



**Tätigkeitsbericht  
1978**

Schriftenreihe  
der  
Landtechnik Weihenstephan

Herausgegeben von:  
Institut für Landtechnik  
Bayer, Landesanstalt für Landtechnik  
Landtechnischer Verein in Bayern e.V.

805 Freising - Weihenstephan  
.....

( Selbstverlag )

1978

Tätigkeitsbericht  
der  
LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN

1978



## V o r w o r t

Für den hiermit vorgelegten Tätigkeitsbericht des Jahres 1978 der Landtechnik Weihenstephan wurden die wichtigsten Ergebnisse aus unseren Arbeiten ausgewählt. Diese Zusammenfassung der wesentlichsten Publikationen soll wiederum einen Einblick in unsere Forschungsaktivitäten geben.

Durch intensives Bemühen um Forschungsmittel war es weiterhin möglich, auf wichtigen Gebieten der Landtechnik bedeutende Fortschritte zu erzielen und die vorliegenden Ergebnisse zu erarbeiten. Daher sei auch an dieser Stelle allen, die unsere Arbeiten finanziell unterstützen, gedankt; ohne diese tatkräftige Hilfe müßten unsere Forschungsarbeiten erheblich reduziert werden. Stellvertretend für alle sei insbesondere die Deutsche Forschungsgemeinschaft genannt, die durch die Einrichtung des Sonderforschungsbereiches 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" unsere Arbeiten seit einigen Jahren wesentlich fördert.

Die Landtechnik Weihenstephan wird auch weiterhin bestrebt sein, ein breit angelegtes Forschungsprogramm zu bearbeiten, das sich teilweise aus längerfristig angelegten, grundlegenden Arbeiten zusammensetzt, aber auch aktuelle landtechnische Probleme schnell aufgreift, um für die Landwirtschaft verbesserte Produktionstechniken bereitzustellen und um der Beratung entsprechende Entscheidungshilfen an die Hand zu geben.

Freising - Weihenstephan  
im Mai 1979.





## Inhaltsverzeichnis

=====

### A Technik in der pflanzlichen Produktion

Minimal-Bestelltechnik-Verfahrenstechnik, Auswirkungen auf Boden und Pflanze - Estler, M.	4
Einarbeitung von Stroh - Perwanger, A.	21
Bodenbearbeitung und Anbautechnik im Gemüsebau - Kromer, K.-H.	31
Mechanisches Ausbringen und Abräumen von Folie im Freiland - Kromer, K.-H., Lechner, H.	38
Technik, Arbeitsqualität und Leistung moderner Feldhäcksler - Schurig, M.	41
Was leistet moderne Technik bei der Silomaisernte? - Auernhammer, H.	53
Ein neues Verfahren zur Ernte und Verwertung des Maiskolbens - Grimm, K.:	56
Elektronische Waage zur Bestimmung der Erntemenge auf einem Grünfütterparzellenernter - Stanzel, H.	63
Ein methodischer Versuch zur Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern - Auernhammer, H., Schön, H., Wätjen, H.R.	68

### B Technik in der tierischen Produktion und Bautechnik

Neuzeitliche Siliertechnik für Hochsilos - Grimm, K.	73
Füttern mit dem Futtermischer - Pirkelmann, H.	82
Techniken zur Kraftfutterfütterung - Pirkelmann, H.	84
Flüssigmist ohne Zwischenlager in Hochbehälter pumpen - Zeisig, H.D.	87
Aus den Arbeiten der neuen Prüf- und Entwicklungsstelle für Baustoffe in der Landwirtschaft an der Landtechnik Weihenstephan - Englert, G.	90
Ein Vorschlag zur Ermittlung und Aggregation von landwirtschaftlichen Baudaten für die Baupreisermittlung - Krinner, L.	96
Die Landtechnik als Planungsfaktor bei der Dorferneuerung - Schön, H., Krinner, L.	103
Möglichkeiten der Energieeinsparung in der Tierproduktion - Wenner, H.-L.	108
Möglichkeiten des Einsatzes von Solarenergie in der Landwirtschaft - Schulz, H.	134
Veröffentlichungen und Vorträge	139
Dissertationen, Diplomarbeiten, Habilitationen	153
Mitarbeit in Fachgremien	154
Wissenschaftliche Mitarbeiter der Landtechnik Weihenstephan	155

## Die Minimal-Bestelltechnik

### Verfahrenstechnik, Auswirkungen auf Boden und Pflanze

Von Dr. habil. M. Estler, Freising-Weihenstephan

#### Einleitung

In den Ackerbaubetrieben hat sich die Situation in der Mechanisierung der Feldarbeiten in den letzten Jahren grundlegend gewandelt. Über viele Jahre hinweg galt das Hauptaugenmerk der technisch-konstruktiven Entwicklung leistungsfähiger Erntemaschinen und deren kostengünstigen Eingliederung in den Verfahrensablauf. Als zentrale Zielsetzung wurde angesehen, den in diesem Verfahrens-Teilbereich vorhandenen, hohen Aufwand an Arbeitszeit und Arbeitskräften zu senken, unter gleichzeitiger Reduzierung des Ernterisikos und der Verluste.

Als Folge davon stieg der prozentuale Anteil des Arbeitszeitbedarfes für Bodenbearbeitung und Bestellung am Gesamt-Arbeitszeitbedarf der Produktionsverfahren ständig an. Ein besonders prägnantes Beispiel dafür stellt der Betriebszweig „Getreidebau“ dar. Analysiert man hier die Arbeitszeitverteilung auf die verschiedenen Verfahrens-Teilbereiche, so zeigt sich, daß selbst bei günstiger Mechanisierung derzeit noch etwa 50 bis 60 % des gesamten Arbeitszeitbedarfes für das Verfahren „Getreidebau“ allein auf Bodenbearbeitung und Bestellung entfallen (Tab. 1).

Es ist daher ebenso folgerichtig wie aussichtsreich, an diesem neuralgischen Punkt anzusetzen, um eine Reduzierung des gesamten Aufwandes in der Feldbestellung, insbesondere eine Verringerung des Arbeitszeitbedarfes, der Kosten und des Risikos zu erreichen. Gleichzeitig wird angestrebt, eine Steigerung der Flächen- und Arbeitsproduktivität sowie eine ausgewogenere Arbeitszeitverteilung zwischen den verschiedenen Verfahrens-Teilbereichen zu erreichen.

Tabella 1

Arbeitszeitbedarf im Getreidebau

Jahr	Arbeitszeitbedarf insgesamt		davon für Bodenbearbeitung, Düngung und Bestellung	
	AKh/ha	%	AKh/ha	%
1967	43,2	100	20,9	48
1968	39,9	100	19,1	49
1969	30,5	100	17,0	56
1970	30,4	100	16,5	54
1976	12,0	100	7,6	63

#### 1 Definition und Systematik der Minimal-Bestelltechnik

Für eine Reduzierung des Aufwandes bei der Feldbestellung bieten sich mehrere Alternativen an.

- Ein Verringern der Bearbeitungsintensität, z. B. durch den Verzicht auf die bislang übliche intensive Bodenlockerung und -krümelung.
- Das Reduzieren der Bearbeitungshäufigkeit. Hierzu ist neben der Kombination bisher einzeln und nacheinander ablaufender Arbeitsgänge auch der zeitweilige Verzicht auf bestimmte Arbeitsgänge (z. B. die Grund-Bodenbearbeitung auf Krumentiefe) zu zählen.
- Ein Beschränken der Bodenbearbeitung auf Teilflächen, z. B. als Streifenbearbeitung für Reihenfrüchte oder das Anlegen schmaler Saatrillen.
- Der Verzicht auf jegliche Lockerung und Krümelung der obersten Krumenschicht. Dies erfolgt in extremster Form bei der Einbringung des Saatgutes in Saatschlitz (Direktsaat).



Diese Zielvorstellungen verschiedener Alternativen von Bestelltechniken mit reduziertem Aufwand haben zur Entwicklung unterschiedlicher Bauformen von Minimal-Bestellmaschinen geführt. Ihr übereinstimmendes Kennzeichen ist, daß die beiden Arbeitsgänge — Bodenbearbeitung und Saat (zum Teil auch das Düngen) — in einer kombinierten Bestellmaschine zusammengefaßt sind.

Eine auch nachhaltig erfolgversprechende Anwendung der Maschinen ist jedoch nur zu erwarten, wenn einige konstruktive und einsatztechnische Basis-Forderungen erfüllt sind:

- Die Kombination der Bodenvorbereitung und Aussaat in einer Maschine bietet keinerlei Möglichkeit zu einer nachträglichen Korrektur des Arbeitsergebnisses. Eine Grundforderung ist deshalb, daß Bodenvorbereitung und Saat ordnungsgemäß in einem Arbeitsgang bewältigt werden und die wesentlichen, positiven Funktionen und Effekte der Einzelaggregate weitestgehend erhalten bleiben. Nur dann läßt sich eine den spezifischen Forderungen von Fruchtart und Standort voll entsprechende Feldbestellung gewährleisten.
- Durch die Spezialisierung der Ackerbaubetriebe mit getreidestarken Fruchtfolgen schrumpfen die Einsatzzeitspannen für die Feldbestellung immer mehr zusammen. Eine hohe Flächenleistung bei hoher Arbeitsqualität und tragbarem Leistungsbedarf ist im Hinblick auf eine termingerechte, optimale Arbeiterledigung zwingend erforderlich.
- Die Funktionssicherheit der Maschinen erhält einen hohen Stellenwert, da derartige Spezialmaschinen festumrissene Arbeitsprogramme und aus ökonomischen Gründen umfangreiche Einsatzflächen zu bewältigen haben. Durch mangelnde Funktionssicherheit hervorgerufene Ausfallzeiten sind daher als echte, auch ökonomisch bedeutsame Verlustzeiten zu bewerten.
- Der konstruktive Aufbau muß einen möglichst vielseitigen Einsatz zulassen. Nur die Verwendbarkeit bei unterschiedlichen Fruchtarten, Bodenverhältnissen und Einsatzzeitspannen kann einen kostengünstigen Einsatz gewährleisten.

Diese vielschichtigen Forderungen haben dazu geführt, daß das Angebot an Maschinen und Geräten für eine Minimalbestellung sehr umfangreich und vielseitig ist. Eine

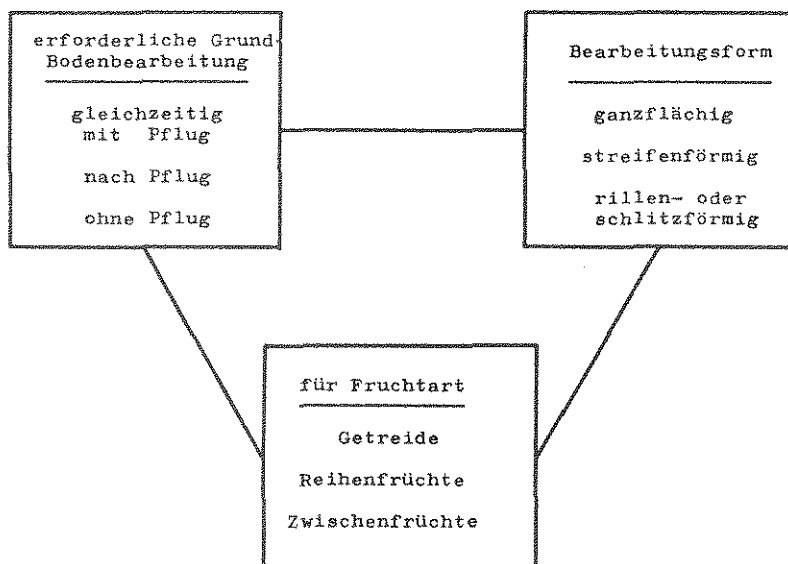


Abb. 1

systematische Einordnung kann nach unterschiedlichen Kriterien vorgenommen werden (Abb. 1).

Zwischen den verschiedenen Kriterien ist eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten gegeben. Von zentralem Einfluß auf die technische Ausstattung und die Einsatzmöglichkeiten der Verfahren ist jedoch die Frage, ob und welche Form der Grund-Bodenbearbeitung mit Pflug, Schwergrubber etc. erforderlich ist.

### 1.1 Maschinen für die Minimal-Bestelltechnik

Unter Berücksichtigung dieser Maxime lassen sich die Minimal-Bestellmaschinen grundsätzlich nach folgendem Schema einteilen (Abb. 2).

#### 1.1.1 Pflugsaat

Bei diesem Verfahren wird die Vorbereitung des Saatbettes und die Aussaat der verschiedenen Fruchtarten zugleich mit der Grund-Bodenbearbeitung, vorwiegend mit dem Pflug, durchgeführt. Die Sävorrichtungen sind meist auf einem speziellen Pflughochläufer angeordnet. Für das zusätzliche Lockern und Krümeln des Bodens sind spezielle Krümelwalzen vorhanden, ein Krümenpacker sorgt für die ausreichende

mechanische Wiederverfestigung der obersten Krumschicht. In die vom Krumpacker gezogenen Rillen wird das Saatgut abgelegt und nachfolgend von den Krümelwalzen mit lockerem Boden bedeckt. Derartige Nachläufer werden für Beet- und Volldrehpflüge angeboten.

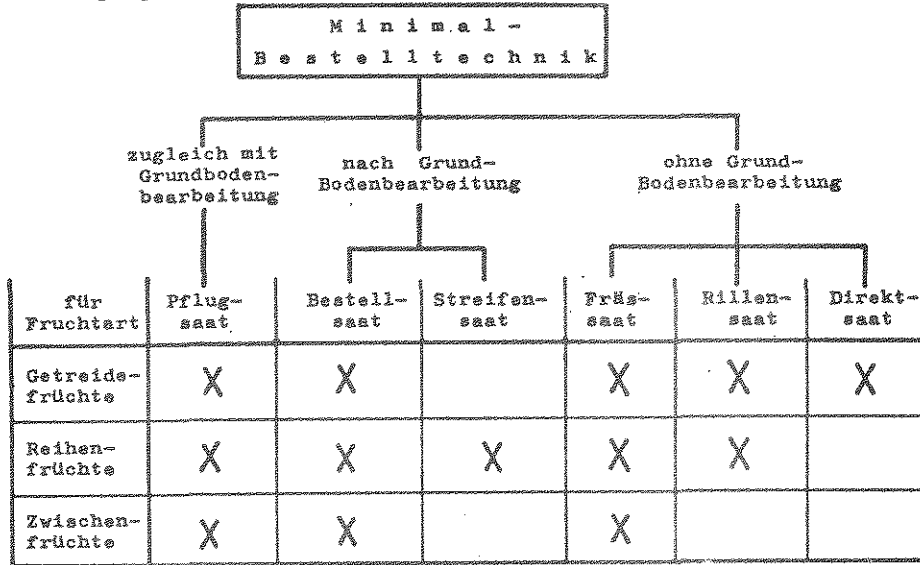


Abb. 2

Weniger häufig ist die getrennte Anlenkung des Nachläufers am Pflug sowie der Sägeräte (zum Teil auch des Düngestreuers) seitlich am Schlepper.

Der Einsatz derartiger Pflugsaatverfahren beschränkt sich auf sandige, humose Böden. Die Flächenleistung ist durch den Pflugeinsatz vorgegeben.

Die Kombination von Schwergrubber und Sägerät ist derzeit nur für Stoppelumbruch und Stroheinarbeitung mit gleichzeitiger Zwischenfruchtbestellung verwirklicht. Hierfür werden einfache Breitsävorrichtungen auf dem Schwergrubber angeordnet.

### 1.1.2 Bestellsaat

Für dieses Verfahren ist das maschinentechnische Angebot besonders vielseitig und zahlreich. Neben gezogenen werden in zunehmendem Umfang zapfwellenbetriebene Bodenbearbeitungswerkzeuge verwendet. Je nach Funktionsprinzip der installierten Bodenbearbeitungsgeräte und Anordnung der Sävorrichtung werden die einzelnen Operationen für das Lockern, Krümeln und Verdichten des Bodens sowie die Saatgutablage in unterschiedlicher Reihenfolge durchgeführt (Abb. 3). Für moderne Bestellsaat-Maschinen ist typisch, daß der Saathorizont ganzflächig und in einer einstellbaren Bearbeitungstiefe intensiv gekrümelt und gelockert wird. Nachgeschaltete Packerwalzen bewirken den erforderlichen Bodenschluß und übernehmen die Tiefenführung der Bodenbearbeitungswerkzeuge.

Federzinken- oder Winkelmesseraggregate lassen sich auf leichteren bis mittleren Böden mit Erfolg einsetzen. Sie erreichen dort in der Regel einen befriedigenden Arbeitseffekt.

Da jedoch eine vielseitige Verwendbarkeit auch auf Böden mit höherem Tonanteil gefordert wird, finden derzeit Minimalbestellmaschinen mit zapfwellenbetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen besonderes Interesse (Kreiselegge, Zinkenrotor, Rüttellegge oder Taumlegge kombiniert mit Drillmaschine). Moderne Geräte besitzen ein mehrstufiges Untersetzungsgetriebe, dadurch läßt sich der Bearbeitungseffekt gezielt steuern.

Als Sävorrichtungen für Getreide werden vorwiegend Anbau-Drillmaschinen verwendet, die in den normalen Dreipunkt-Koppelpunkten mit dem Bodenbearbeitungsgerät verbunden sind. Dadurch ist ggf. auch eine getrennte Verwendung der Einzelgeräte möglich. Lediglich bei der Kombination „Feingrubber mit Sämaschine“ ist die Sävorrichtung auf dem Bodenbearbeitungsgerät aufgebaut, der Antrieb erfolgt über ein Stelzrad.

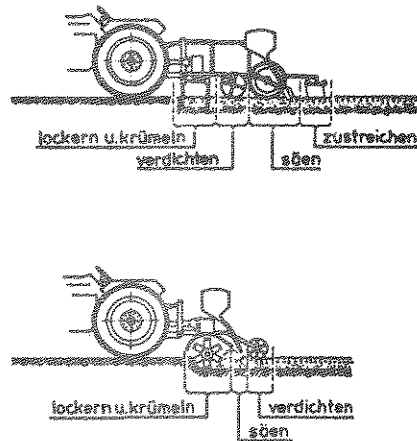


Abb. 3. Unterschiedliche Anordnung der Baugruppen in Minimal-Bestellmaschinen

Die Kombination der genannten Bodenbearbeitungsgeräte mit Einzelkorn-Sämaschinen für die Bestellung von Reihenfrüchten ist möglich, bei Zapfwelleneggen auch die Verwendung von pneumatischen Säsystemen.

Eine Streifenbearbeitung wird ausschließlich bei Reihenfrüchten, insbesondere bei Mais und Zuckerrüben angewandt. Rotierende Krümel- und Packerwalzen, abgewandelte Zapfwelleneggen oder Streifenfräsen lockern einen schmalen Streifen von etwa 25 bis 30 cm Breite. In diesen wird anschließend von den Einzelkorn-Sämaschinen das Mais- oder Rübensaatgut abgelegt. Die Zwischenstreifen bleiben unbearbeitet. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen vor allem auf bodenkundlichem Gebiet, denn für den unbearbeiteten Zwischenstreifen entsteht eine längere Bodenruhe, ähnlich einer Teilbrache. Zudem wirkt die rauhe, grobkrümelige Oberfläche der Bodenerosion in Hanglagen und der Verschlammung vor allem bei spätschließenden Pflanzenbeständen wirksam entgegen. Je nach Werkzeugfunktion wird die Streifenbearbeitung entweder als alleiniger Arbeitsgang, meist jedoch zum zusätzlichen Krümeln des Saatstreifens im Frühjahr angewandt.

### 1.1.3 Frässaat

Die Kombination von Bodenfräse und Sämaschine ist am vielseitigsten verwendbar, sowohl im Hinblick auf den Einsatz bei verschiedenen Fruchtarten als auch bezüglich der angewandten Grundbodenbearbeitung und Saatechnik. In der Ausstattung mit Winkelmessern wird ein sehr intensiver Bearbeitungseffekt erzielt. Moderne Fräs-

Fahr- geschwindig- keit km/h	Bissenlänge in cm bei Rotordrehzahl (1/min)				
	140	185	225	250	280
4	15,2	12,2	10,0	8,7	7,5
5	18,6	15,2	12,5	10,8	9,4
6	22,0	18,2	15,0	12,9	11,3
7	25,4	21,2	17,5	15,0	13,2
8	28,8	24,2	20,0	17,1	15,1

Rotor-Durchmesser: 52 cm  
Messerzahl: 6 je Messerträger

Abb. 4. Beziehungen zwischen Fahrgeschwindigkeit, Rotordrehzahl und Bissenlänge bei Bodenfräsen

saatmaschinen sind deshalb mit Wechselzahnradern oder Untersetzungsgetriebe zum Verändern der Fräswellendrehzahl ausgestattet. In Verbindung mit der Variation der Fahrgeschwindigkeit läßt sich dann eine exakte Anpassung des Bearbeitungseffektes an die jeweils vorhandenen Einsatzbedingungen, bzw. bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten eine gleichbleibende Lockerung und Krümelung des Bodens erreichen (Abb. 4). Die Saatgutablage erfolgt vorwiegend durch verstellbare Saatrohre in den vom Fräsrotor abfließenden Erdstrom in Form einer Bandsaat. Auch die Anlenkung normaler Anbaudrillmaschinen ist möglich.

Mit der gleichen Grundmaschine läßt sich eine Rillensaat durchführen, wenn schmale, etwa 3 cm breit schneidende Fräsmesser am Fräsrotor angebracht werden. In diese Fräsrillen wird das Saatgut abgelegt, eine gezielte Bedeckung mit lockerem Boden oder ein Andrücken der Samen erfolgt nicht. Negative Auswirkungen auf den Feldaufgang lassen sich daher auf schweren, bindigen Böden oft nicht vermeiden.

### 1.1.4 Direktsaat

Bei diesem Verfahren wird der geringste Eingriff in das Bodengefüge vorgenommen. Nach einer chemischen Abtötung der oberflächlichen Pflanzenreste wird das Saatgut von Spezial-Drillmaschinen (Drei-Scheiben-Drillmaschinen) ausgebracht. Diese besitzen ein Scheibensech zum Anlegen des Saatschlitzes und Scheibenschare zur Einbringung des Saatgutes. Um die früher vorhandenen Probleme (mangelhafter Feldaufgang infolge fehlender Bedeckung des Saatgutes mit lockerem Boden, kein Bodenschluß) abzubauen, wird bei modernen Direktsaatmaschinen der Saatschlitz von Hohl-scheiben oder Andrückwalzen geschlossen. Dennoch beschränkt sich der Einsatz von Direktsaat-Drillmaschinen auf sandige, humose Böden.

## 2 Auswirkungen der Minimal-Bestelltechnik

Für eine allgemeine Beurteilung der Minimal-Bestellverfahren ist es unerlässlich, neben den Mechanisierungslösungen auch die Auswirkungen des Einsatzes der Minimalbestellmaschinen in den wichtigsten Bereichen zu berücksichtigen.

2.1 Auswirkungen auf die physikalischen Bodeneigenschaften

Grundsätzlich besteht die Hauptaufgabe der Bodenbearbeitung neben der Einbringung organischer Substanzen, Pflanzenreste und mineralischer Düngemittel in der Gefügewirkung, deren Grundlagen das Lockern, Krümeln und Setzen des Bodens darstellen. Durch die natürlichen klimatischen Verhältnisse, aber auch infolge des „Bewirtschaftungsverkehrs“, also das Befahren der Felder mit Ackerschleppern, Erntemaschinen und Transportfahrzeugen und den hierbei auftretenden Bodendruck, wird eine Dichtlagerung des Bodens verursacht. Diese ist als der wesentlichste Hinderungsfaktor für eine Einschränkung der tiefgreifenden Bodenbearbeitung anzusehen. Wenn es mit Hilfe von Bestellverfahren mit reduziertem Aufwand gelingt, die Ursachen für solche Verdichtungen einzuschränken und diese auf den Bereich des optimalen Porenvolumens zu reduzieren, dann wäre das wohl wesentlichste Hindernis für eine konsequente Einschränkung der Bodenbearbeitung beseitigt. Zwischenzeitlich wird jedoch der Grundbodenbearbeitung auf Krumentiefe die Aufgabe zufallen, eine periodisch wiederkehrende Gefügemelioration zu übernehmen, wobei die Frage der Periodendauer für jeden Standort gesondert zu beurteilen ist.

Leichtere Böden, auch mittlere, gut krümelnde Böden, bieten auch bei stark eingeschränkter Bodenbewegung geringere bodenphysikalische und verfahrenstechnische Schwierigkeiten als Tonböden. Generell läßt sich jedoch feststellen, daß bei mehrjähriger pflugloser Kultur sich im Boden ein gewisses biologisches und bodenphysikalisches Gleichgewicht einpendelt, ähnlich wie dies auf Dauergrünland zu beobachten ist.

Entscheidend für die Herstellung eines optimalen Keimbettes ist die Zerkleinerungsintensität der in den Minimalbestellmaschinen installierten Bodenbearbeitungswerkzeuge. Diese wird ganz wesentlich von der Arbeitsgeschwindigkeit, der Werkzeuggeschwindigkeit und der Bewegungsbahn der Bodenbearbeitungswerkzeuge beeinflusst. Hier bestehen zwischen den verschiedenen Minimal-Bestellmaschinen grundlegende Unterschiede:

- Ein gradliniger Bewegungsablauf besteht bei gezogenen Zinkengeräten (z. B. Feingrubber).
- Die oszillierende Zinkenbewegung bei Rüttelegge, Taumelegge etc. bewirkt einen

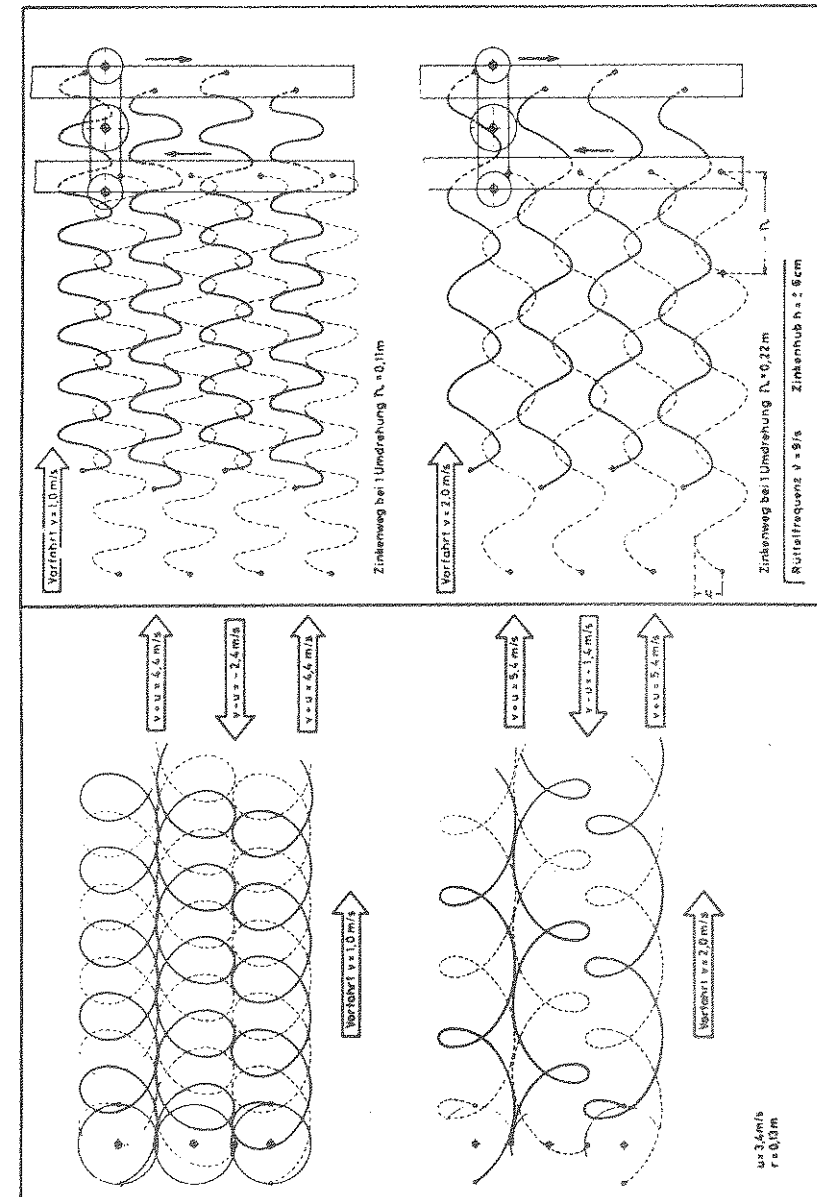


Abb. 5. links: Bewegungsablauf der Kreislegezzinken im Boden. — rechts: Bewegungsablauf der Zinken im Boden (Zballige Rüttelegge)

Bewegungsablauf der Zinken im Boden, welcher der Form einer Sinuskurve entspricht. Die Amplituden sind von der konstruktiv vorgegebenen mittleren Zinkengeschwindigkeit und der Fahrgeschwindigkeit abhängig.

- Horizontale Zykloidenbahnen vollführen die Zinken der Kreiselegge und konstruktiv ähnlich gestalteter Maschinen.
- Die Werkzeuge von Bodenfräse und Zinkenrotor beschreiben Vertikal-Zykloiden im Boden.

Jede Veränderung des optimalen Verhältnisses von Zinkengeschwindigkeit und Arbeitsgeschwindigkeit verursacht einen abweichenden Bearbeitungseffekt im Boden (Abb. 5).

Die Arbeitsqualität verschiedener Minimalbestellmaschinen im Vergleich zur konventionellen Bestellmethode läßt sich unter anderem durch den systemspezifischen Krümelungseffekt beschreiben, der mit Hilfe der Siebanalyse bestimmt wird. Dabei zeigt sich, daß auf lehmigen und tonigen Böden (Abb. 6) unterschiedliche Auswirkungen zwischen gezogenen und zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen vorliegen. Mit zunehmendem Tonanteil bewirken die zapfwellengetriebenen Geräte einen günstigeren Bearbeitungseffekt, dies geht aus dem geringeren Rest an Schollen über 40 mm Durchmesser gegenüber den gezogenen, doppelt gefahrenen Geräten deutlich hervor.

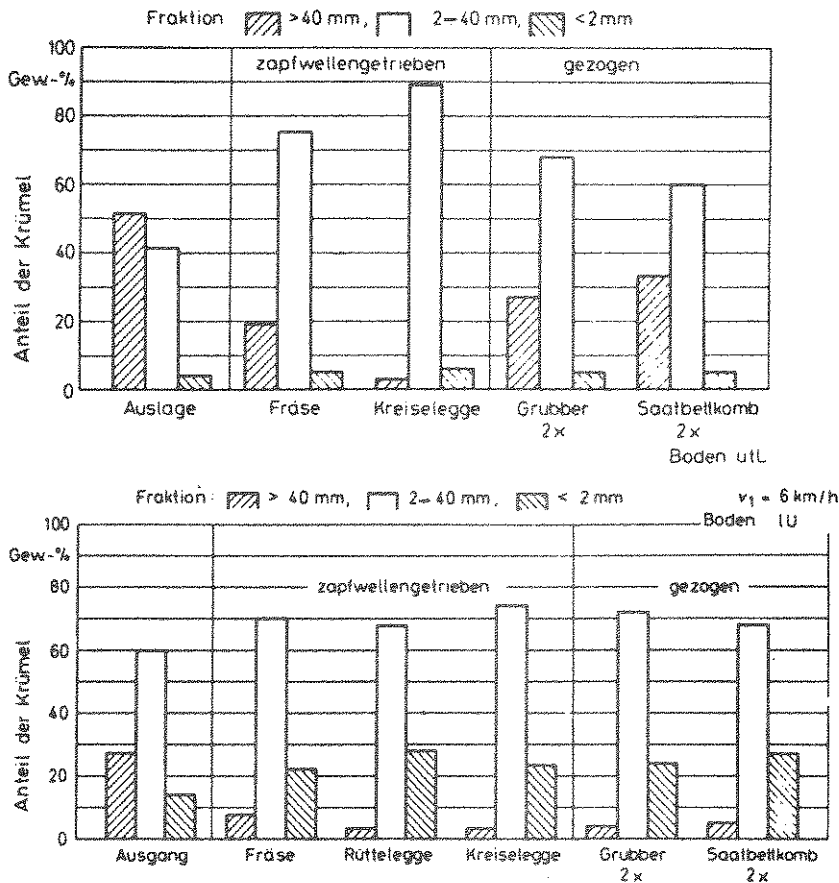
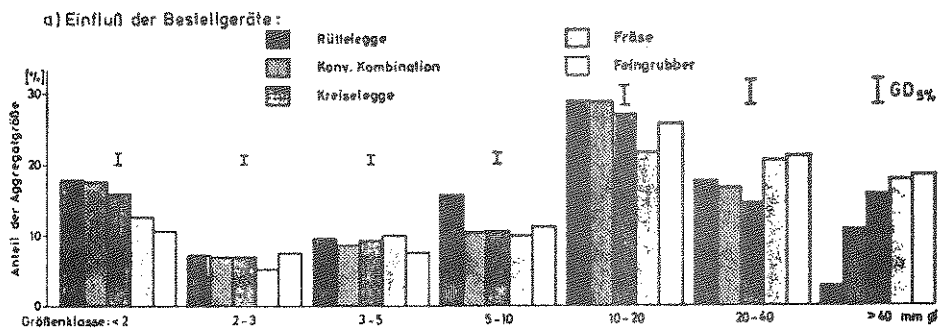


Abb. 6. oben: Krümelung: Siebanalysen für verschiedene Bestellkombinationen auf schluffrig-tonigem Lehm nach einer Pflugfurche. — Unten: Krümelung: Siebanalysen für verschiedene Bestellkombinationen auf lehmigem Schluffboden nach einer Pflugfurche (nach ZACH)

Eine vergleichende Gegenüberstellung der Einflüsse von Bestellgeräten und Standorten läßt typische Erscheinungsbilder und weitgehende Übereinstimmungen erkennen (Abb. 7).



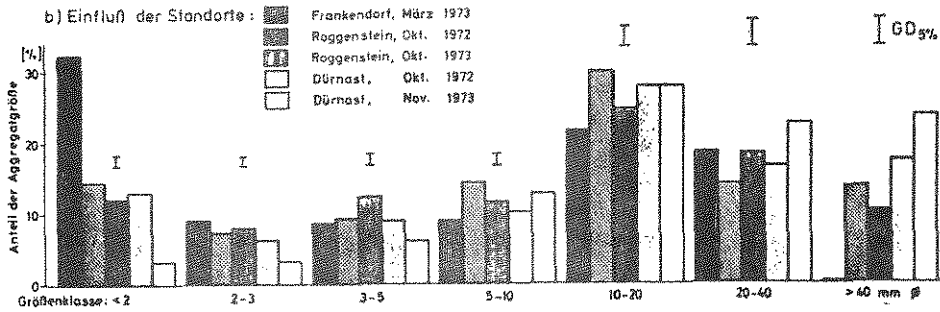


Abb. 7. Aggregatgrößenverteilung (nach KNITTEL)

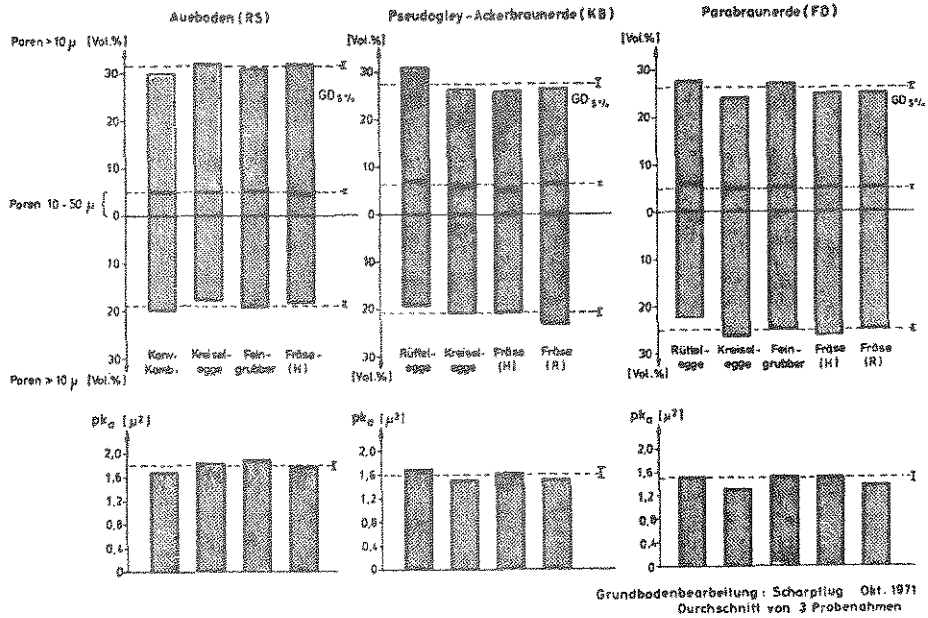


Abb. 8. Porengrößenverteilung und Permeabilität des Bodengefüges (1971/72) (nach KNITTEL)

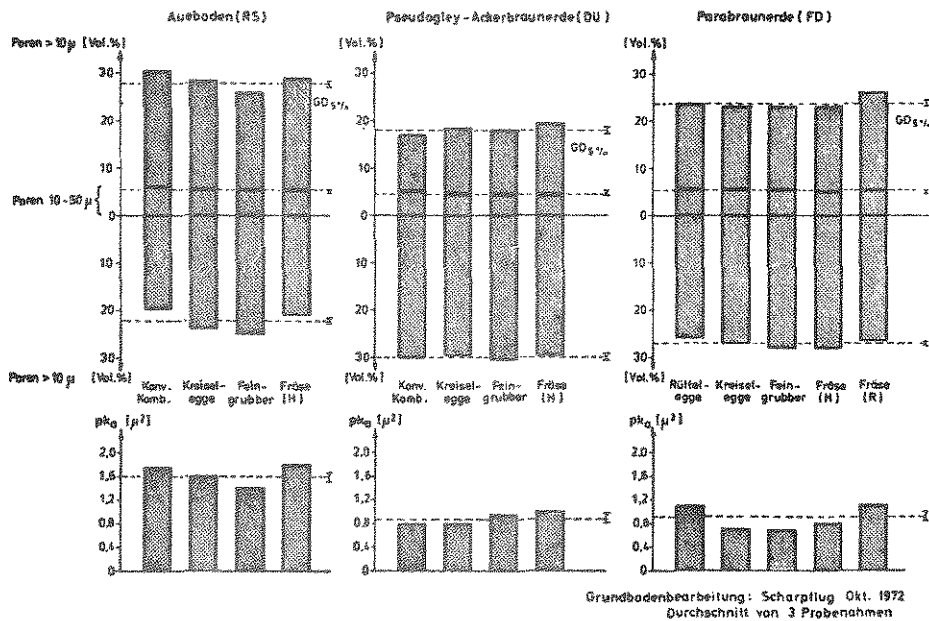


Abb. 9. Porengrößenverteilung und Permeabilität des Bodengefüges (1972/73) (nach KNITTEL)

Für eine Beurteilung des Bearbeitungseffektes von Minimal-Bestellmaschinen läßt sich außer der Aufteilung in Sieb-Fractionen auch der Zerkleinerungsgrad heranziehen. Dieser stellt den reziproken Wert des „GMD“ (gewogener mittlerer Durchmesser der Bodenaggregate) dar. Ein Vergleich verschiedener Minimalbestellmaschinen auf unterschiedlichen Standorten hinsichtlich des Einflusses auf den Zerkleinerungsgrad (ZG) veranschaulicht, daß die Rüttelegge eine relativ einheitliche Krümelung des Bodens bewirkt, unabhängig von Bodenart und Bodenzustand. Dagegen wurde die Zerkleinerungswirkung der Kreiselegge bei höherem Bodenwassergehalt stärker eingeschränkt als bei den übrigen Geräten. Bei modernen, mit Untersetzungsgetriebe ausgestatteten Maschinen kann dies jedoch durch eine entsprechende Verstellung der Werkzeuggeschwindigkeit ausgeglichen werden.

Die Auswirkungen des Einsatzes von Minimalbestellmaschinen auf die Porengrößenverteilung und Permeabilität des Bodens sind in den Abbildungen 8 und 9 für drei Standorte dargestellt. Als Richtwert für ein ungestörtes Wachstum kann für mittelschwere Böden (z. B. Lehm) ein optimaler Grobporenanteil von etwa 10 bis 15 Volumen-Prozent angenommen werden. Dieser Schwellenwert sollte während der Vegetationsperiode nicht unterschritten werden. In allen Bestellzeitspannen konnte auf den genannten Standorten eine im Vergleich zur konventionellen Methode nur geringfügig abweichende Porengrößenverteilung und Permeabilität erzielt werden. Es waren keine für das Pflanzenwachstum nachhaltigen Auswirkungen auf das Bodengefüge festzustellen.

## 2.2 Auswirkungen auf Pflanzenentwicklung und Ertrag

Eine Beurteilung der Auswirkungen des Einsatzes von Minimalbestellmaschinen auf Entwicklung und Ertrag der Kulturpflanzen hat neben der effizienten Ertragshöhe auch die Ertragssicherheit zu berücksichtigen. Generell läßt sich feststellen, daß extreme Verfahren, wie z. B. die Direktsaat mit Drei-Scheiben-Drillmaschinen, hinsichtlich der Ertragserwartungen und -sicherheit erheblich größeren Schwankungen unterliegen als die übrigen Minimal-Bestellverfahren.

Erste meßbare Ergebnisse der Qualität der Bestellarbeiten sind aus der Schnelligkeit und Gleichmäßigkeit des Feldaufganges zu entnehmen. Die optimale Bereitstellung der wichtigsten Keimfaktoren Wasser, Luftsauerstoff und Keimtemperatur wird vor allem auch von der Art und Intensität der Bodenzerkleinerung sowie der Exaktheit der Saatgutablage beeinflusst. Vorliegende Untersuchungen über den Einsatz ausgewählter Minimal-Bestellmaschinen mit konstanter Fahrgeschwindigkeit und Werkzeuggeschwindigkeit auf unterschiedlichen Böden zeigen, daß auf leichteren Böden ein deutlich geringerer mittlerer Durchmesser der Bodenaggregate und als Folge davon ein wesentlich höherer Feldaufgang im Vergleich zum schwereren Boden erzielt wurde (Abb. 10). Dies unterstreicht die Forderung nach einer Verstellbarkeit

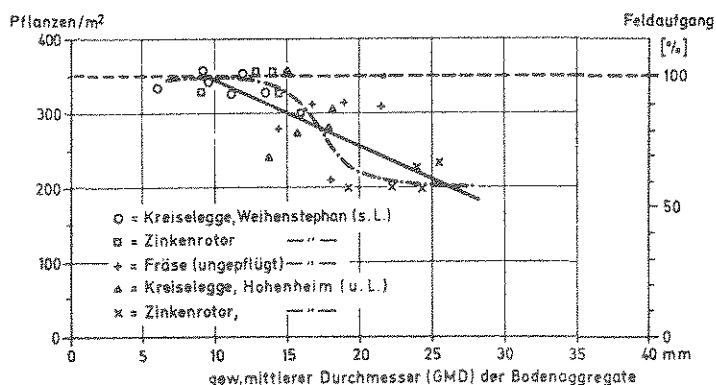


Abb. 10. Einfluß des Zerkleinerungseffektes (GMD) auf den Feldaufgang bei Sommergerste (1975)

des Bearbeitungseffektes bei Minimalbestellmaschinen, um auch bei unterschiedlichen Standort- und Bodenverhältnissen die jeweils optimale Bodenlockerung und -krümelung einstellen zu können.

Der Feldaufgang wird darüber hinaus sehr wesentlich von der Saatgutplatzierung im Boden beeinflusst. Die Entwicklung moderner Minimal-Bestellsysteme führte auch zur Verwendung neuer Saatverfahren, insbesondere der Bandsaat und der Breitsaat. Mit diesen neuen Saatverfahren soll eine gleichmäßigere Verteilung der Saatkörner über der Fläche und damit günstigere Standraumverhältnisse für jede einzelne Pflanze erreicht werden.

Bei der Bandsaat wird das Saatgut von verstellbaren Saatrohren in die vom Zinken geöffnete Furche (bei Grubbersaat) bzw. in den vom Fräsrotor abfließenden Erdstrom abgelegt (bei Frässaat). Eine Breitsaat ist dagegen nur mit dem Frässaatverfahren möglich. Dabei werden die Saatkörner vor der Fräse breitflächig auf den Boden abgelegt und anschließend von den Fräswerkzeugen in den gesamten Bearbeitungshorizont eingemischt.

Die Ergebnisse lassen erkennen, daß Minimalbestellmaschinen mit herkömmlicher Drillsaat die eingestellte Saattiefe am exaktesten einhalten und Streuungen von nur 0,6 bis 1,6 cm auftreten. Während von Drillsaat über Bandsaat zur Breitsaat eine deutlich günstigere Flächenverteilung der Körner erfolgt, ist die Genauigkeit der Tiefenablage in gleicher Reihenfolge rückläufig. Dreidimensionale Ermittlungen der Saatgutablage unterstützen dies nachhaltig (Abb. 11, 12 und 13).

Der Einfluß unterschiedlicher Minimalbestellverfahren auf die wichtigsten ertragsbildenden Faktoren und den Ernteertrag läßt sich nur an Hand mehrjähriger Ver-

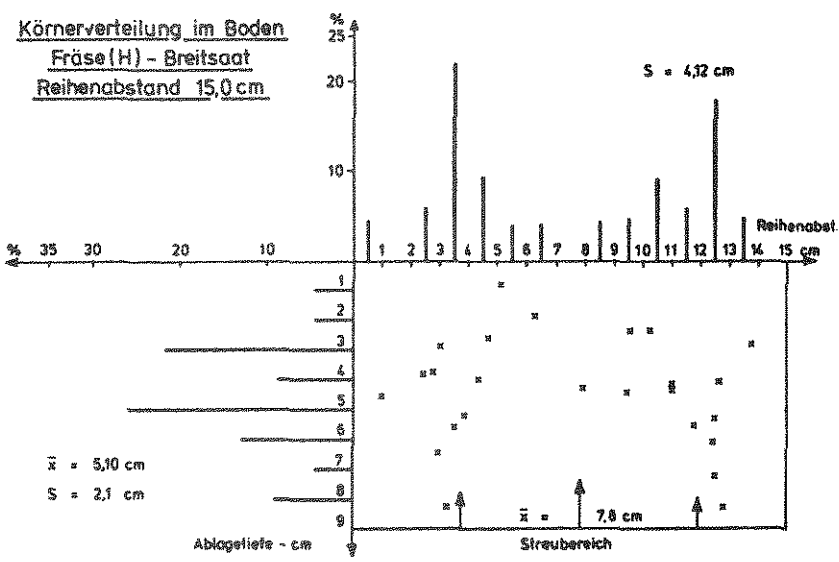
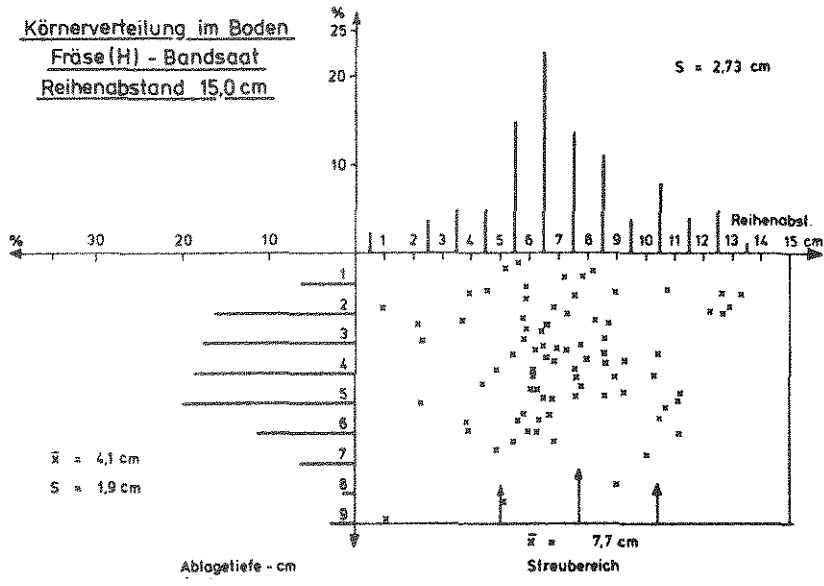
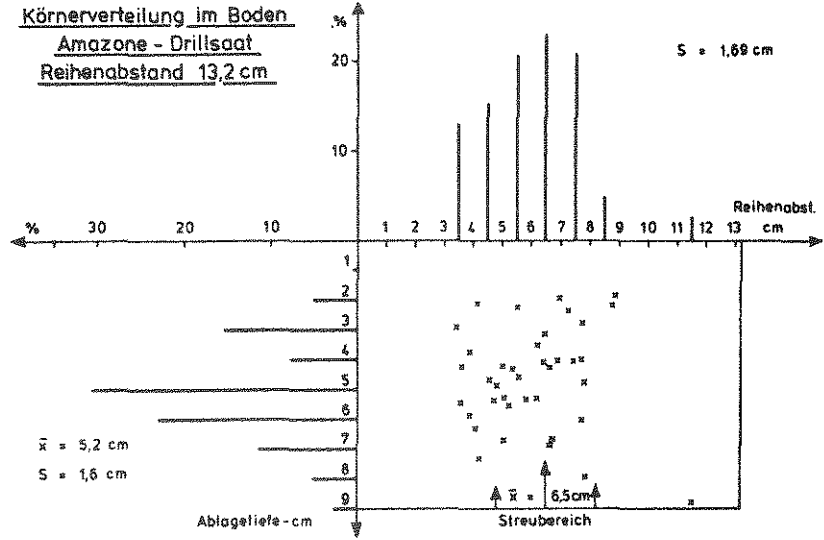


Abb. 11 (oben); Abb. 12 (Mitte); Abb. 13 (unten) (nach ZELTNER)



Tabelle 2

Einfluß der Bestelltechniken auf die ertragsbildenden Faktoren von Winterweizen und Sommergerste  
(Versuchsort Roggenstein, Durchschnitt der Jahre 1972—1976)

Fruchtart	Grundbodenbearbeitung	Bestellverfahren	Pflanzen je m <sup>2</sup>	Halme je m <sup>2</sup>	Bestockungsindex	TKG g	Ertrag dt/ha
Winterweizen	nach Pflugfurche	Grubbersaat	324,8	368,4	1,21	36,8	27,0
		Kreiselegge + Drillm.	323,7	395,3	1,29	37,5	29,2
		Rüttelegge + Drillm.	301,2	377,1	1,25	38,1	30,3
	ohne Pflugfurche	Frässaat	247,6	268,6	1,48	36,5	30,5
		konventionell	349,1	456,1	1,33	37,3	32,9
		Frässaat (Bandsaat)	269,4	416,4	1,66	36,8	31,1
Sommergerste	nach Pflugfurche	Frässaat (Breitsaat)	252,7	415,5	1,80	37,6	30,8
		Grubbersaat	302,8	684,9	2,29	36,4	31,4
		Kreiselegge + Drillm.	290,8	731,7	2,52	36,7	35,0
	ohne Pflugfurche	Rüttelegge + Drillm.	309,6	738,1	2,39	36,9	35,7
		Frässaat	280,4	663,8	2,64	37,3	35,4
		konventionell	346,8	815,7	2,34	36,7	35,3
Sommergerste	ohne Pflugfurche	Frässaat (Bandsaat)	268,8	682,9	2,68	36,3	34,8
		Frässaat (Breitsaat)	246,6	665,4	3,11	37,5	34,4

Tabelle 3

Einfluß unterschiedlicher Bestelltechniken auf die ertragsbildenden Faktoren von Winterweizen und Sommergerste  
(Versuchsort Dürnast, Durchschnitt der Jahre 1973—1976)

Fruchtart	Grundbodenbearbeitung	Bestellverfahren	Pflanzen je m <sup>2</sup>	Halme je m <sup>2</sup>	Bestockungsindex	TKG g	Ertrag dt/ha
Winterweizen	nach Pflugfurche	Grubbersaat	253,0	387,7	1,57	41,4	42,0
		Rüttelegge + Drillm.	250,3	404,1	1,67	41,5	42,6
		Kreiselegge + Drillm.	241,1	382,6	1,57	42,7	42,8
	ohne Pflugfurche	Frässaat	236,6	371,9	1,65	42,9	42,8
		konventionell	246,8	404,7	1,66	41,5	42,1
		Frässaat (Bandsaat)	186,0	408,6	2,50	41,8	39,6
Sommergerste	nach Pflugfurche	Frässaat (Breitsaat)	213,9	385,4	2,27	41,9	38,1
		Grubbersaat	245,1	722,1	3,04	38,8	41,0
		Rüttelegge + Drillm.	270,4	726,4	2,76	38,6	39,8
	ohne Pflugfurche	Kreiselegge + Drillm.	254,6	730,1	2,89	39,2	42,1
		Frässaat	251,2	658,7	2,62	39,0	40,8
		konventionell	249,6	685,8	2,83	38,7	39,9
Sommergerste	ohne Pflugfurche	Frässaat (Bandsaat)	208,3	623,5	3,18	40,1	39,7
		Frässaat (Breitsaat)	178,0	636,5	3,67	39,6	37,7

suchsergebnisse feststellen. Die jeweilige Jahreswitterung kann in einzelnen Jahren erhebliche Abweichungen verursachen. Versuchsergebnisse von zwei Standorten mit leichterem (Roggenstein) und tonigem Boden (Dürnast) lassen erkennen, daß bei Sommergerste in Roggenstein trotz unterschiedlicher Entwicklung der ertragsbildenden Faktoren im fünfjährigen Durchschnitt ein relativ einheitlicher Ernteertrag erzielt wurde. Bei Winterweizen schneiden dagegen Grubbersaat und die Bestellsaat mit Kreiselegge etwas ungünstiger ab. Auf dem tonigeren Boden (Dürnast) ist dagegen eine konträre Entwicklung festzustellen. Hier sind die Erträge bei Winterweizen trotz unterschiedlicher Ergebnisse bei den ertragsbildenden Faktoren für alle Bestellvarianten relativ gleichmäßig, während sich bei Sommergerste spürbare Abweichungen ergeben. Ähnliche Ergebnisse werden von anderen Standorten berichtet (Tab. 2 und 3).

Eine generelle Tendenz läßt sich jedoch erkennen: Bei Minimalbestellverfahren, die nach dem Aufgang eine relativ geringe Pflanzenzahl aufweisen (teilweise bedingt durch die Saattechnik), erfolgt ein gewisser Ausgleich durch einen hohen Bestockungsquotienten, hohe Tausendkorngewichte und größere Kornzahlen je Ähre.

Ein bislang noch nicht völlig geklärtes Problem stellt der Einfluß der verschiedenen Minimalbestellverfahren auf die Unkrautentwicklung und somit indirekt auf die Ertragsbildung dar. Tatsache ist, daß bei mehrjähriger pflugloser Minimalbestellung

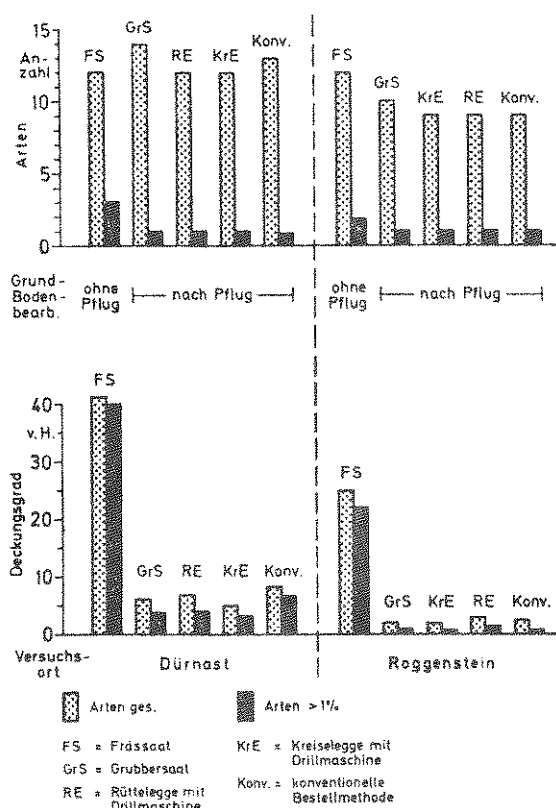


Abb. 14

ohne Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug. Bei der Auswertung wurden die Anzahl an Unkrautarten insgesamt sowie jene mit einem Anteil von mehr als 1% getrennt erfasst. Ein zweites Beurteilungskriterium, der Deckungsgrad, gibt Aufschluß über den Anteil der von den Unkräutern bedeckten Bodenfläche.

Die Ergebnisse (Abb. 14) lassen erkennen, daß hinsichtlich der Anzahl an Unkrautarten in Dürnast die Grubbersaat-Parzellen die höchsten Werte aufwiesen, in Roggenstein dagegen die Frässaat-Parzellen. Auf beiden Standorten war bei den Frässaat-Parzellen die größte Anzahl an Arten mit einem Anteil von mehr als 1 v.H. zu beobachten. Die Unterschiede zwischen den übrigen Minimal-Bestellvarianten sind dagegen nicht so stark differenziert.

Im Deckungsgrad erreichen die Frässaat-Parzellen auf beiden Standorten vergleichsweise relativ hohe Werte. Auffallend ist, daß die geringe Anzahl von Arten mit einem Anteil von mehr als 1% einen sehr hohen Teil des Deckungsgrades bewirkt.

Hinsichtlich der Unterschiede in der Verunkrautung der drei angebauten Fruchtarten (Winterweizen, Sommergerste und Körnermais) ergaben sich auf den gepflügten Parzellen bei Artenzahl und Deckungsgrad im allgemeinen die höchsten Werte für Winterweizen. Lediglich auf den Frässaatparzellen wiesen Sommergerste (in Dürnast) bzw. Körnermais (in Roggenstein) die höchste Verunkrautung auf.

### 2.3 Verfahrenstechnische Auswirkungen

Die nachhaltigsten positiven Auswirkungen des Einsatzes von Minimal-Bestellmaschinen werden im verfahrenstechnischen Bereich erwartet. Geringerer Arbeitszeitbedarf und ein eingeschränkter Fahrverkehr auf dem Feld durch die Kombination von Bodenbearbeitung und Saat, Kosten- und Energieersparnis durch Einsparung von Arbeitsgängen (z. B. bei periodischem Verzicht auf die Pflugfurche) und vielseitigem Geräteeinsatz, termingerechte Arbeitserledigung und dadurch Ausnutzung der optimalen Bestellzeitspannen sind Vorteile dieser Verfahren, die bei der Suche nach weiteren Rationalisierungsmöglichkeiten im Bereich der Feldbestellung konsequent genutzt werden sollten. Der Trend zur Steigerung der Schlepper-Motorleistungen begünstigt zweifellos diesen Trend. Die Auswirkungen in den verschiedenen Bereichen der Verfahrenstechnik sind jedoch unterschiedlich, die wichtigsten sollen nachfolgend diskutiert werden.

#### 2.3.1 Leistungsbedarf

Der Leistungsbedarf einer Minimal-Bestellmaschine ist für die Dimensionierung des erforderlichen Ackerschleppers sowie für eine wirtschaftliche Maschinennutzung außerordentlich wichtig. Er wird im wesentlichen durch das jeweils installierte Boden-

die Unkrautentwicklung besonders kritisch ist, da mechanische Bekämpfungsmaßnahmen (z. B. „Vergraben“ durch den Pflug auf die Furchensohle) fehlen. Eine sorgfältige Kontrolle und planmäßige Bekämpfung vor allem der schwer ausrottbaren Unkräuter und Ungräser ist daher besonders wichtig. Dies gilt vor allem für Wurzelunkräuter und ausläufer-treibende Arten. Aus der Sicht der sicheren und kostengünstigen Unkrautbekämpfung ist ein periodischer Wechsel zwischen pflugloser Bestellung und Einschaltung einer tieflockernden und exakt wendenden Grundbodenbearbeitung als besonders vorteilhaft anzusehen.

Dies bestätigen Untersuchungen, die 1977 auf zwei Versuchsstandorten nach mehrjährigem Einsatz verschiedener Minimal-Bestellverfahren durchgeführt wurden. Die Frässaatparzellen waren zu diesem Zeitpunkt fünf Jahre (Dürnast) bzw. sechs Jahre (Roggenstein)

bearbeitungsgerät bestimmt, während das Säaggregat in seinen Leistungsansprüchen eine untergeordnete Rolle spielt. Bei den verschiedenen Minimalbestellmaschinen tritt in Abhängigkeit von der Maschinenkonstruktion und Werkzeugfunktion

- nur Zugleistungsbedarf (z. B. Feingrubber, Messeregge),
- Zug- und Drehleistungsbedarf (z. B. Zapfwelleneggen) oder
- ausschließlich Drehleistungsbedarf auf (z. B. Bodenfräsen, Zinkenrotor).

Die Anforderungen an die Hubleistung der Ackerschlepper ist bei schwergewichtigen Maschinen mit ungünstiger Schwerpunktlage zum Teil erheblich, soll hier aber nicht näher diskutiert werden.

Bei Bestellkombinationen mit gezogenen *Zinkengeräten* (Abb. 15) entsteht ausschließlich Zugleistungsbedarf, da die Bodenbearbeitungswerkzeuge geradlinig durch den Boden gezogen werden. Am Beispiel des Feingrubbers mit Sävorrichtung wird deutlich, daß der Leistungsbedarf mit zunehmender Fahrgeschwindigkeit linear ansteigt. Bei größerer Arbeitstiefe (12 cm) ist im Vergleich zu 6 cm Arbeitstiefe ein rascheres Ansteigen des Zugleistungsbedarfes zu beobachten. Der insgesamt relativ geringe Gesamtleistungsbedarf erklärt u. a. das Interesse, welches diese Minimalbestellmaschinen beim Vorhandensein leichter Böden finden.

*Zapfwelleneggen* werden in Minimalbestellmaschinen in zunehmendem Umfang verwendet, vor allem Rüttel- und Kreiseleggen. Diese verursachen infolge der system-spezifischen Werkzeug- Bewegungsbahnen sowohl Zug- als auch Drehleistungsbedarf.

Bei der Kombination von Rüttellegge und Drillmaschine steigt der Zugleistungsbedarf mit steigender Arbeitsgeschwindigkeit annähernd linear an (Abb. 16). Demgegenüber ist beim Drehleistungsbedarf nach einem leichten Anstieg und Überschreiten

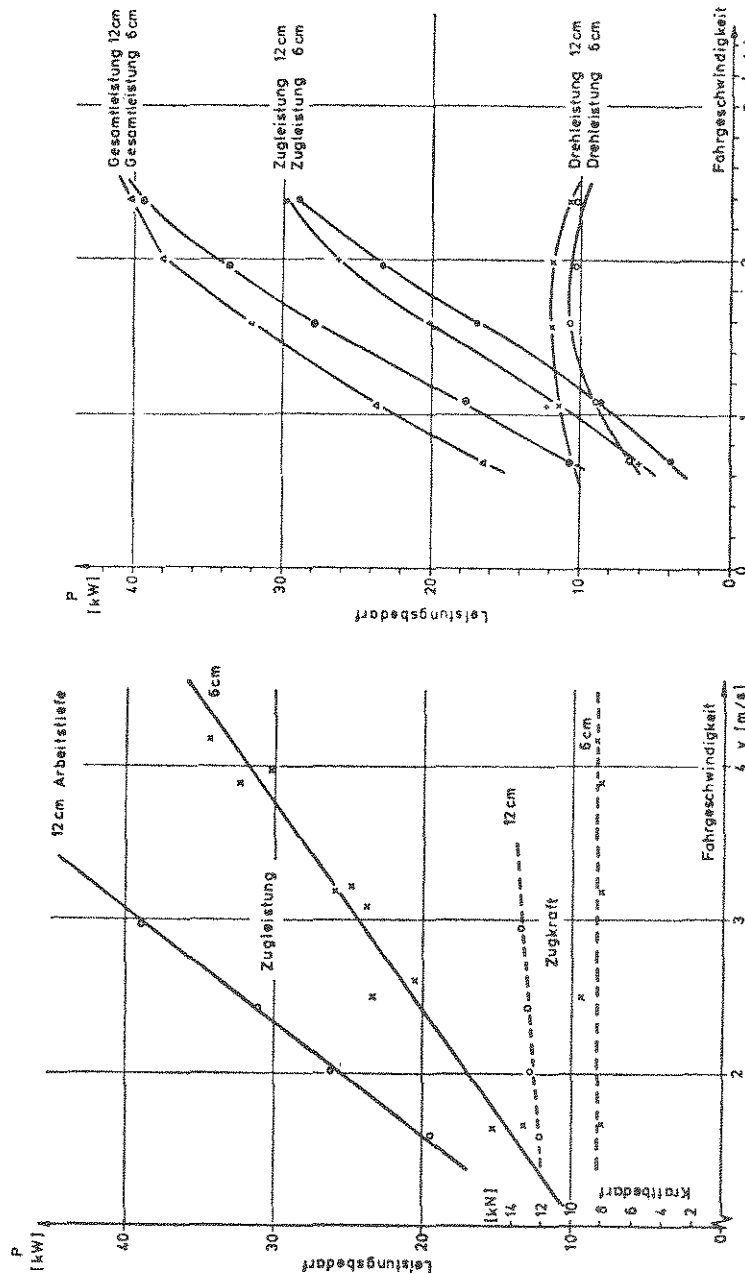


Abb. 16. Zug- und Drehleistungsbedarf einer Rüttellegge in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $v$  (Schlüterhof, t L, 31,6 % Feuchte; 16. 5. 74; Arbeitsbreite 2,5 m) (nach ZELTNER)

Abb. 15. Zugkraft und Zugleistungsbedarf eines Feingrubbers in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $v$  (Schlüterhof, t L, 31,6 % Feuchte; 16. 5. 74; Arbeitsbreite 2,5 m) (nach ZELTNER)

des Maximums (etwa zwischen 1,5 und 2,0 m/s) ein deutlicher Abfall festzustellen. Dieser Drehleistungsverlauf beruht darauf, daß die Hubfrequenz der Zinken bei Rüttelleggen konstant ist. Bei zunehmender Fahrgeschwindigkeit strecken sich die sinusförmigen Zinkenbewegungsbahnen im Boden, die Bearbeitungsintensität nimmt ab.

Bei der *Kreiselegge* mit Drillmaschine verhalten sich Zug- und Drehleistungsbedarf in ihrem Verlauf ähnlich wie bei der Rüttelege. Der Drehleistungsbedarf liegt jedoch im gesamten Geschwindigkeitsbereich deutlich über der Zugleistung. Auch hier ist der

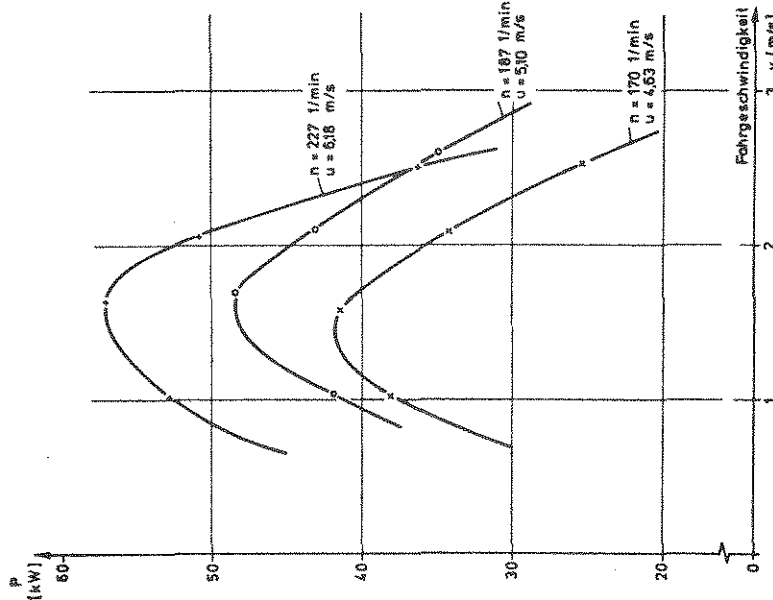


Abb. 18. Leistungsbedarf der Fräse (Howard) in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $v$  (Pettenbrunn 8. 8. 72; Arbeitstiefe 9 cm; Arbeitsbreite 2,0 m) (nach ZELTNER)

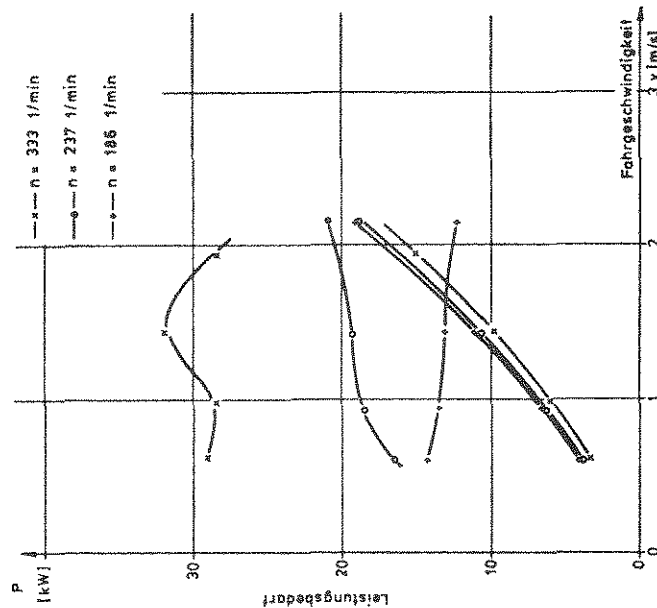


Abb. 17. Leistungsbedarf der Kreiselege in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit  $v$  und der Drehzahl  $n$  (Hagenau 16. 8. 73; Arbeitstiefe 10 cm; Arbeitsbreite 3,0 m) (nach ZELTNER)

typische parabolische Verlauf der Drehleistungskurve zu beobachten. Der Scheitelpunkt der Kurve kennzeichnet den Geschwindigkeitsbereich, in welchem ein Maximum an Bearbeitungseffekt im Boden erzielt wird. Moderne Kreiseleggen sind mit Untersetzungsgetriebe ausgestattet, welches eine Veränderung der Zinken-Umlaufgeschwindigkeit und damit des Bearbeitungseffektes ermöglicht (Abb. 17).

### Bodenfräse

Als Bestand der Fräsaatmaschine verursacht sie infolge der speziellen konstruktiven Merkmale ausschließlich Drehleistungsbedarf. Auch hier ergibt sich bei steigender Fahrgeschwindigkeit ein parabolischer Verlauf der Leistungskurve, welcher im Scheitelpunkt den intensivsten Zerkleinerungseffekt kennzeichnet. Dieser typische Kurvenverlauf ist auch bei unterschiedlicher Messerumfangsgeschwindigkeit festzustellen (Abb. 18). Bei Fräsaatmaschinen schwankt der Gesamtleistungsbedarf in weiten Grenzen, da sie sowohl auf ungepflügtem als auch auf gepflügtem Boden zur flachen Saatbettbereitung und tiefen Einarbeitung von Pflanzenresten verwendet werden können.

Bei Verwenden eines *Zinkenrotors* an Stelle des Messerrotors in der Fräsaatmaschine herrschen in vielen Bereichen vergleichbare Bedingungen und Auswirkungen wie dort bereits geschildert.

Die Ergebnisse von Zug- und Drehleistungsbedarf allein können keine schlüssige Aussage über die relative Vorzüglichkeit der Minimalbestellmaschinen geben. Da unterschiedliche Maschinen auch einen unterschiedlichen Zerkleinerungseffekt des Bodens bewirken, ist es notwendig, diesen bei einer vergleichenden Beurteilung der Maschinen zu berücksichtigen. Dieser Wert wird als „spez. Zerkleinerungsaufwand“ ( $Z_{spez}$ ) bezeichnet und dokumentiert das Verhältnis zwischen erforderlicher Leistung,

bearbeitetem Bodenvolumen je Zeiteinheit (spezielle Arbeit und Zerkleinerungsgrad [ZG]). Ein Überblick über die Rangfolge der Minimalbestellmaschinen auf Grund des spezifischen Zerkleinerungsaufwandes (Tab. 4) läßt erkennen, daß deutliche Abstufungen zwischen den verschiedenen Systemen bestehen und sich die Reihung auch bei unterschiedlichen Bearbeitungsterminen nicht verändert.

Tabelle 4

Spezifischer Zerkleinerungsaufwand ( $Z_{spez}$ ) der Bestellgeräte zu verschiedenen Bearbeitungsterminen  
 Grundbodenbearbeitung : Scharpflug

Bearbeitungstermin	Gerät	$Z_{spez} \cdot 10^{-3}$ (kJ/m <sup>2</sup> )	Spannbreite $Z_{spez} \cdot 10^{-3}$
Dürnast Oktober 1972	Feingrubber	12,0	10,9—13,5 a
	Rütlegge	15,8	14,7—16,7 b
	Fräse (H)	21,1	19,3—23,2 c
	Kreiselegge	22,6	21,1—24,4 c
Dürnast November 1973	Feingrubber	13,3	12,0—14,9 a
	Rütlegge	15,6	14,7—16,7 a
	Fräse (H)	38,4	34,4—43,3 b
	Kreiselegge	52,7	47,8—58,8 c
Roggenstein Oktober 1973	Feingrubber	9,6	8,9—10,5 a
	Rütlegge	11,3	10,7—12,1 b
	Fräse (H)	15,1	14,2—16,1 c
	Kreiselegge	25,0	23,3—27,0 d

Spannbreite von  $Z_{spez} = \frac{A_{spez}}{ZG \pm GD_{5\%}} GD_{5\%} = \text{Grenzdifferenz } (\alpha = 5\%) \text{ zum Vergleich der Zerkleinerungsgrade}$

2.3.2 Arbeitswirtschaft und Kosten

Auf arbeitswirtschaftlichem Gebiet sind besonders positive Auswirkungen beim Einsatz von Minimalbestellmaschinen zu erwarten. Das Zusammenfassen der Arbeitsgänge „Bodenvorbereitung und Saat“ wirkt sich vor allem in einer erheblichen Reduzierung des Arbeitszeitbedarfes aus. Die Erfahrungen zeigen jedoch, daß dieser Vorteil vor allem von Betrieben genutzt werden kann, in welchen ein entsprechend leistungsstarker Ackerschlepper für den Einsatz der Minimalbestellmaschinen vorhanden ist, in welchen also die konventionelle Bestellung bislang im absätzigen Verfahren durchgeführt werden mußte. In Großbetrieben mit mehreren leistungsstarken Schleppern sind dagegen die Vorteile nicht so gravierend, da hier mit leistungsfähigen Einzelgeräten im Parallelverfahren gearbeitet und ebenfalls eine schlagkräftige Feldbestellung durchgeführt werden kann.

Die erzielbaren Flächenleistungen sind vorrangig von maschinentechnischen Kriterien (Arbeitsbreite, Fahrgeschwindigkeit), in wesentlichem Maße aber auch von strukturellen Voraussetzungen abhängig (Schlaggröße, Schlaglänge, Feldform). Am Beispiel der Bestellkombination „Kreiselegge mit Drillmaschine“ ist dies sehr anschau-

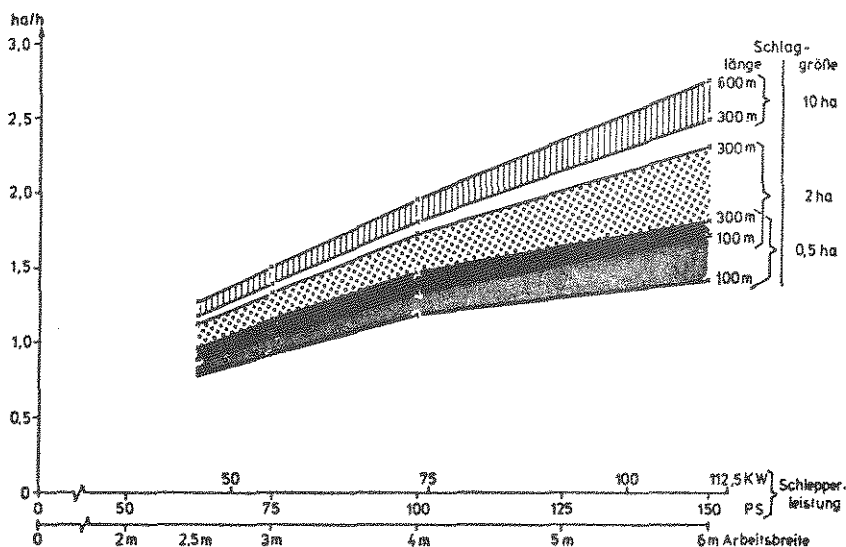


Abb. 19. Leistung der Bestellkombination Kreiselegge — Drillmaschine in ha/h in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten,  $v = 6 \text{ km/h}$ , Saatmenge: 220 kg/ha) (nach ZELTNER)

lich dargestellt (Abb. 19). Bei 0,5 ha Schlaggröße steigt bis zu einer Arbeitsbreite von 4 m die Flächenleistung linear an. Darüber hinaus verläuft der Anstieg jedoch degressiv. Die Ursache hierfür ist in dem zunehmenden Anteil der „Fertigungsarbeiten“, z. B. Bearbeitung des Vorgewendes zu sehen, die mit zunehmender Gerätebreite erheblich ansteigen. Dieser Einfluß verringert sich jedoch bei zunehmender Schlaggröße deutlich.

Ganz ähnliche Auswirkungen ergeben sich bei der Frässaat. Auch hier ist nur bei entsprechenden Schlaggrößen und -längen ein linearer Anstieg der Flächenleistung zu erkennen (Abb. 20).

Da unter den vorliegenden Strukturverhältnissen und auch aus einsatztechnischer Sicht eine Vergrößerung der Arbeitsbreite problematisch ist, wäre die Frage zu untersuchen, ob es nicht zweckmäßiger ist, eine Leistungssteigerung durch Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit anzustreben. In diese Überlegungen spielen auch sehr stark die aktuellen Aspekte einer energiesparenden Arbeitserledigung hinein.

Beim Einsatz einer Bestellsaatmaschine nach der Pflugfurche kann die gleiche Steigerungsrate der Flächenleistung durch ein Erhöhen der Arbeitsgeschwindigkeit von 3,2 auf 5 km/h oder durch das Steigern der Arbeitsbreite von 3 auf 4 m erreicht werden (Abb. 21). Das Steigern der Arbeitsgeschwindigkeit wirkt sich in einer Zunahme des Schlepperleistungsbedarfes um 80 % aus, das Erhöhen der Arbeitsbreite bewirkt dagegen nur eine Zunahme um 33 %. Eine ähnliche Tendenz besteht beim Einsatz der Frässaatmaschine ohne vorhergehende Pflugfurche. Auch hier ist eine Steigerung der Arbeitsbreite vom energetischen Standpunkt aus sinnvoller als ein Erhöhen der Fahrgeschwindigkeit.

Aus verfahrenstechnischer Sicht dürfen jedoch die Minimalbestellmaschinen nicht isoliert betrachtet werden, da ihre Anforderungen an vorhergehende Arbeitsgänge (z. B. Grundbodenbearbeitung) sehr unterschiedlich sind. Erst die Einordnung in ein

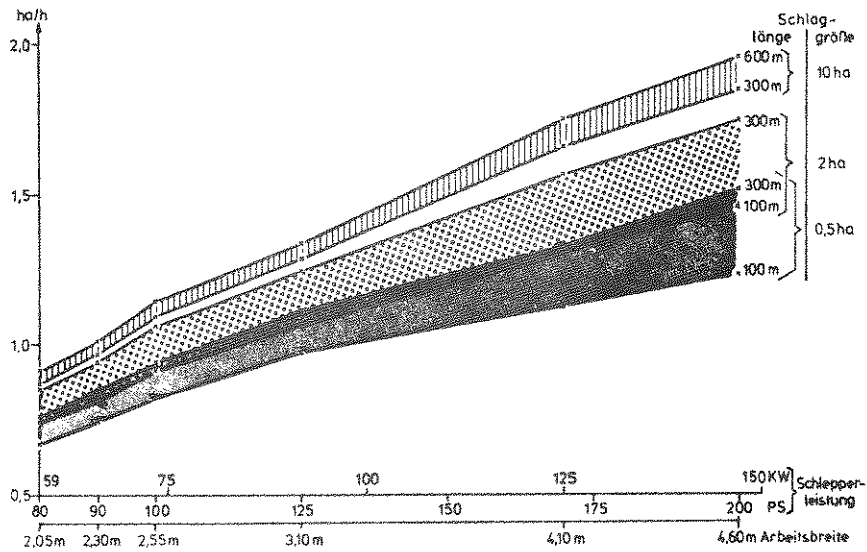


Abb. 20. Leistung der Frässaatmaschine in ha/h in Abhängigkeit von Arbeitsbreite, Schlaggröße und Schlaglänge (ohne Rüst- und Wegezeiten,  $v = 5$  km/h, Saatmenge: 220 kg/ha) (nach ZELTNER)

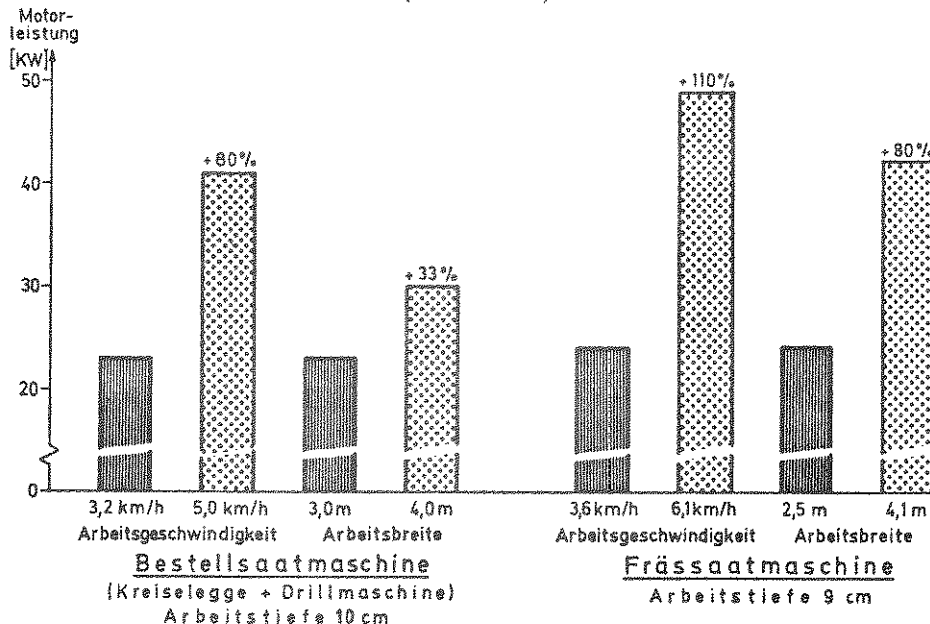


Abb. 21. Beziehungen zwischen Leistungsbedarf, Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite (Konstant: Zerkleinerungseffekt und Flächenleistung)

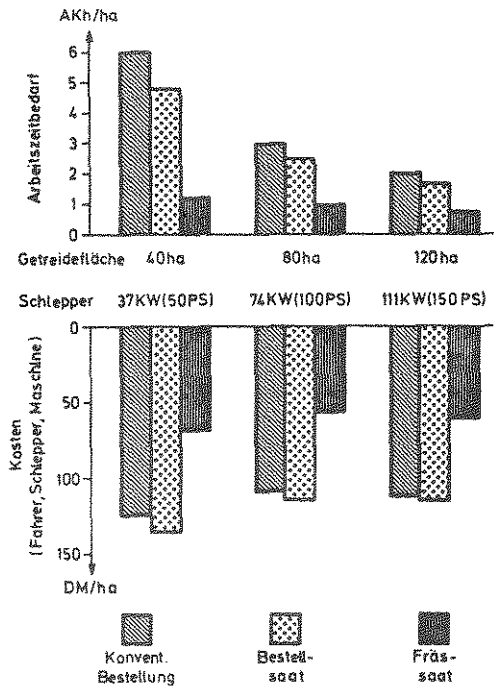


Abb. 22. Arbeitszeitbedarf und Kosten bei der Minimalbestellung

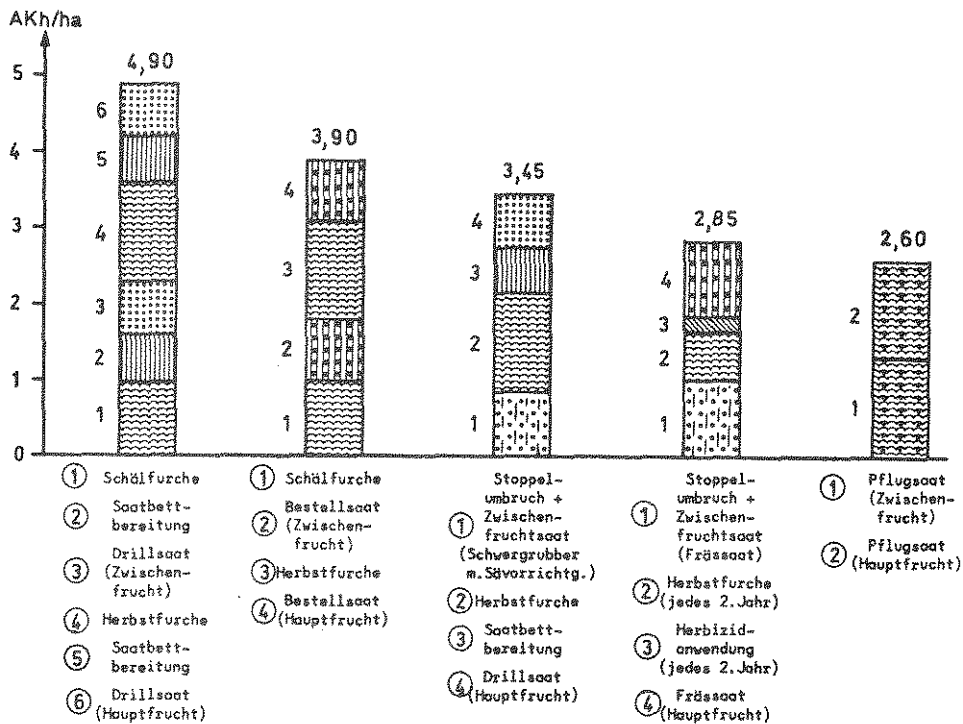


Abb. 23. Arbeitszeitbedarf bei verschiedenen Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren (Schlepper 76kW/100 PS; 60 ha Getreidefläche/Jahr)

komplettes Bodenbearbeitungs- und Bestellsystem, welches alle Arbeitsgänge von der Stoppelbearbeitung und Zwischenfruchtbestellung bis zur nächsten Hauptfruchtbestellung berücksichtigt, läßt eine objektive Beurteilung zu. Ein Überblick über den Arbeitszeitbedarf (Abb. 22, 23) verschiedener Minimalbestellverfahren läßt erkennen, daß eine effiziente Reduzierung im wesentlichen nur durch eine Verringerung des Aufwandes bei der Grundbodenbearbeitung zu erreichen ist. Bei dem Verfahren, welches die Frässaat mit periodischem Verzicht auf die Pflugfurche enthält, ist dies deutlich zu erkennen. Besonders ausgeprägt zeigen sich diese Auswirkungen naturgemäß bei der Direktsaat, bei welcher im allgemeinen nur alle fünf Jahre eine Bodenbearbeitung auf volle Pflugtiefe durchgeführt wird. Bekanntlich werden aber die arbeitswirtschaftlichen Vorteile dieses letztgenannten Verfahrens durch erhebliche Schwierigkeiten im acker- und pflanzenbaulichen Bereich aufgehoben. Eine Sonderstellung nimmt die Pflugsaat ein, deren Einsatz sich auf leichte, humose Böden beschränkt. Die Verwendung zur Sommergetreidebestellung ist infolge der tiefen Bearbeitung, hoher Verdunstungsrate etc. problematisch.

## Zusammenfassung

Der Betriebszweig Getreidebau, in welchem derzeit auch bei günstiger Mechanisierung mit konventionellen Verfahren noch etwa 50 bis 60% des Gesamt-Arbeitszeitbedarfes auf die Bodenbearbeitung und Bestellung entfallen, bietet besonders günstige Ansatzpunkte für die Anwendung von Bestellverfahren mit reduziertem Aufwand.

Für die Minimal-Bestelltechnik, also Maschinen und Geräte, mit welchen in einem Arbeitsgang Bodenvorbereitung und Saat durchgeführt werden können, wurden in den letzten Jahren unterschiedliche Konstruktionen entwickelt. Sie lassen sich in nahezu allen Bestellzeitspannen und — in entsprechender technischer Ausstattung — bei fast allen Fruchtarten einsetzen. Maschinen mit zapfwellenbetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen lassen infolge der verstellbaren Werkzeuggeschwindigkeit eine besonders günstige Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen zu.

Die Auswirkungen der Minimalbestelltechnik auf die physikalischen Bodeneigenschaften werden einerseits von der technisch-konstruktiven Maschinengestaltung und der systemspezifischen Zerkleinerungsintensität beeinflusst. Hier bestehen bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen (vor allem Bodenfeuchte, Bodenart etc.) deutliche Unterschiede zwischen den verschiedenen Minimalbestellvarianten, insbesondere zwischen Maschinen mit gezogenen und zapfwellenbetriebenen Bodenbearbeitungswerkzeugen. Hinzu kommen Einflüsse der vorausgegangenen Grundbodenbearbeitung sowie der jeweiligen Jahreswitterung. Hierdurch können Unterschiede zwischen den verschiedenen Minimalbestellkombinationen unter Umständen verwischt oder völlig aufgehoben werden.

Die mehrjährige Anwendung einer Minimalbestelltechnik hat sich darüber hinaus an den Auswirkungen auf Pflanzenentwicklung, Ertragshöhe und Ertragssicherheit zu orientieren. Der Bearbeitungseffekt der Bodenbearbeitungswerkzeuge und das Saatverfahren (Band-, Drill- und Breitsaat) üben direkten Einfluß auf den Feldaufgang aus. Während der Vegetationsperiode stellt sich im allgemeinen ein Ausgleich zwischen den verschiedenen ertragsbildenden Faktoren ein, so daß mit wenigen Ausnahmen im Vergleich zwischen den unterschiedlichen Minimalbestellvarianten bzw. zwischen der Minimalbestelltechnik insgesamt und der konventionellen Bestelltechnik relativ einheitliche Ernteerträge erzielt wurden.

Hinsichtlich der Verunkrautung schneiden diejenigen Minimalbestellvarianten, bei welchen durch eine regelmäßige Grundbodenbearbeitung eine mechanische Unkrautbekämpfung erfolgt, sowohl hinsichtlich der vorhandenen Unkrautarten, als auch im Bedeckungsgrad günstiger ab, als pfluglose Minimalbestellvarianten.

Auf arbeitswirtschaftlichem Gebiet sind besonders positive Auswirkungen beim Einsatz von Minimalbestellmaschinen zu erwarten. Das Zusammenfassen der Arbeitsgänge „Bodenvorbereitung und Saat“ wirkt sich vor allem in einer Reduzierung des Arbeitszeitbedarfes und der Möglichkeit zur termingerechteren Arbeiterledigung aus. Flächenleistungen von etwa 1,0 ha/h mit 2,5-m-Maschinen sind bei entsprechender Schlepperbereitstellung zu erreichen. Eine besonders effiziente Reduzierung läßt sich mit Verfahren erreichen, bei welchen zumindest zeitweise auf eine Grundbodenbearbeitung verzichtet werden kann.

## Literatur

1. ENGEL, R., 1974: Auswirkungen neuzeitlicher Bodenbearbeitung auf Arbeitswirtschaft, Boden und Ertrag. Landtechnik, S. 104/107.
2. ESTLER, M., 1971: Arbeitsverfahren und praktische Anwendung der Minimal-Bodenbearbeitung. Berichte über die Wintertagung 1971 der Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien, S. 209-234.
3. —, 1972: Minimum Tillage. Tractor News (Österreich), S. 16-19, H. 4.
4. —, 1973: Die Minimal-Bestelltechnik. Grundlagen der Landtechnik, Bd. 23, S. 13-15.
5. —, 1975: Verfahrenstechnik der Getreidebestellung mit reduziertem Aufwand. Berichte über das Internationale Symposium „Maschinenbau und Wissenschaft“, Belgrad, Bd. II, S. 121-140.
6. —, 1976: Die Technik der Bodenbearbeitung. Informationsbroschüre der LWK Kiel, S. 21-33.
7. —; ZELTNER, E., 1973: Leistungsbedarf von Maschinen für die Minimalbestelltechnik. Jahrbuch der Landtechnik, Weihenstephan, S. 90-99.
8. ESTLER, M.; KNITTEL, H.; PERWANGER, A.; ZELTNER, E., 1975: Bodenbearbeitung und Bestelltechnik für Körnerfrüchte. Jahrbuch der Landtechnik, Weihenstephan, S. 97-108.
9. KNITTEL, H., 1973: Wirkungen moderner Bodenbearbeitungsgeräte auf das Bodengefüge. Landtechnik von morgen, H. 13, S. 13-17.
10. —, 1975: Auswirkungen der Minimalbestelltechnik auf physikalische Bodeneigenschaften. Forschungsberichte Agrartechnik, Heft 6 und Dissertation, Weihenstephan.
11. KÖLLER, K., 1977: Einfluß der Saatterbereitung auf Pflanzenaufgang und Ertrag bei Getreide. In: KTBL-Schrift 212 „Neuzeitliche Bestelltechnik“, Darmstadt, S. 28-32.
12. ROSEGGGER, S., 1974: Verfahrenstechnische Entwicklungen bei steigenden Arbeits- und Energiekosten. DLG-Archivband 55 „Bodenproduktion unter veränderten Bedingungen“, S. 9-32.
13. ZACH, M., 1977: Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Bestellkombinationen für die Getreidebestellung. In: KTBL-Schrift 212 „Neuzeitliche Bestelltechnik“, Darmstadt, S. 77-87.
14. ZELTNER, E., 1974: Der Einfluß verschiedener Minimalbestellsysteme auf Pflanzenentwicklung und Ertrag. Jahrbuch der Landtechnik Weihenstephan, 90-99.
15. —, 1975: Betriebstechnische und pflanzenbauliche Aspekte verschiedener Minimalbestellverfahren. KTBL-Schrift 204, Darmstadt, u. Diss., Weihenstephan.



## Einarbeitung von Stroh

Von Dipl.-Ing. agr. A. Perwanger, Freising-Weihenstephan

### Einleitung

Durch Ausdehnung des Getreideanbaus mit zunehmenden Erträgen erhöht sich auch der Strohanfall. So stieg die absolute Getreideanbaufläche der Bundesrepublik Deutschland von 1950 bis 1975 um etwa 20 v. H. auf nunmehr 5,3 Mill. ha an (13). Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die Getreideerntemenge von durchschnittlich 20 auf 40 dt je ha, und der gesamte Getreideertrag liegt mittlerweile bei etwa 22 Mill. t. Berücksichtigt man das sich verengende, durchschnittliche Korn-Stroh-Verhältnis von 1 : 1,7 auf 1 : 1,2 (13), bedingt durch den Rückgang von Roggen zugunsten von Weizen und Gerste, von Züchtungsmaßnahmen für standfestere Sorten und den Einsatz von Halmverkürzungsmitteln, so stieg dennoch der jährliche Strohanfall im Bundesgebiet von 18 Mill. t im Jahre 1950 auf mittlerweile rund 26 Mill. t an.

Diese Entwicklung und die vermehrte Einführung von stroharmen bzw. strohlosen Aufstellungsformen trugen dazu bei, daß vermehrt überschüssiges Stroh auf dem Feld abgebrannt wurde. Unter Zugrundelegung von Stichprobenerhebungen in Bayern (13) kann davon ausgegangen werden, daß 1974 über 8 % bzw. nahezu 2 Mill. t Stroh auf bundesdeutschen Feldern abgebrannt wurden. Durch mehr oder weniger strenge Verordnungen (6) versuchen die einzelnen Bundesländer diesen Strohabbrand einzudämmen.

Eine Möglichkeit, um überschüssiges Stroh sinnvoll zu verwerten, ist dabei das Einarbeiten von Stroh in den Boden. Versuche zu dieser Art der Strohverwertung sind nicht neu. So machte schon Anfang des 19. Jahrhunderts der Engländer HAMPHRY DAVY den Vorschlag, das Stroh zum Zweck des Düngens ohne Umweg über die Stallmistkette direkt einzupflügen. Anfänglich verliefen die Versuche recht negativ, und auch THAER und LIEBIG wiesen auf die ertragsschädigende Wirkung dieser Düngung hin. Erst die in den zwanziger Jahren gewonnene Erkenntnis einer notwendigen Stickstoffausgleichsdüngung brachte eine Besserung mit sich. So zeigen die Ergebnisse langjährig angelegter Versuche pflanzenbaulicher Art nach dieser Zeit, wie z. B. von SAUERLAND und GIERKE (15), KÖHNLEIN und VETTER (8), KOLBE (9), BACHTHALER und WAGNER (2) und von BOGUSLAWSKI und DEBRUCK (3), daß eine Strohdüngung bei entsprechender Ausgleichsdüngung (etwa 1 kg N auf 1 dt Düngestroh) durchaus eine brauchbare Humusquelle sein und langfristig gesehen auch Mehrerträge hervorbringen kann. Bei richtiger Technik der Stroheinarbeitung und einer zwei- bis vierjährigen Übergangsphase (= biologische Einlaufzeit des Bodens) unter Anschluß von Klimaextremen sind nach DEBRUCK (5) nahezu alle Böden geeignet, die in der Fruchtfolge anfallenden Strohernten wieder aufzunehmen und im Sinne von Bodenverbesserungen und Ertragssteigerungen ackerbaulich zu verwerten.

### 1 Problemstellung

Sachgemäße Stroheinarbeitung setzt voraus, daß vor allem das Vergraben von zu langem Stroh vermieden wird. Speziell auf ungünstigeren Standorten kommt es sonst zu Strohpolstern und zu den gefürchteten Strohhorizonten. Wachstumsstörungen bei den Folgefrüchten sind dann unvermeidlich (3; 13). Von der gerätetechnischen Seite einer Strohdüngung sind deshalb folgende Anforderungen zu erfüllen (4; 10; 13):

- Das Stroh auf 5 bis 10 cm zu zerkleinern,
- es gleichmäßig auf der gesamten Bodenoberfläche zu verteilen,
- die Stoppelhöhe auf 10 bis maximal 15 cm zu beschränken und
- letztlich das Strohhäcksel je nach Bodenart in eine Tiefe bis zu 15 cm innig mit der tätigen Krumenschicht zu vermischen.

Während die Forderung der Häcksellänge mit neueren MD-Anbauhäckslern und schleppergezogenen Strohhäckslern gut erfüllt werden (13) ist eine ausreichende Breitverteilung bei großen MD-Schnittbreiten nur mit letztgenannten Geräten bei trockenen Einsatzbedingungen möglich. Aus arbeitstechnischen Gründen bevorzugt die Praxis aber zum Zerkleinern und Verteilen des Strohs den Anbauhäcksler am Mäh-drescher. Neue Entwicklungen, wie z. B. die Leitblechanordnung am unteren Gehäuseauslauf oder die gezielte Strohzuführung an die Außenbereiche des Häckslers, versprechen die Breitverteilung der MD-Anbauhäcksler aber zu verbessern. Das Problem einer evtl. zu hohen Stoppel ist andererseits gut mit Schlepperstrohhäckslern, die mit Winkelmessern ausgerüstet sind, zu lösen.

Mit welchen Geräten das Stroh letztlich in den Boden eingearbeitet werden soll, konnte bislang auf Grund fehlender Untersuchungsergebnisse nicht eindeutig beantwortet werden. Wohl liegen umfangreiche Arbeiten von FEUERLEIN (7) über ältere Stroheinarbeitungsgeräte vor; leider wurde der Einmischungseffekt in den Boden aber nur visuell beurteilt. Seit 1970 wurde die Stroheinmischung von BOSSE, HERZOG und SEIDEL in der DDR gemessen. Dabei ging man im wesentlichen davon aus, daß die Eignung der Geräte zunahm, je mehr Stroh in den Boden eingearbeitet bzw. umgekehrt, je weniger Häcksel auf der Oberfläche verblieb. Eine neuere Untersuchung von DEBRUCK (3) zeigt jedoch, daß für einen schnellen Strohabbau der Einmischungseffekt entscheidender ist. Die Ergebnisse in Abb. 1 lassen erkennen, daß die Abbaurrate des Strohs nach dem Einarbeiten mit der Fräse günstiger liegt, wie nach dem Einschälen mit dem Pflug.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten wurde deshalb u. a. an der Landtechnik Weißenstephan die Technik der Stroheinarbeitung mit neueren Geräten im Vergleich zu konventionellen Geräten untersucht.

## 2 Untersuchungsmethoden

Einarbeitungsversuche von Stroh in den Boden wurden mit verschiedenen Geräten bei unterschiedlichen Einsatzbedingungen auf Lehm-, Sand- und Moorböden durchgeführt. Bei der Untersuchung wurde neben der Stroheinmischung u. a. auch die Oberflächenausformung, die Zerkleinerungswirkung und der Leistungsbedarf erfaßt.

Um die Ablage des Strohs im Bearbeitungsraum festzustellen, ist eine neue Methode entwickelt worden. Ein Steckzylinder mit 15 cm lichtem Durchmesser wird bis auf die Bearbeitungstiefe der einzelnen Geräte in den Boden eingetrieben. Anschließend

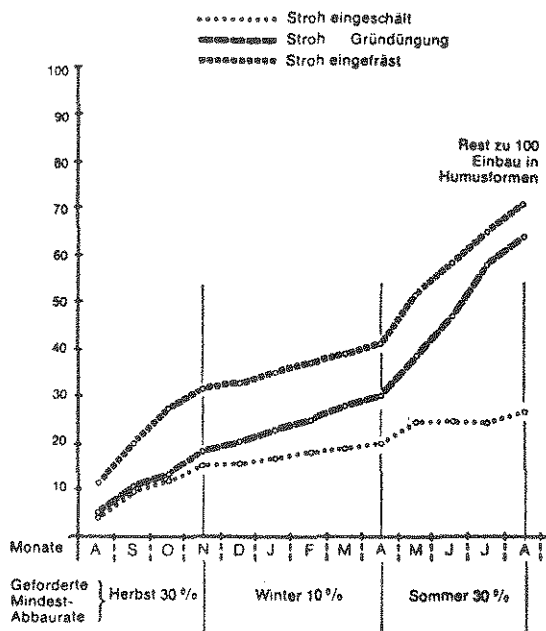


Abb. 1. Abbau der Stroh- und Gründüngung im Boden in Abhängigkeit von der Einarbeitung (nach DEBRUCK)

wird im Abstand von 3 cm, ausgehend von der Bodenoberfläche, das Boden-Strohgemisch abgestochen. Im Labor wird dann das Stroh aus den Proben ausgewaschen, getrocknet und gewogen.

Die Oberflächenausformung wurde mit dem Oberflächenkamm nach KUIPERS und die Zerkleinerungswirkung mit der Schollensiebanalyse nach PUCHNER ermittelt.

Für die Messung des notwendigen Zapfwellenleistungsbedarfs stand die heute übliche Drehmomentmeßnabe und für die Zugkraftmessungen ein unter dem Schlepper angebauter Meßrahmen mit Zug- und Druckmeßgeber zur Verfügung.

## 3 Versuchsergebnisse

Aus Abb. 2 ist zu ersehen, daß die Spatenrollegge in dieser Versuchsfahrt über 60 % der anfallenden Strohmenge im Bereich von 0 bis 6 cm ablegt, während vom Grubber mit starren Zinken etwa 45 % anzutreffen sind. Interessant ist, daß beim Schälpflug in diesem Bearbeitungsbereich eine Strohmenge von weniger als 20 % abge-

legt wird, das heißt, vom Pflug das Stroh in zu tiefe Schichten vergraben wird. Je nach Geräteausführung liegt die Stroheinmischung von Scheibenegge und Fräse zwischen den Ergebnissen von Spatenrollegge und Grubber, die des Kreiselpfluges zwischen Grubber und Schälplflug.

Obwohl der Pflug in der Lage ist, auch große Mengen an organischer Substanz in den Boden einzuarbeiten, erfolgt eine typische Schichtablage des Materials. Dies ist besonders bei der Strohdüngung, aber auch nur bei der Stoppeleinarbeitung auf untätigeren Böden von Nachteil. Um die Einmischung des Strohs bzw. der Stoppeln und die Oberflächenausformung nach der Pflugarbeit zu verbessern, zeichnet sich ab, daß zapfwellenangetriebene Geräte wie die Rüttelegge, der Zinkenrotor, die Taumelwälzlege und die Kreiselege als günstig anzusehen sind. Vorteilhaft beim

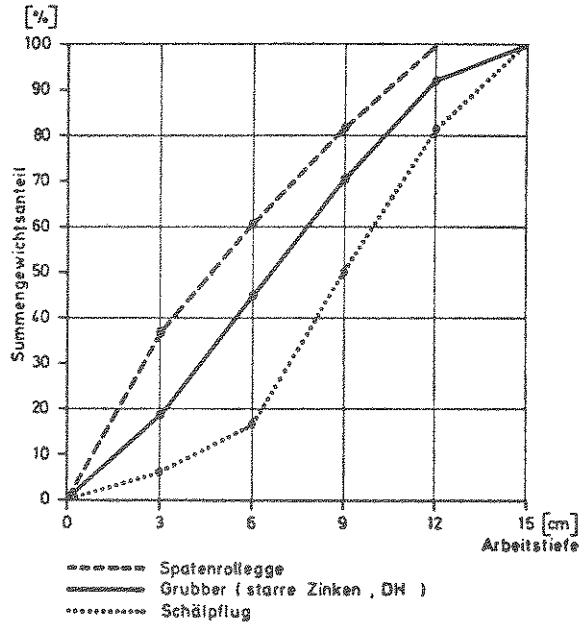


Abb. 2. Strohverteilung im Boden bei verschiedenen Einarbeitungsgeräten. (sL; 19 % H<sub>2</sub>O; 50 dt Stroh/ha; 1 Arbeitsgang)

Einsatz des Pfluges ist zweifellos, daß er oft schon vorhanden und sein Einsatz in einem größeren Feuchtebereich möglich ist.

Der Kreiselpflug mischt etwas besser als der Schälplflug. Jedoch wirken auch hier die Kreisel, speziell bei höherer Geschwindigkeit (über 6 km/h), wie rotierende Streichbleche und legen das Stroh ebenfalls in unerwünschten Schichten ab. Der Kreiselpflug arbeitet auf allen Bodenarten störungsfrei und hinterläßt in der Regel einen gut zerkleinerten Boden für ausreichende Keimbedingungen. Bedingt durch seinen enorm hohen Kraftbedarf von 30 bis 50 kW je Meter Arbeitsbreite läßt seine Arbeitsleistung jedoch zu wünschen übrig.

Die Scheibenegge wird auf allen Bodenarten mit organischer Masse auf gehäckselten oder ungehäckselten Stoppeln fertig, wenn man zwei Arbeitsgänge kreuzweise fährt. Nachteilig allerdings ist die relativ seichte Bearbeitungstiefe. Vor allem auf schwereren Böden ist deshalb unbedingt auf eine notwendige Gewichtsbelastung zu achten (mindestens 0,5 t je m Arbeitsbreite). Günstig erscheint es auch, bei der Scheibenegge — speziell bei trockenen, schwereren Böden — sämtliche Reihen mit gezackten Scheiben auszurüsten, da diese besser durch den Strohteppich in den Boden eindringen. Auf gut krümelnden Böden ist mit der Scheibenegge eine gleichzeitige Ausbringung von Gründüngung möglich. Hervorzuheben ist noch der relativ verschleißarme Einsatz selbst auf steinigten Böden und die verstopfungsfreie Arbeit auf leichteren Standorten. Um sich den verschiedenen Arbeitsbedingungen leicht anpassen zu können, ist eine hydraulische Schnittwinkelverstellung günstig. Ein enger Anstellwinkel verbessert die Einmischung, während ein weiter (evtl. im zweiten Arbeitsgang) den Bodenschluß fördert.

Eine gute Arbeitsqualität ist auch mit der Spatenrollegge zu erzielen, wenn sie entsprechend belastet wird. Günstig erscheint es auch hier, zwei Arbeitsgänge kreuzweise zu fahren, wobei sie es bei entsprechend hoher Geschwindigkeit, etwa ab 12 km/h, auf einen guten Mischeffekt bringt. Empfindlich ist die Spatenrollegge allerdings gegen zu lange Stoppeln, Unkraut und Quecken, die leicht zum Wickeln führen. Bei mehrteiligen Geräten ist ein langgezogener Rahmen vorteilhafter, damit das gehäckselte Stroh vor dem Eingreifen der Folgewerkzeuge wieder fest auf dem Boden aufliegt.

Die Fräse kommt auf allen Bodenarten bei nur einem Arbeitsgang mit und ohne Stoppelzerkleinerung gut zurecht, mischt auch gut, nicht zu nassen Bodenzustand vorausgesetzt. Auf leichteren Böden ist allerdings auch bei der Fräse eine vorherige

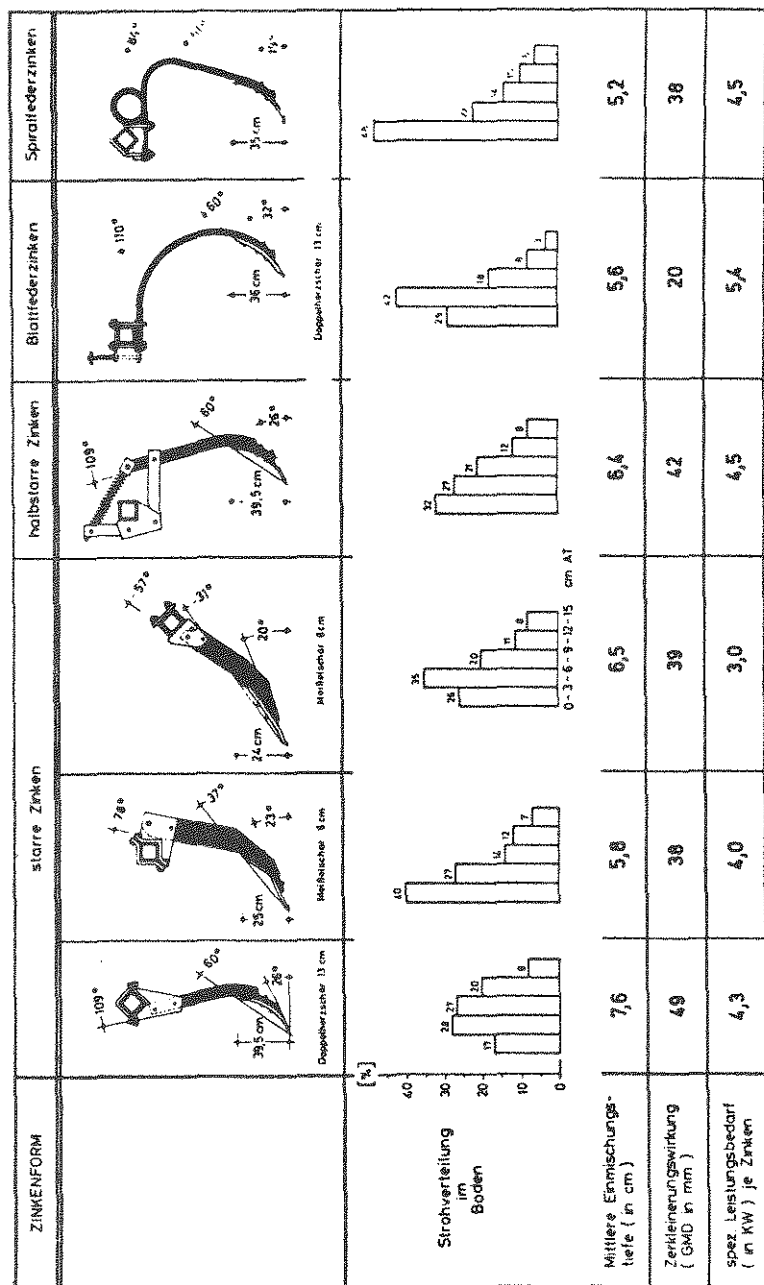


Abb. 3. Meßdaten verschiedener Grubberzinken beim Einarbeiten von Stroh in den Boden. (sL: 19% H<sub>2</sub>O; 50 dt Stroh/ha;  $\bar{x}$  = 3 cm; 12 cm Stoppelhöhe; q-zinkige Grubber; 24 cm Strichabstand; 8 km/h; 15 cm AT; 1 Arbeitsgang ohne Nachläufer.)

Stoppelzerkleinerung günstiger, da andernfalls die Einmischung, speziell in Verbindung mit Strohhäcksel, zu oberflächlich ist. In Verbindung mit einem Säkasten kann die Fräsdrillkombination vorteilhaft zum Einsatz kommen.

Vor allem für die Stoppel- und Stroheinarbeitungsgeräte gewann in den letzten Jahren der Schwergrubber immer mehr an Bedeutung. Dies ist auf seine relativ geringen Anschaffungskosten, auf seine unkomplizierte Handhabung, auf seine bodenschonende Bearbeitung ohne Bodenverdichtungen, auf die Möglichkeit der gleichzeitigen Wurzelunkrautbekämpfung und auf seine hohe Schlagkraft zurückzuführen.

In der Regel sind die Schwergrubber mit 5, 7, 9, 11, 13 oder 15 Zinken bestückt, die auf zwei, drei oder vier Zinkenträgern (Rahmen) fest oder verstellbar angeordnet sind. Der Strichabstand der Zinken (Arbeitsbreite: Zinkenanzahl) beträgt in der Regel 21 bis 25 cm. Während für die Stoppelbearbeitung der engere Strichabstand von 21 cm wegen der besseren Krümelung vorteilhaft ist, sollte er bei der Stroheinarbeitung, um Verstopfungen zu vermeiden, besser 24 cm betragen.

Je höher die Rahmen und je größer der Längsabstand der Zinkenreihen in Arbeitsrichtung und damit der Zinkendurchgang ist, desto sicherer werden Verstopfungen vermieden. Deshalb ist auf eine Rahmenhöhe von über 70 cm und auf einen Rahmenabstand bei drei Querrohren von über 650 mm und bei vier Rohren von über 550 mm zu achten. Wesentlich ist die Funktion der Grubber aber von der Zinkenform und der Zinkenstellung abhängig (Abb. 3).

Bei gleichen Einsatzbedingungen wird deutlich, daß durch die starre Zinkenform mit einem Scharanstellwinkel von rund  $25^\circ$  das Stroh relativ gleichmäßig im Bearbeitungsraum abgelegt wird. Demgegenüber kommt zum Ausdruck, daß gefederte Zinken einen größeren Strohmengeanteil im oberen Krumbereich einmischen und der Meißelzinken mit relativ flachen Anstellwinkeln zwischen diesen beiden Ergebnissen liegt.

Bezüglich der Zerkleinerungswirkung ist festzustellen, daß die gefederten Zinken mit einer Krümelgröße von 20 bis 38 mm günstiger zu beurteilen sind, als die starren Zinken mit einer in diesem Versuch erzielten Krümelgröße von durchschnittlich 49 mm. Andererseits liegt der spezifische Leistungsbedarf von starren Zinken mit 4,3 kW günstiger, als die der gefederten mit bis zu 5,4 kW. Einen deutlich geringeren spezifischen Leistungsbedarf benötigt der Meißelzinken mit nur 3 kW je Zinken.

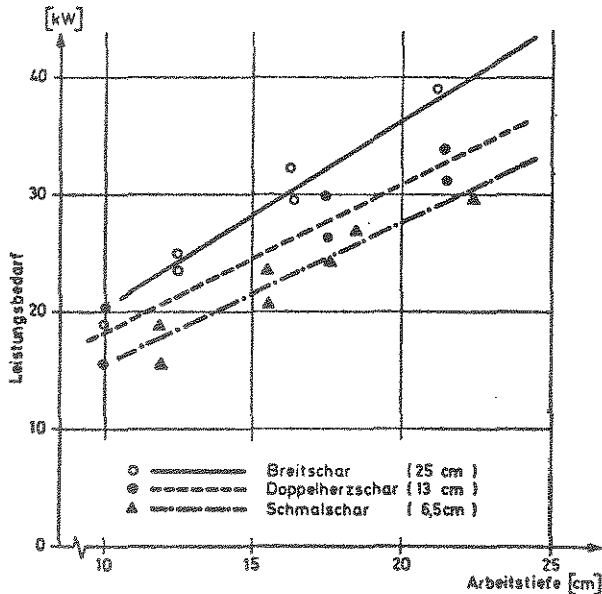


Abb. 4. Leistungsbedarf eines Grubbers in Abhängigkeit von der Scharform und der Arbeitstiefe. (9 starre Zinken; 24 cm Strichabstand;  $v = 1,6$  m/s; sL; 19 %  $H_2O$ )

Für durchschnittliche Einsatzbedingungen für die Stoppel- und Stroheinarbeitung ist bei den Grubbern die starre Zinken zu empfehlen. Einmal wegen der guten Einmischung, zum anderen aber wegen der niedrigeren Störanfälligkeit. Für flachgründigere Arbeit ist die bessere Krümelwirkung der gefederten Zinken vorteilhafter, während bei der Tiefenbearbeitung der niedrigere Kraftbedarf der Meißelzinken besteht.

Die günstigste Arbeitstiefe bei der Stoppel- und Stroheinarbeitung mit dem Schwergrubber liegt bei etwa 15 cm. Dabei werden noch die Queckenwurzeln herausgezogen und die organischen Rückstände gut in den Krumbereich eingemischt.

In Abhängigkeit der Arbeitstiefe kann gleichwohl die Scharform empfohlen werden (Abb. 4).

Breitschare mit dem höchsten Leistungsbedarf finden ihre Berechtigung bei flachgründiger Arbeit, um den Boden lückenlos und vollständig zu erfassen. Im Leistungsbedarf liegt das 13 cm breite Doppelherzschar in der Mitte zwischen Breit- und Schmalschar. Als Universalschar für die Stoppel- wie auch Grundbodenbearbeitung hat sich das Doppelherzschar mit seinem durchreißenden und sprengenden Effekt bewährt. Für ausschließliche Tiefenbearbeitung sind Schmal- bzw. Meißelschare vorzuziehen.

Der günstigste Einsatzzeitpunkt für Schwergrubber im Stoppel- und Stroh-einsatz liegt bei gut krümelnden Bodenverhältnissen, wie sie in der Regel kurz nach der Ernte vorliegen. Den besten Zerkleinerungseffekt haben Grubber bei einer Vor-

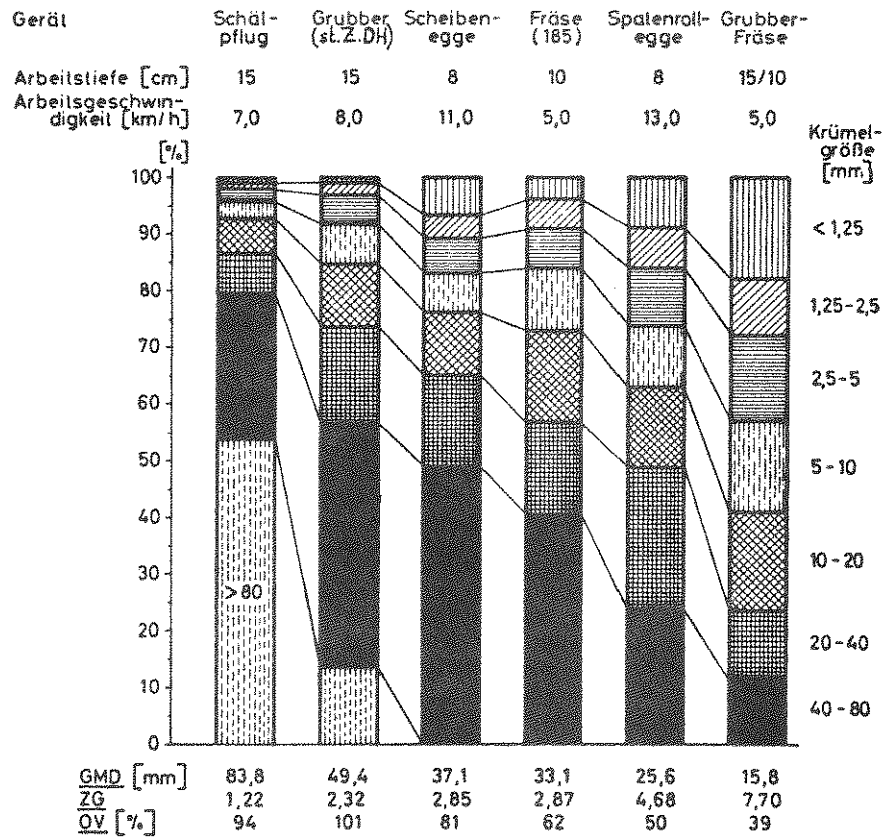


Abb. 5. Schollenanalyse und Oberflächenausformung bei verschiedenen Stroheinarbeitungsgeräten. (Sandiger Lehm; 19 % H<sub>2</sub>O; 50 dt gehäckseltes Stroh/ha; 1. Arbeitsgang)

fahrtsgeschwindigkeit von 7, besser 8 bis 10 km/h. Aber auch dann ist oftmals die Schollenbildung noch zu groß und speziell die Oberflächenausformung unbefriedigend.

Wenngleich ein zweiter Arbeitsgang, diagonal zum ersten, die Krümelung verbessert, ist es für den Fahrer hierbei nicht selten unzumutbar, mit optimaler Geschwindigkeit zu arbeiten. Zum anderen werden beim zweiten Arbeitsgang oftmals ein Teil der organischen Substanz wieder herausgearbeitet.

Besser ist es deshalb, den Grubber mit einem geeigneten Nachläufer zu versehen. Einfache Lösungen sind dabei das Anhängen einer schweren Eisenschiene oder von umgedrehten Eggen. Beides gemeinsam hat den Vorteil, daß durch die Schiene die Furchendämme eingeebnet werden und die Egge für eine Zerkleinerung sorgt. Eine zustreichende Wirkung haben aber auch die von den Firmen angebotenen Schleppen, wobei hierbei die gefederten den starren vorzuziehen sind. Ein besseres Arbeitsergebnis weisen allerdings einteilige Krümelwalzen mit großem Durchmesser (etwa 35 cm) auf. Um Außendämme zu vermeiden, ist darauf zu achten, daß die Walze um den halben Strichabstand über die äußeren Zinken hinausragt. Bei mehrteiligen Krümelwalzen treten häufig Wicklungen zwischen den Teilstücken auf. Bewährt hat sich auch, die Grubber leicht auf die Krümelwalze abzustützen. Dann allerdings sind Wälzlager an Stelle der häufig eingebauten Holzlager vorzuziehen. Letztere lassen sich auf Dauer unbeschadet mit Druck nicht fahren. Vorteilhaft ist es, wenn vor der Krümelwalze zusätzlich eine Schleppe angebracht wird. Lediglich bei extrem schweren und trockenen Böden sind eine Spatenroll- oder Scheibenegge als Grubbernachläufergerät der zuletzt beschriebenen Kombination überlegen.

Eindeutig am besten schnitt bei diesen Versuchen die Grubber-Fräs-Kombination ab.

Neben einem günstigen Einmischeffekt kommt dies vor allem bei der Schollenanalyse und der Oberflächenausformung zum Ausdruck (Abb. 5).

Wie die Ergebnisse zeigen, weist bei günstigen Einsatzbedingungen der Geräte der Schälflug die geringste Zerkleinerungswirkung auf (GMD = 83,8 mm). Rangmäßig besser wird die Zerkleinerung bei Grubber, Scheibenegge, Fräse, Spatenrolle und Grubberfräse (GMD = 15,8 mm). Bei der Oberflächenvergrößerung kommt zum Ausdruck, daß der Schälflug mit 94 % und der Grubber mit 101 % Vergrößerung der Oberfläche ein relativ rauhes Feld hinterlassen. Zur besseren Einebnung sind deshalb ein zweiter Arbeitsgang mit entsprechenden Geräten bzw. eine Gerätekombination zu wählen.

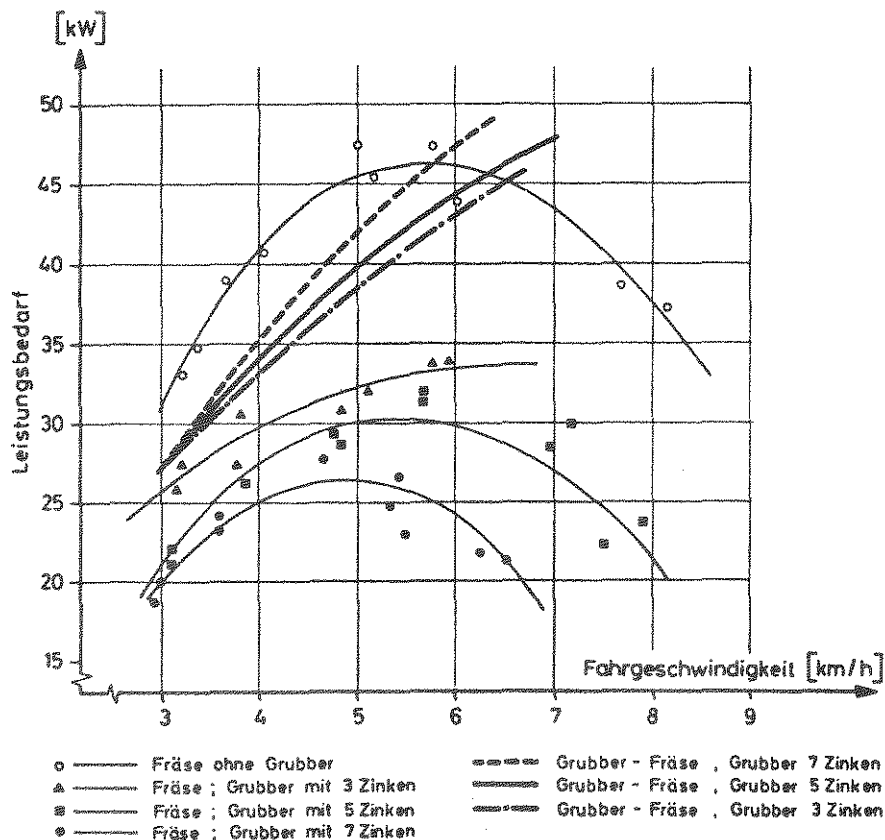


Abb. 6. Leistungsbedarf einer Grubber-Fräse. (2,6 m AB; Arbeitstiefe: Grubber 15 cm, Fräse 10 cm; sL 19 % H<sub>2</sub>O.)

Bezüglich der Krümelgröße wie auch der Oberflächenausformung liegen die Ergebnisse der Grubberfräskombination deutlich günstiger als bei Grubber oder Fräse allein.

Bei entsprechender Zinkenanzahl und der Wahl einer für die entsprechend ausgerüstete Grubberfräse optimalen Vorfahrtsgeschwindigkeit liegt zudem der Leistungsbedarf dieser Kombination bei gleichen Einsatzbedingungen nicht höher als bei der Fräse allein. Dabei wurden jeweils Arbeitstiefen von 15 cm für die Grubberzinken und 10 cm für die Fräse eingehalten (Abb. 6). Bei einer Vorfahrtsgeschwindigkeit von 6 km/h benötigt die 2,6 m breite Fräse allein etwa 47 kW. Erfolgt eine Vorlockerung mit drei Zinken benötigt die Fräse etwa 33 kW, bei fünf Zinken etwa 30 kW und bei sieben Zinken mit 24 kW nur noch rund die Hälfte des ursprünglichen Leistungsbedarfes.

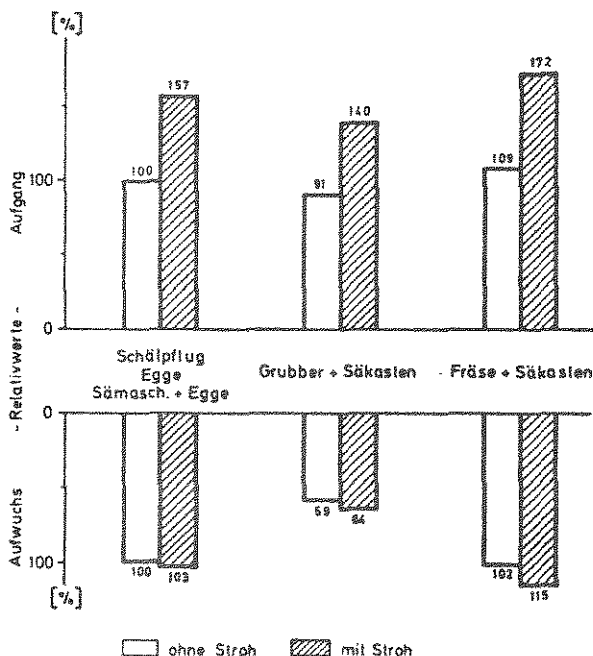


Abb. 7. Aufgang und Aufwuchs einer Gründung bei verschiedenen Bestellverfahren. (Sommereraps; 12,5 kg/ha; Dornhaselbach, Herbst 1976.)





Der Gesamtleistungsbedarf der Grubberfräse liegt bei sieben Zinken und 6 km/h in etwa gleich wie bei der Fräse. Bis zu einer Reduzierung auf drei Zinken ist sogar ein etwas geringerer Leistungsbedarf festzustellen, die Verbesserung der Krümelwirkung nimmt jedoch deutlich ab. Mit mehr als sieben Zinken bestückt steigt der Kraftbedarf der Grubberfräse allerdings über den der Fräse an.

Somit zeigten diese Versuche, daß bei gleichbleibendem Leistungsbedarf und gleicher Vorfahrtsgeschwindigkeit von 6 km/h der Arbeitseffekt der Fräse durch die Vorlockerung von sieben Grubberzinken deutlich verbessert werden konnte. Bei höherer Zinkenanzahl ist der Kraftbedarf entsprechend höher, das bearbeitete Bodenvolumen jedoch auch größer.

Die Erkenntnis der verbesserten Einflußwirkung einer Vorlockerung vor der Fräse war der Anlaß, vor eine konventionelle Fräse mit 2,6 m Arbeitsbreite Vorlockerungszinken auf nur einem Rahmenträger anzubringen. Bezüglich des Durchganges ist mit diesem Gerät eine störungsfreie Stoppelbearbeitung bis zu fünf Zinken und ein störungsfreies Stroheinarbeiten bis zu vier Zinken möglich. Insgesamt läßt sich jedoch auch damit der Arbeitseffekt verbessern. Eine weitere Bestätigung dieser Versuche brachte auch der Einsatz der Kreiselege in Verbindung mit Vorlockerungswerkzeugen.

Bei der Stoppelbearbeitung mit gleichzeitiger Ausbringung einer Gründüngung konnten ebenfalls einige interessante Ergebnisse gewonnen werden (Abb. 7).

Zum Einsatz kam eine konventionelle Gerätereihe mit drei Arbeitsgängen (Schälflug, Egge und Sämaschine + Egge), eine Grubbersäkombination und eine Fräskombination mit jeweils nur einem Arbeitsgang. Die Relativwerte des Aufganges und

-  = sehr gut geeignet
  -  = gut geeignet
  -  = bedingt geeignet
  -  = ungeeignet
- a) = Strohzerkleinerung mit Häcksler am Mährescher  
b) = Stroh- und Stoppelzerkleinerung durch Strohschläger

Gerätetyp	Lehmboden		Sandboden		Moorboden		Misch- qualität	Flächen- leistung bei 74 kW ha / Std.
	a	b	a	b	a	b		
Schälflug								1,4
Kreiselflug (3-scherig)								0,7
Scheibenegge (2 Arbeitsgänge)								1,3
Spatenrollegge (2 Arbeitsgänge)								1,4
Tiefgrubber (2 Arbeitsgänge)								0,9
Fräse								1,4
Tiefgrubber • Fräse								1,4

Abb. 8. Geräte zum Einarbeiten von Stroh in den Boden

des Aufwuchses von Sommerraps mit gleicher Aussaatmenge von 12,5 kg/ha sind prozentual im Vergleich zum konventionellen Verfahren ohne Stroheinarbeitung dargestellt. Die Ergebnisse des Gründüngungsversuches mit gleichzeitiger Stroheinarbeitung gehen aus den gestrichelten Säulen hervor. Während der Aufgang auf den Parzellen ohne Stroh bei der Fräskombination um 9 % höher war, lag er im Vergleich zur konventionellen Saat bei der Grubberkombination um 9 % geringer. Annähernd konform dazu lagen die Ergebnisse zwischen den Strohpzellen. 15 % mehr Aufgang bei der Fräskombination, 17 % weniger Aufgang bei der Grubberkombination.

Insgesamt war der Aufgang und auch der Aufwuchs bei allen Strohpzellen höher; hier sei aber erwähnt, daß der Versuch während des relativ niederschlagsreichen Herbstes 1976 im Raum Freising auf sandigem Lehmboden stattfand. Bei der Ertragsmessung des Aufwuchses ist festzustellen, daß wiederum die Fräskombination an der Spitze lag, gefolgt vom Pflug und Grubber.



In Abb. 8 ist die durchschnittliche Flächenleistung der einzelnen Geräte mit einem 74-kW-Schlepper (100 PS) gezeigt. Außerdem wurde versucht, die Ergebnisse der Einmischungsauswertungen zu beurteilen. Die Einsetzeignung der Geräte für die verschiedenen Böden ist aus den übrigen Spalten zu entnehmen, wobei die Eignung für ohne (a) und mit (b) stoppelzerkleinerte Flächen unterteilt ist.

Die stündliche Flächenleistung beim Pflug ist mit 1,4 ha hoch; bemerkenswert ist jedoch, daß auch für die Einarbeitung besser geeignete Geräte dem nicht nachstehen, wie die Spatenrollegge, die Fräse und die Grubberfräs-Kombination mit ebenfalls 1,4 ha/h Leistung. Die Scheibenegge mit 1,3 ha/h Leistung liegt nur geringfügig niedriger. Bei der Scheibenegge, der Spatenrollegge und dem Schwergrubber sind hier zwei Arbeitsgänge unterstellt. Unter günstigen Einsatzbedingungen liegt die Flächenleistung bei nur einmaliger Grubberbearbeitung mit 1,8 ha/h am höchsten.

### Zusammenfassung

Oberschüssiges Stroh kann im Sinne von Bodenverbesserungsmaßnahmen vielen Böden nach der Ernte als organische Düngung wieder zugeführt werden. Um ackerbauliche Nachteile bei der Stroheinarbeitung zu vermeiden, ist es wichtig, daß neben einer evtl. notwendigen Stickstoffausgleichsdüngung das auf 5 bis 10 cm gehäckselte und gut verteilte Stroh sofort nach der Ernte innig mit der tätigen Krumenschicht vermischt wird. Um die Einmischung zu erfassen wurde eine neue Methode mit Stechzylinder und Auswaschung entwickelt.

Der Pflug als Einarbeitungsgerät befriedigt wegen seiner schichtweisen Strohablage nicht. Entsprechend schwere bzw. belastbare Scheiben- und Spatenrolleggen haben eine gute Mischwirkung und einen geringen Verschleiß. Andererseits ist die Eindringtiefe oftmals zu gering. Die Fräse kommt auf allen Standorten mit nur einem Arbeitsgang zurecht. Als schlagkräftiges Verfahren zur Stroheinarbeitung mit gleichzeitiger Wurzelunkrautbekämpfung und gutem Stroheinmischungseffekt haben sich Grubber mit starken Zinken in Kombination mit Schleppe und Krümelwalze erwiesen. Zapfwellenangetriebene Grubbernachläufer sind bei schwierigeren Bodenverhältnissen angebracht. Bemerkenswert ist, daß bei entsprechender Kombination von Vorlockerungswerkzeugen und Fräse das Kombinationsgerät nicht mehr Kraft braucht wie eine entsprechend gleich gefahrene Fräse allein. Zudem läßt sich bei dem Kombinationsgerät der Arbeitseffekt vor allem hinsichtlich Krümelung und Oberflächenausformung wesentlich verbessern.

Die Ergebnisse der vielfältigen anderen Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Stroheinarbeitungsgeräte bei diesen Versuchen stehen noch aus.

### Summary

#### Digging in straw

After the harvest, many soils can be improved by using straw as an organic manure. In order to avoid the drawbacks associated with digging in straw, it is important that, in addition to possible nitrogen compensatory manuring, the straw, chopped to lengths of 5 to 10 cm and well spread out, should be thoroughly mixed with the active topsoil layer directly after the harvest. A new method of mixing in the straw has been developed involving the use of a prodding cylinder and leaching.

Working in the straw using a plough is unsatisfactory because it deposits the straw in layers. Disc and rotary spade harrows of sufficient weight and ruggedness have a good mixing action and suffer little wear. On the other hand, the depth of penetration is frequently too shallow. The rotary cultivator can cope everywhere in only a single pass. Rigid-tine grubbers used in combination with a tractor and roller have proved to be very effective for digging in straw and simultaneously controlling root weeds. They provide a good mixing effect. The use of power-take-off implements attached to the grubber is recommended for heavy soils. It should be noted that, used in conjunction with an appropriate combination of previous loosening of the soil and a rotary cultivator, the combination implement uses no more power than does a rotary cultivator alone when driven under similar conditions. In addition to this, its effectiveness may be considerably improved, especially as far as crumbing and breaking up the soil are concerned.

No results are available as yet from these tests regarding other combinations of implements used for digging in the straw.

### Résumé

#### Enfouissement de la paille

La paille en excédent peut, au sens des mesures d'amélioration du sol, être enfouie après la récolte sous forme d'engrais organique dans de nombreux sols. Afin d'éviter des inconvénients résultant de l'enfouissement de la paille, il est important de mélanger intimement à la couche arable active, immédiatement après la récolte, la paille hachée en morceaux de 5 à 10 cm et régulièrement répartie à laquelle il sera éventuellement nécessaire d'ajouter un engrais azoté compensateur. Pour réaliser le mélange, une nouvelle méthode avec rouleau perceur et affouillement a été mis au point.

La charrue en tant que matériel d'enfouissement ne donne pas satisfaction étant donné qu'elle dépose la paille par couches. Par contre, des herbes à disques et des herbes rotatives à bêches, lourdes et puissantes, donnent un bon mélange et sont résistantes, mais souvent elles ne pénètrent pas assez profondément dans le sol. La fraise peut être employée sur tous les emplacements des exploitations avec une phase unique de travail. Les cultivateurs dotés de pointes rigides, en combinaison avec un rouleau à tracteur et un rouleau émotteur, se sont révélés être un procédé efficace pour l'enfouissement de la paille et pour lutter en même temps contre les racines des mauvaises herbes. Dans des sols difficiles, il est opportun d'employer des cultivateurs tractés et commandés par une prise de force. Il est intéressant de constater que, dans le cas d'une combinaison adéquate d'ustensiles d'ameublissement préalable du sol et de la fraise, l'appareil combiné n'utilise pas plus de force qu'une fraise travaillant seule. En outre, en utilisant l'appareil combiné, l'efficacité du travail, avant tout en ce qui concerne la formation des grumeaux et la formation de la surface du sol, peut s'améliorer sensiblement.

Les résultats des autres nombreuses possibilités de combinaisons des divers matériels d'enfouissement de la paille, obtenus lors de ces essais, ne sont pas encore connus.

### Literatur

1. Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, verschiedene Jahrgänge: Herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Hamburg und Berlin: Paul Parey.
2. BACHTHALER, G.; WAGNER, A., 1973: Ergebnisse langjähriger Vergleichsversuche. Stroh-Gründüngung und Strohverbrennung unter verschiedenen Standortbedingungen. Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, Jg. 50, H. 4, S. 436-461.
3. BOGUSLAWSKI, E.; DEBRUCK, J., 1977: Strohdüngung und Bodenfruchtbarkeit. Arbeiten der DLG, Bd. 155, Frankfurt/M.: DLG-Verlag.
4. DEBRUCK, J., 1977: Forderungen des Pflanzenbaues an die Einarbeitungsgeräte für Stroh. Landtechnik, H. 6, S. 235-238.
5. —, 1977: Stroh richtig einarbeiten: Kurz häckseln und gleichmäßig verteilen. Lohnunternehmen, H. 6, S. 282-286.
6. DOHNE, E., 1977: Strohverbrennung auf dem Felde. In: Möglichkeiten der Strohverwertung. S. 59-67, KTBL-Schrift 220.
7. FEUERLEIN, W., 1964: Stroheinbringung nach dem Mähdrusch. Landtechnik H. 13, S. 506-510.
8. KÖHNLEIN, J.; VETTER, H., 1963: Ergebnisse zehnjähriger Feldversuche mit Stroh- und Stallmistdüngung auf Parabraunerde und Heidepodsol. Z. Acker- u. Pflanzenb., 117, H. 4, S. 379-394.
9. KOLBE, D. G., 1969: Strohverwertung als Strohdüng. Feldwirtschaft Jg. 10, H. 6, S. 274-275.
10. KÖLLER, KH., 1977: Technik zum Zerkleinern, Verteilen und Einarbeiten von Stroh. Landtechnik, H. 6, S. 240-246.
11. KROMER, K. H.; PERWANGER, A.; MITTERLEITNER, H., 1975: Konzeptionen der Schwergrubber. Landtechnik, H. 9, S. 374-377.
12. PERWANGER, A.; MITTERLEITNER, H., 1977: So können Sie das Stroh auf dem Feld zerkleinern und einarbeiten. Landw. Wochenblatt Westf.-Lippe Jg. 134, H. 31, S. 22-24.
13. —, 1978: Möglichkeiten der Strohverwertung. Forschungsbericht des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, im Druck.
14. RUHM, E., 1974: Verfahren und Geräte zur Stroheinarbeitung. Landtechnik, H. 6, S. 246-249.
15. SAUERLAND, W.; GIERKE, K., 1961: Der Einfluß jährlicher Strohgaben auf die Erträge und einige Bodeneigenschaften. Z. Pflanzenernährung, Düng., Bodenk., Bd. 94, S. 104-115.

## Bodenbearbeitung und Anbautechnik im Gemüsebau

Von Dr. K.-H. Kromer, Freising-Weihenstephan<sup>1</sup>

Die feldmäßige Bodenbearbeitung und Anbautechnik hat in der gartenbaulichen Produktion nur für den Gemüsebau größere Bedeutung. Infolge der unterschiedlichen Ansprüche an die Gerätetechnik ist zu unterscheiden in Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung, Direktsaat und Pflanzung.

Bei der *Grundbodenbearbeitung* unterscheiden sich die Anforderungen für den Feldanbau und den Anbau unter Glas. Der Gemüsefeldanbau ist dem Hackfruchtanbau vergleichbar, sofern kulturspezifische Ansprüche berücksichtigt werden. Dies bedeutet in der Regel eine Herbstfurche, terminabhängig von Bodenart und -zustand. Demgegenüber werden beim stark spezialisierten Gartenbau unter Glas zusätzlich Verfahren der Bodenentseuchung zur Schädlings- (und Unkraut-)bekämpfung erforderlich (chemische Bodenentseuchung oder Hitzebehandlung durch Dampf). Dampfflug, Dampffegge oder das Dämpfen unter Folie gehören dann zur Grundbodenbearbeitung. Infolge des betriebswirtschaftlich geforderten schnellen Kulturwechsels und nicht existenter Frostgare sind ein erhöhter gerätetechnischer Aufwand und Humuszufuhr erforderlich, um einen garen Boden sicherzustellen. Zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte mit einstellbarem Bearbeitungshorizont und spurüberdeckender Arbeitsbreite ermöglichen die Kombination von Grundbodenbearbeitung und Saatbettbereitung.

Ziel der *Saatbettbereitung* ist die Schaffung optimaler Keimbedingungen und Wachstumsvoraussetzungen des Keimlings unter Berücksichtigung der Kulturansprüche: Temperaturspanne, Wasserführung und Luftvolumen. Abhängig von Bodenart und klimatischen Voraussetzungen nimmt mit der Tiefe zwar die Feuchtigkeit zu, die Lüftung wird jedoch verschlechtert. Deshalb kommt es bei der Direktsaat auf eine exakte Tiefenablage an. Aufgabe der Saatbettbereitung ist die Schaffung einer möglichst feinkrümeligen, lockeren Bodenstruktur bis zur kulturspezifischen Ablagetiefe auf einem verdichteten Bodenhorizont zur Verbesserung der Wasserführung. Die Randbedingungen der Direktsaat — Saattiefe, Saatgutgröße (über Angabe des TKG) und Keimtemperaturspanne — sind in der Tabelle für ausgewählte Gemüsearten zusammengefaßt. Für die Gerätetechnik ist somit eine gezielte Bearbeitungsintensität mit exakter Tiefeneinstellung *bis 5 cm* erforderlich. Die Auswahl von Saatbettkombination und zapfwellengetriebenen Bodenbearbeitungsgeräten hat außerdem die Bodenart und -feuchte zu berücksichtigen. In beiden Fällen werden in der Regel packende Wälzegen verwendet, bei leicht verschlämmenden Böden ist ein gröberes Saatbett und dann eventuell Reihenpacker und Bandwälzegen vor dem Sägerät anzuwenden. Abb. 1 gibt Hinweise auf den Gesamtarbeitszeitbedarf ausgewählter Gerätetechniken zur Saatbettbereitung.

Bei der Aussaat in Substrat (z. B. Erdtöpfe) können optimale Keim- und Wachstumsbedingungen geschaffen werden. Das Pflanzbett stellt geringere Ansprüche an die *10 bis 15 cm* tiefe Bodenbearbeitung, jedoch in Abhängigkeit davon, ob es sich um ballenloses oder getopftes Pflanzgut handelt. Die Pflanzung von Erdtöpfen vermeidet gegenüber der Pflanzung von ballenloser Ware den Verpflanzschock, da die Primärwurzeln erhalten bleiben.

### Saat oder Pflanzung

Die Entscheidung über Saat oder Pflanzung muß pflanzenbauliche und betriebswirtschaftliche Gesichtspunkte berücksichtigen. Für die Direktsaat von Gemüse spricht die Senkung des Arbeitszeitbedarfes und der Aussaatkosten durch Anwendung von Säverfahren hoher Flächenleistung und damit Verminderung von Arbeitsspitzen über dem Jahresablauf. Voraussetzung hierfür sind jedoch das Erzielen eines gleichmäßigen Bestandes nach Reife und Größe und damit großer Posten hoher und einheitlicher Qualität. Dazu ist ein Gleichstand der Pflanzen in der Reihe und eine möglichst gleiche und kulturgerechte Ablagetiefe des Saatgutes erforderlich. Hinzu kommen möglichst geringer Kapitalbedarf für die Geräte und sparsamer Saatgutverbrauch. Demgegenüber spricht für die Pflanzung die *Verfrühung*, insbesondere bei langer Vegetationsperiode, Anbau mehrerer Kulturen pro Saison sowie bei *vereinzeltlosem Anbau* mit Verkürzung des kritischen Anbauzeitraumes und guter *Unkrautkontrolle*. Die Grenzen der chemischen Unkrautbekämpfung bei Direktsaat sind aus Tabelle 1 ersichtlich.

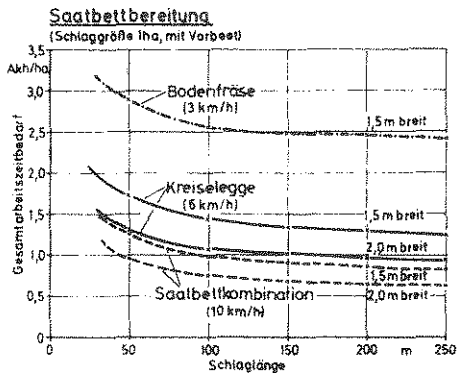


Abb. 1. Gesamtarbeitszeit der Saatbettbereitung in Abhängigkeit von Gerätetechnik, Schlaglänge, Arbeitsbreite und Arbeitsgeschwindigkeit

### Säverfahren

Bei der Direktsaat von Gemüse kommen drei Säverfahren zur Anwendung:

- Drillsaat,
- Dünnsaat,
- Einzelkornsaat
  - a. Gleichstandsaat
  - b. unterbrochene Gleichstandsaat (Blocksaat).

Die zuvor gestellten Forderungen können nur bei hoher Anbaugenauigkeit hinsichtlich Ablage und Ausgang, vereinzlungslosem Anbau und hoher Flächenleistung erzielt werden. Erschwerend wirken sich auf die einwandfreie Funktion der Sägeräte und damit die Ablagegenauigkeit die unterschiedlichen Saatgutgrößen (Tab. 1), die vielfältigen unregelmäßigen Formen und sehr geringen Aussaatmengen aus. Daher sind Drillmaschinen und Einzelkornsägeräte für die Getreide-, Rüben- oder Maissaat, wie sie in der Landwirtschaft eingesetzt werden, nur bedingt verwendbar. Für die Drillsaat wird bei Drillmaschinen in der Regel zur Füllung des Saatkastens ein Einsatzkasten über dem Saatgutauslauf notwendig. Eine Dünnsaat wird durch Beimischen von Sand, Torf, Schlacke oder abgetötetem alten Samen erreicht. Einzelkornsägeräte aus dem landwirtschaftlichen Bereich sind entweder für Rüben oder für Mais konstruiert und lassen sich für die Aussaat nur weniger Gemüsearten (Kohl, Fruchtgemüse) verwenden, wenn das Saatgut pilliert oder passende Einzelungselemente für kalibriertes Saatgut zur Verfügung stehen.

Tabelle

Säverfahren, Saatgutkennwerte, Keimtemperatur und chemische Unkrautbekämpfung in Abhängigkeit von der Gemüseart

Gemüseart	Normalsaatgut		Pilliertes Saatgut		Saattiefe (cm)	Keimtemperatur (°C)	Chem. Unkrautbekämpfung sehr gut möglich
	TKG (g)	β-Aussaatmenge (kg/ha)	TKG (g)	β-Aussaatmenge (kg/ha)			
<b>Blattgemüse</b>							
Kopfkohl	⊗ * 2,5-4	0,5	○ 10-15	1,5	2	16-20	VA
Blumenkohl	⊗ * 3-5	0,4	○ 10-15	2,6	2	15	VA
Kohlrabi	○ * 3,5-4,5	0,4-1,2	○ 10-15	3,6	2	15-20	VA
Rosenkohl	○ * 3-4	2,0	-	-	2	15-20	VA
Grünkohl	⊗ * 2,5	0,4-2,5	○ 13	2,2	2	15-20	VA
Chinakohl	⊗ * 3,5	0,9-2	○ 13	3,3	2	15-20	VA
Spinat	⊗ 8-12	10 (60-100)	-	-	3-4	10-15	VA
Kopfsalat	○ 0,8-1,2	0,5-2	○ 10-11	5	1,5-3	12-15	VS+VA
<b>Fruchtgemüse</b>							
Buschbohne	⊗ 280-300	70-120	-	-	3	10	VA
Grünerbise	⊗ 130-300	280-300	-	-	3-5	20	VA+NA
Einlegegurke	⊗ 20-27	6,0	-	-	2-3	10-12	-
Tomate	⊗ 3	0,3	-	-	Pflanzg.	22	-
<b>Zwiebelgemüse</b>							
Zwiebel	⊗ 3-4	8,0-15,0	○ 10-14	24	3	15-20	VA+NA
Porree	○ 2,5-3	0,8-4,0	○ 8-14	5,2	3	15-20	-
<b>Wurzelgemüse</b>							
Röhre	⊗ 0,8-12	2,0 (3-4)	○ 10-11	14-27	2	20-30	VA+NA
Knollensellerie	○ 0,2-0,5	0,05	-	-	Pflanzg.	18-20	NA
Rote Rüben	⊗ 14-20	18	-	-	2-3	20	VA+NA
Radies/Rettich	⊗ * 7-10	1,3-1,8	○ 19-20	2,4-3,8	2-3	20-30	VA

⊗ überwiegend angewendet  
○ teilweise angewendet  
\* allgemein kalibriert

VA = Voraufherbizid  
NA = Nachlaufherbizid  
VS = Vorsaatherbizid

Der Gemüsebau stellt ständig höhere Ansprüche an den Bestand und benötigt daher überwiegend Einzelkornsäegeräte. An diese werden besondere Anforderungen gestellt, wie sie in Abb. 2 zusammengefaßt sind. Darin sind bereits die folgenden *Einflußfaktoren auf Ablagegenauigkeit* enthalten:

- Saatgut und Aussaatstärke,
- Fahrgeschwindigkeit,
- Sägereitechnik (Einzelungselemente, Umlaufgeschwindigkeit, Fallhöhe, Tiefeneinstellung, Druckrollen und Zustreicher).

Mindestens gleichrangig neben der Bodenbearbeitung steht somit das geeignete Saatgut. Folgende Saatgutarten stehen zur Verfügung:

- *Normalsaatgut* von ausgesuchten Pflanzenbeständen, Keimfähigkeit und Triebkraft müssen Mindestanforderungen genügen (Keimfähigkeit 65—70 v. H.). Außer einer Reinigung keine weitere Auslese.
- *Kalibriertes Saatgut* durch Absieben (Größenauslese aus Normalsaatgut, besteht aus einer mittleren Siebfraktion).
- *Graduiertes Saatgut* durch Absieben und zusätzliche Windsichtung (Größen- und Gewichtsauslese) aus Normalsaatgut.
- *Pilliertes Saatgut* für gleichmäßig runde Form umhülltes (pilliertes) kalibriertes oder graduiertes Saatgut. Hüllmasse aus anorganischem Material z. B. Kaolin, Dentolit für Aussaat unter Glas in Erdtöpfe, Container etc. und aus organischem Material, z. B. Torf, Holzmehl, gemahlenem Lehm für Aussaat unter Glas in das Grundbeet und alle Freilandaussaaten.

Die *Einzelkornsaat* bei Gemüse setzt Saatgut hoher Keimfähigkeit und hoher Triebkraft und annähernd gleicher Größe voraus, so daß Normalsaatgut nicht verwendet werden sollte. Pilliertes Saatgut kann Schwierigkeiten hinsichtlich Feldaufgang bereiten: die Hülle behindert bei geringer Bodenfeuchte die Keimung. Bevorzugt ist kalibriertes oder graduiertes Saatgut zu verwenden, sofern Größe und Form des Saatgutes und Bauart des Sägerätes nicht pilliertes Saatgut erfordern. Bei der Kalibrierung werden etwa 15 % des Saatgutes ausgelesen, entsprechend erhöht sich unter Berücksichtigung der Kosten des Verfahrens der Preis des Saatgutes um 50 %. Eine Pillierung erhöht die Aussaatmenge auf das bis zu 25fache und die Saatgutkosten auf das vier- bis achtfache.

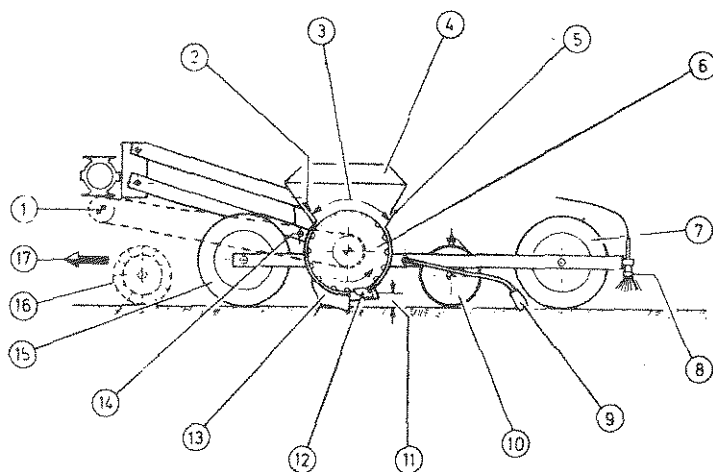


Abb. 2. Anforderungen an Einzelkornsäegeräte für Gemüse

- |  |   |
|--|---|
| 1 = Zentralantrieb, stufenweise verstellbar (Bodenantrieb oder Wegzapfwelle)   | 9 = verstellbarer Zustreicher (evtl. auch vor der Druckrolle)   |
| 2 = exakter Abstreifer (Rolle für pilliertes Saatgut wenig geeignet)   | 10 = Druckrolle vor Zustreicher (für Bodenschluß des Saatgutes)                                       |
| 3 = lange Füllstrecke  | 11 = geringe Fallhöhe   |
| 4 = Saatgutbehälter (schmal über langer Füllstrecke)   | 12 = exakte Auswerfer zur Vermeidung von Saatgut-Beschädigungen                                       |
| 5 = einfache Entleerung  | 13 = flaches Säschar  |
| 6 = funktionssicheres Einzelungselement (großes Zellenrad, Lochband, Löffelrad, Saugluft an Lochscheibe), leicht auswechselbar, Lochdurchmesser 1,6 bis 6 mm | 14 = Tiefeneinstellung (sichere Abstützung des Gerätes über Kufe, Druckrolle, Schar- oder Stützräder) |
| 7 = ggf. Nachlauftrad für exakte Tiefenablage (Tandemanhängung)  | 15 = ggf. Vorlauftrad für exakte Tiefenablage (Tandemaufhänger)                                       |
| 8 = Einrichtungen für Bandspritzung, Reihendüngung oder Granulatstreuung   | 16 = ggf. Reihenpacker oder Vorlaufkrümmer  |
|  | 17 = Fahrgeschwindigkeit bis 7 km/h   |

Die *Ablagegenauigkeit* wird durch die Abweichung von der Solltiefe und dem Sollabstand angegeben. Als zulässige Abweichung von der *Solltiefe* gelten  $\pm 0,5$  cm, und es werden diese von modernen Gemüsesäegeräten mit 84 bis 88 % eingehalten. Die zulässige Abweichung vom *Sollabstand* wird durch den Anteil der Pflanzen in einem definierten Sollbereich angegeben. Die gewünschte Aussaatstärke (Sollabstand der Pflanzen) berücksichtigt den optimalen Standraum, Saatgutkosten, Ertrag, Ernte-technik und Verwertung. Die gewählte Aussaatstärke (Ablage-Sollabstand) schließt Bodenzustand, Keimfähigkeit des Saatgutes und Qualität der Säetechnik ein. Infolge der nicht genormten und geringen Keimfähigkeit bei Gemüsesaatgut wird derzeit bei vereinzeltlosem Anbau die dreifache und bei Vereinzeltung die fünffache Aussaatstärke gewählt. Infolge der damit vorerst nur üblichen Gleichstandsamt wird der Sollbereich durch den 0,5fachen bis zweifachen Sollabstand begrenzt. Die Annahme einer Vereinzeltung ist jedoch für bestimmte Gemüsearten bereits falsch, zumal der zweifache Sollabstand bereits ein Fehlstelle darstellt. Demgegenüber erfolgt bei Zuckerrüben die Beurteilung der Ablagegenauigkeit über den 0,5- bis 1,5fachen Sollabstand bei gleichzeitiger Angabe der Standgenauigkeit. Daher sollte zukünftig bei der Prüfung von Einzelkornsäegeräten für die Gemüseaussaat die Ablagegenauigkeit als Anteil im Bereich des 0,5- bis 1,5fachen Sollabstandes und die Standgenauigkeit in einem Bereich von  $\pm 2,5$  cm (Sollabstand unter 10 cm) bzw.  $\pm 3,5$  cm (Sollabstand über 10 cm) angegeben werden. Die derzeit möglichen Ablagegenauigkeiten sind im wesentlichen von der Gerätetechnik und der Fahrgeschwindigkeit abhängig. In der landwirtschaftlichen Produktion wird z. B. bei Zuckerrüben für die Aussaat auf Endabstand von unpillertem Monogerm Saatgut ein Anteil von über 90 % und bei geringeren Ansprüchen an die Standgenauigkeit wie z. B. bei Mais 60 bis 85 % der Pflanzen im Sollbereich erreicht. Mit Gemüse-Einzelkornsäegeräten werden derzeit in Abhängigkeit von der Gemüseart nur etwa 43 bis 69 % erreicht (Abb. 3 und 4). Danach ist die Ablagegenauigkeit bei Blattgemüse und mechanischer Einzelung unabhängig von der Geschwindigkeit, bei pneumatischer Einzelung jedoch infolge des dreifachen TKG geschwindigkeitsabhängig. Bei Frucht-, Zwiebel- und Wurzelgemüsen mit geringeren Anforderungen an die Standgenauigkeit genügt die Ablagegenauigkeit in der Regel, es werden knapp die Werte wie bei Maissäegeräten erreicht. Der für Buschbohnen erzielte Anteil gilt für mechanisches Gerät und ist für pneumatische Einzelung sicherlich höher. Der Anteil im Sollbereich des 0,5- bis zweifachen Sollabstandes liegt in der Regel um 14 bis 15 % über dem des Sollbereiches 0,5- bis 1,5fachen Sollabstand (Abb. 4). Unter Berücksichtigung der möglichen Aussaatgeschwindigkeit ergibt sich der in Abb. 5 dargestellte Gesamtarbeitszeitbedarf in Abhängigkeit von der Schlaglänge.

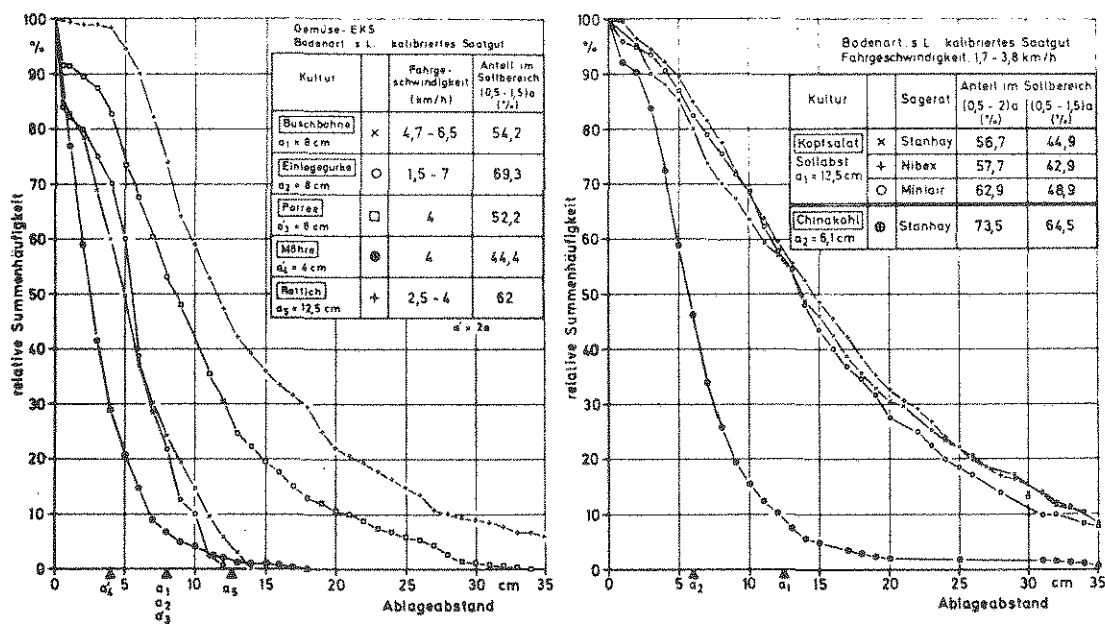


Abb. 3 (links). Ablagegenauigkeit für ausgewählte Frucht-Zwiebel- und Wurzelgemüse. —  
Abb. 4 (rechts). Ablagegenauigkeit für ausgewählte Blattgemüse in Abhängigkeit von der Gerätetechnik und dem gewählten Sollbereich

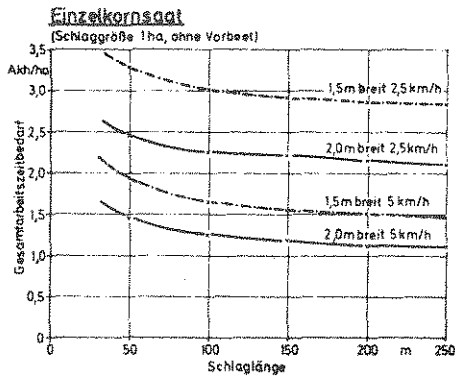


Abb. 5. Gesamtarbeitszeitbedarf für die Einzelkornsaat in Abhängigkeit von der Schlaglänge, Arbeitsbreite und Fahrgeschwindigkeit

### Pflanzverfahren

Die Pflanzverfahren werden durch die Pflanzung von ungetopften (ballenlosen) oder getopften Pflanzen bestimmt. Dementsprechend ist in Pflanzmaschinen und Erdtopfsetzmaschinen zu unterscheiden. Pflanzmaschinen sind in der Regel mit Zusatzeinrichtungen auch zur Ablage von Erdtöpfen geeignet. Infolge der pflanzenbaulichen Vorteile der getopften Ware werden diese, sofern betriebswirtschaftlich vertretbar, bevorzugt eingesetzt. Die Anforderungen an die Gerätetechnik sind in Abb. 6 zusammengefaßt. Der Gesamtarbeitszeitbedarf beträgt im Mittel 50 AKh/ha und die Arbeitsleistung 1000 bis 1400 Pfl/AKh.

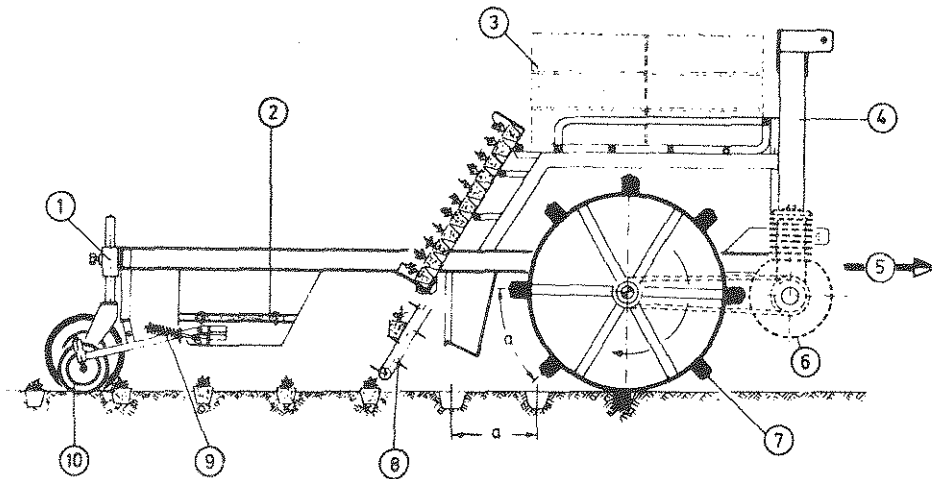


Abb. 6. Anforderungen an Erdtopfsetzmaschinen

- |   |   |
|---|---|
| <p>1 = Tiefeneinstellung, sichere Abstützung, ggf. Nutzung zum Andrücken der Pflanzen</p> <p>2 = ergonomisch günstiger Arbeitsplatz (ermüdungsfreie Arbeitsplatzgestaltung)</p> <p>3 = Vorratsplattform ausreichender Größe (abhängig von Pflanzabstand, Reihenzahl und Schlaglänge)</p> <p>4 = Dreipunktanbau für Ackerschlepper</p> <p>5 = Arbeitsgeschwindigkeit bis 1,0 km/h</p> <p>6 = ggf. Fahrtrieb (E- oder Verbrennungsmotor) für Einsatz unter Glas</p> <p>7 = Markierungswalze, Packen und ggf. für exakte Tiefenführung, Nocken</p> | <p>möglichst trapezförmig für Erdtöpfe von 4—10 cm Kantenlänge, Nockenabstand in der Reihe (a) Reihenabstand einstellbar</p> <p>8 = Pflanzen- bzw. Erdtopfablage von Hand aus Pflanzkiste oder Zuführband in markierte Löcher oder Ablageelement (Klemmscheibe, Klemmfeder oder Schnappgreifer)</p> <p>9 = einstellbare Belastung der Druckrolle</p> <p>10 = 2 Druckrollen (V-Anordnung) zum sicheren Andrücken von Erdtopf oder Pflanze (sicherer Bodenschluß)</p> |
|---|---|

### Kombinierte Anbauverfahren

Die eingangs erläuterten Forderungen der Verfrühung und einer hohen Anbaugenauigkeit ist bei Sägemüse auch durch transparenten Folienschutz zu erreichen. Voraussetzung für eine Gerätekombination ist die mechanisierte Flachfolie- und

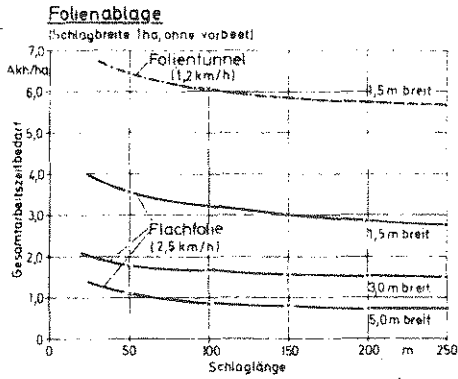


Abb. 7. Gesamtarbeitszeitbedarf für die Folienablage in Abhängigkeit von der Art des Folienschutzes, der Schlaglänge, der Arbeitsbreite und der Arbeitsgeschwindigkeit

Tunnelablage. Der Gesamtarbeitszeitbedarf (ohne Rüstzeit) beträgt etwa 1,5 bis 6,5 AKh/ha (Abb. 7), gegenüber einer Handablage von 10 m breiter Flachfolie von 11 bis 21 AKh/ha. Die Aufgabe der Senkung des Arbeitszeitbedarfes durch verringerten AK-Besatz und hoher Flächenleistung ist nur in Kenntnis der gerätetechnischen Voraussetzungen zu lösen. Bislang werden jedoch die Säegeräte für Gemüse mehr nach deren Variabilität als nach höchster Ablagegenauigkeit und *Fahrgeschwindigkeit* der Hauptkultur ausgewählt. Da eine Steigerung der Fahrgeschwindigkeit in der Regel

**Kombinierte Anbauverfahren von Sägemüse**

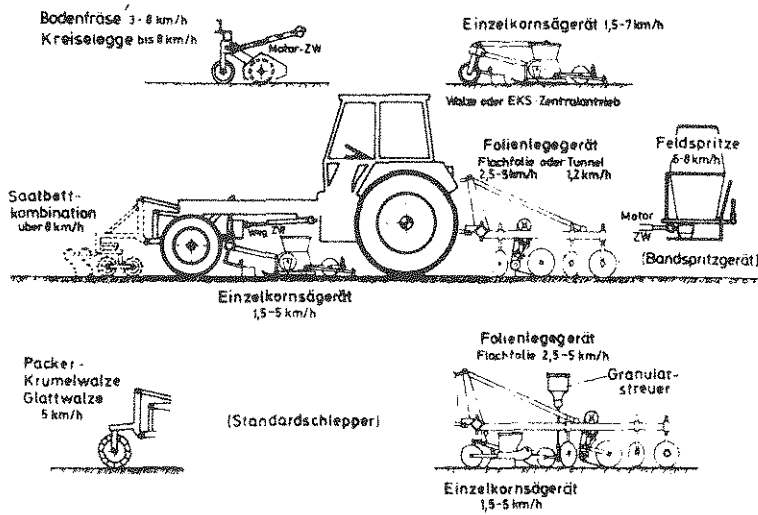


Abb. 8. Kombinierte Anbauverfahren von Sägemüse

Arbeitsbreite	Verfahren	①	②	③	④	Σ (ha/h)	GAZ (AKh/ha)
		Saatbettbereitung (ha/h)	Einzelkornsaat (ha/h)	Flächenspritzung (ha/h)	Folienablage (ha/h)		
1,5 m	Arbeitsgänge einzeln	0,41 <small>Fräse 3km/h</small>	0,35 <small>2,5 km/h</small>	3,79 <small>7,2m, 6km/h</small>	1,16 <small>Flach 3m</small>	0,15	6,41
	② + ④	2,36 <small>SBK 3m, 10km/h</small>	0,35	3,79		0,29	3,53
	②+③+④	1,18 <small>SBK 10km/h</small>		0,35		0,33	3,06
1,0 m	Arbeitsgänge einzeln	1,04 <small>Fr. 8 6km/h</small>	0,9 <small>5,0 km/h</small>	3,79 <small>6m, 6km/h</small>	1,16 <small>Flach 3m</small>	0,31	3,19
	① - ④			0,90		0,90	1,11

Abb. 9. Flächenleistung und Gesamtarbeitszeitbedarf von Gemüse-Bestellverfahren gemäß den Kombinationsmöglichkeiten in Abb. 8 (Schlaggröße 1 ha, Schlaglänge 200 m)



eine Verschlechterung der Ablagegenauigkeit bewirkt, wird die Flächenleistung zweckmäßigerweise über eine Vergrößerung der *Arbeitsbreite* erhöht. Als dritte Möglichkeit verbleibt die *Kombination* der verschiedenen Arbeitsgänge mit den besonderen Vorteilen der hohen Schlagkraft und geringen Bodenverdichtung. Dabei sind insbesondere die gerätespezifischen Arbeitsgeschwindigkeiten zu berücksichtigen, so daß sich die in Abb. 8 dargestellten kombinierten Anbauverfahren von Sägemüse ergeben. Für ausgewählte Geräteabmessungen, Einsatzkennwerte und Kombinationen sind in Abb. 9 deren Flächenleistungen und Gesamtarbeitszeitbedarf aufgetragen. Danach kann die Flächenleistung bereits durch die Kombination von Einzelkornsaat und Folienablage verdoppelt werden. Bestellkombinationen mit gleichzeitiger Bodenbearbeitung versechsfachen die Flächenleistung.

### Zusammenfassung

Die sehr unterschiedlichen und erschwerenden Voraussetzungen für den Anbau von Feldgemüse erfordern eine vielfältige und variable Gerätetechnik. Sä- und Pflanzverfahren werden auch zukünftig nebeneinander angewendet werden. Die Entwicklung von Bestellverfahren hoher Flächenleistung ist noch nicht abgeschlossen.

### Literatur

1. AUERNHAMMER, H., 1977: Zeitbedarfskalkulation für die Feldarbeit. Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan.
2. CARGILL, B. F.; ROSSMILLER, G. E., 1969: Fruit and Vegetable Harvesting Mechanisation. Rural Manpower Report No. 16. ASAE St. Joseph, Mich. 49085.
3. ESTLER, M., 1977: Neue verfahrenstechnische Erkenntnisse bei der Maisbestellung. Tätigkeitsbericht der Landtechnik, Weihenstephan, S. 4-17.
4. EISELE, G., 1976: Die Technik der Jungpflanzenanzucht im Zierpflanzenbau. KTBL-Schrift Nr. 207, Darmstadt, S. 74.
5. FRIZEN, H. W.; STIEGER, W.; BRINKMANN, W., 1974: Pneumatische Maissäegeräte in der Erprobung. Landtechnik 3, S. 110-115.
6. HEEGE, H. J.; 1974: Tiefenablage bei der Getreidebestellung. Landtechnik 3, S. 115-120.
7. HEGE, H.; FLEISCHHUT, K., 1962/63: Untersuchungen mit Einzelkornsäegeräten im Gartenbau. Jahresbericht der Staatl. Lehr- und Forschungsanst. für Gartenbau, Weihenstephan.
8. HEGE, H.; KATT, U., 1963/64: Versuche mit Einzelkornsäegeräten im Gartenbau. Jahresbericht der Staatl. Forschungsanst. für Gartenbau, Weihenstephan.
9. HEGE, H.; ROSS, 1972: Das Dämpfen von Böden und Erden. KTBL-Schrift Nr. 153, Darmstadt, S. 114.
10. KROMER, K.-H., 1972: Mechanisierung des Feldgemüsebaues in den USA. Grüne Schriftenreihe der Landtechnik, Weihenstephan, Nr. 14, S. 71.
11. KROMER, K.-H.; LABOWSKY, H.-J.; LECHNER, H., 1977: Einzelkornsaat von Kohlgemüse und Kopfsalat im Freiland. Gemüse 5, 13. Jg., S. 156-160.
12. KROMER, K.-H.; LECHNER, H., 1978: Mechanisches Ausbringen und Abräumen von Folie im Freiland. Gemüse 3, 14. Jg., S. 78-82.
13. KROMER, K.-H., 1978: Kombinierte Anbauverfahren für Sägemüse. Vortrag auf der Jahrestagung der DGG, Weihenstephan.
14. KROMER, K.-H.; HEGE, H., 1978: Einzelkornsäegeräte für Gemüse. KTBL-Arbeitsblatt (in Vorb.).
15. LABOWSKY, H.-J., 1977: Untersuchungen zur Anbau- und Erntetechnik von Einlegegurken. Diss. TU München.
16. —, 1978: Pflanzmaschinen für Gemüse. KTBL Arbeitsblatt (in Vorb.).
17. RANGEL, H., 1977: Einzelkornsaat im Gemüsebau. Fachinformation für Beratung und Berufsbildung der Landwirtschaft, Westfalen-Lippe 56/4/77 und 57/5/77.
18. Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau, 1978: Verlags Union Agrar. Münster: Hiltrup Verlag.

# Mechanisches Ausbringen und Abräumen von Folie im Freiland

von K.-H. Kromer und H. Lochner \*)

Die folgenden Ausführungen gelten nur für die Folienbedeckung mit transparenter Folie, wobei der Spargelanbau nicht einbezogen wird.

Hierzu sind Voraussetzungen voranzustellen, die später für die Beurteilung der technischen Lösungen wichtig sind, nämlich in Form und Dauer der Bedeckung sowie Arbeitszeitbedarf der Handarbeitsstufe.

## Form der Bedeckung

Die Form der Bedeckung wird weitgehend von der Kultur bestimmt: Sägemüse und Frühkartoffeln sind z. B. typische Flachfolienkulturen. Zweckmäßigerweise wird die Form nach der Art der Ablage unterschieden in

- Flachfolie und Flachtunnel (Folie über 10 cm über dem Boden, über Erd-dämme gespannt, im Unterschied zum Minitunnel oder losem Verlegen)
- Niedrigtunnel – lüftbar (Fußbreite 1,5 m  
– geschlossen (Fußbreite 1,5 – 3 m)

Der Flächenanteil zur Folien-Festlegung und u. U. die Schlepperradspur steht für den Anbau nicht zur Verfügung. Bodenbearbeitung, Düngung und Unkrautbekämpfung (u. U. auch Bewässerung) erfolgen jedoch ganzflächig. Berücksichtigt man zudem eine evtl. nur begrenzt zur Verfügung stehende Anbaufläche, ist ein erster Aspekt, die Forderung nach größtmöglicher Nettoanbaufläche, also einem hohen Breiten-Nutzungsgrad (insbesondere für Kulturen mit geringen Reihenabständen).

Am Beispiel von Flachfolie und Flach-tunnel soll das Berechnungsverfahren des

Breitennutzungsgrades erläutert werden. Der Ermittlung der nutzbaren Breite  $b$  liegen die Beziehungen gemäß Abbildung 1 zugrunde. Empirische Werte sind für das Festlegen der Folie  $c = 25$  cm, den Folienabstand  $a_2 = 15$  cm und ggf. den Frddamm  $e = 30$  cm. Die Reifenbreite geht in  $a_1$  ein. Demnach errechnet sich die nutzbare Breite  $b$  für  $b$  kleiner als  $s$  zu  $b = B - 2(a_1 + c)$  und für das breite Beet und  $b$  größer als  $s$  zu  $b = B - 2(a_2 - c - e)$ , danach ist nur mehr  $a_2$  einmal in Ansatz zu bringen. Für den Breitennutzungsgrad  $\eta_b$  gilt

$$\eta_b = \frac{b}{B} \cdot 100 (\%)$$

In Abbildung 2 ist der Breitennutzungsgrad in Abhängigkeit von der Form der Bedeckung und der nutzbaren Breite dargestellt.

Schlußfolgerungen dieser Betrachtung sind, daß für die flächendeckende Ablage nutzbare Breiten von über 1,5 m erforderlich sind, für eine Folienbreite von über 5 m verbessert sind die nutzbare Breite nur noch gering. Für kurze Bedeckungszeiten bei Reihenkulturen ist die Streifenfolie in Betracht zu ziehen. Im gewissen Umfang ist dann eine Unkrautbekämpfung zwischen den Reihen zulässig, die Folienkosten werden je nach Reihenabständen bis zu 80 % gesenkt. Über das Kleinklima im Flachtunnel liegen keine Untersuchungsergebnisse vor.

## Dauer der Bedeckung

Die Dauer der Bedeckung wird in der Regel durch den Verfrühungseffekt, aber auch den CO<sub>2</sub>-Mangel in der letzten Phase des Folienschutzes, die Verunkraut-

tung und die Wasserversorgung bestimmt. Wichtiger weiterer Aspekt der notwendigen technischen Entwicklung ist demnach die Lochung und Bewässerung. Neue Bewässerungsverfahren eröffnen auch für die Unkrautbekämpfung unter Folie neue Möglichkeiten.

## Arbeitszeitbedarf

Der Arbeitszeitbedarf der Handarbeitsstufe beträgt für das Auslegen der Flachfolien 60 und das Aufbauen der Niedrigtunnel 355 Akh/ha. Demgegenüber ist heute die Einzelkornsaat von Feldgemüse mit weniger als 1 Akh/ha und die teilmechanisierte Pflanzung mit 40 Akh/ha möglich. Damit ist ein dritter Aspekt der gerätetechnischen Entwicklung offensichtlich: Senkung des Arbeitszeitbedarfs und des erforderlichen Ak-Besatzes, wobei durch hohe Flächenleistungen die Witterungsabhängigkeit zu mindern ist. Die letzte Aussage gilt insbesondere für die Folienablage.

Der gesamte Folienschutz ist in drei Arbeitsteilvorgänge zu unterteilen.

- Ablegen
- Lüften
- Räumen

Nach dem augenblicklichen Kenntnisstand ermöglicht am ehesten die Mechanisierung des Ablegens und des Räumens eine Senkung des Arbeitszeitbedarfes, weshalb unter Berücksichtigung der Form der Bedeckung die folgende Gliederung zweckmäßig erscheint: I Flachfolie: 1. Ablage, 2. Räumen. II Niedrigtunnel: 1. Ablage, 2. Räumen

\*) Vortrag auf der internationalen GKL-Tagung am 5. 5. 77 in Antwerpen

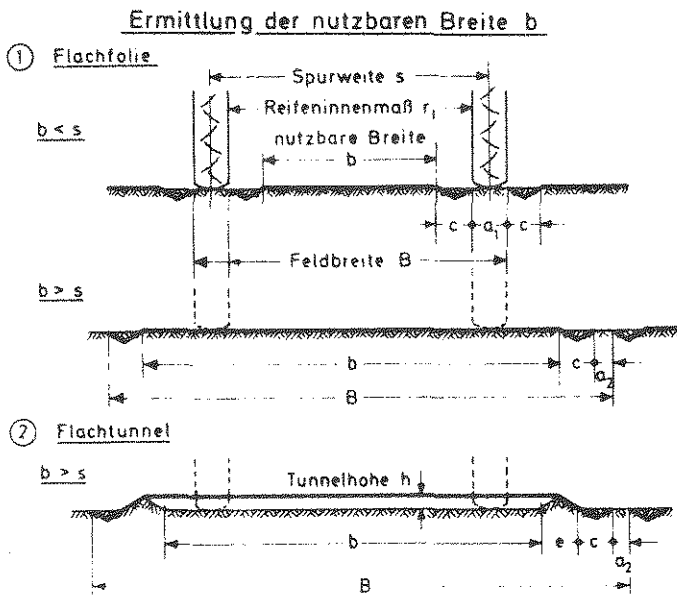


Abb. 1. Zur Ermittlung der nutzbaren Breite bei Flachablage.

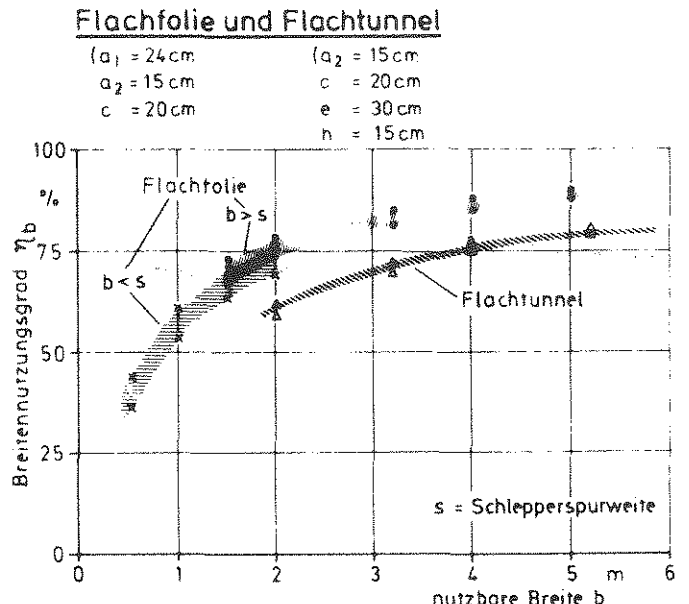


Abb. 2. Der Breitennutzungsgrad mit zunehmender Arbeitsbreite.

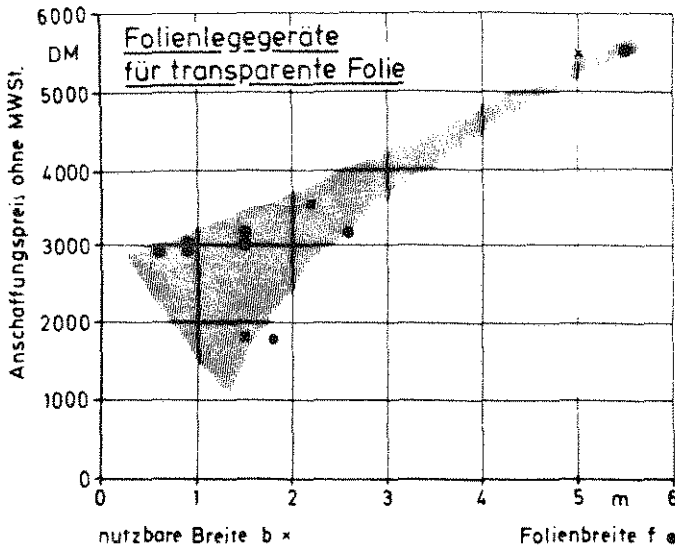


Abb. 5: Bisher keine Preisdegression mit zunehmender Arbeitsbreite an Folienlegegeräten.

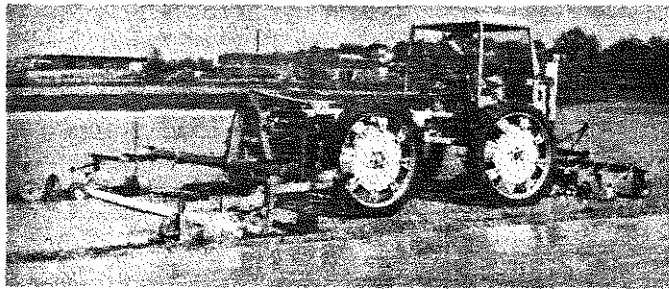


Abb. 7: EKS in der Front-, Folienlegen in der Heckhydraulik. Arbeitsbreite: 5 m.

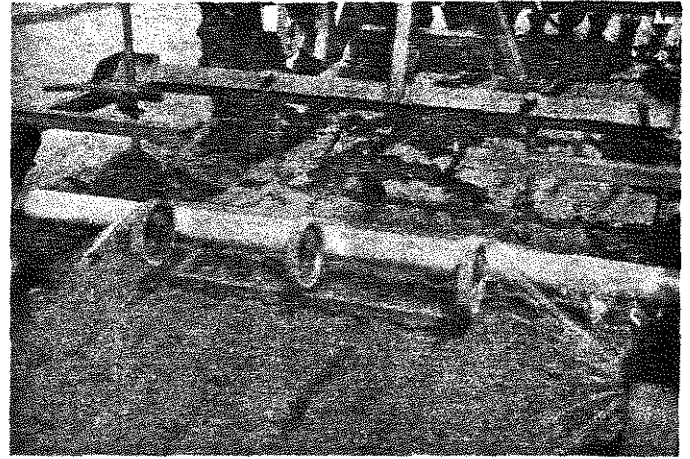


Abb. 6: Zusatzeinrichtung für loses Verlegen.

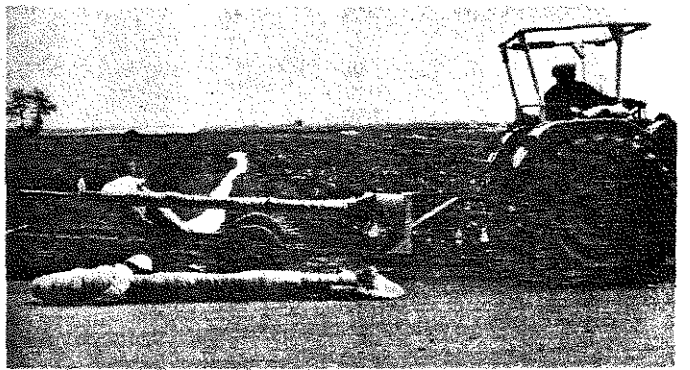


Abb. 8: Bergung von Folienschläuchen aus Folien mit 10 x 100 m.

## I. Flachfolie

Der Anteil der Anbaufläche unter Folie betrug 1977 87 %.

1. Ablage: Durch Störungen im Arbeitsablauf, insbesondere bei Wetterverschlechterung vor der Ablage, kann der Vorteil des unmittelbaren Folienschutzes verlorengehen. Dadurch wird die Forderung nach höherer Flächenleistung besonders deutlich. Alle mechanischen Verfahren werden bezüglich des Arbeitszeitbedarfes mit einer 10 m breiten, vorgeflochten Folie im Vergleich zum Ablegen

von Hand beurteilt. Hierfür werden betriebsbedingt 11 bis 26 Akh/ha benötigt, bei in der Regel erforderlichen 4 Arbeitskräften. Die Streubreite ergibt sich aus dem von Betrieb zu Betrieb unterschiedlichen Verfahrensablauf. Unverzichtbare Forderung für einen optimierten Ablauf ist ein auf Feldentfernung, Schlaglänge, Materialgewicht etc. abgestimmter Materialtransport.

Die mechanische Folienablage mit Folienlegegeräten ist bisher nur von ungefalteter Folie bis max. 5 m Breite möglich.

Folienlegegeräte sind Heckenbaugeräte (Abbildung 3). Materialtransport, Ausrollen der Folie und kontinuierliches Festlegen der Folienränder werden von Werkzeugen und Vorrichtungen übernommen, wie in Abbildung 4 zusammengefaßt. Das spezifische Gerätegewicht beträgt 70 bis 100 kg/m Folienbreite, das größte Geräteangebot für Breiten bis 2,5 m und daher auch keine spezifische Preisdegression mit zunehmender Folienbreite (Abbildung 5). Die beiden wesentlichen Einflußgrößen auf den Akh-Bedarf (Tabelle 1), Folien-

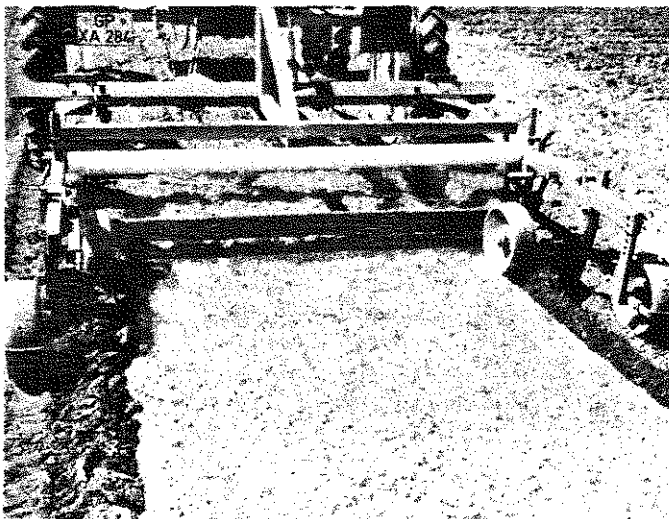


Abb. 3: Folienleger sind Heckenbaugeräte.

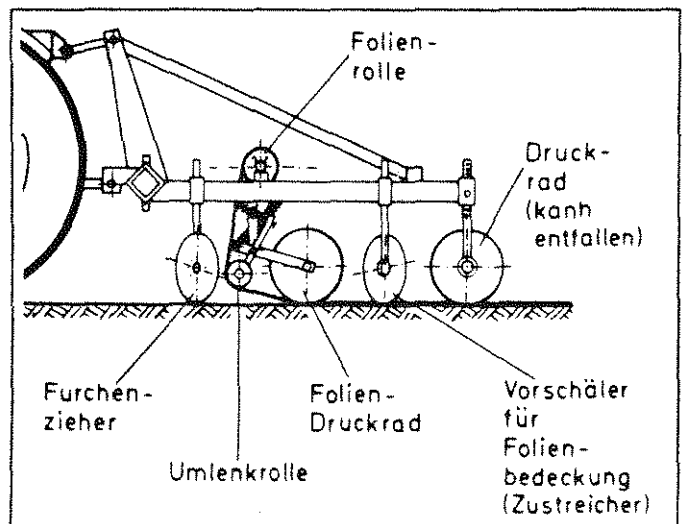


Abb. 4: Werkzeuge an Folienlegegeräten.

Tabelle 1

FLACHFOLIE

	Folienbreite	Arb.zeit bedarf	Anteil der Rüstzeit	Arb.geschwindigkeit
	m	Akh / ha	%	km/h
<b>Ablage</b>	5 - 10	11 - 21	-	von Hand
	5	6,3	35	0,6
	2,5 kz.)Fd.	7,5	-	1,1
	1g.)lge.	4,3	23	1,85
	1,65	6,8	6	1,58

breite und Arbeitsgeschwindigkeit werden von den unterschiedlichen Rüstzeiten überdeckt. Die sehr unterschiedlichen mittleren Arbeitsgeschwindigkeiten weisen auf die wenig ausgereiften Werkzeuge für die Folienfestlegung hin. Das in der Praxis verlangte sogenannte lose Verlegen bei besserem Verhalten bei Wind wird durch Zusatzeinrichtungen (Abbildung 6) oder zwangsweisen Folienvorschub erreicht.

Eine Arbeitszeiteinsparung bis zu 50 % ist bei der Kombination von Einzelkornsaat bzw. teilmechanisierter Pflanzung mit der Folienablage bei Nutzung aller Schlepperanbauräume zu erreichen (Abbildung 7).

**2. Räumen:** Im Handarbeitsverfahren benötigt das Räumen u. U. den gleichen Arbeitszeitbedarf wie das Ablegen, im Mittel 80 Akh/ha. Dies liegt u. a. an dem erhöhten Foliengewicht infolge Verschmutzung und Nässe. Der Arbeitsgang: Zusammenfalten der Folie quer zum Beet und das Ablegen zu einem Folienschlauch am Betrand muß bei 5 m breiten Folien stets von Hand erfolgen. Wird der Folienschlauch mit Eigenbauten, „Aufwickelhilfen“ aufgerollt (Abbildung 8), kann der Arbeitszeitbedarf auf 2 Akh/ha gesenkt werden. Eine Wiederverwendung (z. B. zum Abdecken zweitrangiger Kulturen) ist jedoch nur bei sauberer Bergung der gebrauchten Folie möglich. Folienaufnahmegeräte zum abgelagerten Aufnehmen (Abbildung 9) werden angeboten für

1. Heckanbaugerät zur Aufnahme zwischen der Spur (bis 2 m)
2. Heckanbaugerät zur seitlichen Aufnahme bis 2,5 m
3. Frontanbaugerät für Aufnahme von Folien bis 3 m



Abb. 9: Ablagegerechtes Aufnehmen der Folie zur Wiederverwendung im Seitenanbau (Prototyp).

1. Heckanbaugerät zur Aufnahme zwischen der Spur (bis 2 m)
2. Heckanbaugerät zur seitlichen Aufnahme bis 2,5 m
3. Frontanbaugerät für Aufnahme von Folien bis 3 m

Die maximalen Aufrollgeschwindigkeiten und damit die Arbeitsgeschwindigkeiten liegen bei 5 km/h. Der Arbeitszeitbedarf beträgt dann 0,8 bis 1 Akh/ha.

Als abschließende Feststellung bleibt jedoch, daß das Räumen der Folie zur Vernichtung keinen hohen gerätetechnischen Aufwand rechtfertigt.

**II. Niedrigtunnel**

Für den Niedrigtunnel sprechen bekanntlich die längere Dauer der Bedeckung, die zusätzliche Verfrühung, der größere Frostschutz durch einen höheren Luftraum und die bessere Qualität des Pro-

duktes, da Verbrennungen und Schlag-schäden durch Wind fortfallen. Der Anteil der Anbaufläche unter Folie betrug 1977 13 %.

**1. Ablage:** Die tunnelförmige Ablage erfolgt in der Praxis ausschließlich im Handarbeitsverfahren. Je nach Fußbreite oder Tunnel und verwendeter Unterkonstruktion beträgt der Arbeitszeitbedarf hierfür 50 bis 74 Akh/ha. Die Arbeitsablaufplanung ist bei der Erstellung von Niedrigtunneln noch wichtiger als bei der Flachablage. Das Ablegen benötigt von den Arbeitsteilvorgängen den höchsten Arbeitszeitbedarf und bestimmt das folgende Lüften und Räumen durch Folienbreite und Wahl der Unterkonstruktion. Somit liegt es nahe, auch diesen Teilvorgang zu mechanisieren. Abbildung 10 zeigt einen Prototyp für Fußbreiten bis 1,8 m; Arbeitsgeschwindigkeit bis 1,2 km/h.

**2. Räumen:** Die Feststellungen für das Räumen der Flachfolie gelten auch für Niedrigtunnel, daher wird ebenfalls die Folie als Folienschlauch am Betrand abgelegt. Das mechanische Aufrollen zur Wiederverwendung von Folie erfordert mit Sicherheit bei Niedrigtunnel einen größeren technischen Aufwand als bei Flachfolie.

**Zusammenfassung:**

Zusammenfassend gelten die folgenden Aspekte des mechanischen Ablegens und Räumens:

- a) Forderung nach hoher Nettoanbaufläche
- b) verbesserte Lüftung, Bewässerung und Unkrautkontrolle
- c) Senkung des Arbeitszeitbedarfes durch Mechanisierung der Arbeitsteilvorgänge Ablage und Räumen
- d) Kombination von Einzelkornsaat bzw. Pflanzung mit Folienablage

Für die Flachfolie bis 2 m werden Geräte für das Ablegen und Räumen angeboten. Für Flachfolie bis 5 m Breite ist nur die mechanische Ablage möglich. Dabei wird der Arbeitszeitbedarf 3 bis 3 Akh/ha unter den des Handarbeitsverfahrens bei 10 m breiter Folie gesenkt, bei vernachlässigbar verminderter Nettoanbaufläche. Das mechanische Räumen ist begrenzt mit Eigenbauten oder zur Wiederverwendung mit Prototypen möglich. Flachfolien von 5 bis 10 m Breite werden im Handarbeitsverfahren abgelegt, für das Räumen gibt es gerätetechnische Hilfen.

Folienablage und Räumen beim Niedrigtunnel ist vorläufig noch Handarbeit. Dies ist auch ein Grund dafür, daß der Anteil der Anbaufläche ständig abnimmt.

Die Versuche, mit einem Flachtunnel die klimatischen Vorteile des Niedrigtunnels mit den arbeitswirtschaftlichen Vorteilen der Flachfolie zu kombinieren, hatten bislang keinen Erfolg.

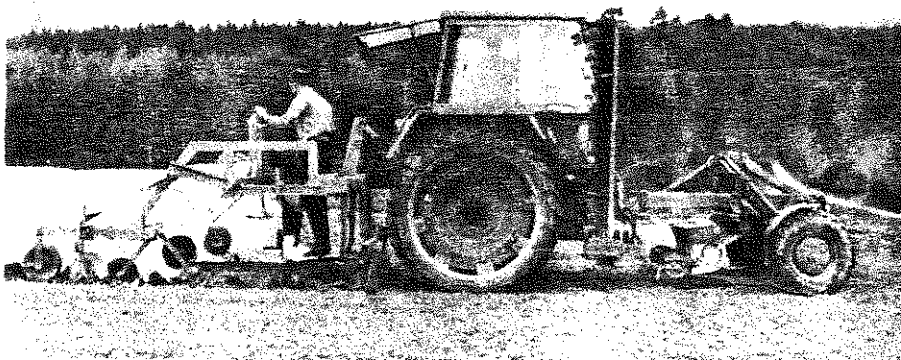


Abb. 10: 2 AK bei kombinierter EKS und mechanischer Tunnelablage, 1,8 m breit (Prototyp).

Technik, Arbeitsqualität und Leistung moderner Feldhäcksler

Dr. Manfred Schurig

Die Feldhäcksler zur Silomaisernte hatten bei den Vorführungen auf dem Schlüterhof seit Beginn der Informationstagungen immer eine zentrale Stellung. Die Entwicklung der Häcksler erfuhr von hier aus eine Anzahl entscheidender Impulse, die wesentlich mit dazu beigetragen haben, daß heute dem Landwirt eine Palette von Silomaishäckslern angeboten wird, die kaum ausgereifter und reichhaltiger sein kann. Die Impulse kamen einerseits von der wissenschaftlich theoretischen Seite, stellvertretend dafür möchte ich die Namen Brenner, Grimm und Kromer nennen, aber auch die Konstrukteure in den einzelnen Firmen und die Praktiker hatten sowohl bei den Vorführungen als auch bei den Diskussionen und Vorträgen vielfach Gelegenheit, Anregungen und Erfahrungen weiterzugeben und mitzunehmen. Es muß aber auch hervorgehoben werden, daß die Entwicklung der heute angebotenen leistungsstarken Feldhäcksler kaum so schnell vorangekommen wäre, wenn nicht frühzeitig ausreichend starke Schlepper zur Verfügung gestanden hätten. Das Haus Schlüter hat als erste deutsche Firma diese starken Schlepper hergestellt, so daß von Anfang an die Feldhäcksler fast ohne Begrenzung der Leistung nach oben auf den "Schlüter-Vorführungen" eingesetzt wurden, noch bevor die breite Praxis davon Gebrauch machen konnte. Was anfänglich kaum jemand für möglich gehalten hatte, einreihige Feldhäcksler mit 60kW Schlepper zu betreiben, wird heute konstruktiv beherrscht und von der Praxis eingesetzt. Eine Entwicklung, die hier einen Anfang nahm.

Alles in Allem kann man feststellen, daß die jetzt angebotenen Feldhäcksler einen Entwicklungsstand erreicht haben, der den Anforderungen der Landwirtschaft genügt, wobei dieses Pauschalurteil bei näherer Betrachtung hier und dort noch einige offene Wünsche enthält, die an die Hersteller bzw. Konstrukteure zu stellen sind. Das gilt besonders bezüglich der erzielbaren Häcksellänge. Zuerst einige Anmerkungen zur Technik der heutigen Silomaishäcksler.

Deutlich zeigt sich, daß die etwa 1968 vorgestellte kleine Scheibe als Schneidorgan im 1-reihigen Maishäcksler als sehr brauchbare Lösung vermehrt Anwendung findet. So trifft man heute sowohl die Trommel als auch die Scheibe als Schneidorgan bei den 1-reihigen Feldhäckslern. Die Scheibe vor allem deshalb, weil sie in der kleineren kompakten Bauart mit einem Durchmesser von ca. 700 mm ebenfalls mit etwa 1000 Umdrehungen/min laufen kann und eine bessere Wurfleistung als eine vergleichsweise kleine Trommel hat. - Der Übergang zu kleineren Scheiben ermöglichte es, diese leichter nachzustellen und zu schleifen. Was bei den bis dahin gebräuchlichen großen Scheiben mit einem Durchmesser von 1200 mm nicht immer der Fall war.

Sobald von dem Häcksler höhere Durchsätze verlangt werden, müssen die geometrischen Abmessungen der Scheibe steigen. D.h. die Schnittkastenbreite muß zunehmen und damit zwangsläufig der Scheibendurchmesser. Hier sind aber Grenzen vorgegeben, die aus praktischen Überlegungen heraus nicht zu überschreiten sind. Aus diesem Grund wählen manche Firmen für ihre 2-reihigen Ausführungen zwei getrennte Scheiben.

Die Schnittkastenbreite des Scheibenradhäckslers wird bei etwa 400 mm ihre obere Grenze finden. Beim Trommelfeldhäcksler sind dagegen durchaus 600 mm möglich. Ein breiter Schnittkasten ist Voraussetzung für hohe Durchsatzleistungen etwa ab 40 t/h, so daß es für die Trommel als Schneidorgan in Feldhäckslern mit hohen Durchsätzen bisher keine Alternative gibt.

Während es sich bei den Schneidorganen Trommel und Scheibe um seit langem bekannte technische Lösungen handelt, die heute in variierten Form Einsatz finden, horizontal oder vertikal drehend, sind für die Einzugsorgane der Maishäcksler neue Lösungen erschienen.

Man verzichtet bei den Spezialhäckslern weitgehend auf die mechanische Erfassung der Pflanze durch Ketten oder Bänder schon vor dem Schnitt. Der sogenannte Rotationseinzug ist bei vielen 1-reihigen Maschinen zu finden. Ganz augenscheinlich ist der mechanische Aufwand geringer, der auf der einen Seite dem Hersteller den Kostenanstieg bremst, dem Landwirt ein wartungsarmes Arbeiten bietet. Von der pflanzenbaulichen Seite her wurde diesen neuen Einzugsorganen wesentliche Unterstützung zuteil, denn die Maisbestände sind heute viel gleichmäßiger als noch vor Jahren. Wir finden Pflanzen mit hohem Kolbenansatz und eine geringere Verunkrautung. Ebenfalls sind durch verbesserte Sätechniken die Reihenabstände gleichmäßiger. Wenn die eben genannten Voraussetzungen nicht mehr ganz zutreffen und der Mais z.B. extrem lagert, können mit diesen Einzugsorganen Schwierigkeiten auftreten.

Vorerst sind die Rotationseinzüge auf die 1-reihigen Maschinen beschränkt, oder besser gesagt die rotierenden Einzugsvorrichtungen

gen brauchen jeweils einen eigenen Schnittkasten. Das Zusammenführen von mehreren Reihen in einen Schneidkasten bereitet den Konstrukteuren augenblicklich noch gewisse Schwierigkeiten. Es ist aber damit zu rechnen, daß es auch hier in Zukunft entsprechende Lösungen geben wird. Solange das nicht der Fall ist, wird bei mehrreihigen Maschinen die Kette oder das Gummiband als Einzugsorgan vorherrschen. Bei 3- und 4-reihigen Feldhäckslern erscheint es mir wichtig, daß schon im Maisgebiß eine gewisse Zusammenführung der Stengel in Richtung Schnittkasten erfolgt, d.h. eine zielstrebige Zuführung der Pflanzen in Längsrichtung zu den Vorpreßwalzen. Jedes rechtwinkelige Umlenken durch Schnecken kann dazu führen, daß Kolben- oder Stengelteile quer in den Schnittkasten gelangen und zwangsläufig die Häckselqualität leidet. Deswegen sind reihenunabhängige Schneidwerke vom Markt verschwunden, da sie den Mais ungeordnet dem Schneidorgan zuführen.

Was die Bedienung der Feldhäcksler vom Fahrersitz aus betrifft, sind in den letzten Jahren erfreuliche Fortschritte erzielt worden, man erinnert sich noch an die Hebel, Kurbeln und Stricke, die es zu bedienen galt. Gezwungen durch die Schlepperkabine haben die Konstrukteure hier tüchtig aufgeräumt und bedienen sich entweder verbesserter mechanischer Steuereinrichtungen, verwenden Elektromotore oder setzen hydraulische Antriebe ein. Alle sind funktionstüchtig und es hängt mehr von der Einstellung und Veranlagung des Landwirtes ab, zu welcher Fernbedienungsart er tendiert.

Desgleichen hat der Bedienungskomfort bei den selbstfahrenden Feldhäckslern zugenommen. Automatische Lenksysteme führen den Häcksler selbsttätig in der Reihe, so daß der Fahrer sich voll



auf die Maschine und das Füllen des Wagens konzentrieren kann.

Noch ein kurzes Wort zu der Verbindung Feldhäcksler/Tracschlepper mit Rückfahreinrichtung.

Die ersten voll funktionsfähigen Einheiten wurden vor ca. 4 Jahren der Praxis vorgestellt. In der Zwischenzeit wurden sie weiter verbessert und haben sich einen noch vor kurzem nicht für möglich gehaltenen Anteil am Markt geschaffen. Die 3-reihigen Maschinen herrschen vor, da mit ihnen voll in den stehenden Bestand gefahren werden kann.

Ein wesentliches Beurteilungskriterium für Feldhäcksler ist nicht nur die Funktionstüchtigkeit und Leistung, sondern die erzielte Häckselqualität. Die Konstrukteure haben sich den Forderungen nach einer exakten Zerkleinerung sehr stark angenommen, so daß mit vielen Maschinen heute theoretische Häcksellängeneinstellungen von 4 - 6 mm möglich sind. Diese theoretischen Häcksellängen entstanden aus der Forderung, daß möglichst jedes Korn aus verdauungsphysiologischen Gründen angeschlagen sein soll. Nachdem es nun möglich ist, durch zusätzliche Vorkehrungen am Häcksler wie Reibboden oder Nachschneideeinrichtungen die Körner nach dem eigentlichen Schneidvorgang weiter zu zerkleinern, könnte man von der Forderung abrücken, die theoretische Häcksellänge auf 4 - 6 mm einzustellen. Hier wären 8 mm besser.

Untersuchungen der Tierernährer haben gezeigt, daß zu fein strukturiertes Futter den Verdauungsvorgang negativ beeinflußt. Diese Tatsache wurde vor allen Dingen in den Betrieben zuerst sichtbar, die Siloentnahmefräsen mit schnell laufenden Werkzeugen einsetzen. So zeigen von Grimm bisher nicht veröffentlichte Ergebnisse, daß

die absiebbaren Feinteile nach der Auslagerung mit einer Saugfräse dreimal so hoch sein können, wie vor der Einlagerung. Hier liegen noch Probleme, die es gilt in naher Zukunft zu untersuchen und darüber ausführlich zu berichten. Worum es mir heute im wesentlichen geht, ist aufzuzeigen, wie erreicht man ein exakt geschnittenes Material, das den Forderungen entspricht und inwieweit sind die heute gebräuchlichen Häcksler in der Lage, diese Forderungen zu erfüllen. Für eine exakte, gleichmäßige Häckselung und die Betonung liegt wahrscheinlich mehr auf gleichmäßig, denn es sollen weder die Körner zu fein zerschlagen sein, noch soll ein größerer Überlängenanteil von über 25 mm vorhanden sein, erheben sich 2 Forderungen:

1. Exakt eingestellte, gut geschärfte Schneidwerke;
2. stets darauf achten, daß der Schnittkasten ausreichend gefüllt ist. Hierzu ist ein möglichst lückenloser Bestand und eine ausreichende Vorfahrt notwendig, die wiederum durch eine dem Häcksler entsprechende Schlepperleistung erreicht werden kann. Da es in den meisten Fällen gelingt, durch diese Voraussetzungen den Schnittkasten so ausreichend zu füllen, kann auf die früher notwendige Vielzahl von Vorpreßwalzen verzichtet werden, zumindest aber eine Vorpreßwalze ist immer von Vorteil, der um so deutlicher hervortritt, je höher der Ausreifegrad des Maises ist, d.h. etwa über 30 % TS liegt.

Diese Zusammenhänge sind im allgemeinen bekannt. Was besonders interessiert ist die Tatsache, wie es nun wirklich mit der praktisch erzielbaren Häcksellänge aussieht. Wir haben dazu seit 1970 an allen zur Schlüftervorführung eingesetzten Feldhäcksler Proben gezogen und die Häcksellänge durch Absieben bestimmt. Dabei zeigen

sich rückschauend sehr interessante Ergebnisse und Zusammenhänge. Da es zu weit führen würde, die Ergebnisse von allen Maschinen vorzustellen, sollen die Zahlen der Maisspezialhäcksler Beispiel sein. Sie zeigen im wesentlichen das gleiche Bild wie wir es bei den 2- und 3-reihigen Maschinen gefunden haben.

Nehmen wir zuerst das Jahr 1977. Es kamen 11 Maisspezialhäcksler zum Einsatz. Der Mais hatte einen Trockenmassegehalt von 30 %. Alle Maschinen waren von den Monteuren auf exakte Häckselung eingestellt und die Fahrer waren bestens mit den Häckslern vertraut.

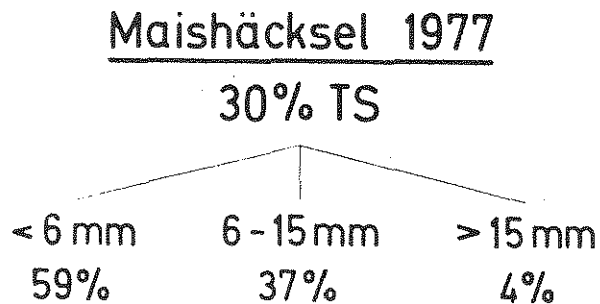


Abb. 1: Ergebnis der Häcksellängenverteilung von 11 Maisspezialhäckslern (Durchschnitt)

Dabei zeigte sich folgendes Ergebnis: und zwar sind es die Durchschnittswerte aller gemessenen 11 Häcksler. Der Anteil unter 6 mm lag bei 59 %, von 6 - 15 mm bei 37 % und über 15 mm betrug er 4 %. Ein Ergebnis, das auf den ersten Blick sehr befriedigend aussieht. Da es sich hier um das Durchschnittsergebnis handelt, ist es interessant festzustellen, wie groß die Streubreite in den einzelnen

Häcksellängenbereichen ist. D.h. es gibt schwarze und weiße Schafe. Tatsächlich ist die Streuung innerhalb der 11 untersuchten Maschinen doch beträchtlich.

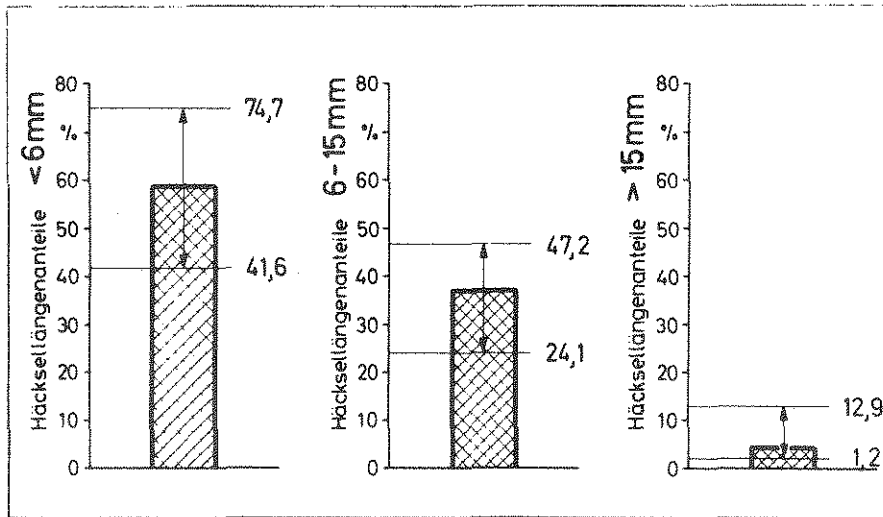


Abb. 2: Häcksellängenverteilung

Wer auf exakt geschnittenen Mais Wert legt, vor allen Dingen bei höherer Ausreife, sollte sich den Häcksler genau ansehen, den er einsetzen möchte. Für den Konstrukteur bedeutet das zu überlegen, ob es möglich ist, den Häcksler soweit zu verbessern, damit das erzielbare Häckselgut den gewünschten Vorstellungen entspricht. Wenn dazu von uns Hilfestellung gewünscht wird, sind wir jederzeit gern bereit.

Die Häcksellängenbestimmungen haben wir im Jahre 1970 begonnen und verfügen über 7-jährige Meßergebnisse. Die Werte, die unter Mitarbeit von Ing.agr. Zirngibl gewonnen wurden, sind bisher noch nicht veröffentlicht, ich möchte sie hier erstmals vorstellen. Obgleich

ebenfalls die Zahlen der 2-reihigen und 3-reihigen Häcksler verfügbar sind, wird aus Platzgründen nur auf die Werte der Maisspezialhäcksler eingegangen.

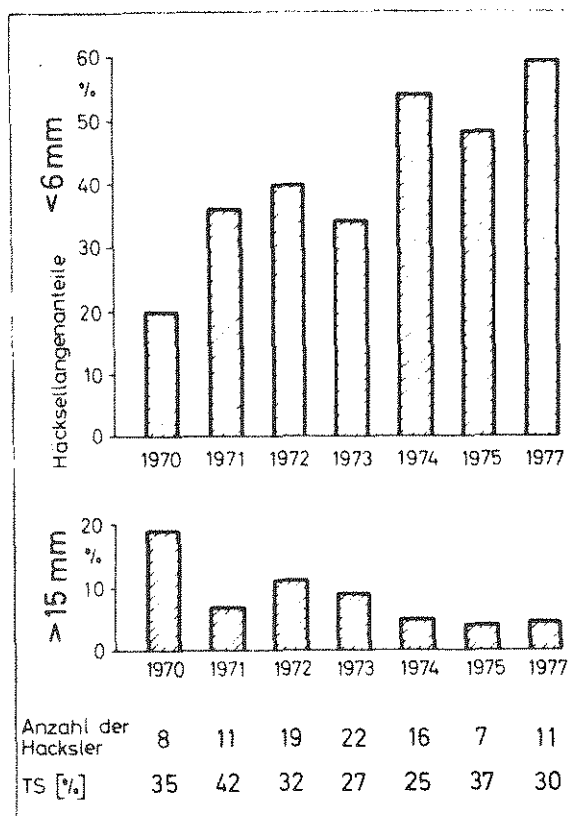


Abb. 3: Entwicklung der Häcksellängenanteile bei einreihigen Maisspezialhäckslern.

Abb. 3 zeigt in zwei Darstellungen die Entwicklung der Häcksellängenverteilung der 1-reihigen Maisspezialhäcksler von 1970 - 1977. Es handelt sich um Durchschnittswerte aller in dem jeweiligen Jahr hier auf der Informationstagung eingesetzten Maschinen. Die Zahl schwankte je nach Jahr zwischen 7 und 22 Maschinen. Deutlich sichtbar ist eine Zunahme der Häcksellängenanteile unter 6 mm bei gleichzeitiger Abnahme der Anteile über 15 mm. Hier muß man

den Feldhäckslerkonstrukteuren ein besonderes Lob aussprechen, denn sie haben sich alle mit Erfolg bemüht, mit ihren Maschinen Maishäcksel zu liefern, der weitgehendst den Anforderungen entspricht. Man kann davon ausgehen, daß die hier aufgezeigte Tendenz sich kaum, zumindest im Durchschnitt, fortsetzen wird. Es ist vielleicht an der einen oder anderen Maschine noch etwas zu tun, im großen und ganzen hat die Entwicklung einen Stand erreicht, über den hinaus es nicht notwendig ist, etwas zur Verbesserung der Häckselqualität zu tun.

Noch einige Anmerkungen zur Trockensubstanz. Der Mais hatte in den jeweiligen Jahren unterschiedliche Trockenmassegehalte, die Schwankungen lagen zwischen 27 und 42 %, was sich natürlich auch auf die Häckselqualität auswirkt. Wir gingen daher anfänglich davon aus, daß man die Werte der einzelnen Jahre nicht miteinander vergleichen kann, versuchten aber dann, den Einfluß des Trockensubstanzgehaltes auf die Häckselqualität näher zu analysieren. Da ausreichende Meßdaten zur Verfügung standen, konnten wir mit diesen unseren Computer speisen. In einer multiplen Regression wurde der Anteil der verschiedenen Einflußgrößen auf die Häckselqualität errechnet. Daraus ergab sich, daß bei den hier vorgestellten Häcksellängenmessungen bei 1-reihigen Maisspezialhäckslern für das Häckselgut die Technik einen Einfluß von 74 % hat, die Trockenmasse nur einen Einfluß von etwa 6 %, andere Einflüsse machen 20 % aus. Diese Ergebnisse unterstreichen, daß mit Hilfe eines gewissen notwendigen technischen Aufwandes ein exakt gleichmäßiges Häckselgut erreicht werden kann.

Noch vor Jahren standen Schlepper mit ausreichender Leistung zum Antrieb exakt schneidender Feldhäcksler vielfach nicht zur Verfü-

gung. Man bewegte sich oft an der gerade noch gangbaren unteren Grenze. Zum Glück hat sich dies heute geändert. In fast allen Betrieben kann auf die erforderliche Schlepperstärke zurückgegriffen werden. Denn der Weg durch konstruktive Änderungen und Verbesserungen am Feldhäcksler selbst den Leistungsbedarf zu reduzieren, ohne gleichzeitig die Durchsatzleistung zu senken, war nicht gangbar. So sind wir froh, daß heute in fast ausreichender Zahl leistungsstarke Schlepper zur Verfügung stehen, um die Häcksler entsprechend ihrer Leistungsfähigkeit einzusetzen.

Die alte Faustzahl für die Antriebsleistung pro Erntereihe lautet, nur heute in kW, nicht mehr in PS ausgedrückt, 40 kW pro Erntereihe. Dieser Wert kann sich je nach den örtlich vorherrschenden Verhältnissen nach oben oder unten korrigieren, hat aber im wesentlichen seine Gültigkeit.

Ähnliche Faustzahlen gibt es auch für die Bergeleistung, die bei der Silomaisernte zu erzielen sind. Ich möchte hier nicht ins Detail gehen, denn darüber ist ausführlich immer wieder in den Fachzeitschriften berichtet worden. Ich möchte nur drei Werte nennen, die jeweils für einen 1-reihigen, einen 2-reihigen und einen 3-reihigen Feldhäcksler bei gewissen Unterstellungen mit 1000 m Feldentfernung einen Maisertrag von 45 t/ha und einer ausreichenden Einlagerungsleistung, die ja vielfach das Nadelöhr sein kann. Diese Zahlen basieren auf umfangreichen Messungen von Auernhammer, die hier vereinfacht dargestellt sind. Als Faustzahl kann man annehmen, daß pro Arbeitskraft im absätzigen oder Umhängerverfahren 6 t/h als Bergeleistung zu erreichen sind.

Reihenzahl	AK	Bergeleistung t/h
<b>1</b> absetzig	<b>1</b>	<b>6</b>
<b>2</b> umhängen	<b>2</b>	<b>13</b>
<b>3</b> parallel	<b>5</b>	<b>38</b>

Abb. 4: Bergeleistungen von Silomaisernteverfahren

Im Parallelbetrieb ergeben sich Bergeleistungen von 8 t/h pro Arbeitskraft. Betriebe, die diese Werte in etwa nicht erreichen, sind aufgerufen, den Arbeitsablauf kritisch zu durchleuchten.

Bei Kenntnis dieser Zahlen kann jeder Landwirt selbst die Erntezeitspanne kalkulieren, um den Mais solange draußen wachsen zu lassen, solange es die Witterung erlaubt, um dann nach dem ersten Frost schlagkräftig zu ernten.

Zum Glück belastet das Wetterrisiko die Silomaisernte nicht so stark wie das bei der Grassilagebereitung der Fall ist. Der Mais liefert nicht nur hohe Erträge, sondern läßt sich aufgrund der Erntemöglichkeit aus dem Stand hervorragend mechanisch ernten. - Der Feldhäcksler hat hier seine feste Burg, von der aus er viele Entwicklungsimpulse bekam und weiter erhält, deren Ende noch nicht erreicht ist. Wir befinden uns heute auf einer entwicklungstechnischen Hochebene, zu deren Aufstieg viel Arbeit notwendig war. Eine Ruhepause gibt es nicht.



# Was leistet moderne Technik bei der Silomaisernt?

Dr. H. Auernhammer

Heute steht dem Landwirt ein breites Angebot an Häckslern zur Verfügung, und es ist für ihn schon nicht mehr einfach, das für seine speziellen Verhältnisse passende Verfahren auszuwählen. Wie die möglichen Verfahren der Häckselketten zu bewerten sind und zu welchen Betrieb sie passen, schildert der folgende Beitrag.

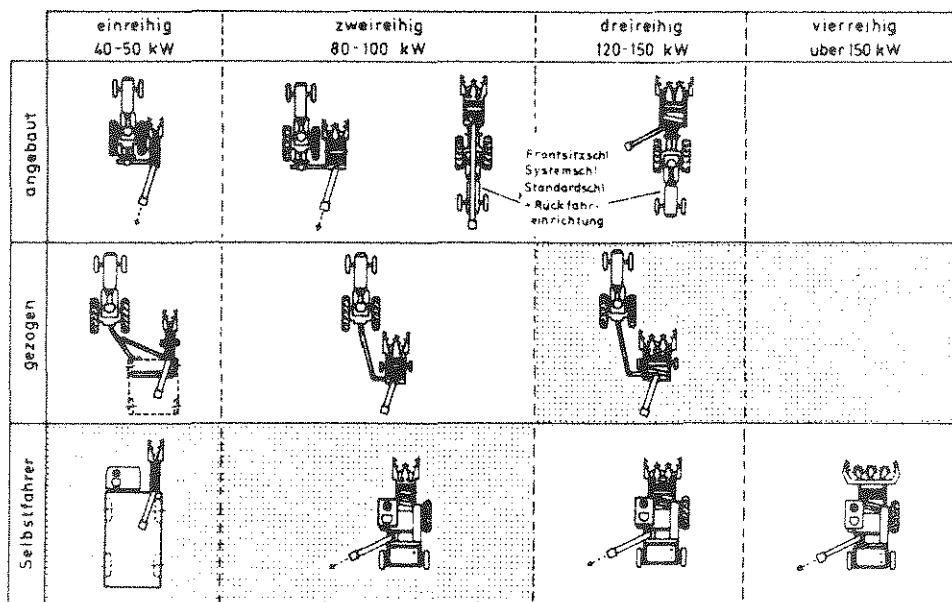
Entscheidend für die Bergeleistung eines Verfahrens ist letztlich immer die Häckselleistung, denn sowohl der Transport als auch die Einlagerung sind Organisationsprobleme. Die Häckselleistung wird sehr stark vom Leistungsangebot des Schleppers bestimmt. Untersuchungen in der Praxis zeigen deutlich den Zusammenhang zwischen Leistungsangebot/Reihe und durchschnittlicher Arbeitsgeschwindigkeit (Tab. 1). Für annehmbare Leistungen sind demnach etwa 50 kW je Reihe erforderlich, im Parallelbetrieb dürften etwa 40 bis 45 kW/Reihe ausreichend sein.

Unter diesen Voraussetzungen bietet die Industrie heute für jede Schleppergröße eine geeignete Maschine. Eingeordnet nach der Reihenzahl, dem Leistungsangebot und der Bauart ergibt sich das Angebot von Abb. 1. Darin zeigen sich Übergangslösungen bei den zweireihig angebauten Maschinen, womit die Industrie dem derzeitigen Trend zum leistungsstärkeren Schlepper entgegenkommt. Insbesondere die System- und Trac-Schlepper sind für deren Antrieb bestens geeignet, weil diese ebenso wie die Schlepper mit Rückfahreinrichtung damit zu einem Quasi-Selbstfahrer werden. Allerdings können diese Gespanne die Leistungen von echten Selbstfahrern nicht erreichen, weil:

- Die Getriebeabstufung häufig zu grob ist, insbesondere bei Schleppern mit Rückfahreinrichtung,
  - die Antriebsschlepper häufig zu leistungsschwach sind,
  - zudem die Sichtverhältnisse sowohl auf den Häcksler als auch auf den Wagen nicht ideal sind.
- Hinzu kommt das noch nicht geklärte Problem, ob das Differential die Achs-

antriebe bei Schleppern mit Rückfahreinrichtung über einen längeren Zeitraum der Belastung standhalten können. Trotzdem bleibt mit dem Preis für diese Maschinen der wohl größte Vorteil unbestritten. Folglich werden mit Recht auch angebaute dreireihige Maschinen für Schlepper über 100 kW angeboten, obwohl deren Zahl jedoch beschränkt sein dürfte.

Ihre Berechtigung haben nach wie vor auch der einreihig gezogene Häcksler in Form der Häckselladewagen und der zweireihig gezogene Häcksler in Gebieten, wo neben Silomais auch Anwelksilage bereitet werden muß. Da-



☐ = ungünstiges Preis - Leistungsverhältnis

Abbildung 1: Schematische Einordnung der Häckslerbauarten.

LANDTECHNIK  
WEINSTEIN  
Auernhammer/PB 782 218

Leistungsangebot / Reihe	Fahrtgeschwindigkeit [km/h] bei einem Ertrag/ha von			
	40	45	50	55 [t]
< 50 kW (68 PS) 62,5 cm Reihenabstand	4,7	4,3	3,8	3,5
> 50 kW (68 PS) 62,5 cm Reihenabstand	5,8	5,3	4,8	4,4
> 50 kW (68 PS) 75,0 cm Reihenabstand	5,4	4,8	4,3	4,1

Tabelle 1: Fahrtgeschwindigkeiten beim Häckseln von Silomais mit 30°-TM (Mittel aus 12 Messungen in praktischen Ertraben)

gegen werden die dreireihig gezogenen Häcksler die Ausnahme bleiben und einreihige selbstfahrende Häcksler in Form von Farm-LKWs der ersten Generation gehören heute schon der Vergangenheit an. Das gleiche dürfte für zweireihig arbeitende Selbstfahrer eintreffen, denn die für eine selbstfahrende Maschine benötigte teure Technik kann nur ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden, wenn damit höchste Leistungen zu erzielen sind. Dies können aber nur drei- und vierreihig arbeitende Maschinen, denn nur sie sind auch bei Reihenweiten unter 75 cm noch echte Selbstfahrer.

### Nach welchen Gesichtspunkten müssen die Bergeverfahren organisiert werden?

Da die Ernte aus der meist günstigen Witterung Ende September bis Anfang Oktober häufig in die unsichere Periode ab etwa Mitte Oktober verschoben wird und außerdem dann in vielen Gebieten die Gefahr der Frühfröste sehr groß ist, kann die Konsequenz für den Landwirt deshalb nur lauten, schlagkräftige Verfahren einzusetzen. Diese Forderung wird verstärkt, wenn die Silagebereitung in den relativ billigen Flachsilos erfolgt und zur Entnahme mechanische Geräte eingesetzt werden. Letztere erreichen nämlich nur eine befriedigende Leistung, wenn breite Silos ein zügiges Rangieren der Transport- oder Zuteil-(Misch-)wagen ermöglichen. Wenn man zudem bedenkt, daß eine verlustarme Silagebereitung nur möglich ist, wenn ein Silo in mindestens 3 Tagen gefüllt ist, dann verlangen gerade Betriebe mit großen Tierbeständen und voluminösen Flachsilos höchste Bergeleistungen.

Wie groß diese stündlichen Bergeleistungen sein müßten, zeigt an ausgewählten Bestandsgrößen Tabelle 2. Diesen Forderungen stehen nun die möglichen Leistungen der einzelnen Verfahren gegenüber und erlauben demgemäß eine entsprechende Zuordnung.

### Am weitesten verbreitet sind einreihig arbeitende Häcksler

Heute wird ein Großteil des Silomais mit einreihigen Häckslern geerntet und von diesen wird ein nicht unbeträchtlicher Teil in Einmannarbeit eingesetzt. Dies bedeutet, daß nacheinander gehäckselt, transportiert und in Hochsilos eingelagert wird. Verfahrenstechnische

Reihen-zahl	Hochsilo							Flachsilo						
	Einlage-rung	Wagen-zahl	AK-zahl	Zeitbe-darf (h/ha)	Berge-leist. (t/h)	Berge-leist. (t/h/AK)		Einlage-rung	Wagen-zahl	AK-zahl	Zeitbe-darf (h/ha)	Berge-leist. (t/h)	Berge-leist. (t/h/AK)	
Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
abwärts	1	1	Handzuteil + Gebläse	1	1	9,8	4,6	4,6						
	2	1	Durchtrieb + Gebläse	1	1	8,8	5,1	5,1						
	3	1	Dosierer + Kipper	1	1	7,5	6,0	6,0	Abkippen vor Silo	1	2	15,0	6,0	3,0
umhängen	4	1	Handzuteil + Gebläse	2	2	11,8	7,6	3,8	Überfahrt abspulen	2	3	17,7	7,6	2,6
	5	2	Dosierer + Kipper	2	2	6,8	13,6	6,8	"	2	3	9,9	13,6	4,5
parallel	6	1	Handzuteil + Gebläse	2	3	11,3	12,0	4,0	"	2	4	15,0	12,0	3,0
	7	2 SF	Dosierer + Kipper	3	4	7,3	25,0	6,3	"	3	5	8,5	25,0	5,0
	8	3 SF	Dosierer + Kipper	4	5	6,5	38,0	6,9	Abkippen vor Silo	3	5	6,5	38,0	6,9
	9	4 SF							"	4	6	5,3	50,0	8,3

\* gleiche Leistung bei Mäckselladewagen

Tabelle 3: Anforderungen und Leistungen ausgewählter Silomaisernteverfahren (45 t/ha, 30% TM, 1000 m FE, 300 m Schlaglänge, Transporteinheiten mit je 4 l).

Unterschiede sind dabei nur bei der Einlagerung möglich. In der einfachsten Form wird vom Kratzboden in Handarbeit in ein Fördergebläse oder Förderband zugeteilt. Aufgrund der Rieselstruktur der Maissilage ist dies zwar eine körperlich zu vertretende Arbeit, stoßartige Belastungen des Gebläses erfordern für ein zügiges Abladen allerdings hohe Anschlußwerte. Deshalb wird oft auf den Zapfwelldurchtrieb zurückgegriffen und zum Transport ein Selbstladewagen eingesetzt.

In beiden Fällen bleibt die erzielbare Bergeleistung allerdings in Grenzen und reicht bei einer 6tägigen Ernteperiode für Betriebe mit bis zu 50 Kühen. Eine Steigerung um 20% ließe sich beim Einmannverfahren erzielen, wenn für den Transport ein Kipper eingesetzt und über einen Dosierer eine stetige, gleichmäßige Gebläsebeschickung erreicht wird.

Der große Vorteil dieses in der Praxis immer noch viel zu wenig durchgeführten Verfahrens liegt zudem im relativ niedrigen Kraftbedarf für die Einlagerung, weil über längere Zeit und ohne Spitzen zugeführt wird. Somit wäre dieses Verfahren für Betriebe mit bis zu etwa 60 Kühen ausreichend, bei Lagerung im Flachsilo könnte die gleiche Leistung erbracht werden, allerdings müßte dann eine zweite AK mit Schlepper die Einlagerung und das Walzen übernehmen.

Nur geringfügig höhere Leistungen erreichen Umhängeverfahren in Verbindung mit einreihigen Häckslern. Bedingt durch die Umhängezeiten vermag der Häcksler bis zu 8 t/h Häckselgut zu erzeugen und kann damit für das Transportgespann nur eine geringe Auslastung erzielen. Die spezifische Bergeleistung je Stunde und AK (Spalte 7 und 13 auf Tab. 3) ist deshalb auch entsprechend gering, in Verbindung mit dem Flachsilo erreicht sie sogar den niedrigsten Wert und wird damit zum arbeitsintensivsten Verfahren überhaupt.

Ähnlich ungünstig schneidet das Parallelverfahren mit dem einreihigen Häcksler ab. So können dabei 3 AK nur dieselbe Leistung erbringen, wie sie von zwei Häckselladewagen- oder Häcksler + Kipper-Gespannen (Verfahren Nr. 3 auf Tabelle 3) möglich wäre. Zudem wäre dann der Boden durch wenige Fahrspuren geschont.

### Für höhere Leistungen zweireihige Häcksler

Diese Zusammenhänge machen deutlich, daß höhere Leistungen nicht durch eine andere Organisation, sondern durch mehrreihige Häcksler anzustreben sind. Ein äußerst günstiges Verfahren stellt dabei Nr. 5 in Tabelle 3 dar. Dabei wird von der ersten Arbeitsper-

Bestandsgröße		Futtermittelvorrat		Bergeleistung in [t/h] bei einer Erntezeit von		
16 kg/T. 365 Tage + 15% Verlust	15 kg/T. 200 Tage	t Silage	m <sup>3</sup> Siloraum	1 Tag = 8 Stunden	3 Tage = 21 Stunden	6 Tage = 42 Stunden
1	2	3	4	5	6	7
10 Bullen	20 Kühe	70	100	8,8	3,4	1,7
20 "	40 "	140	200	17,5	6,7	3,4
40 "	80 "	280	400	35,0	13,4	6,7
60 "	120 "	420	600	52,5	20,0	10,0
100 "		750	1000		35,7	17,8
200 "		1500	2000		51,2	35,7
300 "		2150	3000			51,2

Tabelle 2: Ernteeinheiten Bergeleistungen für ausgewählte Bestandsgrößen (siehe auch S. 53)

son mit einem zweireihigen Häcksler im Umhängeverfahren auf einen Kipper geladen, während die zweite Person für den Transport und die Übergabe in einen Dosierer verantwortlich ist. Laden auf der einen und Transport mit Einlagerung auf der anderen Seite erfordern bei diesem Verfahren etwa den gleichen Zeitbedarf. Dadurch wird die beachtliche Bergeleistung von fast 14 t/h erreicht, welche bei 6tägiger Erntezeit für einen Bestand von etwa 80 Mastbullen ausreichend ist. Der Übergang zum Parallelbetrieb hätte bei diesem Verfahren eine Steigerung von 50 % zur Folge, als selbstfahrender Häcksler oder als Quasi-Selbstfahrer mit ausreichendem Leistungsangebot und fein abgestuften Getriebe könnten sogar 25 t/h Bergeleistung erreicht werden. Pro Hektar wären damit nur noch 2 Stunden Bergezeit erforderlich und insgesamt könnte in 6 Tagen die Silage für etwa 130—150 Bullen geborgen werden, im Zweischichtbetrieb wäre dies sogar für Bestandsgrößen bis zu 300 Mastbullen möglich.

#### **Spitzenleistungen mit 3- und 4reihigen Häckslern**

Immer, wenn für noch größere Tierbestände die Maissilage geerntet werden soll, oder wenn eine kürzere Erntezeit im überbetrieblichen Maschineneinsatz angestrebt wird, müssen 3- oder sogar 4reihige Häcksler eingesetzt werden. Deren stündliche Leistung liegt zwischen 38 und maximal 55 t/h Bergeleistung. Aufgrund dieser enormen Futtermengen wird bei diesen Verfahren der Transport und die Einlagerung zum Problem. Für Hochsilos dürfte selbst bei „Dosierer“ in Verbindung mit einem eigenen Antriebsschlepper von etwa 80 kW bei 40 bis 45 t/h Einlagerungsleistung die Grenze liegen. Darüber hinausgehende Bergeleistungen (also 4reihige Häcksler) sind somit nur noch problemlos mit Flachsilos zu bewältigen. Aber auch dort läuft die Einlagerung nur dann störungsfrei ab,

wenn gewisse Regeln beachtet werden, denn der Ausfall eines einzigen Transportfahrzeuges würde die gesamte Einlagerungskette zum Stillstand bringen.

Grundsätzlich sollte deshalb bei diesen Verfahren auf einer betonierten Fläche vor dem Silo abgekippt werden. Dadurch steht für die Kipper eine sichere Standfläche zur Verfügung und das Walzfahrzeug (häufig sind es Radlader) kann in dieser Zeit noch Walzarbeit verrichten. Selbstverständlich werden derartige Verfahren wirkungsvoll nur im Parallelbetrieb eingesetzt, denn die Umhängezeit würde eine Minderleistung von etwa 10 bis 15 % erbringen. Ebenfalls ungünstig wirken sich zu kleine und vor allem zu kurze Schläge aus. Minderleistungen von 30 % liegen dabei im Bereich des Möglichen, wenn die Schlaggröße unter 3 ha und die Schlaglänge unter 200 m sinkt.

Doch selbst wenn alle diese Forderungen optimal erfüllt sind, kann die mit dem Häcksler mögliche Leistung nur erreicht werden, wenn genügend Transportfahrzeuge und ein belastbares Wegenetz zur Verfügung stehen. 40 bis 50 t Bergeleistung/Std. bedeuten nämlich je einen gefüllten 4-t-Wagen im Abstand von 5 Minuten. Für normale Feldentfernungen von etwa 1 000 m reichen bei 3reihigen Häckslern 3 Transportfahrzeuge aus, für jeweils zusätzlich 800 m Feldentfernung wird ein weiteres Transportfahrzeug benötigt. Nicht unbeträchtlich ist bei diesen Verfahren auch der Energieeinsatz. So werden für reibungslos ablaufende Bergeverfahren bis zu 500 kW gleichzeitig benötigt und auch diese Zahl zeigt das Überdimensionale solcher Verfahrensketten.

#### **Welche Verfahren wohin?**

Insgesamt stehen dem Landwirt durch die beschriebenen Verfahren Bergeleistungen von etwa 1 ha pro Tag bis hin zu 1,2 ha/Std. zur Verfügung. Aufbauend auf die Entscheidung, ob er

seine Silagebergung mit Eigenmechanisierung oder über den überbetrieblichen Maschineneinsatz durchführen will, kann er daraus für seinen Betrieb das günstigste Verfahren auswählen.

Einreihige Maschinen werden vor allem dort eingesetzt, wo für Milchviehbestände mit bis zu 60 Kühen Silomais geerntet werden soll. Für spezialisierte Mastbetriebe reicht diese Verfahrensart allerdings nicht aus. Sie müssen auf mehrreihig arbeitende Maschinen zurückgreifen.

Zweireihige Häcksler in gezogener oder angebaute Form sind kostengünstige Lösungen für Betriebe mit Eigenmechanisierung. Sie ermöglichen bei Milchviehbetrieben die Ernte in kürzester Zeit und würden bei maximal 20 Arbeitstagen und 8 Std./Tag nahezu 100 ha Silomaisfläche abernten können. Für den Einzelbetrieb sind sie bei 6 Arbeitstagen für Bestandsgrößen von etwa 150 Bullen ausreichend; wird je Tag in 2 Schichten gearbeitet, dann kann die Silage sogar für 300 Mastbullen geerntet werden.

Drei- und vierreihige Maschinen werden nur von spezialisierten Betrieben ab etwa 300 Mastbullen als Eigenmaschinen eingesetzt. Allgemein sind sie jedoch für den überbetrieblichen Maschineneinsatz vorgesehen und dort werden sie pro Tag in mindestens 2 Schichten oder sogar im „Rund-um-die-Uhr-Betrieb“ gefahren. Mit 3reihigen Maschinen lassen sich dadurch 14 bzw. 20 ha/Tag und mit 4reihigen Maschinen sogar 18 bzw. 24 ha/Tag im Zwei- oder Dreischichtbetrieb abernten. Bei 20tägigen Ernteperioden erreichen diese Maschinen dann insgesamt bis zu 400 ha bei 3reihiger und nahezu 500 ha bei 4reihiger Ausführung. Diese enorme Schlagkraft wird für viele Betriebe immer mehr zum Anreiz, auf Eigenmechanisierung zu verzichten und in kürzester Zeit in überbetrieblichem Maschineneinsatz eine hochwertige Silage zu erzeugen.

# Ein neues Verfahren zur Ernte und Verwertung des Maiskolbens

Dr.-Ing. R. W. Klaus Grimm

Wird 1978 auch ein Krisenjahr für die Körnermaisenernte wie 1965, 1972 und 1974? Alle Anzeichen deuten darauf hin. Reichlich Regen und kühle Witterung hemmen das Wachstum der Pflanze und bereiten so dem Praktiker viel Sorgen!

Außerdem befinden sich zur Zeit die Schweine- und Rinderpreise auf einem Tiefstand. Da heißt es mit spitzem Stift rechnen. In diesem Beitrag wird über ein neues Verfahren der Körnermaisenernte berichtet, deren Schlüsselmaschine der

Feldhäcksler ist. Die hervorstechenden Merkmale werden zum Teil mit denen des Pflückdruschverfahrens verglichen.

Die Abbildung 1) sagt u. a. aus, daß der Feldhäcksler mit entsprechendem Vorsatz in dem Bereich der Kornspindelnutzung der Maispflanze gute Arbeitsergebnisse erzielen kann. Dieses Arbeitsergebnis ist so bestechend, weil das erzielte relativ grobe Erntegut »Lieschkolbenschrot« selbst mit weniger als 40 % Trockenmasse wie Häckselgut mechanisch und pneumatisch in Silos eingefüllt und entnommen werden kann. Wenn der Mähdröschler in seinem Ernteeinsatz nicht so flexibel ist, so ist er doch sehr viel stärker verbreitet und stellt oft die alleinige Schlüsselmaschine auf den Betrieben der Schweineproduktion dar. Um optimale Arbeit und hohe Flächenleistung mit geringen Verlusten zu erbringen, sind entsprechender Abreifeegrad und gute Wetterbedingungen allerdings Voraussetzung.

In spezialisierten Veredlungsbetrieben mit zunehmendem Maisanteil müssen zwangsläufig alle Faktoren geprüft werden, ob es wirtschaftlicher ist, den Mähdröschler oder den Feldhäcksler als Schlüsselmaschine vorzusehen. Mit übermäßig hoher Fahrgeschwin-

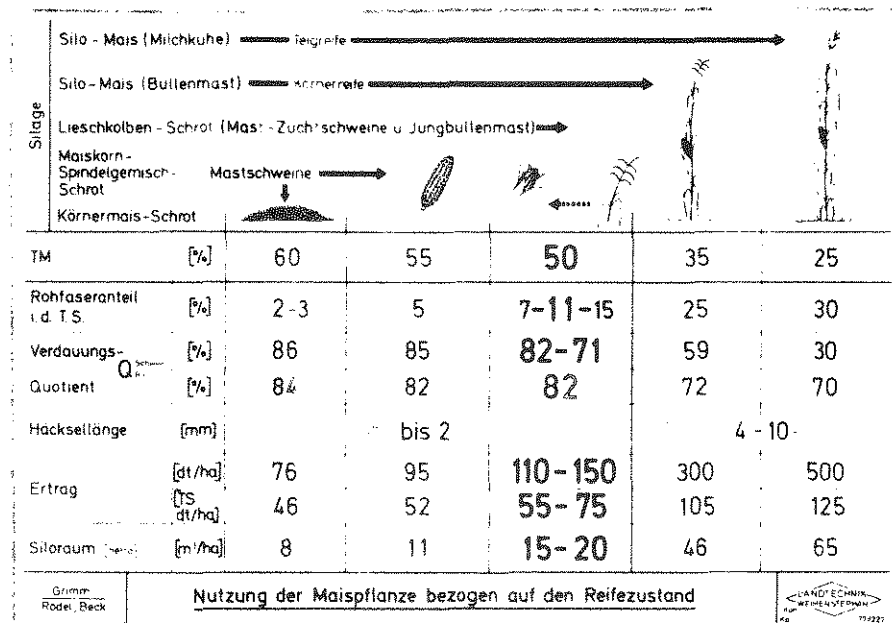


Abb. 1: Die stark markierten Zahlen beziehen sich auf das Lieschkolbenschrotverfahren (mäßige Ernteverluste beim Körner- oder Kornspindeldrusch wurden in dieser Darstellung nicht berücksichtigt).

Feldlänge (Mefflänge) = 400 m, Erntemaschine: Pflückvorsatz 4-reih.				
Produkt		KM	KSG	LKS
<b>Versuch I</b>				
Fahrgeschwindigkeit	m/s	-0,53	-0,53	-0,53
	km/h	1,9	1,9	1,9
TM	%	55,9	45,7	45,5
Rohfaser	%	2,5	6,9	10-10,5
Erntemenge	TS kg/ha	5354	5997	6538
Gesamt-Nährstoffe	KGN/ha	4710	5078	5284
	%	89,1	96,1	100
<b>Versuch II</b>				
Fahrgeschwindigkeit	m/s	-1,02	-1,01	-1,01
	km/h	3,67	3,64	3,65
TM	%	55,9	49,2	46,9
Rohfaser	%	2,5	5,4	10-10,5
Erntemenge	TS kg/ha	5142	6436	6874
Gesamt-Nährstoffe	KGN/ha	4523	5478	5582
	%	81	98	100
<b>Versuch III</b>				
Fahrgeschwindigkeit	m/s	-1,55	-1,48	-1,33
	km/h	5,58	5,3	4,79
TM	%	55,9	49,3	45,1
Rohfaser	%	2,5	5,4	10-10,5
Erntemenge	TS kg/ha	4576	5367	6497
Gesamt-Nährstoffe	KGN/ha	4025	4615	5317
	%	75,7	86,8	100

Abb. 2a: Tabelle zum Vergleich von Körnermais-Ernteverfahren in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit - Ernte 1977

KM = Körnermais  
KSG = CCM Kornspindelgemisch  
LKS = Lieschkolbenschrot

digkeit und steigendem Feuchtegehalt im Korn nehmen die Ernteverluste beim Mähdrescher zu.

Die Zunahme an Körnermaisbauflächen wurde stets nach Krisenjahren gestoppt. Der Anbau ging sogar zurück, in der Regel aber nicht, weil die Erträge geringer waren, sondern weil die Ernte nur unter großen Verlusten bewerkstelligt werden konnte bzw. der Körnermais auf dem Felde verblieb (Abb. 2a und 2b). Mit anderen Worten, die Technik war kaum in der Lage, unter schwierigen Verhältnissen noch gute Arbeit zu leisten, es sei denn, daß man die Fahrgeschwindigkeit erheblich reduzierte und im Parallelbetrieb dafür sorgte, daß ständig der Tank entleert werden konnte.

Andererseits bietet der Maisanbau im hohen Nährstofftrag pro ha in der Fruchtfolge und bei der Stallungausbringung Vorteile, die von vielen Betrieben in zunehmendem Maße genutzt werden wollen.

### Was bietet der Pflückdrusch heute?

Die Mitnahme der Spindel verringert die Ernteverluste (Riemann, v. Kaiser) und liefert zusätzliche Rohfaser. Vorwiegend aus diesen Gründen kommt dem Kornspindel-Ernteverfahren (Corn-Cob-Mix) für den Veredlungsbetrieb besondere Bedeutung zu. Der Spindelanteil ist bei den selbstfahrenden Maisreblern und Pflückdreschern in vielen Fällen einstellbar bzw. es werden Spezialzusatzeinrichtungen (u. a. System Haake) angeboten.

Mit zunehmender Kornfeuchte über 40 % und wachsendem Spindelanteil wird der Pflückdrescher zu einer »Futtermaschine« umfunktioniert, das Erntegut kann in der Regel nur

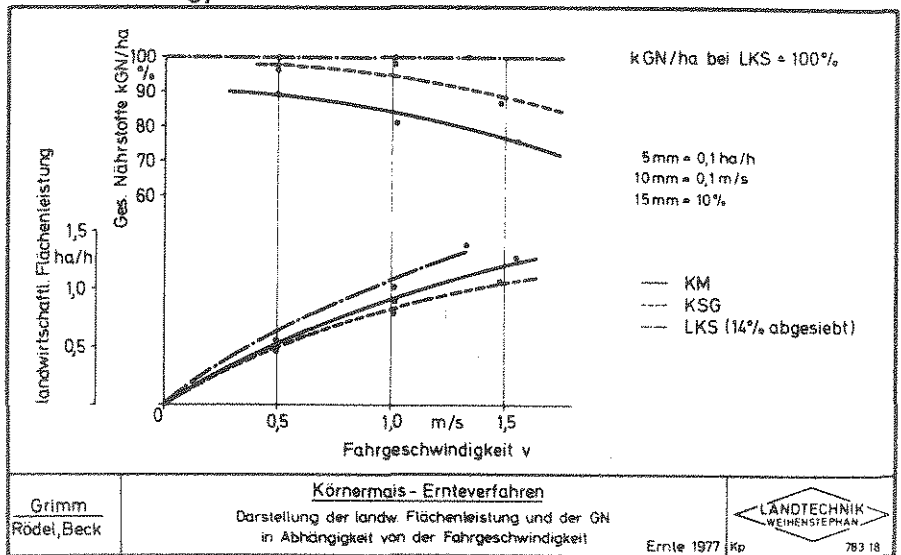


Abb. 2b: Darstellung der landwirtschaftlichen Flächenleistung und der GN in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit - Ernte 1977

noch verfüttert werden. Das relativ feuchte Erntegut stellt weitaus höhere Anforderungen an die Förderorgane, die zusätzlich einer verstärkten Korrosion ausgesetzt sind. Damit vermindert sich auch die Lebensdauer der Maschinen. Für den Lohnunternehmer, der sowohl Körnermais als auch Kornspindelgemisch ernten können muß, wird in der Praxis für jedes Verfahren eine Maschine bereitzustellen sein. Ein laufender Wechsel der Einbauten ist kaum zumutbar.

### Was bietet nun der Pflückhächsler heute?

Die vorliegende Alternativlösung - Lieschkolbenschrot - ist nicht nur eine Variante in der Erntetechnik, sondern leitet ein neues Verfahren mit vielen Möglichkeiten der Nutzung ein (vergl. Abb. 3). In der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan wurden im Heft 3/1978 »Lieschkolbenschrot, 2. Folge« umfangreiche Arbeitsergebnisse aus dem Anwendungsbereich Betriebswirtschaft, - Landtechnik, -

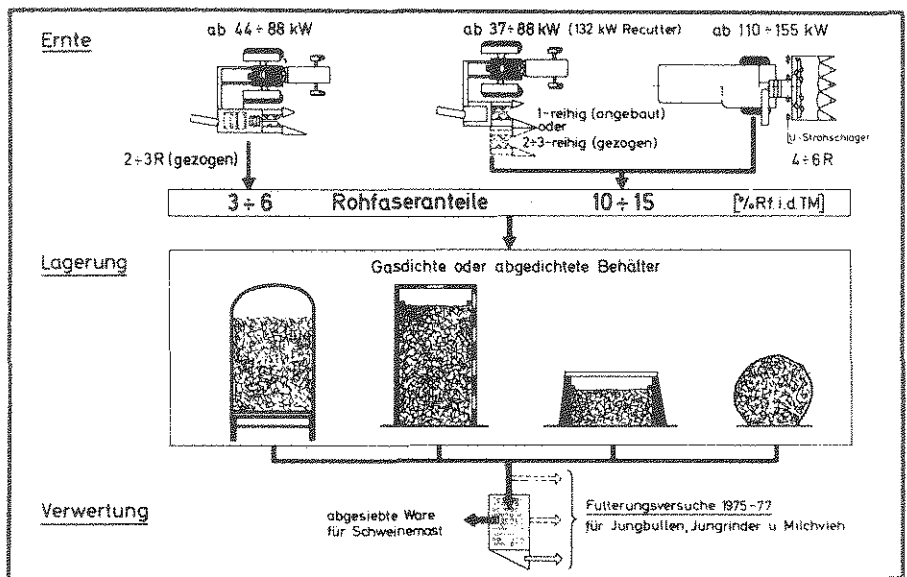


Abb. 3: Körnermais-Ernteverfahren mit dem Feldhächsler (Lieschkolbenschrot, Silage, Pflückhächsler)

Bei dem Vergleich LKS wurden der Erntemenge (feucht) 14 % Gewichtsanteile vorweg abgezogen. Dann ist das Gemisch - in TS kg/ha - von Kornspindelgemisch »KSG« mit dem von LKS energetisch in (KGN/ha) - vergleichbar.

Der Unterschied ist außer der Fahrgeschwindigkeit auch vom TM-Gehalt im Korn abhängig. Bei weniger als 50 % TM im Korn nehmen die Verluste zu, bei mehr als 60 % kann man mit geringeren Verlusten rechnen.

Tierernährung zusammengestellt. Einige neue Erkenntnisse sind diesem Bericht, der auf Anfrage geliefert werden kann, entnommen.

### Arbeitsergebnis des Pflückschroters im Vergleich zum Pflückdrusch

Wie beim Maisdrusch erhält der Feldhächsler den gleichen Pflückvorsatz, um die Maiskolben vom Stengel abzureißen. Zusätzlich übernimmt der Hächsler die tiergerechte Zerkleinerung des Maiskolbens, wobei es von Bedeutung ist, daß jedes Korn zer-

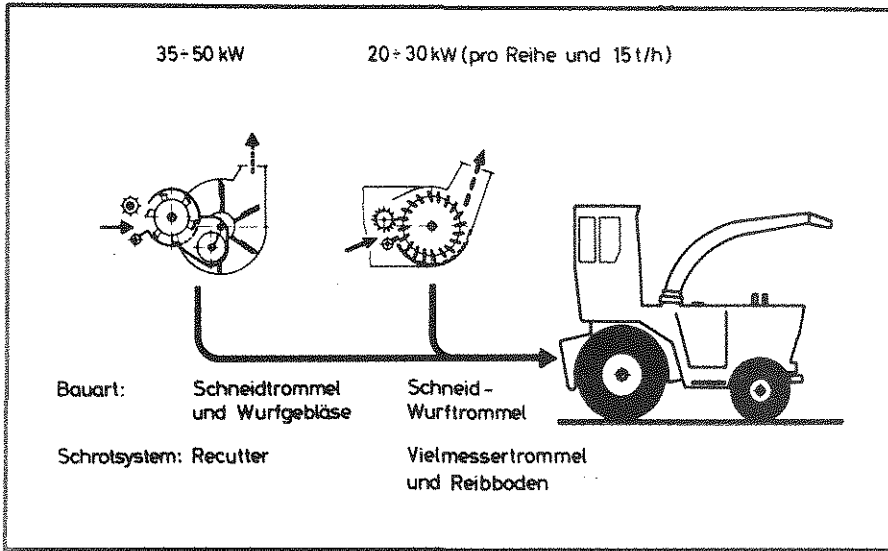


Abb. 4: Nachzerkleinerungseinrichtung im Schrotteil eines selbstfahrenden Feldhäckslers

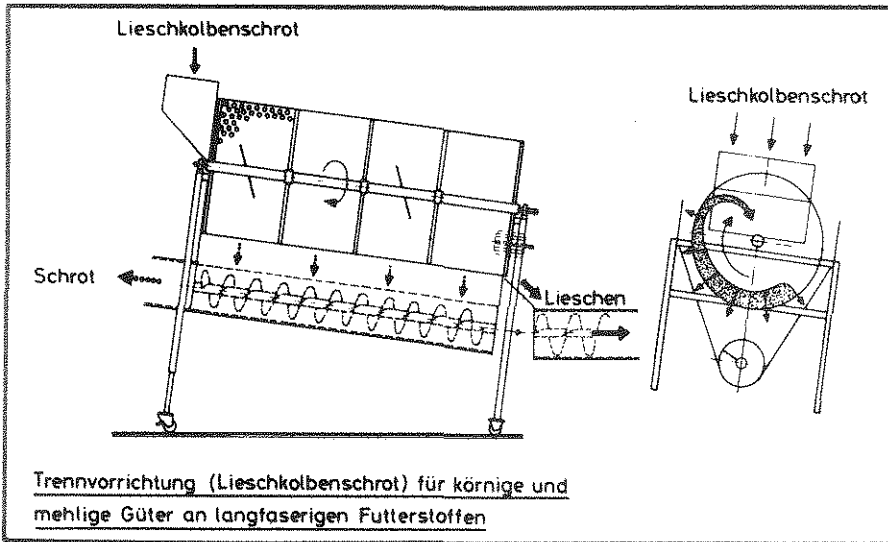


Abb. 5: Abseibvorrichtung für Lieschkolbenschrot in Trommelbauweise

Analysen-Nr. #)	Bezeichnung der Probe	Ges. TS i. u. S %	Roh- protein	Rohfett	Roh- faser	Asche	N-freie Extr. St.	Wasser	St E/kg TS	gGN/kg TS
7710052	LKS Ausgangsware	55,8	10,4	3,9	10,2	2,2	73,3	44,2		760
7702311	LKS-Schrot abgesiebte Ware	57,2	9,1	4,8	5,9	1,8	78,4	42,8		862
7702312	LKS-Lieschen	46,1	9,4	2,4	20,0	2,8	65,4	53,9	598	

\*) Analysen: Techn. Universität München - Bayer. Hauptversuchsanstalt für Landwirtschaft in Freising/Weihenstephan

100% Ausgangsware verteilen sich auf in { 20% Siebrückstand  
80% abgesiebte Ware LKS-Schrot  
(10mm<sup>ø</sup> Rundsieb)

Abb. 6: Analysenwerte von Lieschkolbenschrot-Silage  
schlagen wird, jedoch die Lieschblätter in ihrer Struktur erhalten bleiben. Eine in Weihenstephan neu konzipierte Vielmessertrommel (Abb. 4) löste diese Aufgabenstellung \*)

- Beim Pflückdrusch verbleiben die Lieschen auf dem Felde.
- Das Kornspindelgemisch wird in einem zweiten Arbeitsgang entweder vor oder nach der Einsilierung tiergerecht geschrotet.

- Beim Pflückschroten verbleiben die Lieschen unzerkleinert im Maiskolbenschrot.
- Bei Verwendung der LKS-Silage in der Schweinehaltung werden die in ihrer Struktur erhaltenen Lieschblätter mittels einer Vorrichtung (Rundsieb Abb. 5) in einem zweiten Arbeitsgang vom Kolbenschrot getrennt.

Auf einen einfachen Nenner gebracht:

- Kornspindelsilage und abgesiebte LKS-Silage stellen die gleichen Ausgangspunkte für die Schweinefütterung dar (Abb. 6 – Futteranalysen).

Während die selbstfahrenden Mäh-drescher in ausreichender Zahl vorhanden sind, gibt es eine echte Marktlücke für den in seiner Flächenleistung vergleichbaren selbstfahrenden Feldhäcksler (doch letzterer ist noch nicht sehr verbreitet). Daß der Feldhäcksler die Maiskolbenernte auch bei vergleichsweise schlechten Bedingungen – Trockenmassegehalt im Erntegut ab 35 % TM – problemlos bewerkstelligen kann, deutet auf eine bessere Ausnutzung der Grundmaschine hin.

Es wurde schon eingangs darauf hingewiesen, daß sich Lieschkolbenschrot im Arbeitsablauf wie Häckselgut leicht handhaben läßt. Grobe Bestandteile (Lieschen und grobe Spindelstücke) wirken wie Rohrputzer und werden als Siebrückstände vom Maiskolbenschrot erst nach der Entnahme aus dem Silo getrennt.

#### Was geschieht mit den Siebrückständen?

Die Lieschen haben auf dem Felde sicherlich keinen Futterwert. Dienen sie der verlustlosen Ernte – dies ist beim Pflückschroter der Fall – und verbleiben sie über dem Gärvorgang hinaus in der Silage, dann ändert sich der Futterwert durch anhaftende Mehlteilchen.

- Diese Lieschen können z. B. an Absatzferkel, im Tiefstall gehalten, verabreicht werden. Sie dienen dann als Knabberstreu und haben u. a. gesundheitsfördernde Wirkung.
- Leerstehende Zuchtsauen verwenden nicht nur die gesamte Lieschkolbenschrotsilage, sondern auch die Lieschen vollständig – ohne daß Futterreste im Trog verbleiben.
- Verwertung der Lieschen (Siebrückstände) in der Rinderhaltung. Der Wert der Siebrückstände läßt sich gut an einem Beispiel in der Rinderhaltung ermitteln!

Ernteertrag von 15 ha	225,0 t
6 % Gärverluste	- 13,5 t
	<u>211,5 t</u>

15 % Siebrückstand - 31,725 t

verbleibende LKS-Silage 179,775 t

abgerundet = 180,0 t

Mit diesem Siebrückstand von 31,725 t – oder auf den ha bezogen mit 21,5 dt – mit einem durchschnittlichen Futterwert von etwa 220 Stärke-Einheiten pro kg Silage lassen sich aufgrund lau-

\*) Teilergebnis eines gemeinsamen Arbeitsauftrages der Firmen Bautz/Claas, Deutz/Fahr, Mengede und Pöttinger an die Landtechnik Weihenstephan

Bezeichnung	DM insgesamt
<b>Proportionale Marktleistung</b>	
Bulle 600 kg LM, 4,35 DM/kg Loco Hof	2610
<b>Proportionale Spezialkosten</b>	
Bulle 130 kg LM, 9,15 DM/kg	1190
Sojaschrot (55 DM/dt) @ 1500 g/Tier und Tag	297
Mineralstoffmischung (77,5 DM/dt)	42
Streustroh	6
Tierarzt, Medikamente, Versicherung	45
Wasser, Strom, Stallgeräte	16
Zinanspruch, Unlaufvermögen	74
<b>Proportionale Spezialkosten insgesamt</b>	<b>1670</b>
<b>Deckungsbeitrag</b>	<b>940</b>
<b>Faktoransprüche</b>	
Mastplätze	
Arbeit	0,87 h
Tierbetreuung	9,0 AKh
Mastdauer	360 Tage
Lieschen (Ø 15 kg/Tier und Tag)	54 dt
Ø Zunahme 1300 g/Tier und Tag	
Futterwert der Lieschen	220 StE/kg (Silage)
Futterwert von Sojaschrot	720 StE/kg
Anfang	
Silage 8,0 kg Δ 1160 StE	
Soja 1,5 kg Δ 1080 StE	
Ende	
22,0 kg Δ 4840 StE	
1,5 kg Δ 1080 StE	
2240 StE	
5920 StE	

Abb. 7: Deckungsbeitrag und Faktoransprüche je Mastbulle bei der Verwertung von Lieschen (Siebrückstände als Silage verfüttert); (vorhandene Gebäude)

fender Versuche bei durchschnittlichen Zunahmen von 1200-1400 g ungefähr 6 Bullen ab Frühentwöhnung (130 kg) bis Endgewicht (600 kg) mästen.

Neben den Siebrückständen erhalten die Mastbulle ca. 1500 g Sojaschrot und eine entsprechende Mineralstoffmischung. Unterstellt man einen Deckungsbeitrag pro Bullen pro Tag (Abb. 7) von DM 940,— (Stallplatz wird vorausgesetzt), so errechnet sich ein Gewinn für das angenommene Beispiel von ca. DM 5 640,—. Mit anderen Worten, es lohnt sich, die Lieschen mitzuernten und zu verwerten, da der Zugewinn die Kosten für die Futterzentrale oder die Gesamtkosten für die Ernte deckt (DM 376,—/ha).

**a) Wie sieht eine entsprechende Futterzentrale aus?**

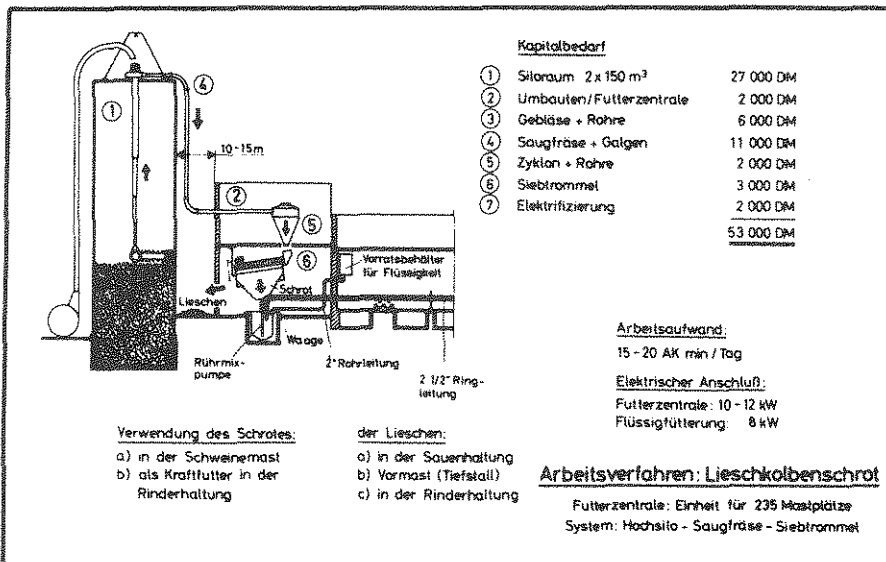


Abb. 9: Futterzentrale nach dem Obenfräsen-System m. Saugfräse u. Zyklen. Die gesamte Anlage (Abschreibung u. Zinanspruch) belastet die eingelagerte Silage (dt) mit DM 3,40. Bei vorhandenen Silos verringern sich die Kosten auf DM 2,—/dt LKS

Sorte »BRILLANT«

B [kg/h]	be [g/kWh]	[kW] für anteilige Leistungen	
32	0,232	138	Ernteeinsatz mit Strohschläger + Reserve für Zug
26,4	0,235	112	Ernteeinsatz mit Strohschläger
23,7	0,237	100	Ernteeinsatz ohne Strohschläger
16,7	0,270	62	Fahren + Schroter + Pflückvorsatz o. Strohschl.
15,1	0,285	53	Fahren + Schroter
14,7	0,290	51	Fahren
12,2	0,340	36	im Stand

\*geschätzt

Mehlfränge: 4 x 100 m = 400, Fahrtgeschwindigkeit: ± 1,1 m/s

be = spez. Kraftstoffverbrauch (entnommen aus RND-Kennfeld 214 5508 UD 0147-99 f. Motor FB 433) 1 kg Kraftstoff = 1,25 l

Ernte 1976 Ernteleistung: 15,8 t/h; Rohfaser = 10,9%, FM = 52,1%

Abb. 8: Kraftstoff-Verbrauchsmessungen

**Arbeitsablauf auf der Versuchsstation:**

Seit drei Jahren wird das Lieschkolbenschrot-Verfahren angewandt. Im Längsbau (eine umgebaute Feldscheune) sind 350 Mastplätze (Tiefstall) angeordnet. Der Anbau mit den zwei Gärfutterbehältern - Ø 4,60 m, Höhe mit Topfundament 14 m - stellt die Futterzentrale dar. In den zwei Silos wird der Ertrag von 24 ha Körnermais\* - als Lieschkolbenschrot geerntet - einsiliert. Die Beschickung erfolgt über ein Wurfgebläse. Den Transport des Siliergutes vom Feld zum Hof und die dosierende Entleerung in das Gebläse übernehmen zwei Automatikwagen. Für die Ernte des Lieschkolbens ist ein 4-reihiger Pflückhächsler verantwortlich. Die Zusatzeinrichtung für die Körnermaiserte für den selbst-

fahrenden Feldhächsler kostet ca. DM 35 000,—. Zwei Arbeitskräfte können mit diesem Maschinenpark unter günstigen Bedingungen eine Flächenleistung von 1 ha/h erzielen. Für die Entnahme ist seit geraumer Zeit eine Saugfräse eingesetzt, die die LKS-Silage staubfrei in die Futterzentrale fördert. Hier wird die Silage durch das Rundsieb aufbereitet. Im Vordergrund die zwei sich ergänzenden Erntemaschinen

Der Mähdescher optimal für die Körnerernte.

Der Feldhächsler optimal für die Futterernte.

Beim Einsatz in der Maiskolbenernte 1978 werden sie sich besonders bewähren müssen.

**b) Was kostet die Futterzentrale?**

Der Kapitalbedarf für die Konservierung und für die Aufbereitung von Lieschkolbenschrot-Silage sowie die entsprechend anfallenden Kosten sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.

Hochsilo	Kapitalbedarf	Kosten
1 Siloraum	300 m³ à DM 90,00/m³ 27 000	2 700
2 Umbauten f. Futterzentrale	2 000	200
3 Gebläse und Rohre	6 000	600
4 Entnahmefräse	11 000	1 870
5 Zyklen und Rohre	2 000	200
6 Siebtrommel	3 000	300
7 Elektrifizierung	2 000	200
<b>Summe:</b>	<b>53 000</b>	<b>6 070</b>

Kapitalbedarf und Kosten der Konservierung und Aufbereitung von Lieschkolbenschrot (235 Mastplätze, ungefähr 600 Mastschweine im Jahr).

Zugrunde gelegt sind 235 Mastplätze und 15 ha Körnermais. Bei einem Ertrag von 15 t/ha fallen 225 t Lieschkolbenschrot an, abzgl. 6 % Gärverluste und 15 % Siebrückstände, verbleiben 180 t Lieschkolben-Silage (TM -52 bis 54 %, Rohfaser 8 %).

Futterzentrale: 2 Silos à 150 m<sup>3</sup> für 15 ha Körnermais.

**e) Wie hoch belastet die Futterzentrale die Futterkosten?**

Unterstellt wird eine Futterration für 80 kg Zuwachs pro Schwein. Hierfür sind pro kg Zuwachs pro Schwein erforderlich:

2500 GN =	200,00 kg GN
+ Eiweiß 34 kg mit	
620 GN =	- 21,08 kg GN
+ Beifütterung Weizen 60 kg mit	
770 GN =	- 46,20 kg GN
<hr/>	
Es verbleiben Lieschkolbenschrot-Silage	132,72 kg GN

Versuche haben ergeben, daß 294 kg Lieschkolbenschrot-Silage 132,70 GN enthalten. Aufgerundet bedeutet es, daß pro Schwein ungefähr 300 kg Lieschkolbenschrot-Silage benötigt werden.

Mastschweine sind als Faustzahl 0,5 m<sup>3</sup> Brutto-Siloraum bereitzustellen. Brutto-Siloraum schließt den erforderlichen Raumanteil für Lieschen und den Leerraumanteil mit ein.

(siehe obenstehende Tabelle).

Nachdem 180,0 t abgeseibte Silage zur Verfügung steht, kann man davon ausgehen, daß mit dieser Menge 600 Schweine versorgt werden können. Bei der angegebenen Futterration lassen sich durchschnittlich 620 g Zuwachs pro Tier und Tag erzielen. Das entspricht einer Mastdauer von 129 Tagen.

Unterstellt man eine Mastplatzausnutzung (Stallreinigung-Auseinanderwachsen der Gruppen) von 90 %, so ergibt sich eine Mastdauer von 143 Tagen bzw. eine Mastplatzausnutzung von 2,55 %. Für die 600 jährlich zu mäsenden Schweine sind also 235 Mastplätze bereitzustellen.

Die jährlich anfallenden Kosten einer optimal installierten kompletten Futterzentrale belasten:

a) den Mastplatz mit durchschnittlich DM 26,—

b) das Schwein mit durchschnittlich DM 10,— oder

c) bei 40 Schweinen pro ha den ha mit DM 400,—

(Kornspindelgemisch: Vergleichbare Futterzentrale mit Schrotmühle und um 1/3 weniger Siloraum etwa DM 24,— pro Mastplatz).

**Futternvorlage für Lieschkolbenschrot in der Schweinehaltung**

a) Beobachtungen bei der Futternvorlage –

Um die Lieschen abzutrennen, muß die LKS-Silage vor der Verfütterung über eine Siebvorrichtung geleitet werden. Bei entsprechender Siebwahl läßt sich der Rohfaseranteil von 11 auf 8 bzw. 6 % einheitlich reduzieren.

Wird abgeseibt, läßt sich die Silage auch mit automatischen Flüssigfütterungsanlagen einwandfrei dosieren bzw. verteilen.

b) LKS-Silage kann bis zur vollen Sättigung an Mastschweine verabreicht werden.

c) Je nach Trockensubstanzgehalt der LKS-Silage sind 0,7 bis 1,5 kg Ergänzungsfutter erforderlich, um durchschnittliche Zunahmen von 620 g und mehr zu erzielen.

d) Bei der Verfütterung von Lieschkolbenschrot-Silage geht die Geruchsbelästigung beachtlich zurück.

e) LKS-Silage bringt mehr Stallruhe, weniger Kannibalismus und verringert Ausfälle.

f) LKS-Silage ist ein gutes Mittel gegen Durchfall bei neu eingestellten oder abgesetzten Ferkeln.

g) Futterrationen mit überwiegender Lieschkolbenschrot-Silage und auch Kornspindelsilage können bei Fließmistkanälen zu Verstopfungen führen. Es empfiehlt sich hier:

- den Rohfaseranteil auf 8 Prozent zu begrenzen.

Erntegut:	erforderl. Siloraum in m <sup>3</sup>	pro Schwein
	pro ha	
● Kornspindelgemisch	11–13	≈ 0,3
● Lieschkolbenschrot	15–20	≈ 0,5

Eine tägliche Mindestfutter-Entnahme von 5 cm aus dem Hochsilo sollte eingehalten werden.

- bei Neubauten eine Kanaltiefe von mind. 100 cm und eine Breite von 150 cm und mehr anzustreben. Die Kanallänge auf 8 bis 12 m zu begrenzen, also mehr Querkanäle vorzusehen.

- Spülsysteme einzubauen – auf jeden Fall in die Mistkanäle von Teilspaltenbodenställen!

- nach jedem Treibkanal im Querkanal einen Schieber vorsehen, damit ein Stau-Schwemmverfahren angewendet werden kann. Die Ursache der Verstopfung von Treibmistkanälen liegt in der Nichtzerkleinerung der harten Maiskörnschalen, die sich am Boden ablagern. Der höhere Rf-Anteil bewirkt eine verstärkte Schwimmdeckenbildung (tiefere Kanäle!).

- Spülsysteme einzubauen, auf jeden Fall in die Mistkanäle von Teilspaltenbodenställen!

**Zusammenfassend stellt die Lieschkolbenschrotsilage ein in der Schweinemast neues Futtermittel dar.** Als Gärfutter bringt es eine gute Verdaulichkeit mit und trägt zur Gesundheit der Tiere sowie einer Verbesserung des Stallklimas bei. Komplette Futterzentralen, bestehend aus Gärfutterbehälter, Entnahmetechnik sowie der Aufbereitung gewährleisten ein einheitliches Futter über das Jahr. Die Siebrückstände von Lieschkolbenschrotsilage lassen sich gut verwerten.

**Lieschkolbenschrot in der Rinderhaltung?**

Auf diesem Gebiet liegen noch keine wissenschaftlichen Ergebnisse vor. Ersten praktischen Versuchen zufolge wird man bei genügend Fläche den Anteil an Silomais und den Anteil an Getreidefläche zugunsten eines Anteiles an Körnermais verringern können. Insbesondere wenn die Nährstoffträge beim LKS-Verfahren deutlich höher liegen als bei der Nutzung der Fläche über Futtergetreide.



**Als Vorteile stehen in Aussicht:**

- Einsparung an Siloraum: 2/3 gegenüber Silomais
- Einsparung an Arbeitsstunden bei der Ernte: 1/2 gegenüber Silomais
- Einsparung durch weniger Gärverluste: (Gewicht %) 7 gegenüber 15 b. Silomais

- höhere Erträge gegenüber Futtergetreide

- eine Schlüsselmaschine für Rau- und Kraftfutter

Gegenüber dem Kornspindelverfahren mit dem Pflückdrescher sind weitere Vorteile zu nennen:

- Bisherig wurde die Möglichkeit ertragreichere Körnermaissorten in

guten Standortgebieten zum Vorteil dieses neuen Ernteverfahrens anzubauen noch nicht berücksichtigt. D. h. die Lieschkolbenernte ermöglicht immer höhere Nährstoffträge pro ha in vergleichbaren Anbaugebieten als die bekannten Ernteverfahren, und zwar um ca. 20 Prozent und mehr pro ha.

- höhere Flächenleistung, Dauereinsatz um die Uhr ist möglich,
- sichere Erntemethode, auch unter ungünstigeren Witterungsbedingungen.

Abb. 10

**Wirtschaftlichkeit der Lieschkolbenschrot-Silage (LKS) im Vergleich zum Futtergetreide\*) bei unterschiedlichen Ertragsverhältnissen\*\*)**

Erntedaten	Ertragsniveau			Ertragsniveau			Ertragsniveau		
	LKS	△	[KM]	LKS	△	[KM]	LKS	△	[KM]
Ertrag (86 % TM) dt/ha	75		50	80		65	95		80
Rohfaser in % TM	10-13		2-3	9-11		2-3	8-10		2-3
TM-Gehalt in % bei der Ernte	45		52	53		60	60		67
Ertrag (bezogen auf TM-Gehalt in % bei der Ernte) dt/ha	143			130			136		
Bezeichnung	Einheiten	DM/Einheiten	DM insges.	Einheiten	DM/Einheiten	DM insges.	Einheiten	DM/Einheiten	DM insges.
I. Proportionale Marktleistung LKS (86 % TM) - 6 % Gärverluste (Silage)	75 dt	38,00***)	2850	80 dt	40,00	3200	95 dt	40,00	3800
			2679			3008			3572
II. Proportionale Spezialkosten									
Saatgut	33 kg	3,30	109	33 kg	3,30	109	33 kg	3,30	109
N	140 kg	1,40	196	160 kg	1,40	224	180 kg	1,40	252
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	140 kg	1,00	140	150 kg	1,00	150	170 kg	1,00	170
K <sub>2</sub> O	200 kg	0,50	100	220 kg	0,50	110	150 kg	0,50	125
Pflanzenschutz			60			60			60
Hagelversicherung			28			37			45
Prop. Maschinen- und Schlepperkosten			125			130			135
Lohnpflück-Schroten			300			300			300
Umlaufvermögen			26			28			31
Kosten der Futterzentrale?)									
Syst. Hochsilo: DM 3,40/dt Silage (bei vorhanden. Silos: DM 2,00 dt/Silage)			486			442			462
Proport. Spezialkosten insgesamt (bei vorhandenen Silos)			(286)			(260)			(272)
			1570			1590			1689
III. Deckungsbeitrag (I minus II) (bei vorhandenen Silos)			(1370)			(1408)			(1499)
			1109			1418			1863
			(1309)			(1600)			(2073)
Zur Erzielung annähernd gleicher Deckungsbeiträge - erforderliche Futtergetreideerträge (bei vorhandenen Silos)			45 dt/ha (53 dt/ha)			55 dt/ha (62 dt/ha)			67 dt/ha (74 dt/ha)
Faktoransprüche:									
Ackerfläche			1 ha			1 ha			1 ha
Anbaumöglichkeit Mais			1 ha			1 ha			1 ha
Arbeitszeitbedarf			16 AKh			16,5 AKh			17 AKh

**Zukunftsaussage:**

»Das Verfahren der Lieschkolbenschrot-Silage ist vornehmlich Betrieben auf Grenzstandorten für den Körnermaisanbau mit ausschließlich innerbetrieblicher Verwertung des Erntegutes zu empfehlen. Zukünftig dürfte das Verfahren aufgrund einiger bedeutsamer Vorteile, wie hohe Schlagkraft, geringe Ernteverluste und hoher Nährstofftrag auch auf körnermaissicheren Standorten an Bedeutung gewinnen« (Steinhauser). Es werden sicherlich noch einige Jahre verstreichen, bis alle Vorteile des Verfahrens entsprechend erkannt und genutzt werden können. Dem Praktiker steht schon jetzt, zumindest planerisch, der Vergleich ins Haus.

**Faustregel:** Liegen die Nährstoffträge beim Mais (LKS) - vergl. Ertragsniveau Abb. 10 - deutlich höher als im Getreidebau (z. B. 1/3) und dies trifft für mehr Gebiete zu, als man vermutet, dann wird man m. E. in wenigen Jahren den Körnermaisanbau vorwiegend zu Lasten des Futtergetreideanbaues um 20 000 ha und mehr ausdehnen können. Mitvoraussetzung für diese Prognose ist der Einsatz des Feldhäckslers bei der Kolbenmaisernte. In den USA haben vergleichsweise Gebiete im Maisgürtel eine ähnliche Entwicklung hinter sich. Hier werden für die Maisernte auf dem Veredlungsbetrieb - vorwiegend in der Rinderhaltung und in der kombinierten Rinder- und Schweinehaltung - noch alle drei Verfahren (Silomaishäcksler, Kolbenpflücker und Pflückdrescher) auf ein und demselben Betrieb entsprechend dem Reifestadium der Pflanze eingesetzt.

Der Feldhäcksler, ausgerüstet mit den Vorsätzen Mähwerk, Pick-up, Mais-schneidwerk, Kolbenpflücker und Maisstengelschneidwerk, stellt dann sicherlich die ideale Schlüsselmaschine für die Futterernte dar und ist voll vergleichbar mit dem Mähdrescher und seinen variablen Vorsätzen: Mähwerk (Getreide), Pick-up (Ölsaaten) und Pflückvorsatz (Körnermais und Kornspindelgemisch).

\*) Berechnungsgrundlagen: Dem Körnermais-Verkaufsfruchtbau<sup>1)</sup> entsprechende Lieschkolbenschrotertragsbewertung: Körnermais-Ernteverluste<sup>2)</sup> wurden beim Ertragsniveau nicht berücksichtigt! LKS<sup>3)</sup>KM. Futtergetreidebau: 42,50 DM/dt Futtergetreide Loco Hof, Lohnmähdrusch, Lohnrocknung.  
 \*\*) Der Einsatz von ertragreicheren Sorten - FAO 240 - 270 - hat keinen Einfluß auf das Risiko bei der Ernte mit dem Pflückschroter.  
 \*\*\*) Erhöhter Rohfaseranteil bei zunehmender Gutfeuchte verringert den Futterwert.  
 1) Steinhauser: »Körnermais im Wettbewerb«, Mais Nr. 1, 1976, S. 4-13  
 2) Grimm: »Lieschkolbenschrot - Das Produkt eines neuen Körnermais-Ernteverfahrens«, Landtechnik Heft 10, Oktober 1977; Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 2. Folge, Heft 3, 1978, S. 3-30

L i t e r a t u r :

- 1) Roth-Maier, D.;  
Kirchgessner, M.;  
Grimm, K.;  
Roth, F.X.: Zur Verfütterung verschiedener Maiskolbenschrot-Silagen in der Schweinemast.  
"Das wirtschaftseigene Futter" (19),  
1973, H. 2, S. 73 - 79.
- 2) Grimm, K.: Technik der Maiskolbensilage.  
Schlüter-Schriftenreihe: "Landtechnik von morgen", Folge 13, S. 22 - 33.
- 3) Roth-Maier, D.: Die Fütterung von Maiskolbensilage an Schweine.  
Schlüter-Schriftenreihe: "Landtechnik von morgen", Folge 13, S. 33 - 35.
- 4) Grimm, K.: Technik für die Maiskolbenschrot-Silage.  
"Bayer. Landw. Jahrbuch", 53. Jhrg., H. 1/1976.
- 5) Roth-Maier, D.;  
Kirchgessner, M.: Zur Verdaulichkeit von frischem, siliertem und getrocknetem Maiskolbenschrot an Schweine.  
"Das wirtschaftseigene Futter", (21),  
H. 3, S. 211 - 224.
- 6) Steinhauser, H.: "Körnermais im Wettbewerb",  
Mais Nr. 1, 1976, S. 4 - 13.
- 7) Steinhauser, H.;  
Kraxner, K.: Erzeugung und Verwertung von Lieschkolbenschrot-Silage.  
Mais Nr. 2, 1977, S. 34 - 36
- 8) Grimm, K.: Lieschkolbenschrot.  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan,  
1976, S. 1 - 25
- 9) v.Keiser, H.: Körnermaiskonservierung in Grenzanbau-  
gebieten.  
Dissertation, Kiel 1975
- 10) Steinhauser, H.;  
Kraxner, K.;  
Grimm, K.: Maiskolbenernte mit dem Pflückschroter -  
ein neues Ernte- und Konservierungsver-  
fahren für Körnermais.  
"Badische Bauernzeitung", Nr. 37, 30. Jhrg.  
Sept. 1977, S. 32 - 38.
- 11) Kromer, K.H.;  
Dallinger, J.: "Erntetechnik und Verfütterung von Körner-  
maisstroh".  
Mais Nr. 3, 1978.

Elektronische Waage zur Bestimmung der Erntemengen auf einem Grünfutterparzellenernter Stanzel, H.

Zur Lösung von Fragen in der Futterpflanzenzüchtung werden in großem Umfang Anbauversuche im Freiland mit Parzellen bis  $10 \text{ m}^2$  Fläche durchgeführt. Mehrmals im Jahr müssen die Aufwuchsmengen jeder Parzelle, sowie aus Stichproben daraus die Inhaltsstoffe bestimmt werden. Hierzu schneidet man die Pflanzen ab, nimmt das Schnittgut verlustfrei auf und wiegt es. Parzellenummer und Schnittgutgewicht werden protokolliert. Aus dem Schnittgut werden repräsentative Proben gezogen und etikettiert. Das restliche Schnittgut ist abzuräumen, um das weitere Wachstum der Pflanze nicht zu behindern. Um ein zügiges Arbeiten zu ermöglichen, sind hierzu 5 bis 8 Arbeitskräfte nötig.

Zur Erhöhung der Arbeitsproduktivität werden derzeit selbstfahrende Maschinen eingesetzt, die das Grüngut schneiden, aufnehmen und in einem Behälter sammeln. Mit der beschriebenen elektronischen Waage, die auf diese Maschinen montiert wird, kann der Maschinenführer auch noch die Gewichtsbestimmung und Protokollierung vornehmen, so daß weitere Arbeitskräfte eingespart werden können.

## 2. Aufbau und Funktion der Waage

Die Anlage besteht aus einem Kraftaufnehmer, dem Meßgerät und einem Steuerpult. Das von der Maschine aufgenommene Erntegut fällt in eine Wanne, die nach dem Füllvorgang aus ihrer Fixierung gelöst wird und dann frei pendelnd an dem Kraftaufnehmer hängt. Dieser gibt ein elektrisches Signal ab, das dem Gesamtgewicht proportional ist. Im anschließenden Verstärker wird das Signal auf ein größeres, normiertes Niveau gebracht und im folgenden Tiefpaßfilter von periodischen Schwingungen befreit. Ein Analog-Digital-Wandler setzt das Signal in eine digitale Information um und zeigt das Gewicht in numerischer Form vierstellig an. Auf einen Befehl vom Steuerpult übernimmt der Drucker das Ergebnis und druckt es zusammen mit einer fortlaufenden Nummer und der Parzellenummer aus. Der Meßbereich der Waage geht bis 100 kg; er kann durch Austausch des normierten Kraftaufnehmers im Bereich von 5 kg bis 100 t verändert werden.

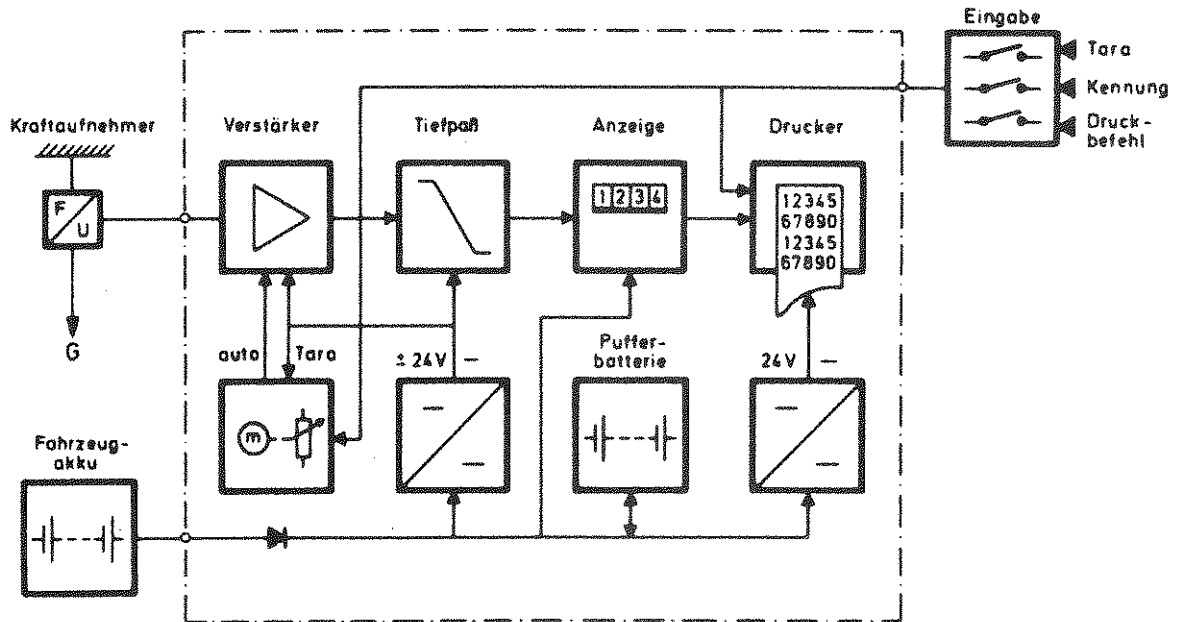


Bild : Blockdiagramm der Waage

Am Steuerpult kann man die Anlage einschalten. Hier erfolgt auch die Eingabe der Parzellenummer über einen dreistelligen Digitalschalter und die Tarierung von Vorlasten. Das Gerät wird aus der Fahrzeugbatterie gespeist und enthält zur Überbrückung kurzzeitiger Spannungseinbrüche einen zusätzlichen NiCd-Akkumulator.

### 3. Installation und Kalibrierung

Meßgerät und Steuerpult müssen mit geeigneten Teilen in Reich- und Sichtweite des Fahrers befestigt werden. Im Bedarfsfall können Sie auch getrennt voneinander angeordnet werden. Als Betriebslage sind Neigungen bis  $45^{\circ}$  zulässig. Schwingungsisolatoren schützen die Anlage vor Schock. Der Kraftaufnehmer ist so über der Wanne zu montieren, daß die Kraft- richtung mit seiner Längsachse zusammenfällt und während der Messung keine Seitenkräfte und Drehmomente auf ihn einwirken können. Das läßt sich mit Kreuzgelenk, Kette oder Seil sicherstellen, Die Wanne darf während der Wägung keine Berührung mit den umgebenen Konstruktionstei-

len haben.

Die drei Kabel zum Steuerpult, zum Kraftaufnehmer und zur Stromversorgung sind so zu verlegen, daß sie vor mechanischen Verletzungen sicher sind. Über eine Steckkupplung kann die Anlage mit der 12-V-Batterie aus dem Fahrzeugnetz gespeist werden.

Nach einer Einlaufzeit von 10 Minuten kann die Kalibrierung beginnen. Die Anlage besitzt zwei Ausgabegeräte, die sich bei der Auflösung um eine Zehnerpotenz unterscheiden. Der Drucker gibt den Meßwert nur 3-stellig mit einer Auflösung von 100 g aus. Der Digitalanzeiger hat eine Auflösung von 10 g; bezogen auf den Meßbereichsendwert von 100 kg sind das 0,01 %. Die Kalibrierung kann deshalb mit dem eingebauten Digitalanzeiger vorgenommen werden. Dazu wird der Schalter S 1 des Tarierautomaten TMS 3538 auf 1:1 (Durchgang) geschaltet.

Die Wanne muß leer sein und frei von Schwingungen. Nun kann mit dem Nullpunkttrimmer P 22 am Verstärker MG 3150 A die Anzeige auf Null gebracht werden. Sollte der Verstellbereich des Trimmers nicht ausreichen, dann muß R 34 auf der Leiterplatte verändert werden. Die Werkseinstellung mit 22 kOhm (TK=50 ppm) entspricht einem Wannenleergewicht von 42 kg. Bei einem größeren Wannengewicht muß der Wert von R 34 verkleinert, bei einem kleineren Wannengewicht vergrößert werden.

Nach dem korrekten Nullabgleich wird die Wanne mit einem genau bekannten Gewicht von z. B. 90 kg ( $\pm 0,01$  kg) mittig belastet. Am Trimmer P 26 "Meßbereich 1" läßt sich die Anzeige auf den Sollwert 90,00 stellen. Ein Springen der Anzeige um  $\pm 1$  Ziffernschritt ist zulässig. Nach Beendigung dieser Arbeit ist der Schalter am Tarierautomat wieder auf "Tariieren" zu stellen. Weitere Einstellungen sind nicht zu empfehlen, da diese nur im Rahmen einer großen Inspektion mit entsprechenden Meßmitteln vorgenommen werden sollen.

## 4. Bedienungsanleitung

Vorbemerkung :

Die Anlage kann nur an einer gut geladenen Fahrzeugbatterie ( $\geq 12$  V), in Normalfall also bei laufendem Motor betrieben werden. Bei Batterieausfall sorgt zwar der eingebaute NiCd-Akkumulator für die Speisung der Elektronik; seine Kapazität ist jedoch so gering, daß nur etwa 1 Minute überbrückt werden kann.

### 4.1 Vorbereitung

Deckel öffnen, Drucker an Schraube lösen und herausziehen. Deckblech abnehmen und Papier einlegen entsprechend der Skizze an der Deckelunterseite.

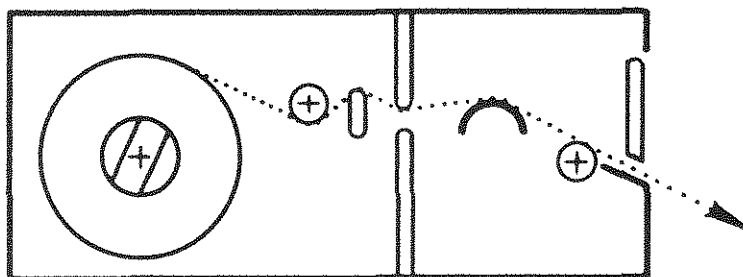


Bild 5 : Papierführung

Korrekten Papiervorschub durch mehrmalige Druckauslösung kontrollieren. Deckblech auflegen, Drucker wieder einschieben und festschrauben. Am Steuerpult die Tasten "Tara", "Parzelle" und "Druck" betätigen. Zum Abschluß den Frontdeckel dicht schließen.

### 4.2 Absätziger Betrieb

Fahrzeug anhalten, Wanne entriegeln und ausschwingen lassen, bis die Digitalanzeige 00.00 zeigt. Kommen z. B. durch Windkräfte Schwankungen

der letzten Stelle vor, dann ist das ohne Belang, weil der Drucker diese Stelle ohnehin nicht übernimmt. Verursachen die Windkräfte größere Schwankungen - im Testbetrieb wurden solche bis + 4 kg beobachtet - , dann muß die Wanne durch einen Windschutz vor diesen Kräften geschützt werden.

Taste "Tara" drücken, Wanne mit Schnittgut füllen und ausschwingen lassen. Parzellenummer eintippen. Hat die Anzeige auf den ersten drei Stellen einen konstanten Wert erreicht, dann kann der "Druck" ausgelöst werden. Der Drucker gibt nun eine Zeile aus:

z. B.            014    007 348

Der erste Block enthält eine fortlaufende Nummer (014), die der interne Numerator bei jedem Druckvorgang bildet. Der zweite Block zeigt die am Steuerpult eingestellte Parzellenummer (007). Der letzte Block zeigt das Gewicht, das von der Digitalanzeige übernommen wurde (34,8 kg). Anschließend wird die Wanne wieder fixiert und entleert.

#### 4.3 Fortlaufender Betrieb

Sind die Erntemengen der Parzellen nur gering, dann läßt sich durch Verzicht auf die Wannentleerung Zeit gewinnen. Nach dem Ausdruck der Daten der zuletzt geernteten Parzelle wird das Gewicht der Wanne mit der Tarataste zu Null tariert und das Erntegut der nächsten Parzelle dazugefügt. Der Taraautomat akzeptiert diese Betriebsart ohne Fehler bis zu einem Gesamtfüllgewicht von 100 kg. Jedes Überschreiten dieser Grenze führt zu krassen Fehlmessungen. Eine Kontrolle der Gesamtmenge wäre mit dem Umschalter des TMS 3538 auf die Stellung "1 : 1" möglich. Das ist im Routinebetrieb jedoch nicht zu empfehlen, weil dann der Deckel abgenommen und der Schalter mit Schraubendreher betätigt werden muß. Besser ist es, man bleibt um einiges unter 100 kg, was sich mit dem Auge leicht abschätzen läßt.

## Ein methodischer Versuch zur Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern

Von H. Auernhammer, H. Schön und H. R. Wätjen<sup>1)</sup>

### Zusammenfassung

Mit der aufgezeigten Methode zur Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern wurde versucht, objektive ergonomische Kennwerte zu erstellen. Dabei zeigte sich, daß für eine allgemeine Anwendung ergänzende methodische Arbeiten erforderlich sind und eine Gesamtauswertung über die Datenverarbeitung von Vorteil wäre. Die untersuchten Schlepper der Bauarten „Standardschlepper, Geräteträger und System- oder Trac-Schlepper“ zeigten erhebliche Unterschiede in bezug auf die Sichtfeldeinengung. Äußerst ungünstig schnitt dabei der untersuchte Trac-Schlepper ab, während der Geräteträger sehr günstig lag und der Standardschlepper eine Zwischenstellung einnahm. Schon diese ersten Ergebnisse unterstützen die Forderung, derartige Untersuchungen auf alle Schlepperfabrikate und -typen auszudehnen, um damit dem Landwirt eine zusätzliche Entscheidungshilfe an die Hand zu geben.

### Summary

The visibility on tractor driver places nowadays is considered subjectively. In the shown method it is tried to find an objective classification for it.

With this method three tractor-types have been analyzed. The least unvisibility thereby has brought the tool carrier. A medium position was ascertained from the standard tractor, rear wheel driven, whereas the worst result in this examination had the so-called „system-tractor“.

After this first method use methodic improvements have been necessary and with it, the extended method is able to produce objective criterious for all types of tractors. In this way a very useful help for farmers could be possible, if tractor tests include the ascertainment of visibility.

### 1. Zur Situation bei der Schlepperprüfung

Die Schlepperprüfung nach den OECD-Standard Code bringt dem Landwirt heute eine Vielzahl an Informationen. Sie beziehen sich aber fast ausschließlich auf die Untersuchung technischer Details. Als einzige abweichende Information erhält er Auskunft über das Geräusch des Schleppers in der Umgebung und am Ohr des Fahrers, während Angaben über den Arbeitsplatz „Schlepper“ fast vollständig fehlen. Dies ist um so bedauerlicher, als durch die zunehmende Konsolidierung der Schleppertechnik und durch die Bestrebungen nach dem „humanen Arbeitsplatz“ auch für die ergonomischen Bedingungen eines Ackerschleppers objektive, d. h. vergleichbare Kennzahlen benötigt werden. Deshalb wurde von uns versucht, durch die Ermittlung der Sichtverhältnisse an Ackerschleppern eine methodische Lücke zu schließen; Methode und Ergebnisse sollen hiermit zur Diskussion gestellt werden.

### 2. Zur Methode- und zum Versuchsaufbau

Das Sehfeld der Augen richtet sich nach strengen geometrischen Regeln (4). Deshalb ist es möglich, die Sichtverhältnisse an Arbeitsplätzen über Lichtstrahlen zu ermitteln. Diese Möglichkeit führte zur Untersuchung der Schleppersichtverhältnisse nach Abb. 1.

Dabei wurde das Auge des Schlepperfahrers durch eine Lampe ersetzt. Zur vollen Vergleichbarkeit wurde zudem der Schleppersitz mit einem Durchschnittsgewicht des „Standardmenschen“ (2) belastet und falls technisch möglich der gleiche Abstand des Sitzes zu den Kupplungs- und Bremspedalen eingehalten.

Unter diesen Bedingungen bildet die Oberfläche des Schleppers für den Fahrer eine nicht einsehbare Fläche auf dem Boden, die hier mit Schleppergrundfläche bezeichnet wird. Im dunklen Raum erzeugt die eingeschaltete Lampe außerdem eine Schattenfläche in der Verlängerung der Linie Auge—Schlepperoberkante zwischen der Schattenkante und dem Auftreffen der Lichtstrahlen auf dem Boden. Die Schleppergrundfläche und die Schattenfläche ergeben zusammen die Sichtfeldeinengung.

<sup>1)</sup> Die Versuchsdurchführung erfolgt durch Herrn Ing. agr. J. REINHOLZ.



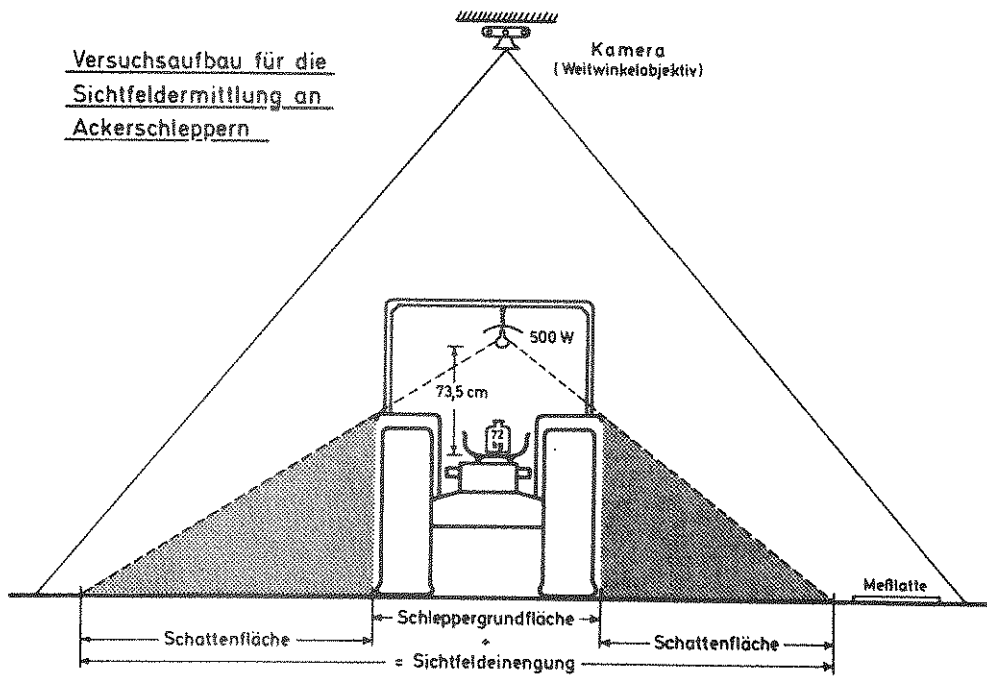


Abb. 1: Der Versuchsaufbau zur Ermittlung der Sichtfeldeinengung an Ackerschleppern

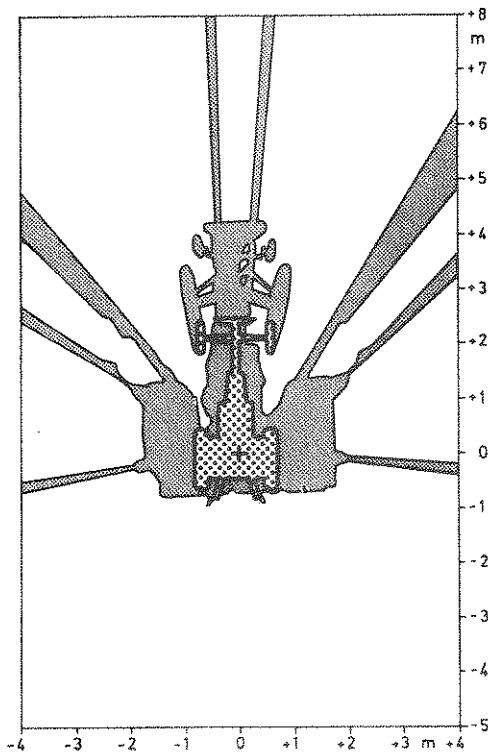


Abb. 2: Schleppergrundfläche und Schattenfläche am Beispiel eines Geräteträgers (ohne Ladefläche) bei Lichtpunktmessung

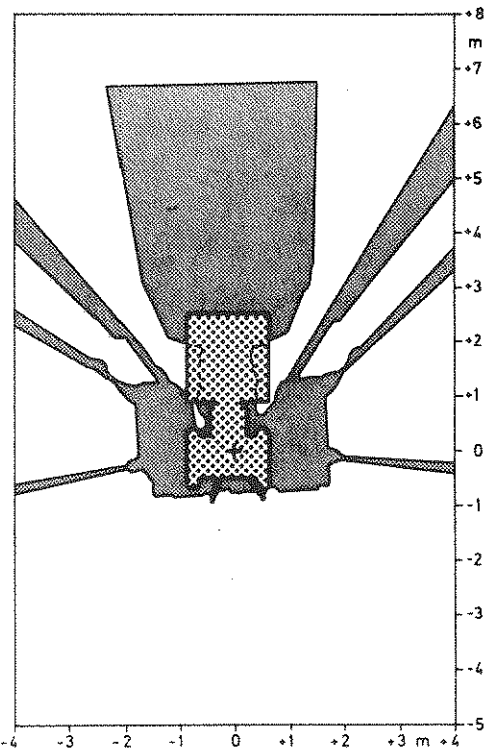


Abb. 3: Schleppergrundfläche und Schattenfläche am Beispiel eines Geräteträgers (mit Ladefläche) bei Lichtpunktmessung

Wird diese Schattenfläche aus konstanter Höhe fotografisch festgehalten und in das Bild eine Meßplatte als Maßstab mit einbezogen, dann ist die Ermittlung der Sichtfeldeinengungsfläche durch Auszählen mit einem Quadratraster relativ einfach.

Im Versuchsaufbau war die räumliche Höhe zwischen Kamera und Boden begrenzt, weshalb das Gesamtbild aus mehreren Teilbildern gebildet werden mußte. Schwierigkeiten bereitete auch die Ermittlung der Schleppergrundfläche, weil die bildliche Verzerrung der über dem Boden befindlichen Schlepperbauteile sehr groß wurde. Deshalb wurden vom einzelnen Schlepper je eine Aufnahme senkrecht über dem Schlepperreckpunkt und zusätzlich eine Aufnahme senkrecht über dem Augenpunkt erstellt. Durch den Vergleich mit den echten Maßen konnte daraus ausreichend genau die Schleppergrundfläche ermittelt und in das Gesamtbild eingefügt werden.

### 3. Ergebnisse der Untersuchungen

Zur Überprüfung der aufgezeigten Methode wurde je ein Schlepper der Bauarten „Standardschlepper, Geräteträger und System- oder Trac-Schlepper“ in den Versuch einbezogen. Die dafür erzeugten Gesamtbilder der Sichtfeldeinengung zeigen die Abb. 2 bis 5.

Zur weiteren Vergleichbarkeit wurde nun das Rundumsichtfeld in verschiedene Sektoren eingeteilt. Dabei lag auch der Gedanke zugrunde, daß der Schlepper verschiedene Anbauräume besitzt und daß für diese Anbauräume gesondert die Sichtfeldeinengung ermittelt werden sollte (Abb. 6). Den ersten Sektor stellt dabei das Frontsichtfeld dar, welches nach SCHMIDTKE (4) auch Fixierfeld genannt wird und einen Winkel von je  $30^\circ$  zu beiden Seiten der Nulllinie umschließt. Es folgen dann die beiden seitlichen Sichtfelder an jeder Schlepperseite und das Hecksichtfeld.

Werden die untersuchten Schlepper nach diesem Schema ausgewertet, dann entsteht das Ergebnis von Abb. 7. Dort wird ersichtlich, daß vor allem der untersuchte Trac-Schlepper eine sehr große Schattenfläche wirft. Nur etwa

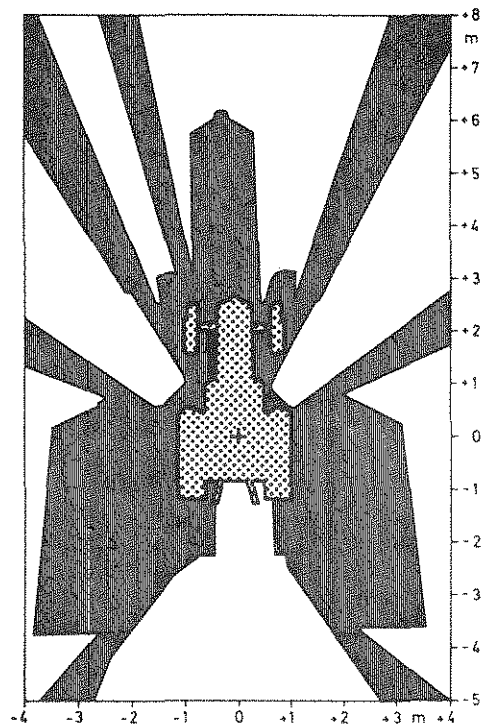


Abb. 4: Schleppergrundfläche und Schattenfläche am Beispiel eines Standardschleppers bei Lichtpunktmessung

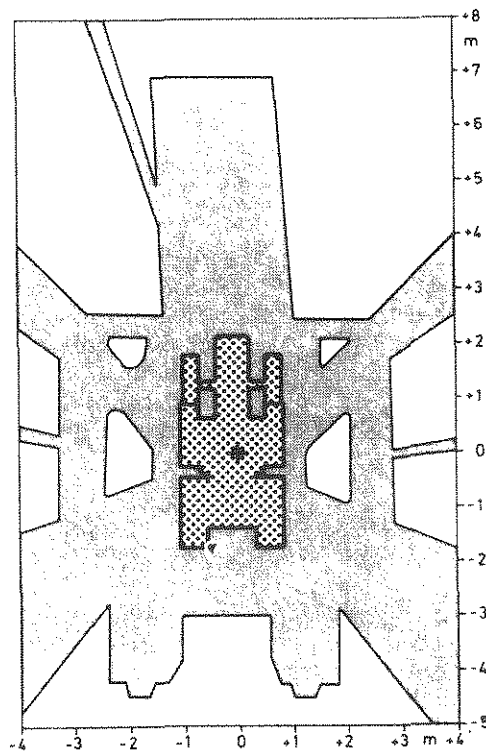


Abb. 5: Schleppergrundfläche und Schattenfläche am Beispiel eines Trac-Schleppers bei Lichtpunktmessung

die Hälfte von dieser besitzt der Geräteträger ohne Ladepritsche. Es ist aber auch zu ersehen, daß der Anteil des Hecksichtfeldes bei allen Schlepperbauarten sehr gering ist und daß speziell beim Standard- und beim Trac-Schlepper die seitlichen Sichtfeldeinengungen einen starken Einfluß auf die Gesamtsichtfeldeinengung ausüben. Bei der erstgenannten Bauart sind daran vor allem die breiten, eckig ausgeformten Kotflügel des Versuchsschleppers als Verursacher zu nennen, während beim Trac-Schlepper die ungünstige Ausführung der Kabinentüren und -holme ihren Beitrag zum sehr negativen Ergebnis lieferten.

Aber auch das Frontsichtfeld erfährt durch die breite Motorhaube des Trac-Schleppers eine sehr starke Beeinträchtigung, sie ist genau so groß wie jene am Geräteträger durch die Ladepritsche.

#### 4. Kritik an der angewendeten Methode

Insgesamt konnte die angewendete Methode die Erwartungen erfüllen. Allerdings zeigten sich Schwierigkeiten bei der Ermittlung der Schleppergrundfläche, auch befriedigte die zu praxisfremde Annahme eines Lichtpunktes nicht. Darauf aufbauend wurden deshalb weitere methodische Arbeiten durchgeführt (Abb. 8). Während die Schattenkante (S) bei der Methode bisher durch fotografische Aufnahmen aus vertikaler Richtung direkt ermittelt wurde, läßt sie sich ebenso trigonometrisch bestimmen. Dazu bedarf es aber einer zweiten Lichtquelle, welche alternierend zur ersten, in Augenhöhe befestigten Lampe aus einer darüber- oder darunterliegenden Position eine zweite Lichtflächengrenze (L) erzeugt. Über die meßbaren Strecken PH, HH, PL und PL kann dann S nach dem Cosinussatz der Dreiecks HH'S errechnet werden und dieser Punkt erlaubt nun die Bestimmung von Höhensichtlinien. Wird zusätzlich anstelle nur je einer Lampe eine kreisförmige Lichtquelle eingesetzt, dann entsteht eine Lichtfläche, welche die in der Praxis üblichen Kopf- und Oberkörperbewegungen des Schlepperfahrers berücksichtigt (Abb. 9).

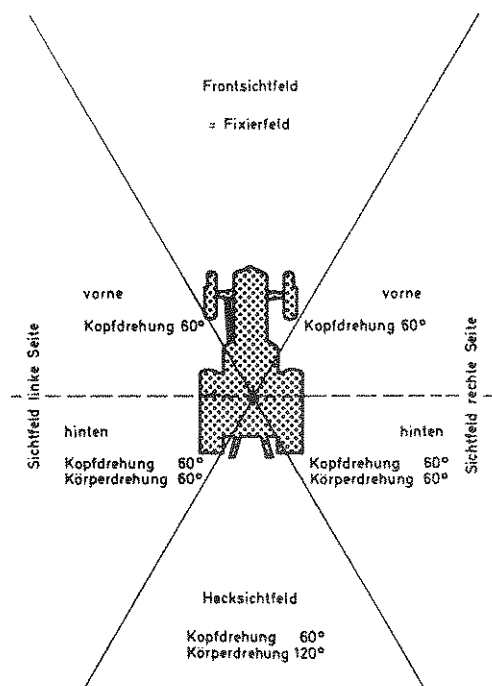


Abb. 6: Einteilung des Rundumsichtfeldes in verschiedene Sichtfeldsektoren

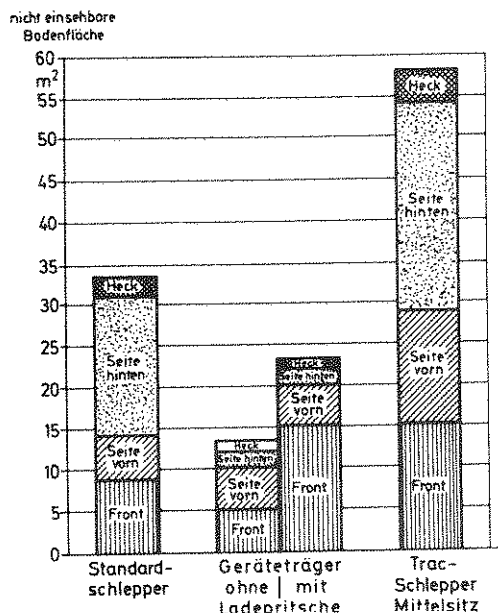


Abb. 7: Die Schattenflächen an den untersuchten Schleppern verschiedener Bauart

Über die beiden Maßnahmen wird es nun möglich, Anbaugeräte in die Anbauräume einzuprojizieren (Abb. 10). Dies bedeutet am Beispiel einer 4 m breiten Drillmaschine im Heckanbau eine exakte Ermittlung der nicht einsehbaren Schattenfläche in bezug auf die Einlauföffnungen der Saatrohre und der frühestmöglichen Erkennungsmöglichkeit bei Gegenständen zwischen den Säscharen.

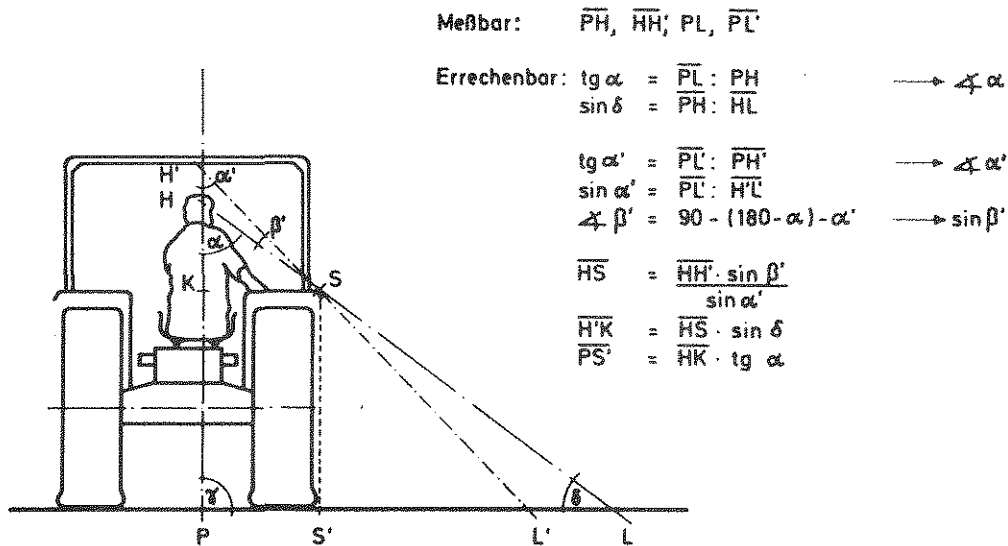


Abb. 8: Die Geometrie des Strahlenganges beim Einsatz von zwei Lichtquellen

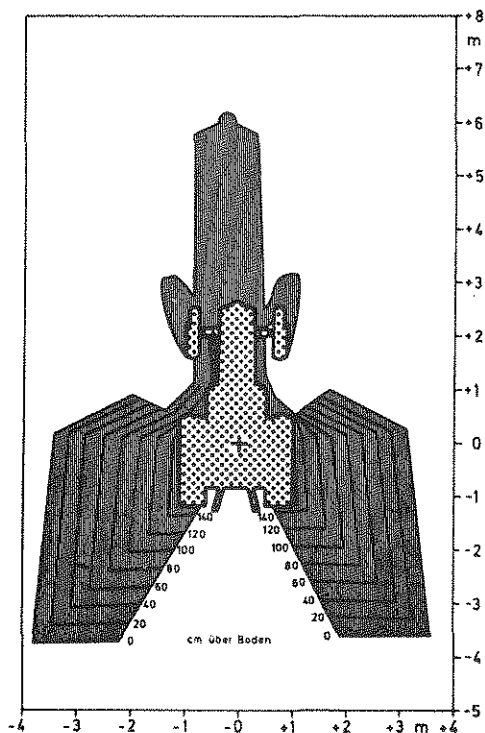


Abb. 9: Schleppergrundfläche und Schattenfläche am Beispiel eines Standardschleppers bei Lichtflächenmessung

Die so erweiterte Methode erfordert aber einen sehr hohen Rechenaufwand und muß deshalb der EDV zugänglich gemacht werden. Vorgesehen ist dazu die Dateneingabe direkt vom Foto mit der Gesamtsichtfeldeinengung über einen Digitalisierer und die Ausgabe von

- Schleppergrundfläche
- Schattenfläche für die Sichtlinien und typ. einprojizierte Anbaugeräte

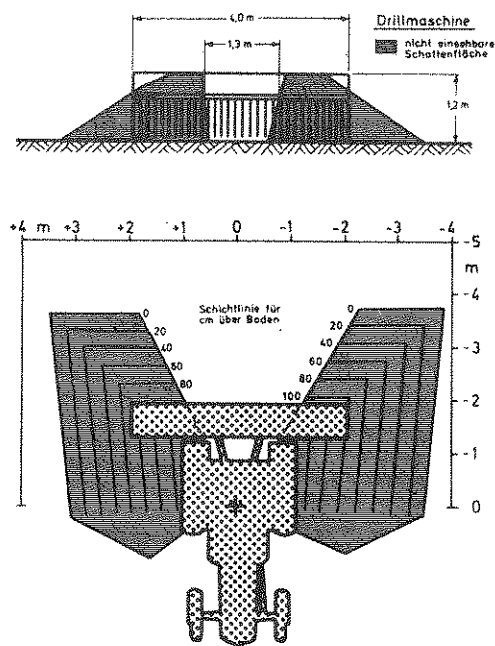


Abb. 10: Die Sichtfeldeinengung für den untersuchten Standardschlepper in bezug auf die Drillmaschine

über einen Plotter. Zusätzlich müßten die absoluten Zahlen der genannten Parameter auch für die einzelnen Sichtfeldteile errechnet werden. Es wäre dann auch möglich, modellhafte Sitzpositionsveränderungen zu simulieren und damit dem Konstrukteur von Akkerschleppern ein wertvolles Hilfsmittel zu liefern.

# NEUZEITLICHE SILIERTECHNIK FÜR HOCHSILOS

von Baudirektor Dr.-Ing. Klaus Grimm  
Bayr. Landesanstalt für Landtechnik

---

Aus dem Grundfutter höhere Milch- und Fleischerträge zu erwirtschaften steht als zentrale Aufgabe in der Veredlungswirtschaft. Verschiedene bekannte Faktoren werden jedoch in der Praxis nicht immer mit der notwendigen Sorgfalt berücksichtigt. Verbesserte technische Hilfsmittel oft falsch verstanden und damit nicht optimal eingesetzt. Es ist einfach notwendig von Zeit zu Zeit bewährte Methoden erneut zu erläutern und diese mit neuen Erkenntnissen zu ergänzen, um dem Praktiker eine optimale Produktion zu ermöglichen.

Um gutes, schmackhaftes und hochverdauliches Gärfutter zu erhalten, müssen mehrere Forderungen erfüllt werden.

1. Richtiger Schnittzeitpunkt des Erntegutes.
- 2.1 Hohe Schlagkraft bei der Ernte und der Einlagerung.
- 2.2 Richtige Auswahl der Zerkleinerung des Erntegutes.
- 2.3 Einhaltung der Silierregeln zur Silofutterbereitung. Der erforderliche Siloraum wird durch das Siliergut und den Tierbestand bestimmt.
3. Bedarf an Siloraum.
4. Lage und Zuordnung der Gärfutterbehälter zum Wirtschaftsgebäude (Futterzentrale).

## Zu 1:

Neben der natürlichen, sehr arbeitsaufwendigen Heuwerbung, der Kaltbelüftung und der künstlichen Trocknung bietet die größte Sicherheit der Futterkonservierung die Silofutterbereitung. Dieses Verfahren läßt sich für alle Futterpflanzen anwenden und stellt damit heute die Hauptsäule der Grundfutterbereitung in den 180 – 220 Winterstallhaltungen für die Rindviehhaltung dar.

Bei der Gewinnung von Gärheu ist zunächst darauf zu achten, daß in kürzester Zeit das gemähte Futter von einem TS-Gehalt von 15-20% auf einen TS-Gehalt von 35-50% heruntergetrocknet wird. D.h., nach dem Mähen muß das Futter gezettet, möglichst auch knickgezettet oder gequetscht werden, damit es an der Luft schnell abtrocknet. Dies ist gärtechnisch notwendig, da dann die Milchsäurebakterien optimale Lebensbedingungen vorfinden.

Zur optimalen Gärfutterbereitung ist es erforderlich, den richtigen Schnittzeitpunkt und den entsprechenden Reifegrad der Pflanze zu wählen. Um einen hohen Proteingehalt im Grundfutter zu haben, sollte das Futter kurz vor der Blüte geerntet werden. Der Zuckergehalt in der Futterpflanze selbst liegt bei intensiver Sonnenbestrahlung am Nachmittag am höchsten (Zimmer).

Aus arbeitswirtschaftlichen und aus klimatischen Gründen mäht man das Futter besser am späten Vormittag, um mit der Aufbereitung bereits am Nachmittag beginnen zu können. Am nächsten Tag hat man dann den Trockenmasse-Gehalt im Futter, der für die Gärfuttergewinnung optimal ist.

### Zu 2.1:

Hohe Schlagkraft bei der Ernte und der Einlagerung.

Die rasche Befüllung von Silos hat sich als eine sehr wesentliche Erkenntnis zum Gelingen guter Silage herausgestellt. Rasche Befüllung bedeutet die Bereitstellung einer hohen Schlagkraft bei der Ernte und Einlagerung.

Während der Ladewagen mit Kurzschnitteinrichtung vorwiegend in der Halmguternte sich als Schwerpunktmaschine großer Beliebtheit erfreut, fällt dem Feldhäcksler vorwiegend die Aufgabe der Silomais-ernte zu.

Die zunehmende Silomais-Anbaufläche und die Forderung nach kürzerer Schnittlänge bei der Grassilage überfordern oft den Einzelbetrieb bei der Silierguternte.

Siliergemeinschaften, Maschinenringe und Lohnunternehmer bieten seit geraumer Zeit dem Praktiker echte Hilfe an, um in kurzer Zeit große Mengen Futter zu konservieren.

Kurze Zeit heißt - der Gärfutterbehälter, ob Hoch- oder Flachsilo, sollte möglichst in zwei aufeinander folgenden Tagen gefüllt werden.

Beim Hochsilo kann die Befüllung problemlos unterbrochen werden, wenn der Futterstock bei jeder Nachfüllung mit einer Folie ordnungsgemäß abgedeckt wird.

Die Nachfüllung sollte mindestens eine Futterstockhöhe von 3-4 m ausmachen.

Beim Fahrsilo ist die Nachfüllung problematischer, hier sollte besonders auf eine schnelle Füllung und gute Verdichtung geachtet werden. Diese Forderung ist aus klimatischen und gärtechnischen Gründen vorgegeben.

Hohe Schlagkraft bedeutet mit anderen Worten in der Regel den Einsatz überbetrieblicher Organisationen. Beim Silomais kann man mit Maschinen pro Reihe (Maismähvorsatz) etwa 0,25 ha oder 8-10 t Häckselgut in der Stunde bergen.

Unterstellt man einen ha-Ertrag von 400 dt bei einem Trockenmassegehalt um 30%, so benötigt man etwa 60 m<sup>3</sup> Siloraum pro ha, d. h. mit einem 2-reihigen Feldhäcksler können im Fließverfahren etwa 0,5 ha/h bzw. 30 m<sup>3</sup> Siloraum gefüllt werden oder mit anderen Worten in zwei 8-stündigen Arbeitstagen lassen sich 8-10 ha ernten und in ein Silo mit 500 m<sup>3</sup> füllen.

### Zu 2.2:

Richtige Auswahl der Zerkleinerung des Erntegutes.

Um den Zerkleinerungsgrad oder bei Schnittgut auch Häcksellänge genannt, sind schon viele Diskussionen entbrannt. Tiergerechte Aufbereitung heißt:

- a) Rauhfutter sollte in seiner Struktur erhalten bleiben
- b) Kraftfutter (Maiskörner) ist so zu zerkleinern, daß es im Pansen gut aufgeschlossen werden kann
- c) Stengelartiges Grundfutter (Silomais) sollte in Stücke um 1 cm Schnittlänge gehäckselt sein.

Die Technik bietet zusätzlich Zerkleinerung an, um

- a) ein Riesel- oder Fließgut zu erzielen
- b) dieses läßt sich dann relativ leicht fördern, verteilen, mischen und dosieren
- c) und dichter lagern, d. h. höheres Raumgewicht kann erzielt werden, was wiederum
- d) einen positiven Einfluß auf den Gärvorgang ausübt.

Doch ein überdosierter Zerkleinerungsgrad kann auch Nachteile haben:

- a) Zermustes und unter 3-2mm aufbereitetes Halmgut führt zu Verdauungsstörungen bzw. die Verdaulichkeit des Futters geht zurück.

Schwedische Untersuchungen haben erstmals den Beweis erbracht, daß der Fettgehalt in der Milch zurückgeht, wenn übernormal fein gehäckselt wird. Auch kann zu stark zerkleinerter Silomais die Futteraufnahme bzw. Verwertung beim Rind beeinträchtigen. Beim Silomais sollte man einen Trockenmassegehalt von 30% bei der Einlagerung ansteuern, da dann die höchste Verdaulichkeit vorliegt.

Bei diesem TM-Gehalt der Gesamtpflanze liegt der TM-Gehalt im Korn jedoch schon um 55%, d. h., es ist sehr hart und kann nicht ohne weiteres zerkleinert werden. Häckselt man unter 5mm, dann wird wohl fast jedes Korn angeschlagen (sehr erwünscht), aber der Zerkleinerungsgrad liegt fast zu niedrig. Wird das Futter mittels Gebläse in Hochsilos eingelagert und mittels Fräsen entnommen, erfolgt eine nochmalige Nachzerkleinerung, die dann zu oben genannten Störungen führen kann. D. h. bei Hochsilos kann man getrost den Feldhäcksler auf 1cm Häcksellänge einstellen. Die nicht angeschlagenen Körner werden durch zusätzliche Reibplatten im Häckselgehäuse und durch die weiteren Fördererlemente größtenteils angeschlagen. Durch den Gärvorgang werden die Körner etwas weicher und durch die Entnahme fräse nochmals beschädigt, damit aber auch verdaulich für das Rind.

Beim Fahrsilo mit Frontladerentnahme muß dagegen eine Häcksellänge von 4-5mm angestrebt werden, um möglichst alle Maiskörner zu zerkleinern. Nimmt der TM-Gehalt in dem Siliergut zu, steigt wohl die Verdaulichkeit des Futters, die völlige Zerkleinerung der Körner hingegen wird immer schwieriger.

Optimal wäre es, den Maiskolben zu Lieschkolbenschrot zu schroten und die Pflanze in einem zweiten Arbeitsgang gröber (1-1,5cm) zu zerkleinern. Obwohl heute technisch möglich, wird man aus arbeitswirtschaftlichen Gründen und anderem mehr

diesen Weg noch nicht beschreiten. In Rindviehbeständen mit sehr unterschiedlichen Futterverwertern (Hochleistungskühe, Jungvieh, Ammenkühe und Mastrinder) wäre es durchaus denkbar, den Silomais in zwei Arbeitsgängen zu ernten (Kolben und Lieschblätter für sich, wie auch die Restpflanze) und auch getrennt zu lagern. Je nach Verbrauchern kann man später die Futterration aufbereiten. In den USA arbeitet man bereits auf diesem Gebiet. Voraussetzung sind hier zweifelsohne Hochsilos, die es erlauben, gezielt Futterpartien abzurufen.

### Zu 2.3:

Einhaltung der Silierregeln zur Silofutterbereitung.

In der Rinderhaltung sind dem Praktiker die Silierregeln hinreichend bekannt. Diese werden oft vergessen. Anders verhält es sich in der Schweinehaltung. Hier muß der Praktiker noch Lehrgeld zahlen, wenn er Siliergut an seine Zuchtsauen oder gar Maiskolbensilage an seine Mastschweine verfüttern will. Darum sollten einige wesentliche Grundregeln hier zur Erinnerung aufgeführt werden.

Unter Silofutterbereitung versteht man in landwirtschaftlichen Betrieben die Haltbarmachung der wirtschaftseigenen Futterpflanzen, wie Gras, Klee gras, Luzerne, Landsberggermenge, Silomais, Zwischenfrüchte und Rübenblatt mit Hilfe der natürlichen Milchsäuregärung. Dabei ist allgemein bekannt, daß die Nährstoffverluste um so größer sind, je primitiver die Silierungsmethode ist.

Als Zielsetzung bei der Gärfutterbereitung sind besonders nachstehende Forderungen zu beachten:

- I. Wasser- und gasdichte Silobehälter sind Voraussetzung für gärtechnische Sicherheit.
- II. Gärfuttersilos müssen für alle Futterarten, die im landwirtschaftlichen Betrieb anfallen, geeignet sein.

- III. Möglichst vollständige Ausnutzung des Behälterraumes. Eine Nachfüllbarkeit muß gewährleistet sein, um möglichst viel Trockenmasse pro cbm einlagern zu können.
- IV. Witterungsumstände verlangen die Möglichkeit einer Konservierung:
  - a) Von stark vorgewelkter Silage, Klasse I, TM 35% und mehr (völlig gasdicht, starke CO<sub>2</sub>-Bildung).
  - b) Von Vorwelksilage mit auftretendem Sickersaft, Klasse II, TM 23-35% (annähernd gasdicht, mittlere CO<sub>2</sub>-Bildung).
  - c) Von Naßsilage (u. a. auch Rübenblätter) mit viel Sickersaft, Klasse III, TM geringer als 23% (wasserdicht).

Da nur Futter mit höherem TM-Gehalt nachgefüllt werden sollte, empfiehlt es sich immer, eine Batterie aufzustellen.

Um nach dem o. a. Konservierungsverfahren mittels Silo - das geringe Nährstoffverluste und größte Sicherheit bietet - ein aromatisches und bekömmliches Gärfutter zu erhalten, sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

- I. Unbedingte Sauberkeit des Futters.
- II. Dichte Lagerung des Futters. Sperriges Futter, Silomais und überständige bzw. stengelige Gräser sind kurz zu häckseln.
- III. Schlagkräftige Befüllung des Behälters. Innerhalb von zwei bis drei Tagen muß der Silobehälter gefüllt sein. Für eine Nachfüllung, die innerhalb eines Tages erfolgen sollte, sind 3-4 m Futterstockhöhe für einen einwandfreien Gärverlauf erforderlich.
- IV. Die erwünschte Milchsäuregärung ist durch geeignete Zusätze direkt oder indirekt durch Vorwelken zu fördern.
- V. Für einen zweckmäßigen Sickersaftabfluß, der durch einen Syphonverschluß geleitet wird, ist besonders bei Silageklasse III zu sorgen.

VI. Große Futterstockhöhen, möglichst nicht unter 10 m, sorgen für eine schnelle und nachhaltige Entfernung des Luftsauerstoffes. Durchmesser zur Höhe sollte 1:3 betragen.

VII. Luftdichte Verschlüsse an Auswurf- und Einfüllöffnungen verhindern den Abfluß von Kohlensäure und Zutritt von Luftsauerstoff.

Da das Rind mit zunehmendem TM-Gehalt des Futters mehr Nährstoffe aufnimmt, sind bei hochwertigem Futter besonders die Silageklassen I und II anzustreben. Oft erzielt man durch Verfütterung von zwei Trocken- und Naß-Silagen einen höheren Futtermittelverzehr und in der Regel eine höhere Milch- bzw. Fleischleistung.

### Zu 3:

#### Bedarf an Siloraum

Der Bedarf an Siloraum wird von verschiedenen Faktoren im landwirtschaftlichen Betrieb bestimmt, insbesondere von der täglich möglichen bzw. beabsichtigten Futteraufnahme und schwankt daher in weiten Grenzen (Tabelle II). Die Futteraufnahme ist wiederum abhängig von der Futterart, der Beschaffenheit und dem TM-Gehalt des Gärfutters. Bei einwandfreier Qualität des Gärfutters in den Klassen I, II und III (Gärheu, Anwelksilage, Naß-Silage) kann damit gerechnet werden, daß bei täglich zweimaliger Gärfütterung entsprechend dem TM-Gehalt etwa 25, 35 und 45 kg je Stück Großvieheinheit aufgenommen werden.

**Tabelle II:**

Gärfutter und Siloraumbedarf bei 200 Stallhaltungstagen.

	kg täglich (bei TM 45-18%)	insges. dz entspr.	Silor. entspr. *) d. TM-Gehalt
Milchkühe	25 - 45	50 - 90	10 - 12
1-2 jähr.			
Rinder	10 - 20	20 - 60	2 - 6
Rindermast intensiv	3 - 30	35 - 50	4 - 8



\*)Zu dem Siloraum ist ein Leerraum von 10-15% zuzurechnen. Sperriges, ungehäckselttes Futter benötigt weitere 10-20% mehr Siloraum. Kurzes Häckseln und hohe Behälter bedeuten dichtere Lagerung und bessere Raumausnutzung.

Der gesamte Siloraum bestimmt sich also durch die Anzahl der GVE, durch die Tierart sowie durch die vorgesehenen Stallhaltungstage. Der Durchmesser eines Silos wird wiederum bestimmt durch die tägliche Futterentnahme, da eine Mindestentnahme von 10cm Futterstockhöhe anzustreben ist. Es sollte also die Grundfläche des einzelnen Behälters einer Silobatterie nicht über 1/2m<sup>2</sup> je GVE betragen, da sonst während der ganzen Anbruchzeit für die Silage die Gefahr bestehen kann, daß die sonst gärtechnisch gut geratene Silage durch unliebsame Nachgärung mit erhöhter Wärme- und Essigsäurebildung fortlaufend verdorben bzw. entwertet wird. Eine ebenfalls empfehlenswerte sorgfältige gleichmäßige Abtragung des Futterstockes (besonders durch Fräsen) vermindert wesentlich die sonst befürchteten Nachgärungserscheinungen.

#### Zu 4:

Lage und Zuordnung der Gärfutterbehälter zum Wirtschaftsgebäude (Futterzentrale).

Bei der Planung von Neuanlagen sowie bei der Erweiterung oder Umstellung von Betrieben mit tierischer Veredlungswirtschaft gilt es zunächst eine Gesamtkonzeption mit dem Bauherrn zu erarbeiten. D. h., die Zu- und Abfahrtswege um die Siloanlage und das Wirtschaftsgebäude sind so anzulegen, daß sie

- a) vom Bauaufwand her kostengünstig liegen
- b) einen zügigen technischen Arbeitsablauf ermöglichen (kein unnötiges Rangieren oder Umkoppeln von Erntewagen und Schleppern)
- c) nach Möglichkeit von einer Abladestelle das Befüllen von 2 Silos wechselseitig möglich macht.

Erforderliche Bergeleistung für die Befüllung eines Hochsilos in 2-3 Tagen bei einer Silogröße von:

Silogröße (in m <sup>3</sup> )	100-150	200-300	400-600
Silohöhe (in m)	10	12	16-18
Raumgew., Anwelksilage (in kg/m <sup>3</sup> )	480	520	560
Raumgewicht, Mais (in kg/m <sup>3</sup> )	570	630	700
Arbeitsverfahren (Arbeitskräfte)	Häckslerladewagen 1 AK	Feldhäckslerkette 2 AK	Feldhäckslerkette 3 AK
F.-H. Schlepper (in PS)	65	80	100
Anwelkgut (in t/h)			
33% TM (in m <sup>3</sup> /h)	3,5-5 7-10	8-11 14-21	17-24 29-43
Silomais (in t/h)			
30% TM (in m <sup>3</sup> /h)	4-6 7-11	9-14 14-21	20-30 29-43

#### Futterzentrale neuerer Version.

Mit zunehmender Anforderung an das Grundfutter und der Forderung höherer Milch- und Fleischleistungen aus diesem zu erzielen, wird von der Praxis eine vielseitige Futtermischung gefordert. D. h. oft gleichzeitige Entnahme von zwei Grundfutterarten, z. B. Silomais und Gras oder Silomais und Lieschkolbenschrot aus den Gärfuttersilos.

Die Futterrationen werden nach der Entnahme aus den Silos vermischt oder aufbereitet, um dann von einem mobilen oder Schienen-gebundenen Futterwagen den Tieren gezielt verabreicht werden zu können. Auch für die Schweinehaltung werden Gärfutterbehälter zur Aufnahme von Kornspindelgemisch oder Maiskolbenschrot incl. der Lieschen zunehmend angewandt. Da dem Grundfutter auch noch zusätzlich Mineralstoffe und Kraftfutter beigemischt wird, besteht seit geraumer Zeit die Forderung zwischen den Gärfutterbehältern und dem Stallgebäude einen Zwischenbau vorzuziehen. Dieser Raum muß die erforderlichen technischen Einrichtungen aufnehmen können. Er muß natürlich zugfrei und regenwasserdicht sein sowie zum Stall und seinen Futtergängen einen optimalen Zugang aufweisen.

Bei optimaler Anordnung von Gärfutterbehältern und Verbindungshalle stellen beide Baukörper dann eine moderne Futterzentrale dar

Mit dieser Lösung erhält der Praktiker einen wohldurchdachten guten Arbeitsplatz, von dem aus er die Versorgung seiner Tiere mit den gewünschten Futterrationen optimal versorgen kann. Hochsilos lassen sich hier optimal mit dem Wirtschaftsgebäude zu Futterzentralen vereinigen.

Berücksichtigt man zusätzlich die Planung für die Hochbehälter zur Aufnahme von Flüssigmist, so ergeben sich zwangsläufig nachstehende Ansprüche, die für beide Behälterbauarten in der Regel optimal anzuwenden sind.

Die Gärfutterbehälter wird man in der Mehrzahl der Fälle an einer der Stirnseiten des Stalles anordnen. Dies wird in der Regel wie folgt damit begründet, daß

- a) eine Zufahrt zur Befüllung der Behälter beidseitig oder stirnseitig erfolgen kann
- b) die Silos mittels eines Vorraumes mit dem Stallgebäude zu einer Futterzentrale sich verbinden lassen

c) eine optimale Lage für eine Futterachse gegeben ist, die mit mechanischen Verteilanlagen ausgerüstet werden kann

d) eine gradlinige Futterachse auch bei Vergrößerung des Siloraumes durch weitere Einheiten erhalten bleibt.

Für die Flüssigmistlagerung bietet die Lage der Hauptbehälter parallel zur Längsachse des Stalles folgende Vorteile an:

- a) bei langen Stallungen den Querausfluß der Kanäle.
- b) die Hauptbehälter beschränken durch ihre geringe Bauhöhe und ihren beliebigen Abstand vom Gebäude nicht den Lichtenfall in den Stallraum
- c) eine Erweiterung parallel oder im Vierer-Verband ist jederzeit gegeben
- d) keine Kreuzung zur Futterachse. Beibehaltung der Zu- und Abfahrtswege, die mit dem Hochsilo gleichermaßen genutzt werden können.

In diesem System liegen zweifellos die entscheidenden Vorteile zu anderen bekannten Lösungen, denen oft aus Kapitalgründen der Vorzug gegeben wird. (Abb. Nr. 6)

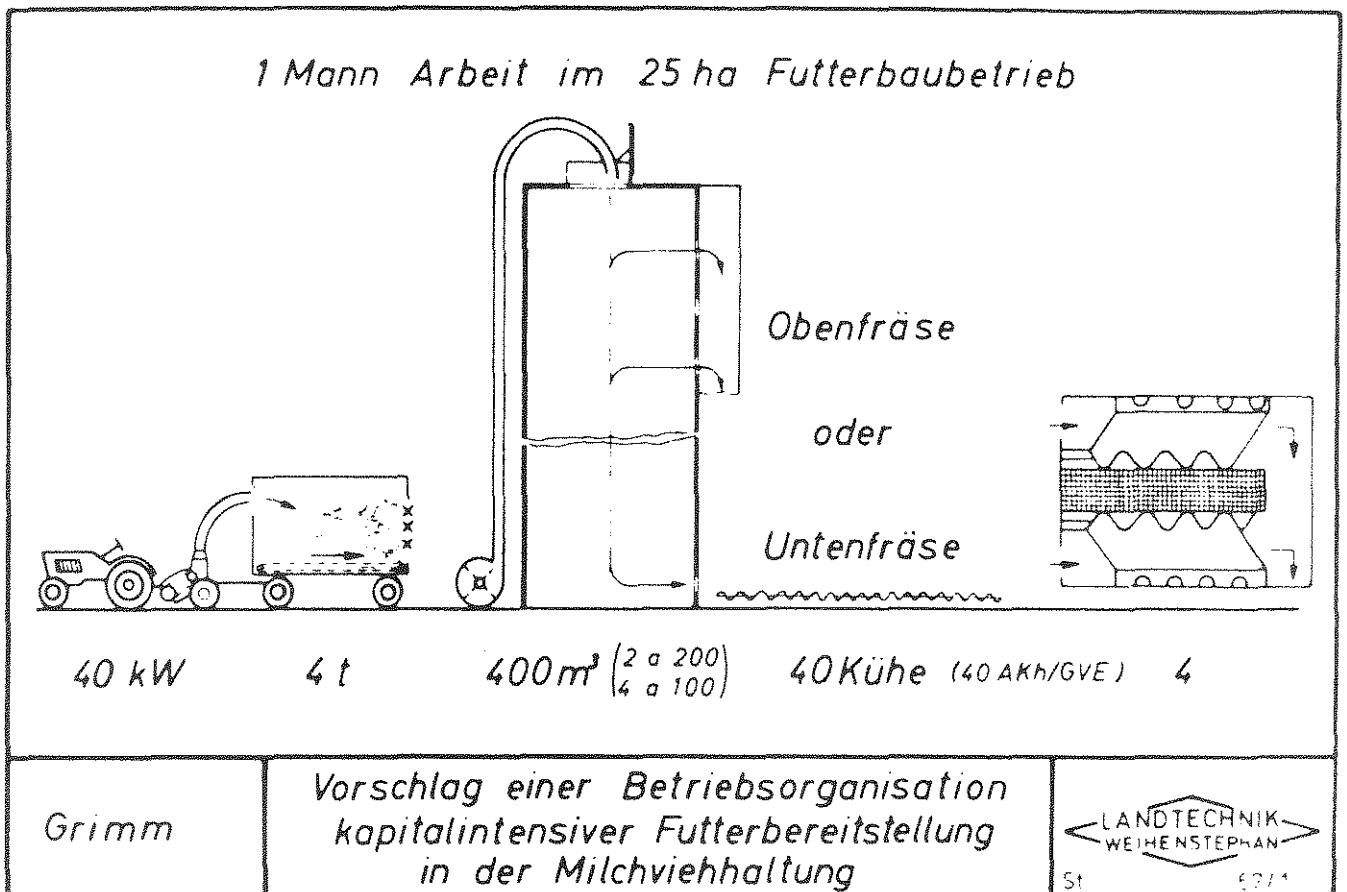


Abb. 1: Vorschlag einer Betriebsorganisation kapitalintensiver Futterbereitstellung in der Milchviehhaltung

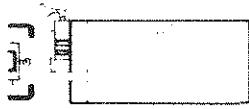
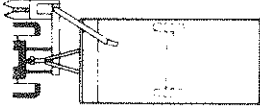
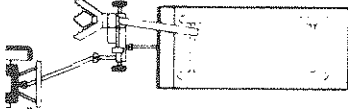
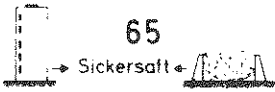


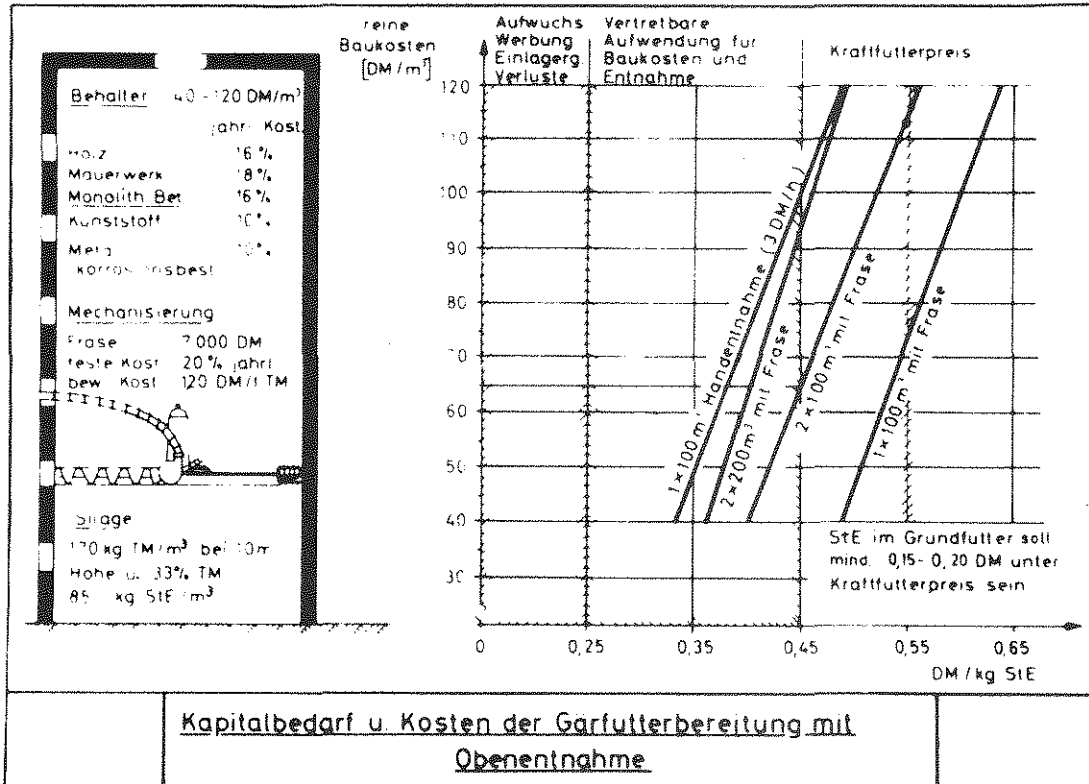
						
5 t/h		9 (12) t/h		16 (22) t/h		
		Milchvieh		Rinder - Bullenmast		
TM	[%]	20 bis 30		30 bis 40		
Hacksellänge	[mm]	bis 10		3 bis 6		
Messerszahl		4 bis 6		8 - (9-12) od Recutter		
Garfutterbehälter	[m <sup>3</sup> /ha]	65		Leichtdach	46	
	Konservierungs- mittel					
Entnahme		Fräse	Frontlader	Freßgitter	Fräse	
Verteilung		Futterverteilwagen				
Grimm	Richtwerte vom Feldhäcksler bis zur Futtervorlage für den Silomais					

Abb. 2: Richtwerte für die Ernteverfahren beim Silomais und die Konservierung und Auslagerung der Silage bezogen auf Milchvieh und Rindermast.



Kapitalbedarf u. Kosten der Garfutterbereitung mit Obenentnahme

Abb. 3: Kapitalbedarf und Kosten der Garfutterbereitung in Hochsilos mit Obenentnahmetechnik.

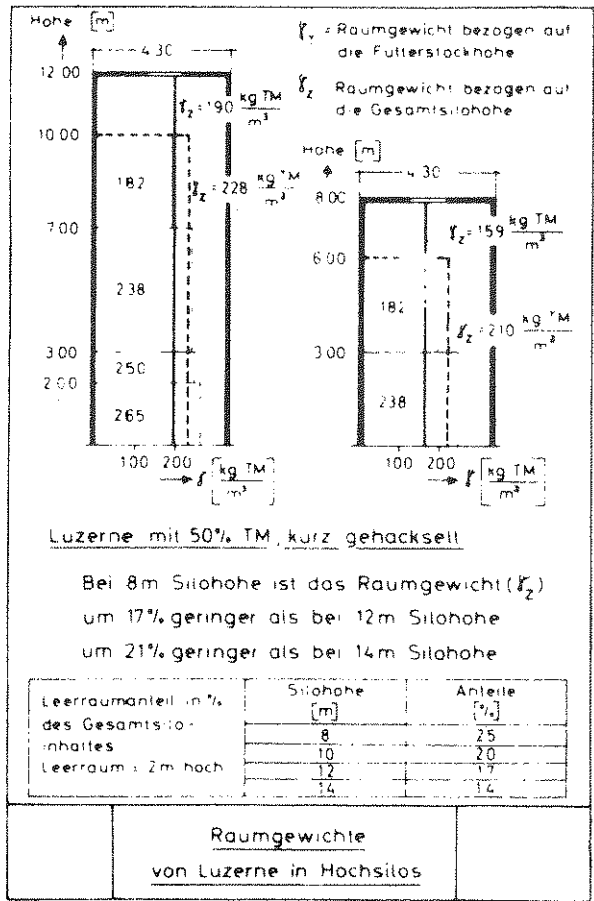


Abb. 4:  
Raumgewichte von Luzerne in Hochsilos.

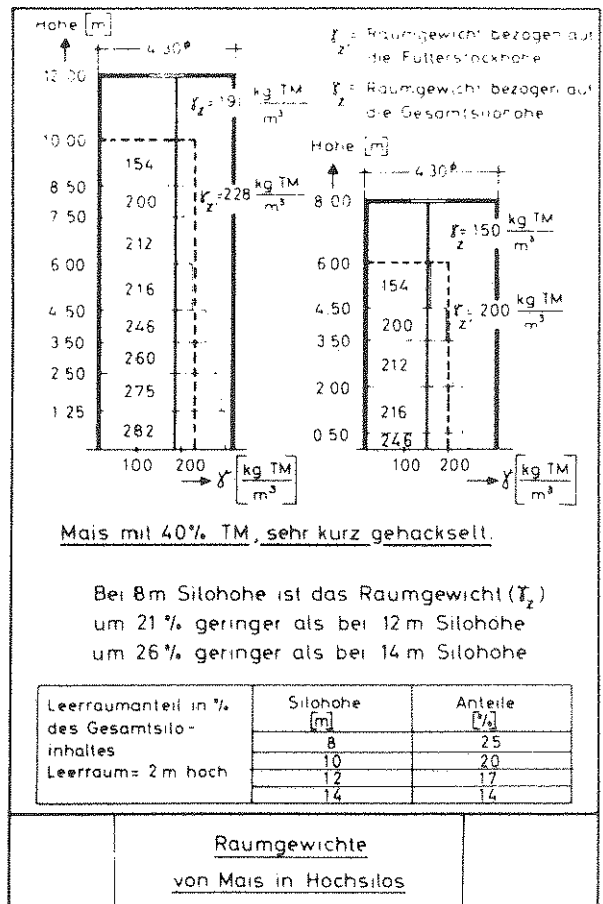


Abb. 5:  
Raumgewichte von Mais in Hochsilos.

**Kapitalbedarf**

①	Siloraum 2 x 150 m <sup>3</sup>	27 000 DM
②	Umbauten/Futterzentrale	2 000 DM
③	Gebälse + Rohre	6 000 DM
④	Saugfräse + Galgen	11 000 DM
⑤	Zyklon + Rohre	2 000 DM
⑥	Siebtrommel	3 000 DM
⑦	Elektrifizierung	2 000 DM
		<u>53 000 DM</u>

**Arbeitsaufwand:**  
15 - 20 AK min / Tag

**Elektrischer Anschluß:**  
Futterzentrale: 10 - 12 kW  
Flüssigfütterung 8 kW

**Verwendung des Schrot:**  
a) in der Schweinemast  
b) als Kraftfutter in der Rinderhaltung

**der Lieschen:**  
a) in der Sauenhaltung  
b) Vormast (Tiefstall)  
c) in der Rinderhaltung

**Arbeitsverfahren: Lieschkolbenschrot**

Futterzentrale: Einheit für 235 Mastplätze  
System: Hochsilo - Saugfräse - Siebtrommel

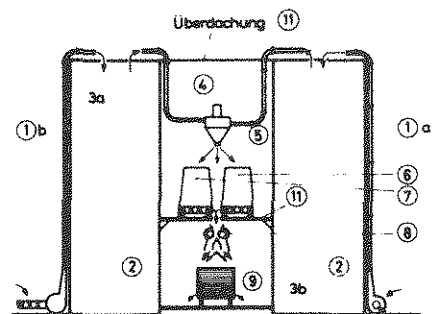
Grimm  
Rodel, Beck

LANDTECHNIK  
WEIHENSTEPHAN

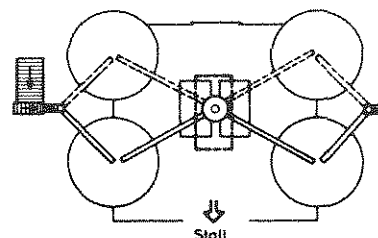
Kp 77/196

Abb. 6: Futterzentrale für hochwertige wirtschafts-eigene Produkte

hier: Lieschkolbenschrot für eine kombinierte Schweine- und Rindermast.  
Einheit für 235 Mastplätze.  
System: Hochsilo - Saugfräse - Siebtrommel und Flüssigfütterung.



Vorschlag für eine Futterzentrale. Verschiedene Komponenten können gewichtsmäßig erfaßt (6/7) und der Fütterung zugeführt werden. 1a = normales Silobefüllgebälse, 1b = wahlweise ein Dosiertisch, 2 = Hochsilos, 3a = Fräse für Obenentnahme, 3b = Fräse für Untenentnahme (wahlweise), 4/11 = Überdachung und Einbauten im Zwischenraum der Silobatterie, 5 = Luftabscheider, 6/7 = Vorratsbehälter, 8 = Mischer, 9 = Futterwagen.



# Füttern mit dem Futtermischer

Dr. H. Pirkelmann und M. Lehmer, Landtechnik Weihenstephan

Das Problem ist bekannt: Die Hochleistungsherde mit genügend Nährstoffen in richtiger Zusammensetzung zu versorgen.

Üblich in der Praxis ist die getrennte Vorlage von Grundfutter und Kraftfutter. Hochleistungskühen sollte dabei das Kraftfutter in mehr als nur zwei Gaben täglich zugeteilt werden. Technische Einrichtungen zur Versorgung größerer Herden werden angeboten oder sind in der Entwicklung. Über den Transponder z. B. haben wir in der Ausgabe 10/77 berichtet. Eine andere Möglichkeit ist, Mischungen aus den verschiedenen Grundfutter- und Kraftfutterarten zu erstellen und sie den Tieren in Vorratsfütterung vorzulegen. Vor allem in größeren Bullenmastbetrieben hat diese Fütterungstechnik in den letzten Jahren vermehrt Eingang gefunden.

## Warum Futtermischungen?

Diese Punkte sprechen für Futtermischungen:

- Wenn mehrere Grundfutterarten angeboten werden, kann das zu einer erhöhten Trockensubstanzaufnahme aus wirtschaftseigenem Futter führen. Futtermittel, die sich in ihrer Zusammensetzung wesentlich unterscheiden, wie z. B. Grassilage und Maissilage, sollten nicht wechselweise, sondern bei jeder Fütterung in einem gleichbleibenden Verhältnis vorgelegt werden, um einen gleichmäßigen Verdauungsablauf zu gewährleisten. Werden die Futter einzeln vorgelegt, sind dazu mehrere Arbeitsgänge notwendig, bei der Mischung ist die Gesamtration auf einmal zu verfüttern.

System der Gruppenfütterung mit elektronisch gesteuerter Schranke für Alleinfutter

(Grundfutter mit Kraftfutter)

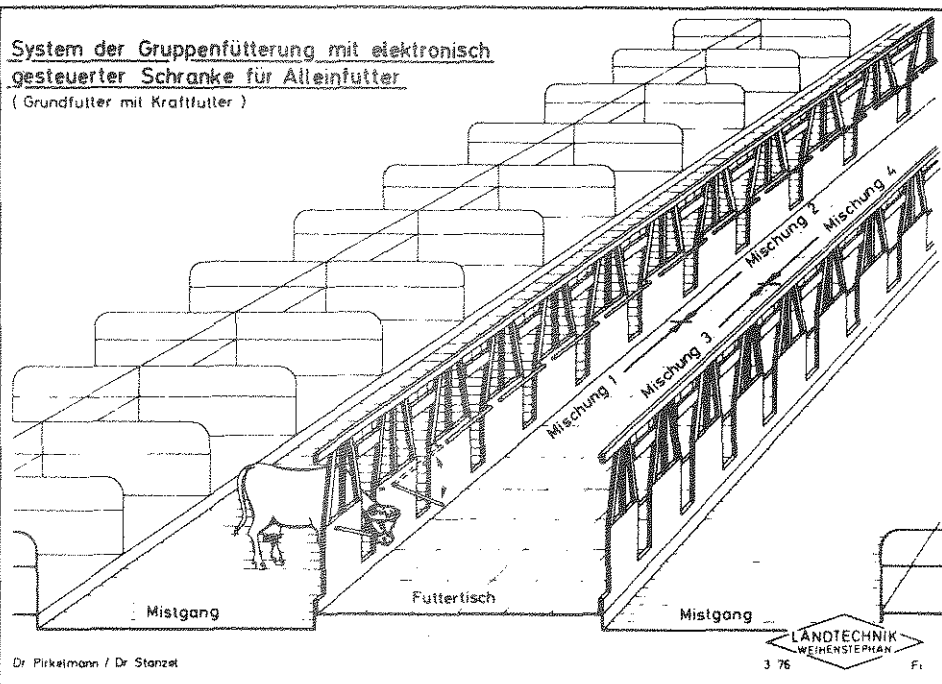


Abb. 3: System der Gruppenfütterung mit elektronisch gesteuerten Schranken für Alleinfutter

- Kühe selektieren nicht nur Kraftfutter, sondern bevorzugen auch einzelne Grundfutterarten. So wird von den meisten Tieren die Maissilage vor Heu und Grassilage gefressen. Im Laufstall nehmen bei gemeinsamer Vorlage der Komponenten die rangstärksten Kühe überwiegend die bevorzugten Futtermittel auf, die restlichen Tiere müssen sich mit den übrigen Futterarten begnügen. Durch Mischungen kann eine derartige Selektion vermieden werden.

- Ist die Grundfütterration unausgeglichener, bzw. die Versorgung durch Futterselektion unterschiedlich, so müßte bei exakter Fütterung je nach Leistungs-niveau verschiedenes Kraftfutter gefüttert werden. In der Mischung ist dagegen ein ausgeglichener Grundstandard zu schaffen, so daß eine Kraftfuttermischung für unterschiedliche Leistungen ausreicht.

- In das Grundfutter können auch weniger gern aufgenommene Futtermittel und Mineralstoffe eingemischt und in ausreichender Menge verabreicht werden.

- Futterarten, die sonst dem Einzeltier rationiert zuzuteilen sind, können in Mischungen zur freien Aufnahme vorgelegt werden. Hier sind vor allem das Kraftfutter, feingeschnittelte Futterrüben oder sonstige Zukaufskomponenten zu nennen.

## Wie genau muß gemischt werden?

Im Anbinde- oder Fangboxenstall reicht es aus, wenn die Komponenten in einem gleichbleibenden Verhältnis zugeteilt werden. Dabei können die Einzelkomponenten auch einzeln nacheinander vorgelegt werden. Verschiedentlich werden einzelne Futterarten auf Miststreuern, Ladewagen oder Futterverteilwagen übereinander geschichtet und dann ausgebracht. Wir haben festgestellt, daß diese Geräte nur mit einer Futterkomponente eine ausreichende Dosiergenauigkeit erreichen.

Für die Fütterung in Laufställen ist außer einem gleichbleibenden Mischungsverhältnis zusätzlich eine intensive Vermischung erforderlich. Das geht nur mit speziellen Futtermisch- und Verteilwagen. Nur sie erlauben die Vorratsfütterung ohne Benachteiligung der rangschwächeren Tiere.

Der Einsatz schleppergezogener Mischwagen, die alle Futterarten verarbeiten, setzt Häckselgut voraus. Kurzschnittladewagen gut bei der Anweilsilage ist nur bei einem Anteil von mindestens 50% Maissilage möglich. Elektronische Wiegeeinrichtungen in den Wagen lassen eine kontrollierte Befüllung der Einzelkomponenten und ein gezieltes Ausbringen der Mischung zu.

Wenn Sie einen Mischwagen kaufen

Abb. 4: Freßrhythmus einer Milchkuhherde bei aufgewerteten Grundfuttermischungen (46 Kühe; Ø aus 3 Tagen, Futtermittellage 1 x täglich)

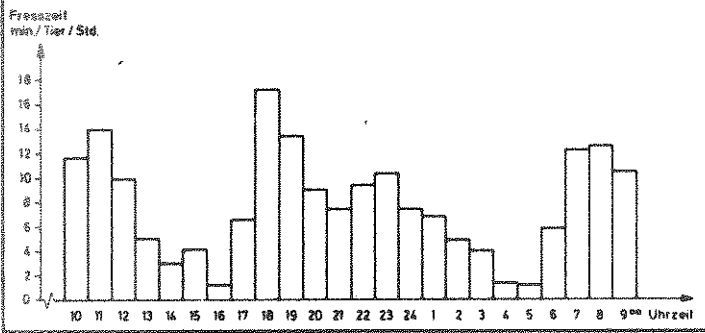
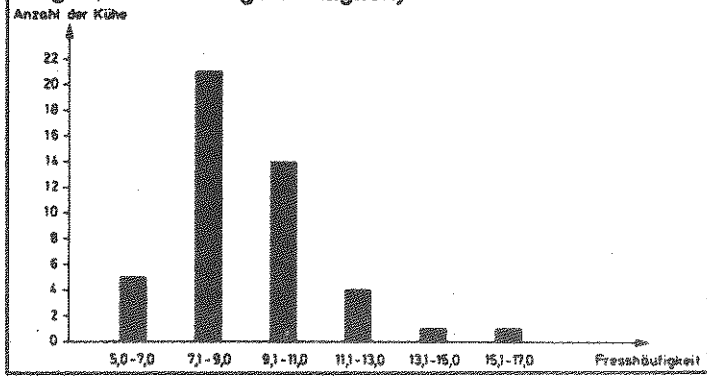


Abb. 5: Tägliche Freßhäufigkeit von Milchkuhen bei aufgewerteten Grundfuttermischungen (46 Kühe, Ø aus 3 Tagen; Futtermittellage 1 x täglich)



wollen: Pro m<sup>3</sup> Fassungsvermögen können bei einmal täglicher Futtermittellage 7 - 9 Kühe versorgt werden. Je nach Mischsystem und Wagengröße sind 2500 - 3000 DM/m<sup>3</sup> für die Investition anzusetzen. Die Wiegeeinrichtung kostet zusätzlich 5000 - 6000 DM.

### Zumischung von Kraftfutter

Die Futtermischwagen sind Chargenmischer und können pro Mischvorgang nur eine einheitliche Ration herstellen. Bei Herdenfütterung kann daher nur ein Teil des Kraftfutters zugegeben werden, und zwar wird die Menge bestimmt von den Tieren mit der geringsten Leistung. Das restliche Kraftfutter zur Abdeckung der Leistungsspitzen muß individuell - in der Regel im Melkstand - verabreicht werden.

Will man das gesamte Kraftfutter zumischen und damit ein Alleinfutter herstellen, muß die Herde in Leistungsgruppen eingeteilt werden. Das ist nur im Laufstall möglich.

### Ist Gruppenfütterung genau genug?

Bei Gruppenfütterung kann man nicht von einer tierindividuellen, sondern allenfalls von einer leistungsorientierten Versorgung der Tiere mit annähernd gleichen Tagesgemelken sprechen.

Die Anpassung der Ration an Leistungsbereiche erscheint unter Praxisbedingungen vertretbar, da die Futterinhaltsstoffe zumindest beim Grundfutter nur geschätzt werden und in einem gewissen Bereich streuen. Zudem treten Schwankungen in der täglichen Futteraufnahme und in der tierindividuellen Verwertung auf, die dem Landwirt nicht bekannt sind. Und schließlich treten auch tier- oder umweltbedingte Streuungen in der täglichen Milchleistung auf, die mit zunehmendem Tagesgemelk größer werden.

Anzustreben ist eine Unterteilung der Herde in etwa vier Leistungsgruppen. Bei Tagesgemelken unter 20 kg sollte die Leistungsabstufung 4 - 5 kg nicht überschreiten. Bei höheren Tagesleistungen erscheinen aufgrund der größeren Schwankungen 6 - 8 kg vertretbar.

Durch biologische Steuerungsfaktoren darf, wenn auch nur in engen Grenzen, eine gewisse Anpassung der Futteraufnahme an die Leistung unterstellt werden. Wir wissen ferner, daß schwere Kühe mehr fressen als leichte, und zwar nimmt pro 100 kg Lebendgewicht die Trockenmasseaufnahme um rund 0,8 kg zu.

### Nur für die Großen?

Nach Gruppen einteilen kann man nur, wenn bestimmte Voraussetzungen gegeben sind: Für jede Gruppe ist ein Zu- und Abtrieb zum Melkstand zu schaffen. Ein Melkstand in der Stallmitte kann hier günstiger sein als an der Stirnseite. Da die Abteilungen nur in Grenzen in der Größe variiert werden können, muß die jeweilige Gruppe immer annähernd die gleiche Tierzahl aufweisen. Um die Melkarbeit nicht durch die zusätzlichen Nebenarbeiten zu belasten, sollte die Mindestgröße der einzelnen Gruppen wenigstens 30 Tiere betragen. Das heißt, daß eine derartige Einteilung in Leistungsgruppen Herdengrößen von 100 - 120 Kühen voraussetzt.

Wir arbeiten in Weihenstephan an einem System, das die Nachteile der Gruppenbildung vermeidet.

### Gruppenfütterung mit Hilfe der Elektronik

Der Futtertisch ist in mehrere Abschnitte unterteilt, deren Abmessungen je nach den Tierzahlen der einzelnen Gruppen gewählt werden. Nacheinander werden entsprechend diesen Abschnitten die einzelnen Futtermischungen abgelegt (Abb. 3).

An jedem Freßplatz ist am Freßgitter eine Schranke angebracht, die nur von den Kühen geöffnet werden kann, die die jeweilige Futtermischung fressen sollen.

Dazu tragen die Kühe Halsbänder, die an drei Stellen mit Magneten bestückt sein können. Durch verschiedene Kombinationen der Magneten ergeben sich sieben Unterscheidungsmöglichkeiten. Sobald die Kuh den Kopf durch das Freßgitter steckt, wird über Kontakt-

strecken der eingestellte Code überprüft. Bei Übereinstimmung öffnet ein Elektromagnet die Verriegelung, die die Kuh drückt die Schranke nach unten und hat freien Zugang zum Futter (Abb. 2).

Der Wechsel der Gruppenzugehörigkeit erfolgt durch Tausch der Halsbänder. Die umgestellten Tiere finden durch Probieren ihren neuen Bereich von selbst, doch dauert das bei den einzelnen Kühen unterschiedlich lang.

### Erfolgreiche Versuchsanlage

Das beschriebene Fütterungssystem ist in einer Versuchsherde mit 46 Kühen und 34 Freßplätzen im zweiten Jahr mit Erfolg im Einsatz. Maissilage, Grassilage und Heu werden für die gesamte Herde in den 6 m<sup>3</sup> fassenden Mischwagen mit Wiegeeinrichtung gefüllt (Abb. 1).

Aus einem aufgesattelten Kraftfuttermittellagerbehälter mit Volumendosierung wird vor dem Ausbringen das Kraftfutter für jede Gruppe zugegeben und intensiv vermischt. Einmal täglich wird nach Gewicht Futter vorgelegt.

Abbildung 4 zeigt den Freßrhythmus der Milchkuhherde. In den frühen Morgen- und Nachmittagsstunden ist eine ausgeprägte Freßruhe festzustellen. Die meisten Kühe nehmen das Futter in 9 - 11 Portionen auf (Abb. 5).

Wichtig für die bauliche Konzeption des Laufstalles ist, daß bei diesem System zwei Kühe mit einem Freßplatz auskommen.

### Wir meinen,

daß die Vorteile von Futtermischungen vor allem in Milchviehbetrieben mit einer vielseitigen Grundfütterung zum Tragen kommen. Bei überwiegender Heu- oder Grassilagefütterung und bei fehlendem Häckselgut ist die Einzelfuttermittellage zweckmäßiger.

Bei den verfügbaren Fassungsvermögen von 4 - 12 m<sup>3</sup> und den erforderlichen Investitionen lohnt der Einsatz der Futtermischwagen in der Regel erst ab Beständen von 40 - 50 Kühen.

# Techniken zur Kraftfutterfütterung

Nach den aufgeführten Beurteilungskriterien bleibt für den kleineren Milchviehbestand die Handzuteilung oder ein preiswerter von Hand bedienter Dosierwagen die wirtschaftlichste Lösung. Für eine häufigere Kraftfuttermischung an Hochleistungstiere wird hier sicherlich zu Beginn der Laktation ein zusätzlicher Gang in den Stall in Kauf genommen werden. Automatisierte Anlagen für den größeren Anbindestall werden mit mobilen Geräten wirtschaftlicher zu realisieren sein als mit stationären Dosierern. Bei den Laufstallherden mit hoher Leistung stößt die Melkstandfütterung an ihre Grenzen. Als Alternativen stehen die Abrufautomaten und die Futtermischungen zur Verfügung. Abrufautomaten lassen sich problemlos in bestehende Laufstall- und Fütterungs-

systeme eingliedern und führen sich daher leicht in der Praxis ein. Sie haben ihr Haupteinsatzgebiet in Betrieben mit einseitiger Grundfutterbasis, wie etwa in ausgesprochenen Grünlandbetrieben. Die Futtermischungen beziehen dagegen das Kraft- und Grundfutter ein und lassen einen gezielten Einsatz aller Futterkomponenten zu, so daß sie vor allem in Betrieben mit einem vielseitigen Grundfutterangebot den Vorzug verdienen. Für alle Anlagen gilt, daß über den bisherigen Standard hinausgehende Investitionen einen wirtschaftlichen Ausgleich über höhere Leistungen oder die Einsparung von Kraftfutter durch eine genauere Vorlage erfordern.

Die erzielten Leistungssteigerungen in der Milchviehhaltung setzen neben qualitativ hochwertigem Grundfutter einen vermehrten Kraftfuttereinsatz voraus, der in jüngster Zeit eine vertiefte Diskussion und Versuchstätigkeit über die geeignete Form der Kraftfuttermischung ausgelöst hat. Im Vordergrund steht dabei die exakte Anpassung der Konzentratmenge an das Tagesgemelk und eine häufigere Fütterungsfrequenz. Beide Forderungen haben zu einer regen technischen Entwicklungstätigkeit und zu einem vielseitigen Angebot an Kraftfuttermischungsanlagen geführt.

## Stand der Technik

Als Orientierungshilfe soll zunächst eine systematische Übersicht über das derzeitige Gerätespektrum und die mögliche Zuordnung zu den verschiedenen Stallsystemen gegeben werden (Abb. 1). Die Fütterung des getrennt vorgelegten Futters an der Krippe ist überwiegend an den Anbindestall gebunden. Die mobilen Geräte können Muldenwagen für die Handdosierung, geschobene Dosierwagen mit hand- bzw. motorgetriebenen Band- oder Schneckenförderern und ab Fassungsvermögen von 400 kg selbstfahrende Wagen sein. Automatisch laufende Wagen mit Nocken- oder Programmsteuerung bedingen die Schienenführung. Über eine Zeitschaltuhr ist ein beliebig häufiger, am Standplatz orientierter Kraftfuttermischungsabwurf möglich.

Dies trifft auch für die stationären Anlagen mit Volumen- oder Gewichtsdosierung zu. Sie können die eingestellte Sollmenge auf einmal oder bei der sogenannten „Dribbelfütterung“ über eine bestimmte Zeiteinheit verteilt entsprechend der Verzehrsgeschwindigkeit der Kühe vorlegen, wodurch das gegenseitige Befressen eingeschränkt wird. Die Dribbelfütterung ist unbedingt bei den versuchsweise in Laufställen, die nur über schmale Freßplatzbreiten verfügen, installierten Krippendosierern für die Versorgung von Leistungsgruppen erforderlich. Die gemeinsame Vorlage von Grund- und Kraftfutter durch Futtermischwagen beschränkt sich auf größere Anbinde- und vor allem Laufställe. Eine teilweise Zugabe des Kraftfutters zur Herstellung eines Grundstandards für die gesamte oder nur einmal unterteilte Herde erfordert zusätzliche Konzentratgaben für die Abdeckung der individuellen Leistungsspitzen. Die Einmischung des gesamten Kraftfutters (Alleinfutter) bedingt die Einteilung der laktierenden Tiere in drei bis vier Leistungsgruppen. Da durch

mechanische Unterteilungen in Bestandsgrößen unter 100 bis 120 Kühen zu große stallbautechnische und arbeitswirtschaftliche Probleme entstehen, wird an Verfahren gearbeitet, die die Herde als Einheit belassen und nur am Futtertisch durch elektronisch gesteuerte Schranken am Freßplatz oder Tore zu Freßbereichen eine leistungsbezogene Differenzierung vornehmen.

Die Kraftfuttermischung im Melkstand ist an die zweimalige Melkzeit gebunden. Die Verzehrszeit hängt von der Verweildauer der Kühe im Melkstand ab. Sie ist für große Kraftfuttermengen nicht ausreichend, so daß für Hochleistungstiere immer mehr eine teilweise oder völlige Verlagerung der Kraftfuttermischung aus dem Melkstand angestrebt wird.

Im Laufstall aufgestellte Abrufautomaten sind nur mit rationiertem Auswurf für eine leistungsbezogene Fütterung geeignet. Beim Transponder wird am Hals der Kuh eine bestimmte Freßzeit vorgegeben. Die mögliche Futteraufnahme richtet sich nach der Einstellung und dem zeitlichen Abstand zum letzten Besuch. Nicht abgerufene Restmengen des im 12-Stunden-Rhythmus analog ablaufenden Systems können teilweise oder voll auf die nächste Tageshälfte übertragen werden. Eine Kontrolle der Kraftfuttermischung des Einzeltieres ist nicht möglich.

Bei den Identifizierungssystemen wird an

einem zentralen Steuergerät die Kraftfuttermenge vorgegeben, und es kann damit auch die von jedem Tier abgerufene Kraftfuttermenge kontrolliert werden. Die Aufnahmehäufigkeit und die Portionsgröße pro Besuch wird von verschiedenen gestalteten Programmen, die nach 12 bzw. meist 24 Stunden neu gestartet werden müssen, vorgegeben. Innerhalb der meist digital, neuerdings auch analog ablaufenden Programme werden nicht abgerufene Futtermengen übertragen. Sie verfallen allerdings mit dem Neustart des Programms. In weiteren Ausbaustufen können diese Anlagen noch zusätzliche Funktionen wie z. B. die Milchmengenerfassung übernehmen.

## Zuteilgenauigkeit

Von selten der Tierernährung wird allgemein gefordert, daß die Abweichungen von der Sollmenge nicht mehr als 5% betragen sollen. Bei Handzuteilung können die Streuungen sich im weiten Bereich von 2 bis 30% bewegen. Die Dosiergenauigkeit hängt weitgehend von der Sorgfalt des Fütterers ab. Maßbecher und Rundschaukeln führen zu geringeren Fehlern als Flachschaufeln. Die Sollkraftfuttermengen sollten für jedes Tier an den Stalltafeln angeschrieben werden, um Fehlidentifizierungen oder Verwechslungen in den Zuteilmengen auszuschließen.

Bei den mobilen und stationären Dosier-

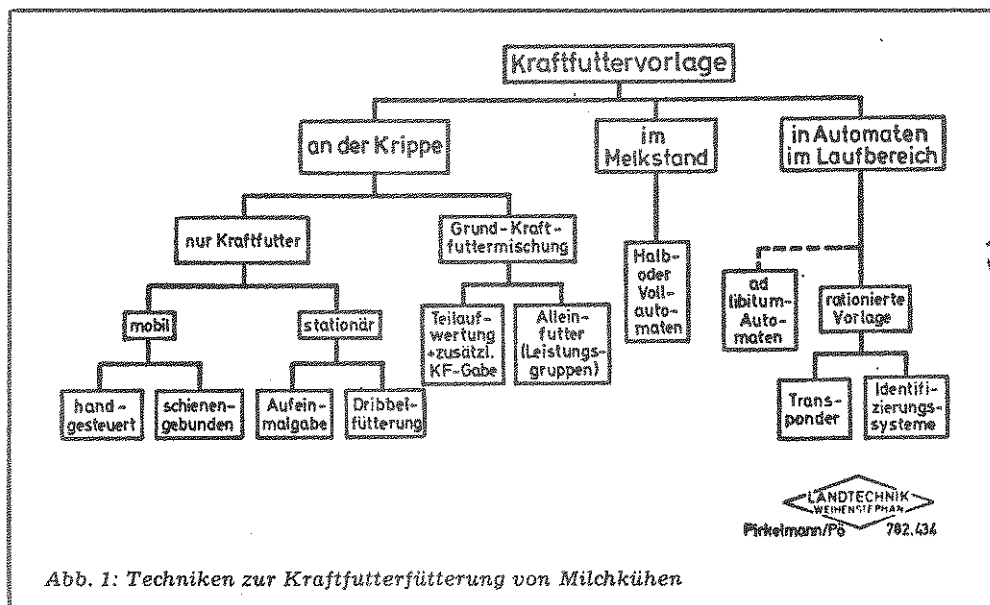
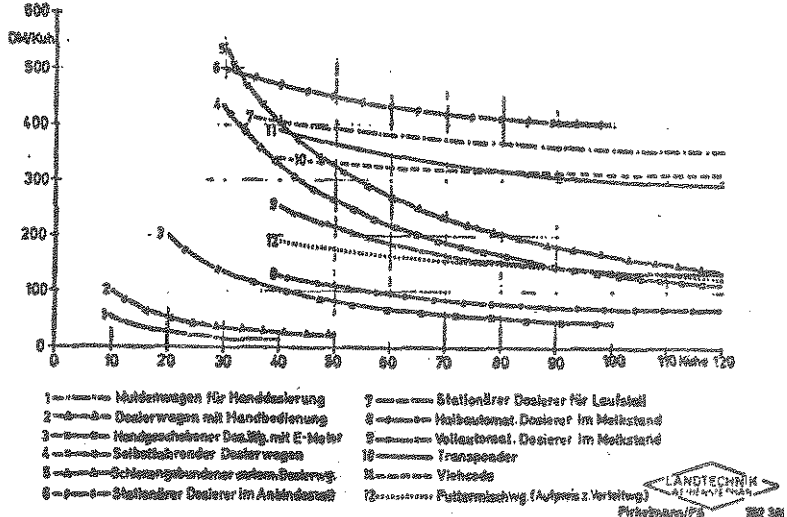
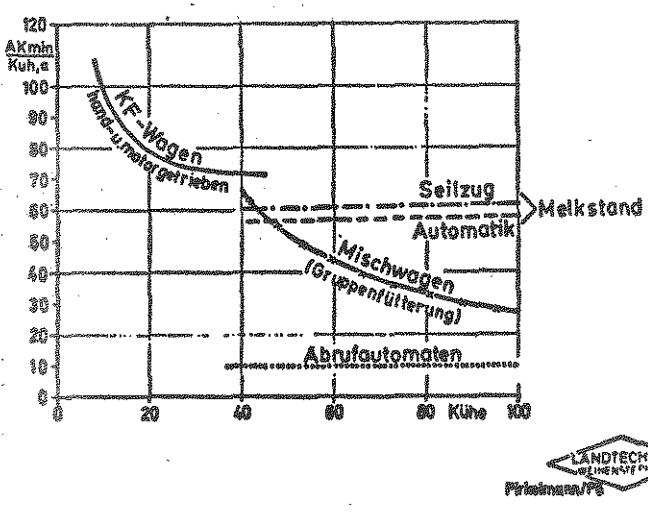


Abb. 1: Techniken zur Kraftfutterfütterung von Milchkühen





LANDECHNIF  
ALTHEYDORF  
Pflanzmann/PS 762 380

LANDECHNIF  
ALTHEYDORF  
Pflanzmann/PS 762 381

Abb. 2: Arbeitszeitbedarf für die Kraftfutterfütterung in der Milchviehhaltung (nach Auernhammer u. Züh)  
Abb. 3: Kapitalbedarf (DM/Tier) für verschiedene Techniken zur Kraftfutterfütterung in der Milchviehhaltung

einrichtungen wird die Zuteilgenauigkeit weitgehend von der Ausformung der Dosieraggregate, der Futterart bzw. dem Futterzustand und der Portionsgröße bestimmt. Zellenräder oder Meßzylinder weisen die geringsten Streuungen auf. Bei den sehr häufig verwendeten Schnecken sind kleine Durchmesser und Steigungen günstiger als groß dimensionierte Förderanlagen.

Allgemein werden bei mobilen Geräten ab Aufwurfmengen von ca. 1 kg, bei stationären Anlagen ab 0,3—0,5 kg Abweichungen unter 5% erreicht. Dabei müssen zwischen mehligem und pelletiertem Futter keine Unterschiede auftreten, wenn die kontinuierliche Beschickung der Dosieraggregate gewährleistet ist. Da aber durch den meist konischen Zulauf der Einfülltrichter bei mehligem und schwerer fließenden Komponenten die Gefahr der Brückenbildung zunimmt, sind unter Praxisbedingungen hier die größeren Dosierfehler gegeben. Dies trifft vor allem auch für die Abrufautomaten zu, die pro Besuch meist nur kleine Mengen auswerfen. So wurde als häufigste Portionsgröße beim Transponder Mengen unter 250 g, bei einem Identifizierungssystem von 500 bis 1000 g festgestellt. Einen entscheidenden Einfluß übt der Feuchtegehalt des Futters aus. Eine Zunahme von 10 auf 14% kann einen Rückgang der Auswurfmenge der Dosieraggregate von 15 bis 20% zur Folge haben. Ähnliche Auswirkungen treten durch veränderte Strukturen im Futter auf, so daß die Auswurfgenauigkeit der Volumendosierer weitgehend von der regelmäßigen Kontrolle und Ausflüsterung abhängt. Hier könnten Gewichtsdosierer, die unter genau definierten Bedingungen kaum genauer arbeiten als gute Volumendosierer, zu einer wesentlichen Einsparung von Wartungsarbeiten und damit langfristig zu einer besseren Dosiergenauigkeit beitragen.

**Lohnt eine häufigere Fütterung?**

Vielorts durchgeführte Versuche ergaben, daß die Aufteilung großer Kraftfuttermengen auf mehrere kleine Tagesportionen von max. 2,5 bis 3,0 kg das Überhandnehmen der Propionsäure und eine Übersäue-

rung in den Vormägen verhindern kann. Nach neueren Untersuchungen von Kirchgöbner schlagen aber diese positiven pansenphysiologischen Auswirkungen auf die Leistung erst durch, wenn der Rohfasergehalt der Gesamtration deutlich unter 17,5% absinkt. Dies trifft bei guter Grundfütterversorgung erst mit Tagesgemelken von rund 35 kg oder Laktationsleistungen von etwa 7000 kg zu.

Schlechtes Grundfutter und damit größere Kraftfuttermengen lassen die mehr als zweimalige Kraftfüttergabe bereits bei 5500 bis 6000 kg als sinnvoll erscheinen. Da das Leistungsniveau der Milchkuhe ständig im Ansteigen ist und die Situation der Grundfütterbereitstellung nicht immer im gewünschten Maße in den Griff zu bekommen ist, wird zukünftig die häufigere Kraftfuttermenge an Bedeutung gewinnen. Diese Maßnahme kann zwar nur im ersten Laktationsdrittel voll zur Wirkung kommen. Im praktischen Betrieb wird aber diese entscheidende Laktationsphase für die Wahl des Fütterungssystems ausschlaggebend sein, da mehrere Techniken wirtschaftlich nicht vertretbar sind.

**Einzelfutter oder Mischfutter?**

Bei separater Vorlage des Kraftfutters setzt eine mehr als zweimalige Fütterung in technisierungswürdigen Beständen eine weitgehende Automatisierung voraus, um weitere termingebundene Arbeiten in der Milchviehhaltung zu vermeiden. Portionsgröße und Fütterungsfrequenz werden dem Tier dabei durch die entsprechenden Techniken wie den über Zeitschaltuhr angesteuerten mobilen und stationären Dosiereinrichtungen und den Abrufautomaten vorgegeben. Beim Transponder wird das Kraftfutter bei der Mehrzahl der Tiere in 6 bis 25 Teilportionen abgerufen. Die insgesamt abgeholte Futtermenge weicht bei ca. 75% der Kühe weniger als 500 g von der Sollmenge ab. Beim Rest der Tiere können von Tag zu Tag mehr oder minder große Abweichungen auftreten. Bei den Identifizierungssystemen liegt die Fresshäufigkeit je nach Programmablauf meist bei 5 bis 10 Besuchen. Nicht abgeholte Restmengen treten hier nach den bisherigen Erfahrungen meist bei den Hochleistungstieren auf.

Die intensive Vermischung des Kraftfutters mit dem Grundfutter läßt die Vorratsfütterung zu, da eine Selektion nicht mehr möglich ist. Die Futteraufnahme bleibt dabei dem natürlichen Freßrhythmus der Tiere überlassen und ist höher als bei Einzelfuttermenge. Sie erfolgt überwiegend in 6 bis 10 Tagesportionen, so daß auch bei der ad-libitum-Vorlage für größere Kraftfuttermengen in Verbindung mit Grundfutter günstigere pansenphysiologische Bedingungen gegeben sind. Zudem ergeben sich stallbautechnische Vorteile, da Futtermischungen die Einschränkung der Fressplätze ermöglichen. Die Einzelvorlage rationierter Komponenten setzt dagegen immer Einzelfressplätze voraus; wenn nicht rangschwächere Tiere bei bevorzugt aufgenommenen Futterarten benachteiligt werden sollen. Ob die ausschließliche Kraftfütteranlage in der Mischung für eine Leistungsgruppe aus der Sicht der Tierernährung der tierindividuellen Versorgung gleichzusetzen ist, wird bislang unterschiedlich beurteilt.

**Arbeitswirtschaft**

Der Arbeitszeitbedarf für die Kraftfutterfütterung bewegt sich für die Futterwagen zwischen 1,2 und 1,7 AKh je Kuh und Jahr, wobei zwischen den handbedienten und motorgetriebenen Geräten nur ein unbedeutender Unterschied auftritt (Abb. 2). Die Melkstandfütterung liegt unabhängig von der Bestandsgröße bei etwa 1 AKh, während der Futtermischwagen für die Gruppenfütterung mit zunehmender Tierzahl eine starke Degression des Arbeitsaufwandes zeigt. Bei den Abrufautomaten ist ähnlich wie bei den automatisierten mobilen und stationären Dosieranlagen mit 10 bis max. 20 min pro Tier und Jahr nur noch eine Überwachungsfunktion erforderlich. Insgesamt nimmt damit der Arbeitszeitbedarf nur einen sehr geringen Umfang ein und ist für die Kraftfutterfütterung von untergeordneter Bedeutung.

**Investitionen**

Wesentlich größere Unterschiede für die einzelnen Techniken ergeben sich bei den Investitionen (Abb. 3). Den geringsten Kapitaleinsatz erfordern die Muldenwagen und die handbedienten Dosierwagen. Die

motorgetriebenen Wagen bedingen bereits je nach technischer Perfektion erhebliche Investitionen. Dies trifft vor allem für die automatisierte Steuerung zu. Wesentlich preisgünstigere Ausführungen sind in Bearbeitung. Bei allen Dosierwagen ist mit zunehmender Bestandsgröße eine starke Kostendegression gegeben.

Demgegenüber wirkt sich die Tierzahl bei den stationären Anlagen kaum aus. Die Melkstandfütterung erfordert hier den geringsten, die stationären Dosierer an der Krippe den höchsten Kapitaleinsatz. Bei den Abrufautomaten ist bei kleineren Beständen von der Investitionshöhe der Transponder günstiger, während die Iden-

tifizierungssysteme durch die bessere Auslastung der zentralen Steuereinheit in größeren Herden vorteilhaft werden. Der Vergleich zu ausschließlichen Kraftfuttermischungstechniken schwer zu werten. Futtermischwagen ist nur mit dem Differenzpreis zu Futtermischwagen belastet.

# Flüssigmist ohne Zwischenlager in Hochbehälter pumpen

Dr. H. D. Zeisig und  
G. Langenegger,  
Weihenstephan

Vorgruben sind teuer. Das Umpumpen alle 10–20 Tage in den Hochbehälter bindet einen Schlepper, weil oft nicht so hohe elektrische Anschlußwerte vorhanden sind. Der Flüssigmist in der Vorgrube muß auch homogenisiert werden. Welche Möglichkeiten es gibt, hier Einsparungen vorzunehmen, wird nachfolgend beschrieben.

Flüssigmist benötigt für Entmischungsvorgänge eine entsprechende Zeit, damit sich Schwimmschichten bzw. Sinkschichten ausbilden können. Läßt man nun Flüssigmist über eine Abbruchkante, wie z. B. eine Staunase, treiben, so ist hinter dieser Abbruchkante der Flüssigmist zwar nicht vollständig homogen, aber doch so, daß er mit einer entsprechenden Pumpe ohne vorheriges Aufrühren gepumpt werden kann. Das bedeutet aber auch gleichzeitig, daß man den anfallenden Flüssigmist, so wie er aus dem Stall kommt, in relativ kurzen Zeitintervallen abpumpen muß. Daher sind die bisher bekannten großen Vorgruben nicht mehr notwendig, sie müssen ersetzt werden durch eine Pumpstelle oder ähnliche

Einrichtung, die nur ein Fassungsvermögen von bis zu 1 m<sup>3</sup> aufweisen sollte. An diese „Pumpstelle“ können ohne weiteres auch mehrere Flüssigmistkanäle angeschlossen werden, wenn man die Zuleitung z. B. aus einem Querkanal oder in Form von mit geringem Gefälle verlegten glatten Rohren (z. B. Tonrohre, glatte Zementrohre oder auch Kunststoffrohre) mit einem Innendurchmesser von etwa 300–400 mm ausführt.

Die in einer derartigen „Pumpstelle“ eingesetzte Pumpe muß elektrisch angetrieben werden, da andernfalls ein Schlepper ständig blockiert wäre und außerdem keine einfache Steuerungsmöglichkeit der Pumpe bei Schlepperantrieb denkbar ist. Allerdings kann der elektrische Anschlußwert einer derartigen Pumpe niedriger

sein als der für die üblichen Vorgruben, da einmal das leistungszehrende Homogenisieren wegfällt und zum anderen durch die Wahl entsprechender Durchmesser für die Druckleitung die Rohrreibungswiderstände erheblich reduziert werden können. Daher sind für eine derartige Anordnung nur Förderleitungen mit einem Rohrdurchmesser von 150–180 mm einsetzbar, so daß trotz Verwendung einer Flüssigmistpumpe mit niedrigerem Anschlußwert die Fördermenge noch ausreichend hoch ist, um auch das vor dem Ausfahren des Lagerbehälters erforderliche Homogenisieren mit der gleichen Pumpe, je nach Einbausituation in den Beispielen eins bis drei, durchführen zu können.

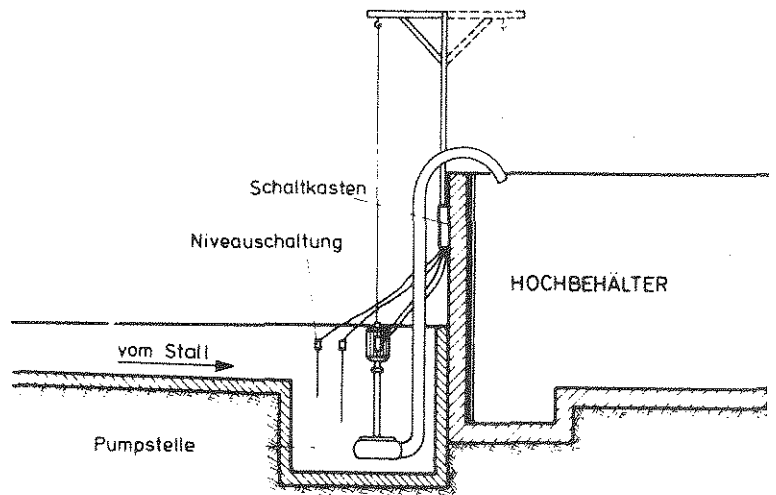


Abb. 2

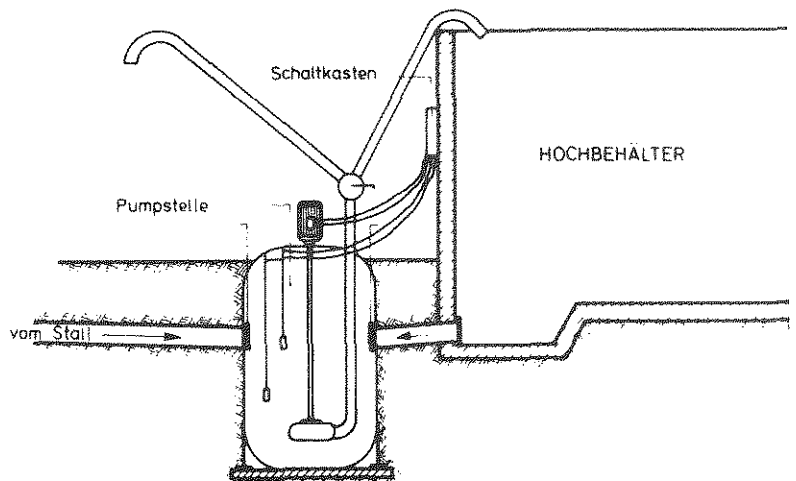


Abb. 3

**Abb. 1 oben:** Pumpstelle in einem um 2 m verlängerten Fließmist-Querkanal. ① Flüssigmistzulauf mit Schieber, absperrbar. Dieser Zulauf ist geschlossen, wenn aus dem Hochbehälter abgepumpt oder der Hochbehälter homogenisiert wird. ② Kreiselpumpe mit geschlossenem Zulauf. ③ Niveauschaltung für die FI-Pumpe nach dem Leitfähigkeitsprinzip.  
**Abb. 2 oben rechts:** Einfache Pumpstelle, von der aus die automatisch gesteuerte Pumpe den laufend anfallenden Flüssigmist in den Hochbehälter fördert.  
**Abb. 3 rechts:** Pumpstelle, die aus einem Stahltank und der eingehängten Flüssigmisttauchpumpe besteht. Mit Hilfe der Niveauschaltung wird der anfallende Flüssigmist in den Hochbehälter gepumpt.

In einer derartigen Pumpstelle muß die Pumpe durch das Flüssigkeitsniveau entweder in der Pumpstelle oder im Flüssigmistkanal geschaltet werden.

Dafür sind die bislang üblicherweise verwendeten Schwimmersteuerungen weniger geeignet, da sie in dieser Einbausituation zu häufigen Fehlschaltungen führen. Recht gute Ergebnisse wurden bislang mit einer Steuerung erzielt, die auf dem Prinzip der Leitfähigkeitsmessung beruht. Hierzu werden zwei Edelstahl-Elektroden (Drähte) in unterschiedlicher Höhe in der Pumpstelle bzw. im Flüssigmistkanal angebracht (s. a. Abb. 1), wovon die obere für das Einschalten und die untere für das Abschalten der Pumpe sorgen. Der Steuerimpuls wird von einem kleinen, etwa faustgroßen Gerät erzeugt, das sich im Schaltkasten der Pumpe befindetet. Mit dieser Einrichtung läßt sich das Niveau des Flüssigmistes sehr genau einhalten und durch entsprechende Verschiebung der beiden Elektroden auch sehr genau einstellen. Da bei einer derartigen Anordnung die Pumpe in relativ kurzen Zeitintervallen, u. U. mehrmals am Tag, läuft, sind besondere Schutzvorkehrungen gegen das Eintreten von Schadgasen in den Stallraum in der Regel nicht erforderlich.

Für die Realisierung einer derartigen Lösung bieten sich drei Systeme an:

1. Die offene Pumpstelle mit frei eingetauchter Pumpe, wie sie schematisch in Abb. 2 dargestellt ist.
2. Die geschlossene, mit einer Tauchpumpe versehene Pumpstelle, bei der lediglich der Antriebsmotor der Pumpe sich außerhalb des Behälters befindet. Diese Lösung ist in Abb. 3 schematisch dargestellt.
3. Die geschlossene Pumpstelle, bei der die Pumpe trocken eingebaut ist und der Flüssigmistzulauf zum Pumpenlauftrad von unten her erfolgt, wie es schematisch in Abb. 4 dargestellt ist.

1 Bei diesem System steht die Pumpe in einer kleinen Sammelgrube, die z. B. als verlängerter Fließmistkanal von etwa 80-100 cm Breite ausgebildet ist. Die Sohle dieser Sammelgrube muß um etwa 30-60 cm tiefer liegen als die Sohle des Fließmistkanales. Auch hier wird die Pumpe entsprechend der Füllhöhe in dieser Sammelgrube automatisch geschaltet. Diese Lösung eignet sich nur zum laufenden Umpumpen des Flüssigmistes in einen Hochbehälter. Zum Entleeren des Hochbehälters muß hierbei die Pumpe mit Hilfe einer entspre-

chenden Hebeeinrichtung in den Lagerbehälter umgehängt werden, wobei in letzterem selbstverständlich entsprechende Führungseinrichtungen für die Pumpe vorhanden sein müssen.

2 Bei diesem System besteht die Pumpstelle aus einem geschlossenen Tank, der entsprechend in den Boden versenkt wird und in dem sich die Tauchpumpe befindet. Dieser Tank besitzt jeweils einen oder mehrere Zulaufe für den Flüssigmist vom Stall und außerdem einen Zulauf vom Lagerbehälter. Alle Zulaufe sind durch entsprechende Schieber wahlweise absperrbar. Von der Pumpe geht eine Druckleitung zum Lagerbehälter bzw. zum Faßfüllrohr, so daß damit, je nach Stellung der Absperrschieber, entweder Flüssigmist vom Stall in den Lagerbehälter umgepumpt werden kann oder auch bei geschlossenen Schiebern zum Stall hin Flüssigmist aus dem Lagerbehälter in einen Tankwagen gepumpt werden kann. Wird bei diesem System das Fassungsvermögen der Pumpstelle zu groß gewählt, können Schwierigkeiten dadurch auftreten, daß sich im Laufe der Zeit in

Abb. 4: Pumpstelle mit Anordnung zum Stall und zum Hochbehälter. Günstigster Bereich für die Pumpstelle ist die unmittelbare Nähe des Hochbehälters, da dann der Flüssigmist nur eine kurze Strecke gepumpt werden muß. Bei dieser Pumpstelle ist die Pumpe trocken in der Pumpstelle eingesetzt. Der Pumpenzulauf erfolgt über absperrbare Rohre vom Hochbehälter oder vom Fließmistkanal aus.

Abb. 5: Pumpstelle mit Anordnung der Pumpe und Schiebern: 1 Kreiselpumpe; 2 Dreiwegehahn für das Tankwagen- und das Hochbehälterfüllen; 3 Absperrschieber für die Rücklaufleitung vom Hochbehälter zur Pumpe.

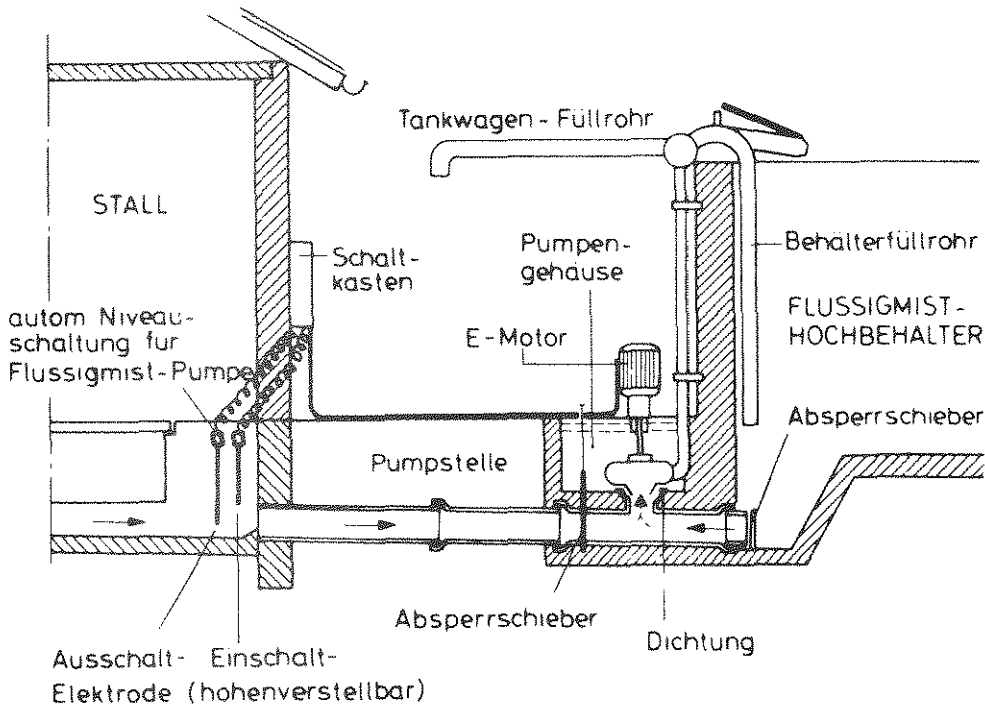


Abb. 4

## Flüssigmist pumpen

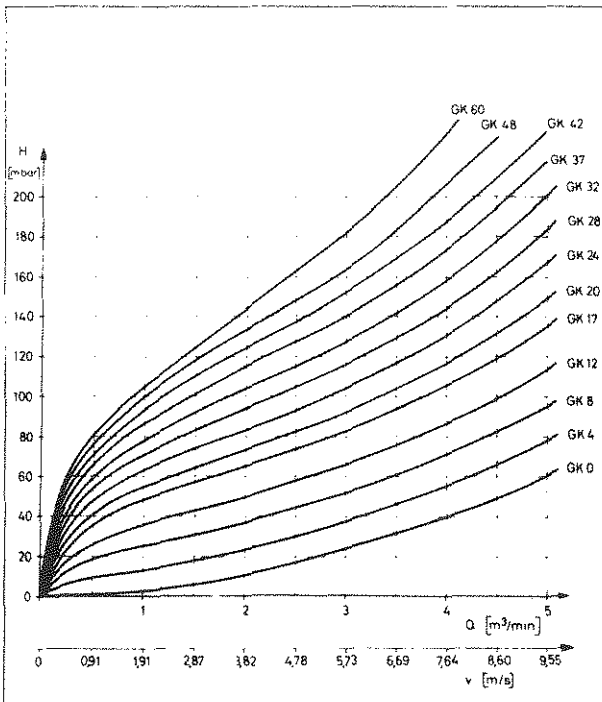
(Schluß)

der Pumpstelle, je nach zu förderndem Flüssigmist, Schwimmschichten bilden können.

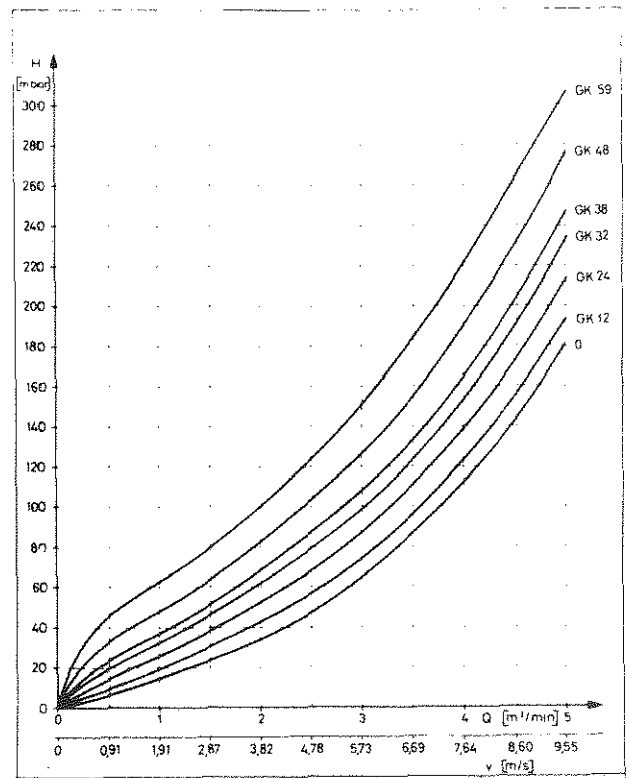
3 Hierbei steht die Pumpe trocken in der Pumpstelle, der Flüssigmistzulauf erfolgt aus einem besonders geformten, mit entsprechenden Absperrschiebern versehenen Zulaufteil. Selbstverständlich muß zwischen dem Zulaufteil und der Pumpe eine entsprechende Dichtung vorhanden sein, damit hier weder Luft angesaugt noch Flüssigmist austreten kann. Außerdem muß die Pumpe auf dem Zu-

laufteil entsprechend befestigt werden, damit sie nicht evtl. durch den Druck des Flüssigmistes im Hochbehälter von der Pumpstelle abgehoben werden kann und somit die eingesetzte Dichtung unwirksam wird. Für evtl. erforderliche Reparaturarbeiten an der Pumpe kann diese leicht abgehoben werden, wenn zuvor sämtliche Schieber zum Zulaufteil geschlossen wurden und wenn außerdem die Pumpe druckseitig mit der Förderleitung über eine entsprechende Schnellkupplung, z. B. eine Keilkupplung (s. a. Abb. 5), verbunden ist. Damit diese Teile jederzeit zugänglich sind und z. B. auch die Schieber einwandfrei

betätigt werden können, muß ein entsprechender Schacht, wie in Abb. 5, gemauert oder betoniert werden, es ist aber auch genauso gut vorstellbar, diesen Schacht aus Brunnenringen zu bilden. Gerade bei diesem System hat es sich gezeigt, daß bei Verwendung einer Druckleitung von 150 mm Durchmesser sehr hohe Förderleistungen bei einem relativ geringen Leistungsbedarf der Pumpe auch unter schwierigen Verhältnissen erreicht werden können. Daher erscheint dieses System besonders angebracht zum Einsatz von Flüssigmistpumpen mit relativ geringen elektrischen Anschlußwerten. ■



Reibungswiderstände für 1 m gerades Rohr ( $d_i$  105 mm  $\varnothing$ , Parameter = GK-Zahl) beim Fördern von Flüssigmist verschiedener Konsistenz



Reibungswiderstände für einen 45° Bogen ( $d_i$  105 mm  $\varnothing$ , Parameter = GK-Zahl) beim Fördern von Flüssigmist verschiedener Konsistenz

Aus den Arbeiten der neuen Prüf- und Entwicklungsstelle für Baustoffe  
in der Landwirtschaft an der Landtechnik Weihenstephan

Dr. G. Englert

Baustoffe sind beim Einsatz in der Landwirtschaft einer Reihe von ungewohnten Umwelt- und Betriebseinflüssen ausgesetzt.

Es sind dies

- das Stallklima mit hoher Luftfeuchtigkeit und mit Ammoniak, Schwefelwasserstoff sowie Kohlendioxid als Bestandteilen der Stall-Luft
- Kot, Harn, Gülle
- Futtermittel
- Reinigungs- und Desinfektionsmittel.

Gute Erfahrungen aus dem Wohnungs- und Industriebau bestätigen sich bei den einzelnen Baustoffen in dieser landwirtschaftlichen Umwelt nicht immer.

→ Für die Hersteller wie für den Baupraktiker sowie für den Bauherrn wird es also notwendig, mehr über das Verhalten der Baustoffe in der Landwirtschaft zu wissen. Die Erarbeitung entsprechender Kennwerte setzt das notwendige wissenschaftliche Rüstzeug, aber auch einen engen Kontakt zur landwirtschaftlichen Praxis voraus. Gerade die Kombination dieser Erfordernisse spricht für eine landwirtschaftlich orientierte Baustoffprüfung, eingebettet in eine landwirtschaftliche Forschungsstelle. Industrie und Praxis haben dies erkannt und uns zur Einrichtung einer Prüf- und Entwicklungsstelle für Baustoffe in der Landwirtschaft an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik in Weihenstephan ermuntert. Am 24.05.1977 konnte anlässlich eines Seminars über "Baustoffe in der Landwirtschaft" diese Prüfstelle eingeweiht werden.

Die inzwischen uns übertragenen Aufgaben überstreichen das ganze Feld landwirtschaftlicher Baustoffprobleme, sowohl bezüglich der Materialeigenschaften und des Materialverhaltens, aber auch in Hinsicht auf Be- und Verarbeitung. Drei Beispiele aus dem Kunststoffsektor können dies veranschaulichen. Die ersten beiden Beispiele sind dabei Arbeiten, die im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 141 der Deutschen Forschungsgemeinschaft "Produktionstechniken der Rinderhaltung" in Angriff genommen wurden.

### 1. Kunststoff-Planen zur Abdichtung von Güllegruben

Diese, vom Preis her interessante Lösung des Lagerproblems von Flüssigmist hat inzwischen vor allem in Schleswig-Holstein und Bayern eine gewisse Verbreitung gefunden. Als Abdichtung boten sich Kunststoff-Planen an, die auch in anderen Bereichen des Bauwesens mit Erfolg für diesen Zweck eingesetzt werden. Es sind dies Planen aus PVC, ECB und PIB. In einem Laborversuch wurde die Einwirkung der Gülle, in einem parallel laufenden Praxisversuch die kombinierte Einwirkung von Gülle und Freiluftklima untersucht. Als Meßgrößen dienten Reißfestigkeit und Reißdehnung. Über diese Versuche wurde schon anläßlich der Jahrestagung 1976 berichtet. Hier die neuesten Ergebnisse: In der Abbildung 1 sind die für die Reißdehnung in Herstellungsrichtung erhaltenen Ergebnisse des Laborversuchs dargestellt. Während nach nunmehr zweijähriger Einlagerung für PVC keine Veränderung, für ECB gar eine Verbesserung festgestellt werden konnte, ist die Reißdehnung von PIB um ca. 20 % verringert. Nicht nur dieses Ergebnis, vor allem auch schlechte Praxis-Erfahrungen mit PIB-Nahtstellen sprechen vorerst für PVC und ECB als geeignete Materialien für die Abdichtung von Güllegruben. Die Ergebnisse der Praxisversuche unterstützen dies. Bei ECB konnte nach 3 1/2 Jahren Einsatz eine Erhöhung der Reißdehnung auf 120 % des Ausgangswertes, bei PVC nach 5 1/2 Jahren eine Abnahme auf nur 90 % festgestellt werden. Die Sonneneinstrahlung hat zu einer leichten Versprödung des PVC geführt.

### 2. Kunststoff-Hartschäume zur Wärmedämmung von Ställen

Die beiden Polystyrol-Hartschäume, das expandierte Styropor und das extrudierte Produkt, unter den Handelsnamen Styrodur/Styrofoam bekannt, sowie Polyurethan sind heutzutage als Wärmedämmstoffe weit verbreitet. Es interessierte uns, ob sich unter dem Einfluß des Stallklimas Materialveränderungen nachweisen lassen. Die in der Abbildung 2 zusammengestellten ersten Vergleichsergebnisse nach ca. 1 1/2 Jahren Auslagerung in drei verschiedenen Ställen zeigen derartige Veränderungen an, wobei sich interessanterweise bei dem dichteren extrudierten Polystyrol bisher nur die Biegefestigkeit geändert hat, nicht aber die Druckfestigkeit. Für den Meßwert der Biegefestigkeit ist vor allem die äußerste, in der Zugzone liegende Schicht maßgebend. Diese war im Versuch der Stall-Luft direkt ausgesetzt. An dem Druckfestigkeitswert ist dagegen der gesamte Proben-Querschnitt beteiligt, der aber der Stall-Luft nur über Diffusion zugänglich ist. Es bleibt allerdings nachzuprüfen, ob sich die festgestellten Veränderungen nicht auch als Alterungseffekte erklären lassen.

### 3. Befestigungssysteme für Kunststoff-Hartschaumplatten

Für die Anwendung von Kunststoff-Hartschaumplatten sind nicht nur die Materialeigenschaften und das Materialverhalten, sondern auch die Be- und Verarbeitbarkeit wichtig. Gerade die Verlegung im "do it yourself" - Verfahren erfordert eine einfache und doch stabile Verbindung der Platten

untereinander und eine entsprechend sichere Befestigung an der Unterkonstruktion.

In den ersten Anwendungsjahren wurden die Platten über Stufenfalz oder Nut und Feder aneinandergefügt und an die Unterkonstruktion angenagelt. Da die Nägel als Kältebrücken Kondensationsflächen bilden und so zur unliebsamen Tropfenbildung führen, mußte in einem nächsten Entwicklungsschritt eine verdeckte Befestigung angestrebt werden. Falsche Federn aus ölgehärteten Hartfaserstreifen sorgten nicht nur für die Verbindung der Platten, über die Streifen wurden die Platten auch an der Unterkonstruktion mit Nägeln befestigt. Eine Fertigbaufirma in Norddeutschland verlegt noch heute Dämmplatten aus extrudiertem Polystyrol auf diese Weise. Eine andere verdeckte Befestigung gelingt mit Nut und Feder-Platten und den sogenannten Staba-Klammern. Sowohl diese Befestigungsart als auch die Befestigung mit Nägeln über falsche Federn erfordern allerdings eine sichere Hammerführung, sollen Beschädigungen der Dämmplatten vermieden werden. Die Befestigung mit der Staba-Klammer erwies sich zudem in einigen Schadensfällen als nicht sehr stabil.

Ausgehend von diesen Überlegungen beschäftigen wir uns an der Landtechnik Weihenstephan schon lange mit dem Befestigungsproblem für Kunststoff-Hartschaumplatten. Mit einer inzwischen auf dem Markt erhältlichen und von einer Firma schon eingesetzten Hängelasche und mit falschen Federn aus Kunststoff glauben wir eine materialgerechte und einfache Lösung gefunden zu haben. Daß diese Befestigungsart zudem sehr stabil ist, zeigt das Ergebnis einer Auftragsuntersuchung, in der wir die verschiedenen Befestigungssysteme auf ihre mechanische Stabilität hin untersuchten.

Die Versuchsanordnung ist aus Abbildung 3 ersichtlich. Die Zugbelastung wurde mit einer Geschwindigkeit von 1 cm/min in die Befestigungspunkte eingeleitet. Für die einzelnen Befestigungsarten typische Kraft/Zeit-Diagramme sind in Abbildung 4 zusammengefaßt. Als Vergleichsgröße wurde die Höchstkraft herangezogen.

Die Ergebnisse für die verschiedenen Befestigungsarten zeigt Abbildung 5. Da nur bei der Befestigung mit der Hängelasche über die falsche Feder die Dicke der Dämmplatten in die Meßwerte deutlich eingeht, wurde bei den anderen Befestigungsarten auf die Messung bei verschiedenen Dicken verzichtet. Aus den Meßergebnissen zeigt sich eine deutliche Verbesserung der mechanischen Stabilität bei dem neu entwickelten System gegenüber der Nagelung und vor allem gegenüber der Befestigung mit der Staba-Klammer. Da sich mit den Hängelaschen zudem die Decke sowohl an die Unterkonstruktion hochziehen als auch abhängen läßt und da bei der Nagelung keine Gefahr für den Dämmstoff besteht, wurde das System mit der Hängelasche in einer Modifikation inzwischen von einer Firma mit Erfolg übernommen.



Gerade das letzte Beispiel macht deutlich, daß die neu eingerichtete Prüf-  
stelle für Baustoffe in der Landwirtschaft sich nicht nur mit Unter-  
suchungen der Materialeigenschaften und des Materialverhaltens befassen  
möchte, sondern auch die Entwicklung materialgerechter Lösungen für land-  
wirtschaftliche Bauprobleme anstrebt. Daraus erklärt sich auch die Er-  
weiterung in der Namensgebung zu einer Prüf- und Entwicklungsstelle  
für Baustoffe in der Landwirtschaft.

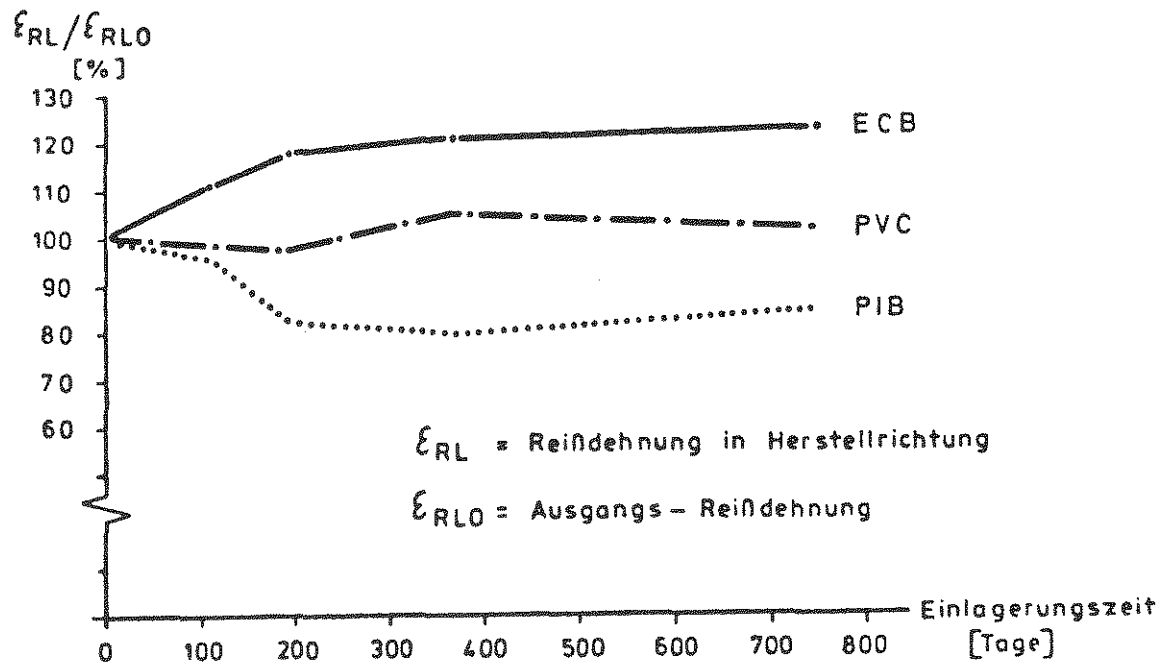


Abb. 1: Verhalten von Kunststoff-Planen in Gülle  
Abhängigkeit der Reißdehnung von der Einlagerungszeit

Material	$\sigma_{bB}(t_1)/\sigma_{bB}(t_0)$ [%] bei Auslagerung			$\sigma_{dB}(t_1)/\sigma_{dB}(t_0)$ [%] bei Auslagerung		
	1	2	3	1	2	3
Expandiertes Polystyrol	78	82	83	89	86	90
Extrudiertes Polystyrol	77	80	74	100	100	100
Polyurethan	85	85	83	85	83	78

Auslagerung:

- 1 = Bullenmast - Warmstall
- 2 = Milchvieh - Warmstall
- 3 = Bullenmast - Kaltstall

- $\sigma_{bB}$  = Biegefestigkeit
- $\sigma_{dB}$  = Druckfestigkeit
- $t_0$  = 0 Tage
- $t_1$  = 620 Tage

Abb. 2: Verhalten von Kunststoff-Hartschaum im Stallklima

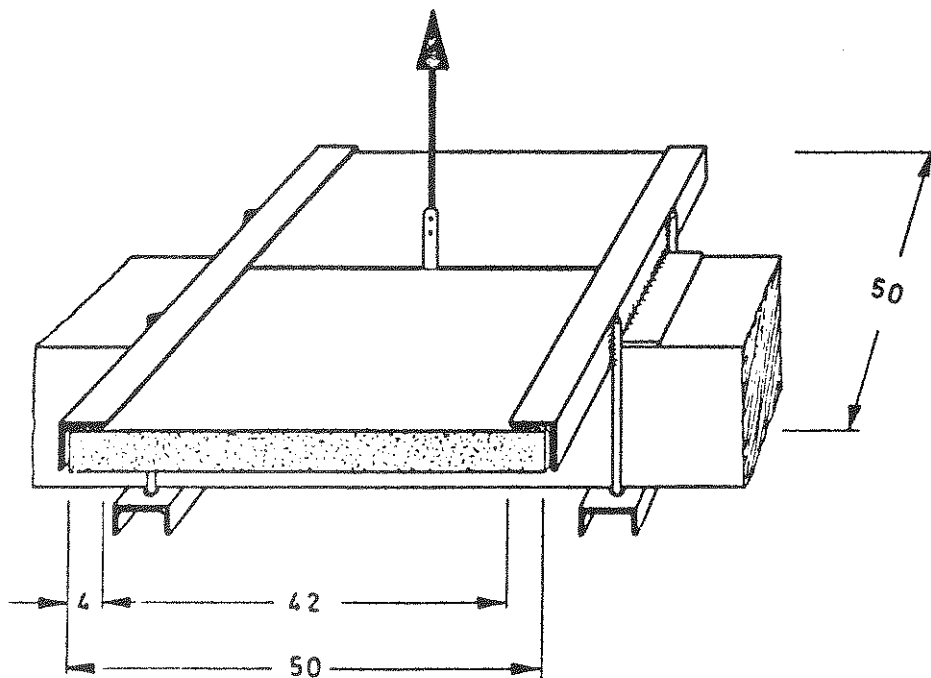


Abb. 3: Versuchsanordnung:  
Untersuchung Befestigungssysteme für Hartschaumplatten

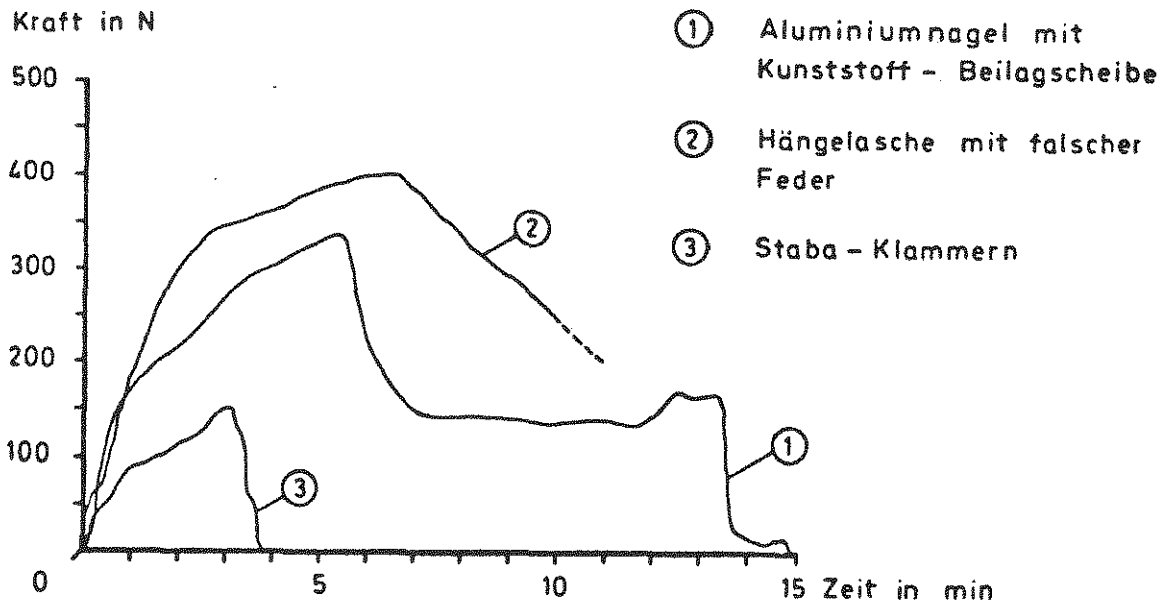


Abb. 4: Kraft/Zeit-Diagramm für verschiedene Befestigungssysteme von Eurothane U/AL-Platten

Befestigungsart	Mittelwert der Höchstkraft in N bei einer Plattendicke (in mm) von			
	30	40	50	60
Aluminiumnagel mit Kunststoff-Beilagscheibe	—	—	266	—
Hängelasche und falsche Feder	176	199	337	381
Staba - Klammer	—	—	125	—

Abb. 5: Vergleich der mechanischen Stabilität verschiedener Befestigungssysteme für Eurothane U/AL-Platten

# Ein Vorschlag zur Ermittlung und Aggregation von landwirtschaftlichen Baudaten für die Baupreisermittlung

Von L. Krinner

## 1. Einleitung

Der Bau von Wirtschaftsgebäuden stellt für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb eine finanziell einschneidende, teilweise auch risikoträchtige Maßnahme dar. Die Produktionsrichtung wird auf Jahre hinaus festgelegt und das durchschnittliche, jährliche Investitionsvolumen im Baujahr um ein vielfaches überschritten. Sollen Baumaßnahmen den Betriebserfolg langjährig sichern oder gar steigern, so ist vorweg eine genaue betriebswirtschaftliche Beurteilung vorzunehmen. Der Bau erfordert darüber hinaus eine exakte Planung für die Finanzierung, um gefährliche Liquiditätslücken zu vermeiden. Beide Gesichtspunkte setzen eine möglichst genaue Vorstellung des zu erwartenden Baupreises voraus.

## 2. Ermittlungsmethoden

### 2.1 Anforderungen

Hierfür stehen aber bis jetzt nur Methoden zur Verfügung, die entweder zu ungenau sind, oder einen sehr hohen Ermittlungsaufwand erfordern und dabei trotzdem nicht alle Erwartungen erfüllen, die in sie gesetzt werden. Die Anforderungen können hauptsächlich auf folgende Punkte zusammengefaßt werden:

1. Die Methode muß es erlauben, die tatsächlich zu erwartenden Preise für ein ganzes Gebäude oder einzelne Bauteile möglichst genau zu ermitteln. Dies sollte für alle gebräuchlichen bautechnischen und funktionellen Lösungen möglich sein, auch bei unterschiedlichen konjunkturellen oder regionalen Markteinflüssen. Dies sind die Anforderungen, die von seiten der Betriebswirtschaft gestellt werden, um zu brauchbaren Kalkulationsunterlagen zu kommen.
2. Für wissenschaftliche Zwecke sind darüber hinaus aber noch detaillierte Aussagen erforderlich. Die Institutionen für landwirtschaftliches Bauwesen bemühen sich gegenwärtig in großem Umfang um preiswerte Lösungen. Zur Analyse des gegenwärtigen Zustandes ist es aber notwendig, die eigentlichen Preisverursacher exakt festzustellen. Ähnliches gilt auch für die Erfolgskontrolle von

bautechnisch neuen Lösungen. Die Preise werden aber in aller Regel durch die erforderlichen Baumaterialien und deren Verarbeitungsaufwand verursacht. Daher sollte eine Ermittlungsmethode, um auch diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ein Mengengerüst für Material- und Arbeitszeitbedarf liefern. Dieses bietet einen vertieften Einblick in die Preisstruktur zur Erstellung der Gebäude. Daraus lassen sich Rückschlüsse für bautechnische Verbesserungsmöglichkeiten ableiten.

Ein derartiges Mengengerüst kann aber auch Hinweise über Art und Umfang von möglichen Eigenleistungen des Bauherrn geben. Das gilt sowohl für die Stellung von eigenem Baumaterial als auch an eigener Arbeitszeit.

### 2.2 Derzeit übliche Methoden

Nach DIN 276 wird im wesentlichen zwischen drei verschiedenen Preis-Ermittlungsmethoden unterschieden, wobei die Baupreise dort — aus der Sicht des Bauunternehmers — als Herstellungskosten bezeichnet werden.

1. Die „Kostenschätzung“ aufgrund von Erfahrungswerten. Der Gesamtpreis von Gebäuden mit gleichen Merkmalen wird auf eine einheitliche Größe, z. B. „m<sup>3</sup> umbauter Raum“ oder „Standplatz“, bezogen und hierfür ein Durchschnittspreis gebildet. Dieser dient als Grundlage von Schätzungen für neue Projekte.
2. Der „Kostenvoranschlag“ aufgrund von Ausschreibungsunterlagen. Anhand einer exakten Massenermittlung mit anschließender Ausschreibung werden verbindliche Angebote eingeholt, die eine definitive Ermittlung des Baupreises zulassen, sofern die Ausschreibung vollständig ist. Diese setzt nun ihrerseits eine detaillierte Planung voraus, wogegen der Preis für Kalkulationszwecke schon bei der Projektierung bekannt sein sollte.
3. Die „Kostenfeststellung“ aufgrund der Bauabrechnungen. Hierbei wird der tatsächlich entstandene Baupreis ermittelt.

### 2.3 Beurteilung der vorhandenen Methoden

Von den drei angesprochenen Preis-Ermittlungsmethoden ist die Preisschätzung die einfachste und schnellste, verlangt jedoch vom Landwirt bzw. dessen Berater eine genaue Kenntnis des Bau-marktes. Aber auch dann bleibt sie noch so ungenau, daß sie für exakte, ins Detail gehende Planungen ungeeignet ist. Den wissenschaftlichen Anforderungen kann sie in keiner Weise gerecht werden.

Die beiden übrigen Methoden, Preisvoranschlag und Preisfeststellung sind zwar bei sorgfältiger Durchführung hinreichend genau, kommen jedoch mit ihren Ergebnissen für die individuelle Kalkulation zu spät. Zur Preisermittlung bei neuen Projekten können die gewonnenen Daten daher nur dann verwendet werden, wenn diese auch allgemein übertragbar sind. Die Standardisierung bekannter Daten ist in jedem Fall die entscheidende Voraussetzung, hinreichend genaue Preisangaben zu gewinnen. Dies wird hier durch Bildung von Mittelpreisen auf der Ebene der Positionen erreicht, wobei die Position die kleinste Einheit der Ausschreibung darstellt. Durch anschließende Aggregation zu einheitlichen Modellen können vergleichbare und allgemein gültige Preisdaten gewonnen werden. Nach dieser Methode geht auch HIRSCH (2) vor. Da jedoch die Ausschreibung für seine Daten nur einmal in zwei Regionen erfolgt ist, gibt die Untersuchung nur für die dortigen und damaligen Verhältnisse eine zuverlässige Preisaussage. Eine Fortschreibung durch Datenpflege ist nicht erfolgt.

Diese Methode erfordert einen großen Aufwand zur Datenpflege, denn die Mittelpreise müssen ständig dem neuesten Preisstand angepaßt werden. Ein Mengengerüst, getrennt nach Material- und Arbeitszeitbedarf, wie es für wissenschaftliche Zwecke zu fordern ist, kann auch dieses Verfahren nicht liefern, da die Position als kleinste Einheit die Lieferung des benötigten Materials mit dessen Einbau umfaßt.

### 3. Methode zur getrennten Mengen- und Preisermittlung

Daher wurde versucht, eine Methode zu entwickeln, die den eingangs dargelegten Anforderungen genügt. Sie orientiert sich an der technischen Nachkalkulation, wie sie in allen mittleren und größeren Baubetrieben durchgeführt wird. Wie beim Voranschlag wird zunächst das Gesamtgebäude bis zu den Positionen nach Standardleistungsbuch analysiert. Anschließend wird der Bedarf an Material und Verarbeitungsaufwand für jede Position ermittelt. Material und Arbeit stellen in diesem Konzept die unterste Stufe dar und können somit als die „Baelemente“ bezeichnet werden. Für die Analyse wurde dabei ein 4stufiges Vorgehen gewählt, das von der gesamten Produktionsanlage über die Stufen „Gebäude“, „Bauteil“, „Position“ und „Baelement“ erfolgt (Abb. 1). Die Analyse geht hier also noch einen Schritt weiter als bei der Methode über die Ausschreibung. Es werden nicht fertige Angebote für Positionen gesammelt, sondern diese selber errechnet, so daß man einen Einblick in deren Bedarfsstruktur erhält. Dazu sind Kenntnisse erforderlich über:

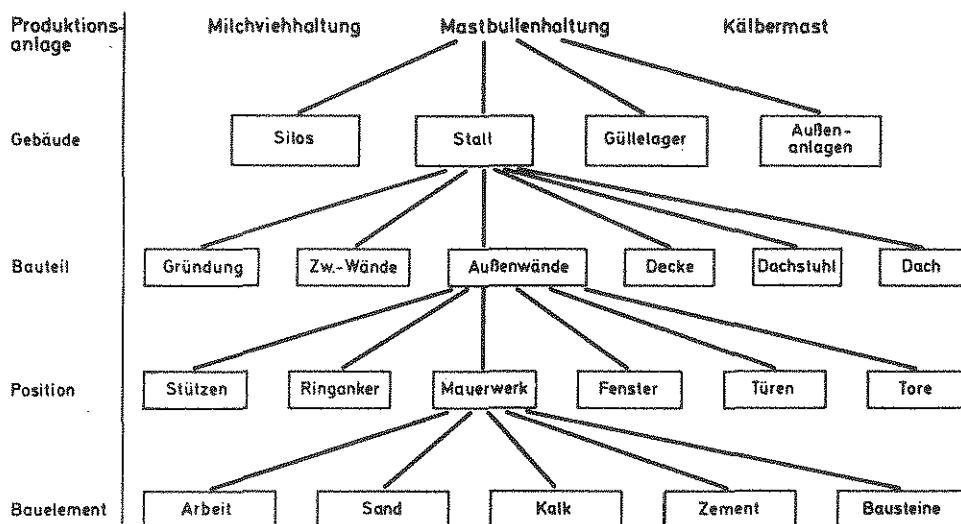


Abb. 1: Gliederung des Kapitalbedarfes landwirtschaftlicher Produktionsanlagen

1. den Bedarf an Baumaterialien, und
2. den Bedarf an Arbeitszeit.

Dieses Verfahren ermöglicht es durch Ermittlung eines Mengengerüsts an naturalen Bedarfsdaten, den Markt zunächst ganz unberücksichtigt zu lassen. Da sich der Bedarf an Material und Arbeit aber nur bei wesentlichen Veränderungen der Herstellungsmethode ändert, hat dieses Mengengerüst über einen vergleichsweise langen Zeitraum Gültigkeit. Es ist somit für eine bestimmte Baumethode nur einmal zu erstellen.

Die kleinen Einheiten der Position sind aber noch zu vielfältig, um zu einer raschen Kalkulation in bekannten Größenordnungen zu kommen. Deshalb

werden analog zu den Methoden in der Arbeitswissenschaft die Mengengerüste Stufe für Stufe zu größeren Einheiten aggregiert, bis hin zum gesamten Gebäude, in der Reihenfolge der Analyse. Damit die Ergebnisse verschiedener Aggregationen vergleichbar werden, sind diese aufgrund von Modellen mit gleichen Leistungsbeschreibungen zu ermitteln.

Zur Preiskalkulation können die Mengen mit den jeweiligen Preisen bewertet werden. Das Ergebnis ist ein vollständiges Mengen- und Preisgerüst auf jeder beliebigen Stufe. Da die meisten Landwirte ihre Gebäude auf Regie bauen lassen, besteht auch die Möglichkeit, in einzelnen Fällen einen Vergleich anhand des Mengen- und Preisgerüsts vorzunehmen. Dieses muß allerdings

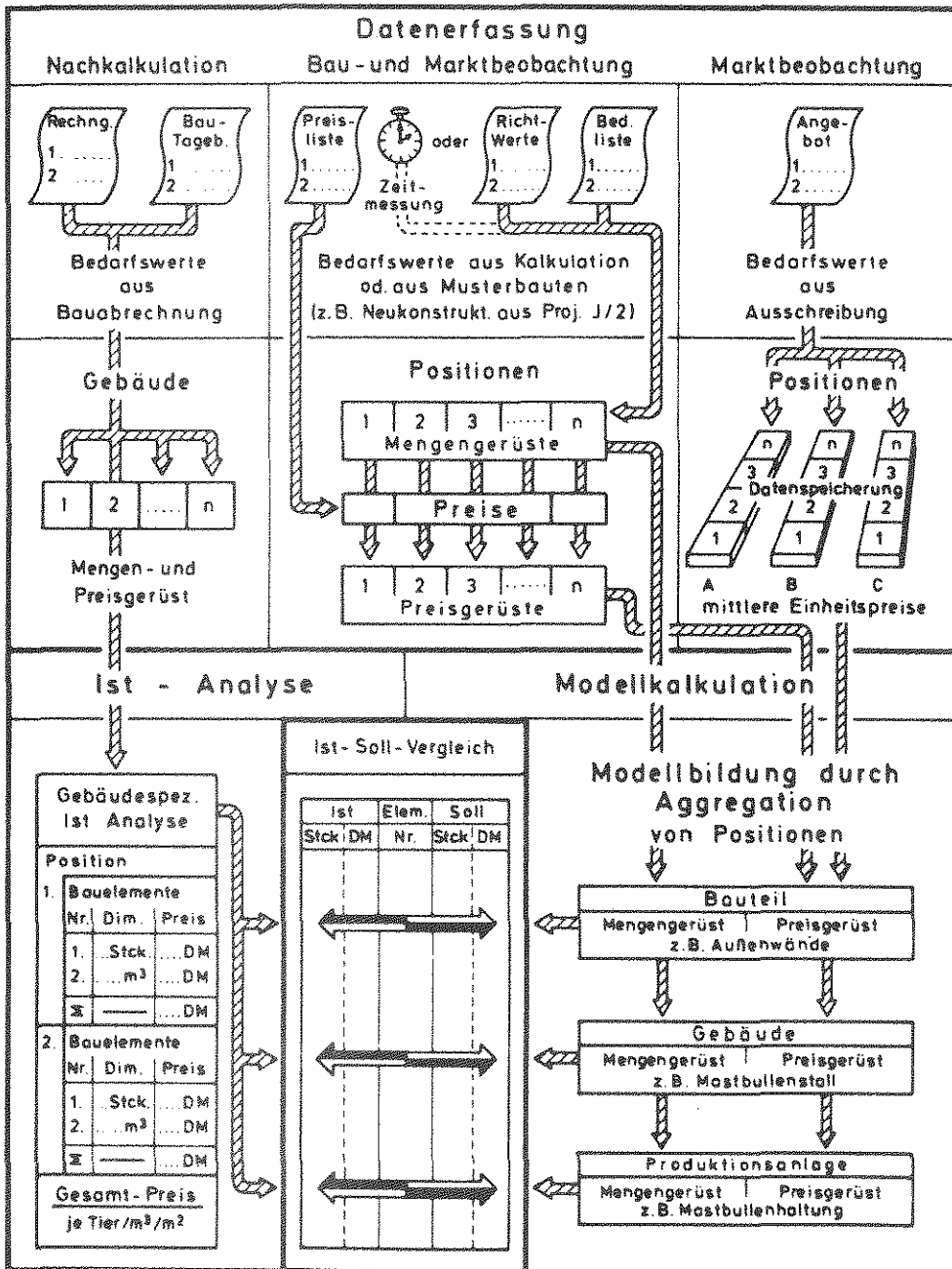


Abb. 2: Analyse des Kapitalbedarfes mit Modellkalkulation

dort durch eine technische Nachkalkulation aufgrund von Rechnungen und Bautagebüchern individuell nachvollzogen werden. Auf diese Weise ist es möglich, die vorhandenen Modelle an tatsächlich erstellten Gebäude zu erproben. Der Aufbau dieser Methode ist in Abb. 2 dargestellt.

#### 4. Die Grunddaten

Die Brauchbarkeit der vorgestellten Methode hängt eng mit der Güte der vorhandenen Grunddaten zusammen. Der Bedarf an Baumaterial kann über die Massenermittlung mit hinreichender Genauigkeit errechnet werden, wobei Verlustzuschläge aus der Bauliteratur zu entnehmen sind (3). Dagegen ist die Ermittlung des Arbeitszeitbedarfes mit größeren Schwierigkeiten verbunden. Die Angaben in Bauhandbüchern schwanken erheblich. Daher wurde bisher ausschließlich auf Arbeitsbedarfs-werte zurückgegriffen, die von der Bauwirtschaft systematisch nach REFA-Methoden ermittelt worden sind, das sind die „Arbeitsbedarfs-Richtwerte — Hochbau“ (5). Dieses Informationswerk umfaßt gegenwärtig die Arbeiten für Erdaushub, Schalarbeiten, Bewehrungs-, Beton-, Mauer- und Versetzarbeiten. Aufgebaut ist es in Form von Tabellen, die jeweils den Arbeitsbedarf für eine bestimmte Kombination von Einfluß-faktoren angeben. Das bedeutet, daß das Informationsmaterial sehr detailliert ist. Um den Umfang in Grenzen zu halten, werden die Richtwerte in Zeit-funktionen umgeformt, in welche die in den Tabellen aufgeführten Einflußfaktoren als variable Kenngrößen einflie-

ßen. Dies erfolgt mit Hilfe der Korre-lations- und Regressionsanalyse, in die die Tabellenwerte als Stichproben ein-gehen. Da es sich hier nicht um tatsäch-lich gemessene Urdaten handelt, son-dern um eine Umformung aus einem bereits aufbereiteten Material, sind die Anforderungen an die gewonnenen Werte hoch. Im allgemeinen beträgt das Bestimmtheitsmaß ca. 0,95, d. h. die Zielgröße wird durch die eingegebenen Einflußgrößen zu 95 Prozent erklärt. Die gefundenen Gleichungen geben also die Tabellenwerte exakt wieder. Ledig-lich bei einigen Arbeiten beträgt das Bestimmtheitsmaß 0,85—0,90. Dies ist vor allem der Fall, wenn etwa Rüstzei-ten nicht gesondert ausgewiesen sind, wie das im Tabellenwerk bei Mauer-arbeiten der Fall ist. Dadurch ergibt sich mit zunehmendem Arbeitsvolumen eine nicht lineare Degression des Zeit-bedarfes je Einheit, der durch die line-are Regression nicht dargestellt werden kann (Abb. 3). Auch die Transformation der Ausgangswerte bringt keine bes-seren Ergebnisse.

#### 5. Die Modelle

Die vorliegenden Grunddaten sind all-gemein verwendbare Bedarfswerte bei genauer Definition von Anwendungsbereich und Umfang. Für die Synthese müssen sie zu üblichen Bedarfsformen, den Modellen, zusammengefügt werden, um daraus das erforderliche Mengengerüst zu errechnen. Diese Modelle dienen auf allen Aggregationsstufen als einheitliche Bezugsgröße mit genau be-schriebenem Umfang und den Einfluß-größen, die sich auf den Mengenbedarf auswirken.

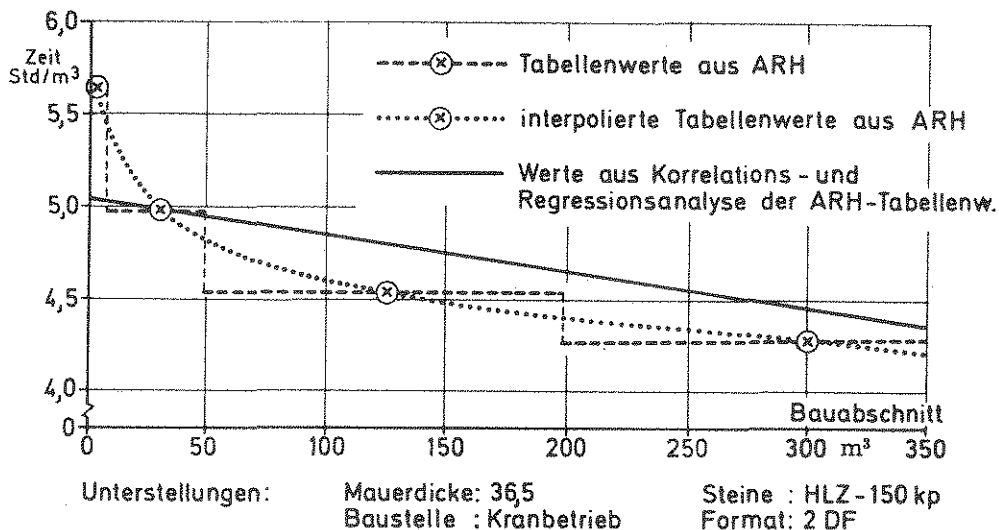


Abb. 3: Arbeitszeitbedarf für Mauerarbeiten in Abhängigkeit von der Mauermenge (nach ARH, Ausgabe 1976)

### 5.1 Element-Modelle

Die unterste Stufe stellen dabei die Element-Modelle dar, wobei die Gruppe der Arbeitsbedarfsmodelle aus den ermittelten Zeitfunktionen abgeleitet wird. Im Modell sind Absolutglied und die verschiedenen Einflußgrößen mit ihrem jeweiligen Regressionskoeffizienten abgespeichert. Die Einflußgrößen ihrerseits werden dabei mit einem bestimmten Voreinstellwert versehen, der meist durchschnittliche Bedingungen für die Ausführung der Arbeiten festlegt.

Damit ist das Modell definiert und der Arbeitszeitbedarf kann für diese hier aufgestellten Bedingungen errechnet werden.

Durch die Möglichkeit zur Überschreibung der Voreinstellwerte ist aber das Modell allen Bedingungen anzupassen, die auch in den ursprünglichen Tabellen enthalten waren (Abb. 4).

In gleicher Weise ist auch die Gruppe der Baustoff-Modelle aufgebaut, lediglich einfacher, da sie als einzige Einflußgröße die Häufigkeit je Einheit aufweisen. So sind auf der untersten Stufe der Element-Modelle bisher ca. 30 Arbeitszeit- und etwa 400 Baustoff-Modelle beschrieben.

- I. Allgemeine Beschreibung  
 AKMZIG: Ziegelwände mauern  
     Anfang ..... Ende .....  
     Inhalt .....

#### II. Einflußgrößen

EF	Voreinst.-W.	Dim.	Rang
1. Häufigkeit (Arbeitsvol.)	1,0	—	1
2. Wanddicke	36,5	cm	5
3. Bauabschnitt	50,0	m <sup>3</sup>	3
4. Steine je m <sup>3</sup>	275,0	Stück	4
·	·	·	·
8. Kranbaustelle	0,0	gegeben	4

#### III. Errechnen des Arbeitszeitbedarfes

1. Absolutglied = 4,708  
 2. Variable:           Anzahl der EF = 7

Var.	Regr.-Koeff.
1. Wanddicke (cm)	0,046
2. Bauabschnitt (m <sup>3</sup> )	-0,002
3. Steine je m <sup>3</sup> (Stück)	0,006
·	·
7. Kranbaustelle (gegeben)	-0,446

Abb. 4: Modell Bauelement (Beispiel: Mauerarbeiten)

### 5.2 Positions-Modelle

Die Elementmodelle dienen als Grundlage für die nächste Stufe der Positionsmodelle. Hier handelt es sich um eine Verknüpfung verschiedener Baustoffe mit einem spezifischen Verarbeitungsaufwand zu genau definierten Positionen. Für die Bestimmung des Mengenbedarfes sind Angaben über Baumasse, Qualität und Herstellungsweise, z. B. Baustelleneinrichtung und Arbeitsmethode, erforderlich. Darin sind auch alle Einflußfaktoren enthalten, die auf die Baustoffauswahl und die Mengenermittlung Einfluß nehmen. Der Aufbau der Positionsmodelle erfolgt zunächst in gleicher Weise wie bei den Arbeitszeitmodellen: die Einflußfaktoren werden mit einem Voreinstellwert versehen, anstelle der Regressionskoeffizienten tritt die Errechnung von Hilfsvariablen, die als Einflußfaktoren für die untergeordneten Modelle benötigt werden. Neu hinzu kommt der Aufruf dieser Untermodelle, denn auf jeder Aggregationsstufe wird auf die aus den Grunddaten gebildeten Elementmodelle zurückgegriffen.

Dieses Modell liefert bereits ein Mengengerüst, getrennt nach Einzelelementen und Elementgruppen. Nach Bewertung mit den getrennt abgespeicherten Preisen für die Elemente steht hier ein vollständiges Mengen- und Preisgerüst zur Verfügung, das sowohl den Gesamtpreis als auch dessen Aufbau voll erkennen läßt. Die Preise werden im Protokoll sowohl in der absoluten Höhe als auch in Relation zum jeweiligen Gesamtpreis angegeben (Abb. 5).

### 5.3 Bauteil-Modelle und Untersuchungsmöglichkeiten

Für den Anwender sind meist Angaben über die höher aggregierten Stufen wie Bauteile oder ganze Gebäude von Interesse. Die Modelle hierfür sind ebenso aufgebaut wie auf der Stufe der Positionen, ebenso das Mengengerüst, gliedert in Einzelelemente und Elementgruppen. Die Preisstruktur kann im Protokoll immer nach Modellen jeder der untergeordneten Aggregationsebenen gegliedert werden, bei den Bauteilmodellen z. B. nach Positionen oder den Bauelementen (Abb. 6). So ist am Gesamtpreis des Bauteils „Außenwände“ unter den gegebenen Bedingungen das Mauerwerk lediglich mit 50% beteiligt, Wandstützen und Ringanker zusammen beanspruchen den gleichen Anteil. Weiterhin ist daraus abzulesen, daß die gesamten Arbeiten über 60% vom Endpreis beanspruchen, von denen die



Baulemente Elemente-Gruppe; Einzelement	Mengen		Preise			
	Einheit	Menge (Einheit)	Preis/ Einheit (DM)	Preis je Element (DM)	Preis je Element- Gruppe (DM)	Preis je Element- Gruppe %
<b>1. Arbeiten:</b>						
Mauerarbeiten	Std.	431,0	22,50	9482,—	52,0	
Zulagen	Std.	14,0	22,—	308,—	1,7	9790,— 54,1
<b>2. Bindemittel, Natursteine:</b>						
Kalkhydrat	dt	35,0	12,70	444,50	2,5	
Zement	dt	44,0	8,50	374,—	2,0	
Sand	t	37,0	8,—	296,—	1,6	1114,50 6,1
<b>3. Bausteine:</b>						
HLZ (150 kp), Form. 2 DF	Stck. (Tsd.)	28,8	250,—	7200,—	7200,—	39,0

Kalkulatorischer Gesamtpreis des Modells: 18 104,50 DM

Abb. 5: Mengen- und Preisgerüst (Beispiel: Position Ziegelmauer; 109,5 m³)

Arbeiten für Schalen, Bewehren und Betonieren ebenfalls etwa die Hälfte erfordern. Die Baustoffe wirken auf den Endpreis mit ca. 40% ein. Die Angaben sind natürlich auch in absoluten Werten möglich.

Weiterhin kann durch Veränderung nur einer Einflußgröße die Auswirkung dieser Variation auf den Endpreis untersucht werden. Bezieht man diese Werte auf eine einheitliche Größe, z. B. „m³ umbauter Raum“, so läßt sich dadurch die Preisstruktur unter sich ändernden Bedingungen untersuchen (Abb. 7). Im vorliegenden Beispiel ist der Einfluß der Gebäudelänge auf den Preisanteil je m³ umbauten Raum des Gesamtgebäudes aufgetragen. Die hohe Preisdegression wird hauptsächlich durch den geringer werdenden Anteil der Giebel bewirkt.

Obwohl diese Ergebnisse noch als vorläufig zu betrachten sind — hier sollte in erster Linie die Methode dargestellt werden —, konnte dennoch aufgezeigt werden, daß die gestellten Anforderun-

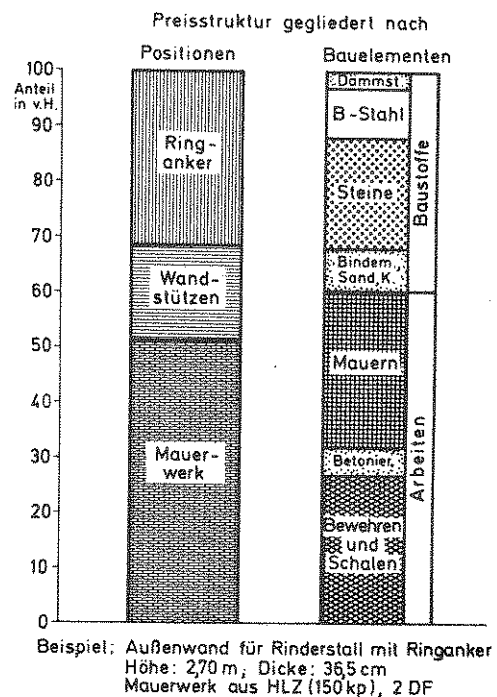


Abb. 6: Preisstruktur von Außenwänden

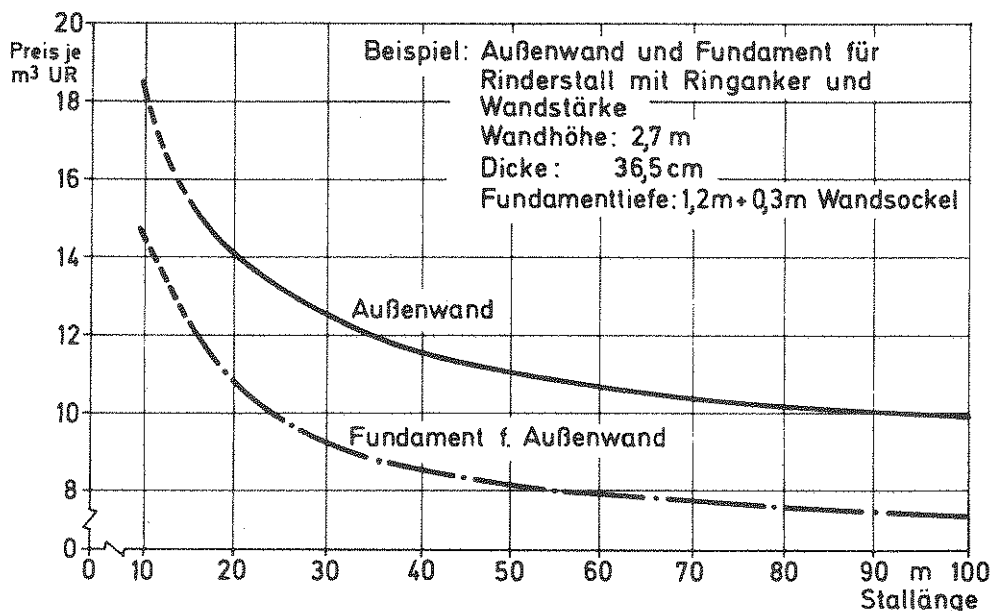


Abb. 7: Preisanteil der Außenwände je m³ umbauten Raum in Abhängigkeit von der Gebäudelänge

gen an eine Ermittlungsmethode mit diesem Konzept zu erfüllen sind:

- Es kann der absolute Preis ermittelt werden, und zwar auf mehreren Aggregationsstufen und unter verschiedenen Bedingungen.
- Es wird jeweils ein vollständiges Mengen- und Preisgerüst ausgeworfen, das eine detaillierte Untersuchung über die Zusammensetzung und damit die Ursachen des jeweiligen Gesamtpreises zuläßt.

#### Literaturverzeichnis

1. Auernhammer, H.: Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse. In: KTBL-Schriftenreihe, 203, Hiltrup 1976.

2. Hirsch, K.: Preise und Kosten landwirtschaftlicher Gebäude. In: Berichte über Landtechnik (KTL), 75, Wolftrathshausen 1962.
3. Plümecke, K.: Preisermittlung für Bauarbeiten, Köln-Braunsfeld 1973.
4. Weibier, R.: Preisbuch für Arbeiten am Bau, Gütersloh 1970.
5. Zentralverband des Deutschen Baugewerbes e. V.: ARH (Arbeitszeit — Richtwerte — Hochbau), Frankfurt 1976.

#### EDV-Programme

6. Auernhammer, H.: ABMUR (Abbauende multiple Regression). In: Programmbibliothek der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1974.
7. —: LISL (Landwirtschaftliches Informationssystem Landtechnik Testversion). In: Programmbibliothek Weihenstephan, Weihenstephan 1976.

#### Zusammenfassung

1. Für die gegebene Zielsetzung erscheinen die bisherigen Methoden der Baupreisermittlung, nämlich „Kostenschätzung“, „Kostenvoranschlag“ und „Kostenfeststellung“, nicht geeignet.
2. Es wurde in Anlehnung an die technische Nachkalkulation eine Methode zur Analyse des Gesamtpreises bei getrennter Erfassung von Baustoffen und Arbeitszeit entwickelt. Darauf aufbauend werden Modelle mit variablen Einflußgrößen in mehreren Aggregationsstufen gebildet, für die jeweils ein Mengen- und Preisgerüst errechnet wird.
3. Die aufgrund der Modellrechnung ausgegebenen Daten erlauben eine detaillierte Untersuchung über die Preisursachen bei landwirtschaftlichen Betriebsgebäuden.

# Die Landtechnik als Planungsfaktor bei der Dorferneuerung

Von H. Schön und L. Krinner, Freising-Weihenstephan

Die Mechanisierung der Landwirtschaft erfordert strukturelle Verbesserungen, denen im Außenbereich durch die Flurbereinigungsverfahren weitgehend entsprochen wird. Dagegen bereitet es Schwierigkeiten, auch im Hofbereich Konsequenzen zu ziehen. Dabei stammt die Mehrzahl der Höfe in Größe und Zuschnitt meist noch aus der Zeit der Hand- und Spannarbeitsstufe. Zudem wächst die Bedeutung von Sanierungen im Innenbereich angesichts der Tatsache, daß heute bereits 70% der gesamten landwirtschaftlichen Einnahmen aus der Veredelungswirtschaft kommen und neue Stallsysteme und Arbeitsverfahren auch die Tierhaltung verwandelt haben.

Die Dorferneuerung bietet hier die Chance, die geänderten funktionalen Anforderungen an Hofstellen in die Sanierungsmaßnahmen mit einzubeziehen, um den landwirtschaftlichen Betrieben Entwicklungsmöglichkeiten innerhalb und außerhalb des Ortskernes zu geben. Dafür ist eine Planungsmethode erforderlich, die eine objektive Analyse der Sanierungsbedürftigkeit ermöglicht und die künftigen Planungsvorhaben für Hofstellen und deren Erschließung unter Berücksichtigung moderner technischer Verfahren festlegt. Im folgenden wird dafür eine landwirtschaftlich-funktionale Vorplanung bei Dorfsanierungen beschrieben, welche als sektoraler Planungsbeitrag in eine Gesamtdorfplanung eingeht (Abb. 1). Grundlage dieser Vorplanung ist die Auswahl sanierungswürdiger Betriebe durch eine sozio-ökonomische Erhebung und Planung\*). Dabei erfolgt eine Klassifizierung in künftige Haupterwerbsbetriebe, Übergangsbetriebe, Nebenerwerbsbetriebe und auslaufende Betriebe. Für die jeweiligen Betriebsklassen werden unterschiedliche Zielvorgaben festgelegt, wobei die Sanierungswürdigkeit in der genannten Reihenfolge abnimmt (Tab.).

## Ermittlung der Hofflächendifferenz

Voraussetzung für eine zukunftsorientierte landwirtschaftliche Produktion ist eine ausreichende Hoffläche für eine Intensivierung und Ausdehnung der Tierproduktion. Der derzeitige Zustand der Gebäude ist dabei von sekundärer, weil zeitlich begrenzter Bedeutung. Die Ermittlung der erforderlichen Hofflächen erfolgt durch einen Vergleich der Isthofflächen mit den erforderlichen Hofflächen bei der betriebswirtschaftlichen Soliplanung. Diese Sollhoffläche wurde durch Betriebsmodelle ermittelt. Dabei wird unterschieden zwischen:

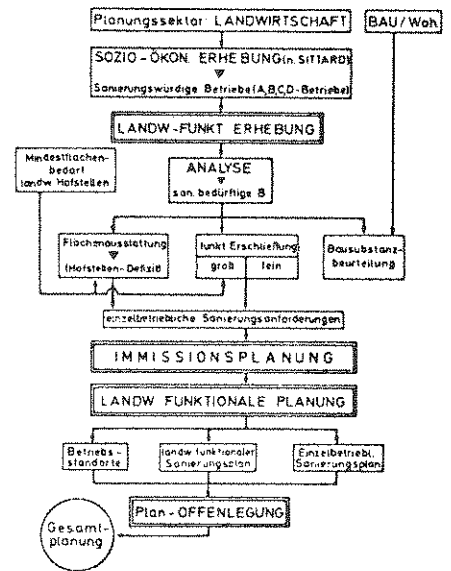
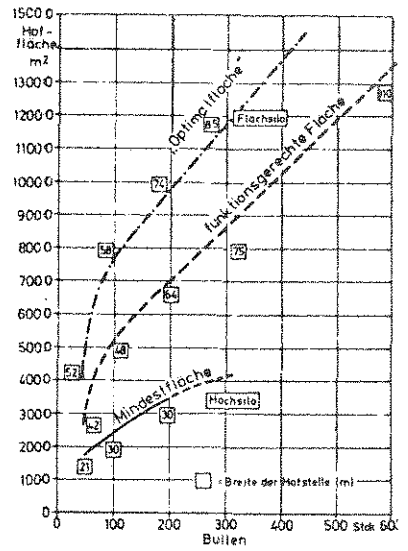
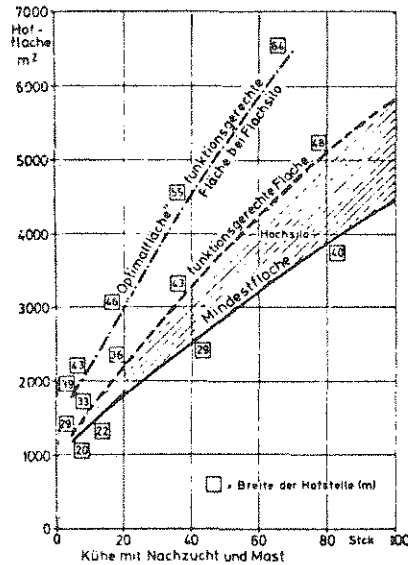
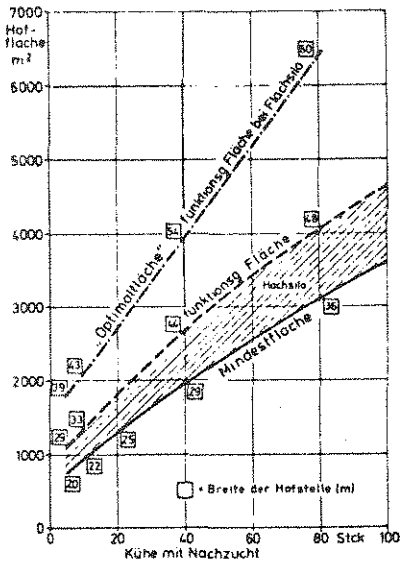


Abb. 1: Ablaufschema der landwirtschaftlich-funktionalen Vorplanung

Betriebsklasse		Sanierungsanforderungen			Bausubstanz landw.
		Hofstelle HFK (%)	Hofbreite HBK (%)	Erschl.	
A (HE-Betriebe)	A <sub>1</sub> Entwicklungsbetrieb	funkt. $\geq 100\%$	funkt. $\geq 100\%$	++	+
	A <sub>2</sub> Stabile Haupterwerbsbetriebe	min $\geq 100\%$	min $\geq 100\%$	+	+ --
B Übergangsbetrieb	B <sub>1</sub> langfristig zum NE	min $\geq 75\%$	min $\geq 100\%$	+	+ --
	B <sub>2</sub> kurzfristig zum NE	min $\geq 75\%$	min $\geq 100\%$	+	+ --
C Nebenerwerbsbetrieb	C <sub>1</sub> Nebenerwerb stabil			+ bis 0	
	C <sub>2</sub> Nebenerwerbsbetrieb auslaufend		Hofstelle durch Vorkaufsrechte sichern		
D	auslaufende Betriebe		Hofstelle erwerben		

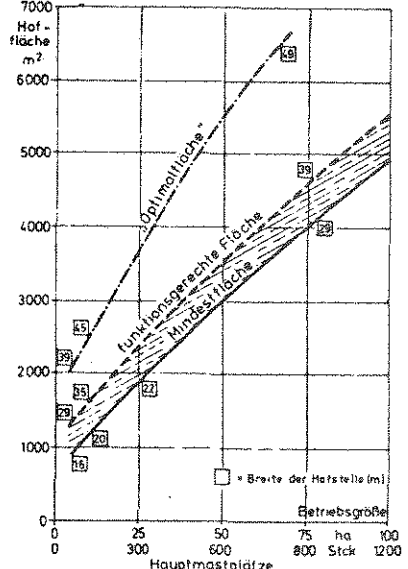
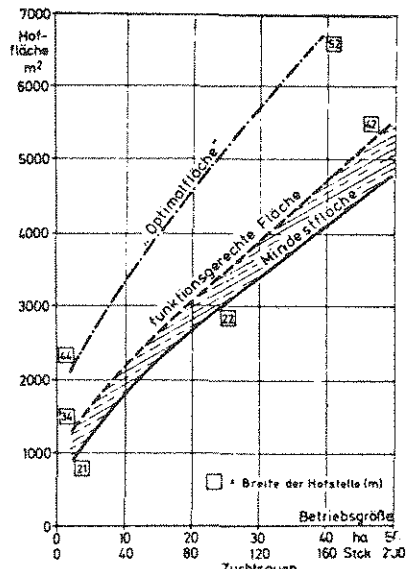
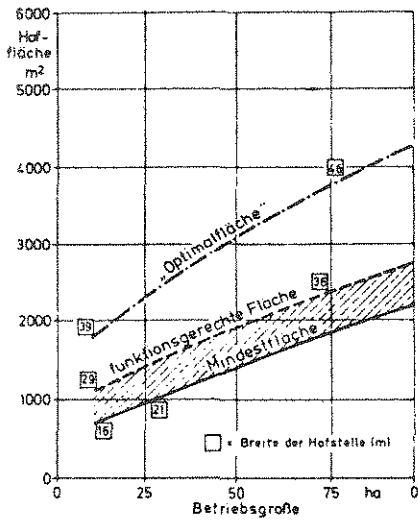
\*) Die Untersuchungen wurden durch das Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten innerhalb des Forschungsvorhabens: „Modellanalysen für die Dorferneuerung in der Flurbereinigung als Grundlage für Optimierungsplanungen“ (Federführung: Prof. Dr. Ing. Möser, Prof. Dr. Ing. Hoisl, TU München) finanziell unterstützt.



1. Spezialbetrieb „Milchvieh mit Nachzucht“

2. Spezialbetrieb „Milchvieh mit Nachzucht und Mast“

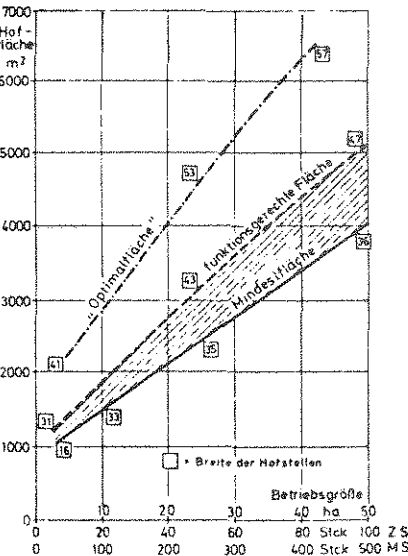
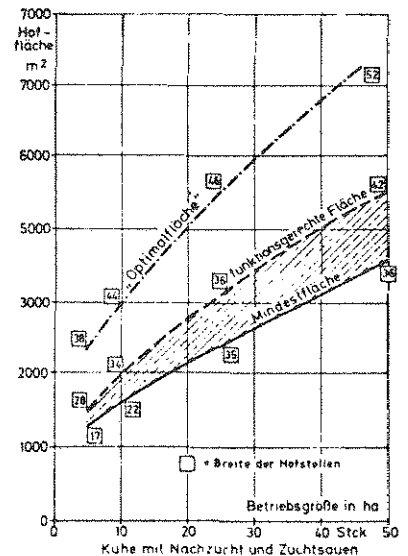
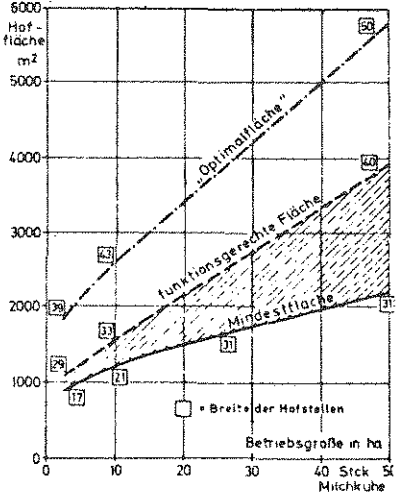
3. Spezialbetrieb „Bullenmast“ (Maisallagemast)



4. Spezialbetrieb „Marktfuchtbau“

5. Spezialbetrieb „Zuchtsauen mit Ferkelaufzucht“ (vier Zuchtsauen/ha)

6. Spezialbetrieb „Schweinemast“ (12 Hauptmastplätze/ha einschließlich drei Vormastplätze)



7. Kombinationsbetrieb „Marktfuchtbau mit Milchvieh, Nachzucht und Mast“ (eine Kuh + Nachz. + Mast/ha)

8. Kombinationsbetrieb „Marktfuchtbau mit Milchvieh, Nachzucht und Zuchtsauen (eine Kuh + Nachz. + eine Zuchtsau/ha)

9. Kombinationsbetrieb „Marktfuchtbau mit Zucht- und Mastschweinen“ (vier Zuchtsauen + 12 Mastpl./ha)

Abb. 2: Flächenbedarf landwirtschaftlicher Hofstellen bei verschiedener Nutzungsrichtung

- optimaler Flächenausstattung für neue Gehöftstandorte oder Hofstellen in aufgelockerter Ortslage (einschließlich Grenzabstände);
- funktionaler Flächenausstattung für Entwicklungsbetriebe im Ortskern (ohne Grenzabstand);
- Mindestflächenbedarf für stagnierende Betriebe im Ortskern (ohne Grenzabstand).

Die Abbildung 2 zeigt den Flächenbedarf landwirtschaftlicher Hofstellen. Bei Maschinenschuppen außerhalb der Hofstelle reichen 75 % des Flächenbedarfes aus.

Aus dem Vergleich des Ist- und Sollflächenbedarfes der einzelnen Hofstellen lassen sich folgende Kennwerte errechnen:

$$\text{Hofflächendifferenz (HFD)} = \text{Sollhofffläche} - \text{Isthofffläche (m}^2\text{)}$$

$$\text{Hofflächenkoeffizient (HFK)} = \frac{\text{Isthofffläche}}{\text{Sollhofffläche}} \times 100 (\%)$$

Der Hofflächenkoeffizient eignet sich zur Analyse und Feststellung der Sanierungsbedürftigkeit einzelner Betriebe oder Ortschaften (Abb. 4); die Hofflächendifferenz zur Quantifizierung der Planungsanforderungen.

#### Analyse der Funktionserschließung

Für einen modernen Produktionsablauf ist aber nicht nur die Größe der Hofstelle, sondern auch deren Form und Anbindung an das Wegenetz wichtig. So erzwingt der innerbetriebliche Verkehrsablauf eine bestimmte Mindesthofbreite. Eine beidseitige Hoferschließung kann aber gewisse Mängel einer schmalen Hofstelle ausgleichen. Wegen dieser individuellen Bedingungen wird deshalb in eine Grob- und Feinanalyse unterschieden. Die Grobanalyse erfolgt ebenfalls durch einen Ist-Soll-Vergleich der Hofstellenbreiten. Analog zu den Hofstellenflächen werden folgende Kennwerte bestimmt:

$$\text{Hofbreitendifferenz (HBD)} = \text{Sollbreite} - \text{Istbreite (m)}$$

$$\text{Hofbreitenkoeffizient (HBK)} = \frac{\text{Istbreite}}{\text{Sollbreite}} \times 100 (\%)$$

Eine einzelbetriebliche Feinanalyse berücksichtigt zudem die Verkehrsanbindung und die innerbetrieblichen Verkehrsabläufe. Dazu wird der in Abbildung 3 gezeigte Planungsrahmen vorgeschlagen.

Die Ermittlung der Hofflächendifferenz, die Analyse der Funktionserschließung und eine Beurteilung der Bausubstanz durch den Bausachverständigen erlauben eine Analyse der Ist-Situation und bei einem Vergleich mit den in der Tabelle genannten Sanierungszielen eine Quantifizierung der einzelbetrieblichen Sanierungsanforderungen.

#### Immissionsplanung

Bei einer Dorfsanierung sind aber nicht nur die einzelbetrieblichen Anforderungen zu beachten. Es müssen auch die von Ställen und landwirtschaftlichen Anlagen ausgehenden Emissionen berücksichtigt werden, um ausreichende Abstände zwischen landwirtschaftlicher Bebauung und Wohnbebauung vorzusehen. Leider fehlen vorerst entsprechende Daten, da die Rechtslage noch sehr verworren ist. Grundsätzlich kann aber davon ausgegangen werden, daß im nichtbeplanten Innenbereich Anlagen der Viehhaltung unbedenklich sind, falls die nähere Umgebung noch einen überwiegend typisch dörflichen Charakter hat und das übliche Maß der Tierhaltung nicht überschritten wird. Bei zu-

nehmender Wohn- und Erholungsfunktion der Dörfer ist zu befürchten, daß diese Rechtslage nicht mehr ausreicht um auch in Zukunft die Tierhaltung sich ausdehnender Veredelungsbetriebe gegen Einsprüche der Nachbarn sichern zu können. Eine vorausschauende Emissions- und Immissionsplanung ist deshalb bei einer Dorfsanierung auch im Innenbereich unerlässlich. Dabei ist als erstes zu entscheiden, ob im Ortskern die landwirtschaftliche Produktion forciert werden darf. Wenn nicht, ist die Verlegung von Aufstockungsbetrieben unerlässlich. Soll die Landwirtschaft im Ortskern aber aufrechterhalten werden, ist um die Hauptwertsbetriebe ein Gürtel von Nebenerwerbsbetrieben zu legen. Diese erzeugen selbst nur geringe Emissionen, schaffen aber zur Wohnbebauung einen „Puffer“ und tragen zur Erhaltung des „überwiegend dörflichen Charakters“ eines Ortskernes bei.

Vorbeugend sollte aber auch bei Ortskernen mit landwirtschaftlichen Funktionen die Immissionsausbreitung beachtet werden. Anhaltspunkte bietet vorerst nur die VDI-Richtlinie 3471, welche bei Schweinen den Grenzabstand zur Wohnbebauung festlegt<sup>3)</sup>. Für den dörflichen Innenbereich kam sie deshalb nicht ohne weiteres übernommen werden. Deshalb wird vorgeschlagen, 40 % der Abstandsflächen als Immissionszone und die vollen Abstandsflächen als immissionsgefährdete Zone zu erklären. Bei Rindern fehlen auch diese Unterlagen. Unterstellt man aber, daß drei Rinder-GV in der Geruchsabgabe einer Schweine-GV entsprechen, so ergeben sich auch hier gewisse Anhaltswerte<sup>4)</sup>. In der Abbildung 5 sind mit Hilfe der genannten vorläufigen Daten die entsprechenden Immissionszonen eingezeichnet. Diese Immissionszonen geben Hinweise für die Planung der landwirtschaftlichen Betriebsstandorte und der künftigen Wohnbebauung.

#### Planung landwirtschaftlicher Betriebsstandorte

Maßgebend für die Planung landwirtschaftlicher Betriebsstandorte ist der derzeitige Standort der Entwicklungsbetriebe und Nebenerwerbsbetriebe, die Möglichkeit der standortbezogenen Sanierung, die Immissionszonen, die Anbindung zum Wegenetz und zur Feldflur. Die Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für die Standortplanung landwirtschaftlicher Betriebe. Hier ist eine landwirtschaftliche Intensivzone ausgewiesen, die auch in Zukunft einer expandierenden landwirtschaftlichen Produktion vorbehalten bleiben soll. Diese Zone muß von den Hofparzellen, von der funktionalen Erschließung und von der baurechtlichen Absicherung her eine zukunftsorientierte Agrarproduktion ermöglichen. Diese Zone ist von zusätzlichen Wohnbebauungen und von Erholungsfunktionen freizuhalten.

Die landwirtschaftliche Intensivzone wird von einer landwirtschaftlich geprägten Zone umschlossen. Innerhalb dieser Zone sollen möglichst viele Zu- und Nebenerwerbsbetriebe durch Sanierungsmaßnahmen stabilisiert werden, um das Hineinwachsen der Wohnbebauung in die landwirtschaftliche Intensivzone zu verhindern und um den landwirtschaftlichen Charakter des Ortskernes aufrecht zu erhalten.

Entwicklungsbetriebe außerhalb dieser Zonen sollten langfristig in die landwirtschaftliche Intensivzone umgesetzt oder in ein landwirtschaftliches Sonderbaugebiet ausgesiedelt werden.

Ein solches Sonderbaugebiet stellt eine erschlossene Vorbehaltsfläche für aussiedlungbedürftige Betriebe dar, die zeitlich gestaffelt, schrittweise ihre landwirtschaftliche Produktion an den Ortsrand verlegen. Vorteile gegenüber einer Vollaussiedlung sind:

- keine Zersiedlung der Landschaft;
- gemeinsame billigere Erschließung;

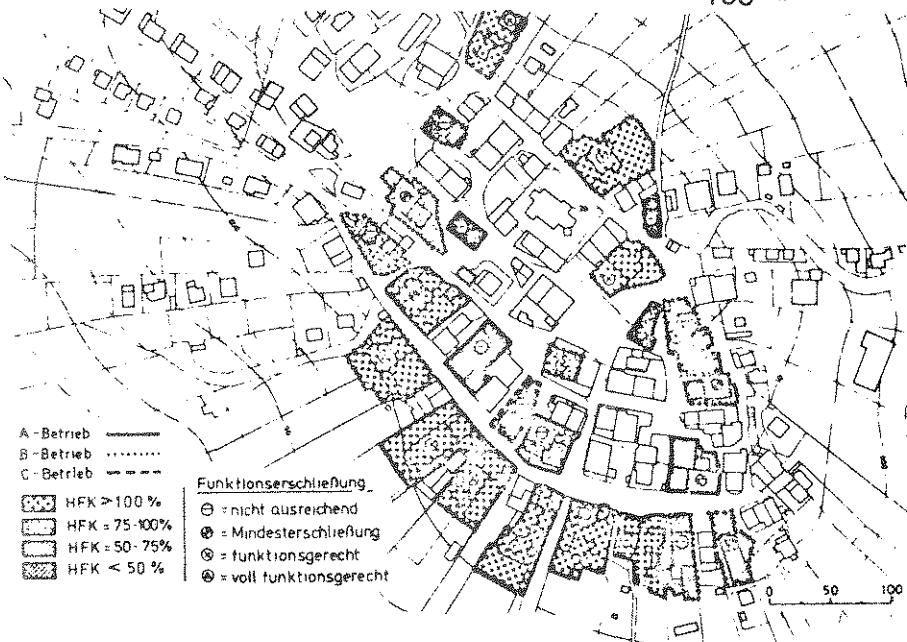


Abb. 4: Analyse der derzeitigen Situation eines Dorfes. Betriebsklassen, Hofstellenkoeffizient und Funktionserschließung

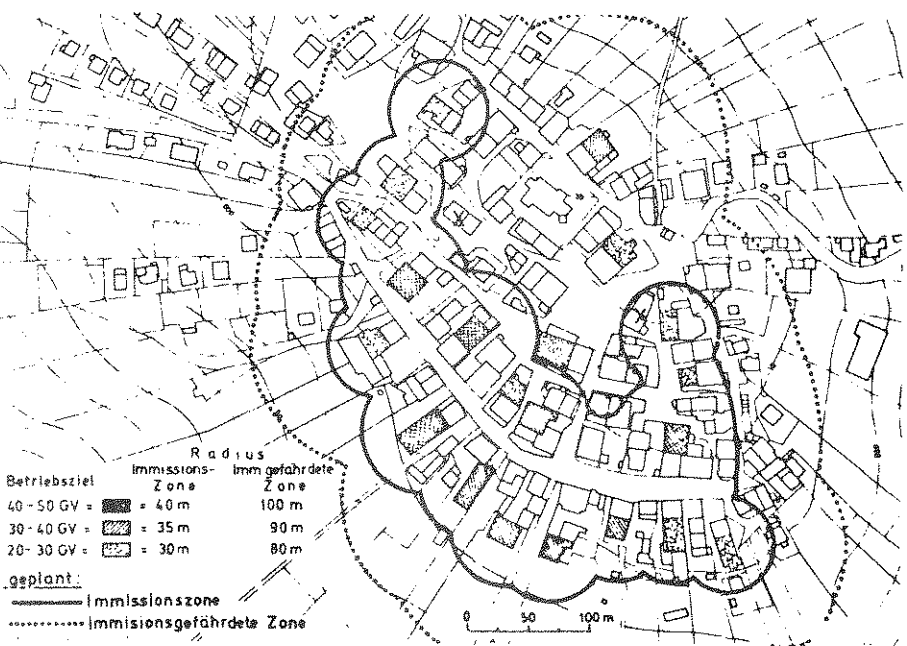


Abb. 5: Abgrenzung der Immissionszone und der Immissionsgefährdeten Zone

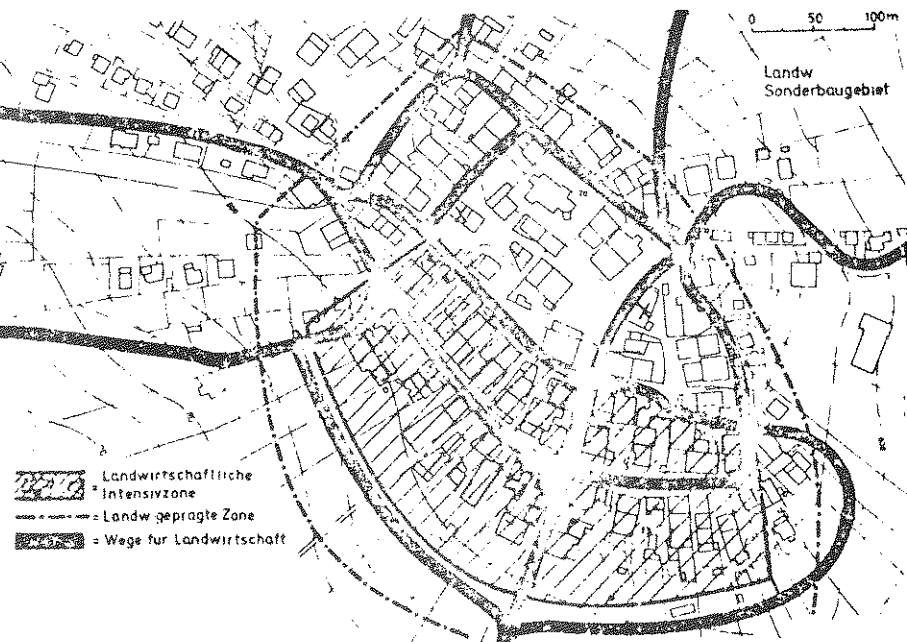


Abb. 6: Landwirtschaftlich-funktionzier Sanierungsplan mit Planung der landwirtschaftlichen Betriebsstandorte und der Hofstellensanierung

- die Wohnhäuser können im Ortskern weiter genutzt werden;
- durch gestaffelte Betriebsverlegung je nach Betriebswachstum ist mehr Eigenleistung und Eigenfinanzierung möglich;
- bei Betriebsaufgabe können landwirtschaftliche Gebäude an Nachbarn verpachtet oder verkauft werden.

### Der landwirtschaftlich-funktionale Sanierungsplan

Nach Festlegung der künftigen landwirtschaftlichen Betriebsstandorte ist ein landwirtschaftlich-funktionaler Sanierungsplan zu erarbeiten. Dieser Sanierungsplan gibt Vorschläge für eine Verbesserung der einzelbetrieblichen

Verkehrerschließung und zeigt die einzelbetrieblichen Entwicklungsmöglichkeiten auf, sei es durch Vergrößerung der Hofflächen im Umgriff, der Teilaussiedlung in landwirtschaftliche Sonderbaugebiete oder gegebenenfalls eine Vollaussiedlung. Innerhalb dieser Planvorgabe können zusammen mit der Einzelbetriebsberatung konkrete Alternativen ausgearbeitet werden, wobei die künftige Hofstelleneinrichtung abzusehen ist und auch eventuelle Emissionsbeschränkungen offen aufliegen. Die Abbildung 6 zeigt ein Beispiel eines solchen landwirtschaftlichen Sanierungsplanes, als sektoraler Planungsbeitrag der Gesamtortsplanung. In der Gesamtortsplanung sind, je nach vorgegebener Priorität, auch die anderen Planungsebenen, zum Beispiel Verkehr, Wohnen, Gewerbe, Denkmalschutz und Gestaltung für eine ausgewogene Gesamtkonzeption notwendig und wichtig. Durch die vorgestellte Methode soll aber eine Quantifizierung der landwirtschaftlichen Planungsanforderungen aufgrund des technischen Fortschrittes in der Innenwirtschaft ermöglicht werden.

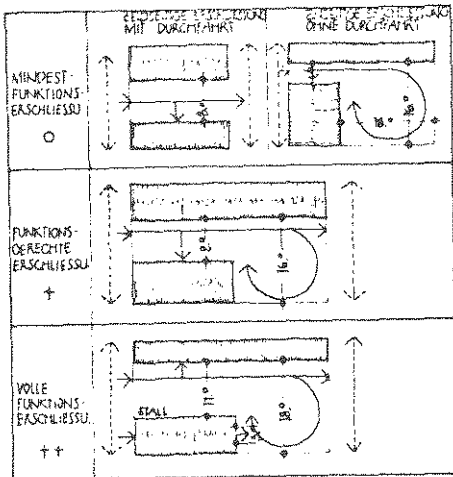


Abb. 3: Beurteilungsrahmen für die landwirtschaftliche Funktionserschließung

#### Literatur:

- 1) Sittard: Typisierung und Zielplanung landwirtschaftlicher Betriebe. Forschungsbericht für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. München 1977 (unveröffentlicht)
- 2) Schön, H. u. L. Krinner: Der Mindestflächenbedarf landwirtschaftlicher Hofstellen. Forschungsbericht für das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. München 1977 (unveröffentlicht)
- 3) VDI-Richtlinie 3471 zur Auswurfbegrenzung Tierhaltung — Schweine — Köln und Berlin 1977
- 4) Schirz, St.: Landwirtschaftliches Bauen zwischen Paragraphen und Richtlinien. DLG-Herbsttagung 1977 am 15. 9. 77 in Mainz
- 5) Herms, A. u. W. Hillendahl: Der Flächenanspruch von Gebäuden und baulichen Anlagen verschiedener Hauptproduktionsrichtungen und Größenordnungen der Nutztviehhaltung. Landbauforschung Völkerroute 27 (1977), H. 1, S. 15—24

MÖGLICHKEITEN DER  
ENERGIEEINSPARUNG IN DER TIERPRODUKTION

(Tagung "Agrarwirtschaft und Energie" des Dachverbandes wiss. Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährung- und Umweltforschung e.V.) München, 7.11.1978

Prof.Dr.H.L. Wenner, Institut f. Landtechnik der TUM in Weihenstephan

Die tierische Veredelungsproduktion der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland benötigt beträchtliche Mengen an technischer Fremdenergie vorwiegend in Form von elektrischem Strom und Heizöl. Um einen Überblick über den Energiebedarf für die Tierproduktion zu erhalten, sollen zunächst Verbrauch und Ausgaben der BRD für Dieselkraftstoff, Elektrizität und Heizöl im Jahr 1976 gegenübergestellt werden, und zwar aufgrund vorliegender statistischer Unterlagen (Abbildung 1). Die ausgewiesenen Verbrauchsmengen für Dieselkraftstoff in Höhe von 1,558 Mrd Liter ergeben einen Energieverbrauch von 56 Mio GJ, der Stromverbrauch von 6,55 Mrd kWh einen Energieverbrauch von rund 24 Mio GJ und die verbrauchte Heizölmenge von 2 Mrd Liter 73 Mio GJ. Man würde einem Irrtum unterliegen, würde man diese Angaben für die landwirtschaftliche Produktion unterstellen; denn es muß der Privatverbrauch für landwirtschaftliche Haushalte und Sonstiges abgezogen werden, um zu echten Energieverbrauchswerten für die eigentliche landwirtschaftliche Produktion zu gelangen. Aufgrund von Einzelrechnungen und teilweisen Schätzungen reduzieren sich die Gesamt-Verbrauchsmengen zur Ermittlung des Bedarfes für die Agrarproduktion bei Dieselkraftstoff um einen geringen Anteil, beim Einsatz der Elektrizität um einen bereits beträchtlichen Anteil und beim Heizöl infolge des hohen Verbrauches für die Hausheizungen in hohem Umfang. Folglich entfallen vom bereinigten Gesamtverbrauch an Fremdenergie in Höhe von etwa 72 Mio GJ für die westdeutsche Agrarerzeugung auf die pflanzliche Produktion energiemäßig 69 %, wenn



man den Dieselkraftstoffverbrauch der pflanzlichen Produktion zurechnet, auf die tierische Produktion jedoch nur etwa 19 + 12 = 31 % in Form des Verbrauches an elektrischem Strom und Heizöl.

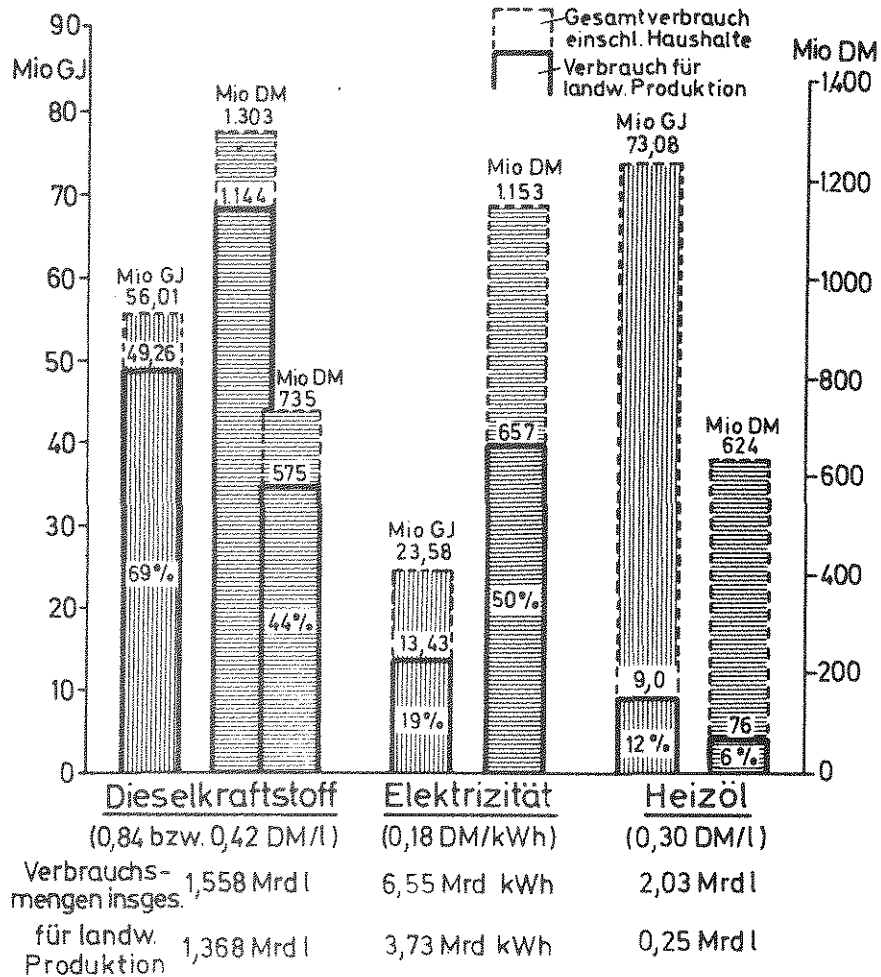


Abbildung 1 : Energieeinsatz in der Land- und Forstwirtschaft (Verbrauch und Ausgaben der BRD 1976; bei Dieselmkraftstoff, Elektrizität und Heizöl)

Die Tierproduktion benötigt also nur etwa 1/3 des Gesamtverbrauches an Fremdenergie für die landwirtschaftliche Produktion.

Ein anderes Bild ergibt sich jedoch beim Vergleich der Energiekosten. Wird die Dieselölverbilligung berücksichtigt, dann liegt der Kostenanteil für den westdeutschen Dieselmkraftstoffverbrauch

bei nur 44 %, der Kostenanteil für elektrischen Strom jedoch bei 50 %, während der kostenmäßige Anteil für Heizöl mit 6 % kaum ins Gewicht fällt. Das bedeutet, daß mehr als die Hälfte der Energiekosten auf die Innenwirtschaft entfallen. Der hohe Anteil der Stromkosten gegenüber der nur relativ geringen elektrischen Energiemenge ist dadurch begründet, daß der niedrige Energieinhalt einer kWh mit nur 3,6 MJ recht teuer bezahlt werden muß im Vergleich zu den flüssigen Brennstoffen mit hohem Energieinhalt von 36 MJ je l. Dieser Zusammenhang zeigt recht deutlich die Problematik der unterschiedlichen Wertigkeit der einzelnen Energieträger. Dazu folgender Hinweis: Wird Elektrizität zur Wärmeerzeugung eingesetzt, und berücksichtigt man Energieinhalt, Energienutzungsgrad und Heizstoffkosten, dann ergibt sich ein Energieverhältnis zwischen Heizöl und Strom von etwa 1 : 4 bis 5; werden jedoch alternative Energieträger zum mechanischen Antrieb genutzt, so liegt ein Energiepreisverhältnis zwischen verbilligtem Dieselöl und elektrischem Strom von 1 : 1,1 bis 1,3 vor, ohne Dieselölverbilligung von 1 : 0,6 bis 0,7 ! Ein Vergleich der Energiearten bzw. ihrer Bruttoenergie-Verbrauchsmengen darf also nur mit großer Vorsicht vorgenommen werden. Es wird aber auch deutlich, daß Überlegungen zur Energieeinsparung bzw. zum sinnvollen Energieeinsatz auch die Möglichkeiten des Austausches hochveredelter und daher teurer Energieformen durch billigere Energiearten beinhalten sollten.

Im Bereich der Tierproduktion interessiert aus Kostengründen in erster Linie der Energieeinsatz mittels elektrischen Stromes, daneben nur in geringem Umfang auch der Verbrauch an Heizöl, zumal die angegebenen Verbrauchsmengen für die landwirtschaftliche Produktion reine Schätzwerte sind und wahrscheinlich wesentlich niedriger liegen. Die für die Tierproduktion benötigten Strommengen gliedern sich folgendermaßen auf (Abbildung 2): Vom Gesamtstromverbrauch der westdeutschen Landwirtschaft im Jahre 1976 in Höhe von 6,55 Mrd kWh entfallen auf landwirtschaftliche Haushalte und Sonstiges rund 2,82 Mrd kWh, so daß für die Tierproduktion 3,73 Mrd kWh verbleiben.

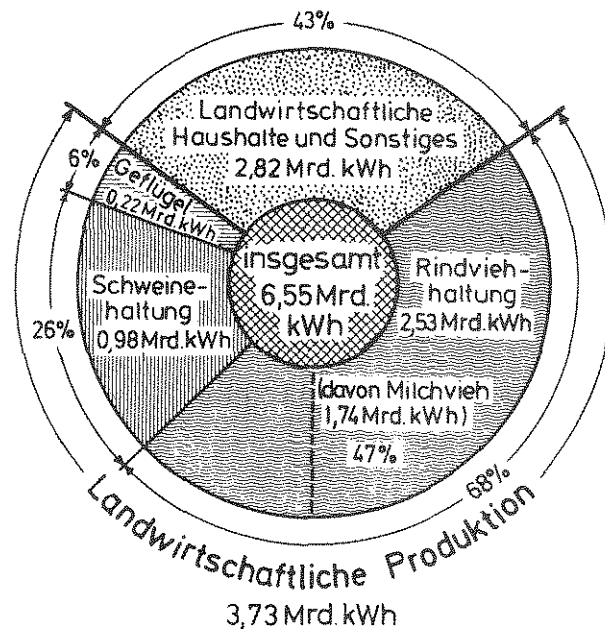


Abbildung 2 : Stromverbrauch der Landwirtschaft (BRD 1976)

Dieser bereinigte Verbrauchswert macht übrigens nur 1,35 % des gesamten Stromverbrauches der Bundesrepublik aus ! Nach Berechnungen von HEINS ist von dieser Energiemenge der Rindviehhaltung mit 2,53 Mrd kWh gleich 68 % der bei weitem größte Anteil zuzuordnen, allein die Milchviehhaltung beansprucht nahezu die Hälfte des gesamten Stromverbrauches für die Tierproduktion. Für die Schweinehaltung werden mit rund 1 Mrd kWh etwa 26 % des Energiebedarfes benötigt, die Geflügelhaltung nimmt mit 6 % nur einen sehr geringen Anteil ein. Nachfolgend soll daher schwerpunktmäßig eine Energieanalyse bei der Rindviehhaltung durchgeführt werden, anschließend bei der Schweinehaltung, um Ansätze für Energieeinsparungen in der Tierproduktion ausfindig zu machen.

Als wichtiger Bereich der Rindviehhaltung muß zunächst die Halmfütterernte und -konservierung einer Betrachtung unterzogen werden; denn die Futterbereitstellung ist für die Energiesituation in der Rindviehhaltung von großer Bedeutung. Für einen objektiven Vergleich des Energieverbrauches in der Heuernte, in der Anwelksilageernte und in der Silomaisernte wurden gute Durchschnitts-Hektarerträge unterstellt, für die Ermittlung der Energiekosten

augenblickliche Preise für Dieselöl und Strom (Abbildung 3).

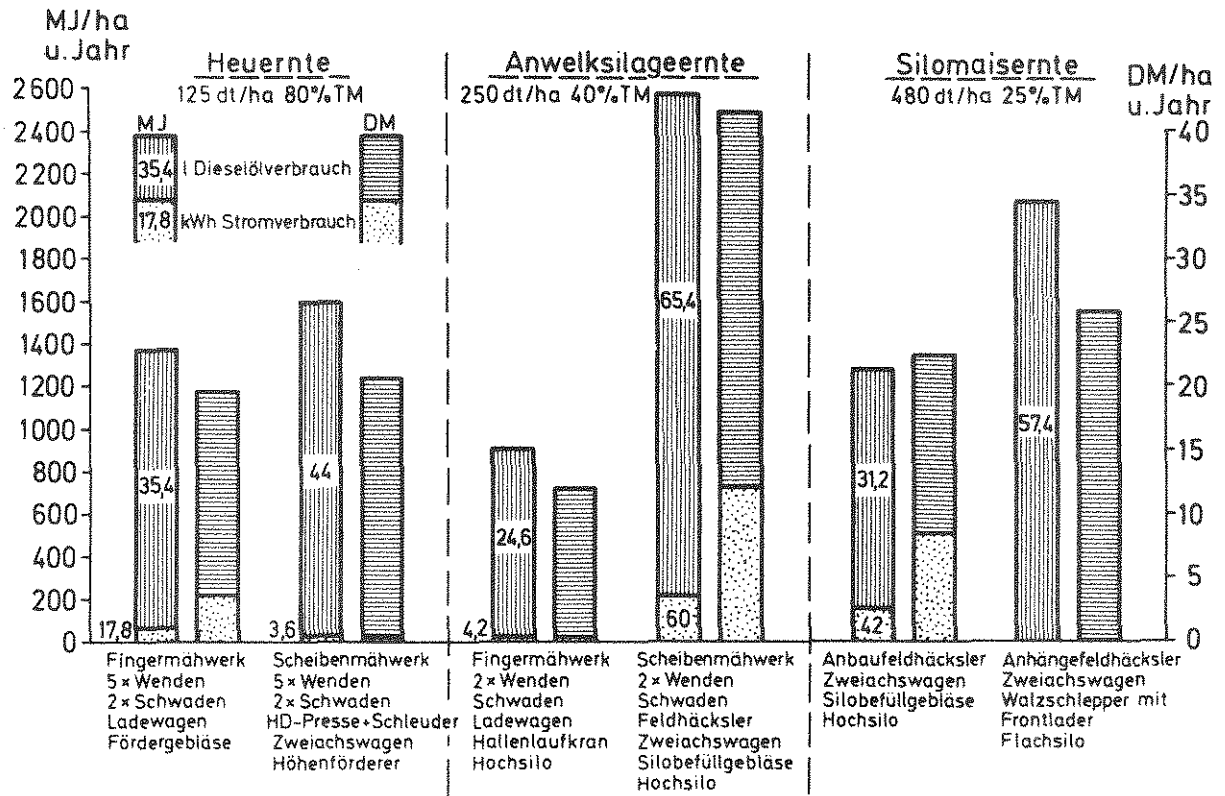


Abbildung 3 : Energieverbrauch und -kosten der Futterernteverfahren (Jahreserträge Wiesengras 100 dt TM/ha; Silomais 120 dt TM/ha; ohne Konservierung, Dieselöl 0,45 DM pro l, kWh 0,20 DM)

In der Heuernte wird bei dem Verfahren Fingermähwerk, Ladewagen und Fördergebläse je Hektar Erntefläche und Jahr eine Energiemenge von 1400 MJ benötigt, die Energiekosten für 35,4 l Dieselöl und 17,8 kWh Strom zusammen liegen bei etwa 18,- DM/ha und Jahr; ein alternatives Ernteverfahren mit Scheibenmähwerk, Hochdruckpresse mit Schleuder sowie Höhenförderer zur Einlagerung liegt im Energieverbrauch nur geringfügig höher, während die Kosten für die Fremdenergie gegenüber dem ersten Ernteverfahren kaum einen nennenswerten Unterschied aufweisen. In der Anwelksilageernte können größere Unterschiede auftreten, wenn energiesparende Verfahren mit Fingermähwerk, Ladewagen und Greifereinlagerung höhermechanisierten Verfahrensstufen mit Scheibenmähwerk, Feld-

häckslers und Silobefüllgebläse gegenübergestellt werden. Die Beträge des Energieverbrauches schwanken zwischen 900 und 2500 MJ je ha und Jahr, die Kosten für Treibstoff und Strom zwischen 13 und 42,- DM /ha und Jahr; allerdings ist die absolute Höhe der Differenzbeträge von nur geringer Bedeutung gegenüber den sonstigen Gesichtspunkten der Vorzüglichkeit der verschiedenen Ernteverfahren. Und auch bei der Silomaisernte zeigt ein Energievergleich zwischen einer einfachen Hochsilolösung und einem schlagkräftigen Verfahren für das Flachsilobehälter keine gravierenden Unterschiede; der Walzschlepper für den Flachbehälter verursacht sogar insgesamt einen etwas höheren Energieverbrauch für diese Lösung. Aus dieser Verfahrensgegenüberstellung ergibt sich also, daß die verschiedenen Futterernteverfahren keinen Ansatz für entsprechende Energieeinsparungsmöglichkeiten bieten, Energieverbrauch und -kosten liegen bei den alternativen Futterernteverfahren insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau.

Große Unterschiede treten jedoch bei einem Energievergleich der verschiedenen Konservierungsverfahren auf (Abbildung 4). Um hierüber eindeutige Angaben machen zu können, wurde ein gleicher Grünlandertrag von 100 dt Trockenmasse unterstellt. Der Fremdennergieverbrauch für Dieselöl und Strom beträgt bei der Bodenheuerung nur rd. 1.500 MJ /ha, was Energiekosten von etwa 20,- DM je ha und Jahr verursacht. Das Konservierungsverfahren Anwelksilagebereitung liegt im Energieverbrauch und in den Energiekosten nur unbedeutend höher. Mit steigendem Umfang an künstlicher Nachtrocknung nimmt jedoch der Energieverbrauch bedeutend zu. So werden bereits beim Verfahren der Heuunterdachtrocknung ohne Anwärmung knapp 5.000 MJ pro ha benötigt einfach deswegen, weil 4,2 t Wasser/ha künstlich verdampft werden müssen; infolge des hohen Stromverbrauches für die Heubelüftung schnellen die Energiekosten auf etwa 210,- DM pro ha in die Höhe. Das Verfahren der Heubelüftung mit Luftanwärmung um 10 °C beansprucht infolge des nun einsetzenden Heizölverbrauches bereits Energiemengen von etwa 28.000 MJ je ha, die Energiekosten für dieses Verfahren liegen bei etwa 300,- DM.

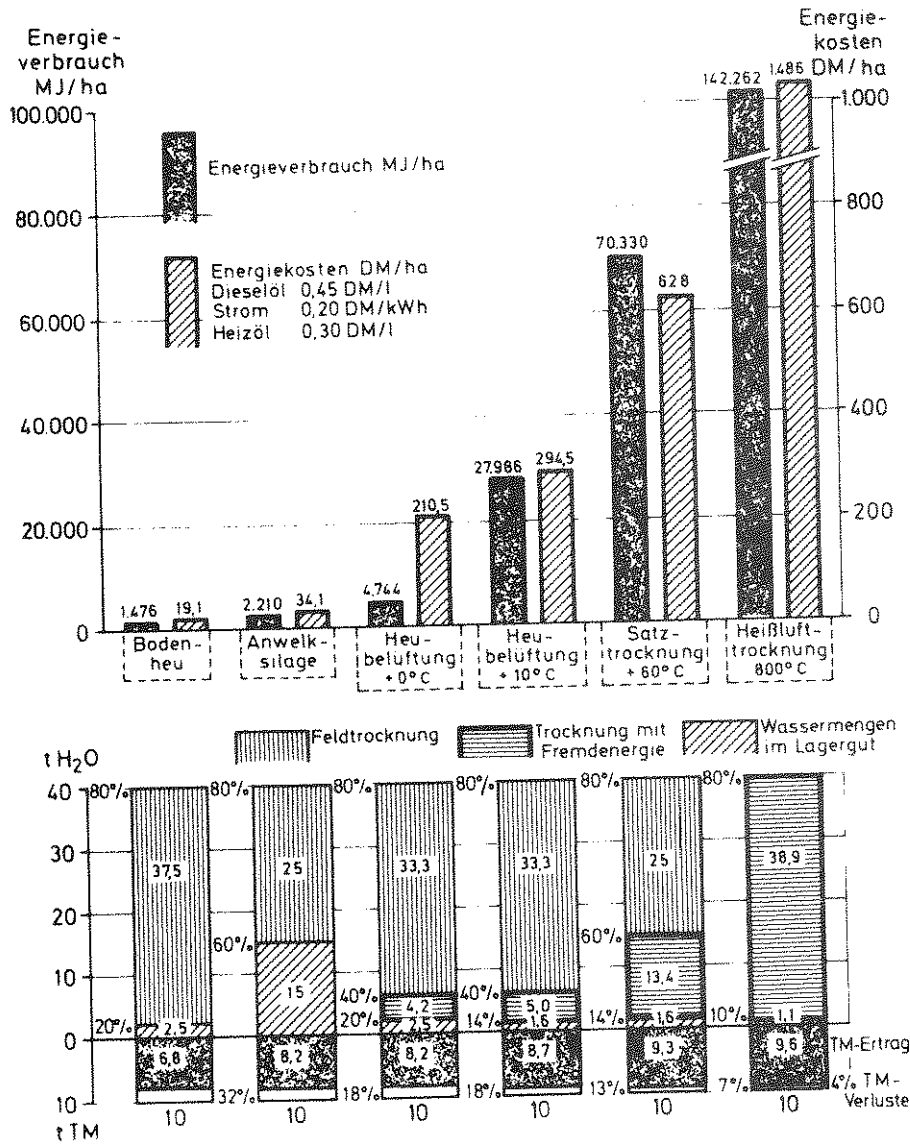


Abbildung 4 : Energievergleich der Konservierungsverfahren (je ha Grüngut; Ertrag 500 dt mit 80 % H<sub>2</sub>O-Geh.; 100 dt TM)

Der Unterschied der Kosten gegenüber der Heubelüftung ohne Anwärmung ist relativ gering, weil bei der Anwärmung der Belüftungsluft die billige Wärmequelle Heizöl genutzt wird. Bei geringerer Vortrocknung des Futters auf dem Feld bis auf nur 60 % Wassergehalt müssen je Hektar bereits 13,4 t Wasser künstlich nachgetrocknet werden, so daß der Energieverbrauch bei der Satztrocknung mit Luftanwärmung um 60 °C bereits auf 70 000 MJ pro ha ansteigt; die Energiekosten liegen dann bei etwa 630,- DM. Bedeutend höhere Anforderungen stellt schließlich die Heißlufttrocknung mit

Trocknungslufttemperaturen von 800 °C, weil bei diesem Verfahren nahezu die gesamte Wassermenge aus dem Erntegut künstlich entzogen werden muß; das sind nahezu 40 t je ha! Hierdurch wird ein Energieverbrauch von rd. 140 000 MJ/ha verursacht, und die Energiekosten steigen auf etwa 1500,- DM Gegenüber der Bodenheuerung ergibt sich also der etwa 100 fache Energieverbrauch und ein ebensolch ungünstiges Verhältnis der Energiekosten. Es wäre jedoch völlig falsch, aufgrund der Wünsche zur Energieeinsparung nun vorwiegend die Bodenheuerung oder die Anwelksilagebereitung zu empfehlen; denn Nährstoffverluste und Energieertrag je ha müssen für eine objektive Betrachtung mit in die Überlegungen einbezogen werden.

Der Energieertrag im Futterbau wird in der Regel in Kilo-Stärkeeinheiten je ha ausgedrückt, wobei der Umrechnungsfaktor 1 KStE gleich 9,9 MJ die Angabe des Energieertrages in MJ ermöglicht. Ein Vergleich der verschiedenen Konservierungsverfahren ergibt folgendes Bild (Abbildung 5): Der Bruttoertrag an Frischgut liegt bei den Konservierungsverfahren bis zur Heubelüftung mit Anwärmung um 10°C bei 5.500 KStE je ha, er steigt bei der Satz Trocknung infolge höherer Schnitzzahlen auf 6.000 KStE/ha und bei der Heißlufttrocknung auf 6.500 KStE Bruttoertrag je Hektar. Unterstellt man nun durchschnittliche Nährstoffverluste bei den verschiedenen Konservierungsmethoden, dann ergibt sich ein Nettoertrag von 3.025 KStE/ha bis herauf zu 6.175 KStE/ha, also ein Verhältnis des Nettoertrages bei den verschiedenen Konservierungsverfahren von 1:2. Bezieht man nun den Energieaufwand auf diesen Nettoertrag, dann werden bei Bodenheuerung und Anwelksilagebereitung etwa 0,5 MJ/KStE an Fremdenergie benötigt, mit steigenden Anforderungen an die künstliche Trocknung jedoch bis zu 23 MJ/KStE. Das erfordert Energiekosten von nur einem Pfennig je Kilostärkeeinheit über 5 bis 6 Pfennig je KStE bei der Heubelüftung bis herauf zu 24 Pfennig /KStE bei der Heißlufttrocknung. Bezüglich der Energiekosten wäre mit etwa 13 Pf/KStE die Satz Trocknung mit Luftanwärmung um 60° C noch vertretbar.

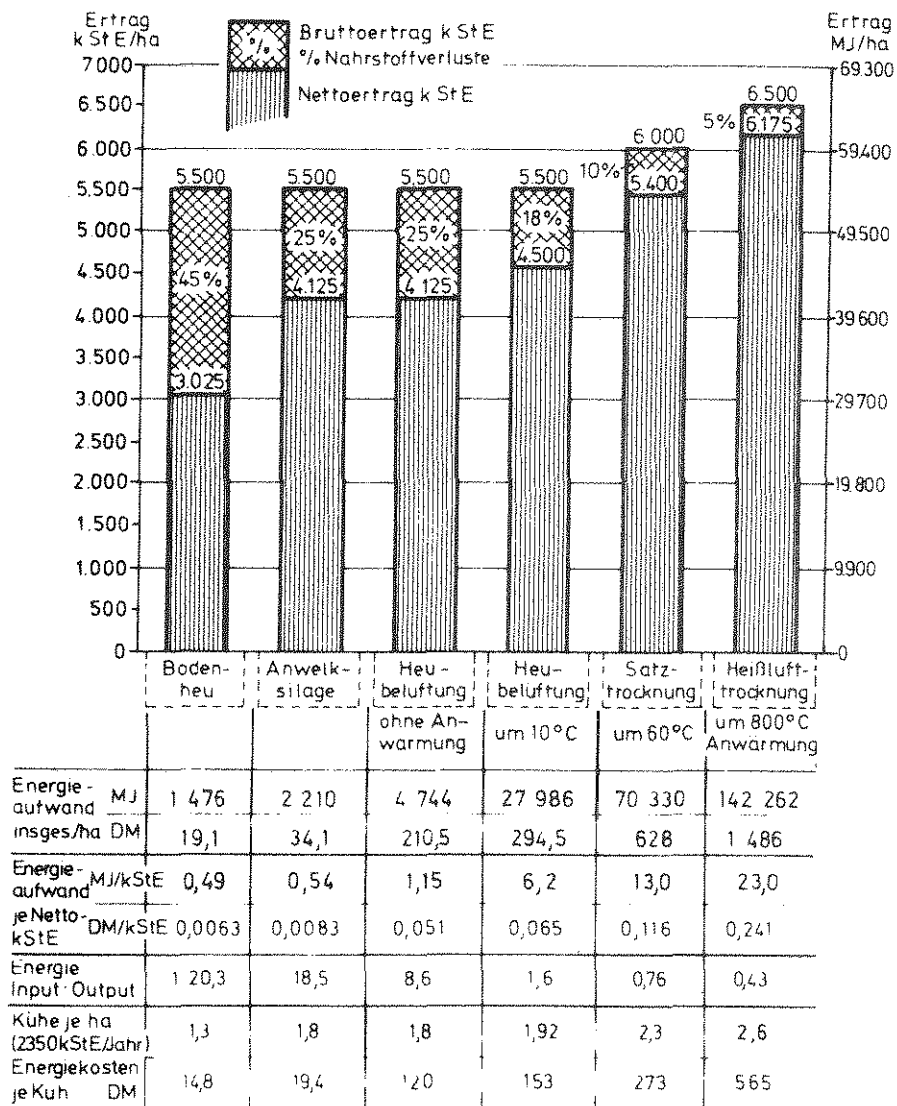


Abbildung 5 : Energieertrag und Energiekosten der Konservierungsverfahren (je ha Grüngut, Frischmasseertrag 500 dt mit 80 % H<sub>2</sub>O-Gehalt; 100 dt TM; 1 kStE = 9,9 MJ

Inwieweit Solarkollektoren zur Luftanwärmung bei der Heuunterdachttrocknung mit dem Ziel einer Energie- und Kosteneinsparung sinnvoll eingesetzt werden können, erscheint beim heutigen Preis-Kostenverhältnis für Solar- und Heizölenergie zunächst sehr fragwürdig; und hinzu kommt, daß weniger die Probleme der Energiegewinnung über Solarkollektoren noch problematisch sind als vielmehr die Energiespeicherung, also die Verfügbarkeit größerer Wärmemengen zum richtigen Zeitpunkt. Hier liegt das Hauptproblem für eine sinnvolle, allgemeine Anwendung der Solartechnik für



Trocknungsaufgaben.

Interessant ist im Zusammenhang mit dem Energievergleich der Konservierungsverfahren auch eine Energiebilanz. Bei Bodenheuwerbung und Anwelksilagebereitung werden mit einer Einheit Fremdenergie etwa 20 Energieeinheiten im Futter erzeugt, bei der Heubelüftung ohne Anwärmung immerhin noch etwa 9 Energieeinheiten Futter, bei der Heubelüftung mit Anwärmung um 10°C jedoch nur noch 1,6 Energieeinheiten des Futters, und bei Satz- und Heißlufttrocknung ergibt sich eine negative Bilanz; es wird mehr als die doppelte Menge an Fremdenergie benötigt gegenüber der im Futter erzeugten Energie. Trotz dieser erheblichen Verschlechterung des Input-Output-Verhältnisses darf nicht leichtfertig die Folgerung gezogen werden, aus Gründen der Energieeinsparung müsse auf Satz- und Heißlufttrocknung zukünftig verzichtet werden. Denn durch den erheblichen Mehrertrag an Netto-Energie im Futter lassen sich mit dem Übergang zu den höherwertigeren Konservierungsverfahren je ha Futteranbaufläche wesentlich mehr Tiere halten. Bei der Bodenheuwerbung können nur 1,3 Kühe/ha ernährt werden, wenn für 10 kg Milchleistung/Kuh und Tag etwa 2350 KStE/Kuh und Jahr unterstellt werden; bei Anwelksilagebereitung und Heubelüftung ohne Anwärmung sind es bereits 1,8 Kühe/ha, bei der Heubelüftung mit stärkerer Anwärmung knapp 2 Kühe/ha, bei der Satz- und Heißlufttrocknung mit Anwärmung um 60°C schon 2,3 Kühe/ha und schließlich bei der Heißlufttrocknung 2,6 Kühe/ha. Höherwertigere Konservierungsverfahren führen also zu einer innerbetrieblichen Aufstockung, die in vielen Betrieben des Grünlandgürtels im Alpenvorland die Anwendung der Satz- und Heißlufttrocknung mit stärkerer Anwärmung ratsam erscheinen lassen. Ökonomisch exakte Berechnungen müssen hier für jeden Einzelbetrieb näheren Aufschub bringen. Jedoch muß die Heißlufttrocknung mit Trocknungsluftanwärmung auf 800 °C infolge ihres enormen Energieverbrauches und ihrer sehr hohen Energiekosten als äußerst problematisch angesehen werden. Versuche zur Energieeinsparung durch Rekondensation der Abluft erbrachten zwar einen bis zu 40 % geringeren Energiebedarf (Kunz-Verfahren), jedoch wiegen die hierzu wahrscheinlich notwendigen hohen Aufwendungen diesen Vorteil wieder auf.

Nach diesem Vergleich der verschiedenen Futerernte- und Konservierungsverfahren sollen nun die einzelnen Betriebszweige der Veredelungsproduktion energetisch durchleuchtet werden. Infolge des hohen Energieverbrauches mit nahezu 50 % des Gesamtstromverbrauches für die Veredelungsproduktion ist zunächst die Milchviehhaltung von großer Bedeutung. Zur Ermittlung der entsprechenden Stromverbrauchswerte und zur Zusammenstellung der nachfolgenden Übersichten wurden die ausführlichen Arbeiten von AYIK und VON HEYL sowie weitere Arbeitsergebnisse des Sonderforschungsbereiches 141 herangezogen, eine Fülle von Einzeldaten, die demnächst als Grundlage zum Aufbau einer Datenbank über den Elektroenergieeinsatz in der Veredelungsproduktion dienen. Danach ergeben sich für die Geräte der Milchviehhaltung folgende Stromverbrauchsmengen und Abhängigkeiten, wenn ganzjährige Stallhaltung ohne Nachzucht unterstellt wird (Abbildung 6).

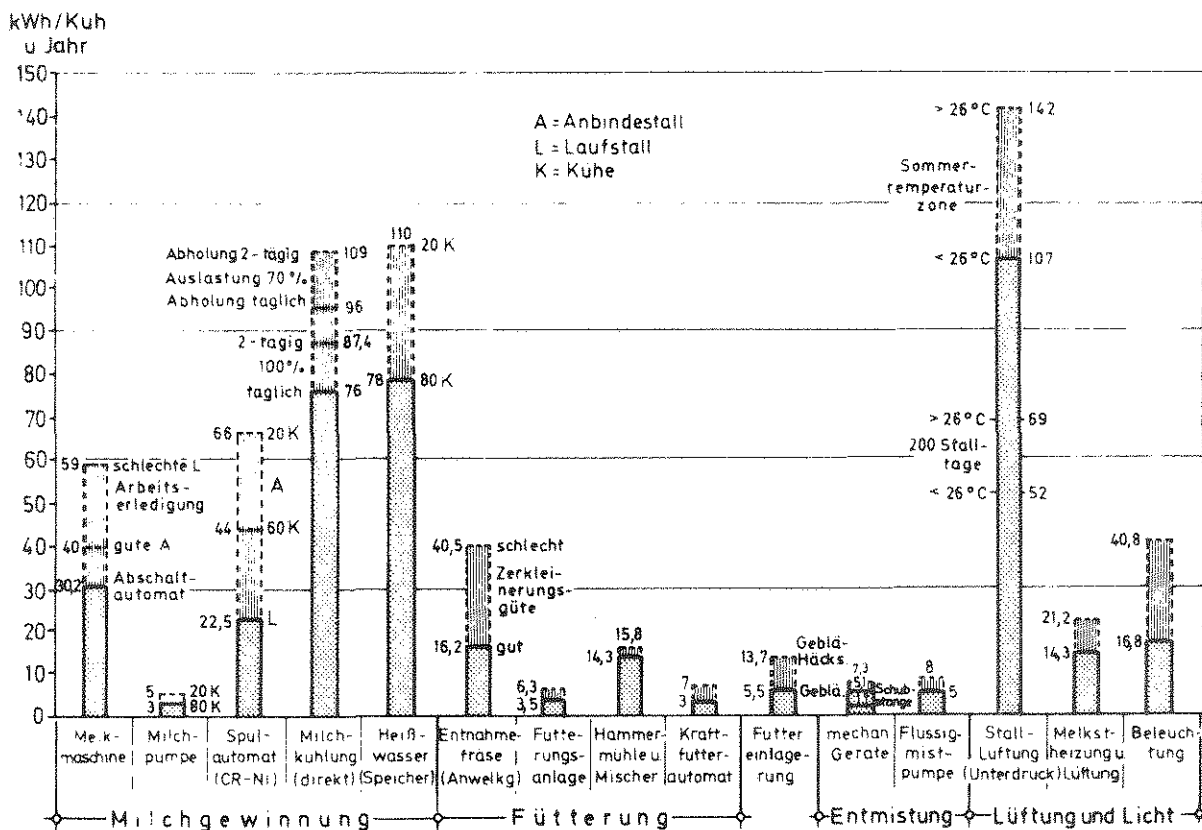


Abbildung 6 : Energieverbrauch der Geräte für die Milchviehhaltung (ganzjährige Stallhaltung; ohne Nachzucht)

Die Vakuumpumpe der Melkmaschine verursacht bei moderner Melktechnik mit Abschaltautomaten einen Stromverbrauch von nur 30 kWh/Kuh und Jahr, jedoch bei konventionellen Melkmaschinen zwischen 40 und 60 kWh/Kuh und Jahr je nach zügiger Arbeitserledigung im Anbindestall und schlechter Arbeitserledigung im Melkstand. Es treten also in der Praxis beim Stromverbrauch der Vakuumpumpe bereits beträchtliche Unterschiede auf, die Abschaltautomatik hilft Energie einzusparen. Der Verbrauch der Milchpumpe mit 3 bis 5 kWh je nach Kuhbestand fällt kaum ins Gewicht. Jedoch verursachen die modernen Spülautomaten einen beträchtlichen Stromverbrauch mit großen Schwankungen in der Praxis; bei Chrom-Nickel-Rohrausführungen liegt der Stromverbrauch bei Verfahren mit Melkstand, also Laufstallhaltung, bei etwa 22,5 kWh pro Kuh und Jahr, er steigt jedoch im Anbindestall für die Rohrmelkanlage je nach Kuhbestand auf 44 bis 66 kWh/Kuh und Jahr. Bei Rohrausführungen in Plexiglas vermindert sich der Stromverbrauch um etwa 20 %. Die Milchkühlung nach dem Direktverfahren weist einen Stromverbrauch von 76 bis 109 kWh/Kuh und Jahr auf, je nach Auslastung des Milchsammelbehälters und der Abholfrequenz täglich oder zweitägig. Beim indirekten Kühlverfahren mit Eiswasser steigt der Stromverbrauch um etwa 30 % weiter an. Die Heißwasserbereitung über einen Elektrospeicher benötigt Energieverbrauchswerte von 78 bis 110 kWh/Kuh und Jahr in Abhängigkeit des Wasserverbrauches und Kuhbestandes. Insgesamt sind die Geräte für die Milchgewinnung mit mehr als 70 % des Gesamtstromverbrauches der Milchviehhaltung beteiligt. Wiederum andere Abhängigkeiten ergeben sich für die Geräte der Fütterung, die jedoch mit ihren Einzelwerten wesentlich niedriger liegen; auch die Futtereinlagerung, die zum Vergleich hier nochmals mit aufgeführt wurde, spielt für den Energieverbrauch je Kuh und Jahr kaum eine Rolle. Ebenso sind die Geräte für die Entmistung von nur untergeordneter Bedeutung, gleich ob mechanische Geräte für das Festmistverfahren oder Pumpen für die Flüssigmistbereitung eingesetzt werden. Einen bedeutenden Posten nimmt jedoch die Stalllüftung ein, wobei hier das Unterdruckverfahren unterstellt wurde; bei ordnungsgemäßer Planung der Stalllüftung und optimaler Auswahl der Lüfter muß mit einem Stromverbrauch zwischen 100 und 140 kWh

pro Kuh und Jahr gerechnet werden in Abhängigkeit der sogenannten Sommertemperaturzone unter oder über 26 °C. Wird jedoch die Überdrucklüftung oder gar die Gleichdrucklüftung eingesetzt, ergeben sich 13 % bzw. 100 % höhere Werte. Die Stalllüftung erfordert also einen hohen Anteil des Gesamtstromverbrauches je Kuh und Jahr. Darüberhinaus kann bei der Laufstallhaltung mit Melkstand für seine Beheizung und Lüftung ein weiterer Stromverbrauch zwischen 14 und 21 kWh/Kuh und Jahr auftreten. Und letztlich liegt die Beleuchtung, je nachdem ob Leuchtstofflampen oder Glühbirnen benutzt werden, im Stromverbrauch zwischen 17 und 41 kWh/Kuh und Jahr. Leuchtstofflampen sparen also Elektroenergie.

Um nun den Gesamtstromverbrauch je Kuh und Jahr zu erhalten, müssen diese Einzelgeräte gesamten Produktionsverfahren zugeordnet werden. Dabei erhält man Werte für den minimalen, den durchschnittlichen und den maximalen Energieverbrauch, und zwar je nach Geräteausstattung (Abbildung 7). Wird zunächst ein Anbindestall mit 30 Kühen betrachtet, dann schwankt der Stromverbrauch zwischen etwa 245 - 380 und 585 kWh/Kuh und Jahr. Für Entmistung und Futterwirtschaft wird ein nur unbedeutender Stromverbrauch jeweils benötigt, den Hauptanteil machen die Milchgewinnung mit Heißwasserbereitung und die Stalllüftung aus. Ähnliche Verhältnisse ergeben sich bei der Laufstallhaltung mit 60 Kühen, wobei die absoluten Verbrauchswerte etwas niedriger liegen. Brauchbare Ansätze zur Energieeinsparung bei der Milchviehhaltung eröffnen sich zunächst bei der Heißwasserbereitung; wird die Milchabwärme zur Heißwasserbereitung genutzt, indem das Milchkühlaggregat als Wärmepumpe zum Anwärmen von Brauchwasser eingesetzt wird, lassen sich im Anbindestall rund 100 kWh einsparen. Diese Form der Heißwasserbereitung läßt sich auch zusätzlich für den Spülautomaten nutzen, so daß bis zu 150 kWh/Kuh und Jahr an Stromersparnis gewonnen werden kann. Diese Lösung wird übrigens bei Neuanschaffungen in der Praxis mehr und mehr vorgesehen, es ergeben sich im Anbindestall dadurch Stromersparnisse in der Größenordnung von 30 %. Bei der Laufstallhaltung werden in der Regel nur niedrigere Werte an Stromersparnis erreicht, weil hier die absoluten Werte für den Warmwasserverbrauch und den Spülautomaten bereits niedriger liegen.

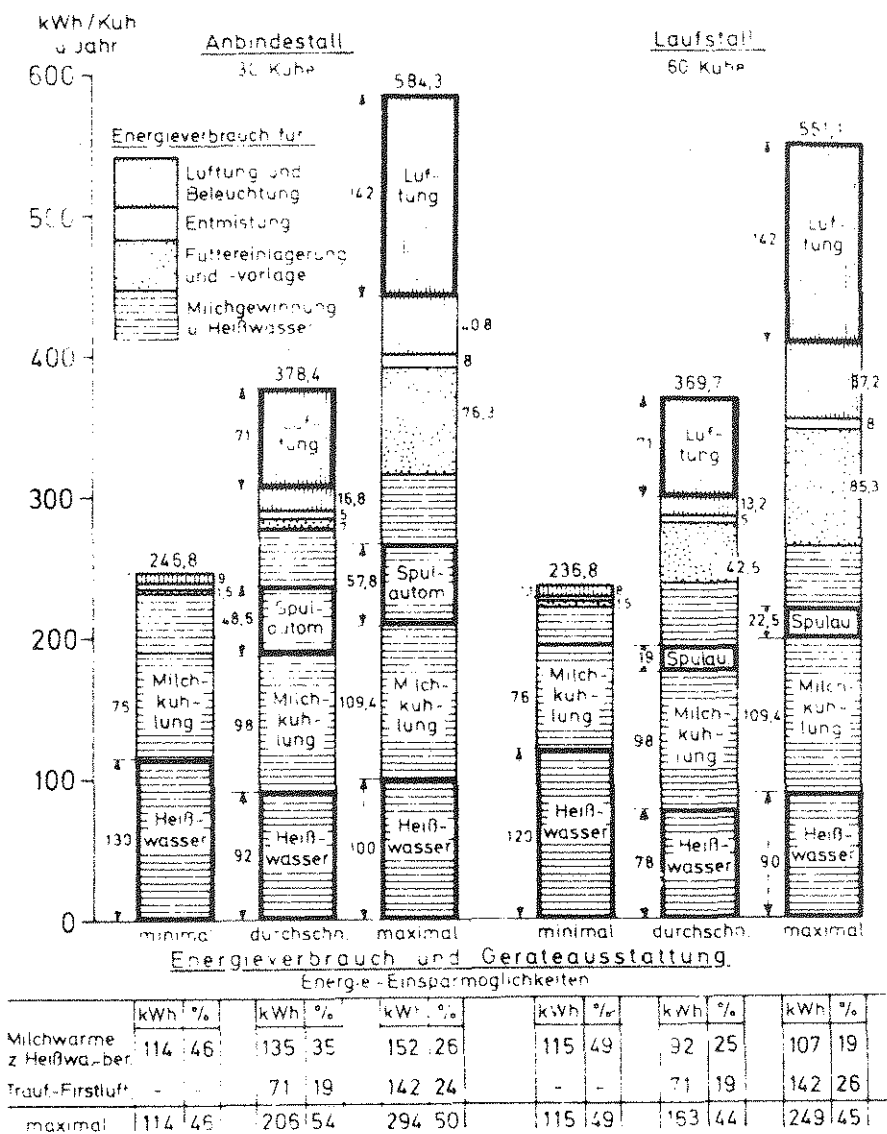


Abbildung 7 : Energieverbrauch in der Milchviehhaltung (ganzjährige Stallhaltung, ohne Nachzucht)

Eine weitere Maßnahme der Energieeinsparung besteht darin, bei Neubauanlagen von der Zwangslüftung auf die Traufen-Firstlüftung ohne Gebläsebetrieb überzugehen; für den Anbindestall ist die Traufen-Firstlüftung jedoch mit einigen Problemen behaftet, während bei modernen Milchvieh-Laufställen diese Form der Schwerkraftlüftung heute bei Neubauten allgemein empfohlen werden kann. Dadurch läßt sich in der Milchviehhaltung nochmals rund 20 % Elektroenergie einsparen. Beide Maßnahmen zusammen ergeben im Höchstfall Verminderungen um 40 bis 50 %. Inwieweit jedoch die möglichen absoluten Beträge der Energieeinsparung zwischen 100

und 200 kWh/Kuh und Jahr, also 20 bis 40 DM/Kuh und Jahr, dazu ausreichen, den teilweise höheren Investitionsbedarf zu rechtfertigen, muß betriebswirtschaftlichen Einzelrechnungen vorbehalten bleiben.

Ähnliche Übersichten sollen die Energiesituation bei der Mastbullenhaltung deutlich machen (Abbildung 8).

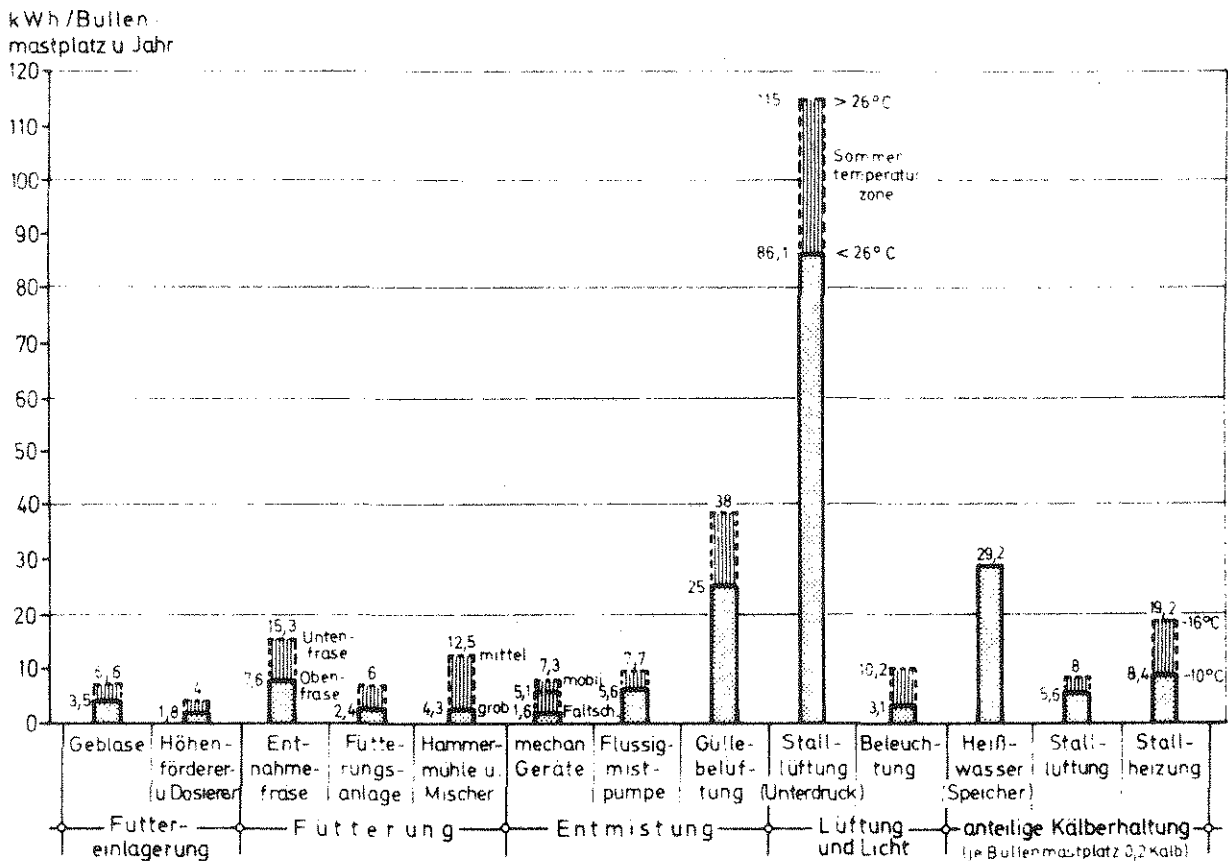
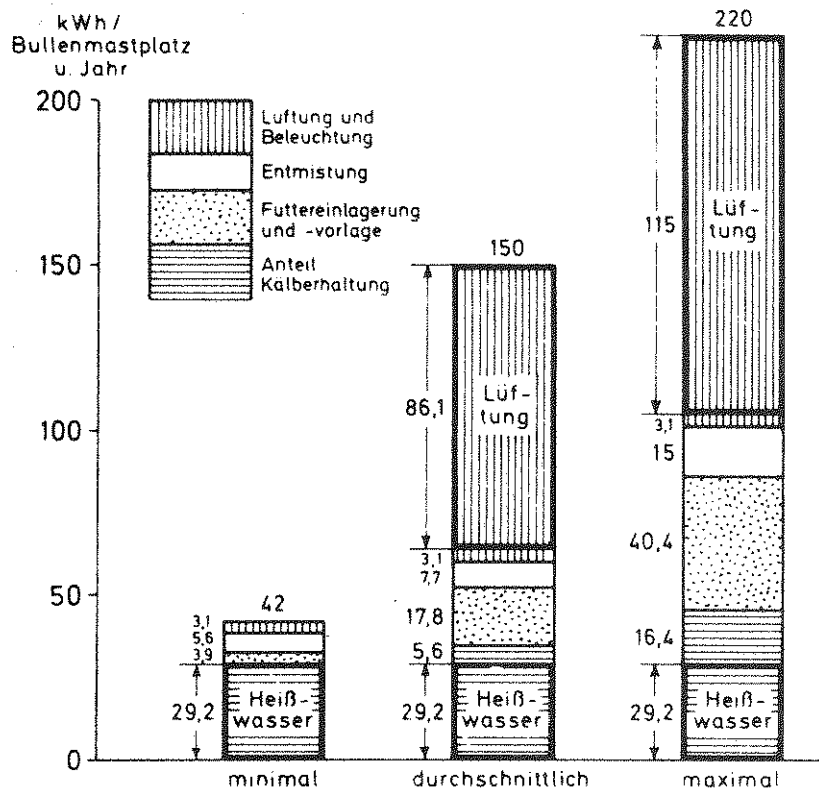


Abbildung 8 : Energieverbrauch der Geräte für die Mastbullenhaltung (Stallmast; Futterbasis Maissilage)

Bei intensiver Stallmast auf der Futterbasis Maissilage zeigen zunächst wiederum die Geräte für die Futtereinlagerung und Fütterung, daß dieser Bereich für den Energieverbrauch in kWh je Bullenmastplatz und Jahr von nur sehr geringer Bedeutung ist. Bei den Entmistungsgeräten fällt lediglich die Güllebelüftung mit einem Stromverbrauch zwischen 25 und 38 kWh/Bullenmastplatz und Jahr etwas aus dem Rahmen, ein Verfahren, das bei der Mastbullenhaltung

nur vereinzelt zur Verminderung der Geruchsemissionen angewandt wird. Den Hauptanteil nimmt bei der Bullenhaltung die Stalllüftung ein, die bei der Unterdrucklüftung je nach Sommertemperaturzone 85 bis 115 kWh/Bullenmastplatz und Jahr beansprucht. Schließlich ist bei der Bullenhaltung die anteilige Kälberhaltung für den Gesamtstromverbrauch von einigem Interesse, da hier für die Heißwasserbereitung 30 kWh/Bullenmastplatz und Jahr, für die Kälberstalllüftung 6 - 8 und für die Stallheizung 8 bis nahezu 20 kWh benötigt werden. Die absoluten Werte des gesamten Energieverbrauches je nach Geräteausstattung (Abbildung 9) liegen mit 40 bis 150 bzw. 220 kWh/Bullenmastplatz und Jahr bedeutend niedriger gegenüber der Milchviehhaltung, da die Geräte für die Milchgewinnung entfallen.



Energieverbrauch und Geräteausstattung

Energie - Einsparmöglichkeiten

	minimal		durchschnittlich		maximal	
	kWh	%	kWh	%	kWh	%
Kalttränke	29,2	70	29,2	20	29,2	13
Trauf-Firstluft			86,1	57	115,0	52
<b>maximal</b>	<b>29,2</b>	<b>70</b>	<b>115,3</b>	<b>77</b>	<b>144,2</b>	<b>65</b>

Abbildung 9 : Energieverbrauch in der Mastbullenhaltung (Stallmist; Maissilage; Kälberanteil 20 % des Bullenbestandes)

Ansätze zur Energieeinsparung in der Mastbullenhaltung sind zunächst durch den Übergang zur Kalttränke der Nachzuchtkälber möglich, wodurch etwa 30 kWh je Bullenmastplatz und Jahr entfallen würden. Von wesentlich größerer Bedeutung ist jedoch hier der Übergang zur Traufen-Firstlüftung. Bei Neubaulösungen wird durch diese Maßnahme ein Energiebetrag von 85 bis 115 kWh je Bullenmastplatz und Jahr eingespart, so daß sich der Gesamtenergieverbrauch auf die Hälfte reduziert. Moderne Stallungen für die Bullenmast werden daher heute nur noch mit der Traufen-Firstlüftung ausgerüstet, ohne daß eine Verminderung der täglichen Zunahme eintritt. Beide Maßnahmen zusammen vermindern den Gesamtenergieverbrauch der Mastbullenhaltung auf  $1/3$  bis  $1/4$  ! Die eingesparten Energiekosten in Höhe von 20 bis 30 DM je Bullenmastplatz und Jahr dürfen jedoch gegenüber den gesamten Produktionskosten nicht überbewertet werden.

Ein besonderes Energieproblem tritt bei der Kälberaufzucht und Kälbermast sowie bei allen Jungtieren dann auf, wenn bei moderner Intensivhaltung, also in der Regel ohne große Einstreumengen, erhebliche Wärmeenergiemengen zur Stallheizung benötigt werden. Hier ergibt sich die Frage, ob durch eine bessere Wärmedämmung der Bauteile an Zusatz-Wärmeenergie eingespart werden kann. Diese Alternative hängt von vielfältigen Einflußfaktoren ab, wie Klimalage des Betriebes, Wärmeproduktion der Tiere, notwendige Lüftungsabwärme, Größe des umbauten Raumes und Wärmedämmung der raumumschließenden Bauteile. Allgemeingültige Aussagen hierüber oder gar Optimierungsrechnungen liegen bisher nicht vor, hier helfen nur spezielle Einzelberechnungen weiter. Es soll daher die Problematik anhand einer Beispielsberechnung, die von KREITMEIER und ZEISIG für einen Kälberstall mit 40 Tieren durchgeführt wurde, aufgezeigt werden (Abbildung 10). Über der Außentemperatur wurde der notwendige Zusatz-Wärmebedarf in KJ pro Kalb und Stunde bzw. der notwendige Heizölbedarf in l/h für diesen Bestand von 40 Kälbern aufgetragen. Bei 0°C Außentemperatur und schlechter Wärmedämmung des Gebäudes, d.h. einem K-Wert von 1,25, ergibt sich ein Heizölbedarf von 1 l je Stunde. Der Heizölverbrauch für diesen Stall steigt jedoch auf 2 l/h, wenn bei gleich schlechter Wärme-



dämmung Außentemperaturen von minus 15°C auftreten. Eine Verminderung des Heizölbedarfes wiederum auf 1 l/h läßt sich bei diesen niedrigen Außentemperaturen dadurch erreichen, indem eine sehr gute Wärmedämmung mit einem K-Wert von 0,44 vorgesehen wird. Im Extremfall könnte diese Maßnahme bei sehr ungünstiger Klimalage des Betriebes dazu führen, daß für diesen Kälberstall bis zu 2.000 l Heizöl je Jahr eingespart werden. Inwieweit generell ein beträchtlicher Aufwand für die bessere Wärmedämmung der raumschließenden Bauteile gerechtfertigt ist, hängt also einerseits von der Klimalage des jeweiligen Betriebes ab, also ob längerfristig im Winter sehr niedrige Temperaturen vorliegen, und andererseits von der Preisentwicklung für Heizöl.

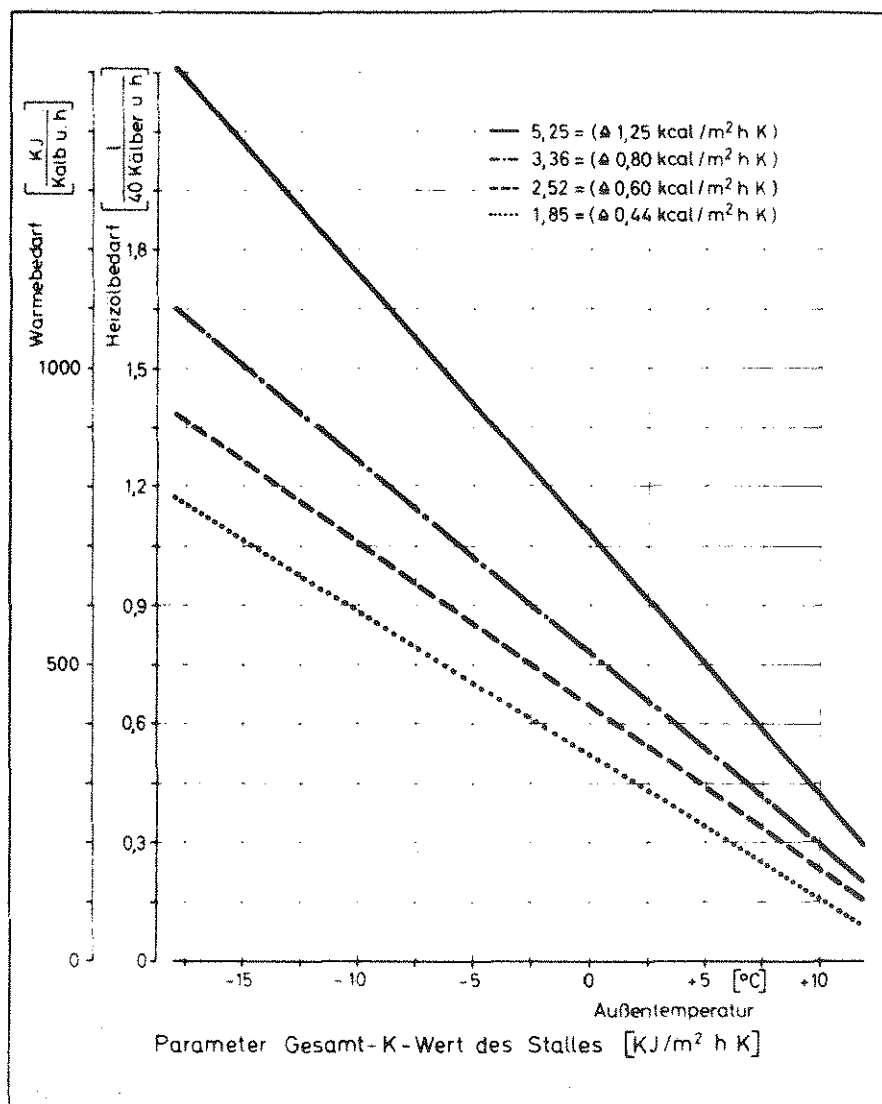


Abbildung 10: Zusatz-Wärmebedarf von Kälbern in Abhängigkeit von der Außentemperatur (Ausgangsbasis: Stall für 40 Kälber = volle Belegung; Ø 115 kg)

Die Spreizung der Parameter zeigt recht deutlich, daß in günstigen Klimatalagen mit nur mildem Winter eine zusätzliche Wärmedämmung der Bauteile dann von Interesse sein kann, wenn es gelingt, auf eine Zusatzheizung völlig zu verzichten; jedoch kann in ungünstigen Klimagebieten mit teils langanhaltenden tiefen Außentemperaturen ein höherer Aufwand für die Isolation der Stallwände durchaus beträchtliche Einsparungen an Heizöl bringen. Diese Zusammenhänge haben nicht nur bei der Kälberhaltung, speziell bei der intensiven Kälbermast, ihre Gültigkeit, sondern ebenso bei allen anderen Tierarten, die bei Intensivhaltung entsprechender Zusatzwärme bedürfen, wie beispielsweise die Ferkelproduktion, u.U. auch die Mastschweinehaltung, sowie die Geflügelhaltung.

Schließlich sei noch ein Blick auf den Energieverbrauch bei der Schweinehaltung geworfen. Bei intensiver Schweinemast (Abbildung 11) mit 2,4 Umtrieben pro Jahr liegt der Stromverbrauch je Mastplatz und Jahr für die meisten Einrichtungen auf sehr niedrigem Niveau mit Ausnahme der Futterbereitung mit Hilfe der Hammermühle, der Güllebelüftung zur Geruchsverminderung, sowie der Stalllüftung je nach Klimalage des Betriebes.

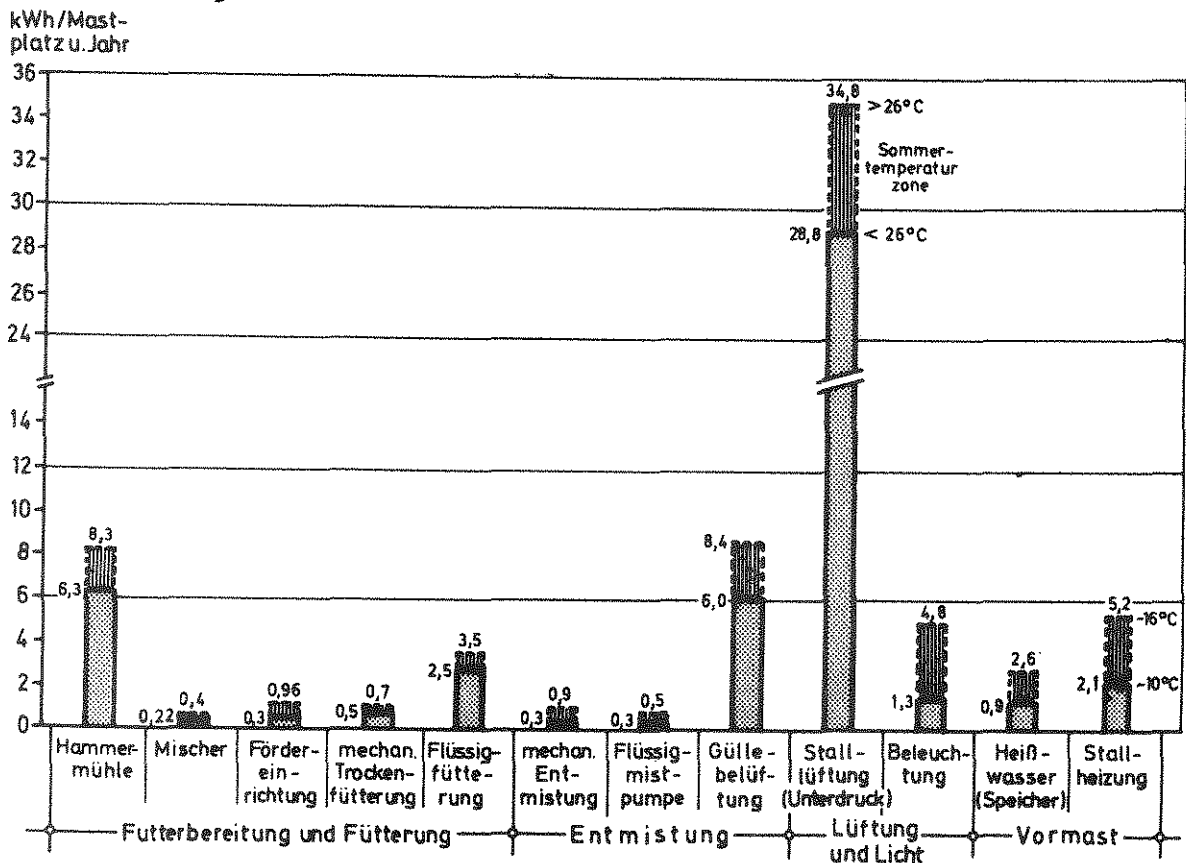


Abbildung 11 : Energieverbrauch der Geräte für die Schweinemast (2,4 Umtriebe/Jahr)

Letztere beansprucht etwa 2/3 des Gesamtenergieverbrauches in der Schweinemast. Die zu Produktionsverfahren aufaddierten Gerätewerte zum Gesamt-Elektroenergieverbrauch in der Schweinemast ergeben nur etwa 25 kWh je Mastplatz und Jahr bei Futterzukauf und nur geringer Lüftungsintensität, im Durchschnitt jedoch etwa 40 kWh je Mastplatz und Jahr bis hin zu Maximalwerten von 66 kWh bei intensiver Stalllüftung (Abbildung 12).

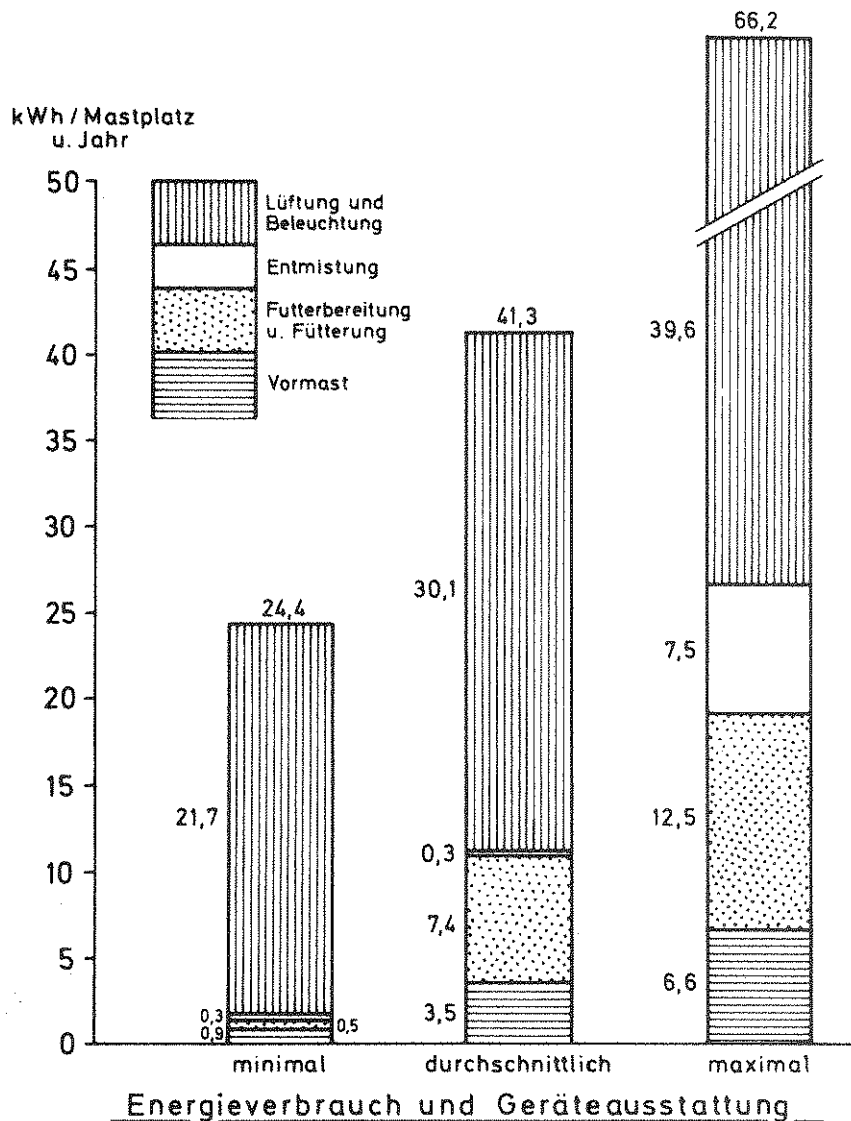


Abbildung 12 : Energieverbrauch in der Schweinemast (2,4 Umdreife/Jahr; mit Vormast)

Ansätze zur Energieeinsparung bei intensiver Schweinemast auf Vollspaltenböden sind kaum realistisch, es sei denn, es wird Schweinemast im Offenstall ohne Zwangslüftung - wie im nord-

deutschen Raum teilweise verwirklicht - betrieben. Erwünschte hohe Zunahmen verlangen jedoch in den etwas ungünstigeren Klimagebieten Westdeutschlands diese aufgezeigten Minimalwerte des Energiebedarfes in der Schweinemast.

Zuchtsauenhaltung und Ferkelproduktion sind demgegenüber gekennzeichnet durch einen recht hohen Energieaufwand. Auch hier verursachen die einzelnen Geräte einen sehr unterschiedlichen Stromverbrauch je Zuchtsau und Jahr (Abbildung 13).

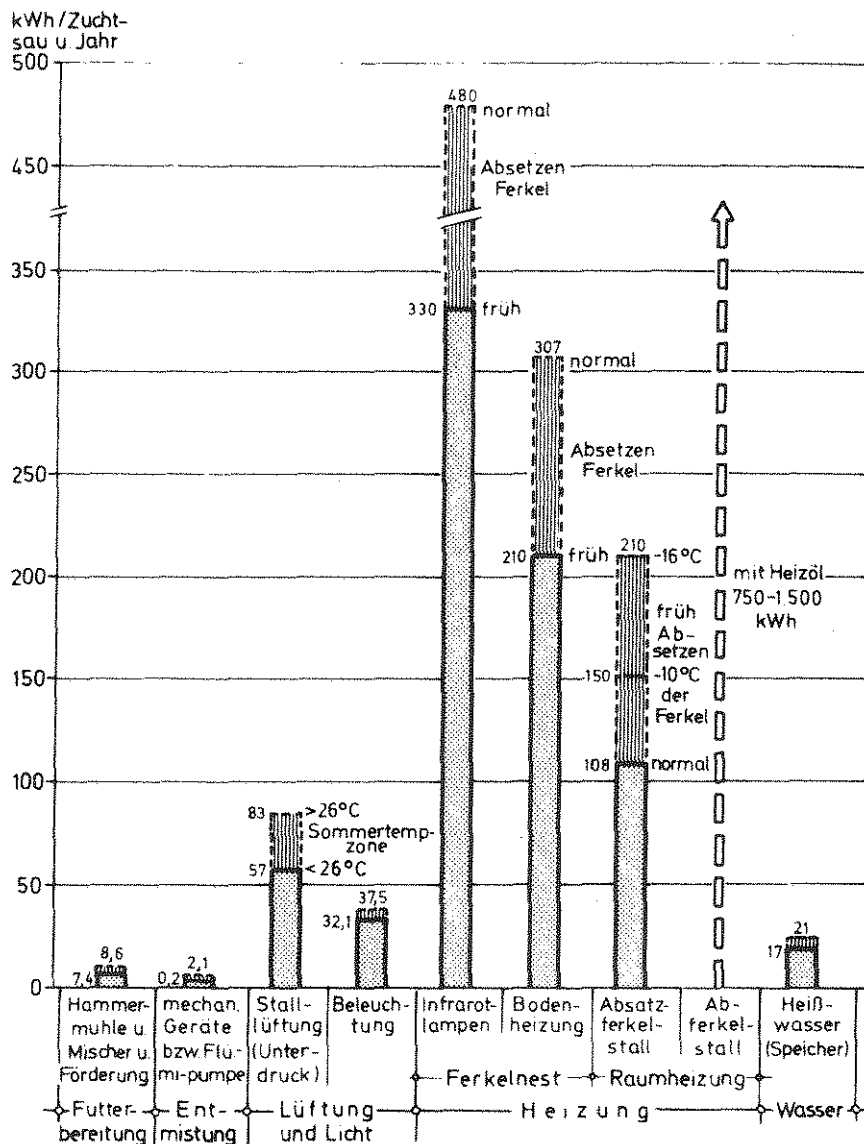


Abbildung 13 : Energieverbrauch der Geräte für die Zuchtsauenhaltung (mit anteiliger Nachzucht; zwei Würfe pro Sau und Jahr)

Futterbereitung und Entmistung besitzen bezüglich ihres Energieverbrauches nur geringe Bedeutung, während die Stalllüftung je nach Sommertemperaturzone und die Beleuchtung bereits ins Gewicht fallen. Insbesondere ist es jedoch der hohe Wärmebedarf der Ferkel, der zu beträchtlichen Energiebedarfswerten führt. Bei Infrarotlampen über dem Ferkelnest muß mit einem Stromverbrauch von 330 bis 480 kWh je Zuchtsau und Jahr gerechnet werden, je nach dem ob die Ferkel sehr früh oder normal abgesetzt werden. Demgegenüber reduziert als Alternativlösung die Bodenheizung des Ferkelnestes den Elektroenergiebedarf auf 210 kWh je Zuchtsau und Jahr beim Früh-Absetzen der Ferkel, bzw. auf 307 kWh beim Normal-Absetzen. Das Früh-Absetzen der Ferkel muß jedoch durch einen stärkeren Energieeinsatz zur Raumheizung des Absatzferkelstalles erkauft werden; während bei normal abgesetzten Ferkeln hierzu Wärmeenergie über ein Ölheizgerät oder seltener Elektroenergie mit einem Stromverbrauch von etwa 100 kWh je Zuchtsau und Jahr benötigt wird, steigt der Energiebedarf auf 150 bis 210 kWh für das Verfahren des Früh-Absetzens je nach Klimazone mit minus 10°C oder minus 16° C. Neben diesen Verbrauchsdaten wird zusätzlich in der Regel der Abferkelstall über die Lüftung aufgeheizt, wozu ausschließlich Heizöl in Frage kommt, da ansonsten ein Strombedarf von 750 bis 1500 kWh pro Zuchtsau und Jahr anfallen würde. Und schließlich wird eine bescheidene Energiemenge für die Heißwasserbereitung auch bei der Sauenhaltung benötigt.

Werden nun auch bei der Zuchtsauenhaltung unter der Voraussetzung, daß Abferkelstall und Ferkelstall nicht elektrisch beheizt werden, einzelne Produktionsverfahren zusammengestellt (Abbildung 14), dann ergeben sich ein minimaler Elektroenergieverbrauch von etwa 300 kWh je Zuchtsau und Jahr bei der Bodenheizung, ein Durchschnittswert beim Einsatz von Infrarotstrahlern von 525 kWh je Zuchtsau und Jahr, sowie schließlich Maximalwerte bis zu 630 kWh. Energieeinsparmöglichkeiten können durch den Übergang von Infrarotstrahlern zur Bodenheizung des Ferkelnestes erzielt werden, wodurch der Gesamtenergieverbrauch rundweg um 1/3 sinken würde. Jedoch sind neben speziellen Nachteilen bei der Bodenheizung des Ferkelnestes wesentlich höhere Investitionen für diese Einrichtung notwendig. Das Früh-Absetzen der Ferkel erspart weitere Beträge an teurer Elektroenergie,

es findet eine Verlagerung zum stärkeren Wärmeenergieeinsatz für die Beheizung des Ferkelstalles statt. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht bewegen sich jedoch insgesamt die Energieeinsparmöglichkeiten bei der Zuchtsauenhaltung und Ferkelproduktion nur in bescheidenem Rahmen.

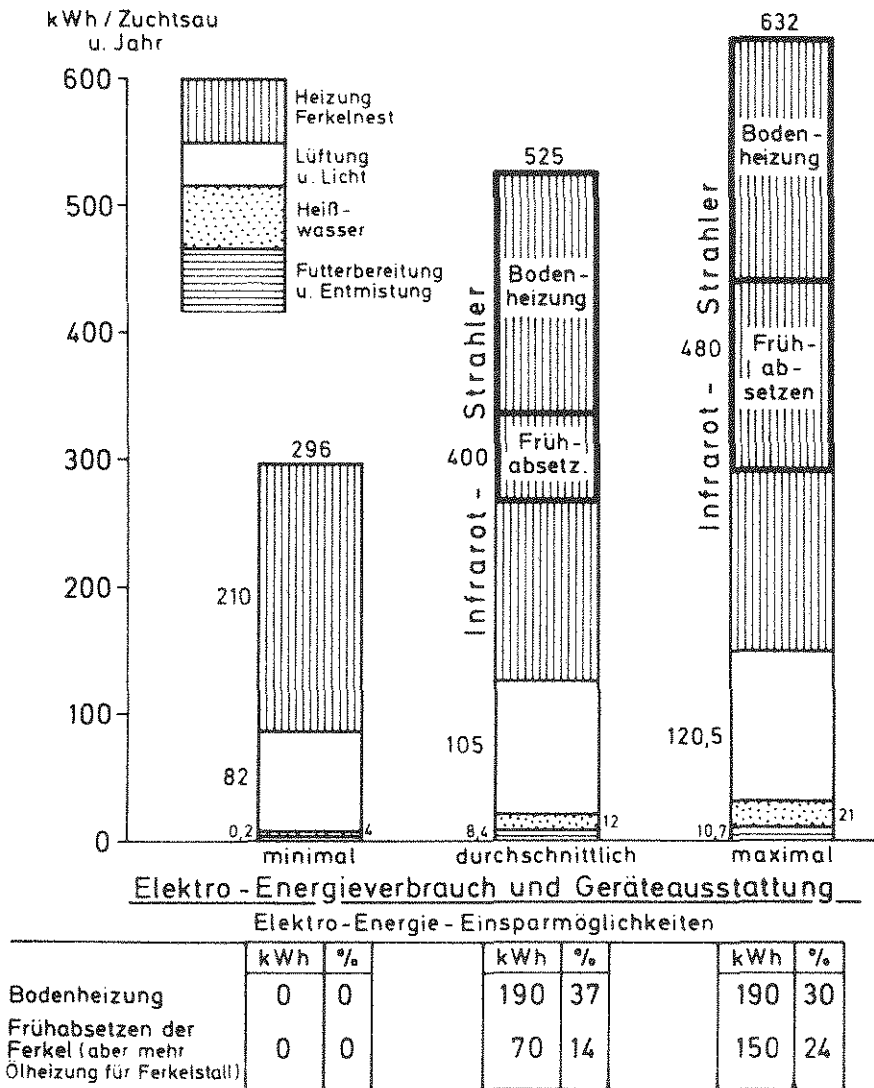


Abbildung 14 : Energieverbrauch in der Zuchtsauenhaltung (mit anteiliger Nachzucht; zwei Würfe/Sau und Jahr; ohne elektr. Raumheizung für Abferkelstall)

Zieht man das Fazit aller Gegenüberstellungen des Energieverbrauches in den verschiedenen Tierproduktionszweigen, kommt man zu dem Ergebnis, daß sich die möglichen absoluten Beträge zur Energieeinsparung in der Veredelungsproduktion nur auf sehr geringem Niveau

bewegen. In der Regel müssen sogar Energieeinsparungen durch verstärkte anderweitige Investitionen erkaufte werden, so daß bei den jetzigen Energiepreisen und ihrem weiteren mäßigen Anstieg nur in einigen wenigen, aufgezeigten Bereichen echte, betriebswirtschaftlich sinnvolle Chancen zur Energieeinsparung bestehen. Keinesfalls darf jedoch ein überbetrieblicher Wunsch des Energiesparens zur Verschlechterung der Produktionsbedingungen führen oder Nachteile auf der Ertragsseite verursachen, wie höhere Verlustraten, geringere Produktqualität o.ä.. Viel sinnvoller ist es, hoch veredelte Energieformen, wie elektrischen Strom, nach Möglichkeit nicht zur Erzeugung von Wärme einzusetzen; hierzu eignen sich aus Kostengründen wesentlich besser die energiereichen Flüssigbrennstoffe. Zum verstärkten Energiebewußtsein gehört also nicht nur die Frage der sparsamen Verwendung von Fremdenergie sondern auch die richtige Wahl des Energieträgers. Nebenbei sei vermerkt, daß eine Verbesserung des technischen Wirkungsgrades beim Stromeinsatz kaum mehr möglich ist, da Wärmegeräte bereits mit 98 % und Elektromotore mit durchschnittlich 68 % Wirkungsgrad arbeiten. Wichtig erscheint hierbei lediglich die richtige Dimensionierung und Abstimmung auf den Geräteleistungsbedarf, damit der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  bei zu geringer Belastung des Elektromotors nicht zu weit absinkt.

Insgesamt muß jedoch für die Tierproduktion in der BR-Deutschland mit einer weiteren Steigerung des Energiebedarfes, also des Stromverbrauches gerechnet werden, da gegenüber der pflanzlichen Produktion im Bereich der Innenwirtschaft noch ein beträchtlicher Nachholbedarf für höhere Mechanisierungsstufen besteht. Experten schätzen die jährliche Zunahme des Stromverbrauches für die westdeutsche Agrarproduktion langfristig mit 2,5 bis 3 % ein. Im übrigen spielt die Frage der Höhe des Stromverbrauches für die Veredelungsproduktion bei uns in Westdeutschland eine geringere Rolle gegenüber dem Problem der Energiebereitstellung, also des wachsenden elektrischen Anschlußwertes der Betriebe in Verbindung mit dem Übergang zu Hochmechanisierungsverfahren auch in der Innenwirtschaft. Denn je nach Tarifgestaltung werden bei Überschreiten bestimmter Anschlußwert-Freigrenzen Zuschläge zum Bereitstellungspreis verrechnet, die betrieblich oft größere ökonomische Nachteile mit sich bringen als

ein vermehrter Stromverbrauch. Dieses spezielle Problem des Elektroenergieeinsatzes in der landwirtschaftlichen Veredelungsproduktion darf also bei allen Betrachtungen des Energieverbrauches und seiner ökonomischen Wertung nicht außer Acht gelassen werden.



Literatur:

AEL : Berichte Landwirtschaft und Elektrizität. Essen, Beethovenstr. 32.

A y i k, M.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung. Diss. Weihenstephan 1975.

Bundesministerium für W i r t s c h a f t : Die Elektrizität in der BRD im Jahre 1975. Elektrizitätswirtschaft Jg. 75 (1976) Heft 23.

G o l l, W.: Verfahrenstechnische Probleme der Landwirtschaft - eine Analyse aus dem VDEW Forschungsauftrag. Hannover 1976.

G ö t z , W.: Untersuchungen des Elektrizitätseinsatzes in landw. Betrieben der Bundesrepublik Deutschland. Diplomarbeit Weihenstephan 1975.

H a ß f u r t e r, R., R e i s c h, E., W e n n e r , H.L.,  
Z ä h r e s , W., V o g t , C.: Elektrizität Energie für die Landwirtschaft. Symposium Darmstadt 1976.

H e r m e s, M.: Milchkühlung und Wärmerückgewinnung. Landtechnik 1/1978.

H e y l, v.L.C.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung. Diss. Weihenstephan 1975.

W e n n e r , H.L.: Probleme des elektrischen Leistungsbedarfes und des Stromverbrauches in modernen Veredelungsbetrieben. AEL, Darmstadt 1974.

W e n n e r , H.L.: Neue Stromtarife und steigende elektrische Leistungsansprüche. Tätigkeitsbericht Landtechnik Weihenstephan 1977.

# Möglichkeiten des Einsatzes von Solarenergie in der Landwirtschaft

Von Heinz Schulz, Freising-Weihenstephan

In der Landwirtschaft und verwandten Bereichen bestehen günstige Voraussetzungen für den Einsatz der Solartechnik, also für die technische Nutzung von Sonnenenergie: ein hoher Energiebedarf auch im Sommer, große verfügbare Dach- und Grundflächen, Ergänzung der direkten Sonnenenergie durch selbsterzeugte Wärme aus Stroh, Abfallholz und biologischen Prozessen und nicht zuletzt die Möglichkeit kostensenkender Eigenleistung. Durch diese Chancen ist der Landwirt dem Städter gegenüber im Vorteil.

Allerdings gibt es zur Zeit noch das Problem, daß die solartechnische Industrie — von wenigen Ausnahmen abgesehen — in andere Richtungen und an der Landwirtschaft vorbei entwickelt hat. Andererseits kann die Landwirtschaft erst langsam erkennen, welche Möglichkeiten in einer landwirtschaftlich orientierten Solartechnik stecken. Die Landtechnik Weihenstephan versucht daher zur Zeit, diese Lücke auszufüllen. Man ist dabei, Grunddaten für die landtechnische Nutzung von Sonnenenergie zu erarbeiten, Entwicklungen der solartechnischen Industrie auf ihre Brauchbarkeit für landwirtschaftliche Zwecke zu überprüfen, einfache und kurzfristig abschreibbare Kollektor- und Speichersysteme zu entwickeln, Solaranlagen als Versuchs- und Demonstrationsprojekte zu errichten und Selbstbaulehrgänge auch auf diesem Gebiet zu betreiben. Um Sonnenenergie technisch zu nutzen, muß man einige grundsätzliche Voraussetzungen, Vorteile und Schwächen beachten. Vorteilhaft ist es, daß die Energie schon direkt

beim Verbraucher ankommt, keine Emissionen oder Brandgefahren zu befürchten sind und die Betriebskosten sehr niedrig liegen. Auch die Leistung der Sonne, die je nach Strahlungsintensität zwischen 100 und 1000 W/m<sup>2</sup> beträgt, ist recht beachtlich. Zu bedenken sind aber die starken und vor allem schlecht vorhersehbaren Schwankungen im Energieangebot, was oft eine Speicherung oder Zusatzenergie erfordert. Auch die Tatsache, daß Solaranlagen meist ungewöhnlich und futuristisch ausschauen, muß erwogen werden. Denn neben Leuten, die sich am Anblick von Sonnenkollektoren freuen, weil sie Energie sparen helfen, gibt es solche, in deren Vorstellungsvermögen nur rote Ziegeldächer Platz haben.

Zur Umwandlung der Sonnenstrahlen in nutzbare Energie gibt es nach dem gegenwärtigen Wissensstand folgende Möglichkeiten:

- ▷ **Photochemische Wandlung**: Neben der bekannten Photosynthese der Pflanzen, die künftig sicherlich auch vermehrt zur Energiegewinnung Bedeutung bekommt, wird intensiv an der Erzeugung chemischer Energie durch Sonnenlicht gearbeitet. Die Wasserstoffproduktion auf direktem Wege oder über Algen ist eine besonders interessante, aber noch nicht praxisreife Lösung.
- ▷ **Photovoltaische Wandlung**: Hier wird mit Hilfe von Solarzellen direkt Strom produziert. Nachdem die Solarzelle ihre Bewährungsprobe in der Raumfahrt

bestanden hat, setzen nun intensive Bestrebungen in aller Welt ein, sie für terrestrische Zwecke zu verbilligen. Für die Landwirtschaft ist jedoch ein Einsatz im größeren Maßstab noch nicht abzusehen.

▷ **Photothermale Wandlung:** Dabei erzeugen die Sonnenstrahlen in Kollektoren Wärme, die meist direkt genutzt oder über Wärmekraftmaschinen in mechanische oder elektrische Energie umgeformt wird.

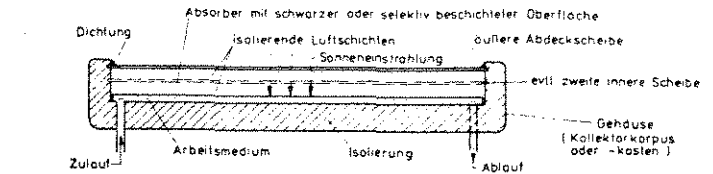
Die Nutzung von Sonnenenergie zur Warmgewinnung ist in manchen Teilgebieten schon aus dem Experimentierstadium heraus und praxisreif geworden. Dies gilt vor allem für Flachkollektoren, die im Temperaturbereich bis 100°C arbeiten (Abb. 1). Konzentrierende Kollektoren, die das Licht mit Spiegeln oder Linsen bündeln, erreichen zwar höhere Temperaturen zwischen 100 und 4000°C, können aber nur direktes Sonnenlicht verarbeiten und müssen dem Sonnenstand nachgeführt werden. Sie werden vorerst interessant für Solarkraftwerke in sonnenreichen Ländern.

Für landwirtschaftliche Zwecke kommen zur Zeit vor allem Flachkollektoren und schwach konzentrierende Kollektoren in Frage, die keine Nachführeinrichtung brauchen. Sie verarbeiten nicht nur direkte, sondern mit verringerter Leistung auch diffuse Sonnenstrahlen, wie sie bei dunstigem oder leicht bewölktem Himmel oft vorkommen. Diese Kollektoren haben schwarze oder speziell beschichtete Flächen als sogenannte Absorber, die sich bei Lichteinfall erwärmen und Wasser, Luft oder andere Medien aufheizen. Eine oder zwei Abdeckscheiben sowie die Isolierung der übrigen Kollektorflächen verringern Wärmeverluste. Die Kollektoren unterscheiden sich sehr stark durch die Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe wie Stahl, Leichtmetall, Glas, Kunststoffe und Holzwerkstoffe sowie durch Art der Medien wie vor allem Luft, Wasser, Wasser-Frostschutzmittelgemische oder Thermoöl. Mit guten Kollektoren kann man in unseren Breiten eine Wärmemenge von etwa 500 kWh/Jahr je Quadratmeter Kollektorfläche sammeln. Davon gehen allerdings noch Leistungs- und eventuelle Speicherverluste ab.

Marktbeherrschend sind zur Zeit industriell oder handwerklich gefertigte Flüssigkeitskollektoren, die je nach Ausführung und Einsatzgebiet zwischen 300 und 700 DM/m<sup>2</sup> kosten. Sie kommen neben der Schwimmbeckenheizung vor allem für die Brauchwasserversorgung in Kombination mit Wärmespeichern in Frage, die das bis auf etwa 70° erwärmte Wasser für einen bis zwei Tage bevorraten. Bleibt die Sonne länger aus, wird mit konventioneller Energie nachgeheizt. Man rechnet mit zwei bis drei Quadratmetern Kollektorfläche und 80—120 l Speicherinhalt pro Person. Es gibt schon einbaufertige, elektronisch gesteuerte und kompakte solare Brauchwasseranlagen (Abb. 2), die für einen Drei-Personen-Haushalt zwischen 6000 DM und 12 000 DM kosten. Trotz dieser zunächst hoch erscheinenden Preise kann die Anschaffung einer derartigen Anlage wirtschaftlich sein, vor allem, wenn man sie mit der Warmwasserbereitung durch Öl-Zentralheizung vergleicht, die im Sommer nur mit einem sehr schlechten Wirkungsgrad von 15 bis 20% arbeitet.

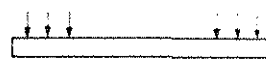
Solare Brauchwasseranlagen kann man auch selbst bauen und dabei handelsübliche und preiswerte Materialien aus der Großserienfertigung verwenden. So lassen sich mit Hilfe verschiedener Verbindungstechniken leistungsfähige Röhrenabsorber aus schwarzen Hart-PE-Rohren in weitgehend beliebigen Abmessungen herstellen (Abb. 3). Sie sind für niedrige Druck- und Temperaturbelastungen bis 0,5 bar und 100°C geeignet und können in Verbindung mit geeigneten Dämmstoffen und Abdeckungen (z. B. Gewächshauslichtplatten) in bestehende Dachflächen eingebaut werden.

**KOLLEKTOR - AUFBAU**

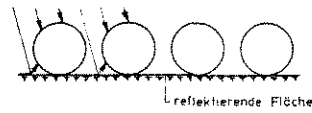


**TYPISCHE ABSORBER FÜR FLÜSSIGE MEDIEN (Querschnitt)**

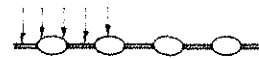
**Plattenabsorber**



**Röhrenabsorber**



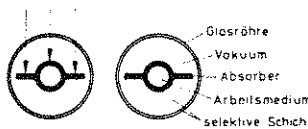
**Rollbandabsorber**



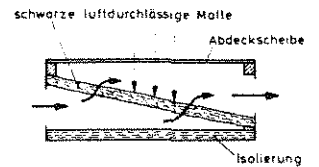
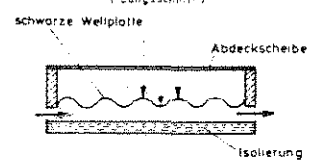
**Heizröhrenabsorber (heat pipe)**



**Hocheffizienter Kollektor**



**TYPISCHE LUFTKOLLEKTOREN (Längsschnitt)**



Typ STORK Luftzirkulation mit Temperaturaufschaukelung von Kasten zu Kasten

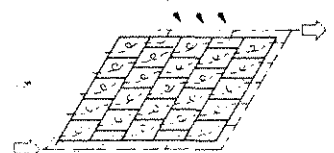


Abb. 1: Bauarten von starren Flachkollektoren

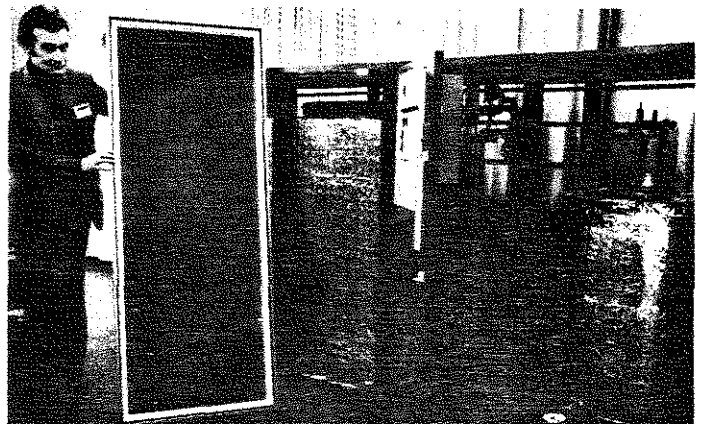


Abb. 2: Montagefertige solare Brauchwasseranlage von Messerschmitt-Bölkow-Blohm mit einem der dazugehörigen Flachkollektoren

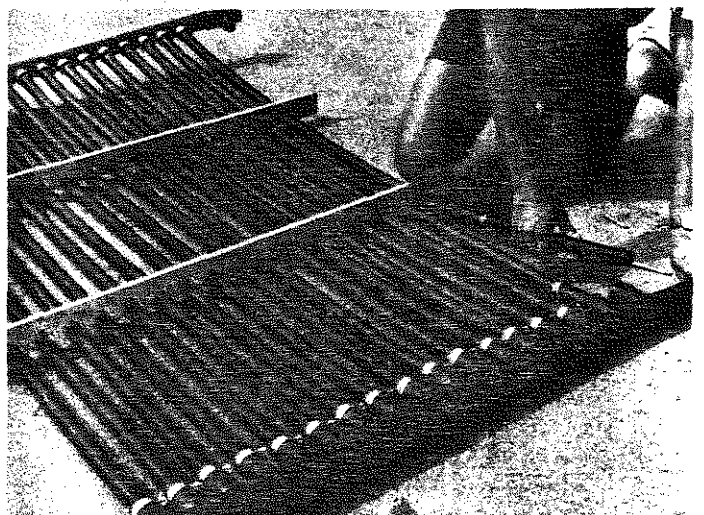


Abb. 3: Montage eines Absorbers aus schwarzen PE-Rohren

Baut man auch den Speicher samt Wärmetauscher selbst, dann läßt sich eine komplette, schwerkraftbetriebene Brauchwasseranlage für drei Personen mit einem Materialaufwand von 800 DM bis 1000 DM und einem Arbeitsaufwand von 60 bis 80 Stunden herstellen. Die Erfahrung hat

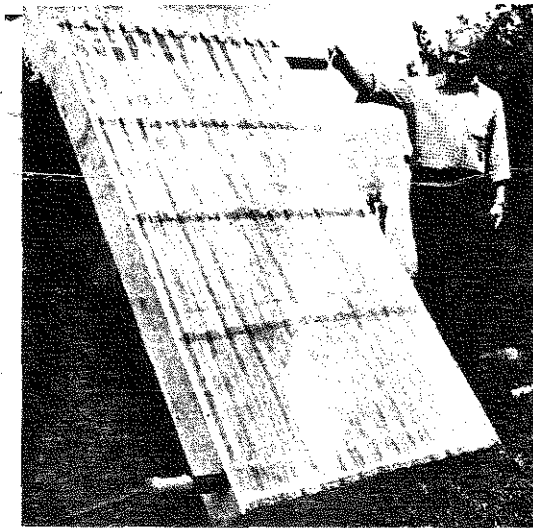


Abb. 4: Selbstbau-Brauchwasserkollektor, aus handelsüblichen Materialien hergestellt

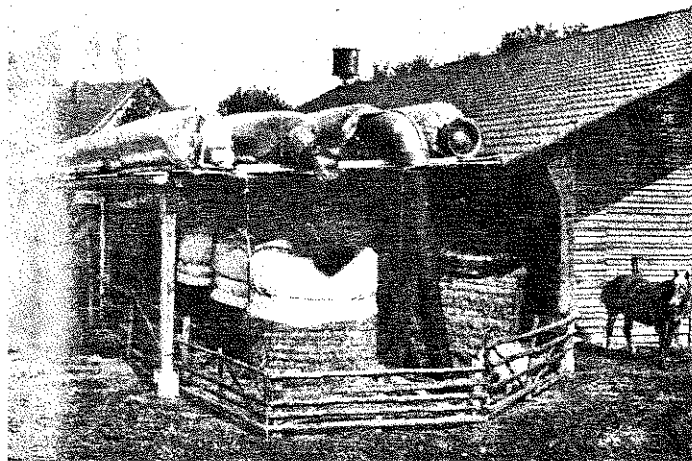


Abb. 5: Solare Heutrocknung von Rundballen mit Überdruck-Schlauchkollektoren. Je zwei Schläuche sind hintereinandergeschaltet und werden von der gesamten Trocknungsluft durchströmt. Die Warmluft wird durch die Rundballen geblasen, links mit einem Haubentrockner von oben her, und rechts mit einem Kastentrockner von unten

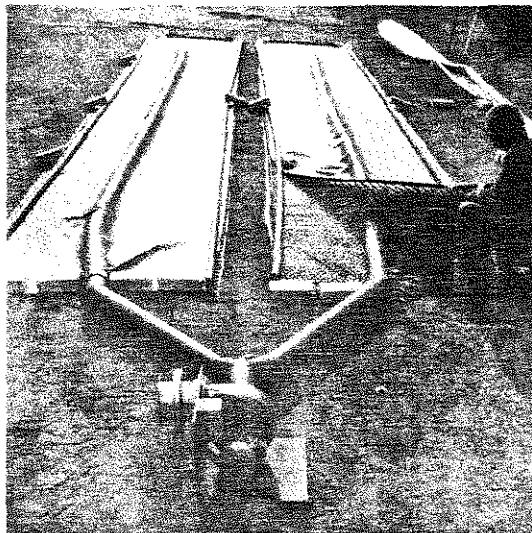


Abb. 6: Zweiteiliger Unterdruck-Luftbläschenfolien-Kollektor. Die im Kollektor erzeugte Warmluft wird mit PVC-Drainrohren abgesaugt und kann der Trocknungsluft beigemischt werden

gezeigt, daß man bei richtiger Ausführung einer solchen Anlage, und mit dem Sonnenenergieangebot angepaßter Nutzung, im Sommer das Brauchwasser bis zu 90 % mit Sonnenenergie erwärmen kann, also fast ohne Zusatzheizung auskommt. In der Übergangszeit sind etwa 60 % und im Winter etwa 20 % Bedarfsdeckung zu erwarten.

Man kann solche PE-Röhrenabsorber aber auch in lichtdurchlässige Luftbläschenfolie einhüllen, um Schwimmbecken- oder Gießwasser im Sommer damit zu erwärmen. In einer weiteren Version kommt der Absorber in einen Kasten aus Isopanelplatten, einem neuen, witterungsbeständigen, aber atmungsaktiven und kondenswasserabführenden Material aus Holzspanzement. Dieser Kollektor kann frei aufgestellt, an Wände gelehnt oder auch auf geeigneten Dachflächen montiert werden (Abb. 4). Diese keinesfalls primitiven, sondern einfachen und wirkungsvollen sowie kurzzeitig abschreibbaren Lösungen sind nicht als Konkurrenz für die zwangsläufig aufwendigeren Systeme der solartechnischen Industrie gedacht. Sie sollen vielmehr solchen Landwirten helfen, die Sonnenenergie nutzen möchten, aber nicht viel investieren können und dafür auf jahrzehntelange Haltbarkeit und technische Perfektion verzichten.

Als Einsatzmöglichkeiten für solare Brauchwasseranlagen kommen neben der Versorgung des Landhaushaltes vor allem die Tierhaltung mit dem Kälber- und Lämmertränken, dem Schweinefüttern sowie der gesamten Melktechnik in Frage. Aber auch bei der Reinigung und Desinfektion von Ställen oder Tiergruppen sowie bei der Schlepper- und Maschinenpflege können große Mengen sonnenenergieerwärmten Wassers vorteilhaft verwendet werden, denn eine Temperaturstufe von 40 bis 50°C reicht hier ja meist aus.

Neben der Brauchwasserversorgung bietet die Unterdach-trocknung landwirtschaftlicher Produkte besonders günstige Voraussetzungen für den Einsatz der Solartechnik. In Frage kommen Heu, Getreide, Raps, Sämereien, Tabak sowie in Sonderfällen auch Stroh, Körnermais, Abfallholz und Geflügelkot. Von den bekannten Trocknungsverfahren sind Satz-trocknung und Lager-trocknung mit schwach vorgewärmter Luft nach dem gegenwärtigen Entwicklungsstand solartechnisch am besten zu beherrschen, weil hier die längeren Trocknungszeiten eine Ausnutzung des unterschiedlichen und vor allem nicht vorkalkulierbaren Sonnenenergieangebotes möglich machen. Es wird aber sinnvoll sein, künftig Trocknungsverfahren zu entwickeln, die auf die stark schwankenden Temperaturen und Wärmemengen der Sonnenenergie besser Rücksicht nehmen. Dies könnte durch Luftmengenregulierung, Wärmespeicher und Zusatzheizung ermöglicht werden.

Praktische Erfahrungen liegen bereits mit der solartechnischen Trocknung von Rundballen und Getreide vor. Hierzu wurden einfache Folienkollektoren entwickelt, die nur 5 bis 8 DM/m<sup>2</sup> kosten und eine dreijährige Nutzungsdauer erwarten lassen. Sie sind für Sommerbetrieb konzipiert und können schnell auf- und abgebaut werden.

Beim Überdruck-Schlauchkollektor wird die Trocknungsluft mit einem Druck von 1 bis 6 mbar (10 bis 20 mmWS) durch einen 25 bis 50 m langen, nahtlosen Schlauch mit etwa 70 cm Durchmesser aus handelsüblicher, 0,2 mm dicker schwarzer PE-Folie geblasen (Abb. 5). Als Abdeckung gegen Wärmeverluste durch Wind und Strahlung dient ein zweiter äußerer Schlauch mit etwa 80 cm Durchmesser aus ebenfalls 0,2 mm dicker, aber hochlichtdurchlässiger und UV-stabilisierter PE-Gartenbaufolie. Durch ein kleines Loch am Anfang des inneren Schlauches dringt Stützluft in den Raum zwischen beide Schläuche und bläst den äußeren stramm auf. Man kann mehrere Schläuche mit 40 bis 50 cm Abstand nebeneinanderlegen und durch Luftkanäle

miteinander verbinden. Für eine sturmsichere Befestigung, die sowohl im aufgeblasenen, als auch im schlaffen Zustand wirksam sein muß, ist allerdings zu sorgen.

Ein zweites, inzwischen bewährtes System ist der Unterdruck-Luftbläschenfolienkollektor (Abb. 6). Zwei handelsübliche Luftbläschenfolien aus 0,2 mm dicker, UV-stabilerer lichtdurchlässiger PE-Folie werden so übereinander auf den Boden oder ein Flachdach gelegt und mit einem perforierten Rohr (z. B. PVC-Drainrohr) in der Mitte ausgerüstet, daß man Außenluft durch die Lücken zwischen den Bläschen saugen kann. Als Absorber dient eine schwarze PE-Folie, die zwischen die Luftbläschenfolien gelegt wird; man kann aber auch als obere Luftbläschenfolie eine Ausführung mit schwarzen Noppen nehmen (Abb. 7). Die mit einem Unterdruck von 6 bis 10 mbar (60 bis 100 mm WS) abgesaugte Warmluft wird dem Trocknungsgebläse zugeschleust.

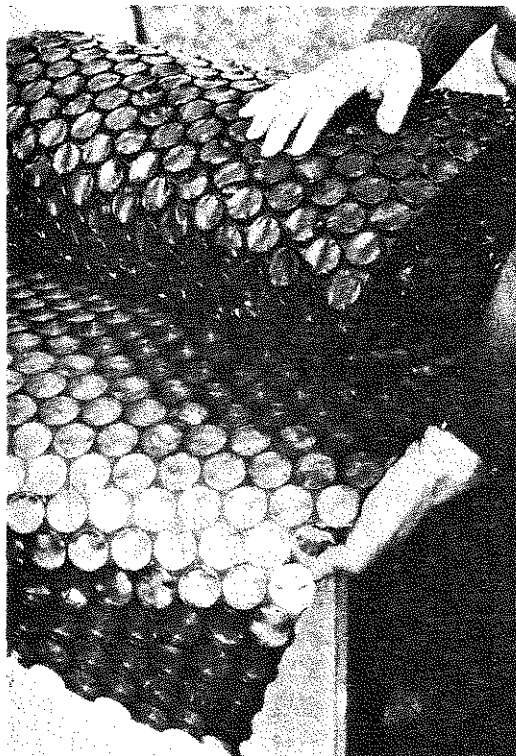


Abb. 7: Luftbläschenfolie mit lichtdurchlässiger Deckschicht und schwarzen Noppen. Sie eignet sich gut zum Bau von flexiblen Luftkollektoren, aber auch zur Abdeckung und Erwärmung von Schwimm- und Gießwasserbecken

Die bisher erarbeiteten Kennlinien dieser Folienkollektoren zeigen, daß der Überdruck-Schlauchkollektor mit 25 m Länge zur Erwärmung sehr großer Luftmengen mit geringer Temperaturerhöhung um bis zu 15° C, also beispielsweise auf 35° C bei 20° C Außentemperatur geeignet ist (Abb. 8). Hier hat er auch einen guten Wirkungsgrad zwischen 35 und 60 %, je nach Temperaturerhöhung. Wie für jeden Kollektor, so gilt nämlich auch hier das Gesetz, daß mit zunehmender Absorbtemperatur der Wirkungsgrad fällt. Dies zeigt sich auch beim Unterdruck-Luftbläschenfolienkollektor, der auf Grund seiner größeren Oberflächenstruktur mehr für die starke Erwärmung geringer Luftmengen geeignet ist. Er schafft bei diesem Vergleich zugrundeliegenden hohen Strahlungsintensitäten der Sonne eine Temperaturerhöhung um 30 bis 40° C bei noch annehmbarem Wirkungsgrad. Das bedeutet beispielsweise 50 bis 60° C Warmlufttemperatur bei 20° C Außentemperatur. Bei 30° C Außentemperatur kann in den Mittagsstunden Warmluft mit 70° C erzeugt werden. Aber auch in den Morgen- und Abendstunden ist der Energiegewinn interessant, da durch die horizontale Anordnung der Kollektor ganzjährig besonnt wird (Abb. 9). Dies gilt allerdings nur für die

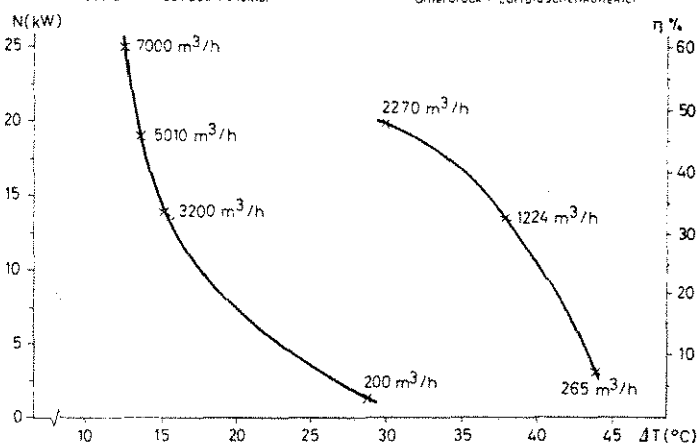
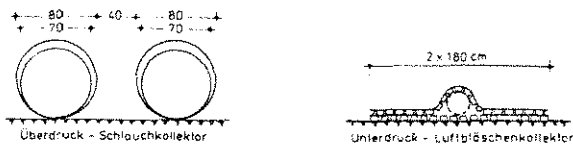


Abb. 8: Leistung (N) und Wirkungsgrad (η) von Folien-Luftkollektoren in Abhängigkeit von Luftdurchsatz (m³/h) und Temperaturerhöhung (ΔT). Rund 50 m² Kollektorfläche, Strahlungsintensität 900 bis 925 W/m², gemessen senkrecht zur Einstrahlungsrichtung, 760 bis 800 W/m² in Kollektorebene, Außentemperatur 18 bis 20°, Wind 1 bis 2 m/sec; erste, noch nicht abgesicherte Werte aus Outdoor-Tests

Sommerzeit mit hohem Sonnenstand, aber für Winternutzung sind diese Systeme ja auch nicht gedacht. Sehr wichtig für die solartechnische Trocknung ist es weiterhin, daß diese Folienkollektoren auch bei diffuser Einstrahlung noch brauchbare Leistungen bringen (Abb. 10). So erzeugen sie mit niedrigen Strahlungsintensitäten von 150 bis 200 W/m², wie sie im Sommer oft sogar bei leichtem Regen mit hellem Himmel gegeben sind, bei den hier vorliegenden Luftdurchsätzen noch eine Luftanwärmung

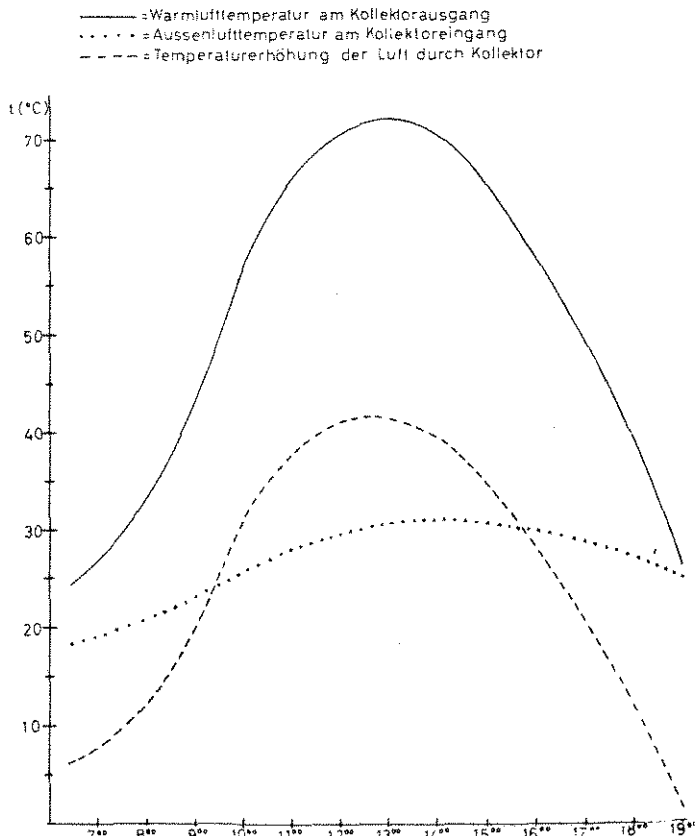


Abb. 9: Temperaturverlauf bei einem mit niedrigem Luftdurchsatz und hoher Temperatur betriebenen Unterdruck-Luftbläschenfolien-Kollektor an einem wolkenlosen Sommertag (3.7. 1977). 50 m² waagerechte Kollektorfläche, 918 m³/h Luftdurchsatz, Wind 1 bis 2 m/sec, Strahlungsintensität maximal 835 W/m² in Kollektorebene, Raum Freising

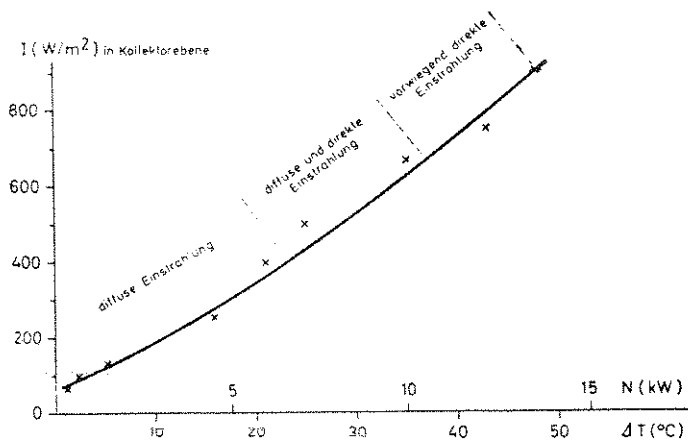


Abb. 10: Leistung (N) und Temperaturerhöhung ( $\Delta T$ ) eines Unterdruck-Luftbläschenfolien-Kollektors für Luft in Abhängigkeit von der Sonnenstrahlungsdichte (I), gemessen in Kollektorebene. Kollektorfläche etwa 50 m<sup>2</sup>, Wind 1 bis 2 m/sec, Außentemperatur 18 bis 22°, Luftdurchsatz 1000 m<sup>3</sup>/h bei 6,5 m bar; erste, noch nicht abgesicherte Werte aus Outdoor-Tests

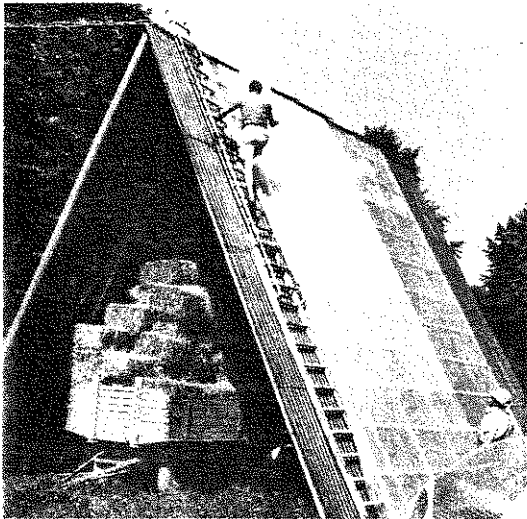


Abb. 11: Luftkollektor auf einer Ganzdachhütte, bei der schwarze Bitumenwellplatten als Absorber ausgenutzt werden

um 4 bis 5° C. Dadurch wird die relative Luftfeuchtigkeit soweit gesenkt, daß man trocknungsfähige Luft erhält. Sie reicht zwar nicht aus, um hohe Trocknungsgeschwindigkeiten oder gar die Endfeuchte zu erreichen, ist aber oft recht wertvoll, wenn es in der Anfangsphase der Trocknung darum geht, das Gut über eine sonnenarme Periode kühl zu halten und vor dem Verderb zu bewahren. Mit diesen Folienkollektoren konnten im Sommer 1977 verschiedene Anlagen mit Flächen zwischen 50 und 120 m<sup>2</sup> und Leistungen zwischen 25 bis 60 kW bei voller Sonneneinstrahlung in Praxisversuchen erprobt werden. Dabei wurden trotz des regenreichen und sonnenarmen Wetters größere Heu-, Stroh- und Getreidemengen mit gutem Erfolg getrocknet. Die Systeme haben sich als umweltfreundlich und schon relativ funktionssicher erwiesen und konnten vor allem auch unter solchen Bedingungen eingesetzt werden, die den Einsatz von öl- oder feststoffbeheizten Geräten wegen Brandgefahr nicht zuließen. So wurden in einer Versuchsreihe 250 dz Heu, Stroh und Grummet in Form von Welger-Rundballen solartechnisch nachgetrocknet. Bei einer Kollektorfläche von 2 m<sup>2</sup>/dt Trockenheu, einem Luftdurchsatz von 1200 m<sup>3</sup>/h/Ballen gegen 2 mbar (20 mm WS) konnten dabei mit einem Haubentrockner locker gepreßte Rundballen mit einem Anfangsgewicht von 600 kg bei Heu und 450 kg bei Stroh und mit 28 bis 33 % Feuchtegehalt je Sonnentag um 4 bis 7 % Feuchte heruntergetrocknet werden. Dabei wurde auf Zusatzenergie in Form des sonst üblichen Ölheizgerätes verzichtet. Trotz dieser positiven Ergebnisse sind aber noch Verbesserungen not-

wendig und möglich. Die Praxis ist an diesen Entwicklungen sehr stark interessiert und wird im Sommer 1978 schon an verschiedenen Stellen davon Gebrauch machen. Neben den flexiblen Folienkollektoren sind in Weihenstephan auch ortsfeste Luftkollektoren entwickelt worden, bei denen vorhandene schwarze Dachplatten (Wellasbestzement-, Leichtmetall- oder Bitumenwellplatten) als Absorber genutzt werden können (Ab. 11). Zusätzlich sind noch Dämmplatten, wärmebeständige und hochlichtdurchlässige Folien sowie Gewächshausplatten aus PVC oder GFK nötig. Damit läßt sich zu einem Materialpreis von 30 bis 40 DM/m<sup>2</sup> Kollektorfläche ein leistungsfähiger Luftkollektor zur Ganzjahresnutzung im Selbstbauverfahren herstellen. Erfolgversprechend für Trocknungszwecke erscheinen auch Luftkollektoren mit Absorbieren aus schwarzen Holz- wolleleichtbauplatten, die auf Grund ihrer hygroskopischen Eigenschaften Trocknungsfähigkeit speichern können, um überschüssige Sonnenenergie für die Nachtzeit aufzubewahren.

Luftkollektoren für landwirtschaftliche Zwecke werden aber auch schon industriell hergestellt. So ist bei der Trocknungsgemeinschaft Neuricht/Opf. in einem vom BMFT geförderten Projekt eine Großanlage mit 1500 m<sup>2</sup> Kollektorfläche errichtet worden, um Grüngut für die anschließende Heißlufttrocknung solartechnisch vorzuwelken und Heizöl zu sparen.

Als weitere Einsatzmöglichkeiten für die Solartechnik könnte nach entsprechender Entwicklung und Erprobung die Stallheizung für wärmebedürftige Tierarten, insbesondere Schweine, Kälber und Geflügel, in Frage kommen; und zwar sowohl mit Flüssigkeits- als auch mit Luftkollektoren. Hier tritt jedoch im Gegensatz zur Trocknung das Problem der Energiebereitstellung in sonnenarmen Zeiten auf. Mit Wärmespeicher, Zusatzheizung und möglichst auch Wärmepumpe wird man hier aber sicher weiterkommen, insbesondere, wenn auf Heizungssysteme zurückgegriffen wird, die mit niedrigen Vorlauftemperaturen auskommen, etwa Fußboden- oder Warmluftheizung.

Das gleiche gilt für die solare Hausheizung, die im privaten Bereich mit den derzeitigen Speichertechniken ohne Wärmepumpe nur schwer wirtschaftlich darzustellen ist, wengleich es schon Lösungen gibt, bei denen auf Heizöl fast ganz verzichtet werden kann. In der Landwirtschaft könnte dies aber anders sein, wenn man Kollektorflächen und Speicherraum, die der landwirtschaftliche Betrieb im Sommer zur Trocknung benötigt, kostendeckend für die Hausheizung in der Übergangszeit und in nebelarmen Gegenden auch im Winter ausnutzt.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß in der Landwirtschaft gute Aussichten bestehen, die Solartechnik in verschiedenen Bereichen sinnvoll einzusetzen. Einige Lösungen, wie die Brauchwasserbereitung und Trocknungsluft erwärmung im Sommer, sind jetzt schon weitgehend praxisreif. Es sind aber noch umfangreiche Forschungs- und Demonstrationsaufgaben zu bewältigen und es müssen auch noch mehr Grunddaten für Wirtschaftlichkeitsberechnungen verschiedener Systeme und Anwendungsbereiche erarbeitet werden. Solartechnik ist sicherlich kein Allheilmittel zur Lösung der bevorstehenden Energieprobleme. Sonnenenergie kann zumindest vorerst die anderen Energieträger nicht voll ersetzen, sondern nur zu einem Teil einsparen, ergänzen und rationeller nutzen helfen. Für aufgeschlossene Landwirte kann sie aber eine neue Möglichkeit sein, besser und billiger zu produzieren. Dies zeigen auch die Berichte aus den USA, wo es schon etwa 3000 landwirtschaftliche Betriebe mit solartechnischen Anlagen gibt.

Verzeichnis der Veröffentlichungen 1.1.1978 - 31.12.1978

- A u e r n h a m m e r, H.: Gebäudefunktion und Arbeitszeitbedarf in der Rindermast  
DLG-Mitteilungen 7 (1978), S. 440
- A u e r n h a m m e r, H.: Was leistet moderne Technik bei der Silomaisernernte?  
Mais 3 (1978), S. 12 - 15
- A u e r n h a m m e r, H.: Die Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten mit Planzeiten und teil-  
aggregierten Daten  
In: CIGR-Symposium, Ermatingen (Schweiz) (1978) 238 S.
- A u e r n h a m m e r, H.: Arbeitswirtschaftliche Auswirkungen moderner Fütterungstechnologien in der  
Rinderhaltung  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Sonderheft 1978, S. 95 - 110
- A u e r n h a m m e r, H.: Die Maisernte ist perfekt gelöst  
Land und Garten 35 (1978), S. 10 - 11
- A u e r n h a m m e r, H.: Die Höcksler-Leistung bestimmt die Schlagkraft der Silierkette  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978), Nr. 15, S. 13 - 14
- A u e r n h a m m e r, H., R e i n h o l z, J., Z ä h, H.: Planzeiten für die Rindermast  
Institutsbericht für KTBL 1978
- B o x b e r g e r, J.: Abferkelstall muß tiergerecht sein  
dlz 29 (1978), H. 1, S. 38 - 42
- B o x b e r g e r, J.: Kurzstände für Milchvieh  
DLZ 29 (1978), H. 7, S. 864 - 867
- E n g l e r t, G.: Aus den Arbeiten der neuen Prüf- und Entwicklungsstelle für Baustoffe in der Landwirtschaft  
an der Landtechnik Weihenstephan  
KTBL-Schrift "Kunststoffe in Landtechnik, Solartechnik und Umweltschutz", (1978), S. 101
- E n g l e r t, G.: Zementgebundene Holzspanplatten  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978), H. 29, S. 16
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Kunststoffplatten, die sich leicht verlegen lassen  
Badische Bauernzeitung 31 (1978), H. 2, S. 21
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Mineralfasern haben sich bewährt  
Badische Bauernzeitung 31 (1978), H. 4, S. 31
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Wärmedämmung mit Stein  
Badische Bauernzeitung 31 (1978), H. 6, S. 28
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Bitumenschindeln für das Dach  
top agrar (1978), H. 2, S. 98
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Stroh - ein Baustoff für die Landwirtschaft  
Badische Bauernzeitung 31 (1978), H. 8, S. 34
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Baumaterialien-Preisspiegel: Wärmedämmende Verkleidungsplatten aus  
Kunststoff  
top agrar (1978), H. 4, S. 185
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Baumaterialien-Preisspiegel: Holzspanplatten - Zementgebunden,  
Holzspanplatten-AW 100 verleimt  
top agrar (1978) H. 7, S. 74
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Wärmedämmstoffe aus dem Naturstein Perlit  
top agrar (1978), H. 9, S. 88
- E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J.: Baumaterialien-Preisspiegel: Wellasbestzementplatten für das Dach  
top agrar (1978), H. 9, S. 90
- E n g l e r t, G.: Wärmedämmung von Stallgebäuden  
RKL-Broschüre, 84 Seiten
- E n g l e r t, G.: Pur-Platten für den Stallbau  
top agrar (1978), H. 11, S. 72

- E s t l e r, M.: Schwergrubber - Universal- oder Spezialgerät?  
Agrartechnik international, (1978), H. 1, S. 10 - 11
- E s t l e r, M.: Maisbestellung - moderne Technik richtig einsetzen  
top agrar, (1978)h, H. 3, S. 60 - 66
- E s t l e r, M.: Entwicklungstendenzen bei der Bodenbearbeitung  
Landtechnik 33 (1978), H. 4, S. 158 - 159
- E s t l e r, M.: Die Minimalbestelltechnik - Verfahrenstechnik, Auswirkungen auf Boden und Pflanze  
Berichte über Landwirtschaft, Bd. 56 (1978), H. 2 - 3, S. 457 - 480
- E s t l e r, M.: Technik bei Bestellung und Ernte von Silo- und Körnermais  
"Mais - Anbau und Verwertung" DLG-Verlag (1979), S. 121 - 161
- G r i m m, K.: Die Trocknung von Lieschkolbenschrot - Ökonomik eines neuen Ernte- und Aufbereitungsverfahrens  
Mais, H. 1 (1978), S. 42 - 44
- G r i m m, K.: Planung und Bau von Gärfutterbehältern  
Betonverlag Düsseldorf - Bauen für die Landwirtschaft (1978), H. 2, S. 19 - 22
- G r i m m, K.: Ein neues Verfahren zur Ernte und Verwertung des Maiskolbens  
Mais-Information "Sonderausgabe", (1978) 9
- G r i m m, K., Z i r n g i b l, O.: Die Silomaisernte nach Maß  
Praktische Landtechnik (1978), H. 9, S. 5 - 8
- G r i m m, K., R ö d e l, G., B e c k, A.: Ein neues Verfahren zur Gewinnung und Verwertung des Maiskolbens  
in der Schweine- und Rinderhaltung  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (Selbstverlag) (1978) 3
- H o f s t e t t e r, E.-M.: Getreidestroh als Brennstoff  
Agrarübersicht 29 (1978) 5, S. 304 - 306
- H o f s t e t t e r, E.-M.: Feuerungstechnische Kenngrößen von Getreidestroh  
Dissertation 1978 TU München, Schriftenreihe Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) Nr. 26, 114 S.
- K l e i s i n g e r, S.: Verfahrenstechniken zum Aufsammeln von Kernobst für die Weiterverarbeitung  
Dissertation Hohenheim 1978, MEG-Forschungsbericht 30
- K l e i s i n g e r, S.: Stand der Technik von Aufsammelmaschinen für Kernobst  
Agrartechnische Bericht Nr. 7 (1978) des Instituts für Agrartechnik, Hohenheim
- K r i n n e r, L.: Innerbetriebliche Transportarbeiten mit Hofschleppern  
Agrar-Übersicht 29 (1978), H. 7, S. 436 - 439
- K r o m e r, K.-H.: Feldberegung - wann, wo, womit ?  
dlz 29 (1978), S. 154 - 168
- K r o m e r, K.-H.: Direktsaat im Feldgemüseanbau: Auf die Genauigkeit kommt es an  
Agrar-Übersicht 29 (1978), Nr. 3, S. 160 - 161
- K r o m e r, K.-H., L e c h n e r, H.: Mechanisches Ausbringen und Abräumen von Folie im Freiland  
Gemüse 14 (1978), S. 78 - 82
- K r o m e r, K.-H.: Biotechnische Eigenschaften von Obst und Gemüse und ihre Veränderung durch Ernte,  
Sortierung und Transport  
Ernährungsumschau 25 (1978), H. 6, S. 187
- K r o m e r, K.-H.: Tendenzen bei der mechanischen Ernte von Buschbohnen  
Deutscher Gartenbau 38 (1978) S. 1582 - 1584
- K r o m e r, K.-H., E s t l e r, M.: Zapfwellengetriebene Bodenbearbeitungsgeräte im Gemüsebau  
Gemüse 14 (1978) H. 11, S. 348 - 350
- K r o m e r, K.-H.: Bodenbearbeitung und Anbautechnik im Gemüsebau  
Ber. Landw. 56 (1978) S. 502 - 510
- K r o m e r, K.-H.: Beregnungstechnik auf der DLG-Ausstellung 1978  
Landtechnik 3 (1978) S. 306 - 308
- K r o m e r, K.-H.: Einzelkornsaat - Auf die Genauigkeit kommt es an  
Agrar-Übersicht 29 (1978) S. 160 - 161



K r o m e r, K.-H., D a l l i n g e r, J.: Erntetechnik und Verfütterung von Körnermaisstroh  
Mais 6 (1978) H. 3, S. 34 - 36

K r o m e r, K.-H.: Der "alte" HD-Ballen bleibt aktuell  
Agrar-Übersicht 29 (1978) S. 372 - 377

K r o m e r, K.-H.: Einzelkornsäegeräte für Gemüse - Bauarten und Typentabellen  
KTBL Arbeitsblatt Gartenbau Nr. 0617 (1978)

L e c h n e r, H.: Folienschutz im Freilandgemüsebau - Arbeitsverfahren -  
KTBL Arbeitsblatt Gartenbau Nr. 0618

L e c h n e r, H.: Folienanwendung - Ein warmer Platz für rauhe Nächte  
Agrar-Übersicht 29 (1978) S. 84 - 86

L e h m e r, M.: Leistungsbezogene Gruppenfütterung in der Milchviehhaltung  
Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1978, S. 73 - 81

M a i e r, L.: Flachsilos - Befüllung und Entnahme  
Bauen für die Landwirtschaft 15 (1978), H 2, S. 29 - 31

M e t z n e r, R., S c h ü r z i n g e r, H.: Rinderkrippen auswählen und verlegen  
top agrar (1978) H. 1, S. 68 - 70

N e u h a u s e r, J.: Vom Umgang mit Silofolien  
Badische Bauernzeitung (1978) H. 20, S. 23 - 25

N e u h a u s e r, J.: Klebstoffe von A - Z  
DLG-Mitteilungen (1978) H. 17, S. 988 - 991

P e r w a n g e r, A.: Geräte für die Stoppelbearbeitung  
RKL-Schrift Nr. 4.1.1.0 (1978)

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Viele Pressen reagieren sauer (Großballen zur  
Futterkonservierung)  
Agrar-Übersicht 4 (1978) S. 232 - 235

P e r w a n g e r, A.: Technik der Strohaufbereitung für Futterzwecke  
Schule und Beratung 5 (1978) S. II - 1 - 2

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Was Grubber wirklich können  
traktor aktuell 2 (1978) S. 8 - 9

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Der Schwergrubber setzt sich immer mehr durch  
top agrar 6 (1978) S. 44 - 48

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Mehr Leistung und weniger Kosten durch Großballenpressen  
Bayer. Landw. Wochenblatt 24 (1978) S. 12 - 13

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Großballen - eine handliche Sache  
Bayer. Landw. Wochenblatt 25 (1978) S. 16 - 17

P e r w a n g e r, A.: Geräte für die Stoppelbearbeitung - Richtig mischen muß man können  
Lohnunternehmen 6 (1978) S. 322 - 325

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Die Technik hilft bei der Stroheinarbeitung  
Agrar-Übersicht 7 (1978) S. 448 - 451

P e r w a n g e r, A.: Einarbeitung von Stroh  
Berichte über Landwirtschaft 56 (1978) S. 431 - 442

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Möglichkeiten zur Strohbearbeitung  
Deutsche Zuckerrübenzeitung 5 (1978) S. 7

P e r w a n g e r, A.: Technik der Stroheinarbeitung in den Boden  
Betriebswirtschaftliche Mitteilungen Schleswig-Holstein 285 (1978) S. 17 - 26

P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, J.: Möglichkeiten der Strohverwertung  
Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1978)

- P i r k e l m a n n, H., L e h m e r, M.: Futtermischungen in der Milchviehhaltung  
top agrar (1978) H. 2, S. R30 - R33
- P i r k e l m a n n, H.: Weiterentwickelte Techniken zur Lagerung und Fütterung von Futterrüben  
die milch praxis 16 (1978) H. 1, S. 31 - 35
- P i r k e l m a n n, H.: Silageentnahme aus Flachsilos  
Mit Technik geht's leichter  
Deutsche Schwarzbunte 2 (1978) Nr. 1, S. 45 - 46
- P i r k e l m a n n, H.: Füttern mit dem Futtermischer  
top agrar (1978) H. 4, S. R26 - R27
- P i r k e l m a n n, H.: Fütterungsverfahren für Hochleistungskühe  
Schule und Beratung (1978) H. 6, S. II-1 - II-7
- P i r k e l m a n n, H.: Silobau und Siliertechnik  
Landtechnik 33 (1978) H. 7/8, S. 337 - 339
- P i r k e l m a n n, H., M a i e r, L.: Siloentnahme heute eine "Spielerei"  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978) H. 39, S. 16 - 18
- P i r k e l m a n n, H.: Roder fassen Futterrüben am Schopf - Zweckmäßige Mechanisierung der Futterrübenernt  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978) Nr. 41, S. 20
- P i r k e l m a n n, H.: Rübenkette vom Silo bis zum Trog  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978) Nr. 42, S. 22
- P i r k e l m a n n, H.: Technik der Siloentnahme  
Agrar-Übersicht 29 (1978), Nr. 10, S. 640 - 643
- P i r k e l m a n n, H.: Futterrüben nicht zu warm lagern  
Landw. Wochenblatt Westfalen-Lippe 135 (1978) Nr. 44, S-42
- P i r k e l m a n n, H.: Mechanisierung der Rübenfütterung in der Rinderhaltung  
Tierzüchter 30 (1978) H. 10, S. 439 - 441
- P i r k e l m a n n, H.: Kraftfutterfütterung an Milchvieh mit Abrufautomaten  
Praktische Landtechnik 31 (1978) H. 11, S. 356 - 359
- P i r k e l m a n n, H.: Techniken zur Kraftfutterfütterung  
DLG-Mitteilungen 93 (1978) H. 23, S. 1314 - 1317
- P i r k e l m a n n, H.: Maschinen für die Futterrübenfütterung, Vollmechanisierung ist möglich  
Landw. Wochenblatt Westfalen-Lippe 135 (1978) H. 51/52, S. 36 - 39
- P i r k e l m a n n, H.: "Speiseplan" aus dem Heimcomputer, Neue Automaten teilen das Kraftfutter exakt nach  
Leistung ein  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978) H. 51/52, S. 13 - 16
- P i r k e l m a n n, H., Mix - Menü schmeckt Rindern besser. - Grund- und Kraftfutter als Einzelration aus  
dem Mischwagen  
Bayer. Landw. Wochenblatt 168 (1978) H. 51/52, S. 22 - 24
- P i r k e l m a n n, H.: Systematik der verschiedenen Fütterungstechniken  
Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1978, S. 4 - 11
- P i r k e l m a n n, H.: Neuere Fütterungsverfahren und ihre Konsequenzen auf Tierverhalten und Aufstallungsformen  
Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan 1978, S. 82 - 94
- S c h ö n, H., B o x b e r g e r, J.: Verfahrenstechnik der Rindfleischproduktion  
In Bogner H. "Rindermast" 90 S. Ulmer-Verlag Stuttgart 1978
- S c h ö n, H., K r i n n e r, L.: Die Landtechnik als Planungsfaktor bei der Dorferneuerung  
Landtechnik 33 (1978) S. 180 - 184
- S c h ö n, H.: Melkarbeit und Melkverfahren  
In: Handbuch der tierischen Veredelung, Osnabrück 1978, S. 426 - 446
- S c h ö n, H.: Entwicklungstendenzen bei der Technisierung der Rindviehhaltung  
Pressemitteilung Nr. VI der DLG (1978) S. 1 - 3

S c h ö n, H.: Entwicklungstendenzen in der Landtechnik  
der Landmaschinenfachbetrieb 30 (1978) H. 4, S. 112

S c h ö n, H.: Entwicklungstendenzen bei der Technisierung der Rindviehhaltung  
Deutsche Milchwirtschaft 29 (1978) H. 16, S. 492 - 494

S c h ö n, H., W e b e r, W., F r e i b e r g e r, F.: Moderne Arbeitsverfahren des Melkens  
Dia-Serie Nr. 1071 (1978)

S c h ö n, H., H a m m e r, K., K r i n n e r, L.: Planungsdaten, Milchviehhaltung und Bullenmast  
dlz 29 (1978) H. 8, S. 944 - 947

S c h ö n, H., H a m m e r, K., K r i n n e r, L.: Planungsdaten, Milchviehhaltung und Bullenmast  
Arbeitsblatt Landwirtschaftl. Bauwesen ALB Bayern (1978), 2.01.01

S c h ö n h a m m e r, H.: Auf der Suche nach dem Universal-Boden-Bearbeitungsgerät  
DLG-Mitteilungen 16 (1978) S. 926 - 929

S c h ü r z i n g e r, H.: Anleitung zum Bau einer Fahrsiloscheune in Starrahmenbauweise  
dlz (1978) H. 7, S. 854 - 861

S c h ü r z i n g e r, H.: Die 1000-Mark-Solaranlage  
Bayer. Landw. Wochenblatt 33 (1978) S. 20/21

S c h ü r z i n g e r, H.: Die Sonne braucht nicht voll zu scheinen  
Hannoversche Land- und Forstwirtschaftliche Zeitung 51/52 (1978) S. 10 - 12

S c h u l z, H.: Möglichkeiten des Einsatzes von Solarenergie in der Landwirtschaft  
Landtechnik (1978) H. 1, S. 24 - 28

S c h u l z, H.: Einfache Solartechnik für die Landtechnik  
Sonnenenergie (1978) H. 1, S. 8 - 14

S c h u l z, H.: Anwendungsbereiche der Solartechnik in der Landwirtschaft  
Landtechnik von morgen, Folge 17 (1978) S. 44 - 55

S c h u l z, H.: Solartechnik in der Landwirtschaft  
Kartei für Rationalisierung des Rationalisierungskuratoriums für Landwirtschaft, Kiel (RKL) Nr. 0.4. (1978)  
S. 13 - 24

S c h u l z, H.: Pferdehaltung praktisch und billig  
top agrar (1978) H. 4, S. 44 - 48

S c h u l z, H., (Herausgeber), E n g l e r t, G., N e u h a u s e r, J., R i t t e l, L.  
S c h ü r z i n g e r, H., W i ß m ü l l e r, K.: top agrar Extra "Mach es selbst" Teil I., 2. Auflage (1978)  
Landwirtschaftsverlag, Münster-Hiltrup, 48 S.

S c h u l z, H.: Trocknen mit Sonne - Stand 78  
top agrar (1978) H. 6, S. 58 - 62

S c h u l z, H.: Einjährige Erfahrungen mit einer selbstgebauteq, schwerkraftbetriebenen solaren Brauchwasser-  
anlage  
Tagungsbericht zum 2. Internationalen Sonnenforum der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (1978), Bd. II,  
S. 101 - 111

S c h u l z, H.: Wasserbereitung mit Sonnenenergie - Stand 1978  
top agrar (1978) H. 7, S. 42 - 45

S c h u l z, H.: Selbstbau einer Solar-Brauchwasseranlage  
DLZ (1978) H. 9, S. 1124 - 1129

S c h u l z, H.: Selbstbaukonstruktionen aus Holz für die Schafhaltung  
Deutsche Schäferzeitung (1978) H. 20, S. 225 - 228

S c h u l z, H.: Selbstbaukonstruktionen aus Holz für Schafställe  
Tagungsbericht zum Internationalen Symposium über Schafhaltung der Polnischen Zootechnischen Gesellschaft  
Bd. 1, S. 1 - 4

S c h u l z, H.: Sonnenenergie in Haus und Hof  
2. erweiterte Auflage (1978) Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup 32 S.

S c h u l z, H.: Warmes Wasser zum Nulltarif  
Bayer. Landw. Wochenblatt (1978) H. 31, S. 13 - 14

S c h u l z, H.: Die Sonne macht dem Öl Konkurrenz  
Bayer. Landw. Wochenblatt (1978) H. 32, S. 14 - 15

S c h u l z, H.: Nutzung der Sonnenenergie  
Feld und Wald (1978) H. 40, S. 13 - 14

S c h u l z, H.: Trocknen mit Sonnenenergie  
top agrar (1978) H. 11, S. 71

S c h u l z, H.: Praktikable Möglichkeiten zur Nutzung von Sonnen-, Wind- und Bioenergie  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1978) H. 5, "Energie" S. 38 - 52

S c h u l z, H.: Man kann sogar mit Stallmist heizen  
Hannoversche Land- und Forstwirtschaftliche Zeitung (1978) H. 51/52, S. 4 - 10

S c h u l z, H.: Bogenbinder für Ställe und Hallen  
top agrar (1978) H. 12, S. 40 - 43

S c h u r i g, M.: Halmfutteraufbereitungsgeräte  
Agrar-Übersicht 3 (1978) 29. Jhrg. S. 148 - 149

S c h u r i g, M., Z i r n g i b l, O.: Neue Halmfutteraufbereitungsgeräte  
Bayer. Landw. Wochenblatt 4 (1978) Nr. 13, 168. Jhrg. S. 13 - 14

S c h u r i g, M.: Einsilieren von Silomais  
Feld und Wald, April 1978

S c h u r i g, M.: Ladewagen  
Westfälisches Wochenblatt, April 1978

S c h u r i g, M.: Ladewagen: Zuverlässig und vielseitig im Einsatz  
Bayer. Landw. Wochenblatt 17 (1978) .

S c h u r i g, M.: Feldhäcksler oder Ladewagen?  
DLG-Mitteilungen 9 (1978)

S c h u r i g, M.: Bericht über die DLG-Ausstellung - Futtererntetechnik  
Badisches Wochenblatt, Mai 1978

S c h u r i g, M.: Silieren von Mais  
Feld und Wald Nr. 22 (1978)

S c h u r i g, M.: Silomaisernte, Schlagkräftig häckseln, transportieren und einlagern  
Bayer. Landw. Wochenblatt Nr. 40 (1978)

S c h u r i g, M.: Häckseltechnik in der Futterernte  
DLG-Merkblatt 151 (1978)

S t a n z e l, H.: Vierkanalintegrator für analoge Spannungen und Pulsfolgen  
Institutsbericht 1978

S t r e h l e r, A., S c h ä f e r, R., F u c h s, H., S c h e p l e r, H.: Einfluß der Trocknungslufttemperatur  
auf die Keimfähigkeit von Körnerfrüchten bei der Warmlufttrocknung  
Grundlagen der Landtechnik, Bd. 28, 3 (1978) S. 108 - 112

S t r e h l e r, A.: Energie aus Stroh zur Wohnhausheizung und Trocknung  
Praktische Landtechnik ÖKL, (1978) H. 2, S. 53 - 55, H. 3, S. 83 - 84

S t r e h l e r, A.: Neuigkeiten vom Heizen mit Stroh  
top agrar 4 (1978) S. 94 - 96

S t r e h l e r, A.: Stroh als Brennstoff - theoretische Möglichkeiten und Praxiseinsatz  
Der Tierzüchter 7 (1978) S. 305 - 308

S t r e h l e r, A.: Trocknung von Körnermais  
Agrar-Übersicht 9 (1978) S. 584 - 587

S t r e h l e r, A., S c h u l z, H., H o f s t e t t e r, E.-M., P e r w a n g e r, A.: Energiegewinnung  
aus Stroh  
Forschungsbericht, Dz. 1977, Landtechnik Weihenstephan, Freising und Kommission der Europäischen Gemeinschaften  
270 Seiten

S t r e h l e r, A., S c h u l z, H., P e r w a n g e r, A., M i t t e r l e i t n e r, H.: Hochdruckverdichtung von Stroh, Strohpreise, Strohmenge, Strohberg, Leistungsbedarf zur Strohaufbereitung  
Landtechnik Weihenstephan, Freising, Forschungsvorhaben BMFT (1978), 120 Seiten

S t r e h l e r, A., H o f s t e t t e r, E.-M., H e i n s, F.: Studien über-zur Hochdruckverdichtung geeignete pflanzliche Reststoffe aus der Landwirtschaft und dem Komunalbereich  
Endbericht Forschungsvorhaben BMFT, Schriftenreihe Landtechnik Weihenstephan, 75 Seiten

S t r e h l e r, A.: Energiegewinnung aus Stroh und Abfallholz  
Feld und Wald Nr. 50, 97. Jhrg. 12 (1978) S. 12 - 14

W a g n e r, M.: Herstellung und Verteilung von Futtermischungen  
Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1978) S. 60 - 72

W e b e r, W.: Der Einfluß melkmaschinentechnischer Parameter auf die Milchabgabe der Kuh  
Der Tierzüchter, (1978), H. 5, S. 217 - 219

W e b e r, W.: Zum Einfluß melkmaschinentechnischer Parameter auf die Milchabgabe der Kuh  
Landtechnik, (1978), H. 9, S. 391 - 394

W e b e r, W.: Kühlen - aber wie?  
DLG-Mitteilungen (1978), H. 23, S. 1317 - 1318

W e n d l i n g, F.: Volumen- oder Gewichtsdosierung für die Kraftfutterfütterung  
Grüne Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1978), S. 12 - 22

W e n n e r, H.L.: Entwicklungen und Zwänge der Technik von morgen - größer - billiger - humaner?  
Archivband der DLG Nr. 62 "Wirtschaftlicher Einsatz der Technik in der Feldwirtschaft", (1978), S. 51 - 65

W e n n e r, H.L.: Künftige Entwicklung der Landwirtschaft in den 80-er Jahren. - Was ist technisch machbar?  
Feld und Wald, (1978), S. 21- 28

W e n n e r, H.L.: Moderne Verfahren der Tierhaltung  
Der Tierzüchter (1978), H. 9, S. 402

W e n n e r, H.L.: 10 Thesen zu modernen Verfahren der Tierhaltung  
Landtechnik (1978), H. 6, S. 257 - 259

W e n n e r, H.L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion - Technischer Bereich  
Berichte über Landwirtschaft (1978)

W i ß m ü l l e r, K.: Starrahmen auf schweizerisch  
top agrar (1978), H. 3, S. 106 - 110

W o r s t o r f f, H.: So können Sie Ihre Melkanlage überprüfen  
top agrar 2 (1978, R8 - R11)

W o r s t o r f f, H.: Vakuumverhältnisse im Melkzeug in Abhängigkeit von der Pulsierung  
Milchwissenschaft 33 (1978), 3, S. 159 - 162

W o r s t o r f f, H.:  
Nachmelken mit der Maschine  
top agrar 6 (1978) R3

W o r s t o r f f, H., S c h ö n, H., F r e i b e r g e r, F.: Die Melkzeiten wollen nicht enden  
top agrar 8 (1978), R24 - R26

W o r s t o r f f, H.: Niedriges Melkvakuum - Mode oder Wahrheit?  
Landmaschinen-Fachbetrieb 11, (1978) S. 299 - 301

W o r s t o r f f, H.: Moderne Melktechnik  
Land und Garten 51/52 (1978), S. 12

W o r s t o r f f, H.: Wie gut sind unsere Melkmaschinen  
top agrar 12 (1978) R14- R16

Z e i s i g, H.D., K r e i t m e i e r, J., L a n g e n e g g e r, G.: Ozonbehandlung von Gülle zur Verringerung der Geruchsbelästigung aus Tierhaltungen  
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1978), H. 2, (Selbstverlag)

Z e i s i g, H.D., L a n g e n e g g e r, G.: Flüssigmist ohne Zwischenlager in Hochbehälter pumpen  
dlz 29 Jhrg. (1978), S. 1086 - 1090

Verzeichnis der wesentlichsten Vorträge 1.1.1978 - 31.12.1978

- A u e r n h a m m e r, H.: Anforderungen der Arbeitswirtschaft an die Flurbereinigung  
Bayer. Staatsinstitut für die Aus- und Fortbildung der Beratungskräfte in München am 13.7.1978
- A u e r n h a m m e r, H.: Die Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten mit Planzeiten und teilaggregierten Daten  
CIGR-Symposium in Ermatingen (Schweiz) am 7.9.1978
- A u e r n h a m m e r, H.: Arbeitswirtschaftliche Auswirkungen moderner Fütterungstechnologien in der Rinderhaltung  
SFB-Symposium: Moderne Fütterungsverfahren in der Rinderhaltung in Weihenstephan am 5.10.1978
- A u e r n h a m m e r, H.: Gesamtkonzept für die Arbeitszeitanalyse  
SFB-Fachgespräch aus dem Projektbereich A in Weihenstephan am 12.12.1978
- A u e r n h a m m e r, H.: Methodik der Ist-Analyse und der Planzeiterstellung  
SFB-Fachgespräch aus dem Projektbereich A in Weihenstephan am 12.12.1978
- A u e r n h a m m e r, H.: Methodik der Modellbildung, der Verfahrensanalyse und des Soll-Ist-Vergleiches  
SFB-Fachgespräch aus dem Projektbereich A in Weihenstephan am 13.12.1978
- B o x b e r g e r, J.: Neuere Entwicklungen bei Anbindeställen für Milchvieh  
ALB-Tagung in Schliersee am 1.3.1978
- B o x b e r g e r, J.: Tierverhalten und Anbindestall  
Seminar FAL-Braunschweig-Völkenrode am 13.4.1978
- E n g l e r t, G.: Erfahrungen mit Wärmedämmplatten aus extrudiertem Polystyrol beim Stallbau  
Seminar der Fa. Rheinhold und Mahla am 20.10.1978 in Bad Kissingen und am 27.10./17.11./24.11.1978 in Roth
- E s t l e r, M.: Moderne Verfahren der Bodenbearbeitung und ihre Bedeutung für die Praxis  
(Tag der Landwirtschaft, Korbach, 14.2.1978
- E s t l e r, M.: Moderne Bestelltechnik im Maisbau  
Schlüter-Unternehmerseminar in Freising am 22.2.1978
- E s t l e r, M.: Kolbenernteverfahren mit Mähdrescher und Spezialmaschinen  
Schlüter-Unternehmerseminar in Freising am 15. und 22.2.1978
- E s t l e r, M.: Auswirkungen veränderter Reihenweisen auf die Technik im Maisbau  
Maschinenring Mühldorf/Altötting in Teising am 6.4.1978
- E s t l e r, M.: Entwicklungstendenzen bei Bodenbearbeitung, Düngung und Bestellung  
DLG-Ausstellung in Frankfurt am 26.4.1978
- E s t l e r, M.: Entwicklungsstand und Tendenzen bei Maschinen und Geräten für die Bodenbearbeitung  
Internationales Symposium für Agrarmechanisierung in Frankfurt
- E s t l e r, M.: Alternativen in der Bodenbearbeitung - landtechnischer Fortschritt  
DLG-Ackerbauausschuß, Göttingen am 16.6.1978
- E s t l e r, M.: Moderne Technik für rationelle und termingerechte Bodenbearbeitung  
DLG-Herbsttagung in Friedberg/Hessen am 13.9.1978
- E s t l e r, M.: Pflanzliche Produktion und Umwelt  
Fortbildungsseminar der landw. Lehrkräfte in Landsberg/Lech am 19.9.1978
- E s t l e r, M.: Leistungsfähige Halmfütterernte, Neuzeitliche Getreideernte, Moderne Technologie bei Bodenbearbeitung, Aussaat und Pflege von Zuckerrüben  
Internationales Symposium anlässlich der Ausstellung ausländischer Landmaschinen in Peking (VRChina) am 27.10., 28.10. und 1.11.1978
- G r i m m, K.: Kolbenernteverfahren mit dem Feldhücker  
Landwirtschaftliches Unternehmer-Seminar auf Gut Schlüterhof in Freising am 15. und 22.2.1978
- G r i m m, K.: Neue Verfahren zur Gewinnung und Verwertung des Maiskolbens in der Rinder- und Schweinemast  
Club der Landwirte, Augsburg e.V., Arbeitskreis Tierhaltung am 9.3.1978

- H o f s t e t t e r, E.-M. Energy from straw  
1st Coordination Meeting of Contractors am 10./11. April 1978, Institut National de la Recherche Agronomique  
Versailles, France
- H o f s t e t t e r, E.-M.: Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Getreidestroh  
Statusseminar des Bundesministeriums für Forschung und Technologie an der TU Berlin vom 18. - 22. Sept. 1978
- H o f s t e t t e r, E.-M.: Energiegewinnung aus Stroh und Abfallholz  
Informationstagung des Landtechnischen Vereins in Bayern (LTV) und der Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliches  
Bauwesen (ALB) in Mamming/Niederbayern am 25. und 26.10.1978
- K r i n n e r, L.: Landwirtschaftlich-funktionale Vorplanung bei der Dorferneuerung  
Dienstbesprechung der Landw. Berater Reg. Bez. Niederbayern in Bierhütte b. Freyung
- K r o m e r, K.-H.: Mechanisierungsverfahren in der Landschaftspflege  
16. Grundlehrgang für Maschinenring-Geschäftsführer, Alexandersbad am 12.4.1978
- K r o m e r, K.-H.: Neue landtechnische Entwicklungen für den Anbau und die Ernte bei Bohnen, Gurken,  
Möhren und Sellerie  
DLG-fachtagung, Plattling am 31.7.1978
- K r o m e r, K.-H., I m m i n g, A.: Bewässerungstechniken im Gemüsebau  
Vortragstagung der Hortec 1978, Karlsruhe, 23.9.1978
- K r o m e r, K.-H.: Kombinierte Anbauverfahren für Sägemüse  
Jahrestagung der DGG, Weihenstephan 1978
- P e r w a n g e r, A.: Stroh zur Energieanreicherung im Boden  
Verband landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen Hof in Münchberg am 11.1.1978
- P e r w a n g e r, A.: Neue Strohaufbereitungsmethoden für Futterzwecke  
Verband landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen Hof in Münchberg am 11.1.1978
- P e r w a n g e r, A.: Rationelle Strohbergung mit Großballenpressen  
Verband landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen Hof in Münchberg am 11.1.1978
- P e r w a n g e r, A.: Geräte für die Stoppelbearbeitung  
RKL-Kiel am 17.1.1978 in Travemünde
- P e r w a n g e r, A.: Zur Technik der Strohdüngung aufgrund neuer Versuchsergebnisse  
Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur am 24.1.1978 in Triesdorf
- P e r w a n g e r, A.: Möglichkeiten landwirtschaftlicher Strohverwertung - derzeitiger und zukünftiger  
Einfluß auf den Strohpreis  
MAN - Neue Technologie am 1.2.1978 in München
- P e r w a n g e r, A.: Strohernteverfahren und Möglichkeiten der Strohverwertung  
MR - Dillingen und Umgebung e.V. in Lavingen am 9.2.1978
- P e r w a n g e r, A.: Zur Technik der Strohdüngung aufgrund neuer Versuchsergebnisse  
Bayer. Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur in Schönbrunn am 14.2.1978
- P e r w a n g e r, A.: Strohbergung mit der Großballenpresse und Techniken zur Strohaufbereitung für  
Futterzwecke  
MR-Uffenheim-Bad Windsheim und Umgebung e.V. in Buchheim am 14.2.1978
- P e r w a n g e r, A.: Stroheinarbeiten - verfüttern oder verheizen?  
MR-Schrobenhausen in Gachenbach am 17.2.1978
- P e r w a n g e r, A.: Strohaufbereitung zur Fütterung  
Landtechnische Fördergemeinschaft Fulda am 22.2.1978
- P e r w a n g e r, A.: Technik des Strohaufschlusses für Futterzwecke  
MR - Neu Ulm e.V. in Kadeltshofen am 9.3.1978
- P e r w a n g e r, A.: Futterbergung mit Großballenpressen  
Bayer. Staatsministerium für E.L.u.F., München am 11.5.1978 in München
- P e r w a n g e r, A.: Wertvolles Rauhfutter durch Strohaufschluß  
MR - Kehlheim in Arnhofen am 22.6.1978

- P e r w a n g e r, A.: Zur Technik der Stroheinbringung in den Boden  
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein in Futterkamp am 28.6.1978
- P e r w a n g e r, A.: Natronlaugebehandlung von Stroh  
Fa. Taarup, Groß Zimmern in Rudlos am 5.8.1978
- P e r w a n g e r, A.: Stand des chemischen Strohaufschlusses  
Hessischer Landfunk in Rudlos am 5.8.1978
- P e r w a n g e r, A.: Der chemische Strohaufschluß für Futterzwecke  
MR - Wunsiedel, 12.9.1978
- P e r w a n g e r, A.: Stand der Geräte- und Verfahrenstechnik für die Bodenbearbeitung  
Bayerisches Staatsinstitut in München am 17.10.1978
- P e r w a n g e r, A.: Neue Entwicklungen zur Strohverwertung als Futtermittel und Einstreu  
LTV/ALB in Mamming am 25.10.1978
- R i t t e l, L.: Konstruktive Möglichkeiten beim Bau von Getreidebehältern aus Holz  
Fortbildungstagung der Landtechnikberater in München am 1.3.1978 und am 3.3.1978
- R i t t e l, L.: Die Verwendung von Hartschaumplatten beim Bau landwirtschaftlicher Betriebsgebäude  
Fortbildungstagung der dänischen Landwirtschaftsberater in Middelfahrt/Dänemark am 2.6.1978
- R i t t e l, L.: Möglichkeiten zur Eigenleistung beim Bau landwirtschaftlicher Betriebsgebäude  
Fortbildungstagung von Entwicklungshelfer in Weihenstephan am 20.10.1978
- S c h ö n, H.: Landtechnische Konzeption des Versuchsbetriebes  
Institut für Landtechnik der TU München, Freising-Weihenstephan am 11.1.1978
- S c h ö n, H.: Verbesserte Melkverfahren-Folgerungen für Zucht, Stallbau und Betriebswirtschaft  
Fleckviehzuchtverein, Starkenburg in Brensbach am 31.1.1978
- S c h ö n, H.: Optimale Gestaltung des Milchentzuges  
FAL und SFB 141 an der TU München in Braunschweig am 13. und 14.4.1978
- S c h ö n, H.: Entwicklungstendenzen bei der Technisierung der Rinderhaltung  
DLG, in Frankfurt am 25.4.1978
- S c h ö n h a m m e r, H.: Gerätetechnik für die Bodenbearbeitung  
Fortbildungsseminar der Landwirtschaftlichen Lehrkräfte in Naburg am 10.10.1978
- S c h u l z, H.: Betriebseigene Energiegewinnung in Landwirtschaft und Gartenbau  
Vortragsveranstaltung im Rahmen der Landwirtschaftlichen Woche in Kassel am 11.1.1978
- S c h u l z, H.: Solartechnik in der Landwirtschaft  
Vortragsveranstaltung des Rationalisierungskuratoriums für Landwirtschaft (RKL) in Travenmünde am 17.1.1978
- S c h u l z, H.: Warmwasserbereitung mit Sonnenenergie und anderen natürlichen Energiequellen in der  
Landwirtschaft  
Jahreshauptversammlung des Verbandes Landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen in Kitzingen am 18.1.1978
- S c h u l z, H.: Sonnenenergie für die Landwirtschaft  
Rundfunkreportage im Bayer. Rundfunk am 18.1.1978
- S c h u l z, H.: Zur Technik der Strohbergung und Strohverwertung aufgrund neuerer Versuchsergebnisse  
Fortbildungslehrgang für Gutsangestellte des Amtes für angewandte landwirtschaftliche Betriebswirtschaft  
in Triesdorf am 24.1.1978
- S c h u l z, H.: Erschließung neuer Energiequellen für die Landwirtschaft  
Jahreshauptversammlung des Vereins Landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen in Öhringen am 31.1.1978
- S c h u l z, H.: Kostensenkung in der Landwirtschaft durch Strohverwertung, Nutzung der Sonnenenergie und  
bauliche Selbsthilfe  
Mitgliederversammlung des Maschinenringes Dingolfing am 10.2.1978
- S c h u l z, H.: Sonnenenergie und andere natürliche Energiequellen in der Landwirtschaft sowie ihre praktische  
Anwendung  
Jahresmitgliederversammlung des Maschinenringes Laufen am 13.2.1978 in Taching



S c h u l z, H.: Zur Technik der Strohbergung und Strohverwertung aufgrund neuerer Versuchsergebnisse  
Fortbildungslehrgang für Gutsangestellte des Amtes für angewandte landwirtschaftliche Betriebswirtschaft  
in Schönbrunn am 14.2.1978

S c h u l z, H.: Neue Energiequellen in der Landwirtschaft  
Jahreshauptversammlung des Maschinenringes Nürnberger Land in Gersdorf am 16.2.1978

S c h u l z, H.: Sonnenenergie und andere Energiequellen in Haus und Hof  
Mitgliederversammlung des Maschinenringes Eggenfelden in Gangkofen am 21.2.1978

S c h u l z, H.: Energiegewinnung aus landwirtschaftlichen Abfallprodukten und der Sonne - Selbstbaumaß-  
nahmen in der Landwirtschaft  
Jahreshauptversammlung des Maschinenringes Landau am 23.2.1978

S c h u l z, H.: Versuche und Erfahrungen bezüglich Nutzung von Sonnenenergie  
Jahreshauptversammlung des Maschinenringes Tauberbischofsheim am 28.2.1978

S c h u l z, H.: Nutzung von Sonnenenergie in Haus und Hof  
Jahreshauptversammlung des Maschinenringes Neustadt/Waldnaab in Weiden am 2.3.1978

S c h u l z, H.: Sonnenenergie und andere natürliche Energiequellen in der Landwirtschaft  
Jahres-Mitgliederversammlung des Maschinenringes Pfaffenhofen am 8.3.1978

S c h u l z, H.: Sonnenenergie und andere natürliche Energiequellen in der Landwirtschaft  
Jahresversammlung des Maschinenringes Tirschenreuth in Fuchsmühl am 10.3.1978

S c h u l z, H.: Neue Energiequellen für die Landwirtschaft  
Mitgliederversammlung des Maschinenringes Mainburg in Herrenau am 15.3.1978

S c h u l z, H.: Energieeinsparung in der Landwirtschaft  
Generalversammlung des Maschinenringes Landshut in Ergolfing am 21.3.1978

S c h u l z, H.: Die Nutzung der Sonnenenergie und anderer natürlicher Energiequellen in der Landwirtschaft  
sowie ihre praktische Anwendung  
Jahresmitgliederversammlung des Maschinenringes Schongau in Peissenberg am 29.3.1978

S c h u l z, H.: Investitionssparendes Bauen  
Kolloquium über Konzepte künftiger Milchproduktion an der FAL-Völkenrode am 13.4.1978

S c h u l z, H.: Sonne auf dem Dach und Kuhmist im Tank  
Fernsehsendung des Bayer. Landfunks am 26.4.1978 im 3. Programm

S c h u l z, H.: Solartechnik in der Landwirtschaft  
Forum zur DLG-Ausstellung über Möglichkeiten und Grenzen zur Nutzung von Sonnenenergie und anderen  
natürlichen Energiequellen für die Land- und Hauswirtschaft in Frankfurt am 4.5.1978

S c h u l z, H.: Solartechnik in der Landwirtschaft  
Jahreshauptversammlung der Arbeitsgemeinschaft Landmaschinen-Handel und Handelwerke Nordrhein-Westfalen  
in Hamm am 9.5.1978

S c h u l z, H.: Heizen mit Sonnenenergie  
Generalversammlung des Maschinenringes Neuburg/Donau in Untermaxfeld am 19.5.1978

S c h u l z, H.: Erschließung neuer Energiequellen in der Landwirtschaft unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten  
Vortrags- und Schulungstagung der Bayerischen Landessiedlung in Pfaffenhofen am 13.6.1978

S c h u l z, H.: Energieprobleme in der Landwirtschaft  
Arbeitskreis bayerischer Agrarjournalisten in München am 4.7.1978

S c h u l z, H.: Einjährige Erfahrungen mit einer selbstgebauten schwerkraftbetriebenen solaren Brauchwasseranlage  
2. Internationales Sonnenforum der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie in Hamburg am 13.7.1978

S c h u l z, H.: Nutzung umweltfreundlicher Energiequellen in der Landwirtschaft  
Arbeitskreis Ökologischer Landbau an der TU München-Weihenstephan am 17.7.1978

S c h u l z, H.: Sonderschau Selbstbau und Solartechnik auf dem ZLF-München  
Rundfunkreportage des Bayer. Rundfunks am 16.9.1978

S c h u l z, H.: Selbstbaukonstruktionen aus Holz für die Schafhaltung  
Internationales Symposium über Schafhaltung in Golyńia/Polen am 18.9.1978

S c h u l z, H.: Praktikable Möglichkeiten zur Nutzung von Sonnen-, Wind- und Bioenergie  
Informationstagung des Landtechnischen Vereins und der Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliches Bauen  
in Mammigen am 25.10.1978

S c h u l z, H.: Die Nutzung der Sonnenenergie und anderer natürlicher Energiequellen  
Vortragsveranstaltung des Mattigtaler Maschinenrings in Mattighofen/Österreich am 15.10.1978

S c h u l z, H.: Nutzung von Sonnenenergie und anderen natürlichen Energiequellen in Haus und Hof  
Bezirksversammlung der Norddeutschen Hagelversicherung in Horbach am 21.11.1978

S c h u l z, H.: Besser und billiger bauen in Selbsthilfe  
Bezirksversammlung der Norddeutschen Hagelversicherung in Geisenhausen am 24.11.1978

S c h u l z, H.: Aktuelle Möglichkeiten zur Nutzung natürlicher Energiequellen in der Landwirtschaft  
Vortragstagung des Bezirksverbandes landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen Oberfranken in Burgkunstadt  
am 27.11.1978

S c h u l z, H.: Nutzung von Sonnenenergie und anderen Energiequellen in Haus und Hof  
Bezirksversammlung der Norddeutschen Hagelversicherung in Molbergen b. Cloppenburg am 28.11.1978

S c h u l z, H.: Besser und billiger bauen in Selbsthilfe  
Bezirksversammlung der Norddeutschen Hagelversicherung in Letmathe bei Hogen am 29.11.1978

S c h u l z, H.: Sonnenaufgang  
Reportage im Westdeutschen Rundfunk am 28.11.1978 im 3. Programm

S c h u l z, H.: Einfache Möglichkeiten zur Nutzung von Sonnen-, Wind- und Bioenergie  
Seminar über Alternativtechnologie - Energieanlagen zum Selbstbau am 2.12.1978 im Collegium Humanum  
Vlotho/Weser

S c h u l z, H.: Wärme- und Energiegewinnung aus Sonne, Wind, Stroh und Abfällen sowie deren Anwendung  
in Haus und Hof  
Hauptversammlung des Maschinenrings Rotthalmünster am 11.12.1978

S c h u l z, H.: Die Nutzung dauerhafter Energiequellen in der Landwirtschaft  
Vortragsveranstaltung des Arbeitskreises Landwirtschaft und Umwelt im Kreisberatungsausschuß des  
Bayerischen Bauernverbandes Ansbach am 13.12.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Bauweisen für Hoch- und Flachsilos  
Staatsinstitut für Beraterfortbildung München am 3.3.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Selbsthilfe in landwirtschaftlichen Bauwesen  
Staatsinstitut für Beraterfortbildung München am 3.3.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Silobau in landwirtschaftlichen Bauwesen  
Staatsinstitut für Beraterfortbildung München am 2.5.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Selbstbau in landwirtschaftlichen Bauwesen  
Staatsinstitut für Beraterfortbildung München am 5.5.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Einführung in Solartechnik auf landwirtschaftlichen Betrieben  
Maschinenring Traunstein am 13.5.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Einführung in Solartechnik auf landwirtschaftlichen Betrieben  
Maschinenring Dingolfing am 26.6.1978

S c h ü r z i n g e r, H.: Einführung in Solartechnik auf landwirtschaftlichen Betrieben  
Maschinenring Landau am 3.7.1978

S c h u r i g, M.: Technik, Arbeitsqualität und Leistung moderner Feldhäcksler  
Schlüter-Informationstagung in Freising am 3.10.1978

S t a n z e l, H.: Elektronische Steuergeräte für die Futtervorlage in der Rinderfütterung  
SFB 141-Symposium "Moderne Fütterungsverfahren in der Rinderhaltung" in Weihenstephan am 4./5.10.1978

- S t r e h l e r, A.: Ernte und Trocknung von Körnermais  
Landwirtschaftliches Unternehmerseminar in Freising am 15. und 22.2.1978
- S t r e h l e r, A.: Energiegewinnung aus pflanzlichen Reststoffen und technische Nutzung der Solarenergie  
in der Landwirtschaft  
Fachtagung der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie in Genua am 16.4.1978
- S t r e h l e r, A.: Energiekosten bei der Trocknung und Möglichkeiten zur Einsparung  
Vortrag anlässlich der DLG-Ausstellung in Frankfurt am 28.4.1978
- S t r e h l e r, A.: Energiegewinnung aus Stroh durch Verbrennung  
Internationale Tagung "Energie und Landwirtschaft" in Gottlieb (Duttweiler Institut) am 26.5.1978
- S t r e h l e r, A.: Verwendung neuer Energieträger und Möglichkeiten der Energieeinsparung am Beispiel  
mobiler Trocknungsanlagen  
Informationstagung Landtechnik in Lich bei Kassel am 7.6.1978
- S t r e h l e r, A.: Stroh als Energieträger für die Landwirtschaft  
5. landtechnisches Symposium in Wien am 22.9.1978
- S t r e h l e r, A.: Energieproduktion aus Stroh  
Brüssel, EG, 9.11.1978
- S t r e h l e r, A.: Energie aus Verbrennung von land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen durch Verbrennung  
Fachtagung über Agrarwirtschaft und Energie in München am 7.11.1978
- S t r e h l e r, A.: Zukünftige Energiequellen für landwirtschaftliche Betriebe  
Vortragstagung in Moosburg am 14.12.1978
- W e n n e r, H.-L.: Welche Entwicklungen zeichnen sich in der Landtechnik in Deutschland und Europa ab?  
Landtechnischer Informationstag in Hannover am 16.1.1978; Veranstalter: Massey-Ferguson-Gesellschaften
- W e n n e r, H.-L.: Entwicklungen und Zwänge der Technik von morgen - größer, billiger, humaner?  
DLG-Wintertagung in Wiesbaden am 19.1.1978
- W e n n e r, H.-L.: Künftige Entwicklungen der Landwirtschaft in den 80-er Jahren - was ist technisch machbar?  
DLG-Ausstellung in Frankfurt am 28.4.1978 - 4.5.1978; Vortragsveranstaltung des Verlages Girardet.
- W e n n e r, H.-L.: Moderne Verfahren der Tierhaltung  
Vortragsveranstaltung des KTBL anlässlich der DLG-Ausstellung in Frankfurt vom 28.4. - 4.5.1978
- W e n n e r, H.-L.: Landwirtschaft und Energie - Aspekte und Gesamtbedarf.  
Lehrgang für Elektroberater zum Thema: Sinnvolle Elektrizitätsanwendung in der Agrartechnik in Hohenkammer  
am 9.10.1978; Veranstalter: HEA mit Unterstützung v. VBEW
- W e n n e r, H.-L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion - Technischer Bereich  
Tagung des Dachverbandes wissenschaftl. Gesellschaften "Agrarwirtschaft und Energie" in München vom  
6.11. - 8.11.1978
- W i B m ü l l e r, K.: Das Selbstbauprogramm der Landtechnik Weihenstephan und die Möglichkeiten baulicher  
Selbsthilfe in der Landwirtschaft  
Vortrag an den Ämtern für Landwirtschaft und bei Maschinenringversammlungen am 21.2.1978 in Ehingen,  
am 2.3.1978 in Stockach und am 10.3.1978 in Vilsbiburg
- W i B m ü l l e r, K.: Die Nutzung der Sonnenenergie in der Landwirtschaft  
Solarlehrgang des Maschinenringes Kitzingen in Obernbreit am 17.7.1978
- W i B m ü l l e r, K.: Kostengünstige Möglichkeiten durch bauliche Selbsthilfe in der Landwirtschaft  
Baulehrgang am 24.7.1978 in Atzmannsricht und am 6.11.1978 in Stein-Sichersdorf
- W o r s t o r f f, H.: Wissenschaftliche Erkenntnisse über den maschinellen Milchentzug und derzeitiger  
Entwicklungsstand der Melktechnik  
Habilitationvortrag in Weihenstephan am 1.2.1978
- W o r s t o r f f, H.: Prüfung von Melkanlagen unter Berücksichtigung der ISO-DIN Norm und neuerer  
strömungsmechanischer Erkenntnisse  
Fortbildungsveranstaltung der Melkberater der Schweiz und des TGD Bayern e.V. in Kempten am 17./18.4.1978
- W o r s t o r f f, H.: Melktechnik  
Seminar für den Landesinnungsverband des Landmaschinen-Mechaniker-Handwerks und Handels in Bayern  
Weihenstephan 26.6.1978 und 14.11.1978
- W o r s t o r f f, H.: Seminar über moderne Melktechnik von Mitarbeitern der Fa. FLACO in Weihenstephan  
am 22.9.1978

Z e i s i g, H.D.: Grundsätze der Stallklimatisierung und des Immissionsschutzes in der Schweinehaltung  
Vortrag anlässlich der Mitgliederversammlung der Erzeugergemeinschaft für Qualitätsferkel in Schwaben e.V.  
in Wertingen am 25.2.1978

Z e i s i g, H.D.: Funktionsweise von Wärmerückgewinnungsanlagen und Anwendbarkeit in der Landwirtschaft;  
Erstellung und Funktion von Erdfilteranlagen  
Vortrag anlässlich des Lehrganges Fachmethodik Landtechnik im Staatsinstitut für die Fortbildung der land-  
wirtschaftlichen Lehr- und Beratungskräfte in München am 28.2.1978

Z e i s i g, H.D.: Tiergerechte Stallklimatisierung und Möglichkeiten der Geruchsminderung  
Vortrag anlässlich der Mitgliederversammlung des Maschinen- und Betriebshelferrings Friedberg in Wulfertshausen  
am 2.3.1978

Z e i s i g, H.D.: Möglichkeiten und Stand der Stallüftung in der Milchvieh-, Bullen- und Schweinehaltung  
Vortrag anlässlich des Lehrganges "Landwirtschaftliches Bauwesen" in Grub vom Staatsinstitut für die Fort-  
bildung der landwirtschaftlichen Lehr- und Beratungskräfte, München am 5.4.1978

Z e i s i g, H.D.: Möglichkeiten und Chancen von Alternativenenergien in der Landwirtschaft  
Vortrag anlässlich der Arbeitstagung der Lehrkräfte an Landmaschinenschulen der landwirtschaftlichen  
Lehranstalten Bayerns in Schönbrunn am 7.6.1978

Z e i s i g, H.D.: Immissionsschutz in der Tierhaltung  
Vortrag anlässlich der Fortbildungstagung des Verbandes landwirtschaftlicher Fachschulabsolventen in Tirschen-  
reuth am 14.12.1978

Dissertationen, Diplomarbeiten, Habilitationen

1. Dissertation

Hofstetter, E.-M.:

Feuertechische Kenngrößen von Getreidestroh.  
Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung  
und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) 26

2. Diplomarbeiten

Baier, E.:

Ermittlung von Belastungsschwankungen von Ackerschlepper-Dieselmotoren  
im höheren Leistungsbereich bei der Bodenbearbeitung.

Kaiser, D.:

Arbeitswirtschaftliche Untersuchungen für die Kälberaufzucht.

Oberlinner, M.:

Die Positionsänderung des Zitzenbeckers und die Änderung der Druck-  
verhältnisse im Zitzenbecherkopf während des Melkens.

Schäfer, R.:

Untersuchungen über die Trennschärfe eines Druckluft-Tischauslesers  
an Körnerfrüchten, deren Aufbereitung mit Saatgutbereitern nicht  
möglich ist.

Sonner, U.:

Versuch zum Vergleich einer milchflußgesteuerten Melkmaschine mit  
einer konventionellen Melkmaschine auf Unterschiede in den Merkmalen  
der Melkbarkeit.

3. Habilitation

Worstorff, H.:

Experimentelle Untersuchungen zur Stabilisierung des Vakuums in der  
Melkeinheit.

Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises  
Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG) 23

Mitarbeit in Fachgremien

- Auernhammer, H.: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft im Landbau e.V. (Mitglied)  
DLG-Ausschuß für Arbeitswissenschaft (Mitarbeiter)
- Boxberger, J.: ALB-Bayern, Arbeitsausschuß (Mitglied)  
DLG-Ausschuß Technik und Bauwesen in der tierischen Produktion (Mitglied)  
DIN-Normen-Ausschuß "Stallfußboden" (Obmann)  
Intern. Working Group on Cattle Housing (Mitglied)  
Agrartechnischer Beirat der Steinzeuggesellschaft (Vorsitzender)
- Estler, M.: Deutsches Maiskomitee, Ausschuß Maisproduktion und innerbetriebliche Verwertung (Vorsitzender)  
DLG-Prüfungsausschuß für Maiseinzelkornsämaschinen (Vorsitzender)
- Grimm, K.: DIN-Normen-Ausschuß für Behälterbau (Mitglied)
- Kromer, K.-H.: MEG Arbeitskreis Nachwuchsförderung (Vorsitzender)
- Pirkelmann, H.: Deutsches Maiskomitee, Arbeitsgruppe Konservierung und Fütterung (Mitglied)
- Schön, H.: AVA-Hessen, Arbeitskreis Stallbau und Technik (Mitglied)  
ALB-Bayern, Ausschuß für Musterblätter (Mitglied)  
DLG-Ausschuß Technik und Bauwesen in der tierischen Produktion (Mitglied)  
DLG-Ausschuß Arbeitswirtschaft (Mitglied)  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft im Landbau e.V. (Vorstandsmitglied, Vorsitzender des Arbeitskreises Terminologie)  
Fachbereichsrat "Landwirtschaft und Gartenbau" der TUM-Weihenstephan (Mitglied)
- Schulz, H.: KTBL-Hauptausschuß (Mitglied)  
ALB-Bayern, Arbeitsausschuß (Mitglied)  
DLG-Kommission für die Prüfung von Silofolien (Vorsitzender)  
DLG-Ausschuß für Landmaschinenprüfung (Mitglied)  
Redaktionsbeirat der Deutschen Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS) (Mitglied)  
Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft (Vizepräsident)  
Sektion Bau und Technik (Vorsitzender)  
Projektgruppe "Energieeinsparungen und Alternativenergien im Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Mitglied)
- Schurig, M.: DLG-Ausschuß für Technik in der pflanzlichen Produktion (Mitglied)  
DLG-Ausschuß für Futtermittelkonservierung (Mitglied)
- Wenner, H.-L.: DLG-Gesamtausschuß (Mitglied)  
DLG-Hauptausschuß des Fachbereiches Landtechnik (Mitglied)  
KTBL-Hauptausschuß (Mitglied)  
KTBL-Arbeitsgemeinschaft Technik und Bau in der Tierhaltung (Mitglied)  
AID-Ausschuß Arbeitsplan Landtechnik (Mitglied)  
MEG-Arbeitskreis Forschung und Lehre (Mitglied)  
LTV Vorstand (Mitglied)
- Zeisig, H.D.: VDI-Kommission, Reinhaltung der Luft  
KTBL-Arbeitsgemeinschaft Agrartechnik und Umweltschutz (Mitglied)  
Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Projektgruppe "Energieerhebung und Alternativ-Energien in der Landwirtschaft" (Mitglied)

Wissenschaftliche Mitarbeiter der Landtechnik Weihenstephan

Name	Hauptarbeitsgebiet
Wenner, Heinz-Lothar, o.Prof.Dr.agr.	Vorstand des Instituts für Landtechnik und der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik, Sprecher des SFB 141
Auernhammer, Hermann, Dr.agr.	Arbeitswirtschaft und Datenverarbeitung
Boxberger <sup>3)</sup> , Josef, Dr.agr. OLR	Technik der Rinder- und Schweineproduktion
Englert, Gerhard, Dr.rer.nat.	Baustoffe
Estler, Manfred, Univ.-Doz.Dr.agr.	Bodenbearbeitung, Technik im Maisbau
Freese, Kathrin, Dipl.-Ing.hort.	Gemüsequalität
Grimm <sup>1)</sup> , Klaus, Dr.-Ing. BD	Lieschkolbenschrot (Ernte und Verwertung) Technik im Feldversuchswesen
Heinl, Brigitte, Dipl.-Ing.agr.	Melktechnik
Heins, Friedrich, Dipl.-Ing.agr.	Ermittlung des Energieverbrauches in der Landwirtschaft
Hofstetter, Eugen, Dr.-Ing.agr.	Energie aus Holz und Stroh
Kleisinger, Siegfried, Dr.sc.agr.	Technik im Obstbau, Kopfkohlmechanisierung
Krinner, Lambert, Dipl.-Ing.agr. OLR	Ermittlung des Kapitalbedarfes landwirtschaftlicher Betriebsgebäude
Kromer, Karl-Hans, Dr.-Ing., Ober-Ing.	Direktsaat und Ernte von Feldgemüse, Biotechnische Eigenschaften, Landtechnische Grundlagen
Lehmer, Max, Dipl.-Ing.agr.	Fütterungstechnik
Perwanger, Anton, Dipl.-Ing.agr.	Strohverwertung, Bodenbearbeitung, Restholzbergung
Pfadler, Walter, Dipl.-Ing.agr. LR	Stallfußböden in Milchviehställen
Pirkelmann <sup>3)</sup> , Heinrich, Dr.agr. OLR	Futterkonservierung und Fütterungstechnik
Rittel, Leonhard, Dipl.-Ing.agr.	Baukonstruktionen
Schäfer, Rupert, Dipl.-Ing.agr.	Biogas, Solarenergie, Getreidereinigung
Schoger, Hartmut, Dipl.-Ing.	Energiegewinnung aus Stroh
Schulz <sup>2)</sup> , Heinz, Dr.agr. LD	Bautechnik, Strohverwertung, Sonnenenergie, Geschäftsführung des LTV
Schulz, Jörg, Dipl.-Ing.agr.	Minimalbestelltechnik, Verteilgenauigkeit bei Mineraldüngerstreuern
Schurig <sup>3)</sup> , Manfred, Dr.agr. LD	Feldhäckslereinsatz, Hochsilobefüllung, Geschäftsführung des SFB 141
Stanzel, Hans, Dr.agr.	Meßtechnik
Strehler, Arno, Dr.agr. LR	Getreidetrocknung und -lagerung, Energiegewinnung aus Stroh und Holz; Restholzbergung
Wendl, Georg, Dipl.-Ing.agr.	Maschinenkosten
Worstorff, Hermann, Dr.agr.	Melktechnik
Zäh, Hildegard, Dipl.-Ing.agr.	Arbeitszeitanalysen
Zeisig <sup>3)</sup> , Hans-Dieter, Dr.-Ing. OBR	Emissionsschutz, Flüssigmisthandhabung, Klimatechnik
Zips, Arno, Dipl.-Ing.agr.	Tierbeobachtung in Milchviehlaufställen

1) Betriebsleiter der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik

2) Fachleiter der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik

3) Abteilungsleiter in der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik

