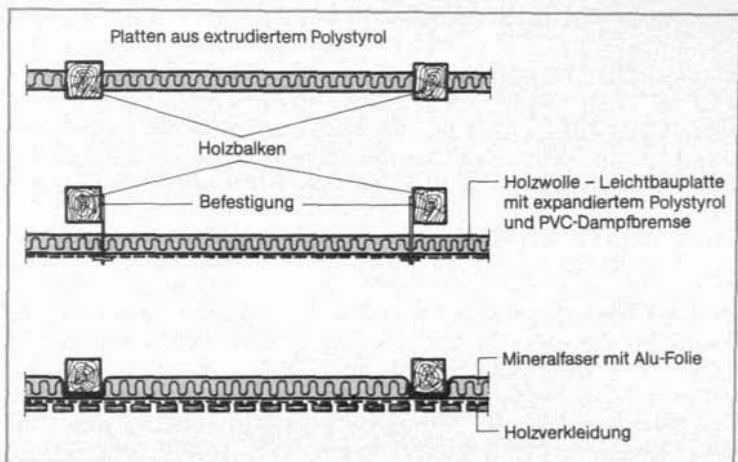


Abb. 100 Aufbau verschiedener Holzbalckendecken

- ▶ Dämmstoffe, deren Gefüge (z. B. expandiertes Polystyrol) die Aufnahme von Wasserdampf zuläßt, was zu einer Verringerung der 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 enthält die Tabelle 54.
  - Platten aus extrudiertem Polystyrol,
  - Holzwole-Leichtbauplatten mit mittlerer Wärmedämmschicht aus expandiertem Polystyrol und PVC-Dampfbremse,
  - Polyurethanplatte, beidseitig mit Aluminiumfolie kaschirt.
- ▶ Dämmplatten müssen in einem weiteren Arbeitsgang gegen Wasserdampf geschützt werden (z. B. Einbau einer Kunststoff- oder Alu-Folie). Dämmplatten sind allerdings auch mit aufkaschierter Aluminiumfolie lieferbar.
- ▶ Schüttfähige Dämmstoffe erfordern neben der Dampfbremse die Anbringung einer Verkleidung.

Tabelle 54: Dämmstoffe für Stalldecken (nach ENGLERT, 1978)

Dämmstoffe	Rechenwert der Wärmeleitfähigkeit (in W/mK)	erforderliche Dämmstoffdicke für einen Wärmedurchlaßwiderstand von $1,22 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (in cm)	ungefähre Materialkosten für eine dämmende Verkleidung mit $1,22 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ (in DM/m <sup>2</sup> )	Arbeitsgänge
Alu-kaschiertes Polyurethan (Eurothane U/AL)	0,029	3,5	20,50	1
expandiertes Polystyrol (Isotex-WD-Platten)	0,041	5,0	21,50	1
extrudiertes Polystyrol (Styrodur, Styrofoam)	0,041	5,0	17,30	1
Mineralfasern	0,041	5,0	14,10 <sup>1</sup>	3
Superlite-Staubex	0,046	5,6	13,05 <sup>1</sup>	3

<sup>1</sup> inclusive Dampfsperre aus 0,2 mm PE 1,00 DM/m<sup>2</sup>, Holzverkleidung 7,00 DM/m<sup>2</sup>

## 2.9 Türen, Tore und 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 Flügeltore zum Einbau. Außentüren von Ställen und anderen Warmbereichen müssen wärme gedämmt sein.

Fenster dienen bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden überwiegend der Belichtung und werden in der Größe auf diesen Zweck ausgerichtet und angeordnet. In der Schweine- und Hühnerhaltung werden Fenster aus Rationalisierungsgründen und zur besseren Stallruhe eingespart. Hühner unterliegen besonderen Belichtungsprogrammen, die sich am besten mit Kunstlicht einstellen lassen. Wegen besserer Stallübersicht, Tierkontrolle und Sauberhaltung sollte nach Möglichkeit auf das natürliche Tageslicht verzichtet werden. Je nach Raumnutzung liegt die Gesamtfensterfläche zwischen 5 und 20% der Bodenfläche des Raumes.

Bei wärme gedämmten Räumen (Stallräume, andere geheizte Räume) sollte die Zuteilung der Fensterfläche sparsam erfolgen. 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. Für Ställe kann mit einem Wert von ca. 10% der Bodenfläche gerechnet werden.

Stallfenster sollten 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.

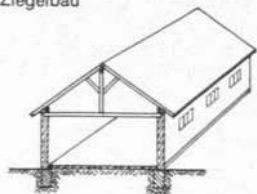
Stallfenster sollten nur in Notfällen als Lüftungselement Verwendung finden, z. B. wenn die Lüftungsanlage ausfällt. Fenster sind als Zuluftelement ungeeignet. Auf komplizierte Schwenkeinrichtungen kann daher verzichtet werden. Für die Notlüftung und Säuberung genügt es, wenn Fenster herausnehmbar sind.

## 3 Bauweisen

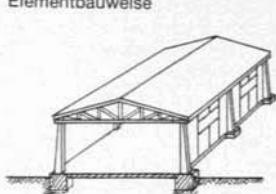
### 3.1 Allgemeines

Landwirtschaftliche Betriebsgebäude werden sowohl konventionell, mit vorgefertigten Teilen und in Selbsthilfe erstellt. In Abb. 101 sind Beispiele dieser Bauweisen gegenübergestellt.

Ziegelbau



Elementbauweise



Starrrahmenbauweise



Abb. 101 Gegenüberstellung von Bauweisen nach der Art der Herstellung

Für alle Konstruktionen und Bauweisen gilt, daß sie auf die auf sie wirkenden Kräfte und Lasten mit ausreichender Sicherheit einzurichten sind.

Unter *Eigengewicht* versteht man diejenigen Gewichte (Kräfte), die vom Baukörper selbst ausgehen (z. B. Gewicht der Wände, Decken, Fundamente usw.). Für die statische Berechnung werden die benötigten Werte aus DIN 1055 Bl. 1–5 entnommen.

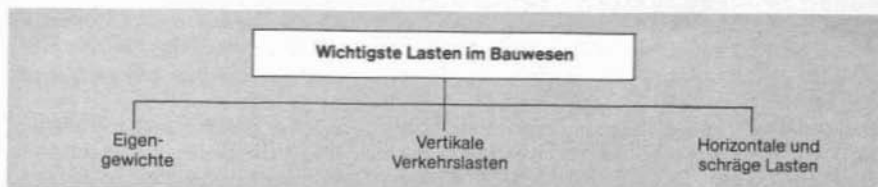


Abb. 102 Lasten im Bauwesen

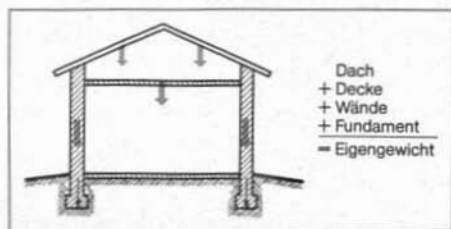


Abb. 103 Eigengewicht eines Gebäudes

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 55:** Beispiele für regional bedingte Schneelasten (aus Schneelastzonen-Karte DIN 1055)

Ort	Geländehöhe (m über NN)	Schneelastzone	Schneelast (kN/m <sup>2</sup> )
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

Neben den vertikalen Eigen- und Verkehrslasten wirken auf Gebäude und Bauteile auch *horizontale und schräg gerichtete Kräfte*. In diesem Zusammenhang sind für landwirtschaftliche Betriebsgebäude vor allem die Windlasten zu nennen (Abb. 104).

Die Windkräfte greifen nicht in vertikaler Richtung, immer aber im rechten Winkel zur Bauteilfläche an (Sog, Druck). Dies gilt ebenso für Quer- wie auch für die Längsseiten der Gebäude. Während in Querrichtung die tragende Konstruktion die Kräfte vielfach ohne 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. 105).

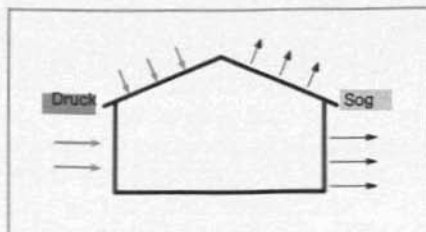


Abb. 104 Einwirken von Windkräften

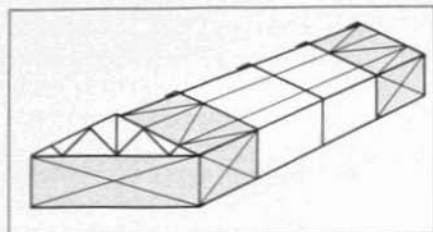


Abb. 105 Windverband eines Gebäudes

Dabei genügt im Normalfall die sorgfältige Aussteifung der Giebel- und angrenzenden Wand- bzw. Dachflächen, um das gesamte Gebäude gegenüber den Windlasten zu stabilisieren. Die Größe dieser Windlasten schwankt bei senkrechten Flächen zwischen 5 und 130 kN/m<sup>2</sup>.

Bauwerke mit genügend steifen Wänden und Decken (z. B. bei konventioneller Bauweise) müssen vielfach nicht auf Windlasten untersucht werden. Bei den bei Ställen häufig auftretenden langen Seitenwänden muß das Mauerwerk mit Stahlbetonstützen und Ringanker aussteift werden.

Weitere Belastungen entstehen durch Erd- und Wasserdruck. Bei den nicht unterkellerten landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden werden diese Kräfte weniger wirksam. Schräge Lasten treten allerdings durch schiefe Kranzüge auf (Greiferhallen) und bedürfen der entsprechenden Absicherung, was zur erheblichen Verteuerung derartiger Einrichtungen führt.

### 3.2 Stallgebäude

Die Gebäudeabmessungen werden dem Funktionsverlauf angepaßt (vgl. Band 3 B, Kap. 3). Stallgebäude werden als Flachbauten und vorwiegend wärmegeklämt ausgeführt. Dies gilt auch für Rinderställe, obwohl z. B. Kühe relativ geringe Ansprüche an die Stalltemperaturen stellen. In kontinentalen Klimazonen sind es nicht nur die tiefen Außentemperaturen, die den Tieren zusetzen können, und denen z. B. bei der Schweinehaltung durch Zuheizen entgegengetreten werden kann, sondern die hohen Sommertemperaturen, auf die die Tiere mit Leistungsrückgang reagieren.

Insbesondere bei den empfindlicheren Tierarten (z. B. Schweinen) 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 einzuwirken vermögen. Die Wände bestehen aus Mauerwerk. Der Dachstuhl wird entweder als Zimmermannskonstruktion, immer häufiger aber mit vorgefertigten Holzfachwerkbindern ausgeführt (Abb. 106).



Abb. 106 Konventionelle Bauweise mit unterschiedlicher Dach- bzw. Deckenkonstruktion (nach ALB)

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.

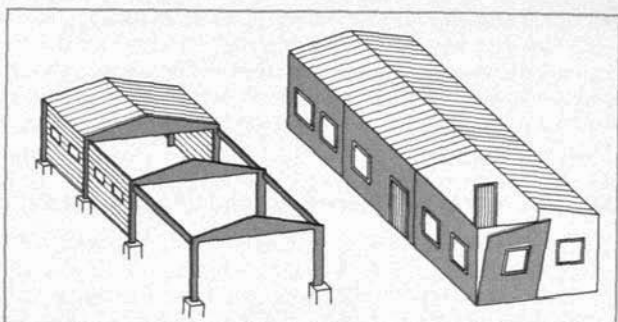
**Vorteile** der konventionellen Bauweise: Einsatz von Eigenleistungen, massive Bauteile.

**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.

Bei der **Skelettbauweise** übernimmt die tragenden Funktionen ein Gerippe aus Holz, Beton oder Stahl. Die Ausfachung der Wände kann mit verschiedenen Baustoffen oder Baustoff-

Abb. 107 (l) Skelettbauweise, (r) Mantelbauweise



kombinationen, die als Platten vorgefertigt sind, erfolgen. Die Auswahl und Stärke der einzelnen mit der Platte verarbeiteten Baustoffe richtet sich nach der Beanspruchung.

Bei der *Tafelbauweise* ist die Wandscheibe zusätzlich als tragendes Element ausgebildet. Für wärmegeämmte Stallgebäude werden vorwiegend Baustoffkombinationen verwendet, bei denen ein *Holzrahmen innerhalb der Tafel* hauptsächlich die Tragkraft liefert.

Die *Tafelbauweise* wird aber auch bei Beton- und Ziegelfertigbau verwendet, da die massigen Wandbauteile von vornherein die auftretenden Lasten aufzunehmen vermögen. Darüber hinaus gibt es auch Vollholzkonstruktionen in *Tafelbauweise*, bei denen die Kräfte über das Wandelement abgeleitet werden.

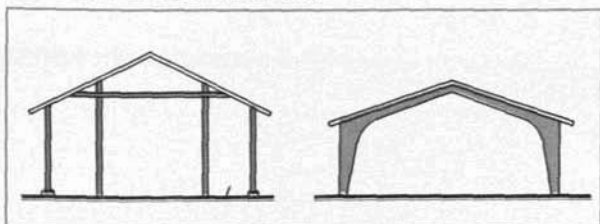


Abb. 108 Holzkonstruktionen für Skelettbauweise; (l) Ständerkonstruktion, (r) Leimbinderkonstruktion

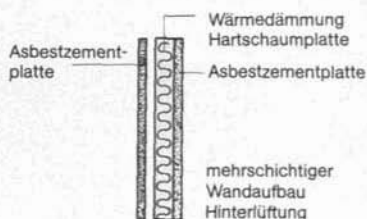


Abb. 109 Wandaufbau für nicht-tragende Wände

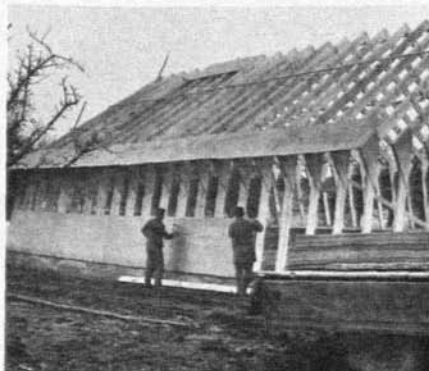


Abb. 110 Starrahmenbauweise



Abb. 111 Mantelbauweise

Die starken jahreszeitlichen Schwankungen des Arbeitskräftepotentials 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 gehen.

Der Einsatz von Eigenleistung ist bisher bereits bei konventionellen Bauweisen stark verbreitet. Neuerdings bieten Hersteller von vorgefertigten Gebäuden »Montage-Pakete« an, die ebenfalls die Verwendung eigener Arbeitskräfte zulassen. Durch die Entwicklung von Bauweisen, bei denen der Bau weitgehend dem Landwirt ermöglicht wird, können zusätzlich Baukosten eingespart werden (Beispiele: Starrahmenbauweise Abb. 110, Mantelbetonsteinbauweise Abb. 111).

### 3.3 Bau von Maschinenhallen und Lagerräumen

Die vorweg beschriebenen Bauweisen werden in vereinfachter Form auch für Maschinen- und Lagerhallen eingesetzt, mit dem Unterschied, daß diese Gebäude, von Speziallagern z. B. für Kartoffeln abgesehen, keine Wärmedämmung erfordern. Dies begünstigt Skelettbauweisen aus Holz, Stahl und Stahlbetonfertigteilen.

Maschinenhallen sollten in Grundfläche, Höhe und Konstruktion sorgfältig auf den Maschinenpark abgestimmt werden.

Für die Unterstellung von Großmaschinen (Mährescher, Vollernter) und großen Transport-

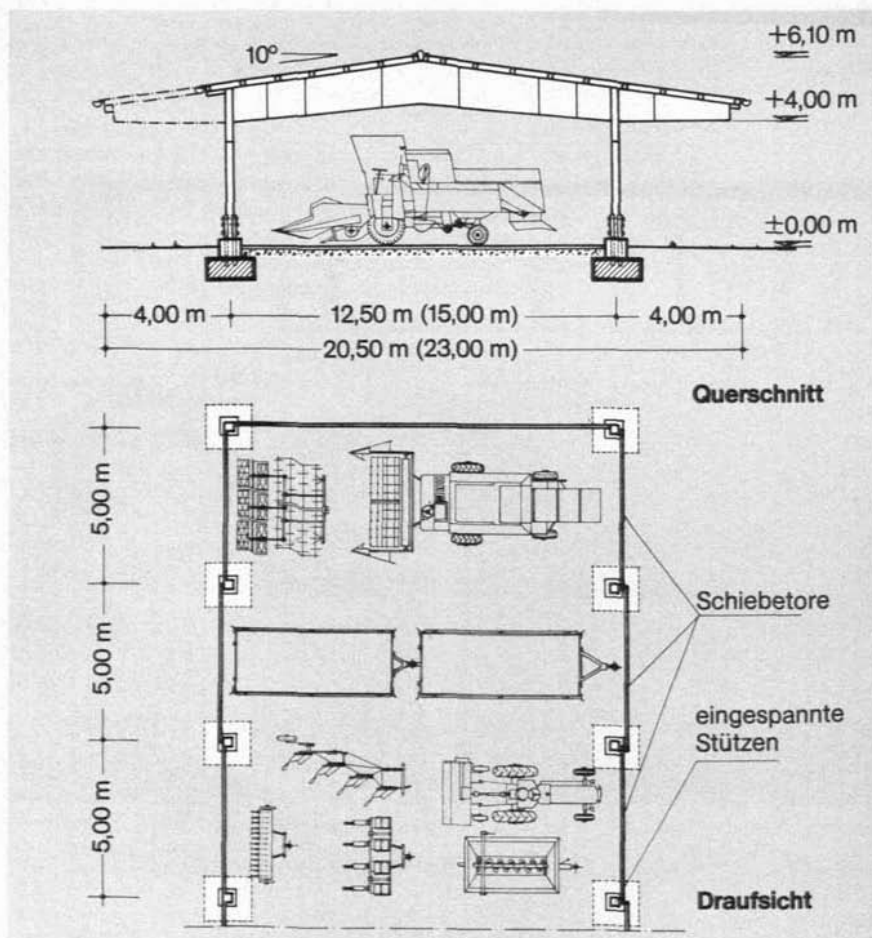


Abb. 112 Satteldach-Maschinenhalle mit Vordach (nach ALB)



fahrzeugen sind 12,5–15 m breite Hallen vorzusehen, die von beiden Längsseiten über Tore befahrbar sind (Abb. 112).

Für kurze Maschinen und Geräte (z. B. Einachs-Anhänger, Dreipunktanbaugeräte) genügen einseitig erschlossene Pultdachhallen, zum besseren Schutz vor Witterungseinflüssen mit Vordach und Schiebetoren ausgestattet (Abb. 113).

In Grünland- und Futterbaubetrieben werden zur Futtereinlagerung Spezialgebäude verwendet, die wegen der stark auf die Technik ausgerichteten Form in den jeweiligen verfahrenstechnischen Kapiteln beschrieben sind (vgl. Bd. 3 B).

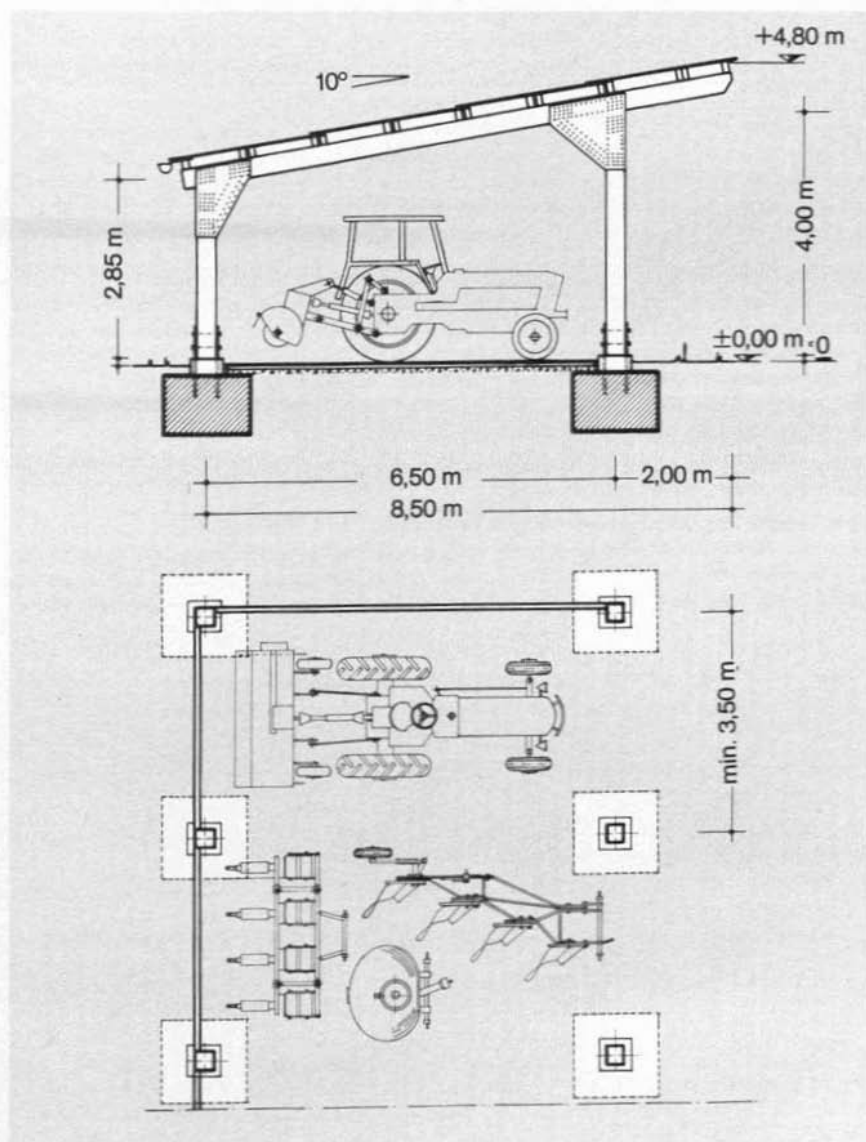


Abb. 113 Pultdach-Maschinenhalle (Starrrahmenkonstruktion für den Selbstbau) (nach ALB)

## 4 Stall-Lüftung

### 4.1 Allgemeine Anforderung

Bei der Stallhaltung entstehen Gase, die teils von Tieren erzeugt, teils bei der Zersetzung von Kot und Harn gebildet werden (Tab. 56). Außerdem wird die Stallluft mit Wasserdampf angereichert, während gleichzeitig der Sauerstoffgehalt durch den Verbrauch der Tiere sinkt.

**Tabelle 56:** Im Stallbereich hauptsächlich entstehende Gase und zulässige Konzentration

Bezeichnung	Entstehung	zulässige Konzentration nach DIN 18 910
NH <sub>3</sub> Ammoniak	bakterielle Zersetzung der Fäkalien	bis 0,05 l/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> S Schwefelwasserstoff	Fäulnis der organischen Substanz	max. 0,01 l/m <sup>3</sup>
CO <sub>2</sub> Kohlendioxid	Atmungsluft der Tiere	35%

Die Gase erzeugen bei Überschreitung der zulässigen Konzentration Schäden bei den Tieren (Reizung der Schleimhäute, z. T. Erregung des zentralen Nervensystems) und verursachen Schäden an Gebäuden. Die Bildung der Gase muß daher so weit wie überhaupt möglich eingeschränkt werden, und zwar durch

- ▶ Hygienemaßnahmen: Sauberhaltung des Stalles, regelmäßige Reinigung,
- ▶ sorgfältige Fütterung,
- ▶ Abtransport des Mistes.

Diese Maßnahmen tragen – wenn auch nur geringfügig – zur Reduzierung des Geruchsniveaus in der Stallluft bei (Immissionen).

Die **Aufgabe der Lüftungseinrichtungen** besteht nun darin, daß diese Gase, vor allem aber auch der Wasserdampf, abtransportiert werden und eine geregelte Frischluftzufuhr erfolgt. Die ebenfalls erzeugte Wärme muß im Sommer durch Lüftung oder eventuell Kühlung abgeführt werden, im Winter trägt sie zur Erhaltung des gewünschten Temperaturniveaus bei (Tab. 57).

**Tabelle 57:** Wärme- und Wasserdampfproduktion verschiedener Tierarten

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	766	314
<i>Schweine:</i>			
Mastschweine	60	139	59
tragende Sauen	150	269	102
Sauen mit 10 Ferkeln	200	341	145

Für die Stalllüftung ergeben sich daraus zwei verschiedene Aufgaben:

- ▶ im Sommer: hauptsächlich Wärmeabfuhr
- ▶ 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 produzierten Wärmemenge, die wiederum von Tierart und Tierbesatz abhängt. Sauerstoffzufuhr und Abfuhr der Gase sind bei diesen Luftfraten 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 (vgl. Abschn. 2.1, S. 86).

## 4.2 Berechnungsgrundlagen

Entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen an Lüftungseinrichtungen bedarf es für den Sommer- und Winterbetrieb einer getrennten Berechnung von *Maximal- und Minimalluftfrate*.

**Sommerluftfrate** – In der Berechnung der Sommerluftfrate wird davon ausgegangen, daß mit der durchzusetzenden Luft eine Wärmemenge von  $0,9 \text{ Wh/m}^3\text{K}$  abgeführt werden kann. In die Berechnung geht neben Tierzahl und Tierart auch die Klimazone ein.

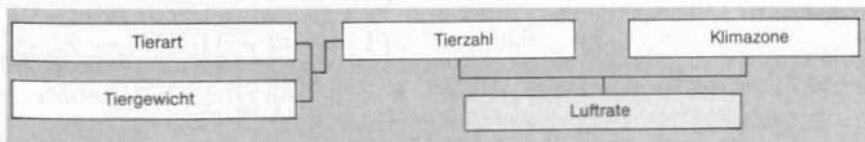


Abb. 114 Einflußgrößen auf die Berechnung der Sommerluftfrate

Die *Berechnungsformel* für die Luftfrate je Tier lautet:

$$V_l = \frac{\Sigma Q_{Tn}}{0,8 \times \Delta t} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right]$$

$\Sigma Q_{Tn}$ : Wärmeeintrag durch die Tiere (W)

$\Delta t'$ : Zielgröße für den Temperaturunterschied zwischen Raum- und Außenluft ohne Berücksichtigung der Sonneneinstrahlung und des wärmetechnischen Verhaltens der Bauteile

Zur Vereinfachung der Berechnungen sind in der DIN 18 910 Rechenwerte für die Sommerluftfraten tabellarisch angegeben, aufgeschlüsselt nach Rindvieh-, Schweine- und Geflügelställen (Tabelle 58 und Tabellen 59 und 60, S. 116). Die Temperaturzone ist dem Kartenmaterial der DIN 18 910 zu entnehmen.

**Tabelle 58:** Sommerluftfraten für Rindviehställe in  $\text{m}^3/\text{h}$  (nach DIN 18 910)

Tiergewicht in kg	60	100	150	200	300	400	500	600	800
Sommertemperaturzone $\geq 26$ $\Delta t' = 3 \text{ K}$	65	94	129	163	223	275	319	354	400
Sommertemperaturzone $< 26$ $\Delta t' = 4 \text{ K}$	48	70	97	122	167	206	239	266	300

**Tabelle 59:** Sommerluftraten für Schweineställe in m<sup>3</sup>/h

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

**Tabelle 60:** Sommerluftraten für Geflügelställe in m<sup>3</sup>/h

Tiergewicht in kg	0,055	0,165	0,310	0,520	0,700	1,130	1,630	2,2
Sommertemperaturzone ≥ 26 Δ t' = 1 K	0,75	2,12	3,5	5,12	6,37	8,75	11,12	12,75
Sommertemperaturzone < 26 Δ t' = 2 K	0,37	1,06	1,75	2,56	3,18	4,37	5,56	6,37

**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 Klimazone (s. DIN 18 910) (Abb. 115).

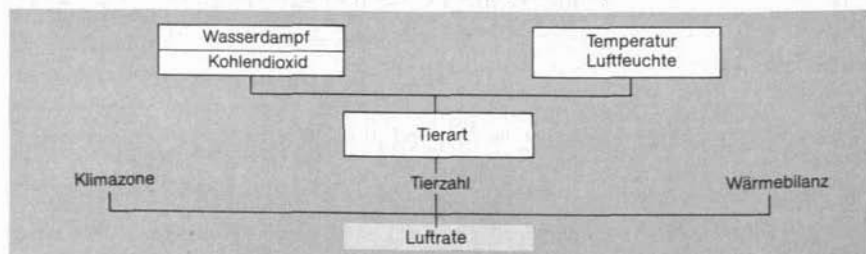


Abb. 115 Einflußgrößen auf die Berechnung der Winterluftrate

Die Formel für die Berechnung der Gesamtluftrate für Zu- und Abluft nach dem Wasserdampfhaushalt lautet:

$$\Sigma V_{X_{Ab}} = \frac{\Sigma X_{Ti} + \Sigma X_{Hj}}{x_i - x_u \frac{\rho_i}{\rho_a}} \approx \frac{\Sigma X_{Ti} + \Sigma X_{Hj}}{x_i - x_a} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$\Sigma V_{X_{Zu}} = \Sigma V_{X_{Ab}} \times \frac{\rho_i}{\rho_a} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

- $\Sigma X_{Ti}$ : Wasserdampfanfall durch die Tiere g/h
- $\Sigma X_{Hj}$ : Wasserdampfanfall durch Heizung g/h
- $x_i$ : Wasserdampfgehalt der Stallluft g/m<sup>3</sup>
- $x_a$ : Wasserdampfgehalt der Außenluft g/m<sup>3</sup>
- $\rho_i$ : Dichte der Stallluft kg/m<sup>3</sup>
- $\rho_a$ : Dichte der Außenluft kg/m<sup>3</sup>

Das Verfahren zur Berechnung der Winterluftfrate richtet sich nach ähnlichen Formeln. Die Werte für beide Berechnungsarten weichen geringfügig voneinander ab. Die Rechenwerte nach Wasserdampfmaßstab sind in nachfolgenden Tabellen zusammengefaßt (Tabellen 61, 62 und 63, S. 118). (Weitere Temperaturzonen siehe ALB und DIN 18 910).

**Tabelle 61:** Winterluftfraten für Rinder, Temperaturzone  $-14^{\circ}\text{C}$  (nach MITTRACH)

Tierart	Tiergewicht	$t_a$	$t_i$	Winterluftfraten nach Wasserdampfmaßstab	
				$V_{XAb}$	$V_{XZu}$
	kg	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$
<b>Kühe und Nachzucht</b>	100	$-14^{\circ}$	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
<b>Mastrinder</b>	150		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
<b>Mastkälber</b>	60		18	11,21	9,86
	100			15,50	13,64
	150			20,47	18,01
	200			25,15	22,13

**Tabelle 62:** Winterluftfraten für Schweine, Temperaturzone  $-14^{\circ}\text{C}$  (nach MITTRACH)

Tierart	Tiergewicht	$t_a$	$t_i/\varphi$	Winterluftfraten nach dem Wasserdampfmaßstab	
				$V_{XAb}$	$V_{XZu}$
	kg	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}/\%$	$\text{m}^3/\text{h}$	$\text{m}^3/\text{h}$
<b>Jungsauen leere + tragende</b>	100	$-14^{\circ}$	12/80	11,03	10,02
	150			15,00	13,62
	200			18,97	17,22
	300			26,76	24,30
<b>Mastschweine</b>	30		16/80	4,62	4,12
	60			6,48	5,78
	100			9,12	8,14
<b>Sauen mit Ferkel</b>	150		18/70	12,82	11,33
	200			16,16	14,29
	300			22,97	20,31
<b>Absatzferkel u. Vormast bis 30 kg</b>	10		20/60	3,72	3,26
	20			4,41	3,87
	30	5,23		4,59	

**Tabelle 63:** Beispiel für einen Vollspaltenbodenstall für 128 Mastbullen (Temperaturzone: Sommer = 26° C, Wintert<sub>s</sub> = -14° C, Stalltemperatur t<sub>s</sub> = 16° C, bei 80% rel. Luftfeuchte)

Anzahl der Tiere je Tiergruppe	Einzel-tier-gewicht kg	Sommer		Winter	
		Luftrate m <sup>3</sup> /Tier/h	Gesamtluft-menge (Sp. 1 × 3) m <sup>3</sup> /h	Luftrate m <sup>3</sup> /Tier/h	Gesamtluft-menge (Sp. 1 × 5) m <sup>3</sup> /h
21	150	129	2 709	17,56	368,76
21	200	163	3 423	21,59	453,39
21	300	223	4 686	28,86	606,06
21	400	275	5 775	35,12	737,52
21	500	306	6 486	40,38	847,98
21	600	354	7 434	44,63	937,23
		Summe:	30 513	Summe:	3 950,94

### 4.3 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 von der Frischluft gespült werden.

Dabei darf keine Zugluft auftreten. Unter *Zugluft* versteht man gebündelte Kaltluft, die im Tierbereich eine Geschwindigkeit von 0,2 m/s nicht überschreiten sollte.

Lüftungsanlagen bestehen aus Zuluft- und Ablufteinrichtungen. 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. 116).

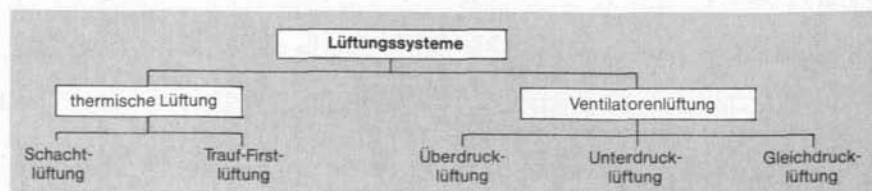


Abb. 116 Einteilung der Lüftungssysteme

#### 4.3.1 Thermische Lüftung

Die *Schacht- oder Schwerkraftlüftung* (Abb. 117) geht auf eine Zeit zurück, in der Ventilatoren heutiger Leistungsfähigkeit 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. Der Schacht sollte mindestens 5 m hoch sein. Dieses Prinzip widerspricht dem vorher aufgestellten 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. Mittels einer Drosselklappe wird bei tieferen Temperaturen dann der Luftstrom reduziert. Die folgenden Nachteile machen die Schachtlüftung für neuzeitliche Stallungen ungeeignet:

- ▶ Schlechte Anpassung an den erforderlichen Luftdurchsatz,
- ▶ keine Sommerlüftung,
- ▶ wegen Mindestschachthöhe bei Flachbauten ungünstig,
- ▶ bei dichter Belegung hoher Kapitalbedarf für die Schächte.

Bei der *Trauf-First-Lüftung* 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 (Abb. 118).

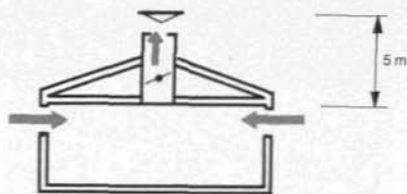


Abb. 117 Schachtlüftung

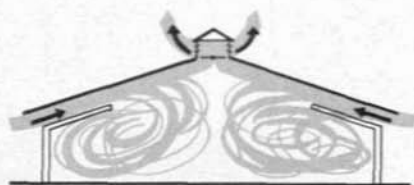


Abb. 118 Trauf-First-Lüftung

### 4.3.2 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 (Ventilatoren auf der Zuluftseite, Druckseite)
- ▶ Unterdrucklüftung (Ventilatoren auf der Abluftseite, Saugseite)
- ▶ Gleichdrucklüftung (Ventilatoren auf Zu- und Abluftseite)

Die jeweilige Ventilatorenbestückung wirkt sich auf den Energiebedarf aus (vgl. Tabelle 64).

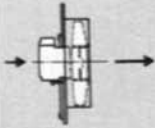
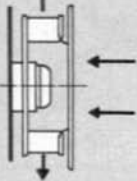
**Tabelle 64:** Energiebedarf der verschiedenen Ventilatoren-Lüftungssysteme

Ventilatoranordnung	kWh/GV u. Jahr
Überdruck	105–125
Unterdruck	98–105
Gleichdruck	ca. 205

Die für Sommer- und Winterlüftung unterschiedlichen Luftraten erfordern eine Regeleinrichtung für Zu- und Abluftseite. Hierfür werden *Steuergeräte* oder *Regelsteuergeräte* 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 auf Temperatur- und Luftfeuchtedifferenzen untergebracht sind.

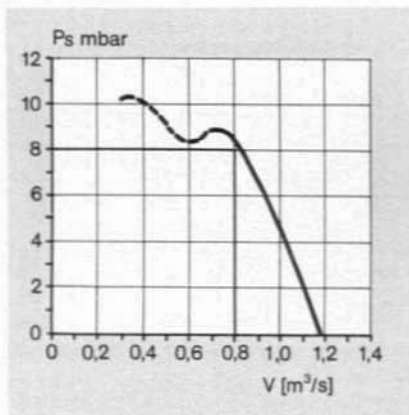
Zur automatischen Anpassung an die unterschiedlichen Bedingungen liefern verschiedene Hersteller Regelsteuergeräte, die nach einer oder mehreren Regelgrößen die Drehzahl der Ventilatoren verändern. Als Regelgröße wird hauptsächlich die Temperatur (mit Thermostaten), seltener die Luftfeuchte (mit Hygrometer), verwendet. Derartige Anlagen arbeiten entweder in Drehzahlstufen (in Verbindung mit Stufentransformatoren) oder stufenlos (elektronische Drehzahlregelung).

**Axialventilatoren** fördern die Luft in Richtung der Drehachse des Lüfters, **Radialventilatoren** erzeugen einen Luftstrom in Richtung des Radius (Abb. 119). 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 Ge-

Ventilatorbauart	Eigenschaften
<b>Axiallüfter</b> 	hoher Luftdurchsatz bei normalerweise niedrigem Druck, gut zu reinigen
<b>Radiallüfter</b> 	normalerweise für hohe Drücke, leise, für übliche Stalllüftung wenig gebräuchlich

ruchs-beseitigung erforderlich werden, zu denen die Stallluft über lange Kanäle zu transportieren ist.

Die Leistung der Ventilatoren wird zunächst »freiblasend«, also ohne Gegendruck, abgegeben. Stall-Abfluthauben, Windabweiser u. ä. stellen jedoch einen Widerstand dar (saugseitige oder druckseitige Drosselung), weswegen die erforderliche Ventilatorleistung bei einem statischen Druck von 2–5 bar aus der zu jedem Ventilator erforderlichen Kennlinie hervorgeht (Abb. 120).



Ventilatoren werden durch die Berührung mit der Stallluft stark auf Korrosion beansprucht. Auf eine rostsichere Lackierung ist daher unbedingt Wert zu legen. Die Leistung hängt u. a. von der Form der Ventilatorflügel und der Präzision der Ausführung ab. Da dem Nichtfachmann die Beurteilung kaum möglich ist, andererseits aber DLG-Prüfberichte vorliegen, wird empfohlen, sich anhand dieser Unterlagen über die einzelnen Fabrikate zu informieren.

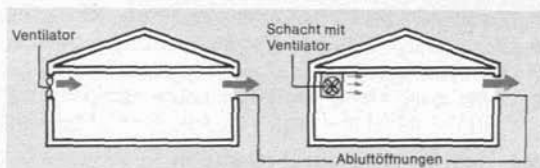
Abb. 120 Kennlinie eines Axiallüfters

**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 (vgl. Abb. 121).

<b>Vorteile:</b>	Einfache Anlage; gute Luftverteilung
<b>Nachteile:</b>	Bei Windlagen ist die Funktion stark gefährdet; Schadgase werden in die Bauteile gedrückt; wegen vorwiegend undichter Ställe ungünstig bei Auflagen zur Geruchsminderung



Abb. 121 Prinzip der Überdrucklüftung

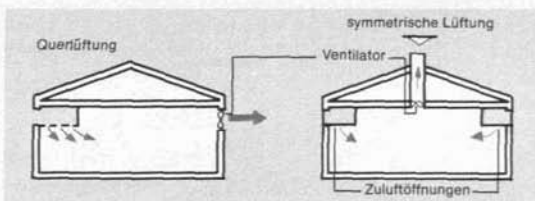


**Unterdrucklüftung** – Bei Unterdrucklüftung saugen Ventilatoren die verbrauchte Luft aus dem Stall ab, während die Frischluft über Schächte oder Kanäle Zutritt (vgl. Abb. 122). Die Zuluftanlagen müssen wärmegeämmt sein.

Der freie Querschnitt der Eintrittsöffnungen muß genau nach Ventilatorenleistung und Einströmgeschwindigkeit (z. B. 2–3 m/s) berechnet werden. Fenster sind als Zuluftelemente denkbar ungeeignet.

<b>Vorteile:</b>	Einfache Anlagen; umweltfreundlich (gezielte Abluft)
<b>Nachteile:</b>	Undichtigkeiten der raumumschließenden Bauteile führen bei zu hohem Unterdruck zu Falschluf, evtl. Zugluft

Abb. 122 Prinzip der Unterdrucklüftung



**Gleichdrucklüftung** – Zu- und Abluft gehen über Ventilatoren (vgl. Abb. 123). 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.

<b>Vorteile:</b>	Funktionssichere Anlage
<b>Nachteile:</b>	Hohe Anschaffungskosten; hohe Betriebskosten

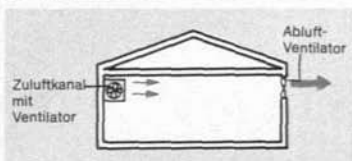


Abb. 123 Prinzip der Gleichdrucklüftung

#### 4.3.3 Hinweise zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen

- ▶ Wärmedämmung des Gebäudes überprüfen, nötigenfalls verbessern (vgl. Abschn. 4.1), Restwärme ermitteln, bei negativem Ergebnis Heizung vorsehen,
- ▶ Tierzahl und Tiergewichte zusammenstellen,
- ▶ Berechnung der Sommer- und Winterluftstraten für Zu- und Abluft,

Tabelle 65: Schema zur Berechnung von Unterdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen

		Unterdrucksystem		Gleichdrucksystem
		Sommer	Winter	Sommer
Luftmenge	m <sup>3</sup> /s			
geteilt durch Luftgeschwindigkeit	m/s	2–2,5	0,8–1,5	6–max. 10
ergibt den Zuluftquerschnitt	m <sup>2</sup>			

- ▶ Zuluftquerschnitte nach den in der Tabelle 65 angegebenen Werten berechnen.
- ▶ Ventilatoren aufteilen; Abstand zwischen zwei Ventilatoren 6–10 m,
- ▶ Ventilatorengröße aus Luftdurchsatz errechnen,
- ▶ Ventilortypen aus Unterlagen zusammenstellen, statischen Druck beachten.

#### 4.4 Immissionsschutz (Stallabluf)

Die in der Stallluft enthaltenen Gase verbreiten direkt oder über organische Verbindungen unangenehme Gerüche, die zu mehr oder weniger starken Belastung der Umwelt führen können. Insbesondere bei der Schweine- und Hühnerhaltung kann die Geruchsbelastigung 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. Wirkungsvolle Anlagen, wie z. B. Erdfilter (Abb. 124) wirken biologisch, indem auf einer möglichst großen Filterfläche, durch die die Stallluft geleitet wird, die Gase zur Lösung gebracht und von Bakterien abgebaut werden. Der Transport der Stallluft durch den Filter erfordert zusätzlichen Energieaufwand (höhere Leistung der Abluftventilatoren).

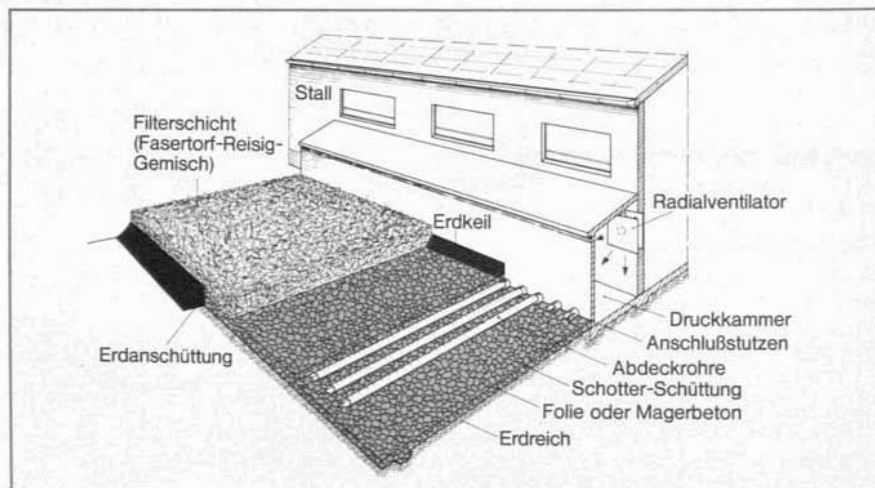


Abb. 124 Erdfilteranlage

## 5 Stallheizung

Eine wirkungsvolle Stallbeheizung ist nur in Verbindung mit einer richtig dimensionierten Lüftungsanlage möglich. Eine Beheizung 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).

Während bei Überdruck- und Gleichdrucklüftungsanlagen die Beheizung einfach durch Warmlufteingabe auf der Zuluftseite, also in das Luftverteilsystem, möglich ist, muß bei Unterdruckanlagen ein eigenes Warmlufteilsystem dazugebaut werden. Wo Unterdruckanlagen ausreichen, entsteht jedoch trotzdem ein einfaches und kostengünstiges System, da die Warmluftkanäle keiner Wärmedämmung bedürfen und im Querschnitt nur auf die Winterluftmenge (Minimalluftfrate), nicht aber auf die Maximalluftfrate, auszulegen sind.

Zur Erzeugung der Warmluft können verschiedene Warmluftaggregate Verwendung finden. Gut bewährt haben sich **ölbeheizte Warmluftgeräte**, die mit verschiedenen Heizleistungen geliefert werden können. Die erforderliche Heizleistung errechnet sich aus der Wärmebilanz. Die Regelung des Heizaggregates erfolgt über Thermostat im Stallraum. Der Heizraum dient als Mischkammer. Das trägt zu gleichmäßigeren Temperaturen bei (Abb. 125).

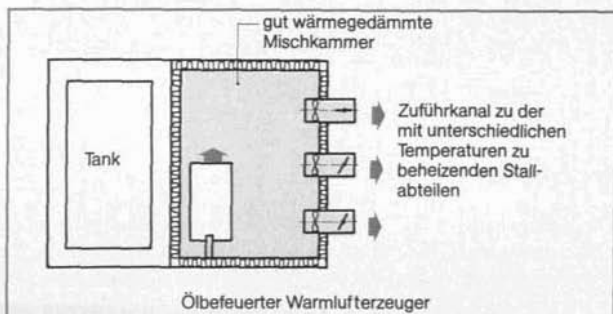


Abb. 125 Heizung mit ölbefeuertem Warmluftaggregat

Bei größeren Anlagen oder bei Anschlußmöglichkeiten an eine bereits vorhandene Warmwasserheizung lassen sich **Gebläsekonvektoren** einsetzen, die ebenso auch von Thermostaten, bei kleineren Anlagen auch von Hand gesteuert werden können (Abb. 126). Gebläsekonvektoren bestehen aus einem Heizregister mit angeflanschem Ventilator. Bei geringeren Wärmemengen (Kälber, Ferkel) läßt sich auch die Direktbeheizung mit **Gasstrahlern** einrichten (Abb. 127, Tab. 66).

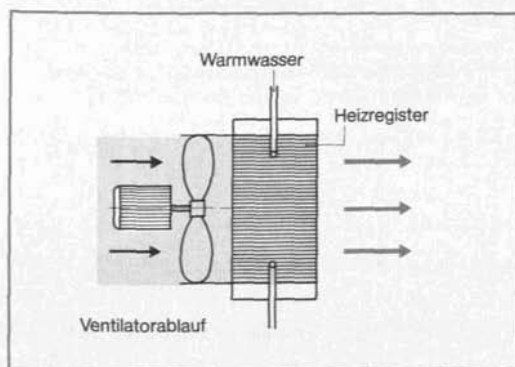


Abb. 126 Gebläsekonvektor (links: schematisch)

**Tabelle 66:** Vergleich von Warmluft-, Warmwasser- und Gasheizung

Heizungsart	Eigenschaften
Ölbefeuerte Warmluftanlage	direkte Befuerung: kostengünstig, energiesparend, Abgase im Warmluftstrom indirekte Befuerung: schlechterer Wirkungsgrad
Ölbefeuerte Warmwasserheizung und Gebläsekonvektoren	anpassungsfähiges Heizsystem, besonders geeignet zur Heizung mehrerer Stallräume, energiesparend durch Umluftbetrieb
Gasstrahler	kapitalsparende Anlage, Abgase im Stallraum, hohe Energiekosten, als lokale Heizquelle gut geeignet

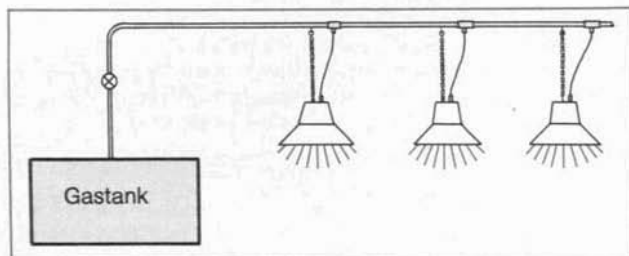


Abb. 127 Direktbeheizung mit Gasstrahlern

## 6 Beleuchtung

Die Beleuchtung in landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden muß den Erfordernissen entsprechend geplant werden. Das bedeutet, daß die Lampen nicht gleichmäßig verteilt werden, sondern je nach Helligkeitsbedarf die Beleuchtungsstärke 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). Ein Lux ist der Lichtstrom von einem Lumen, der auf eine Fläche von 1 m<sup>2</sup> gleichmäßig auftritt.

**Milchvieh-Anbindestall:** Ausleuchtung 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 Melkerflur.

**Rindermastställe:** Leuchten im Fütterungsbereich.

**Schweinställe:** Leuchten über Futtergang, bei Aufzuchtställen über den Buchten; im Abferkelstall gruppenweise schaltbar.

**Außenanlagen:** Lichtpunkthöhe mindestens 5 m, Hauptverkehrswege beleuchten, evtl. zentrale Fernschaltung.

Für die Ausleuchtung des betreffenden Raumes wird in DIN 18 910 die Beleuchtungsstärke angegeben. Liegt der Lampentyp fest (Lichtstrom der Lampe nach Herstellerangabe), so erfordert die Berechnung der Lampenanzahl die Kenntnis

- ▶ der mittleren Beleuchtungsstärke (in Lux nach DIN 18 910 bzw. Tab. 67),
- ▶ der zu beleuchtenden Fläche in m<sup>2</sup> (z. B. Stallgrundfläche),
- ▶ des Beleuchtungswirkungsgrades, der die Reflexion des Lichtes, z. B. von Stallboden, Wänden und Decken angibt (Tab. 68).

Die Formel zur Ermittlung der Anzahl der Leuchten lautet:

$$\text{Anzahl der Leuchten im Raum} = \frac{\text{Stallgrundfläche} \times \text{Beleuchtungsstärke} \times 1,25}{\text{Lichtstrom} \times \text{Beleuchtungswirkungsgrad}}$$

Die Zahl 1,25 bezeichnet einen Korrekturfaktor für Alterung und Verschmutzung der Leuchten.

**Tabelle 67:** Angaben zur Beleuchtungsplanung für landwirtschaftliche Betriebsgebäude und Hofanlagen (nach DIN 18 910 und HEA)

Raumart	zu installierende elektrische Leistung		
	Beleuchtungsstärke Lux	Glühlampen Watt/m <sup>2</sup> ca.	Leuchtstofflampen <sup>1)</sup> Watt/m <sup>2</sup> ca.
Milchviehanbindestall			
Melkzone	120	16 -25	6 - 8
übriger Raum	30	4 - 6	1,5- 2
Milchviehlaufstall	80	4 - 6	1,5- 2
Tränkkäberstall	30	4 - 6	1,5- 2
Milchraum	120	6 -25	6 - 8
Melkstand	240	32 -50	12 -16
Abferkelstall	60	8 -12	3 - 4
Mastschweinstall	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

<sup>1)</sup> Die angegebene Leistung bezieht sich auf die Lampe und das Vorschaltgerät. Es sind z. B. zu berücksichtigen: bei einer 40-Watt-Lampe 50 Watt und bei einer 65 Watt-Lampe 78 Watt.

**Tabelle 68:** Beleuchtungswirkungsgrad (Beispiele) (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

## 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 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 Anpassung der Hofplanung erfordert.

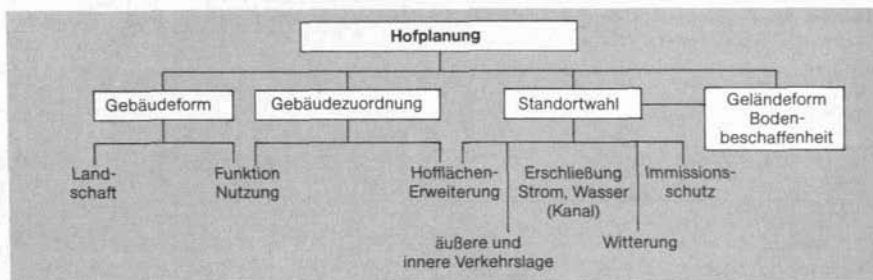


Abb. 128 Funktionen bei der Hofplanung

## 7.1 Gliederung und Zuordnung der Gebäude

Die Hofanlage besteht im allgemeinen aus Garagen, Maschinenhalle, dem Wohnhaus und – abhängig vom Produktionsschwerpunkt – Lagerräumen und Stallungen. Über befestigte Hofflächen oder Straßen werden diese Gebäude erschlossen und verbunden. Die Hofgebäude lassen sich in zwei Kategorien unterteilen. Die eine Kategorie unterliegt keinen ausgeprägten gegenseitigen Bindungen und läßt die relativ freie Gruppierung zu (Wohnhaus, Garagen, Maschinenhalle, Lagerräume für pflanzliche Produkte). Die andere Kategorie (Ställe mit Lagerräumen) bedarf der funktionsgerechten Zuordnung und 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),
- ▶ Anforderungen an Grundstücksform und -größe,
- ▶ Kosten für befestigte Flächen,
- ▶ Erweiterungsmöglichkeiten der einzelnen Gebäude.

Anhand der *schematisierten Anordnungsbeispiele für einen Ferkelerzeugerbetrieb* ergibt die Bewertung für

- ▶ Parallelanordnung (Abb. 129): kurze Wege, länglich rechteckiges Grundstück, geringe Hofflächen;
- ▶ freie Anordnung (Abb. 130): größerer Flächenbedarf, gute Erschließung, einfache Erweiterung.

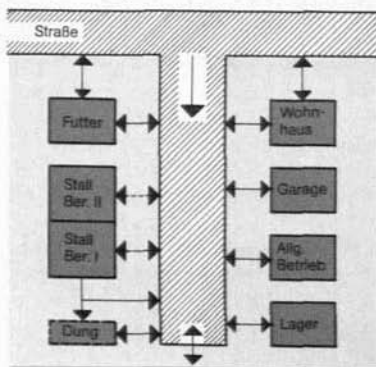


Abb. 129 Parallelanordnung landwirtschaftlicher Wohn- und Wirtschaftsgebäude

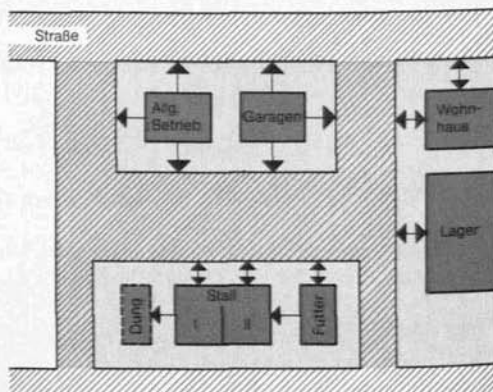


Abb. 130 Anordnung landwirtschaftlicher Wohn- und Wirtschaftsgebäude in einem offenen Rechteck

## 7.2 Standort

Das Problem der Standortwahl stellt sich in erster Linie bei Aussiedlungsprojekten und ist somit häufig die Konsequenz mangelnder Erweiterungsfähigkeit. Bei der Wahl des Standortes geht es dann vordergründig um die Verbesserung der *inneren Verkehrslage* (kurze Wege zu den Feldern bzw. Grünland, Viehtrieb!). Der neue Standort sollte daher in enger Zusammenarbeit 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) sowie in der Beeinflussung des Lebens der bäuerlichen Familie (Entfernung zu Schule, Kirche, Gemeindeverwaltung, Arzt, Apotheke usw.).

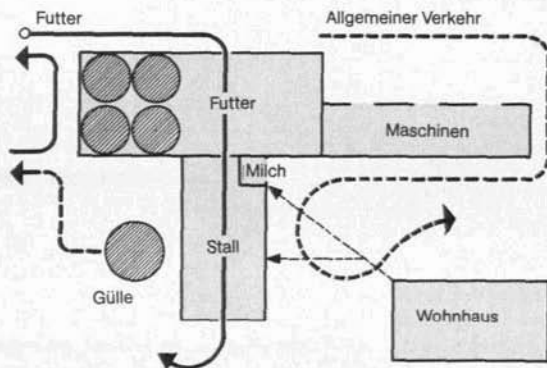


Abb. 131 Innere und äußere Verkehrerschließung

**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 (evtl. Kanal) einbezogen werden. Bereits im Planungsstadium muß das Gespräch mit dem Elektrizitätsversorgungsunternehmen 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. 132).

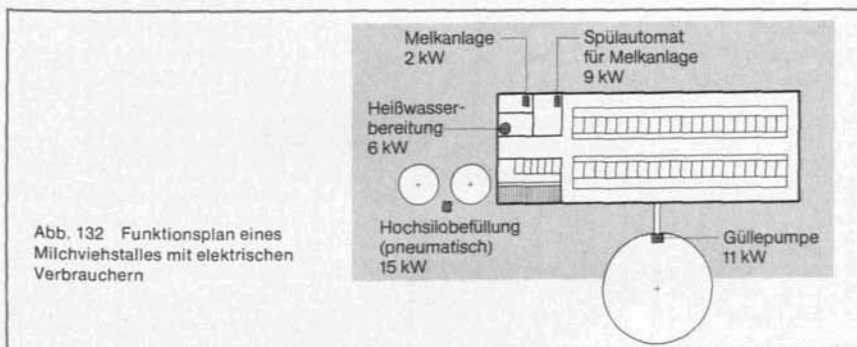


Abb. 132 Funktionsplan eines Milchviehstalles mit elektrischen Verbrauchern

Schon bei der Auswahl des Verfahrens sollten der elektrische Leistungs- und Energiebedarf einbezogen sein. Die Zusammenstellung der elektrischen Verbraucher für die gesamte Hofanlage kann jedoch zu Spitzen im Leistungsbedarf und damit je nach tariflicher Berechnung durch das Elektrizitätsversorgungsunternehmen zu hohen Anschlußwerten führen, die eine

verfahrenstechnische Überprüfung notwendig machen, ob Motoren oder Geräte mit hohem Leistungsbedarf gleichzeitig eingeschaltet sein müssen. Ist dies nicht der Fall, so kann mittels elektrotechnischer Maßnahmen (Verschalten, Lastabwurf) der gleichzeitige Betrieb dieser Motoren oder Geräte verhindert werden, wodurch günstigere tarifliche Bedingungen zu errechnen sind.

Bei der Wasserversorgung muß ebenfalls der Verbrauch innerhalb der ganzen Hofanlage anhand von Richtwerten kalkuliert werden (Wohnbereich, Tierproduktion, Maschinenpflege usw.). In der Tierproduktion ist vor allem auch ein hoher Trinkwasserverbrauch zu berücksichtigen.

**Tabelle 69:** Trinkwasserverbrauch von Rindern und Schweinen

	l/Tag
Kuh	60 (-100)
Jungrind/Mastbulle	30
Kalb	5-10
laktierende Sau mit Ferkeln	35-70
tragende Sau	12-25
Ferkel, Mastschweine (je kg LG)	0,1-0,7

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 sogenannte »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 (vgl. auch Bd. 4 A, Kap. 2, Abschn. 3).

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 70). Das Ergebnis für das Produktionsverfahren liefert durch Abgreifen im Diagramm (Abb. 133) den Mindestabstand zur nächsten Wohnbebauung.

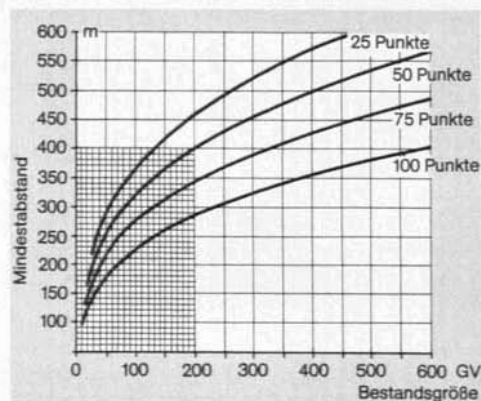


Abb. 133 Mindestabstand von Schweinegeställen in Abhängigkeit von Bestandsgröße (GV) und Punktezahl (nach VDI 3471)



**Tabelle 70:** Punktebewertung von Schweineställen nach VDI 3471

Kriterien	Punkte
<b>1. Mistlagerung</b>	
Geschlossener Flüssigmistbehälter	40
Tiefstall	30
Offener Flüssigmistbehälter mit geschlossener Dauerschwimmdecke	25
Seitlich umwandeter Platz für Stapelfestmist	25
Flüssigmistlagerung im Stall	20
Festmist direkt auf Transportfahrzeug	10
Offener Flüssigmistbehälter ohne Schwimmdecke	0
Offener Festmistkegel	0
<b>2. Entmistung</b>	
Festmist, mechanisch, Tiefstall	20
Treibmist-, Stau- und Speicherverfahren – Vollspaltenboden	20
– Teilspaltenboden	15
mechanische Flüssigmist-Unterflurentmistung	10
mechanische Flüssigmist-Oberflurentmistung	0
<b>3. Abluftaustritt</b>	
senkrecht über Dach, Höhe mehr als 1,5 m über höchstem Dachpunkt und mit Weitwurfdüse	15
senkrecht über Dach, Höhe mehr als 1,5 m über höchstem Dachpunkt	10
senkrecht über Dach, Höhe kleiner und gleich 1,5 m über höchstem Dachpunkt	0
<b>4. Sommerluftrate nach DIN 18 910</b>	
$\Delta t'$ unter/gleich 1,5 K (1 K = Kelvin = 1° C, $\Delta t' = t_i - t_a$ )	20
$\Delta t'$ unter 2 K	15
$\Delta t'$ unter 3 K	10
$\Delta t'$ über/gleich 3 K	0
<b>5. Austrittsgeschwindigkeit bei größter Luftrate und senkrecht über Dach</b>	
über/gleich 12 m/s	20
über/gleich 10 m/s	15
über/gleich 7 m/s	5
unter 7 m/s	0
<b>6. Abzüge für besondere Futtermittel</b>	
Trockene Abfälle (Brot, Keks) Molke und Schlempe bis zur Deckung des Flüssigkeitsbedarfes der Tiere	0
Küchenabfälle, Molke, Schlempe und Abfälle mit geringem Eigengeruch in Mengen über dem Flüssigkeitsbedarf der Tiere	0 bis -10
Schlachtabfälle und flüssige Abfallprodukte mit starkem Eigengeruch (z. B. Leimbrühe, Pülpe)	-20

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 oberhalb der 25-Punkte-Kurve liegen, sollten ohne Einschränkung genehmigt werden. Bei Abständen unterhalb der 100-Punkte-Kurve bedarf es einer Sonderbeurteilung durch Sachverständige, wobei allerdings zu bedenken ist, daß mit modernen Filteranlagen bei allerdings erhöhtem Aufwand der Geruch vermindert bzw. beseitigt werden kann. Die Geländeform (z. B. Berg- und Hanglage) geht ebenfalls in die Detailberechnung ein, ebenso die Klimasituation.

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 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.

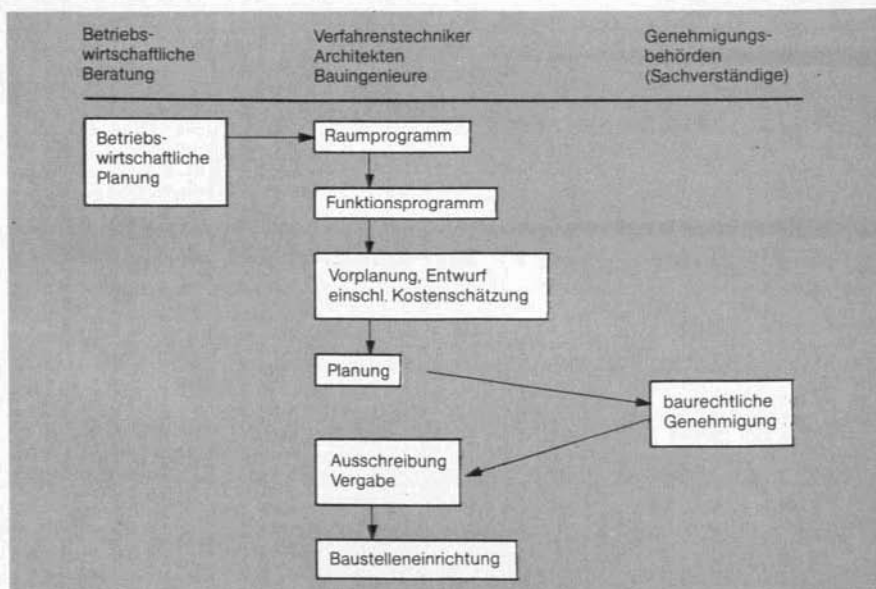


Abb. 134 Bauvorbereitungen

### 8.1 Vorplanung und Entwurf

Nach Festlegung des betriebswirtschaftlichen Konzeptes, das in Zusammenarbeit zwischen Landwirt und Fachberatern erstellt wird, entsteht das *Raumprogramm*. Letzteres bildet die Grundlage für die gesamte 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 ihre baulichen Anforderungen einzuplanen sind. Das Raum- und Funktionsprogramm bilden die Basis zur Anfertigung von Vorentwürfen. 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.

Eine grobe Kostenschätzung kann auf Richtwerten, die sich z. B. auf den Tierplatz oder die Produktionseinheit beziehen, aufgebaut werden (Tabelle 71).

**Tabelle 71:** Richtwerte für grobe Kostenschätzungen von Rinder- und Schweineställen

	DM
Kuhplatz	4000–8000
Tierplatz bei Jungvieh und Mastbullen	2000–3000
Zuchtsauenplatz	3500–5000
Mastschweineplatz	600– 900

Eingeschossige Flachgebäude ohne komplizierte Innenausbauten werden auch nach der überbauten Fläche kalkuliert. Mehrgeschossige und hohe Gebäude (z. B. Bergehallen) müssen nach der Kubikmetermethode berechnet werden.

**Tabelle 72:** Anhaltswerte zur groben Schätzung von Gebäudepreisen (Beispiele)

Maschinenhalle	150 DM/m <sup>2</sup>
Bergehalle	45 DM/m <sup>3</sup>

Der endgültige Entwurf enthält dann bereits *Bauform* und *Bauweise*. In ihm ist unter anderem auch das geltende Baurecht zu berücksichtigen. Hierzu gehören vor allem:

- ▶ **Grenzabstand:** Das Ziel ist, gesunde Wohn- und Arbeitsverhältnisse und einen Nachbarnschutz zu erreichen. Die Mindestabstände sind in den Länderbauordnungen festgelegt. Er richtet sich vielfach nach der Gebäudehöhe und beträgt – von Ausnahmeregelungen abgesehen – mindestens 3 bis 4 m.
- ▶ **Brandschutz:** Nach jeweils geltender Bauordnung; Regelung muß bei Behörden erfragt werden. Auswirkung: Gebäudeabstand, Bildung von Brandabschnitten.
- ▶ **Wärmeschutz:** Nach Energieeinsparungsgesetz, bei Stallbauten Ausführung nach wirtschaftlichen Überlegungen.
- ▶ **Immissionsschutz:** Nach Bundesimmissionsschutzgesetz zusätzliche Genehmigungspflicht wegen Möglichkeit der besonderen Umweltgefährdung für Anlagen mit
  - 700 (bei Festmist 900) Mastplätzen oder
  - 280 (bzw. 360) Sauenplätzen und mehr,
  - 7 000 Legehennen- oder
  - 14 000 Mastflügelplätzen und mehr.
- ▶ **Standortwahl** nach VDI-Richtlinie 3471 (vgl. Abschn. 7 »Hofplanung«).
- ▶ **Abfallbeseitigung:** Nach Abfallbeseitigungsgesetz und Wasserhaushaltsgesetz des Bundes und Wassergesetze 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«.

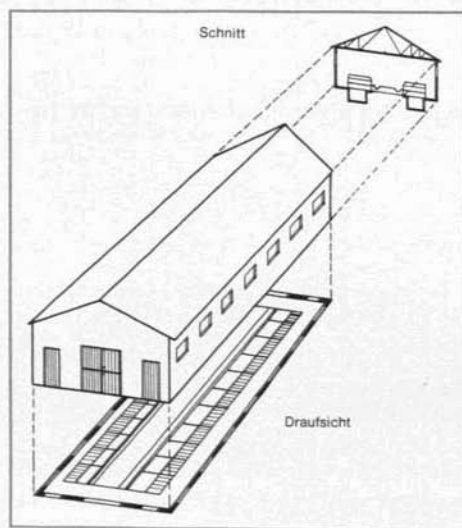
Im Entwurf ist außerdem die Baunutzungsverordnung zu berücksichtigen. Auf dieser Verordnung beruhen *Flächennutzungspläne*, in denen die Gemeinden die Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen festlegen, und *Bebauungspläne*, in denen das Bauen auf den ausgewiesenen Flurstücken enthalten ist. Sie regeln u. a. die Aufgliederung in Bauflächen (Wohnbauflächen, gewerbliche Bauflächen usw.) und Baugebiete sowie die bauliche Nutzung von Grundstücken (z. B. Geschoßflächenzahl, Baumassenzahl).

## 8.2 Planung und Bauantrag

Zielsetzung der weiteren Planungsschritte ist zunächst die Erreichung der *Baugenehmigung*. Bei problematischen Standorten ist eine Bauvoranfrage zu empfehlen. Die Genehmigungspflicht ist in den Länderbauordnungen geregelt. Moderne landwirtschaftliche Betriebsgebäude unterliegen im allgemeinen der Genehmigungspflicht (Beispiel für Ausnahme: Schutzhütten zur vorübergehenden wettergeschützten Unterbringung von Tieren, Gebäude ohne feste Fundamente, keine Stallfunktion).

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.
- ▶ **Bauzeichnungen:** Maßstab 1:100, Grundriß (aller Geschosse) mit Angabe der Nutzung und weiterer Einzelheiten, Schnitte (längs und quer) (Abb. 135), Ansichten; Angabe der Baustoffe und Bauarten, Änderungen (Umbauten).
- ▶ **Baubeschreibung:** Erläuterung von Konstruktion und Nutzung, Baukosten, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung u. a. m.
- ▶ **Baunachweise der Standsicherheit, des Wärme- und Schallschutzes und des Brandschutzes:** Darstellung des statischen Systems, Konstruktionszeichnungen, Berechnungen.



- ▶ **Grundstücksentwässerung:** Anlagen zur Beseitigung von Abwasser und Niederschlagswasser im Entwässerungsplan, Maßstab mindestens 1:1000, eventuell mit Beschreibung.

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. 135 Entstehung von Grundriß und senkrechten Schnitten

Die Bauvorlagen werden bei der Gemeinde oder der unteren Bauaufsichtsbehörde eingereicht. Der Genehmigungsbehörde des Vorhabens obliegt es, auf Bauvorlagen, die für die Beurteilung nicht erforderlich sind, zu verzichten.

## 8.3 Ausschreibung und Vergabe

Zu den Aufgaben des Architekten gehört neben der Ausschreibung des Entwurfes und der Bauvorlagen die Anfertigung von Detailzeichnungen und Werkplänen (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 Berechnungen der Baukosten, Ausschreibung der Bauarbeiten, Beaufsichtigung und Abrechnung. Durch fachgerechte Aus-

wahl und Überwachung 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.

#### 8.4 Baustellenvorbereitung

Mit der Baustelleneinrichtung beginnt der eigentliche Bau. Die sorgfältige Baustelleneinrichtung trägt wesentlich dazu bei, daß die Baudurchführung erleichtert wird und schützt vor Beschädigung und Verlust von Baustoffen.

Einige wichtige Maßnahmen sind:

- ▶ Bau einer Lkw-tragfähigen haltbaren Zufahrt mit Wendemöglichkeit,
- ▶ Deponieplätze für Aushub und Baustoffe,
- ▶ absperrbare Bauhütte,
- ▶ rechtzeitige Beantragung von Wasser- und Stromanschluß für die Baustelle,
- ▶ Einrichtung einer Toilette.

Vor Beginn des Aushubes überträgt der Bauleiter die im Lageplan ausgewiesenen Gebäude-maße auf das Grundstück und montiert ein Schnurgerüst (Abb. 136). Im Gelände wird ein Höhenpunkt festgelegt und von diesem die Aushubtiefe gemessen.

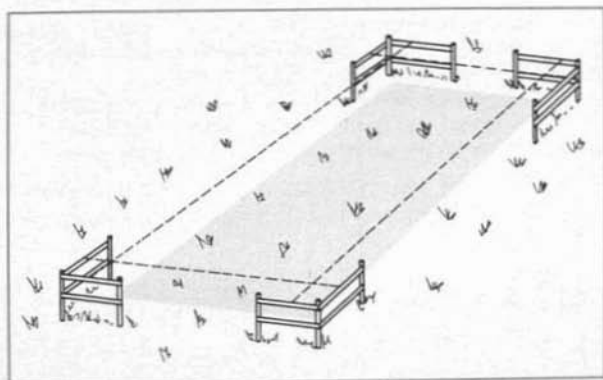


Abb. 136 Einrichtung eines Schnurgerüsts

Der Landwirt kann seine Arbeit nur noch mit Hilfe der Technik bewältigen. Teure Landmaschinen und aufwendige Gebäude bringen aber erst durch einen überlegten Arbeitseinsatz, eine zweckmäßige Arbeitsorganisation und eine ökonomisch begründete Auswahl den erhofften Erfolg. Deshalb sind Kenntnisse heute auch für den Landwirt unumgänglich über

- ▶ die menschliche Arbeitsleistung und ihre Bedingungen,
- ▶ die Arbeitsausbildung und die Arbeitsanleitung,
- ▶ das Zusammenwirken von Mensch und Maschine,
- ▶ die Arbeitsplanung und die Arbeitsorganisation,
- ▶ den Vergleich und die Auswahl von Arbeitsverfahren.

## 1 Die menschliche Arbeit

Die moderne Arbeitswelt stellt in der Landwirtschaft vielfältige Anforderungen an die menschliche Arbeitskraft:

- ▶ ein sorgfältiges, selbständiges und rationelles Arbeiten,
- ▶ eine hohe Arbeitsleistung in der Zeiteinheit,
- ▶ die sachgemäße Bedienung von Maschinen und Geräten,
- ▶ ein überlegtes und damit unfallverhütendes Handeln,
- ▶ die Fähigkeit, Mitarbeiter anzuleiten und zu führen.

Sie gewinnen mit der zunehmenden Technisierung noch an Bedeutung, weil dadurch eine weitere Verschiebung von körperlicher (physischer) zu geistiger (psychischer) Arbeit stattfindet (Abb. 137).

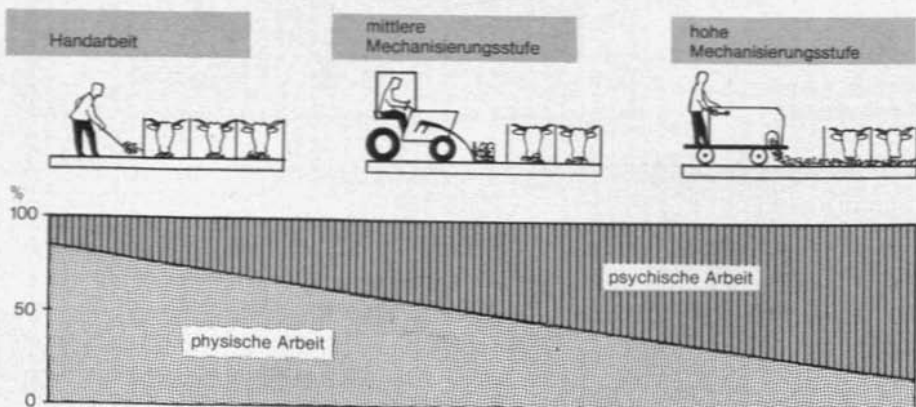


Abb. 137 Mit zunehmender Mechanisierung nimmt der Anteil der Muskelarbeit ab; in gleichem Maße steigt aber der Anteil an geistiger Arbeit (Beispiel: Rinderfütterung)

Die immer höher werdenden Anforderungen an den arbeitenden Menschen setzen eine natürliche und erworbene hohe **Leistungsfähigkeit** voraus. Sie kann aber nur voll ausgeschöpft werden, wenn ihr eine entsprechende **Leistungsbereitschaft** gegenübersteht. Zeitlich

können beide durch die **Ermüdung** beeinflusst werden. Die Kenntnis all dieser Faktoren ist für eine Verbesserung und Beurteilung der menschlichen Arbeitsleistung wichtig (Abb. 138).

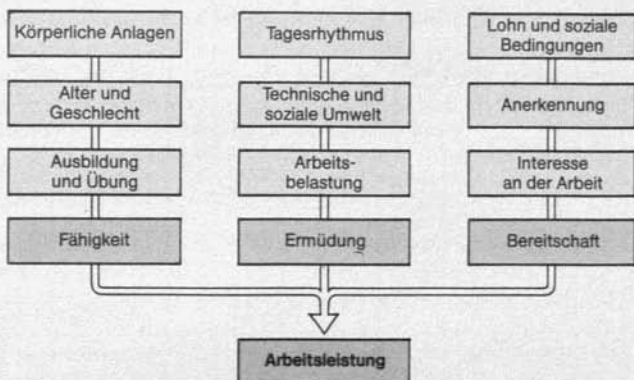


Abb. 138 Faktoren, welche die mechanische Arbeitsleistung beeinflussen

## 1.1 Die natürlichen Voraussetzungen der Leistungsfähigkeit

Sie wird von folgenden Faktoren bestimmt:

**Körperliche und geistige Veranlagung** – Die landwirtschaftliche Arbeit stellt hohe Anforderungen an Gesundheit, körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Eine ärztliche Untersuchung und möglichst auch ein psychologischer Eignungstest durch die Berufsberatung vor Antritt der Berufsausbildung geben darüber Auskunft und sind vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Ein Jahr nach Berufsantritt ist eine ärztliche Nachuntersuchung notwendig.

**Alter und Geschlecht** – Sie sind weitere, naturgebundene Voraussetzungen, welche die körperliche Leistungsfähigkeit entscheidend bestimmen (Abb. 139).

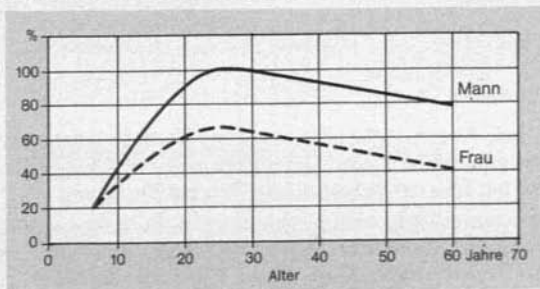







Abb. 139 Alter und Geschlecht bestimmen die durchschnittliche körperliche Leistungsfähigkeit

Im Durchschnitt – bei großen individuellen Abweichungen – erreicht der Mensch bis zum 14. Lebensjahr nur etwa 50% seiner maximalen Körperkraft. Beim *Mann* steigt sie stark an und erreicht zwischen dem 25.–30. Lebensjahr den Höhepunkt. Bei der *Frau* verläuft die Entwicklung der Muskelkraft flacher und beträgt im 20.–25. Lebensjahr etwa 70% der männlichen Leistungsfähigkeit. Im Alter vermindert sich die Leistungsfähigkeit wieder und beträgt im 60. Lebensjahr nur noch 80% der Maximalleistung. Diese Zusammenhänge müssen bei der Beschäftigung von Jugendlichen, alternden Menschen und bei Frauen berücksichtigt werden. *Jugendliche* sind demnach nur bedingt für körperliche Schwerarbeit geeignet. Diese kann zu dauernden Schäden führen.

Der Gesetzgeber hat deshalb vorsorgend das **Jugendarbeitsschutzgesetz** erlassen, das mit Ausnahmeregelungen auch für die Landwirtschaft gilt (vgl. Tab. 73, S. 136).

Auch die *Frauenarbeit*, die in der Landwirtschaft weit verbreitet ist, erfordert Rücksicht wegen der um etwa  $\frac{1}{3}$  geringeren Körperkraft. Die Frau ist aber andererseits für Arbeiten, die Geschick, Ausdauer und Einfühlungsvermögen erfordern, häufig besser geeignet als der

**Tabelle 73:** Die wichtigsten Bestimmungen des Jugendschutzgesetzes (bis 18 Jahre)

	Allgemein gilt:	Landwirtschaft
<b>Kinderarbeit und Mindestalter</b> 	Kinderarbeit ist bis zum 15. Lebensjahr verboten. Ausgenommen sind gelegentliche Hilfeleistungen im Familienhaushalt. Mindestalter: 15 Jahre	Eigene Kinder unter 13 Jahren; gelegentliche Hilfeleistungen in Haus und Hof; eigene Kinder über 13 Jahre: bis zu 3 h täglich; ausgenommen in Notfällen; fremde Kinder mit Einwilligung ihrer Eltern: nur für Erntearbeiten 3 h pro Tag; Mindestalter: 15 Jahre
<b>Arbeitszeit</b> 	Fünf-Tage-Woche; 40 Stundenwoche; 8 h/Tag; keine Schichtarbeit und keine Überstunden	ausgenommen Jugendliche über 16 Jahre während der Ernte; bis zu 9 h/Tag, aber nicht mehr als 85 h in zwei aufeinanderfolgenden Wochen
<b>Nachruhe</b> 	Beschäftigung nur tagsüber zwischen 7 und 20 Uhr	Jugendliche in häuslicher Gemeinschaft dürfen ab 5 Uhr melken
<b>Wochenende</b> 	keine Beschäftigung an Samstagen und Sonntagen	Verbot gilt nicht. Im Monat müssen zwei Sonntage und sollen zwei Samstage beschäftigungsfrei bleiben. Für Sonntagsarbeit muß ein freier Tag in der Woche gewährt werden
<b>Urlaub</b> 	bis zum 16. Lebensjahr: 30 Werktage bis zum 17. Lebensjahr: 27 Werktage bis zum 18. Lebensjahr: 25 Werktage	

Mann. Es sollte aber immer beachtet werden, daß die Hauptaufgaben der Ehefrau bei der Haushaltsführung und bei der Erziehung der Kinder liegen. Sie steht dem Betrieb dadurch nur mit etwa der halben Arbeitskraft zur Verfügung.

Der besondere gesetzliche Schutz gilt der *werdenden Mutter*. So ist es gesetzlich verboten, werdende Mütter mit schwerer körperlicher Arbeit und mit Tätigkeiten zu beauftragen, bei denen durch Staub, Gase, Nässe, Hitze oder Erschütterungen gesundheitliche Schäden zu befürchten sind. In der Landwirtschaft gilt dies insbesondere für Arbeiten mit dem Schlepper und in gebückter Haltung. Außerdem ist das Heben von Lasten mit mehr als 10 kg untersagt. 6 Wochen vor bis 8 Wochen nach der Entbindung besteht zusätzliches Beschäftigungsverbot.

Auch der *alternde Mensch* bedarf bei der Arbeit besonderer Rücksichten. Hier ist es weniger die nachlassende Muskelkraft, welche durch größere Erfahrung und höhere Leistungsbereitschaft zum Teil wieder ausgeglichen werden kann, als vielmehr die Beeinträchtigung des Reaktionsvermögens. Dies führt zu häufigen Unfällen, insbesondere bei Arbeiten mit Maschinen. Außerdem kann sich der alternde Mensch nur schwer auf neue Arbeitsweisen und -verfahren einstellen, ein Umstand, der den Übergang zu neuen Mechanisierungsverfahren erschwert. Trotzdem bedeutet es für viele Menschen einen erfüllten Lebensabend, wenn sie auch im Alter – zwar in geringem Umfang – ihren gewohnten Arbeiten nachgehen können. Hier bietet die Landwirtschaft bei einem rücksichtsvollen Verständnis zwischen alt und jung weit bessere Möglichkeiten als die städtische Kleinfamilie.

**Geistige Veranlagung** – Neben den natürlichen körperlichen Voraussetzungen ist die geistige Veranlagung, insbesondere die Intelligenz, von großer Bedeutung für die Leistungsfähigkeit.



Unter *Intelligenz* wird dabei die Fähigkeit eines Menschen verstanden, sich neuen Aufgaben und Gegebenheiten durch Einsicht anzupassen. Auch die Intelligenzentwicklung wird vom Alter geprägt und verläuft ähnlich der körperlichen Entwicklung. Auffällig ist aber eine große Streuung, die auf den großen Einfluß der Umwelt und des eigenen geistigen Trainings zurückzuführen ist; Einflüsse, die häufig die natürliche Veranlagung überlagern.

## 1.2 Steigerung der menschlichen Leistungsfähigkeit

Im Rahmen der gegebenen Voraussetzungen ist es möglich, vorhandene körperliche und geistige Leistungsfähigkeit auszubilden und zu steigern. Nach Abb. 140 ist zu unterscheiden:

Durch **Training** kann sich der menschliche Körper in gewissen Grenzen schwerer Muskelarbeit anpassen. Dabei entwickeln sich die Muskeln so weit, daß sie auf Dauer nur zu einem Drittel beansprucht werden. Bei geringer Belastung bilden sie sich zurück, bei schwerer Arbeit nimmt die Muskelkraft zu. Zur Steigerung der Muskelkraft genügt eine tägliche Maximalbelastung von wenigen Minuten. Eine hohe Muskelkraft allein genügt aber noch nicht für eine entsprechende Dauerleistung; der Kreislauf muß auch in der Lage sein, die Muskeln ausreichend mit Sauerstoff zu versorgen. Dies ist nur in der Form eines langfristigen Konditionstrainings möglich.

Durch den Maschineneinsatz ist die Landarbeit einseitiger geworden, so daß ein vernünftiger Ausgleichssport immer wichtiger wird, um den Körper »fit« zu halten. Der trainierte Mensch kann dadurch die tägliche Arbeit mit weniger Anstrengung erledigen und gesundheitlichen Schäden vorbeugen.

**Lernen** ist das Aufnehmen, Verarbeiten und Behalten von Informationen. Diese können nur gespeichert werden (schwierig und häufig unproduktiv), oder sie werden mit schon vorhandenem Wissen verknüpft. Letzteres ist sehr wichtig, weil es nur dann lange im Gedächtnis haften bleibt. Das Aneignen und Behalten verläuft gesetzmäßig (Abb. 140) und ist am effektivsten wenn

- ▶ die Stoffaneignung in kleinen Schritten erfolgt,
- ▶ das neu Gelernte mit vorhandenem Wissen und gemachter Erfahrung verknüpft und
- ▶ häufig wiederholt wird. Dies sollte anfangs in kürzeren und später in längeren Zeitabständen erfolgen.

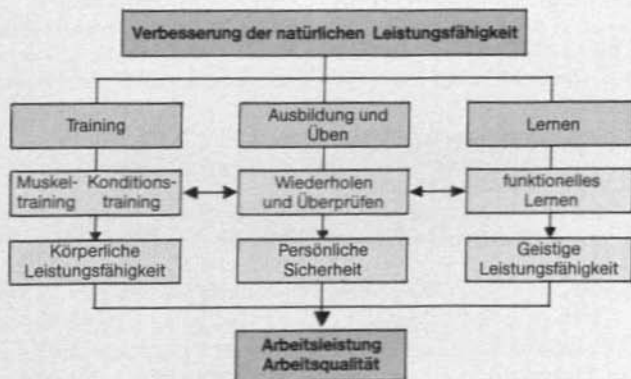


Abb. 140 Verbesserung der natürlichen Leistungsfähigkeit

Alle erlernten Arbeitsbewegungen müssen ursprünglich bewußt vom motorischen Zentrum im Gehirn gesteuert und von den menschlichen Sinnen (Auge, Ohr) kontrolliert werden. Die ersten Arbeitsbewegungen erfolgen deshalb (genau wie die ersten Bewegungsabläufe beim Kleinkind) langsam, ruckartig und unausgeglichen, da für jeden Befehl des motorischen Zentrums 0,3 Sekunden erforderlich sind. Durch Übung gelingt es aber, die Steuerung der Arbeitsbewegungen aus höheren Bewußtseinschichten in niedrigere Reflexe zu verlagern.

Die Arbeitsgriffe können dann mehr oder weniger »im Schlaf« ausgeführt werden. Die ständige Kontrolle durch die Sinne entfällt, die Bewegungen werden schneller und flüssiger; außerdem wird das Bewußtsein durch die Routinearbeiten nicht mehr belastet. Allerdings sind einmal erlernte falsche Arbeitsbewegungen, die bereits im Unterbewußtsein Eingang gefunden haben, nur mehr schwer zu korrigieren. Deshalb kommt dem richtigen Erlernen der landwirtschaftlichen Arbeit größte Bedeutung zu.

### 1.3 Folgerungen für die Arbeitsunterweisung

Aufgabe der Arbeitsunterweisung ist es, den Lernenden so zu leiten, daß er nach einer angemessenen Übungszeit die Arbeit sicher, richtig, schnell und ohne übermäßige Anstrengung ausführen kann. Dazu genügt es nicht, daß der Auszubildende mitarbeitet und die Arbeit abschaut, sondern er muß systematisch zur Arbeit angeleitet werden. Hierfür sind gewisse Voraussetzungen notwendig:

- ▶ Der Unterweiser muß den Arbeitsvorgang vollständig beherrschen und die erforderlichen methodischen Kenntnisse zur Arbeitsanleitung besitzen.
- ▶ Der Auszubildende muß eine hinreichende Eignung mitbringen und sich auch selbst um den Lernerfolg mühen. Lernen ist Selbsterfahrung durch Übung!
- ▶ Die Arbeitsunterweisung muß sorgfältig vorbereitet werden.
- ▶ Alle erforderlichen Geräte und Hilfsmittel müssen in gutem Zustand sein.

Eine methodische Arbeitsunterweisung ist nach folgenden Punkten vorzunehmen:

- ▶ Arbeitsunterweisung getrennt von der Routinearbeit ohne Zeitdruck,
- ▶ Aufteilung der Arbeiten in einzelne Lernabschnitte (vgl. Tab. 74),
- ▶ schrittweises Vorgehen in 4 Stufen. Dabei darf erst zur nächsten Stufe übergegangen werden, wenn das vorherige Lernziel erreicht ist (Tab. 75, S. 140).

Die hohen Anforderungen der modernen Landwirtschaft an das praktische und theoretische Können machen eine geregelte Berufsausbildung unumgänglich. Bewährt hat sich die Kombination von praktischer Lehre und theoretischer Unterweisung in Berufs- und Fachschule, die vom praktischen Landwirt mit der Meisterprüfung abgeschlossen werden sollte.

Wegen der großen Bedeutung der Berufsausbildung ist diese gesetzlich geregelt (Berufsausbildungsgesetz, Verordnung über die Berufsausbildung zum Landwirt). Darin ist die *Lehrzeit* bei Hauptschulabschluß mit drei Jahren, bei Abschluß einer 10jährigen weiterführenden Schule mit zwei Jahren festgelegt. Der Ausbilder muß die persönlichen und fachlichen Voraussetzungen erfüllen; letztere sind durch die Meisterprüfung, den Abschluß einer höheren Fachschule oder einer besonderen Prüfung nach mehrjähriger praktischer Tätigkeit nachzuweisen.

Der **Ausbilder** ist nach Gesetz verpflichtet,

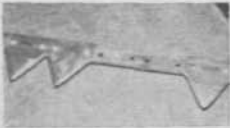




- dafür zu sorgen, daß dem Auszubildenden planmäßig die erforderlichen Fertigkeiten und Kenntnisse vermittelt werden,
- sich selbst laufend fortzubilden,
- den Auszubildenden zum Besuch der Berufsschule und zum Führen der Berichtshefte anzuhalten,
- dafür zu sorgen, daß der Auszubildende charakterlich gefördert sowie sittlich und körperlich nicht gefährdet wird.

Der **Auszubildende** hat sich zu bemühen, die Fertigkeiten und Kenntnisse zu erwerben, die zur Erzielung des Ausbildungszieles erforderlich sind, insbesondere:

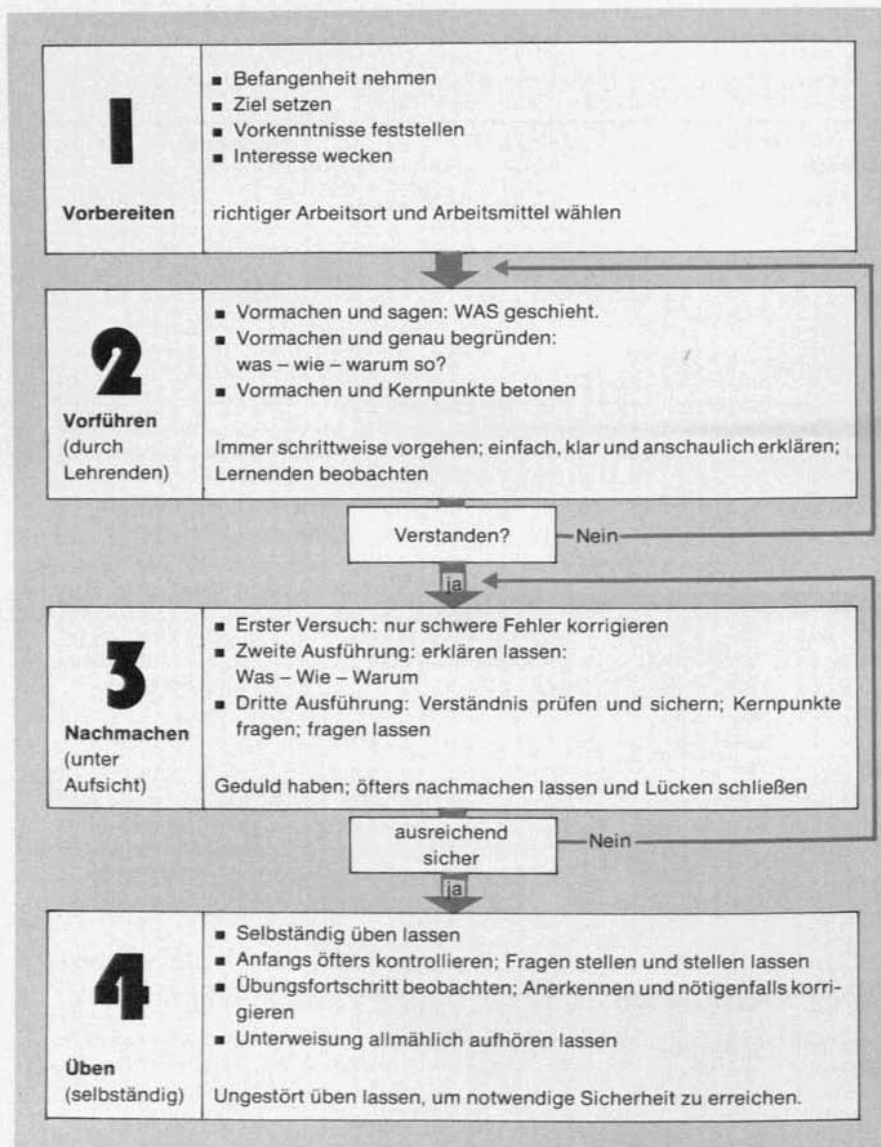
- die im Rahmen seiner Berufsausbildung aufgetragenen Verpflichtungen sorgfältig auszuführen und den Weisungen des Meisters zu folgen, soweit sie durch die Berufsausbildung gegeben sind,
- am Berufsschulunterricht und an sonstigen fachlichen Fortbildungslehrgängen (z. B. Maschinen- und Tierhaltungslehrgängen) teilzunehmen,
- die Betriebsordnung zu beachten, Werkzeuge und Maschinen pfleglich zu behandeln und über interne Betriebsvorgänge nach außen Stillschweigen zu bewahren.

**Tabelle 74:** Gliederung der Arbeit in Lernabschnitte

Arbeitsaufgabe: Mähmesserklingen aufnieten  
 Arbeitsplatz: Werkbank mit Schraubstock und Nietfläche (Amboß)  
 Arbeitsgeräte: mittelschwerer Hammer, Nietenzieher, Nietenkopfmacher  
 Arbeitsmaterial: Mähmesser, Messerklingen, Nieten

Lernabschnitt (Was)	Kernpunkt (Wie)	Begründung (Warum)
<b>1. Messerrücken auflegen</b> 	Gute Auflage für das Mähmesser herstellen; für die Nietstelle ebene Unterlage suchen	Bedingungen für störungsfreien, unfallverhütenden Arbeitsablauf herstellen
<b>2. Nieten einsetzen, Klinge auflegen</b> 	Niete von unten einschieben, Messerklinge auflegen	Klinge muß in der endgültigen Lage vorfixiert werden; Überprüfung, ob Teile passen
<b>3. Nieten ziehen</b> 	Kurze Schläge auf den Nietenzieher; zuerst Niete an der noch vorhandenen Klinge ziehen	Nieten und Klinge werden in die endgültige Lage gebracht; guter Sitz verhindert späteres Lockern
<b>4. Nieten vorspannen</b> 	Kurze, satte Schläge stauen die Niete; Restniethöhe muß größer als der Nietenkopf sein	Die Niete muß in den Bohrungen von Messerrücken und Messerklinge eine formschlüssige Gestalt erhalten
<b>5. Nietenkopf setzen</b> 	Mit kräftigen Schlägen auf den Nietenkopfmacher werden die Nieten geschlossen	Der Nietenkopf muß geschlossen werden, um die volle Spannung von beiden Seiten zu erreichen; verstopfungsfreier Messerlauf wird erreicht

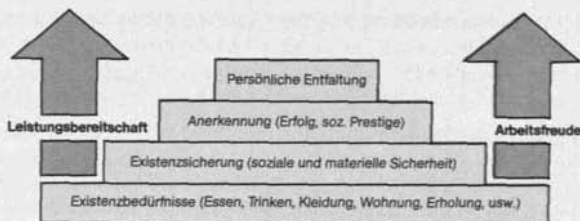
**Tabelle 75:** Vier-Stufen-Methode zur Arbeitsunterweisung (nach REFA)



#### 1.4 Bedingungen der Leistungsbereitschaft

Eine hohe Leistungsfähigkeit allein führt noch nicht zu befriedigenden Arbeitsleistungen, wenn die Bereitschaft zur Leistung fehlt. Letztere hat ihre Wurzel im Sinn der menschlichen Arbeit, wobei sich *abgestufte Motivationen* ergeben (Abb. 141). Erst bei Befriedigung der Grundbedürfnisse kann eine höhere Stufe der Arbeitsmotivation erreicht werden. Die Leistungsbereitschaft steigt dabei an und erreicht in der Selbstentfaltung ihre höchste Wirkung bei gleichzeitig größter Freude an der Arbeit.

Abb. 141 Pyramide der Arbeitsmotivation



Bei höheren Motivationen wird nicht nur die Leistungsbereitschaft, sondern auch die Arbeitsfreude gesteigert. Betriebliche und persönliche Interessen zielen deshalb in die gleiche Richtung. So ist das Bedürfnis nach Anerkennung nur zu befriedigen, wenn das Arbeitsergebnis für den einzelnen sichtbar ist und entsprechend gewürdigt wird. Eine persönliche Entfaltung ist nur dann möglich, wenn die Mitarbeiter über Ziel und Sinn der Arbeitsaufgabe genügend informiert werden, die Arbeiten in eigener Verantwortung durchführen können und nicht zum »Befehlsempfänger« herabgewürdigt werden. Durch eine geschickte Führung der Mitarbeiter kann dieses Ziel erreicht werden, wobei moderne Führungstechniken eine große Hilfe sind (vgl. Band 4, Teil B: »Menschenführung im landwirtschaftlichen Betrieb«).

## 1.5 Die Ermüdung als Begrenzung der Arbeitsleistung

Die Ermüdung begrenzt die menschliche Arbeitsleistung. Häufig setzt sie einer Überbelastung des Menschen eine natürliche Grenze (Absinken der Arbeitsleistung und erhöhte Unfallgefahr). Sie hat mehrere Ursachen (Abb. 142).



Abb. 142 Formen und Ursachen der Ermüdung

Die **biologische Ermüdung** tritt unabhängig von der Arbeitsleistung durch den natürlichen Tagesrhythmus ein. Die höchste Leistungsfähigkeit hat demnach der Mensch zwischen 7<sup>00</sup>-12<sup>00</sup> und 14<sup>00</sup>-19<sup>00</sup>. In den leistungsschwachen Phasen sind häufig Unfälle zu beobachten. Besonders problematisch ist Nachtarbeit.

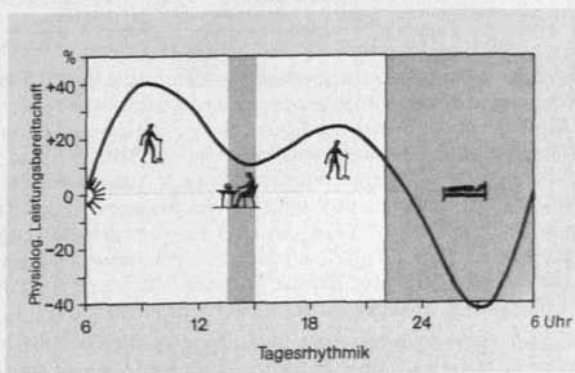


Abb. 143 Natürliche Grenzen der Leistungsfähigkeit des Menschen

Die **Antriebsermüdung** hat ihre Ursachen häufig in der sozialen und technischen Umwelt. Schlechtes Betriebsklima, Streit in Familienbetrieben und mangelndes Arbeitsinteresse führen zu schneller Ermüdung. Ungünstige Arbeitsplätze, Hitze und mangelnde Beleuchtung, um nur einige Punkte zu nennen, führen ebenfalls zur vorzeitigen Antriebsermüdung.

Die **Arbeitsermüdung** hat ihre Ursachen in der Arbeitsbelastung. Diese wird bestimmt durch die Schwere der Arbeit, die Zeit der Arbeit und die individuelle Leistungsfähigkeit. Dabei wird unterschieden zwischen Arbeiten *unter der Dauerleistungsgrenze*, die der Mensch über einen längeren Zeitraum bewältigen kann und Arbeiten über der Dauerleistungsgrenze, die dann unbedenklich sind, wenn sie mit leichteren Arbeiten oder Erholungspausen abwechseln.

Die Belastung des Menschen durch Arbeit wird mit *Pulsfrequenzmessungen* ermittelt. Der normale Mensch hat einen Ruhepuls von etwa 60 Schlägen pro Minute. Durch die Arbeitsleistung erhöht sich die Pulszahl; bei etwa 110 Schlägen liegt die Dauerleistungsgrenze, bei 180–200 Schlägen pro Minute ist die Erschöpfungsgrenze erreicht. Mit der Pulsfrequenzmessung wird die körperliche und teilweise die geistige Belastung des Menschen erfaßt.

In der Abb. 144 ist die Belastung bei einigen landwirtschaftlichen Arbeiten dargestellt. Vor allem kann bei den Stallarbeiten beobachtet werden, daß sie über der Dauerleistungsgrenze liegen, insbesondere dann, wenn die Arbeit von Hand oder nur wenig mechanisiert ausgeführt werden muß. Eine Vollmechanisierung dieser Arbeiten ist deshalb zukünftig unumgänglich. Bei Arbeiten unter der Dauerleistungsgrenze ist die Sauerstoffversorgung und der Sauerstoffverbrauch bei der Arbeit im Gleichgewicht. Der Mensch kann die Arbeit ohne Pausen fortführen. Bei Arbeiten über der Dauerleistungsgrenze wird mehr Sauerstoff verbraucht, als der Blutkreislauf nachliefern kann. Die Pulsfrequenz steigt je nach Arbeit mehr oder weniger schnell an bis zur Erschöpfungsgrenze. Durch Pausen kann dieser Anstieg unterbrochen werden.

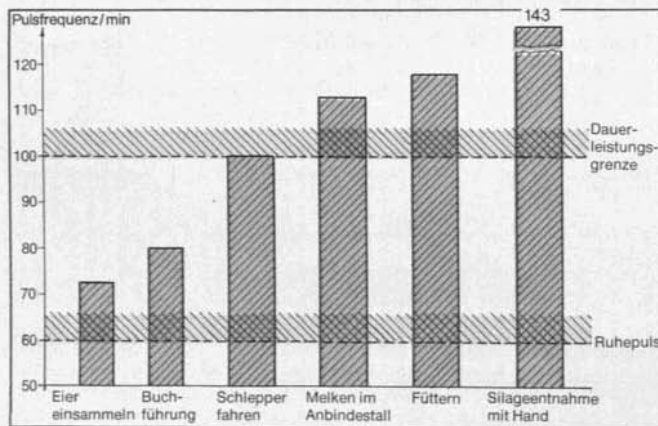


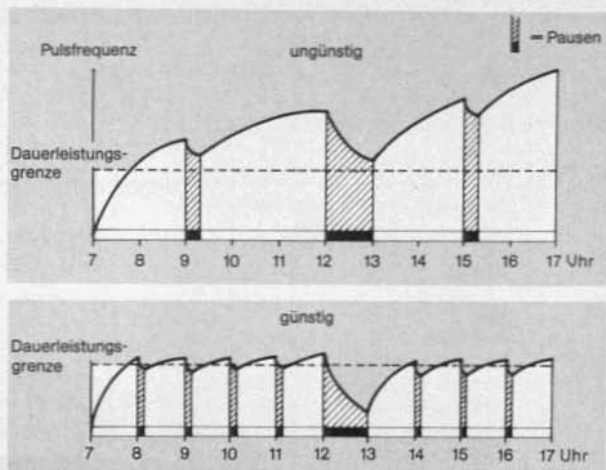
Abb. 144 Belastung bei einigen landwirtschaftlichen Arbeiten

**Pausen- und Arbeitszeitgestaltung** – Einer richtigen Pausen- und Arbeitszeitgestaltung kommt eine besondere Bedeutung zu. Dabei muß als erstes der natürliche Tagesrhythmus des Menschen beachtet werden. Dieser zwingt zu einer ausreichenden Nachtruhe; zudem ist es günstig, auch den Leistungsabfall während der Mittagszeit zu einer mindestens einstündigen Pause zu nutzen. Dazwischen müssen je nach Arbeitsschwere Kurzpausen eingelegt werden. Bei schweren Arbeiten über der Dauerleistungsgrenze sind dabei, wie aus Abb. 145 hervorgeht, häufige kürzere Pausen günstiger zu beurteilen als wenige längere.

Auch die Länge der täglichen Arbeitszeit muß unterschiedlich beurteilt werden. Viele Landwirte sind der Meinung, daß mit längerer Arbeitszeit auch die Arbeitsleistung im gleichen Umfang steigt. Dies gilt nur für leichtere Arbeiten (Abb. 146).

Bei *schwerer körperlicher Arbeit* sind bereits nach 6 Stunden 95% der Tagesleistung erreicht. Wird die Arbeitszeit über 8 Stunden verlängert, so steigt die Tagesleistung nur noch um 3%.

Abb. 145 Günstige und ungünstige Pauseneinteilung bei schwerer Arbeit



Bei *mittelschwerer Arbeit* ist ebenfalls nach 8 Stunden nur mehr mit einer geringen Leistungssteigerung zu rechnen. Diese beträgt bei 10stündiger Arbeitszeit nur 10% der Tagesleistung.

Lediglich bei *leichter Maschinenarbeit* steigt die Arbeitsleistung auch über dem 8-Stundentag weiter gleichmäßig an. Hier kann auch während eines 10stündigen Arbeitstages die volle Leistung erbracht werden.

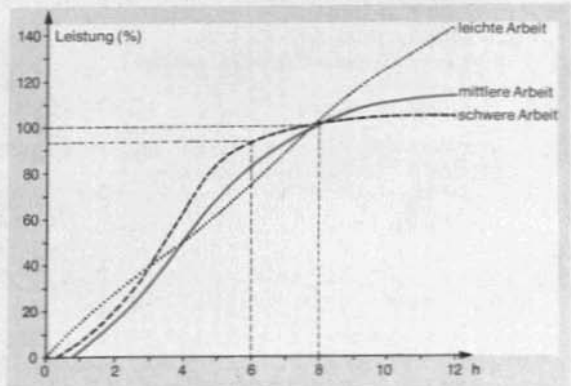
In der Landwirtschaft sollte deshalb – wie auch in der Industrie – der 8- bis 9-Stundentag angestrebt werden. Untersuchungen in vielen landwirtschaftlichen Betrieben haben nämlich gezeigt, daß bei längerer täglicher Arbeitszeit die Arbeitsintensität nachläßt und insgesamt keine höhere Arbeitsleistung vollbracht wird. Dies schließt nicht aus, daß bei Arbeitsspitzen vorübergehend mit Maschinen 10 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 Mensch und Maschine

Erst das Zusammenwirken von Mensch und Maschine ermöglicht hohe Arbeitsleistungen ohne Überlastung des Menschen. Dazu ist es aber erforderlich, daß

- ▶ die Arbeit in günstiger Arbeitshaltung durchgeführt wird,
- ▶ der Arbeitsplatz dem Menschen angepaßt wird,
- ▶ der Mensch vor gesundheitlichen Schäden geschützt wird und
- ▶ dem Unfallschutz besondere Beachtung geschenkt wird.

Abb. 146 Zusammenhang zwischen Arbeitsleistung und Arbeitszeit



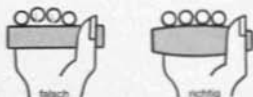


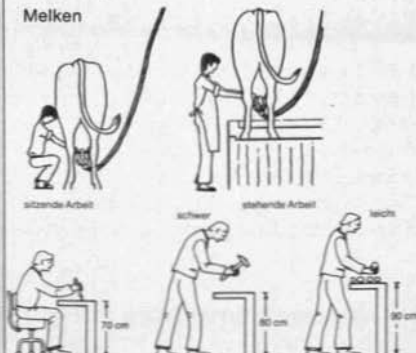

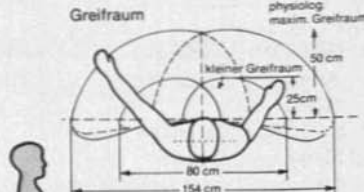
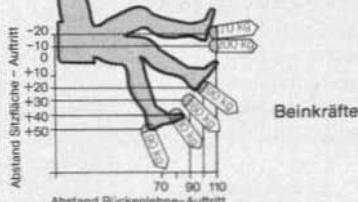
Maßnahme	Bedeutung	Beispiel
① <b>Hebel- und Werkzeuggestaltung</b>	Griffform: Kraftübertragung falsch 80%, richtig 100%	
	Bewegung und Werkzeuggestaltung müssen übereinstimmen	
② <b>Haltearbeiten vermeiden</b>	Bei Haltearbeiten (statischen Arbeiten) und ungünstiger Arbeitshaltung verkramphen sich die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

Abb. 147 Grundsätze für die Arbeitsplatz-Gestaltung



## 2.1 Arbeitshaltung und Arbeitsplatz

Die Anatomie des Menschen, die günstigste Arbeitshaltung und seine Ansprüche an die Umgebung bestimmen die richtige Gestaltung des Arbeitsplatzes. Die wichtigsten Grundsätze dafür sind in Abb. 147, S. 144, zusammengefaßt. Der bedeutendste Arbeitsplatz des Landwirtes ist heute der Schlepperführerstand (Abb. 148).

Im einzelnen sind beim Schlepperführerstand zu beachten:

**Aufstieg:** rutschsichere Trittstufen, freier Einstieg > 30 cm

**Hebelanordnung:** geordnet nach Funktion und Greifbereich: Instrumente im Sichtfeld; kleine Hebel im kleinen Greifbereich; schwerbedienbare Hebel und Pedale im großen Greifraum

**Ganghebel:** nicht im Knieraum

**Kupplungs- u. Bremshebel:** Hebelweg in Richtung Vorderachse; Hebelbedienung senkrecht nach unten ist abzulehnen!

**Sitz:** Einstellbar auf Fahrergröße und Fahrergewicht; glatte Durchstiegflächen

**Sicht:** auf volle Arbeitsbreite bei günstiger Körperhaltung

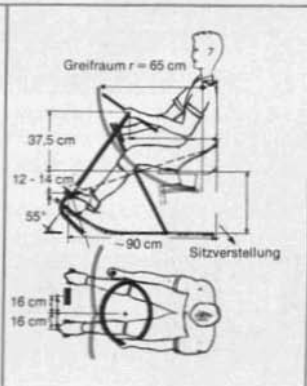


Abb. 148 Richtiger Schlepper-Führerstand

## 2.2 Schutz vor gesundheitlichen Schäden

Die Arbeit dient der Existenzsicherung des Menschen und soll nicht dessen Arbeitsfähigkeit und Gesundheit gefährden. Besonders bei Schlepperarbeiten ist der Mensch vielfältigen Gefährdungen ausgesetzt. Vor Lärm, Witterung und vor dem Umkippen des Schleppers können moderne Fahrerkabinen einen guten Schutz bieten. Sie sollten, genau wie beim Lastwagen, selbstverständlicher Bestandteil des Schleppers sein.

Reihenuntersuchungen an Landwirten mit mehr als 1200 Schlepperstunden/Jahr ergaben bei 63% Schäden an der Wirbelsäule und bei 25% krankhafte Veränderungen des Magens. Die Krankheiten werden hauptsächlich durch **Fahrzeugschwingungen** verursacht, die beim Schlepper besonders gefährlich sind. Die Schlepperschwingungen mit 3-5 Hz entsprechen weitgehend der Eigenschwingung von Wirbelsäule und Magen, wodurch ihre Wirkung verstärkt wird. Außerdem treten die Fahrzeugschwingungen unregelmäßig auf, so daß der Körper nicht »gegensteuern« kann. Die Wirkung von Fahrzeugschwingungen wird durch die

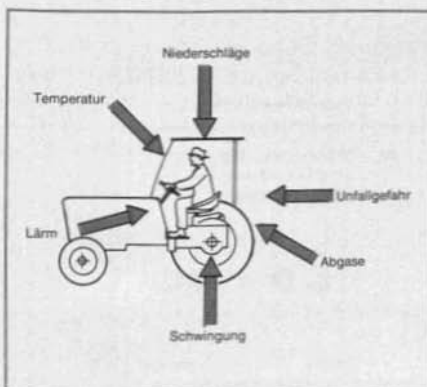


Abb. 149 Gefahrenquellen für den Schlepperfahrer

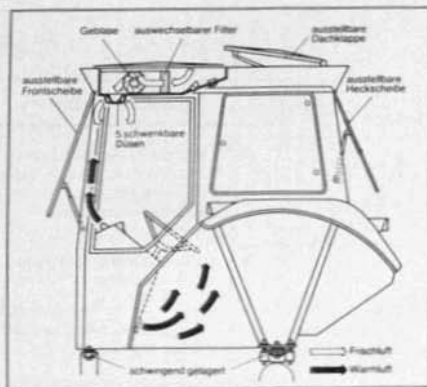


Abb. 150 Zweckmäßige Fahrerkabine mit Klimatisierungsanlage

Wahrnehmungsstärke K gemessen. Schleppersitze müssen durch die Berufsgenossenschaften zugelassen sein und dürfen den K-Wert 25 nicht überschreiten.

#### Anforderungen an den Schleppersitz:

- ▶ nach Fahrergewicht verstellbare Federung
- ▶ festen Sitz durch seitliche Stützen und Rückenstütze in Nierenhöhe
- ▶ warme, schweißabführende Polsterung
- ▶ Horizontalverstellung je nach Körpergröße

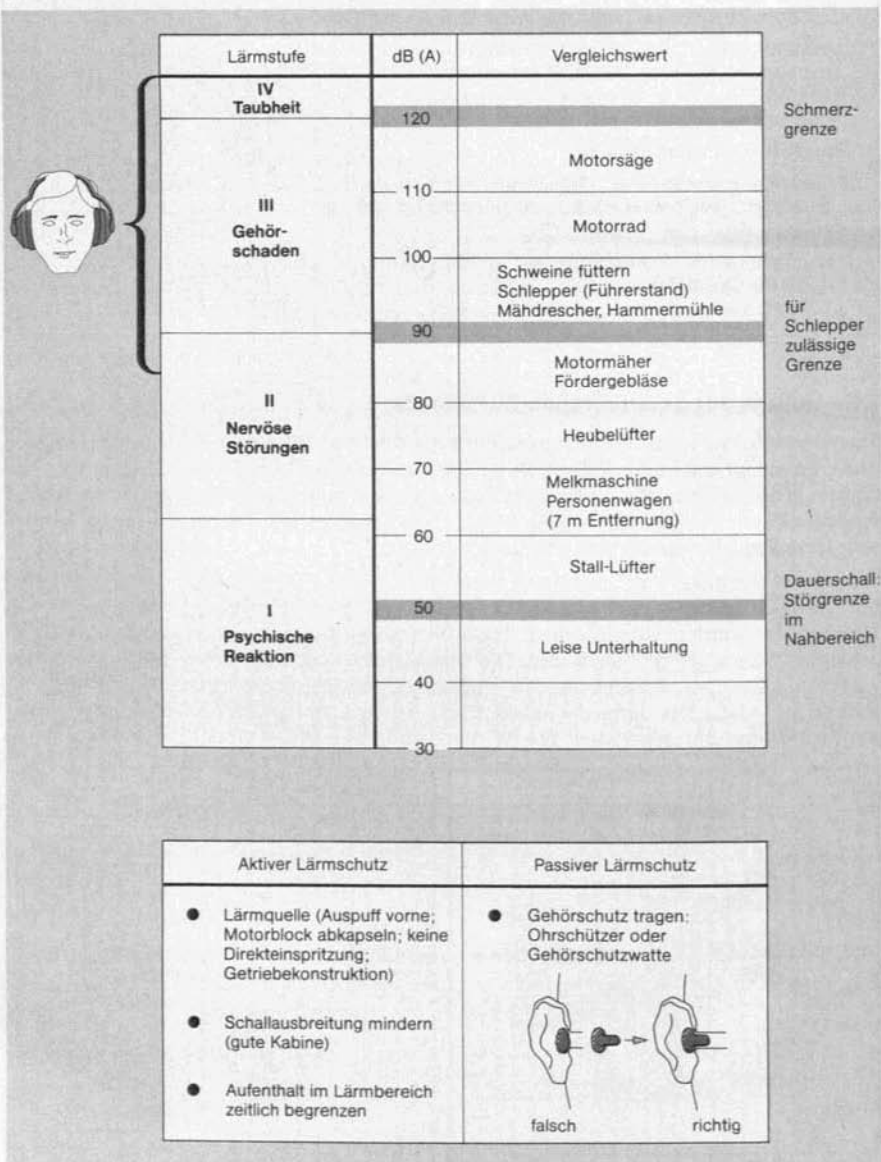


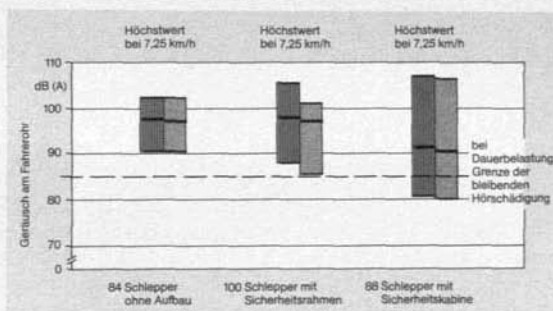
Abb. 151 Lärmskala mit Stufen für die menschliche Gesundheit und Vergleichsbeispielen

Weitere erhebliche Gesundheitsschäden werden durch den **Lärm** verursacht. Lärmschäden wirken schleichend und werden erst nach Jahrzehnten bemerkt. Sie beziehen sich nicht nur auf das Gehör, sondern auch auf die psychische Belastung 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. In Abb. 151 sind Vergleichswerte für die einzelnen Lärmstufen und deren gesundheitliche Auswirkungen dargestellt. Die heutigen Schlepper liegen teilweise erheblich über der 90-dB(A)-Grenze, vielfach hat die einfache Kabine sogar zu einer Lärmpegelerhöhung geführt. Auf gesetzlicher Grundlage soll deshalb der Lärm bei neu zugelassenen Schleppern verringert werden:

- ab 1. 7. 1978: 90 dB(A) bei 100<sup>er</sup> Nenndrehzahl bei geschlossener Kabine
- ab 1. 7. 1981: 90 dB(A) bei 100<sup>er</sup> Nenndrehzahl, aber bei geschlossener *und* geöffneter Kabine

Die DLG-Prüfberichte geben Auskunft über die Lautstärke der verschiedenen Schlepper. Die im KFZ-Brief genannten Werte beziehen sich dagegen auf den Verkehrslärm in 7 m Entfernung und sind für einen Vergleich wenig brauchbar. Möglichkeiten der Lärmminde- rung beim Schlepper sind in Abb 151 zusammengefaßt.

Abb. 152 Geräuschpegel am Fahrerohr aller am OECD-Test beteiligten Ackerschlepper



Neben günstigen Bedingungen am Schlepperfahrerplatz sind aber auch die **Sichtverhältnisse** nach vorne und auf die angebauten Geräte wichtig. Vor allem breite Motorhauben, eckige Kotflügel und zu breite Streben an den Kabinen und Verdecken wirken sich hier negativ aus. Abbildung 153 zeigt als Beispiel die nicht einsehbaren Flächen rund um einen Standardschlepper und Abb. 154 gibt einen Überblick über nicht einsehbare Flächen bei Anbaugeräten.

Dadurch werden die Mängel an den heute auf dem Markt befindlichen Schleppern besonders deutlich. Neben einer Verschlechterung der Arbeitsqualität sind diese Nachteile häufig auch der Grund für die hohen Unfallzahlen in der Landwirtschaft.

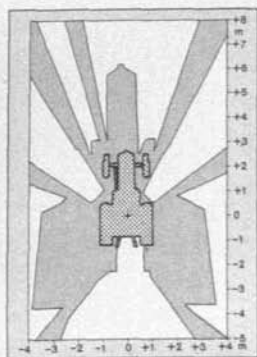


Abb. 153 Nicht einsehbare Flächen an einem Standardschlepper

**Schutz des Menschen vor Unfällen** – In der Bundesrepublik Deutschland ereignet sich alle 0,5 Minuten ein Arbeitsunfall und alle 80 Minuten stirbt ein Mensch an den Folgen eines Unfalles. Unserer Volkswirtschaft wird dadurch ein beträchtlicher Schaden zugefügt. Mit Geld

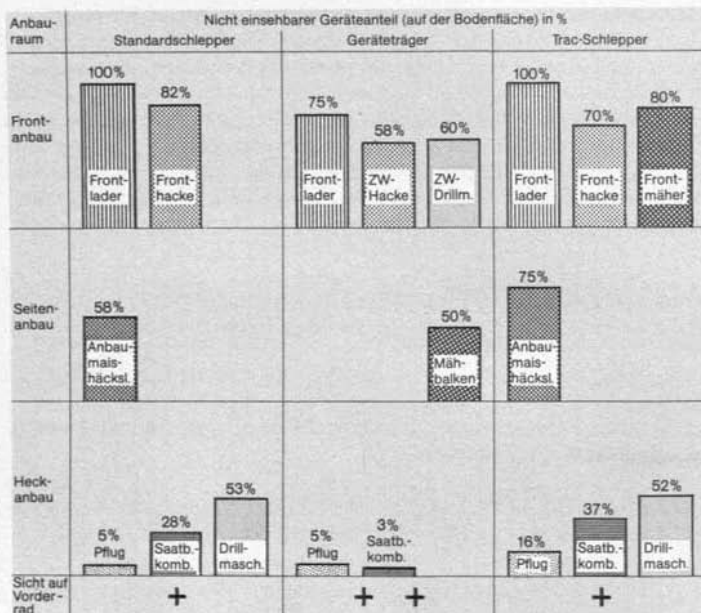


Abb. 154  
Sichtfeldeinengung  
bei Geräteanbau  
an verschiedenen  
Schlepperbauarten

nicht zu erfassen ist das Leid für den Einzelnen und die Familien der Betroffenen. Der Unfallschutz muß deshalb vor jeder ökonomischen Überlegung Vorrang haben.

Der Gesetzgeber hat die *Landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften* als berufsständische Selbstverwaltungsorgane mit der Durchführung der Unfallverhütung beauftragt. Sie sind berechtigt, gesetzlich bindende Unfallvorschriften zu erlassen und deren Durchführung in der

Praxis zu überprüfen. Ihre Befolgung durch den Landwirt ist rechtspflichtig, da das Gesetz durch Androhung von Ordnungsstrafen gesichert ist. Unternehmern, die durch Nichtbeachten der Unfallvorschriften oder fahrlässiges Verhalten die Körperverletzung oder sogar den Tod eines Mitarbeiters verschulden, droht zudem eine gerichtliche Bestrafung.

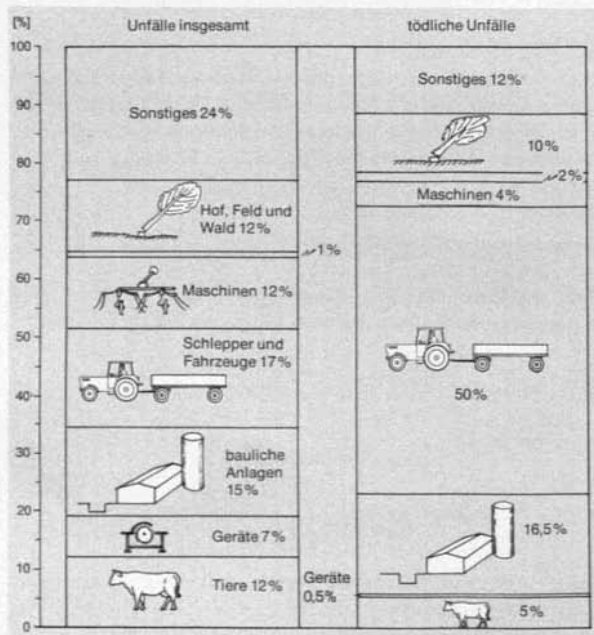


Abb. 155 Unfallursachen in der Landwirtschaft

Die gesetzlich bindenden Unfallvorschriften sollte der Landwirt aber nicht als Zwang ansehen, sondern als Anregung, seinen Betrieb kritisch auf etwaige Gefahrenquellen hin zu überprüfen. Die Kenntnis der häufigsten Unfallursachen (Abb. 155) kann dabei besondere Schwerpunkte setzen.

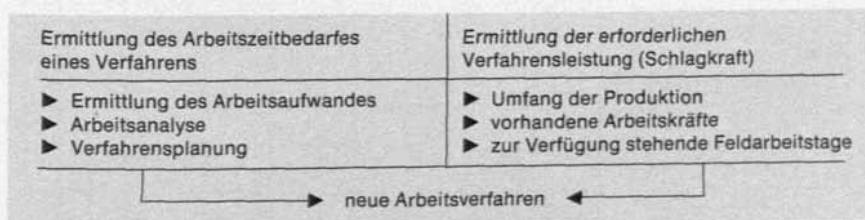
Bei den einzelnen Maßnahmen des Unfallschutzes muß hier auf die detaillierten Unfallschutzvorschriften verwiesen werden. Viele landwirtschaftliche Unfälle haben aber – wie die auffallende Unfallhäufigkeit in einigen Betrieben zeigt – allgemeine Ursachen. Diesen kann der Landwirt durch entsprechendes Verhalten und durch ordnungsgemäße Betriebsführung vorbeugen:

- ▶ *Kein gehetztes und unüberlegtes Arbeiten:* Richtige Arbeitseinteilung sowie ruhiges und gleichmäßiges Arbeiten bringen nicht nur einen höheren Arbeitseffekt, sondern können Unfälle wesentlich vermindern. Dies gilt insbesondere auch beim Umgang mit Tieren.
- ▶ *Ermüdung* führt zu erhöhter Unfallgefahr. Deshalb Pausen einhalten und die tägliche Arbeitszeit sinnvoll beschränken.
- ▶ *Ordnung* auf dem Betrieb erleichtert nicht nur die Arbeit, sondern schafft eine bessere Übersicht, die es ermöglicht, Unfallgefährdungen schnell zu erkennen.
- ▶ *Laufende Pflege* der Maschinen, Geräte und baulichen Anlagen trägt dazu bei, Unfällen vorzubeugen.
- ▶ *Richtige, enganliegende Arbeitskleidung:* Ungeeignet sind Berufsmäntel und bei Frauen weite Röcke und Schürzen.
- ▶ Erhöhte Vorsicht mit *Kindern!* Sie sind in der Nähe von landwirtschaftlichen Maschinen immer besonders gefährdet.
- ▶ *Sorgfältige Arbeitsunterweisung*, wobei auf Gefahren und Unfallverhütung besonders hingewiesen werden muß.

Alle Arbeitsunfälle sind innerhalb von drei Tagen der Berufsgenossenschaft über die Gemeindeverwaltungen mit einem vorgeschriebenen Formblatt anzuzeigen.

### 3 Arbeitszeitermittlung und Arbeitsplanung

Die menschliche Arbeit ist der wertvollste und wichtigste Produktionsfaktor. Ein gut geplanter und durchdachter Einsatz ist deshalb besonders wichtig. Dabei ist in folgenden Schritten vorzugehen:



#### 3.1 Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit)

(vgl. Bd. 4 B, »Betriebswirtschaft«)

Grundlage aller arbeitswirtschaftlichen Planungen ist die Ermittlung des Arbeitsaufwandes (Ist-Zeit) eines Betriebes in seiner derzeitigen Situation (Ist-Zustand). Ein wertvolles Hilfsmittel ist dafür die Führung eines Arbeitstagebuches, welches folgende Anforderungen erfüllen muß:

- ▶ lückenlose, tägliche Eintragung während eines ganzen Jahres,
- ▶ Datum und Witterungsdaten,
- ▶ durchgeführte Arbeit,

- ▶ eingesetzte Arbeitskräfte,
- ▶ verwendete Maschinen und Geräte,
- ▶ bearbeitete Fläche oder betreute Tierzahl,
- ▶ verbrauchte Arbeitszeit, möglichst auf den Betriebszweig bezogen.

Ein Beispiel eines vereinfachten Arbeitstagebuches zeigt folgende Tabelle. Sie läßt sich nach einzelbetrieblichen Anforderungen abwandeln.

**Tabelle 76:** Beispiel eines vereinfachten Arbeitstagebuches

Monat Tag	Durchgeführte Arbeiten	Arbeitsstunden				Schlepperstunden				Arbeitsaufwand in Stunden							
		Be- triebs- leiter	Ehe- frau	Sohn	über- betriebl.	50 kW	30 kW	über- betr.	Hof und Masch.	Feldbau			Viehhaltung				
										Wiesen	Ge- treide	Mais	Milch- vieh	Jung- vieh	Schwei- ne		
24.	Stallarbeiten	3,0	0,5	2,0	–												
	Hofwiese gemäht			1,5		1,5				1,5					4,0	1,0	0,5
	Talwiese siliert	6,0	6,0	5,0		6,0	5,0			17,0							
	Hofwiese gewendet			1,0			1,0			1,0							

Bei sorgfältiger Aufschreibung während eines ganzen Jahres ergibt die Auswertung des Tagebuches zutreffende Angaben über

- ▶ die Arbeitsleistung der einzelnen Arbeitskräfte (h/Jahr),
- ▶ den Arbeitsaufwand für die verschiedenen Betriebszweige (h/ha),
- ▶ den Schleppereinsatz,
- ▶ die überbetriebliche Zusammenarbeit.

In Verbindung mit einer betriebswirtschaftlichen Buchführung können zusätzliche Angaben über den Deckungsbeitrag je geleisteter Arbeitsstunde bei den verschiedenen Betriebszweigen und über das Arbeitseinkommen je Zeiteinheit gemacht werden.

**Tabelle 77:** Auswertung eines Arbeitstagebuches eines Grünlandbetriebes

	Stunden	%	Arbeitsaufwand	betriebswirtschaftliche Auswertung
Milchviehhaltung	2670	54	85 h/Kuh u. J.	13,50 DM/h
Jungviehaufzucht	730	15	42 h/Tier u. J.	23,50 DM/h
Futterbau	520	11	21 h/ha und J.	–
Hofarbeiten, sonstige	1030	20	–	–
<b>gesamter Arbeitszeitaufwand</b>	<b>4950</b>	<b>100</b>		<b>5,20 DM Gewinn/h</b>
<i>geleistete Arbeit:</i>	<i>Stunden</i>		<i>Schlepper:</i>	<i>Stunden</i>
Betriebsleiter	2350		50 kW-Schlepper	675
Ehefrau	945		30 kW-Schlepper	910
Auszubildender	1490		Maschinenring	110
Maschinenring	165			

Neben einer Gesamtauswertung sollte auch die zeitliche Arbeitsverteilung eines Betriebes erfaßt werden, wie sie in Beispielen (Abb. 156) wiedergegeben ist. Ein solcher Arbeitsaufriß des Ist-Zustandes macht Arbeitsspitzen und Arbeitstäler deutlich sichtbar.

Im **Grünlandbetrieb** verursacht die Winterfutterbergung eine außerordentlich hohe Arbeitsspitze, die häufig eine weitere Ausdehnung der Milchviehhaltung verhindert. Im **Getreide-**

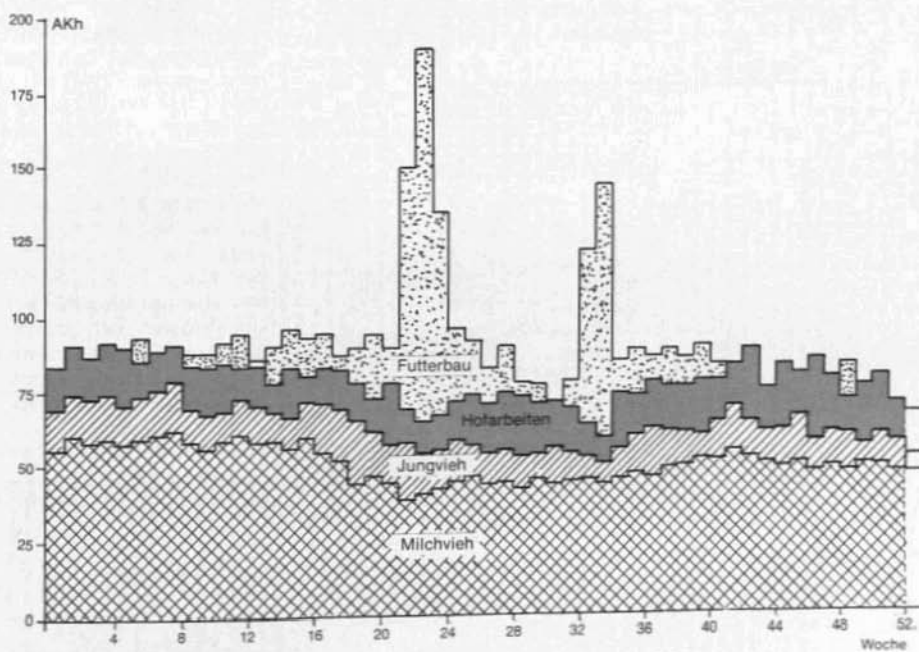
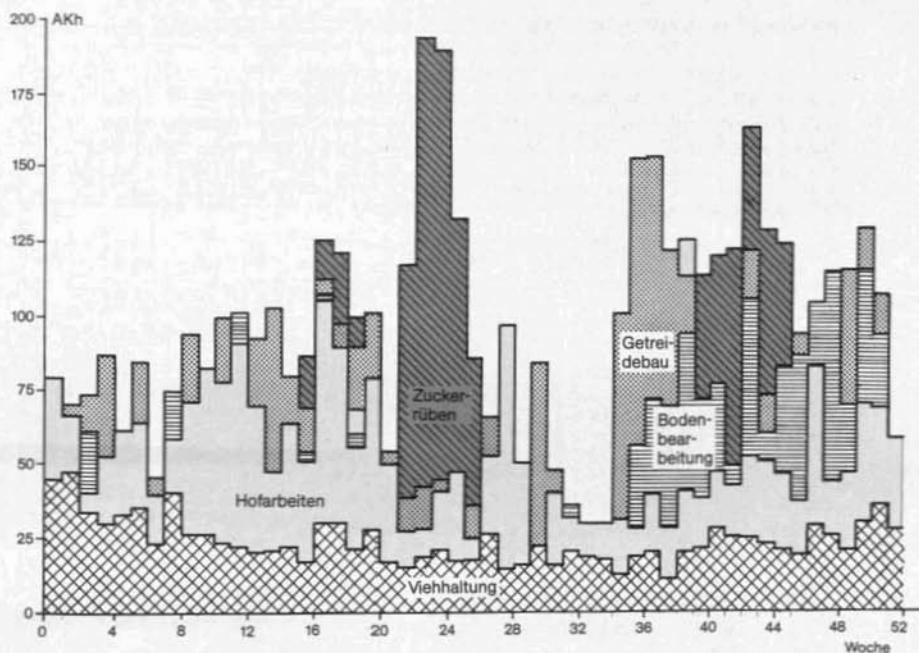


Abb. 156 Arbeitsaufriß; oben: Getreide-Hackfruchtbaubetrieb, unten: Futterbaubetrieb

**Hackfruchtbaubetrieb** verhindert die Hackfruchtpflege und die Arbeitsspitze im Herbst eine weitere Intensivierung der Betriebsorganisation. Allgemein wirken sich extreme Arbeitsspitzen 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.

### 3.2 Arbeitsanalyse

Die Arbeitsanalyse soll Ursachen und Zusammensetzung des Arbeitszeitverbrauches klären. Dieser wird durch die Arbeitskraft, die Arbeitsbedingungen, den Arbeitsplatz und den Arbeitsablauf (Arbeitsmethode) bestimmt (Abb. 157).

Bei der **Durchführung der Arbeitsanalyse** sind als erstes die **Arbeitsbedingungen** zu beschreiben, z. B. Feldgröße, Herdengröße, Hangneigung usw. Sie bestimmen den Zeitverbrauch entscheidend und sind deshalb – obwohl nicht oder kaum zu verbessern – für die Beurteilung und den Vergleich der Ergebnisse wichtig.

Ein anderer wesentlicher Einflußfaktor ist die **Arbeitskraft**, deren Arbeitsleistung von der Leistungsfähigkeit und der Leistungsbereitschaft abhängig ist. Zur Beurteilung dieses Einflusses wird von einer Normleistung 1,0 ausgegangen und diese als **1 Arbeitskrafteinheit (AK)** bezeichnet. Unter 1 AK versteht man eine voll arbeitsfähige, ausgebildete und geübte männliche oder weibliche Person. Individuell werden je nach Leistungsfähigkeit Zu- oder Abschläge gemacht, wobei man näherungsweise häufig vom Alter ausgeht:

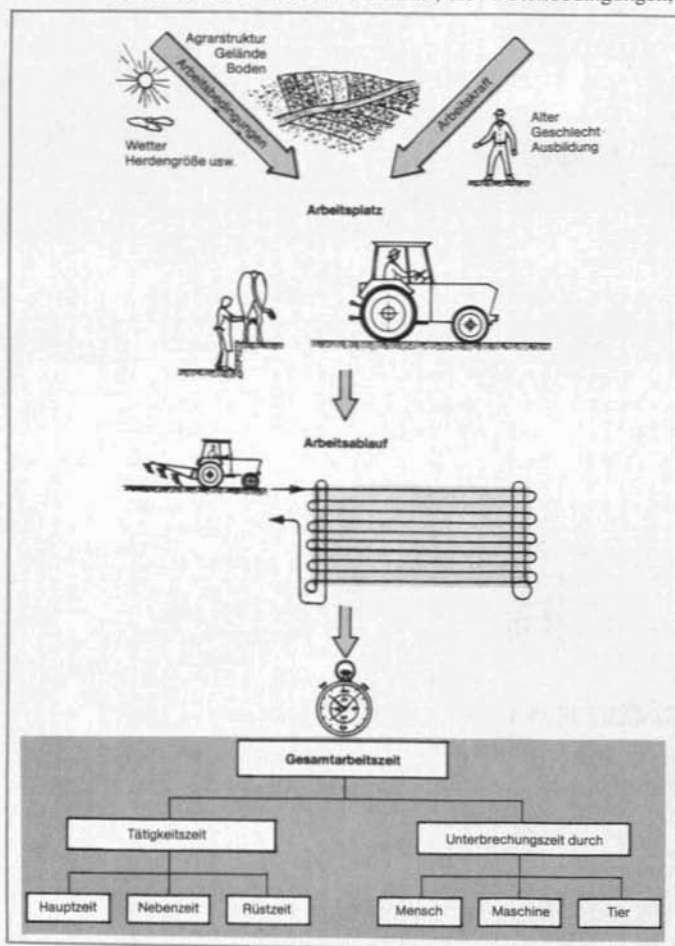


Abb. 157 Durchführung einer Arbeitsanalyse

14–16 Jahre	0,5 AK
16–18 Jahre	0,7 AK (in Ausbildung)

18–65 Jahre	1 AK
über 65 Jahre	0,3 AK



### Prüfliste für die Arbeitsanalyse

#### Arbeitskraft

Hat die Arbeitskraft ausreichende körperliche und geistige Fähigkeiten?

Ist die Arbeitskraft für die Aufgabe ausgebildet und angelehrt?

Ist die Arbeitsaufgabe klar und eindeutig erklärt?  
Ist die Arbeitskraft für die Arbeit motiviert?

Im nächsten Schritt wird der **Arbeitsplatz** untersucht, wobei die Erkenntnisse der Arbeitsplatzgestaltung zu beachten sind. Optimale Arbeitsplätze sind Voraussetzung für hohe Arbeitsleistungen bei geringer körperlicher Beanspruchung.

### Prüfliste für die Arbeitsanalyse:

#### 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 gemindert werden?
- Läßt sich die Umgebungstemperatur verbessern?
- Wird der Unfallschutz beachtet?

Ein erhöhter Zeitverbrauch ist vorrangig auf eine falsche Arbeitsmethode und einen ungünstigen **Arbeitsablauf** zurückzuführen. Dabei ist die sinnvolle Reihenfolge der einzelnen Arbeitsschritte (Elemente) und der kürzeste Arbeitsweg anzustreben. Bei einer Arbeitsanalyse ist es zweckmäßig, den Arbeitsablauf aufzuzeichnen und darauf aufbauend nach besseren Lösungen zu suchen. Abb. 158 zeigt dafür Beispiele.

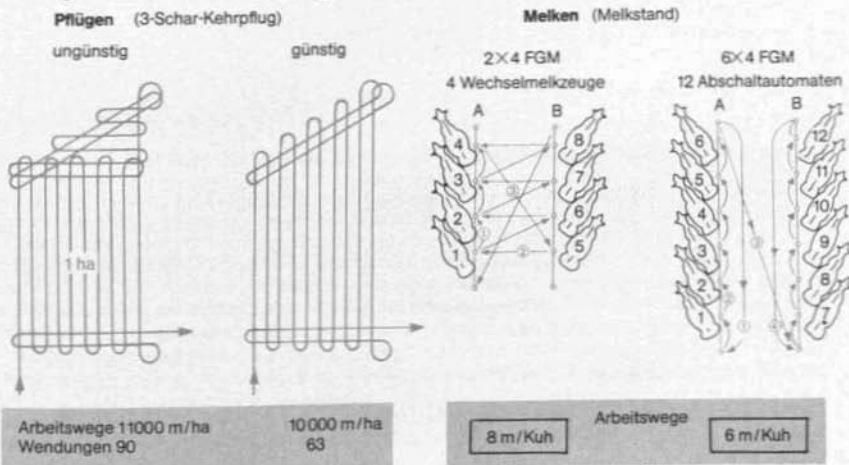


Abb. 158 Beispiele für richtigen und falschen Arbeitsablauf

Die **Arbeitszeitstudie** gibt Auskunft über Umfang und Zusammensetzung des Arbeitszeitaufwandes. Sie erfolgt stichprobenartig bei den einzelnen Arbeitsgängen. Diese wiederum werden in Arbeitsabschnitte unterteilt, welche gesondert gemessen und ausgewertet werden.

Dafür sind gesonderte Stoppuhren mit Schleppeizer und  $\frac{1}{100}$ -Minuten-Einteilung entwickelt worden (Abb. 157, S. 152).

Die Arbeitszeitstudie durch:

- zur **Analyse** des tatsächlichen Arbeitszeitaufwandes eines Verfahrens. Dabei wird der Zeitverbrauch wie in Abb. 159 angegeben aufgegliedert.

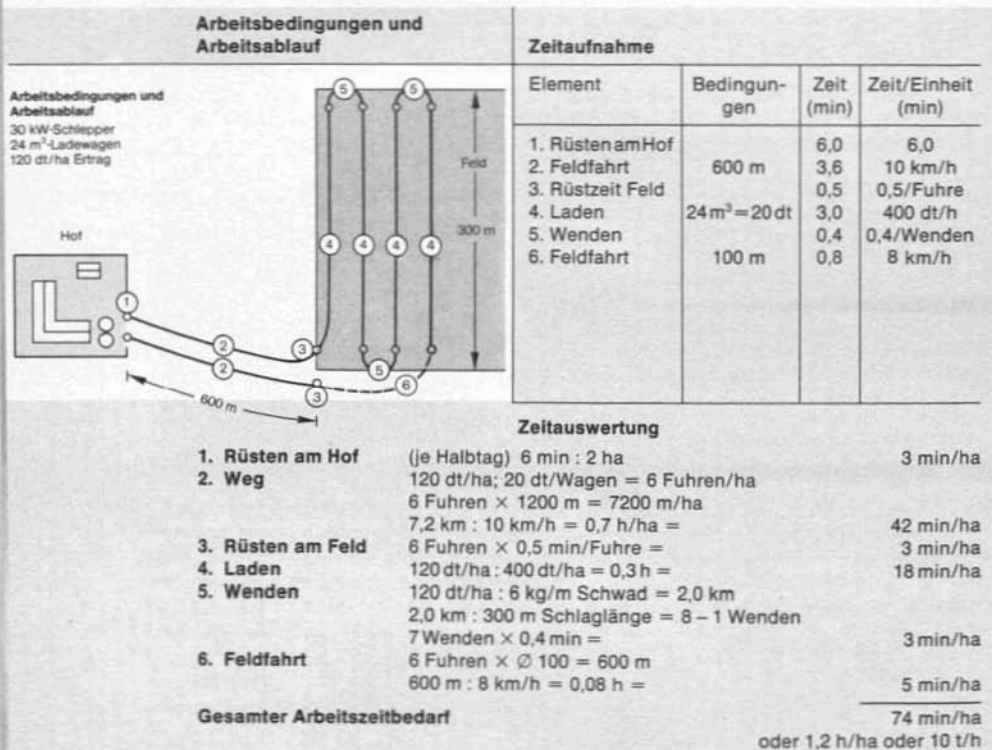
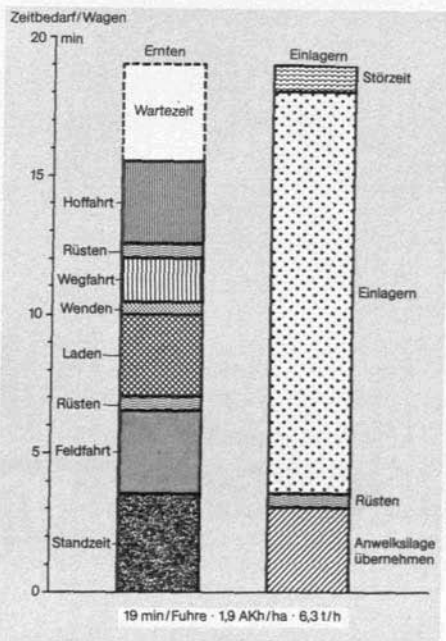


Abb. 159 Beispiel für eine Arbeitszeitstudie bei der Ernte von Anweklsilage mit Ladewagen

**Beispiel:** Bei der Futterbergung mit dem Ladewagen muß dieser auf dem Hof abgeschmiert und an den Schlepper angehängt werden. Die dafür notwendige Zeit bezeichnet man als *Rüstzeit*. Die Fahrt zum Feld und wieder zurück ist die *Wegezeit*. Sie ist von der Entfernung und von der Geschwindigkeit abhängig. Erst dann erfolgt die eigentliche Arbeitsausführung. Nur ein Teil dieser Zeit wird aber für die eigentliche Ladezeit (*Hauptzeit*) aufgewendet. Weiterhin sind gewisse Nebenarbeiten erforderlich, wie Wenden, Fahren zum Schwad usw., die sich nicht vermeiden lassen, aber nicht dem Arbeitsfortgang dienen. Dafür sind *Nebenzeiten* erforderlich. Sie werden in großem Umfang von Schlaggröße und Schlagform bestimmt. *Unterbrechungszeiten* treten schließlich durch Maschinenstörungen (*Störzeit*), willkürliche Arbeitspausen oder durch arbeitsorganisatorisch bedingte *Wartezeiten* (z. B. Warten am Silobefüllgebläse) auf. Daneben sind je nach Arbeitsschwere entsprechende *Erholungszeiten* notwendig. Produktive Arbeit ist nur während der Hauptzeit möglich. Alle anderen Zeitarten lassen sich zwar nicht voll vermeiden, sollten aber weitgehend eingeschränkt werden. Arbeitsanalysen in vielen landwirtschaftlichen Betrieben haben gezeigt, daß ein großer Teil der Arbeitszeit für Neben-, Rüst-, Wege- und Verlustzeiten verbraucht werden, vor allem bei ungünstig strukturierten Betrieben.

- zur **arbeitswirtschaftlichen Verbesserung** bestehender Verfahren: Die Arbeitsanalyse ist eine hervorragende Grundlage für arbeitswirtschaftliche und technische Verbesserungen einzelner Arbeitsverfahren. Die Abb. 160 zeigt als Beispiel die Arbeitszeitanalyse bei der Bergung von Anweklsilage.

Abb. 160 Beispiel einer Arbeitsanalyse bei der Futterbergrung mit Ladewagen und Befüllgebläse



Das **Beispiel** zeigt, daß die **mangelnde** Bergeleistung durch die geringe Einlagerungsleistung des Gebläsehäckslers verursacht wird. Sie führt dazu, daß der Ladewagen am Gebläse warten muß. Hier ist der erste Ansatz für arbeitswirtschaftliche Verbesserungen gegeben, wie höhere Antriebsleistung des Gebläsehäckslers oder die Wahl anderer Einlagerungssysteme (Förderband, Flachsilo usw.). Erst bei höherer Einlagerungsleistung ist es sinnvoll, auch die Bergeleistung des Ladewagens zu erhöhen. Hier fallen vor allem die hohen Wegezeiten ins Gewicht. Sie können durch größere Ladewagen wesentlich verringert werden.

Der voraussichtliche Erfolg neuer und verbesserter Verfahren kann mit Hilfe von Planwerten im voraus berechnet werden. So läßt sich aus mehreren Alternativen das günstigste Verfahren ermitteln.

- ▶ zur **Erstellung von Planzeiten**: aus einer Vielzahl von Arbeitsanalysen in der Praxis werden Durchschnittswerte für die Planung gebildet (Planzeiten).

### 3.3 Verwendung 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. Sie sind die wichtigste Kennzahl für die Auswahl und Planung von Arbeitsverfahren.

Die in Arbeitsanalysen ermittelten Planzeiten haben allgemeine Gültigkeit bei 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 usw.),
- ▶ methodisch richtige und geübte Arbeitsausführung bei günstigem Arbeitsablauf.

Planzeitwerte stehen heute der Landwirtschaft für die meisten Arbeitsgänge zur Verfügung. Sie werden meist in Tabellen (KTBL-Taschenbuch für Betriebswirtschaft) oder als Graphiken dargestellt (Abb. 161, S. 156).

Alle Planzeiten gelten nur bei den genannten Bedingungen. Sie können deshalb im einzelnen Betrieb mit anderen Bedingungen erheblich vom tatsächlichen Arbeitsaufwand abweichen. **Planzeitformeln** erlauben dagegen eine bessere Berücksichtigung der einzelbetrieblichen Einflußfaktoren. In diese Formeln gehen die einzelbetrieblichen Bedingungen ein und man erhält einen betriebsspezifischen Planzeitwert.

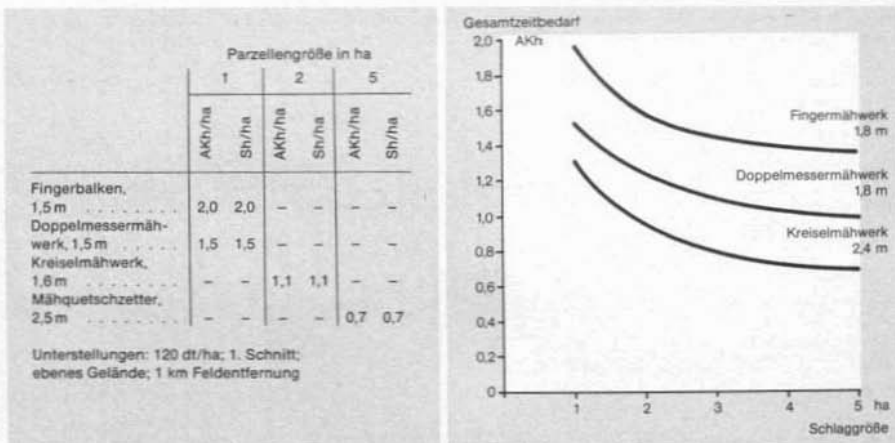


Abb. 161 Tabellarische und graphische Darstellung von Planzeitwerten

**Tabelle 78:** Zeitformel für »Mähen«

$$\begin{aligned} \text{Gesamtzeit »Mähen mit Kreiselmähwerk« (min)} &= \text{Rüstzeit}_{\text{Hof}} + \text{Fahrt zum Feld} + \\ \text{(GAZ)} &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Feld}} + \text{Mähen} + \text{Wenden} + \\ &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Feld}} + \text{Fahrt zum Hof} + \\ &+ \text{Rüstzeit}_{\text{Hof}} \end{aligned}$$

Da alle Rüstzeiten fixe Zeiten sind und die Fahrten zum und vom Feld identisch sind, vereinfacht sich die Formel:

$$\text{Rüstzeit} + \text{Fahrt zum Feld und zurück} + \text{Arbeitszeit} + \text{Wendezeit}$$

In Abhängigkeit von Feldentfernung, Schlaggröße, Schlagbreite, Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit ergibt sich folgende Formel:

$$\begin{aligned} \text{GAZ (min)} &= 30 + \frac{120 \times \text{Feldentfernung (km)}}{\text{Geschwindigkeit (km/h)}} + \\ &+ 1,1 \times \left( \frac{\text{Schlaggröße (ha)} \times 600}{\text{A'breite (m)} \times \text{A'geschwindigkeit (km/h)}} + \frac{\text{Schlagbreite (m)}}{2 \times \text{A'breite (m)}} \right) \end{aligned}$$

**Beispiel:** Feldentfernung 1 km, Geschwindigkeit 15 km/h, Schlaggröße 5 ha, Schlagbreite 250 m, Arbeitsbreite 2,4 m, Arbeitsgeschwindigkeit 12 km/h

$$\begin{aligned} \text{Gesamtzeit (min)} &= 30 + \frac{120 \times 1}{15} + 1,1 \times \left( \frac{5 \times 600}{2,4 \times 12} + \frac{250}{2 \times 2,4} \right) \\ &= 210 \text{ min für 5 ha} \\ &= 42 \text{ min/ha oder } 0,7 \text{ AKh/ha (vgl. Abb. 161)} \end{aligned}$$

Derartige Planzeitwerte sind notwendig für

- den **Vergleich** verschiedener Arbeitsverfahren: Bei Verfahren mit mehreren Arbeitskräften müssen die einzelnen Arbeitsglieder möglichst gut aufeinander abgestimmt werden, damit keine unproduktiven Wartezeiten entstehen.
- **Ist-Sollvergleich:** Ein Vergleich der Ist-Zeit eines Verfahrens mit den Planzeiten verbesserter oder neuer Verfahren ermöglicht es, den arbeitswirtschaftlichen Erfolg dieser Maß-

nahmen abzuschätzen. Damit wird es möglich, die Wirtschaftlichkeit technischer Verbesserungen vor neuen Investitionen zu berechnen.

**Tabelle 79:** Ist-Soll-Vergleich des Beispielsbetriebes bei der Futterernte

Verfahren	AKh/ha	t/h	Kapitalbedarf DM
Ist-Verfahren	5,4	44	–
Verbessertes Verfahren:			
Großbraumladewagen, Dosiergerät 15 kW	3,7	70	35 000
Nachbarschaftshilfe: Dosiergerät 20 kW	4,2	85	18 000
Maschinenring	3,3	110	–

► **Planung neuer Verfahren:** Hier geben die Planzeitwerte Hinweise über die Leistung und den Arbeitszeitbedarf neuer Verfahren. Dem muß aber die Ermittlung der betrieblich notwendigen Schlagkraft vorausgehen. Dies erfolgt durch den Arbeitsvoranschlag.

### 3.4 Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung (Arbeitsvoranschlag)

Nachdem der Arbeitszeitbedarf und die Arbeitsleistung der einzelnen Verfahren bekannt sind, muß für die einzelbetriebliche Arbeitsplanung die erforderliche **Verfahrensleistung** bestimmt werden. Erst danach kann eine sinnvolle Auswahl der Arbeitsverfahren stattfinden. Dies erfolgt durch den **Arbeitsvoranschlag**, wozu die gesamten anfallenden Arbeiten eines Betriebes untergliedert werden.

**Tabelle 80:** Aufgliederung der anfallenden Arbeiten eines Betriebes (Beispiel)

Arbeit	Beispiel	Bedeutung
terminegebundene Arbeiten	Arbeiten, welche an 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
verschiebbare und bedingt terminegebundene Arbeiten	Alle Arbeiten, die zur Inganghaltung eines Betriebes anfallen, wie Betriebsführung, Wirtschaftsführen, Reparaturen und Hofarbeiten	teilweise auch während Arbeitsspitzen notwendig, meist aber verschiebbare Füllarbeiten während der Arbeitstaler
laufende Arbeiten	fallen täglich in ungefähr gleichem Umfang an, wie z. B. die Stallarbeiten	produktive Tätigkeit während des Jahres

Während bei den laufenden Arbeiten die tägliche Arbeitszeit mittels des Arbeitszeitbedarfes einfach zu bestimmen ist, wird der Arbeitsanspruch der **terminegebundenen Arbeiten** von folgenden Kriterien bestimmt:

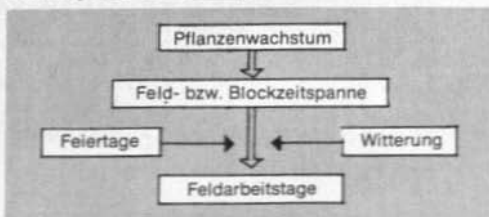


Abb. 162 Bestimmungsgründe für den Arbeitszeitbedarf terminegebundener Arbeiten

Die **Feldarbeitsspanne** gibt den durch den Pflanzenaufwuchs bestimmten Zeitraum für die Durchführung einer Feldarbeit an, z. B. Zeit für die Bestellung, Pflege oder Ernte. Da meist für mehrere Kulturarten ähnliche Feldarbeitsspannen gelten, werden diese zu **Blockzeitspannen** zusammengefaßt.

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

- ▶ Höhe der Tagesniederschläge:
  - größer 5 mm/Tag bei der Frühjahrsbestellung und Ernte,
  - größer 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 Anwekksilagebergung nicht nur die Zahl der Tage, sondern die Wahrscheinlichkeit mehrerer, mindestens ab zwei hintereinander folgender Schönwettertage entscheidend ist, und
- ▶ die notwendige Schlagkraft häufig auch verfahrenstechnisch bedingt wird (z. B. die Notwendigkeit, einen Silobehälter in drei Tagen zu füllen oder die Silomaisernte eine Woche nach dem ersten Frost abzuschließen).

Bei der Erstellung eines Arbeitsvorschlages müssen deshalb auch betriebliche und örtliche Erfahrungen mit einfließen. Besonders wertvoll sind hierzu betriebsinterne Aufzeichnungen, beispielsweise im Arbeitstagebuch.

Für die **bedingt und nicht termingebundenen Arbeiten** können die in folgender Tabelle 82 genannten Zahlen einen gewissen Anhaltswert bieten.

**Tabelle 82:** Bedingt termingebundene Arbeiten in den einzelnen Zeitspannen<sup>1)</sup>  
(Betriebsführung, Wirtschaftsfahren, Reparaturen, Hofarbeiten)

Betriebe der Größenklasse ha LF	Arbeitszeitbedarf in AKh/ha LF in den Zeitspannen								AKh/ha LF und Jahr	Sh/ha LF und Jahr
	FB Früh- jahrs- arbeiten	HH Hack- frucht- pflege	HH Heu- ernte	FG Frühge- treide- ernte	SG Spätge- treide- ernte	HE Hack- frucht- ernte	SH Spät- herbst- arbeiten	Winter- arbeiten		
	1	2	3	4	5	6 u. 7	8	9		
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
alle Größenklassen	Reparaturen an Weidezäunen									
	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	–	5,0	6,0	–

<sup>1)</sup> Quelle: KTBL-Kalkulationsunterlagen für Betriebswirtschaft, Band 1, Arbeitsvorschlag, 1. Fortschreibung 1964

Bei der **Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung** und bei der Aufstellung eines Arbeitsvorschlages sind folgende Schritte notwendig:

**Tabelle 81:** Übersicht über einige Blockzeitspannen und Feldarbeitsstage  
(aus KTBL-Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft 1976)

Blockzeitspanne	Arbeiten	Datum und Feldarbeitsstage in						
		Bayern ohne Voralpen	Alpenvorland und Mittelgebirge	Niedersachsen/Hessen Flachland	Niedersachsen/Hessen Mittelgebirge	Ober-rheinische Ebene	Oberschwaben, Allgäu unter 700 m	Schleswig-Holstein Ostküste
FB = Frühjahrsbestellung	Bestellarbeiten für S-Getreide, Raps, Mals, Hackfrüchte, Kopfdüngung usw.	25.3.-13.5. 31	1.4.-27.5. 33	27.3.-17.5. 34	28.3.-17.5. 29	16.3.-5.5. 32	26.3.-15.5. 32	20.3.-15.5. 29
HH = Hackfrucht-pflege, Heuernte	Alle Pflegearbeiten im Hackfruchtbaubau; Pflanzenschutz; Futterernte, davon für Heu und Silageernte 1. Schnitt	14.5.-7.7. 34 23	28.5.-16.7. 27 21	18.5.-6.7. 35 21	18.5.-9.7. 35 23	6.5.-2.7. 38 27	16.5.-8.7. 33 23	16.5.-18.7. 29 16
FG = Frühgetreideernte	Wintertraps, Wintergerste (Grassamen, Frühkartoffel)	8.7.-24.7. 12	17.7.-31.7. 10	7.7.-26.7. 15	10.7.-28.7. 14	3.7.-20.7. 13	9.7.-24.7. 12	19.7.-10.8. 13
SG = Spätgetreideernte	Alle Arbeiten von Roggenschneid bis zu Beginn der Kartoffelernte	25.7.-5.9. 32	1.8.-15.9. 31	27.7.-6.9. 33	29.7.-8.9. 33	21.7.-31.8. 32	25.7.-5.9. 32	11.8.-12.9. 18
KE = Kartoffelernte	Neben Kartoffelernte auch Sitomaisernte	6.9.-15.10. 27	16.9.-12.10. 16	7.9.-24.10. 32	9.9.-19.10. 27	1.9.-20.10. 35	6.9.-15.10. 27	
RE = Rübenernte	Neben Rübenernte auch Körnermaiserte und Wintergetreidebestellung	1.10.-10.11. 27	1.10.-31.10. 18	1.10.-17.11. 32	1.10.-10.11. 27	1.10.-17.11. 34	1.10.-10.11. 27	
SH = Spätherarbeiten - Abfuhrtage - Pflugesstage	Winterfurche, Stallmistausfuhr usw.	11.11.-10.12. 24 18	1.11.-15.11. 12 10	18.11.-14.12. 21 18	11.11.-10.12. 24 18	18.11.-14.12. 21 19	11.11.-10.12. 24 18	13.10.-15.11. 34 18

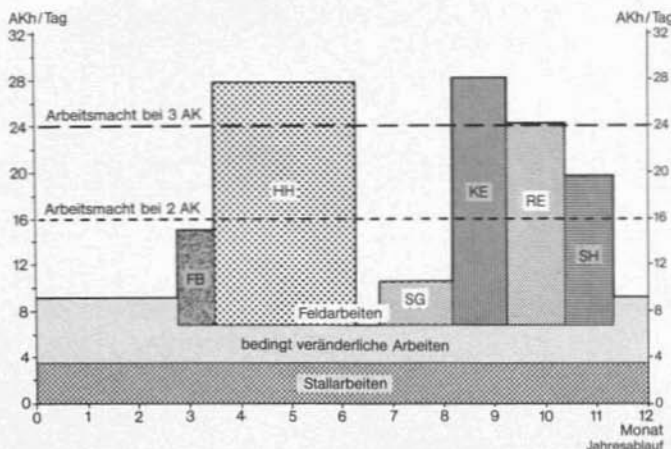


Abb. 163 Arbeitsvoranschlag zur Ermittlung der erforderlichen Verfahrensleistung

- ▶ Bestimmung der täglich anfallenden Stallarbeiten durch Ermittlung des täglichen Arbeitszeitbedarfes je nach Tierart und Herdenumfang,
- ▶ Abschätzen der bedingt termingebundenen Arbeiten in den einzelnen Blockzeitspannen,
- ▶ Ermittlung der täglich für die termingebundenen Arbeiten zur Verfügung stehenden Arbeitszeit,
- ▶ Festlegung der Blockzeitspannen, der Feldarbeitstage und des Produktionsumfanges und daraus errechnet die notwendige Verfahrensleistung,
- ▶ Auswahl von betrieblichen oder überbetrieblichen Verfahren, welche diese Verfahrensleistung erbringen können.

## 4 Verfahrenskosten und Verfahrenvergleich

### 4.1 Allgemeines

Landtechnische und arbeitswirtschaftliche Maßnahmen müssen letztlich nach ökonomischen Gesichtspunkten getroffen werden, welche das gesamte Arbeits- und Produktionsverfahren umfassen.

Dies erfolgt auf zwei Ebenen:

- ▶ Beim ökonomischen **Verfahrenvergleich** wird unter konkurrierenden Lösungen das kostengünstigste ausgewählt (Kostenminimierung).
- ▶ Bei der ökonomischen **Verfahrenbewertung** muß die Auswirkung eines neuen Verfahrens auf das Gesamtergebnis bzw. auf den Deckungsbeitrag eines Betriebszweiges untersucht werden (Kostenoptimierung). Dies ist dann erforderlich, wenn neue Verfahren das Arbeitsvolumen und die Produktionsleistung steigern. Der Einsatz der Landtechnik kann sich hier nicht nur nach den Minimalkosten richten, sondern muß nach den Grenzkosten beurteilt werden. Dazu ist eine betriebswirtschaftliche Kalkulation notwendig, wozu die Landtechnik die erforderlichen Kennwerte liefert.

In beiden Fällen ist die genaue Kenntnis der **Verfahrenskosten** notwendig. Diese umfassen folgende Teilkosten:

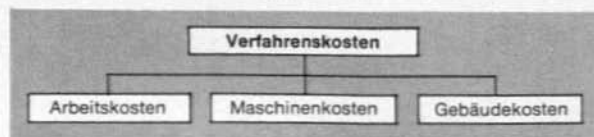


Abb. 164 Überblick über landtechnische Verfahrenskosten



## 4.2 Arbeitskosten

Die Arbeitskosten eines Verfahrens werden wie folgt bestimmt:

$$\text{Arbeitskosten (DM)} = \text{Arbeitszeitverbrauch (AKh)} \times \text{Kosten der Arbeitsstunde (DM/h)}$$

Während der Arbeitszeitverbrauch durch Ist- oder Planzeiten für jedes Verfahren zu bestimmen ist, bereitet die Bewertung einer Arbeitsstunde Schwierigkeiten. So kann in Arbeitstälern die geleistete Arbeitsstunde nur einen geringen Wert haben, während sie in Arbeitsspitzen, beispielsweise bei der Ernte, sehr hoch bewertet werden muß. Für den Verfahrensvergleich behilft man sich deshalb mit Richtsätzen, wobei

- ▶ bei familieneigenen Arbeitskräften die Entlohnung nach einer vergleichbaren außerlandwirtschaftlichen Tätigkeit unterstellt wird.

**Tabelle 83:** Richtsätze für den Lohnansatz des Betriebsleiters und mithelfender Familienangehöriger

	DM jährlich	DM/h bei 2200 h/Jahr
Grundlohn des Betriebsleiters	14 200	6,50
Zuschlag je 10 000 DM Einheitswert ungefähr	650	0,30
mithelfende Familienangehörige:		
männlich	12 900	5,90
weiblich	10 850	4,90

- ▶ bei Fremdarbeitskräften die geltenden Tariflöhne herangezogen werden (Tabelle 84).

**Tabelle 84:** Tariflöhne für Landarbeiter im Stundenlohn – gewogener Bundesdurchschnitt – (gültig ab 1. August 1978) nach KTBL-Taschenbuch 1978

Lohngruppe	DM/h	+54% Zuschlag für Sozialleistungen	Lohngruppe	DM/h	+54% Zuschlag für Sozialleistungen
1 Hilfsarbeitskräfte für leichte Arbeiten	4,84	7,45	5 Spezialarbeiter Schlepperfahrer	7,73	11,90
2 Angelernte Arbeiter für leichte Arbeiten	5,43	8,36	6 Landwirtschaftliche Facharbeiter	8,27	12,74
3 Hilfsarbeitskräfte für schwere Arbeiten	6,43	9,90	7 Handwerker	8,79	13,54
4 Angelernte Arbeiter für schwere Arbeiten	7,30	11,24	8 Meister	9,37	14,43

### 4.3 Maschinenkosten

Die Maschinenkosten setzen sich aus folgenden Kostenelementen zusammen:

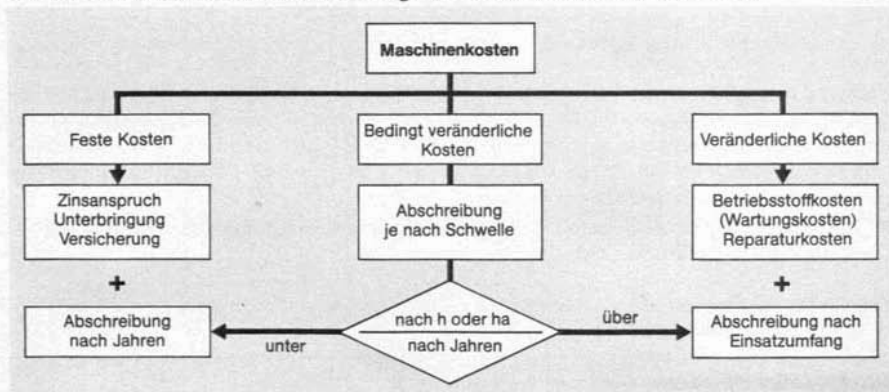


Abb. 165 Elemente der Maschinenkosten

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

- ▶ den **Zinssatz** für das durch die Maschinen festgelegte Eigen- oder Fremdkapital. 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.

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

<sup>1)</sup> meist 6%

- ▶ **Unterbringungskosten** entstehen durch jährliche Gebäudekosten für Unterstellräume einschließlich der Feuerversicherung. Für die Maschinenkostenberechnung wird dafür überschlagsmäßig 1% des Anschaffungspreises unterstellt.

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

- ▶ **Versicherungskosten** sind in Form der Haftpflichtversicherung bei Schleppern und selbstfahrenden Maschinen anzurechnen. Sie sind den Versicherungspolice zu entnehmen. Bei einer groben Überschlagsrechnung können 1% des Anschaffungspreises unterstellt werden.

**Veränderliche Kosten** – Sie werden ganz vom Umfang des Landmaschineneinsatzes (h oder ha) bestimmt. Sie beinhalten:

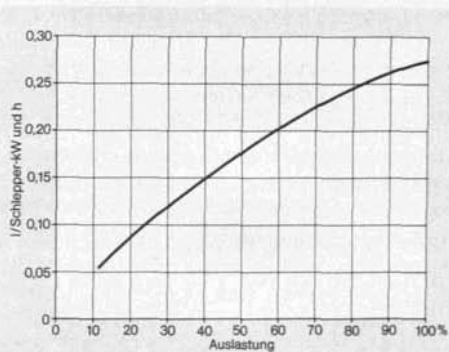
- ▶ **Die Betriebsstoffkosten** umfassen die Aufwendungen für Kraft-, Schmier- und Hilfsstoffe (z. B. Bindegarn). Die Kosten errechnen sich aus dem Einsatzumfang, dem Verbrauch und dem Preis.

Der Verbrauch an Treibstoff bei Schleppern kann je nach Auslastung aus Abb. 166 abgeschätzt werden. Der Energieverbrauch der Elektrogeräte errechnet sich grob aus dem Anschlußwert und der Einsatzzeit. Für den Ölverbrauch wird ein Schätzwert von 4% des Dieselölverbrauches unterstellt.

Die Betriebsstoffkosten können nach folgender Formel errechnet werden:

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

Abb. 166 Richtwerte für den Kraftstoffverbrauch von Schleppern in Abhängigkeit von der Schlepperleistung



► **Wartungskosten** umfassen das Reinigen, Abschmieren, Ölwechseln und sonstige Instandhaltungsarbeiten. Der Arbeitsaufwand dafür wird in der Regel den Lohnkosten zugerechnet, während die Materialkosten weitgehend den Betriebsstoffkosten anzulasten sind.

► **Reparaturkosten** sind schwer kalkulierbar und von vielfältigen Faktoren, wie Einsatzdauer, Konstruktion, Bedienung, Pflege usw. abhängig. Eine Vorausschätzung kann deshalb nur auf Grund von Richtwerten erfolgen, die in Prozentanteil vom Anschaffungswert und Einsatzumfang angegeben werden<sup>1)</sup>. Je nach Maschinenauslastung ist dabei stillschweigend ein Anteil der voll veränderlichen Abschreibung zugerechnet, der für den Rechengang aber unbedeutend ist. Tabelle 85 zeigt einige Richtwerte für den Schleppereinsatz. Die übrigen Werte sind bei den Kennzahlen der einzelnen Mechanisierungsverfahren aufgeführt (vgl. Bd. 3 B).

**Tabelle 85:** Richtwerte für die Ermittlung der Reparaturkosten bei Schleppern und Anbaugeräten (nach KTBL-Taschenbuch) (A = Anschaffungspreis in DM)

Maschinen	Reparaturkosten % von A/1000 h	Maschinen	Reparaturkosten % von A/100 h
Schlepper mit Hinterradantrieb (15–82 kW)	6,82–6,95	Frontlader	1,73–2,11
Schlepper mit Allradantrieb (23–105 kW)	6,75–7,56	Hecklader	1,80
Frontsitzschlepper (38–88 kW)	6,02–6,80	Heckschwenklader	2,61–3,24
Geräteträger und Trac-Schlepper (26–77 kW)	5,80–8,11	Plattformwagen	% von A/10 ha 2,27–3,92
		Kipper	ca. 2,00

Zu den **bedingt veränderlichen Kosten** wird die *Abschreibung* gezählt. Sie umfaßt die nutzungs- und altersbedingte Wertminderung, denn am Ende der wirtschaftlichen Nutzung sollte das eingesetzte Kapital wieder zur Verfügung stehen. Dazu wird der Anschaffungspreis auf die gesamte Nutzungsdauer gleichmäßig verteilt.

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

Der Umfang der Abschreibung wird bestimmt von

► der wirtschaftlichen **Nutzungsdauer nach Arbeit**: 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;

<sup>1)</sup> in KTBL Taschenbuch für Arbeits- und Betriebswirtschaft

- der wirtschaftlichen **Nutzungsdauer nach Zeit (Jahren)**: Unabhängig vom Einsatzumfang sind landwirtschaftliche Maschinen nach einer gewissen Zahl von Jahren technisch veraltet, so daß ihr Einsatz unwirtschaftlich ist. Eine technisch wesentlich verbesserte Maschine produziert dann trotz 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. Im ersten Fall muß nach der erbrachten Arbeit, im zweiten Fall dagegen, unabhän-

### Übersicht: Gesamtkostenberechnung für Maschinen

GESAMTKOSTENBERECHNUNG FÜR MASCHINEN						
(Prozentrechnung nach Schaefer - Kehort)						
1	Maschine (Art - Typ - Größe)	Aderschepper mit Allradantrieb - 45 kW				
2	Anschaffungspreis (A)	43.000,- DM				
3	wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Arbeit (n)	12.000 h bzw. ha				
4	wirtschaftliche Nutzungsdauer nach Jahren (N)	12 Jahre				
5	Abschreibungsschwelle ( $\frac{A}{N}$ )	1.000 $\frac{h}{ha/Jahr}$				
6	Kosten bei einer jährlichen Ausnutzung			unter	über	
				der Abschreibungsschwelle		
7	FESTKOSTEN			DM/Jahr	DM/Jahr	
8	Zinsansatz: ( 6 % von A/2 ) - 43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,03 =			1.290	1.290	
9	Unterbringung: ( 1 % von A ) - 43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,01 =			430	430	
10	Versicherung: ( 1 % von A ) - 43.000,- DM Anschaffungspreis x 0,01 =			430	430	
11	Abschreibung: ( <del>1 % von A</del> ) - 43.000,- DM Anschaffungspreis / 12 Jahre (Bei Ausnutzung <u>unter</u> der Abschreibungsschwelle gehört die bedingt variable Abschreibung zu den Festkosten).			3.583	<del>3.583</del>	
12						
13	SUMME FESTKOSTEN			5.933	2.150	
14	VARIABLE KOSTEN			DM/h	DM/h	
15	Abschreibung: ( ..... % von A je ..... h bzw. ha ) $\frac{43.000 \text{ DM} \cdot A}{12.000 \text{ h bzw. ha}}$ (Nur bei Ausnutzung <u>über</u> der Abschreibungsschwelle gehört die bedingt variable Abschreibung zu den variablen Kosten).			<del>3,583</del>	3,583	
16	Reparaturkosten: ( ... % von A je 1000 h bzw. ha ) (wünschenswert der vollvariablen Abschreibung).			3,-	3,-	
17	Betriebsstoffkosten: ( 45 kW x 0,16 Verbrauch in $\frac{h}{ha}$ ) $\frac{0,45 \text{ DM/KW}}{1000 \text{ h/ha}}$			3,24	3,24	
18	Hilfsstoffe: 4% des Dieselölverbrauches von 3,24 DM/h			= -12	-12	
19	* 75% Auslastung					
20	SUMME VARIABLE KOSTEN			6,36	9,94	
21	GESAMTKOSTEN					
22	bei einer jährlichen Ausnutzung von h bzw. ha	250	500	1000	1500	2000
23	Festkosten (DM/h bzw. DM/ha)	23,73	11,86	2,15	1,43	1,07
24	variable Kosten (DM/h bzw. DM/ha)	6,36	6,36	9,94	9,94	9,94
25	SUMME GESAMTKOSTEN (DM/h bzw. DM/ha)	30,09	18,22	12,09	11,37	11,01

Bayerische Arbeitsgemeinschaft: Höhere Landbauschule Rothlammstein, Landwirtschaftsschulen, Seminar für Beraterfortbildung Dachau, Amt für angewandte landwirtschaftliche Betriebswirtschaft München. Formblatt 304

gig vom Einsatz, nach der Zeit abgeschrieben werden. Als Grenzwert dafür dient die Abschreibungsschwelle:

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

**Tabelle 86:** Beispiele für die Nutzungsdauer von Maschinen (nach KTBL-Taschenbuch)

Maschine und Gerät	Nutzungsdauer		Abschreibungsschwelle nach h bzw. ha/Jahr n/N
	nach Arbeit h bzw. ha	nach Jahren	
Schlepper	12 000 h	12	1 000 h
Frontlader	2 500 h	12	208 h
2,5-m-Drillmaschine	1 250 ha	14	89 ha
Ladewagen	650 ha	8	81 ha
3,6-m-Mähdrescher	1 000 ha	10	100 ha
Rübenvollernter	250 ha	8	31 ha

Liegt der tatsächliche Einsatzumfang/Jahr *über* der Abschreibungsschwelle, so ist die Nutzungsdauer nach Arbeit zu unterstellen. Damit ist die Abschreibung voll vom Einsatzumfang abhängig und zählt zu den veränderlichen Kosten.

$$\text{Abschreibung über der Schwelle} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Nutzungsdauer nach Arbeit}}$$

(hohe Auslastung)

▼

**veränderliche Kosten**

Ist der jährliche Einsatzumfang aber niedriger als die Abschreibungsschwelle, so ist nach Jahren abzuschreiben. Diese Abschreibung ist nicht abhängig vom jährlichen Einsatz, so daß hier die Abschreibung zu den Festkosten zählt. Da in der Landwirtschaft die Maschinen meist nur schwach ausgelastet werden, wird fast immer nach Jahren abgeschrieben.

$$\text{Abschreibung unter der Schwelle} = \frac{\text{Anschaffungspreis}}{\text{Nutzungsdauer nach Jahren}}$$

(geringe Auslastung)

▼

**feste Kosten**

In der Übersicht S. 164 ist eine Beispielsberechnung für einen 45 kW-Schlepper bei verschiedener Auslastung gezeigt. Abb. 167 zeigt davon abgeleitet die Kosten je Schlepperstunde bei unterschiedlichem jährlichem Einsatz.

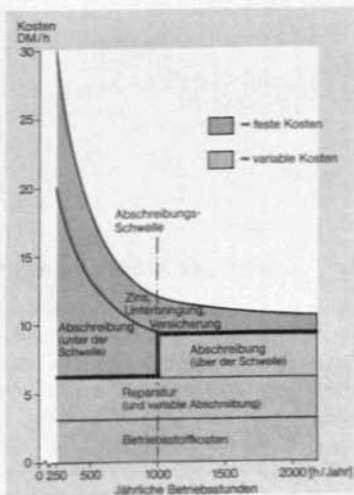


Abb. 167 Kosten der Schlepperstunde bei unterschiedlicher Nutzung (45 kW-Allradschlepper, A = 43 000 DM)

## 4.4 Gebäudekosten

Die jährlichen Gebäudekosten sind nur dann den Arbeitsverfahren anzulasten, wenn diese an spezielle Gebäude gebunden sind. (z. B. Melkstandgebäude). Da Maschine und Gebäude zunehmend in kompletten Arbeitsverfahren verknüpft werden, sind die speziellen Gebäudekosten zunehmend bei Verfahrensvergleichen zu beachten. Die Gebäudekosten setzen sich wie folgt zusammen:

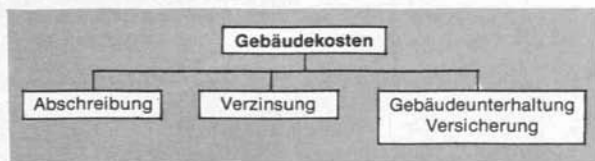


Abb. 168 Elemente der Gebäudekosten

Alle diese Kosten werden in % der Gebäudepreise (fälschlich häufig Gebäudekosten genannt) errechnet. Die Gebäudepreise sind entweder durch Abrechnungen bereits erstellter Gebäude bekannt oder können auf Grund von Faustzahlen grob geschätzt werden.

Die jährliche Abschreibung der Gebäude wird von der Lebensdauer auf Grund der Bauweise (Massivbau, Holzbau, Leichtbau), aber auch von der technischen Veralterung bestimmt. Diese ist vielfach kürzer als die Haltbarkeit von Massivgebäuden.

**Tabelle 87:** Anhaltswerte für die Gebäudeabschreibung

Bauweise	Abschreibungszeit (Jahre)	jährliche Kosten in % vom Erstellungspreis
Massivbau	(40)–25	(2,5)– 4,0
Holzbau	25	4,0
Leichtbau	10	10

$$\text{Verzinsung/Jahr} = \frac{\text{Gebäudepreis (A)}}{2} \times \text{Zinssatz (6\%)}$$

**Tabelle 88:** Anhaltswerte für Verzinsung, Unterhaltungs- und Versicherungskosten von Gebäuden

Unterhaltung und Versicherung/Jahr:	Kosten/Jahr
Stallgebäude massiv	1,5 % von A
Stallgebäude Holz	1,50% von A
Stallgebäude Leichtbau	2,00% von A
Scheunen und Unterstellhallen in Holz	1,00% von A

## 4.5 Kosten der Arbeitsverfahren

Die Arbeits-, Maschinen- und soweit sinnvoll die Gebäudekosten ermöglichen es, die Kosten gesamter Verfahren zu ermitteln und mit Verfahrensalternativen zu vergleichen.

Als Beispiel wird hier an den arbeitswirtschaftlichen Vergleich der verschiedenen Futterberverfahren angeknüpft (vgl. Abb. 169).

In den gezeigten **Beispielen** ist Verfahren 1 bis 15 ha kostengünstiger. Der überbetriebliche Maschineneinsatz verursacht ab 15 ha die geringsten Kosten.

Diese Zuordnung der Verfahren nach ihren minimalen Kosten ist aber nur *ein* Kriterium unter mehreren. Sobald beispielsweise durch eine höhere Schlagkraft ein qualitativ besseres Futter gewonnen wird oder

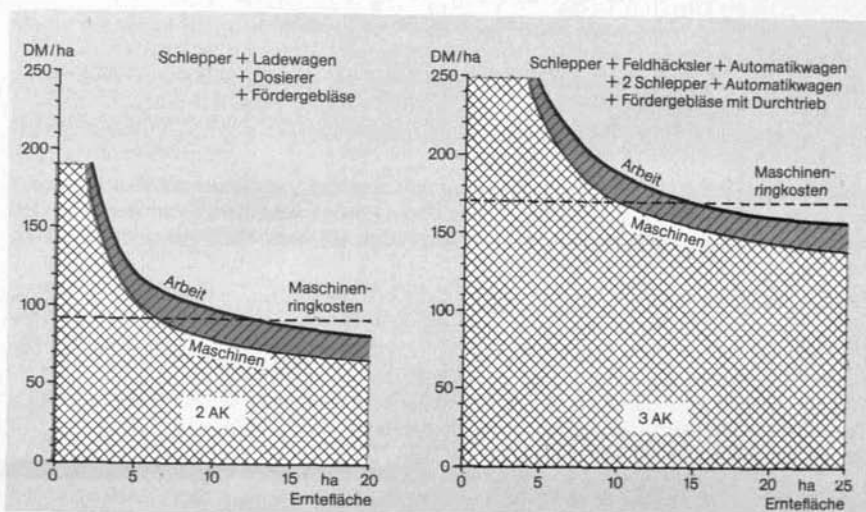


Abb. 169 Verfahrenskosten für Maschinen und Arbeit (Beispiel: Bereitung von Anweilsilage)

eine Herdenaufstockung möglich wird, kann ein teures Verfahren trotzdem ökonomisch sinnvoll sein. Hier ist mittels einer gesamten betriebswirtschaftlichen Kalkulation eine ökonomische Verfahrensbewertung durchzuführen, wobei letztlich das Verhältnis von Mechanisierungsaufwand und verbessertem Betriebserfolg entscheidend ist.

## 5 Überbetrieblicher Arbeits- und Maschineneinsatz

Der überbetriebliche Maschineneinsatz gewinnt in der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Dabei sind als **Vorteile** zu nennen:

- ▶ Nutzung leistungsfähiger Maschinen und Arbeitsverfahren, und damit eine bessere Verwertung der Arbeitsstunden,
- ▶ bessere Auslastung der Maschinen und damit geringere Kosten,
- ▶ Verringerung des Investitionsbedarfes,
- ▶ Abbau von Arbeitsspitzen, vor allem in spezialisierten Betrieben,
- ▶ Einsatz von schlagkräftigen Fließverfahren mit mehreren Arbeitskräften,
- ▶ schnellere Abschreibung der Maschinen und damit eine bessere Möglichkeit, den technischen Fortschritt zu nutzen,
- ▶ mehr Übung und Kenntnisse beim Einsatz von Spezialmaschinen (z. B. Spezialist für Einzelkornsaat oder Pflanzenschutz),
- ▶ überbetriebliche Kranken- und Feiertagsvertretung.

Als **Nachteile** sind zu nennen:

- ▶ Zwang zur Absprache und Koordinierung der Arbeitserledigung,
- ▶ höheres Risiko, da der Maschineneinsatz nicht immer zum gewünschten Termin möglich ist.

Die genannten Nachteile fallen aber immer 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:

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

<b>Vorteile:</b>	Geringer Organisationsaufwand.
<b>Nachteile:</b>	Auf wenige Maschinen beschränkt; nur Maschinen, keine Arbeitskräfte; meist keine klare Verantwortung für Maschinenpflege und Reparatur; häufig Unstimmigkeiten über die Reihenfolge des Maschineneinsatzes; keine Nutzung der Maschinen über die Maschinengemeinschaft hinaus möglich.

Maschinengemeinschaften setzen deshalb einen gut ausgeprägten Gemeinschaftssinn voraus und sollten auf Maschinen beschränkt werden, deren Einsatz nicht stark termingebunden ist. Weiterhin sind klare Absprachen über Einsatz, Pflege, Reparatur und Wiederbeschaffung notwendig.

**Lohnunternehmen** – Beim Lohnunternehmer »kauft« der Landwirt Maschinenarbeit. Dies setzt leistungsfähige Unternehmer voraus, die nur dann bestehen können, 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.

<b>Vorteile:</b>	Eigenverantwortung des Lohnunternehmers; kein Organisationsaufwand; neben den Maschinen werden Arbeitskraft und Spezialkenntnisse (Pflanzenschutz usw.) zur Verfügung gestellt.
<b>Nachteile:</b>	Barausgaben des Landwirts; keine Gegenleistungen des Landwirts möglich; Lohnunternehmer können meist nur bei größeren, gut strukturierten Betrieben mit Gewinn arbeiten.

**Maschinenring** – Beim Maschinenring handelt es sich um einen freiwilligen Zusammenschluß von 300–600 Landwirten in einer nach den Ideen von Dr. GEIERSBERGER entwickelten Organisation.

Ursprüngliches Ziel dieser Selbsthilfeorganisation war die bessere Nutzung der vorhandenen Maschinenkapazität. 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« oder »einkaufen«. Eigene Maschinen oder Arbeitskräfte besitzt der Ring nicht, so daß die unternehmerische Freiheit der Einzelmitglieder voll gewahrt bleibt.

Die Organisation des Maschineneinsatzes wird 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 Maschinenanschaffungen völlig verzichten. Als Dienstleistungsunternehmen für die Vermittlung und Organisation des überbetrieblichen Maschinen- und Arbeitseinsatzes arbeiten Maschinenringe auch mit Lohnunternehmern und Maschinengemeinschaften zusammen.

<b>Vorteile:</b>	Der Landwirt kann sowohl Arbeits- als auch Maschinenleistungen »einkaufen« und »verkaufen«; Partnerschaft zwischen Voll-, Zu- und Nebenerwerbsbetrieben; feste Organisation mit fachlich qualifizierten Spezialisten für die Organisation (Geschäftsführer) und einzelnen Landwirten, die sich auf Spezialarbeiten (Schädlingsbekämpfung, Einzelkornsaat usw.) spezialisiert haben; festgelegte Sätze für Maschinen- und Arbeitsleistungen.
<b>Nachteile:</b>	Hoher organisatorischer Aufwand; nur auf Arbeiten der Außenwirtschaft beschränkt; erhebliche Verwaltungskosten.



**Maschinen- und Betriebshilfsring** – Um auch die sozialen Anforderungen bei Urlaubs-, Kranken- und Feiertagsvertretung bei den Landwirten erfüllen zu können, erweitern Maschinenringe ihre Dienstleistungen zunehmend durch einen Betriebshilfsdienst. Dies erfolgt – ähnlich wie bei Maschinenarbeiten – zwischen den Betrieben nach festen Verrechnungssätzen. Der Betriebshilfsdienst stellt auch Bautrupps mit Spezialkenntnissen für die Erstellung neuer Gebäude in Selbsthilfe.

## 5.2 Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes

Die Kosten des überbetrieblichen Maschineneinsatzes werden durch Maschinenkostenkalkulationen und durch das Marktgeschehen von Angebot und Nachfrage bestimmt.

Bei einer überbetrieblichen Maschinenkostenkalkulation, wie sie vor allem in Maschinenringen üblich ist, wird die jährliche Nutzung in Höhe der Abschreibungsschwelle unterstellt. Folgende Tabelle 89 gibt einige Anhaltswerte über Verrechnungssätze der Maschinenringe.

**Tabelle 89:** Beispiele für Verrechnungssätze von Maschinenringen (ohne Fahrer)  
(nach RIEMANN und KTBL 1976/77)

Maschinen	Einheit	Verrechnungssatz DM	Maschinen	Einheit	Verrechnungssatz DM
Arbeitskraft	h	7–11	Feldspritze	ha	6,5–8,0
Schlepper je kW	h	0,25	Kreiselmähwerk	ha	20
Allrad Schlepper	h	+ 20%	Hochdruckpresse	h	20
Anhänger je t	h	0,80–1,20			(od. 0,18/Ballen)
Pflug	ha	25	Feldhäcksler		
Gerätekombination	ha	11	1reihig	h	30
Fräse	h	22–30	2reihig	h	35–40
Stallmiststreuer	h	16	Häckselladewagen	h	32
Güllewagen			Silopresse	h	20
mit Pumpe	h	18	Mähdrescher, ha	ha	180 <sup>1)</sup>
Großflächenstreuer	dt	0,8–1,0	über 2 ha	ha	160–150 <sup>1)</sup>
Drillmaschine	ha	12	Maisdrescher	ha	300 <sup>1)</sup>
Einzelkornsäugerät	ha	28–40	Bunkerkörper	ha	350–450
Kartoffellegemaschine	ha	32	mehrr. ZR-Ernter	ha	150–250
			Kartoffelvollernter	h	360–400

<sup>1)</sup> mit Fahrer

Die **Gesamtkosten** werden wie folgt ermittelt:

$$\text{Kosten des überbetrieblichen Masch.Einsatzes} = \text{Arbeitskraftkosten} \times h \\ + \text{Schlepperkosten} \times h \\ + \text{Maschinenkosten} \times ha \text{ bzw. } h$$

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

$$\text{Arbeitsumfang (ha bzw. h/Jahr) bei Kostengleichheit} = \frac{\text{Maschinen-Festkosten}}{\text{Kosten für überbetrieblichen Maschineneinsatz} - \text{veränderliche Kosten bei Eigenmechanisierung}}$$

# Sachregister

## A

Abladehilfen 83  
Abschreibung 163  
Abschreibungsschwelle 165  
Ackerschiene 61  
Akkumulatoren 14  
Allradantrieb 43, 53  
Aluminium (Baustoff) 105  
Ampèrestundenzahl (Ah) 14  
Anhängerkupplung 61  
Anlaufverhalten von  
  Motoren 18  
Arbeit, menschliche 134 f.  
Arbeit, physikal. Prinzip 7  
Arbeitsabläufe 153  
Arbeitsanalyse 152  
Arbeitsaufrisse 151  
Arbeitsmüdung 142  
Arbeitsgliederung, Lernab-  
  schnitt 139  
Arbeitshaltung 145  
Arbeitskleidung 149  
Arbeitskosten 161  
Arbeitskraft, AK 152  
Arbeitslehre 134 f.  
Arbeitsleistung 134  
Arbeitsmotivation 141  
Arbeitspausen 142  
Arbeitsplanung 149 f.  
Arbeitsplatzgestaltung 144  
Arbeitsstagebuch 150  
Arbeitsunterweisung 138  
Arbeitsvoranschlag 157 f.  
Arbeitszeitbedarf 155  
Arbeitszeitermittlung 149 f.  
Arbeitszeitstudie 153 f.  
Asynchronmotoren (ASM) 16  
Ausbilderpflichten 138  
Ausgaben der Landwirtschaft 1  
Außenputz 100  
Auszubildende 138  
Axialventilatoren 119

## B

Batterie, elektr. 14 f.  
Bauantrag 132  
Baugenehmigung 133  
Bauholzarten 101  
Baumetalle 105

Bauplanung 132  
Baurundhölzer 102  
Bauschnittholz 102  
Baustellenvorbereitung 133  
Baustoffe, Bauteile 90  
  – Eigenschaften 90, 91  
Bauteile, mehrschichtige 92  
  – vorgefertigte 110  
Bauvorbereitung 130 f.  
  – Ausschreibung 130  
  – Kostenschätzungen 131  
  – Planung, Bauantrag 132  
  – Vorplanung 130 f.  
Bauweisen 108 f.  
  – Allgemeines 108  
  – Eigenleistungen 112  
  – konventionelle 110  
  – Skelettbauweise 111  
  – Starrahmen 111  
  – Tafelbauweise 111  
  – vorgefertigte Teile 110  
Bauwesen 85 f.  
Beleuchtung, Betriebs-  
  gebäude 124 f.  
Beleuchtungsplanung 125  
Beleuchtungswirkungsgrad 125  
Bereitstellungspreis,  
  Elektrizität 22  
Berufsausbildung 138  
Berufsgenossenschaft 148  
Betonarten 96 f.  
  – Mindestzementgehalt 97  
  – Verdichtungsmethoden 98  
Betonfestigkeitsklassen 98  
Betongruppen 97  
Betonrezepte 97  
Betonstähle 105  
Betonverbundpflaster 98  
Betonzuschläge 96  
Betriebsgebäude, Anforderun-  
  gen 85  
Betriebshilfsring 169  
Blockzeitspannen 158 f.  
Brandschutz 95  
Bremsanlagen, Transportfahr-  
  zeuge 82

## C

Cetanzahl (CZ) 32  
Container 82  
cos  $\varphi$  15

## D

Dacheindeckungen 105  
Dämmstoffe (Stalldecken) 107  
Dampfsperre 93  
Dauerleistung, menschliche  
  Arbeit 142  
DIESEL, Rudolf 26  
Dieselkraftstoff 32  
Dieselmotoren 31 f.  
  – Aufbau 33  
  – Betriebsverhalten 40  
  – Einspritzanlage 33 f.  
  – Einspritzverfahren 31  
  – Flammglühkerze 36  
  – Kaltstartverhalten 31  
  – Klopfursachen 32  
  – Kraftstoffe, Kennzeichen 32  
  – Kraftstoffversorgung 33  
  – Kühlung 36 f.  
  – Motorbeurteilung 40  
  – Motorkennfeld 41  
  – Motorleistung 41  
  – Schmierung 38  
  – Verbrennungsverlauf 31  
  – Vergleich Otto-/Diesel-  
  motor 30  
  – Vollastkennlinien 40 f.  
  – Wasserkühlung 37  
Differential, Schlepper 53  
Drehmoment 26  
Drehmoment-Drehzahl-Dia-  
  gramm 18  
Drehstrom 15 f.  
Drehstrommotoren 16  
  – Drehzahlen 16  
Dreieckschaltung 16  
Dreipunktkraftheber 44, 65 f.

## E

Einachswagen 80  
Einspritzpumpe und  
  –düse 34 f.  
Elektroenergie 12 f.  
  – Kenngrößen (Tab.) 14

Elektroenergie  
– im landw. Betrieb 22  
– Jahresstromverbrauch, Tierhaltung 22  
– Stromkostensenkung 24  
– Tarifgestaltung 21  
Elektroinstallation 25  
Elektromotoren 16 f.  
Element, galvan. 14  
Energiebereitstellung 3 f.  
Energieformen und -quellen 4 f.  
– Heizwert 4  
– mechanische 6  
– Wärmeenergie 8 f.  
Energieträger 4  
Energieumwandler 4  
Energieumwandlung 3 f.  
Erdgas 4  
Ermüdung des Menschen 141  
EVU-Gruppen 24

## F

Fahrkupplung 44  
Feldarbeitsspannen 158  
Feldarbeitsstage 159  
Feldentfernung 156  
Felgenbezeichnung, Schlepper 59  
Fenster (Wärmeverluste) 108  
Feuchtigkeitsschutz, Bauten 93 f.  
Flammglühkerze 36  
Frauenarbeit 135

## G

Gasstrahler 9  
Gebäudeabschreibung 166  
Gebäudedecken 106 f.  
Gebäudekosten 166  
Geistige Veranlagung 135  
Generator 15  
Geothermische Energie 15  
Geräteträger 45  
Geräuschpegel, Schlepper 147  
Geruchsimmissionen 128  
– Punktesystem 129  
Gesundheitsschäden, Schlepperfahrer 145  
Getriebe, Schlepper 48, 75  
Gewichtsverlagerung Schlepper  
– dynamische 47  
– statische 46  
Gleichdrucklüftung 121  
Gleichstrom 14 f.  
Grundpreis elektr. Strom 22

## H

HD-Öle 38  
Heizwerte, Heizkosten 13  
Heizung von Ställen 122 f.  
Hochdruckstrohhallen,

– Heizquelle 10 f.  
Hofplanung 125 f.  
– Immissionsschutz 128  
– Standortwahl 127  
Holz als Baustoff 100 f.  
Holzfaserplatten 102  
Holzschutz 102  
Holzspanwerkstoffe 102  
Holzverarbeitungsstufen 102  
Holzverbindungen 103  
Holzverbrennung 9 f.  
Hydraulik, Schlepper 63 f.  
Hydrostatik, Grundlagen 63

## I

Immissionsschutz 128, 131  
Innenputz 100

## J

Jugendarbeitsschutzgesetz 135

## K

Kaltdächer 105 f.  
Kernkondensat 86, 93  
Kinetische Energie 7  
Kipper 83  
Klimazonen 86, 89  
Kloppfestigkeit 27  
Kondenswasser 86  
Konventionelle Bauweise 110  
Körperliche Veranlagung 135  
Kraftstoff-Förderpumpe 33  
Kraftstoffe, Kennzeichen 32  
Kunststoffarten 104  
Kunststoffe (Bau) 104 f.  
k-Werte 87 f.

## L

Lagerräume 112  
Landtechnik, Ziele 1  
Landtechnische Arbeitsverfahren 2  
Längenausdehnung, Baustoffe 95  
Lärmschäden, Schlepper 147  
Leichtbeton 96 f.  
Leimbinder 103  
Leistung, elektr. 14  
Leistungsbereitschaft 134, 140  
Leistungsfähigkeit, menschl.  
– Steigerung 137  
Leistungsfähigkeit  
– Voraussetzungen 135  
Leitfähigkeit, elektr. 14  
Lernprozeß 137  
Leuchtstofflampen 124  
Lohnansatz, Betriebsl. 161  
Lohnunternehmen 168  
Luftdurchsatz 115  
Luftfeuchtigkeit, relative 93  
Luftfilterung, Verbrennungsmotor 39

Luftkühlung, Dieselmot. 36  
Lüftung, Ställe 114  
Lüftungssysteme 118 f.  
– thermische 118  
– Ventilatoren 119  
Lumen (lm) 124  
Lux 124

## M

Mantelbauweise 111  
Maschinengemeinschaften 167 f.  
Maschinenhallen 112 f.  
Maschinenkosten 162 f.  
– Gesamtkostenberechnung 164  
Maschinenring 168  
Mauerwerk 99 f.  
Mauerziegel 99, 100  
Mechanische Energie 7  
Menschliche Arbeit 134 f.  
– Steigerung der Leistungsfähigkeit 137  
Mensch und Maschine 143 f.  
Mindestwärmeschutz 89  
Mörtel 100  
Motoren  
– Elektr. 16 f.  
– Diesel 31  
– Verbrennungsm. 26 f.  
Muskelarbeit 134

## N

Nagelverbindungen 103  
Newton'sches Grundgesetz der Mechanik 7  
Normalbeton 96  
Nutzungsdauer von Maschinen 163 f.

## O

Oberflächenkondensat 89  
Ohm, Widerstand 14  
Oktanzahl 27  
Ölbadfilter 39  
Ölöfen 9  
OTTO, Nicolaus August 26  
Ortomotor 27  
Otto- und Dieselmotor, Vergleich 27

## P

Planzeiten (Arbeitszeit) 155  
Planzeitwerte 156  
Primärenergien 4  
PR-Zahl, Schlepperreifen 58  
Punktebewertung von Schweinställen 129

## R

Radialventilatoren 119  
Regelhydraulik, Schlepper 65

- Reparaturkosten.
  - Maschinen 163
- Rotationskolbenmotor (Wankel-  
motor) 29
- S**
- SAE-Viskosität 38
- Schlaggrößen 156
- Schlepper 43 f.
  - Achsschenkelenkung 59
  - Ackerschiene 61
  - Allradantrieb 43, 53
  - Anhängerkupplung 61
  - Arbeitsmaschine 54 f.
  - Aufbau 43
  - Ausgleichsgetriebe 53
  - Bauarten 44 f.
  - Bauteile 43
  - Bereifung 73
  - Bodendruck 58
  - Bremsen 60 f.
  - Differential 53
  - Doppelkupplung 48
  - Dreipunktkraftheber 44, 65 f.
  - Druckluftbremse 61
  - Einachsschlepper 44
  - Elektrik 61, 62
  - Fahrkupplung 44, 48
  - Fahrwerk 54
  - Fahrwiderstand 55 f.
  - Felgenbezeichnung 59
  - Frontlader 67
  - Gelenkwelle 70
  - Geräteanhangung 61
  - Geräteträger 44
  - Gesundheitliche Gefahren  
(Fahrer) 145
- Schlepper
  - Getriebe 48, 75
  - Getriebezapfwelle 70
  - Gewichtsverlagerung 46 f.
  - Gewichtsverteilung 47
  - Hecklader 68
  - Heckzapfwelle 68
  - Hofschlepper 46
  - Hydraulikanlage 63 f., 75
  - Kosten der Arbeits-  
erledigung 78
  - Kräfte am Schlepper 46 f.
  - Kraftschlußbeiwert 54
  - Kupplungen 66
  - Lamellenkupplung 70
  - Lärmkala 146
  - Lastschaltgetriebe 50 f.
  - Lenkung 59 f.
  - Motorzapfwelle 70
  - PR-Zahl 58
  - Reifen und Felgen 56 f.
  - Reifenbezeichnung 58
  - Reifentypen, Einsatzbreite 57
  - Reihbreite und -früchte 74
  - Rollwiderstand 55
  - Schlupf 54
  - Schnellkuppler 66
  - Sichtverhältnisse 75
  - Sonderbauarten 45
  - Standardschlepper 44
  - Steigungswiderstand 55
  - Strömungskupplung 48
  - Stufengetriebe 49
  - Stufenlose Getriebe 52
  - Synchronschaltung 49
  - Systemschlepper 44
  - Triebkraft 54 f.
  - Überlastkupplungen 71
  - Untersetzungsgetriebe 53
  - Verschleiß 78
  - Wartung 71
  - Zapfwelle 44, 68 f.
  - Zughaken 61
- Schlepperführerstand 145
- Schlepperreifen 56 f.
- Schleppersitz 146
- Schlepperstunde, Kosten 165
- Schlepperwahl 72 f.
  - Bereifung 73
  - Boden, Gelände 76
  - Ein-Schlepperbetrieb 78
  - Hydraulik 75
  - Kosten 78
  - Motorleistung, Bedarf 77
  - Nachfolge-Investitionen 78
- Schlepperwahl
  - Produktionszweige 76
  - Schlagkraft 76
  - Sichtverhältnisse 75
  - Überbetriebl. Einsatz 78
  - Verschleiß 78
- Schmieröle 38
- Schmierung, Motoren 38 f.
- Schneelasten (Dächer) 109
- Schlupf, elektr. Motoren 16
  - Schlepper 54
- Schutzmaßnahmen, elektrische
  - Geräte 19 f.
- Schwerbeton 96
- Schwerkraftlüftung 118
- Schwitzwasserbildung 89
- Sekundärenergien 4
- Solarkollektoren 6
- Sonnenenergie 6
- Sonnenscheindauer 6
- Spannbeton 96
- Spannung, elektr. 14
- Stahlbeton 96
- Stallabluft 122
- Stallfenster 108
- Stallgebäude 110 f.
- Stallheizung 122 f.
- Stalllüftung 114 f.
  - allgemein 114
  - Berechnungsgrundlagen 115
  - Lüftungseinrichtungen 114
  - Lüftungssysteme 118 f.
  - Standortwahl, Aussiedl. 127
  - Starrahmenbauweise 111
  - Starterbatterie 14
  - Statische Eigenschaften, Bau-  
stoffe 95
  - Sternschaltung 16
  - Stroh, Heizquelle 10 f.
  - Stromarten-Vergleiche 17
  - Stromkostensenkung 24
  - Stromstärke 14
  - Strömungskupplung 48
  - Systemschlepper 44
- T**
- Tafelbauweise 111
- Tariflöhne 161
- Taupunkt 93
- Tauwasser 86
- Thermische Lüftung 118
- Tierplatzkosten 131
- Tore, Türen 108
- Transportbeton 96
- Transportfahrzeuge 79
- Transportgeräte 79 f.
  - Abladehilfen 83
  - Anhängavorrichtungen 81
  - Bereifung, Anhänger 81
  - Bremsen, Anhänger 82
  - Container 82
  - Einachswagen 81
  - Kipper 83
  - Standflächen 80
  - Wagen-Bauteile 81 f.
  - Zweiaxlanhänger 79
- Transportverfahren 82
  - Zeitabläufe 84
- Trinkwasserverbrauch, Vieh 128
- Trockenmörtel 100
- Typenschild E-Motor 19
- U**
- Überbetriebl. Maschineneinsatz
  - Formen 167
  - Kosten 169
  - Verrechnungssätze 169
- Überdrucklüftung 120
- Unfallschutz 147 f.
- Unfallursachen 148
- Unterdrucklüftung 121
- V**
- Verbrennungsmotoren 25 f.
  - Arbeitsverfahren 26
  - Arbeitsweise 28
  - Cetanzahl (CZ) 32
- Verbrennungsmotoren
  - Dieselmotor 31 f.
  - Drehmoment 26
  - Grundbegriffe, Kennwerte 27

- Klopffestigkeit 27
- Kraftstoffe, Kennzeichen 32
- Ottomotor 27
- Viertakt-, Zweitaktmotor 29
- Wankelmotor 29

Verdichtungsmethode, Beton 98

Verfahrensbewertung 160

Verfahrenskosten und  
-vergleich 160 f.

Verfahrensleistungen (Arbeits-  
voranschlag) 157 f.

Vergleich Viertakt- und Zwei-  
taktmotor 29

Vollastkennlinien 41

Vorgefertigte Bauteile 110

## **W**

Wankelmotor 29

Wärmäquivalent, mech. 8

Wärmeaustausch 86

Wärmeaustauscher 11

Wärmebilanz 86

Wärmedämmung 86, 92, 106

Wärmedurchgangs-  
koeffizient 89, 91

Wärmeenergie 8 f.

Wärmeerzeugung (Verbren-  
nung) 8 f.

Wärmehaushalt, Gebäude 86 f.

Wärmeoeffizienten 89

Wärmekeftmaschinen, Wir-  
kungsgrad 8

Wärmeleistung (Tab.) 87

Wärmeleitfähigkeit 90

Wärmeleitzahlen 90 f.

Wärmepumpe 5

Wärmeschutz 90 f.

Wärmespeichervermögen 94

Wärmeverluste 86 f.

Warmfluterzuger 11 f.

Wasserdampfdiffusionswider-  
stand 93

Wasserkühlung, Diesel-  
motor 37

Watt (W) 14

Wechselstrom 15

Wellasbestzement 106

Widerstand 14

Windkräfte 109

Wirkungsgrad 3

## **Z**

Zapfwelle 44, 68 f.

Ziegeldach 106

Zink, Baustoff 105

Zughaken, Zugpendel 61

Zweiachsanhänger 79

Zweitakt-, Viertaktmotor,  
Arbeitsspiele (Abb.) 28,  
29