



Vorträge
zur
Jahrestagung 1987

2

1987

© 1987 by Landtechnik Weihenstephan, Vöttinger Str. 36, D-8050 Freising
Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Daten-
träger und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan

Printed in Germany

TAGUNGSBAND

zur

JAHRESTAGUNG DER LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN

am 10.11.1987

in der Deula-Schule Freising

V o r w o r t

Die Jahrestagung der Landtechnik Weihenstephan steht in diesem Jahr nicht unter einem Generalthema, sondern greift aus unserem breit angelegten Forschungsprogramm einige aktuelle Fragestellungen auf. Ein wesentlicher Bereich, der sowohl die Produktivität im landwirtschaftlichen Betrieb als auch die Umwelt betrifft, ist die schonende Bodenbewirtschaftung durch geeignete Verfahrenstechniken und die sich daraus ergebende Auswirkung auf das Pflanzenwachstum.

Die Überschußsituation auf dem Agrarsektor und ein damit verbundener Preisrückgang für viele Produkte zwingen zur Ausschöpfung aller Möglichkeiten der Kostensenkung, der Marktanpassung und der Überprüfung reeller Chancen für alternative Produkte. Dieser Zielstellung sollen die Themen zur hofeigenen Getreidelagerung und die Erzeugung von pflanzlichen Energieträgern in der Landwirtschaft gerecht werden.

Im Rahmen der landtechnischen Forschung und der Entwicklung neuer rationeller Produktionsverfahren gewinnt der Elektroneinsatz zunehmende Bedeutung. Der derzeitige Stand und sich abzeichnende Entwicklungen von Einsatzmöglichkeiten in der Innen- und Außenwirtschaft sollen, basierend auf unsere umfangreichen Untersuchungen auf diesem Sektor, ausführlich erörtert werden.

Neben der Ergebnisdarstellung aus ausgewählten Arbeitsbereichen wollen wir die Jahrestagung aber auch zum Anlaß nehmen, uns für die Förderung und vielfältige Unterstützung unserer Forschungsvorhaben durch Behörden, Organisationen, Industrie und landwirtschaftliche Praxis herzlich zu bedanken. Nur mit dieser tatkräftigen Mithilfe kann die Landtechnik Weihenstephan die gestellten Aufgaben bewältigen und wir bitten auch für die Zukunft um diese von gegenseitigem Vertrauen getragene, intensive Zusammenarbeit.

Freising-Weihenstephan, im November 87



o.Prof.Dr. H.-L. Wenner

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verfahrenstechniken zur schonenen Bodenbewirtschaftung Univ.Prof.Dr.Manfred Estler	7
Bodenverdichtung-Meßmethoden und Auswirkungen auf Bodenstruktur und Pflanzenwachstum Dr.Heinz Borchert, Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau	18
Hofeigene Getreidelagerung-Technik und Behälter Dr.Leonhard Rittel, Dr. Arno Strehler	35
Möglichkeiten der Energieträgerproduktion in der Landwirtschaft Dr. Arno Strehler	59
Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Pflanzenproduktion Dr. Hermann Auernhammer	87
Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Rinderhaltung Dr.Heinrich Pirkelmann	105
Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Schweinehaltung Priv.Doiz.Dr.Josef Boxberger	122
Anforderungen an den Betriebscomputer für die landwirtschaftliche Produktion Dr. Georg Wendl	144

Verfahrenstechniken zur schonenden Bodenbewirtschaftung

Univ. Prof. Dr. habil. Manfred Estler

Die Aspekte und Lösungsansätze einer schonenden Bodenbewirtschaftung werden derzeit sehr intensiv diskutiert. Die Gründe dafür liegen auf sehr unterschiedlichen Ebenen:

1. Die zunehmende Verwendung leistungsstarker Schlepper und angepaßter Gerätetechniken hat zum Ziel, eine hohe Schlagkraft und die termingerechte Arbeitserledigung zu gewährleisten. Bei gezogenen Geräten z.B. für die Grundbodenbearbeitung sind jedoch für das Aufbringen der erforderlichen Zugleistungen entsprechend hohe Radlasten erforderlich. Diese können hohe Bodenbelastungen und -verdichtungen verursachen.
2. Die Gesamtmassen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen (Transportanhängern, Gülletankwagen, Großflächen-Düngerstreuern etc.) wurden in den letzten Jahren drastisch gesteigert, um arbeitswirtschaftliche Vorteile auszuschöpfen.
3. Bei den meisten Ernteverfahren ist ein deutlicher Trend zum überbetrieblichen Maschineneinsatz zu verzeichnen. Die dabei verwendeten Maschinen der gehobenen und hohen Leistungsklasse sind mit entsprechend großen Korntanks und Bunkern ausgestattet, die letztlich auch das Gesamtgewicht der Erntemaschinen deutlich erhöht haben.
4. Die Reifenabmessungen sind zwar im Zuge dieser Entwicklung ebenfalls gewachsen. Oftmals bestehen jedoch für den Konstrukteur erhebliche Probleme, einsatztechnische Forderungen und Maßgaben der STVZO in Einklang zu bringen.
5. Die Diskussionen über bodenschonende Produktionstechniken flammen immer dann besonders intensiv auf, wenn aufgrund ungünstiger Witterungsverhältnisse Schäden am Boden optisch sichtbar sind und nachhaltige negative Auswirkungen auf Bodenstruktur und Bodenfruchtbarkeit befürchtet werden.

Um die Möglichkeiten und Grenzen der Verfahrenstechnik für eine schonende Bodenbewirtschaftung aufzuzeigen, sollen folgende Fragen diskutiert werden:

- Welches sind die "bodenstrapazierenden" Kriterien?
- Welche Wechselwirkungen bestehen zwischen den Haupt-Einsatzzeitpunkten der Gerätetechnik und der Belastbarkeit des Bodens?

- Welche Einzelmaßnahmen können ergriffen werden, um eine möglichst schonende Bodenbewirtschaftung zu gewährleisten
- Wie lassen sich konventionelle und neue Bodenbewirtschaftungssysteme aus dieser Sicht vergleichen und bewerten?

Bodenstrapazierende Kriterien

Neben den Witterungseinflüssen sind es vor allem landtechnische Maßnahmen, die zur Strapazierung des Bodens beitragen. Sie belasten beim Durchführen der im jeweiligen Produktionsverfahren erforderlichen Maßnahmen den Boden, können Bodenbeanspruchungen und negative Auswirkungen auf die Bodenstruktur verursachen. Eine besondere Rolle kommt dabei der Wechselwirkung zwischen Bereifung (Innendruck und Abmessungen) und Fahrzeug-Gesamtmasse zu. Die Abb. 1 und 2 zeigen, daß bei Traktoren im Gegensatz vor allem zu Transportfahrzeugen günstigere Bedingungen vorliegen.

Als Folge der Bodenbelastung entstehen unter den Laufrädern sogenannte "Druckzwiebeln". Ein Vergleich von berechneten und im Feld ermittelten Druckzwiebeln (Abb. 3) läßt erkennen, daß Verdichtungshorizonte im Boden eine Änderung des Drucklinienverlaufes verursachen können.

Einen sehr wesentlichen Einfluß übt auch der Umfang des Fahrverkehrs aus, der für die Arbeitserledigung erforderlich ist. Auf der Basis eines 60 kW/80 PS-Schleppers und darauf abgestimmter Gerätetechnik wurden die Fahrstrecke und von den Reifen verdichtete Fläche/ha berechnet (Abb. 4). Besonders bei einreihigen Erntemaschinen ergibt sich eine sehr hohe Verdichtungsfläche/ha.

Geräte-Einsatzzeitpunkte und Belastbarkeit des Bodens

Der optimale oder aus betriebsorganisatorischer Sicht erforderliche Zeitpunkt für den Geräteeinsatz und der Zeitraum, in dem eine hohe Tragfähigkeit des Bodens gegeben ist, stimmen oftmals nicht überein. In den Abb. 5 bis 8 sind diese Interaktionen anhand von 4 ausgewählten Produktionssystemen dargestellt. Aus der Sicht einer schonenden Bodenbewirtschaftung kommt es darauf an, vor allem die Zeitspannen mit geringer Druckempfindlichkeit des Bodens konsequent zu nutzen, bzw. bei hoher Druckempfindlichkeit den Geräteeinsatz und damit die Bodenbelastung weitestgehend zu reduzieren.

Einzelmaßnahmen für schonende Bodenbewirtschaftung

Aus ackerbaulicher Sicht sollten alle Maßnahmen genutzt werden, mit denen eine Stabilisierung der Bodenstruktur und -tragfähigkeit erzielt werden kann. Hierzu zählen vor allem das Vermeiden der Überlockerung des Bodens, Unterstützen der Gefügestabilität, z.B. durch flaches Einbringen von Pflanzenresten und Aktivierung des Bodenlebens, Förderung der Durchwurzelung und des Bedeckungsgrades etc..

Als wichtige geräte- und verfahrenstechnische Maßnahmen ist neben der sinnvollen Reifenauswahl (Abb. 9) und dem Fahren an der Bodenoberfläche bei der Grundbodenbearbeitung (Abb. 10) auch auf verstärkte Anwendung von Zapfwellengeräten und Gerätekombinationen, Verwenden von Bunker-Erntemaschinen anstelle von Parallelbetrieb, generelles Verringern des Fahrverkehrs etc. hinzuweisen.

Vergleich der Bodenbewirtschaftungssysteme

Die wichtigsten Bodenbewirtschaftungssysteme sind in einer neuen, kürzlich von Fachgremien erarbeiteten Nomenklatur in Abb. 11 zusammengestellt. Während bei der konventionellen Bodenbearbeitung versucht wird, durch das Zusammenwirken von intensiver mechanischer Lockerung und Wendung mit der biologischen Aktivität des Bodens eine gute Bodenstruktur und -gare zu schaffen, verzichten die konservierende Bodenbearbeitung und die Direktsaat weitgehend auf eine tiefergreifende Lockerung. Bei diesen Verfahren sollen konsequent die bodeneigenen Kräfte genutzt, ein "biologisches" Bodengefüge geschaffen und die Tragfähigkeit gesteigert werden. Bei einer Einordnung dieser Verfahren anhand ausgewählter Kriterien (Abb. 12) wird deutlich, daß anhand betriebsspezifischer Forderungen die Prioritäten gesetzt und die Verfahrensauswahl getroffen werden muß.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß im wesentlichen vier Ansatzpunkte bestehen, eine bodenschonende Bewirtschaftung sicherzustellen (Abb. 13):

- Erhöhen der Tragfähigkeit des Bodens
- Optimale Gestaltung von Konstruktion und Einsatz der Fahrzeuge
- Verbesserte Umwandlung von Schlepper-Motorleistung in Geräte-Nutzleistung
- Anwendung verbesserter oder neuer Arbeitsverfahren.

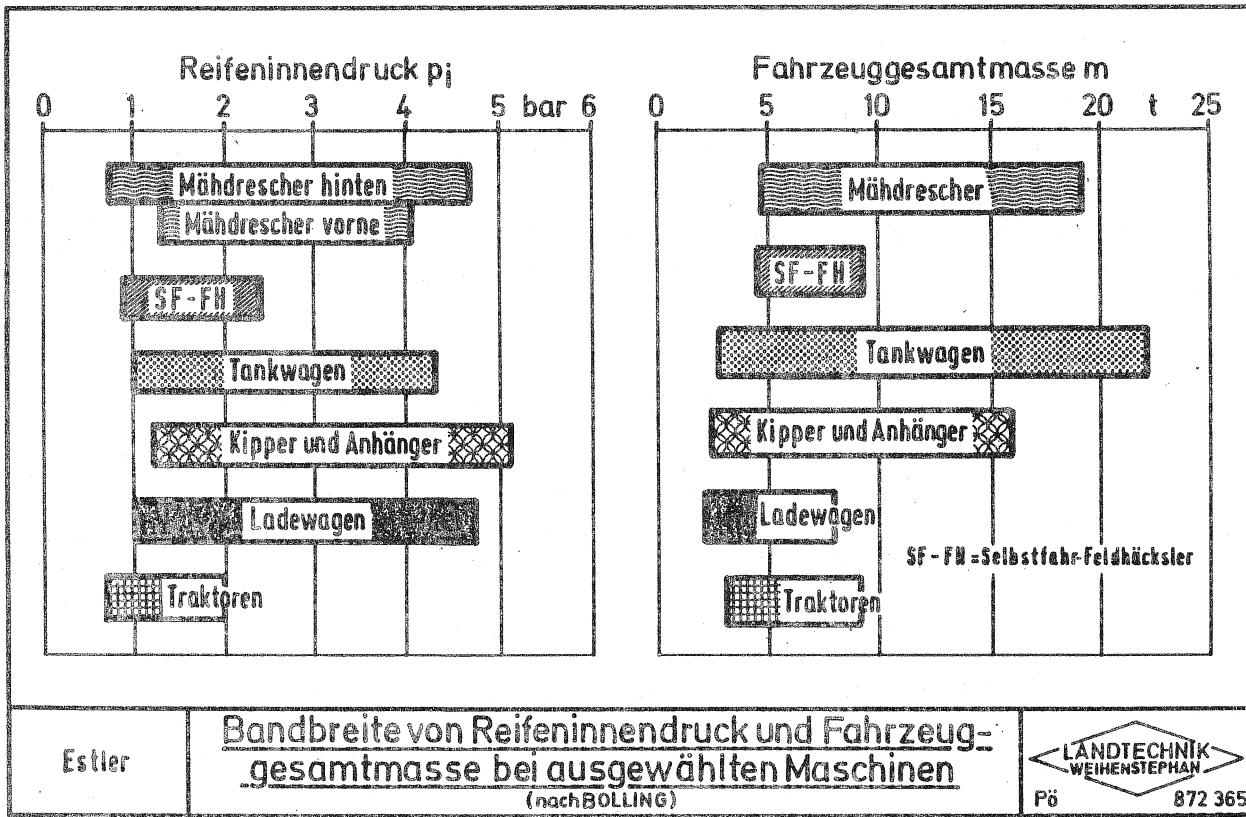


Abbildung 1

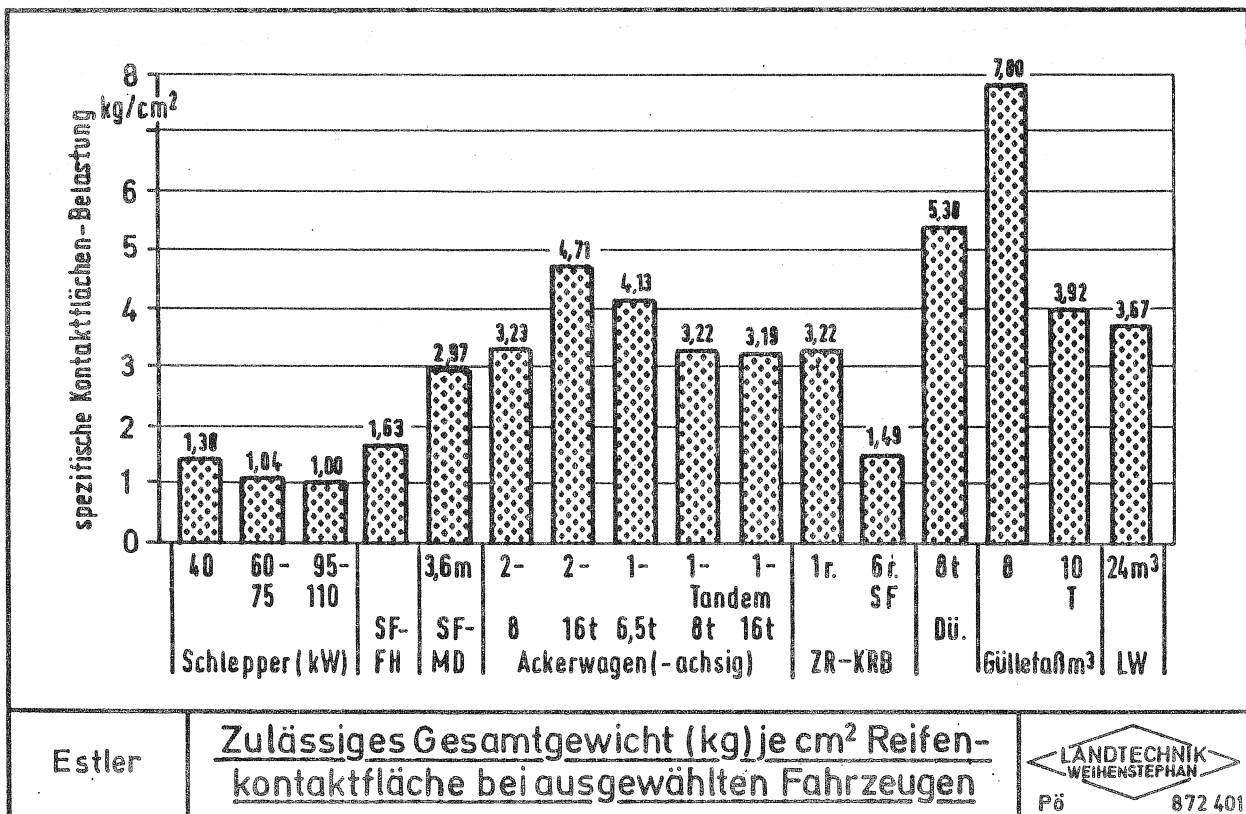


Abbildung 2

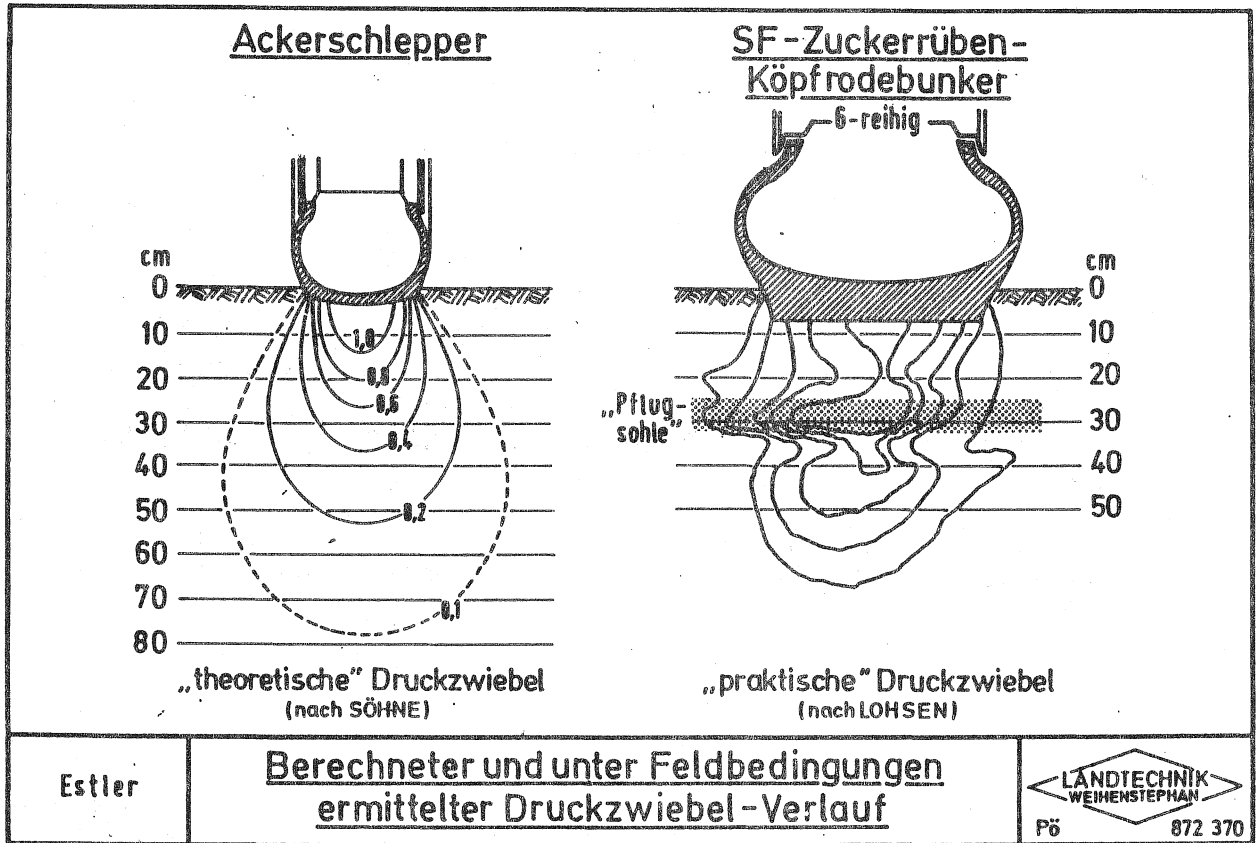


Abbildung 3

Arbeitsgänge	Arb.-Breite Reihenabstand m	Fahrstrecke 1fd.m/ha	von Reifen verdichtete Fläche m ² /ha
<u>BODENBEARBEITUNG</u>			
3-Schar-Pflug	1.05	9.523	8.818
Schälgrubber	2.20	4.545	4.364
Saatbettkombination	3.50	2.857	2.646
Zapfwellen-Egge	3.00	3.333	3.086
ZW-Egge + Drillmasch.	2.50	4.000	3.704
<u>ERNTEARBEITEN</u>			
Exakt-Feldhäcksler, 1r.	0.75	13.333	12.346
ZR-KRB, 1-reih., gezog.	0.50	20.000	18.520
Front-Mähwerk + Ladewagen	2.10	4.762	4.410
Hinterradbereifung 16.9/14-34, Breite/Reifenpaar 92,6 cm			
BODENBELASTUNG BEI AUSGEWÄHLTEN ARBEITSGÄNGEN, 60 kW-SCHL.			

Abbildung 4

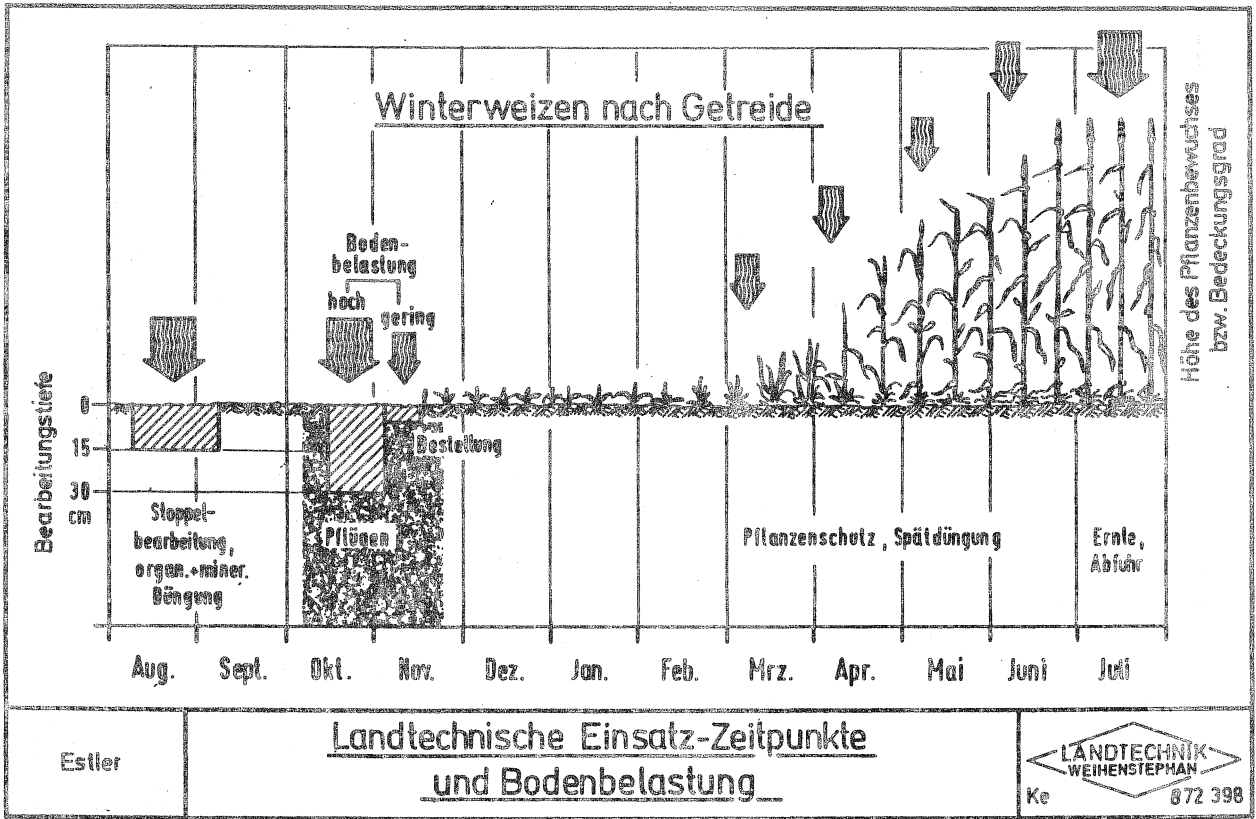


Abbildung 5

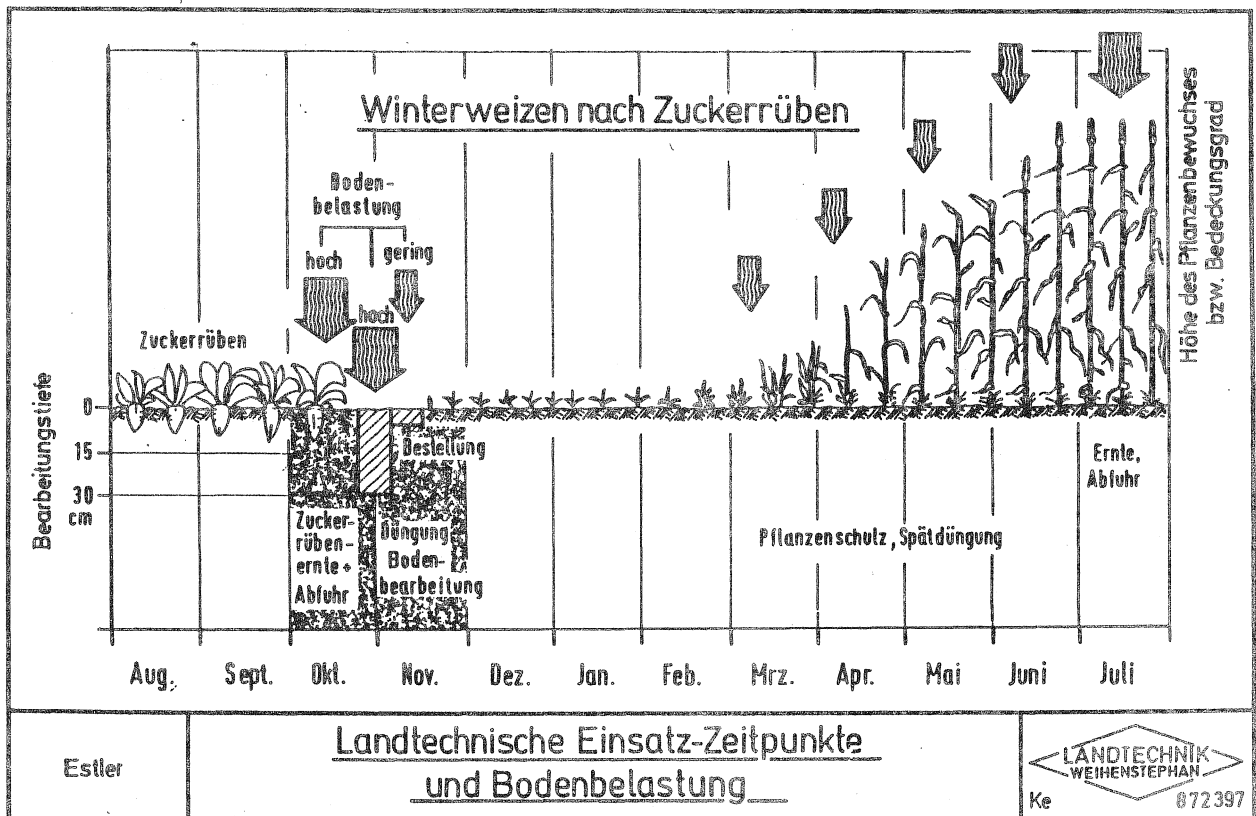


Abbildung 6

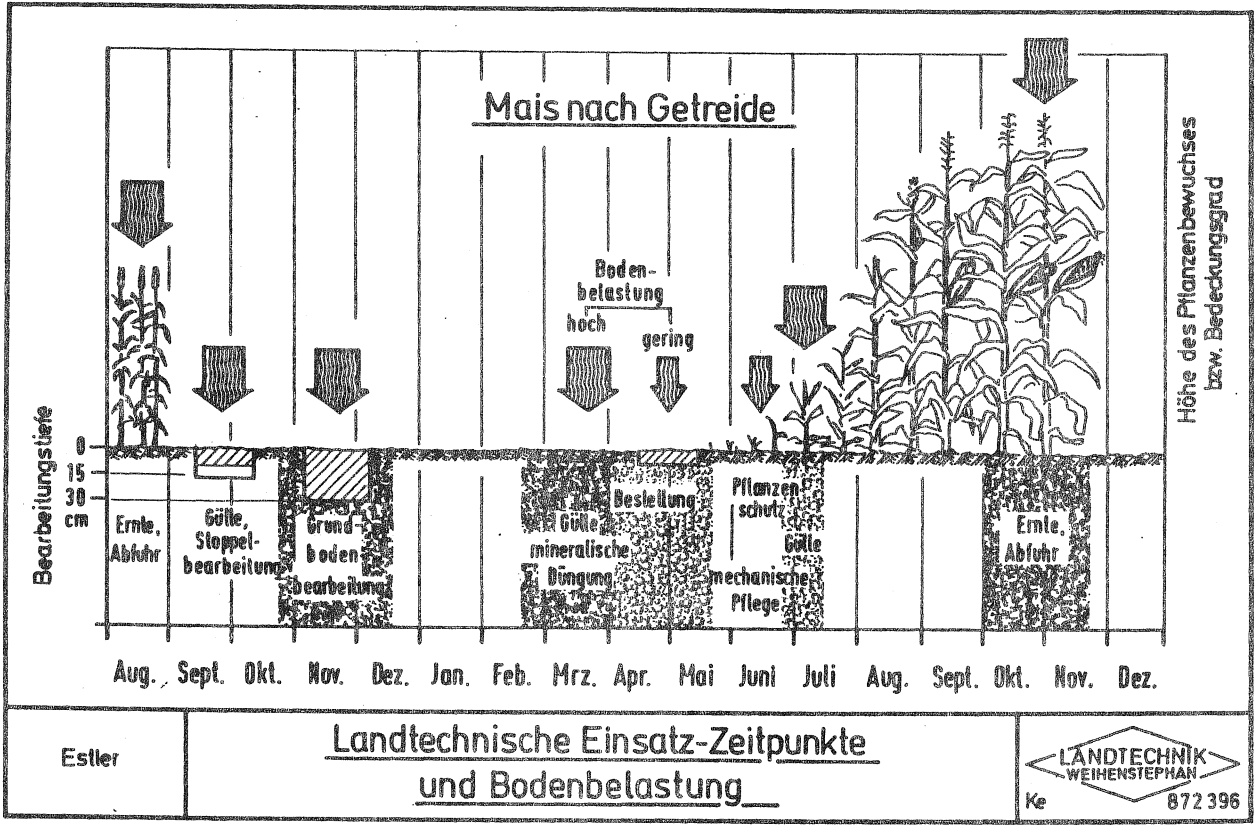


Abbildung 7

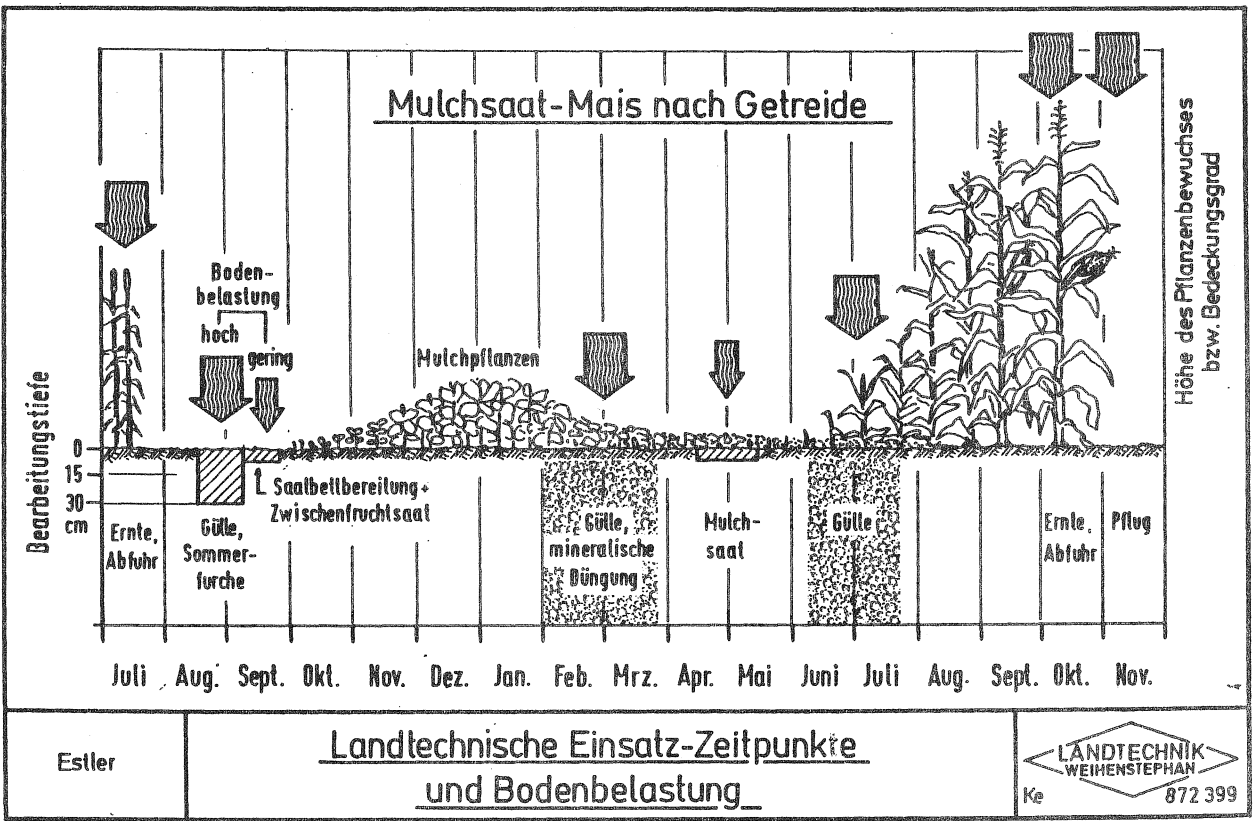


Abbildung 8

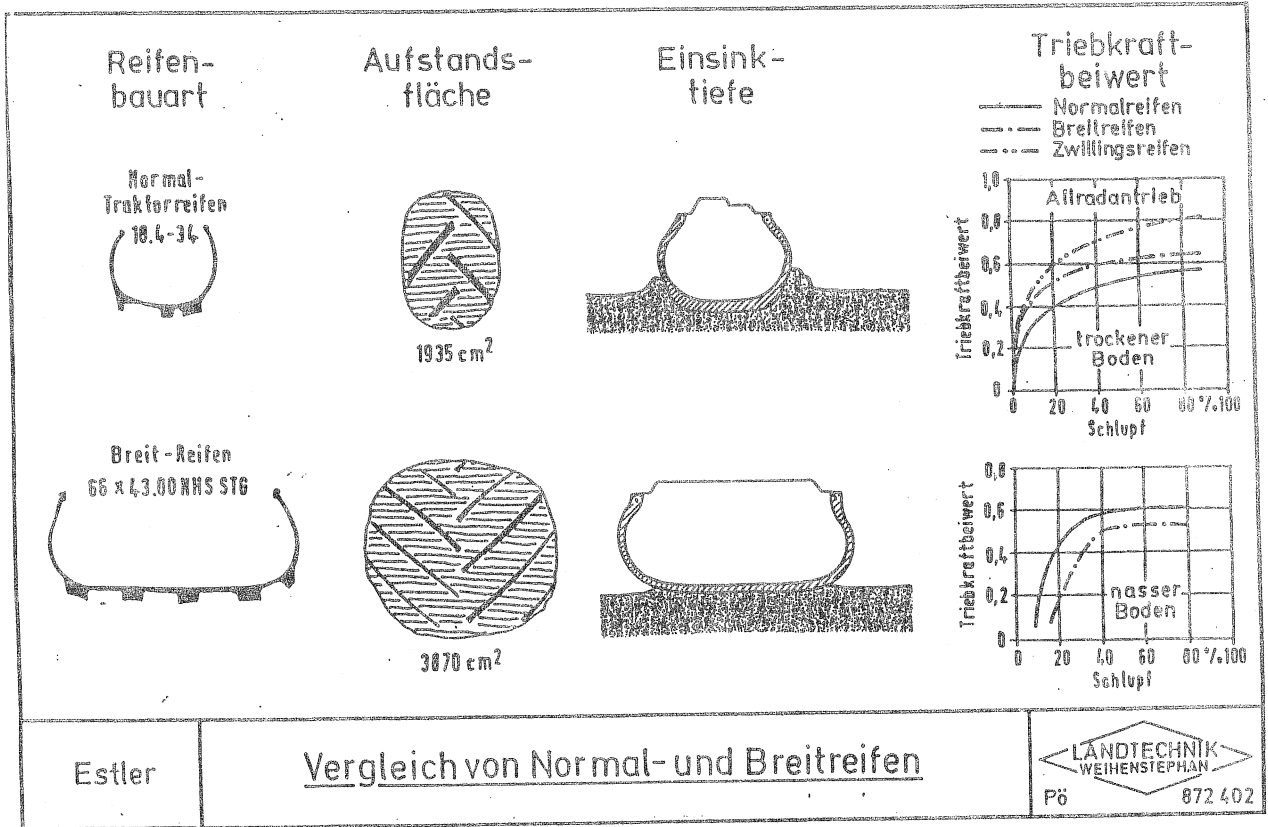


Abbildung 9

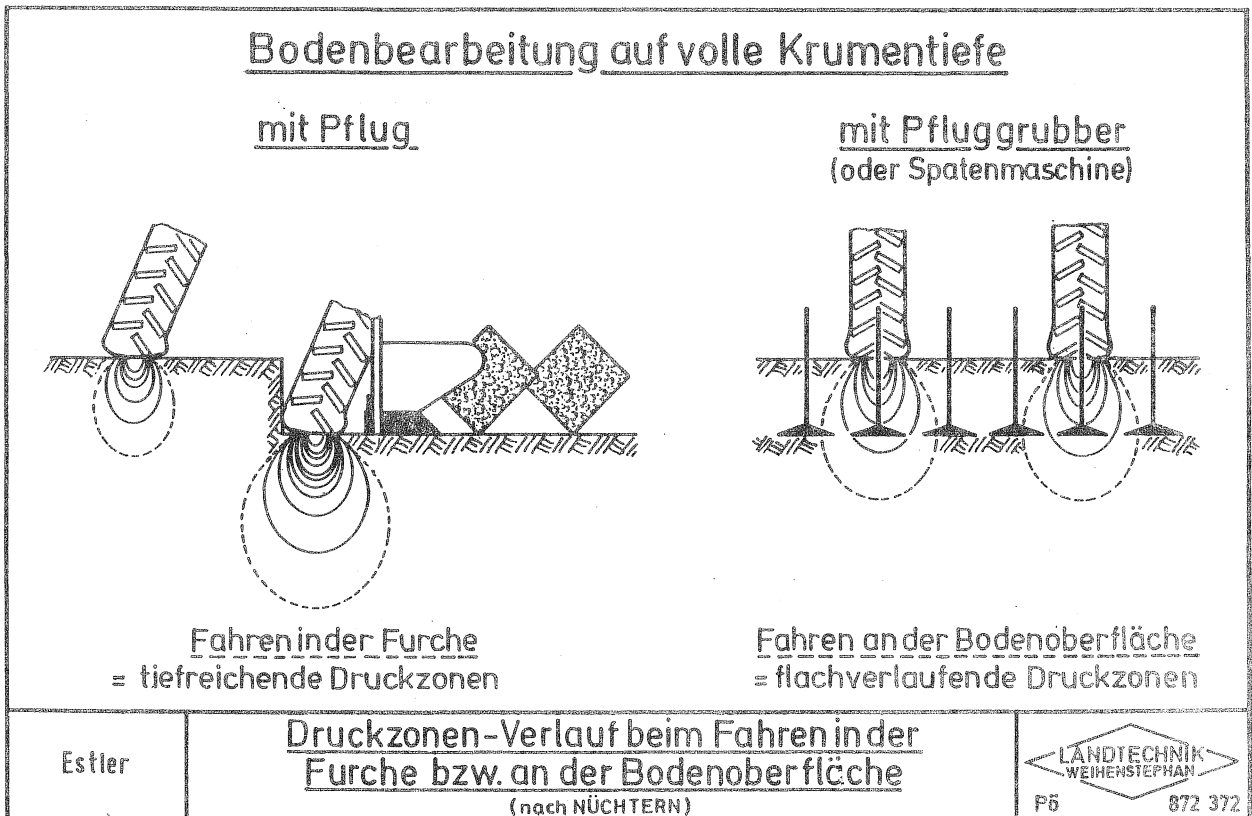


Abbildung 10

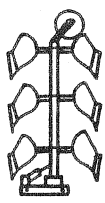


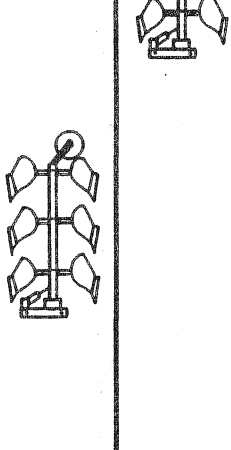
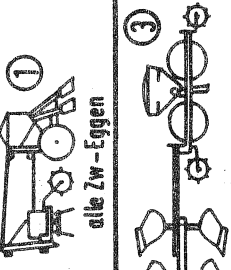
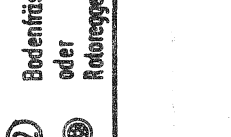
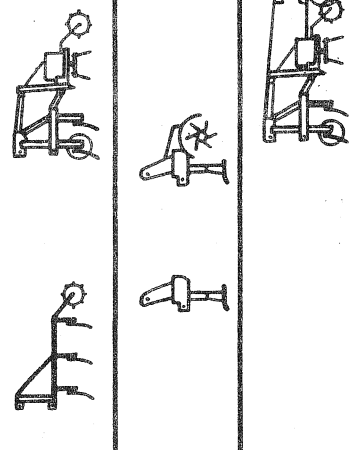
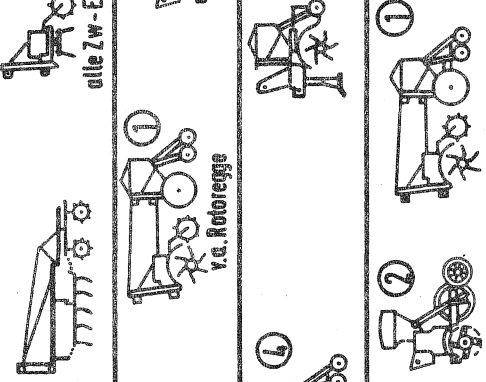
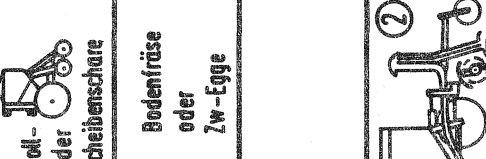
Bodenbewirtschaftungssystem	Grundbodenbearbeitung	Arbeitsabschnitte Saatbettbereitung	Saat	Ablauf der Arbeitsgänge
<p><u>Konventionelle Bodenbearbeitung</u> mit Pflug auf volle Krumenliefe</p>				<p>- getrennt und absätzig</p>
<p><u>Konservierende Bodenbearbeitung</u> mit Schäl-, Kurz- oder Schichten-grubber ohne Grubber</p>				<p>reduziert Saatbettbereitung und Saat kombiniert</p> <p>reduziert alle Arbeitsabschnitte kombiniert</p> <p>getrennt und absätzig</p> <p>reduziert Saatbettbereitung und Saat kombiniert</p> <p>reduziert alle Arbeitsabschnitte kombiniert</p>
<p><u>Direktsaat</u> ohne jegliche Bodenbearbeitung</p>				<p>reduziert ohne tiefere Bearbeitung, Saatbettbereitg. u. Saat komb.</p> <p>minimiert nur Anlagen von Saatschlitzern</p>
<p>Früher verwendete Bezeichnungen:</p>	<p>① Minimal-Bestelltechnik „Bestellsaat“ ③ Minimal-Bestelltechnik „Pflugsaat“ ② Minimal-Bestelltechnik „Frässaat“ ④ Minimal-Bestelltechnik „Grubber-Bestellsaat“</p>			
<p><u>Estler</u></p>	<p><u>Bodenbearbeitungs- und Bestellverfahren</u></p>			
<p>LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN Ke 972 323</p>				

Abbildung 11 (nach KÖLLER, geändert)

	Wiederaufllockern von Verdichtungen im Krumenbereich	Schutz der Boden- oberfläche	mech. Unkraut- bekämpfungseffekt	Ausnutzen des opt. Einsatz- termins für BB	Anforderungen an Saatechnik	Anzahl Arbeits- gänge	Energie- aufwand 1) kWh/ha
KONVENTIONELL	++	-	++	-	--	3 - 4	156
KONVENTIONELL REDUZIERT	++	-	++	0	--	2 - 3	136
KONSERVIEREND	+	+ bis ++	0	0 bis +	+	2 - 3	99
KONSERVIEREND REDUZIERT	+	+ bis ++	0	+	+	1 - 2	74
KONSERVIEREND OHNE GRUBBER	-	++	-	++	++	1	55
DIREKTSaat	--	++	--	++	+	1	31
1) = für tiefergreifende Bodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat							
VERFAHRENSVERGLEICH ANHAND AUSGEWÄHLTER KRITERIEN							

Abbildung 12

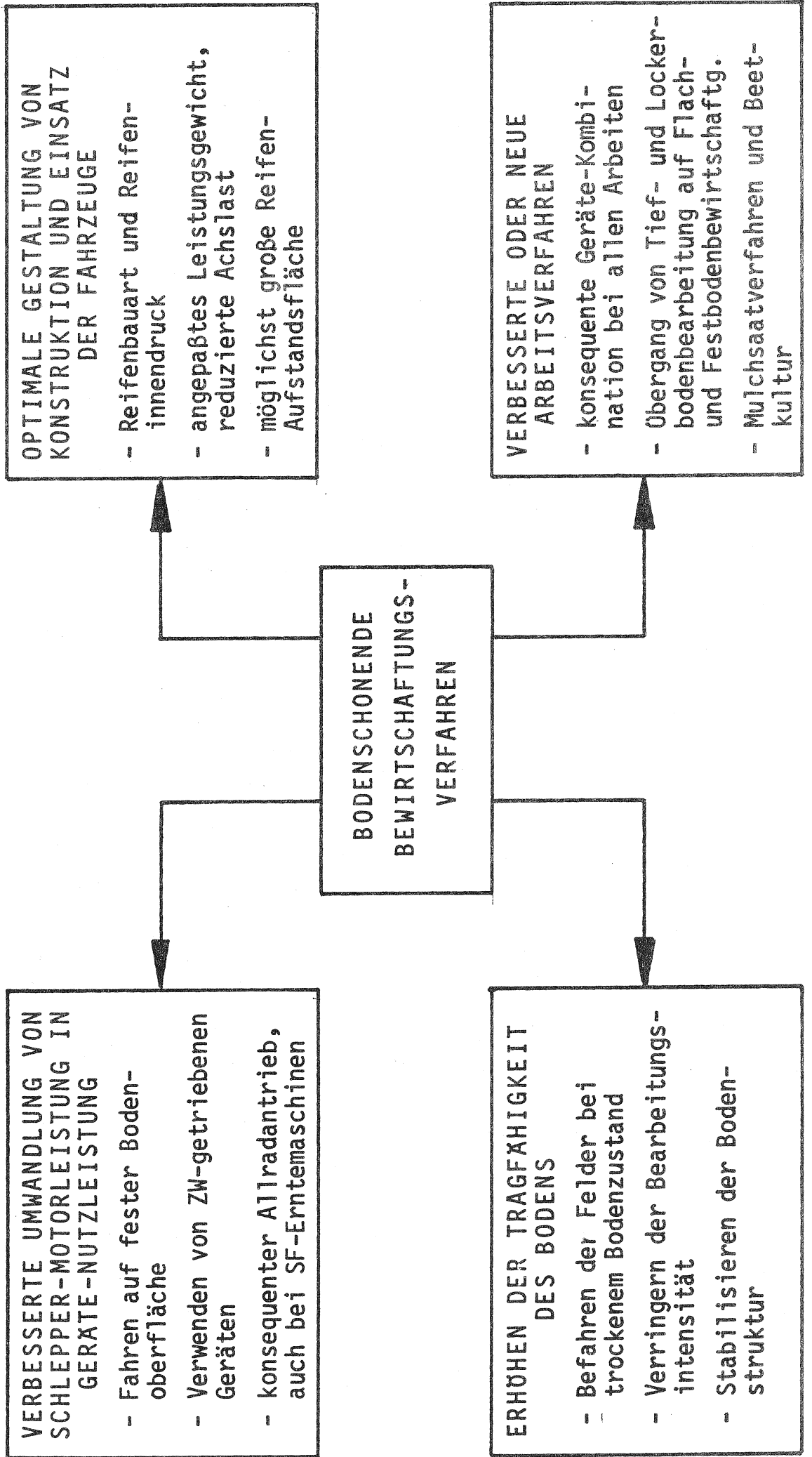


Abbildung 13

Bodenverdichtung - Meßmethoden und Auswirkungen
auf Bodenstruktur und Pflanzenwachstum

LD Dr. Heinz Borchert, München*

Bodenverdichtungen auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen sind das Problem geworden in unserer heutigen hochtechnisierten Landwirtschaft, ob auf dem Vorgewende durch die Pflegearbeiten oder mitten im Acker durch Erntearbeiten. Besonders der Rübenanbau bringt mit den schweren Erntemaschinen eine Verdichtungsgefahr für den Boden mit sich; so ergab ein Vergleich in einem 50-ha-Betrieb mit Getreide-Zuckerrüben-Anbau einen 36 %igen höheren Spurenanteil beim Rübenanbau. Die auf den Boden unter diesen Spuren wirkenden Belastungsdrücke werden mit Druckdosen beim Überfahren gemessen. In diesem Vortrag soll davon nicht berichtet werden, sondern viel mehr von den zurückgebliebenen Druckeinflüssen auf den Boden und Pflanzenstandort.

Wie die Bodenstruktur normal an der Übergangsstelle von der bearbeiteten Krume zur darunterliegenden Pflugsohle aussieht, zeigt Abbildung 1. Eine 1 mm dicke Bodenscheibe läßt durch den Boden sehen: der vor 4 Wochen gepflügte Krumboden (oberer Teil) hat viele Poren und Hohlräume (weiße Felder) zwischen den locker geschütteten Bodenkrümeln; der durch den Pflug ange-drückte Pflugsohlenboden (unterer Bildteil) ist hohlraumarm und reißt beim Trocknen in für verdichtete Bodenstruktur typische horizontale Risse (Maßstab: Millimeterpapier am unteren Bildrand). Weiterhin als ganz normal wird die frisch geschüttete Krume durch Bodensetzung dichter, aber durch Befahren werden die Bodenkrümel viel fester zusätzlich zusammengedrückt, geht das Zusammenpressen der Bodenteilchen sogar noch in den Pflugsohlenbereich hinein.

Diese Hohlraum- und Porenabnahme, also Bodenverdichtung, zu messen, gibt es mehrere Methoden. Die üblichste - und wohl genaueste - ist die Porenmessung mit 100 cm³ großen Stechringen aus Metall. Sie werden im Feld in mehrere Bodentiefen ein-

* Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau

getrieben, im Labor wassergesättigt und in einer Druckkammer mit einem Druck entwässert, der bestimmten Porengrößen entspricht (Abbildung 2).

Direkte Messungen von Bodenverdichtungen werden im Feld mit Drucksonden, sogenannter Penetrometern oder Penetrographen, ausgeführt. Die Bodensonde vom Bodenuntersuchungsinstitut Koldingen, Pattensen, ist die einfachste: sie wird per Hand mittels einer handgerechten Kugel in den Boden gedrückt (Abbildung 3a). Allen Bodensonden ist gemeinsam, daß sie am unteren Ende in einen Kegel ausgehen, der einen bestimmten Winkel und eine bestimmte Oberfläche aufweist.

Von den nicht selbstschreibenden Sonden, Penetrometern, seien hier zwei genannt. Die Schlagsonde mit einem Fallgewicht von 2 kg, das an einem Schaft geführt auf einen Teller am oberen Ende der einzutreibenden Sonde prallt (Abbildung 3b). Je nach Bodenwiderstand dringt der Kegel in den Boden ein. Trägt man den Eindringweg in cm gegen die Fallanzahl in ein Diagramm ein, erhält man eine Kurve (Abbildung 4), die umso steiler ist, je leichter die Sonde in den Boden eindringt, die Bodenverdichtung also geringer ist. Nachteilig ist die kurze Meßstrecke von 20 cm, wodurch der gemessene Boden vor weiterer tieferer Messung erst abgehoben werden muß. Die Sonde ist ein Eigenbau.

Der zweite Penetrometer ist die Drucksonde Type HSA 5 von N.V. Goudsche Machinefabriek, Gouda, Holland (Abbildung 3c). Sie wird per Hand in den Boden gedrückt, der Druck wird über einen mit Öl gefüllten Druckraum an ein Manometer weitergeleitet und in bar abgelesen. Die Meßgenauigkeit ist grob, aber für Feldmessungen ausreichend. Die leichte Handhabung und schnelle Messung von vielen Stellen ist vorteilhaft.

Eine Verbesserung der Penetrometer stellen die selbstschreibenden Penetrographen dar. Hier seien drei genannt. Der Penetrograph von Sommer, F.A.L. Braunschweig, ein Eigenbau (Abbildung 6). Er wird per Hand in den Boden gedrückt. Über ein Kraftmeßelement wird der angewandte Druck und über einen induktiven Weggeber die der augenblicklichen Messung zugrunde liegende Eindringtiefe auf einen elektrisch arbeitenden Schrei-

ber übertragen. Der Penetrograph kann auf verschiedene Meßbereiche eingestellt werden. Die maximale Meßtiefe beträgt 40 cm.

Ein weiterer selbstschreibender Penetrometer ist der Penetrograph Stiboka der Firma Eijkelkamp, Giesbeek, Holland (Abbildung 7). Er wird ebenfalls per Hand in den Boden gedrückt. Während des Eindringens in den Boden wird der Eindringwiderstand in bar auf mechanischem Wege gleichzeitig aufgeschrieben, desgleichen die Meßbodentiefe. Je nach Kegelgröße sind 4 Meßbereiche möglich, das Maximum liegt bei 50 bar. Die maximale Eindringtiefe beträgt 80 cm. Die Meßwiedergabe ist grob, genügt den Feldanforderungen; vorteilhaft ist die Erwerbsmöglichkeit per Fabrik.

Der Penetrograph von Stanzel, Institut für Landtechnik, Freising, ist ein Eigenbau (Abbildung 8). Der Vortrieb des Eindringkegels geschieht über eine Spindel und ein Tellerrad. Die Maximaltiefe beträgt 50 cm. Die Aufzeichnung des benötigten Druckes während des Kegeleindringens geschieht über einen Kraftaufnehmer elektronisch auf eine Karte, die durch einen ebenfalls elektronisch gesteuerten Weggeber entsprechend der Meßtiefe sich vorbewegt. Zwei Meßbereiche, 0 - 40 bar und 0 - 100 bar, wurden beim Einsatz in der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau, München, angewandt. Die Wiedergabe auch geringster Bodenwiderstände ist optimal.

Entscheidend für das Ausmaß einer Verdichtung ist der Scherwiderstand des Bodens, also derjenige Widerstand, der an den Kontaktstellen zwischen den Bodenteilchen auftritt. Schaffer mißt diesen Abscherwiderstand in cm kg mit einem Flügelbohrer von 10 cm Länge und 5 cm Durchmesser. Die anzuwendende Kraft zum Abscheren liest er an Drehmomentschlüsseln ab (Abbildung 9). Diese Schlüssel sind von der Firma Stahl-Wille, Wuppertal, und haben die Meßbereiche 0 - 315 cm kg, 0 - 630 cm kg und 0 - 1250 cm kg. Der Flügel wird nach je 10 cm durch Schlag in den Boden weitergetrieben, die maximale Tiefe beträgt 70 cm. Der Kurvenverlauf des gemessenen Abscherwiderstandes gibt in Abbildung 5 deutlich die Pflugsohlenverdichtung wieder.

In nassen Herbstmonaten sind tiefe Spuren auf dem Felde ein gewohntes Bild. Wenn auch die Druckwirkung nicht immer so tief reicht wie Bolling und Söhne in ihrer Druckzwiebel-Fortpflanzung im Boden berechneten (Abbildung 10), so ist doch beim Befahren des Bodens die vorliegende Bodenfeuchte von entscheidender Bedeutung. Die Druckzwiebel, bestehend aus den Linien gleichen Bodenwiderstandes, also Verdichtungslinien, plattet sich durch die Pflugsohle ab, erst recht bei trockenem Boden und öffnet sich nach unten (Abbildung 11).

Zunehmend kritischer wird das Befahren und Bearbeiten nicht nur mit zunehmendem Feuchtegehalt, sondern auch Tongehalt des Bodens. Die Verdichtungswirkung durch die Furchenräder kann besonders bei feuchtem Tonboden recht tief reichen. So wurden im lehmigen Ton nach Abtragung des im feuchten Zustand frisch gepflügten Bodens unter der befahrenen Furche ein um etwa 4 bar höherer Bodenwiderstand bis in 50 cm Bodentiefe gemessen (Abbildung 12, rechts). Der gleiche lehmige Tonboden auf Abbildung 12 (links) war vorher im trockenen Herbst vom Mähdrescher befahren. Die Mähdrescherspur zeigte einen nur in der Krume um 4 - 5 bar erhöhten Bodenwiderstand. Der Druckeinfluß endete mit der Bearbeitungstiefe.

Vor der Ernte wurden auf schluffigem Lehm Fahrgassen auf ihre Verdichtung hin gemessen. Die im Laufe der Vegetationszeit entstandene Spur war 8 cm tief, eine Verdichtung mußte vorliegen, zumal vom März bis Anfang Juli 6 Überrollungen (3 mal Düngung, 3 mal Spritzen) mit einem jeweiligen Gesamtgewicht von fast 4,5 t getätigt wurden (Abbildung 13). Um so überraschender war es, daß bald unter der Krume die Bodenstruktur-Verschlechterung kaum mehr mit verringerter Luftkapazität und erhöhter Bodendichte nachzuweisen war. In der oberen und mittleren Krumentiefe war dagegen der Boden stark verdichtet, ging die Luftkapazität auf ein Minimum zurück.

Zu ähnlichen Ergebnissen kamen wir auf den zwei Raddruck-Versuchsflächen. Vor der Saatbettbearbeitung und Bestellung wurden auf tonigem Lehm Spuren mit 10 t Gesamtgewicht (entsprechend $2,5 \text{ kg/cm}^2$) gefahren, bei abgetrocknetem Bodenzustand (optimale Zeit) und bei feuchtem Bodenzustand (empfindliche Zeit). Die Luftkapazität des Bodens geht nur in der Krume drastisch unter

den Spuren zurück, sowohl zum Frühjahrs-Meßtermin wie vor der Ernte (Abbildung 14 a und 14 b). Der Bodenwiderstand, also die Verdichtung, ist schon im Frühjahr merklich erhöht; zum Sommer-Meßtermin wurde der Bodenwiderstand durch die Austrocknung noch verstärkt, eine zu dieser Zeit starke Hemmung des Wurzelwachstums, wenn man bedenkt, daß allgemein ab 25 bar eine Behinderung der Durchwurzelung angenommen wird. Die Beerntung in den Spuren brachte einen um 11 % und 14 % geringeren Ertrag.

Der zweite Raddruck-Versuch liegt auf schluffigem Lehm. Bei dem 7jährigen Versuch überraschte das von Jahr zu Jahr stetige Abnehmen der Luftkapazität in der Krume bei der ungünstigsten Variante: gefahren mit hohem Gewicht und bei relativ nassem Boden (Abbildung 15). Da die Spuren alljährlich im Frühjahr an die selben Stellen zu liegen kommen, kann hier nur eine Akkumulation von irreversibler, also alter bleibender Verdichtung und erneuter Verdichtung der Grund sein. Im Laufe der Vegetationszeit wird diese aber wieder zum Teil abgebaut.

Schlupf von Antriebsrädern kann die Bodenverdichtungen beträchtlich steigern. Wird die Reibungskraft zwischen Rad und Bodenoberfläche durch Ansteigen der Zugkraft überwunden, entsteht Schlupf zwischen Rad und Boden. Die Bodenteilchen werden gegeneinander verschoben, es kommt zur erhöhten Lagerungsdichte (Abbildung 16). Diese kann über eine Zeit lang irreversibel, also bleibend sein.

Die rasant sich entwickelnde Motorisierung in der Landwirtschaft brachte nicht nur Strukturprobleme innerhalb der bearbeiteten Krume mit sich, durch das nun schon Jahrzehnte lange Pflügen haben die in der Furche laufenden Räder die Pflugsohlenverdichtungen vergrößert. Untersuchungen im norddeutschen Raum stellen eine Vertiefung der Krume von 1952 bis 1982 fest und damit Zunahme des Porenvolumens, aber gleichzeitig auch eine verstärkte Pflugsohlenbildung (Abbildung 17).

Während die Anteile an pflanzenverfügbarem Wasser und nicht verfügbarem, dem Totwasser, sich kaum verändern, nimmt der Anteil der für Luft- und Wasserdurchlässigkeit notwendigen Grobporen in der Pflugsohle erheblich ab. Ein gut aggregierter, also strukturierter Tonboden läßt mit 4 - 5 % Grobporenanteil Was-

ser bis 1 m pro Tag hindurch; ein schwach aggregierter Tonboden benötigt für diese Wasserdurchlässigkeit doppelt so viel Grobporenanteil (Abbildung 18). Ebenso ist die Luftdurchlässigkeit eng verbunden mit dem Grobporenanteil. Die für das Pflanzenwachstum notwendige Sauerstoffkonzentration erreicht im Folgejahr nach einer verdichtend wirkenden nassen Herbstfurche in der Pflugsohle nicht einmal die Hälfte der Sauerstoffkonzentration, die nach einer trockenen Herbstfurche zu finden ist (Abbildung 19).

Die eklatante Bedeutung der Bodendichte für das Pflanzenwachstum hebt Maidl anhand von Anbauversuchen mit Rüben und Mais hervor. So stieg der Rübenenertrag von 300 dt/ha bei einem Porenvolumen in der Pflugsohle von 30 Vol.% auf 700 dt/ha bei einem vergrößerten Porenvolumen von 38 Vol.% (Abbildung 20). Ebenfalls stieg der Körnermaisertrag bei abnehmendem Bodenwiderstand, also Bodenverdichtung, von 22 bar/cm² auf 12 bar/cm² um 30 dt/ha an (Abbildung 21).

Daß die Durchwurzelung für ein optimales Pflanzenwachstum entscheidend ist und auf Bodenverdichtungen empfindlich reagiert, liegt auf der Hand. Auf sandigen bis lehmigen Böden stellte Lehfeldt bei den meisten Pflanzenarten mit Überschreiten der Bodendichte in der Krumbasis von 1,65 - 1,70 g/cm³ eine eindeutige Reduzierung der Durchwurzelung fest, wie z. B. auf Abbildung 22 bei Winterweizen und Sommergerste, wobei letztere besonders empfindlich auf Verdichtung reagiert. Eine einheitliche optimale Bodendichte gibt es nicht. Die optimale Bodendichte richtet sich nach der nicht vorhersagbaren Jahreswitterung und der Bodenart des Pflanzenstandortes. In feuchten Jahren wird die Bodendichte niedriger, in trockenen Jahren höher zu liegen haben. Dabei zeigen sich leichtere Böden in ihrer Ertragsleistung toleranter gegenüber einer vom Optimum abweichenden Bodendichte als Tonböden. Pflugsohlenverdichtungen mit Bodendichten über ca. 1,55 g/cm³ (Gesamtporenvolumen 41 Vol.%) sollten auf Lehmböden vermieden werden.

Die Wurzel hat nur eine begrenzte Kraft, den Boden zu durchdringen. Bei welcher Bodenverdichtung ist ihre Kraft am Ende?

Ehlers ist dieser Frage in einem Bearbeitungsversuch mit Hafer auf einem Lößboden nachgegangen. Er maß die Wurzelwachstumsrate pro Tag bei verschiedenen Bodenwiderständen, also verschiedenen Bodenverdichtungen. In der bearbeiteten Ackerkrume endete das Wurzelwachstum bereits bei 36 bar, bei den vom Pflug nicht erfaßten Bodentiefen endete das Wachstum erst bei 51 bar, weil nicht zerstörte Regenwurmgänge und alte Wurzelbahnen den neuen Wurzeln das Wachstum auch bei höheren Bodenwiderständen ermöglichten.

Den Ertragsausfall als Auswirkung nasser Beerntung und Bearbeitung und dadurch bedingter Bodenverdichtungen stellte Maly auf Rot- und Weißlehm fest. Weißlehm als besonders strukturanfällig hatte stärkeren Minderertrag als Rotlehm. Auf dem festgefahrenen Vorgewende waren die Einbußen besonders hoch (Abbildung 23). Weitere Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau zeigten, daß bei druckgeschädigten Böden die schlechte Bodenstruktur nicht durch Düngung kompensiert werden kann (Abbildung 24), weil der Nährstoffzufluß durch fehlende Poren und fehlendes Wasser stark eingeschränkt wird.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß

1. die Verdichtungs Vorgänge sich zumindest bei trockenerem Bodenzustand hauptsächlich im Krumbereich abspielen,
2. mit zunehmender Bodenfeuchte und Tongehalt die Druckeinwirkungen bis in tiefere Bodenschichten gehen,
3. Bodenverdichtungen durch Unterfahren und Frosteinwirkung zu beheben sind,
4. Bodenverdichtungen als physikalische Strukturzustände durch erhöhte Düngung nicht kompensiert werden können.

Abbildungen

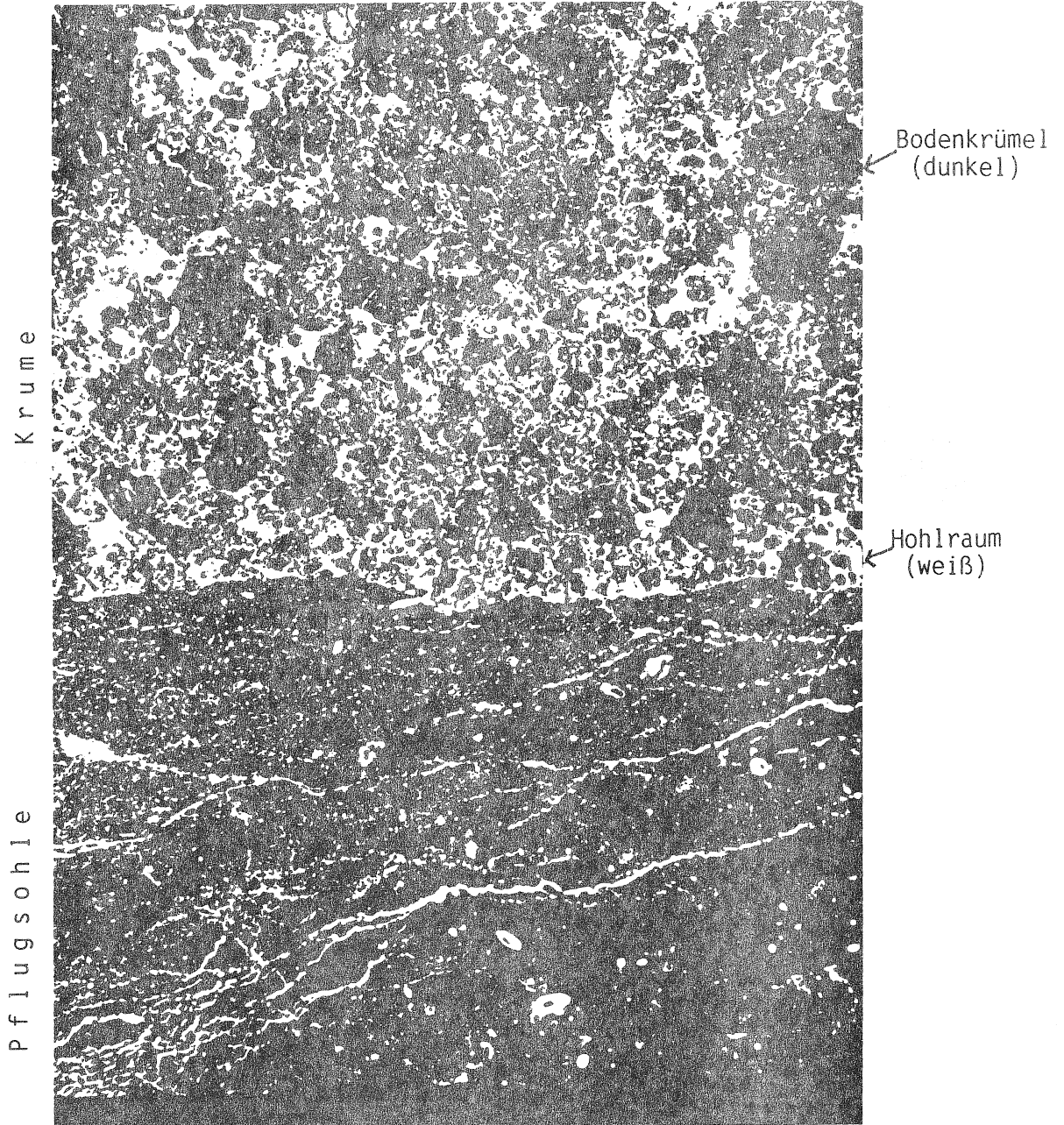


Abb. 1: Lockere Bodenstruktur in gepflügter Krume (oben),
dichte Bodenstruktur in der Pflugsohle (unten)

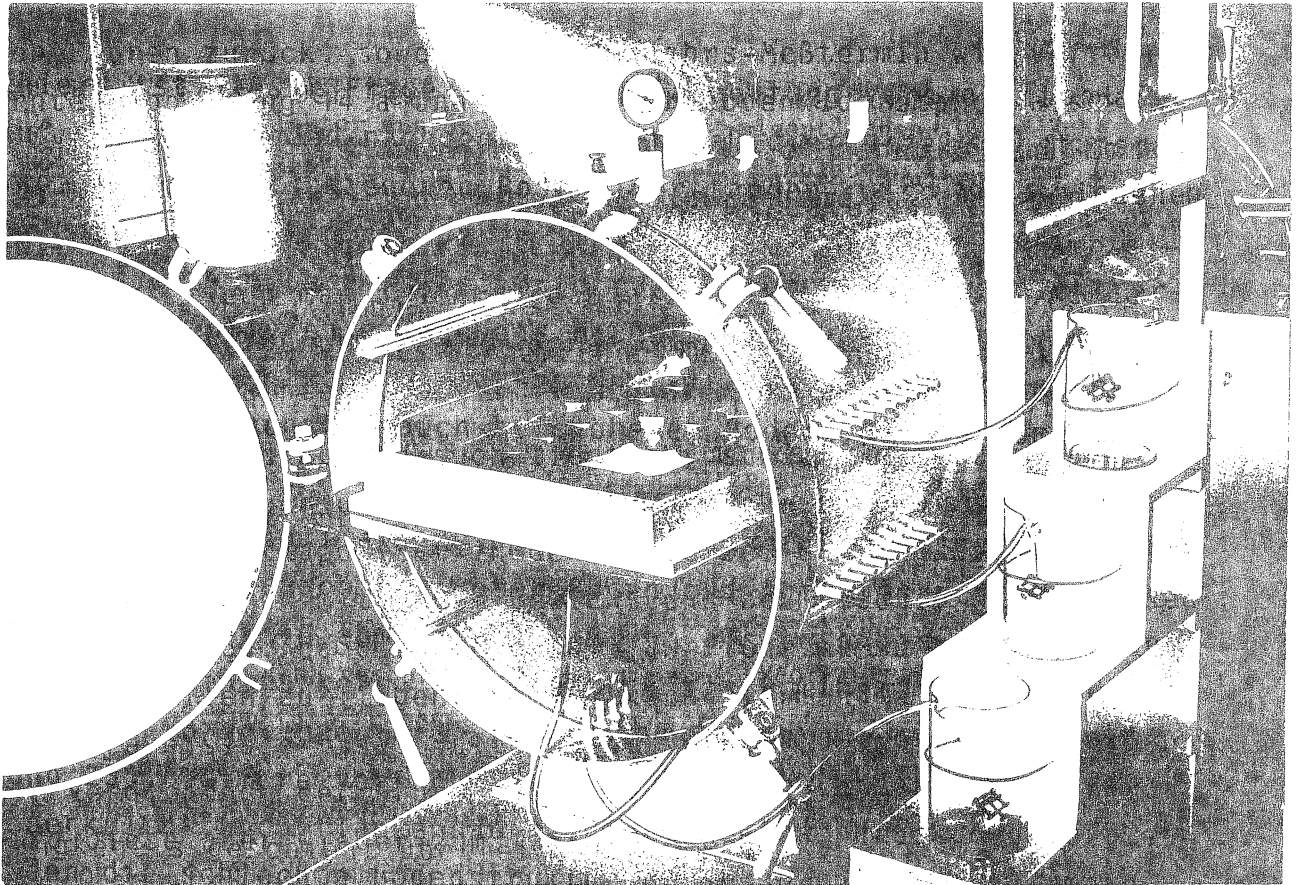


Abb. 2: Druckkammer zur Entwässerung von Bodenproben

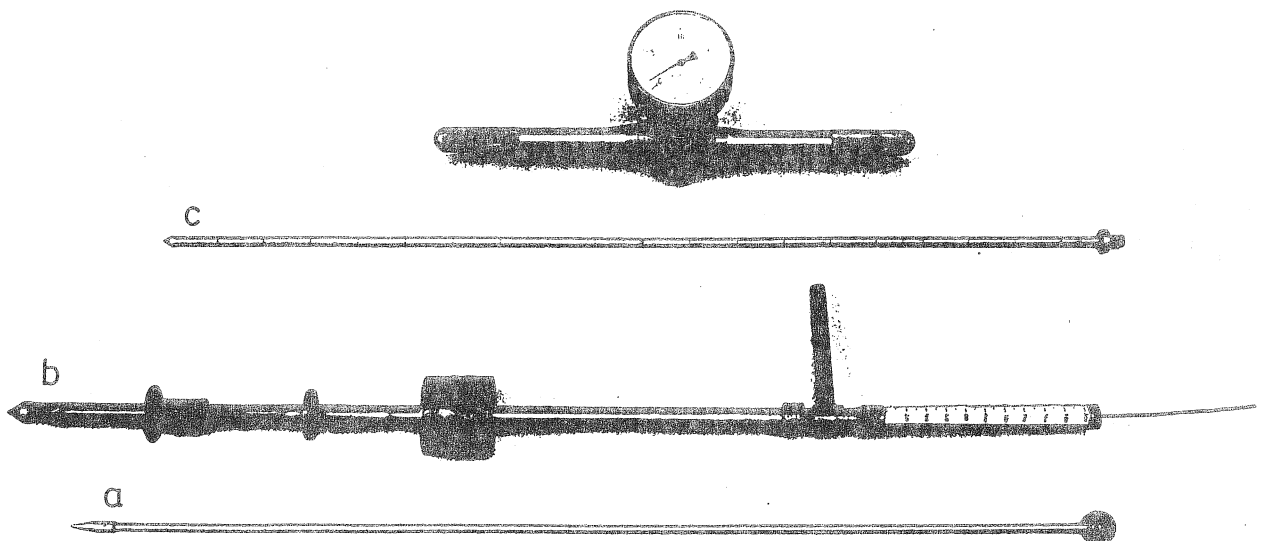


Abb. 3: Verschiedene Ausführungen von Penetrometern

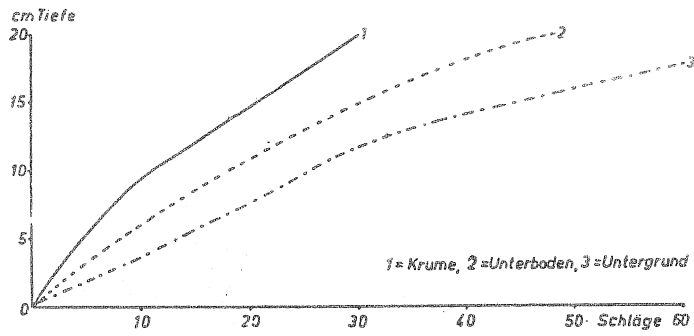


Abb. 4: Bodendichte, gemessen mit einer Schlagsonde (Fallgewicht nach Abb.3b)

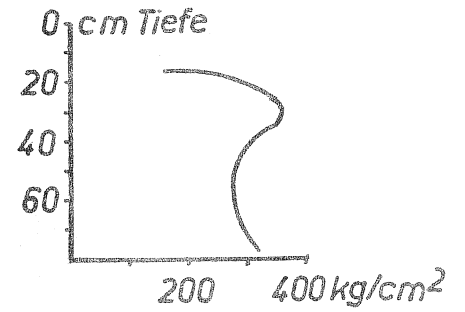


Abb. 5: Abscherwiderstand (nach Schaffer)

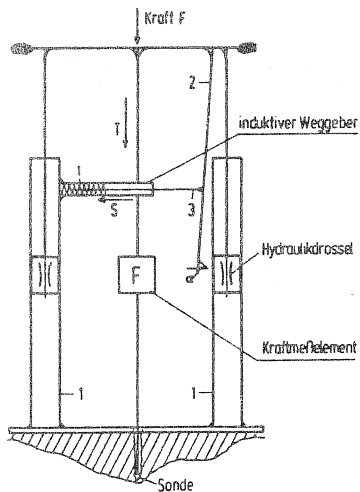


Abb. 6: Skizze des Penetrograph von SOMMER

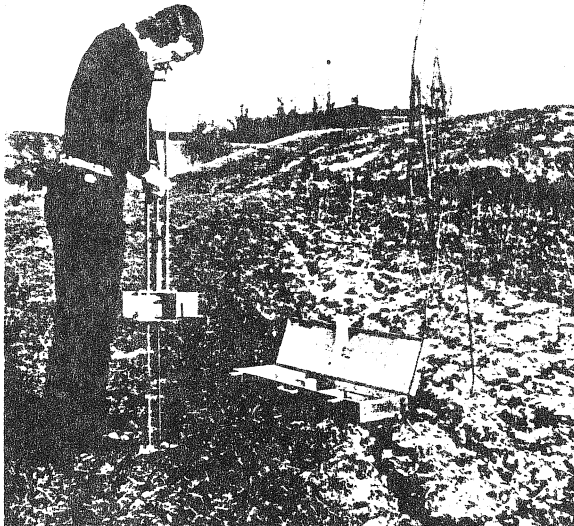
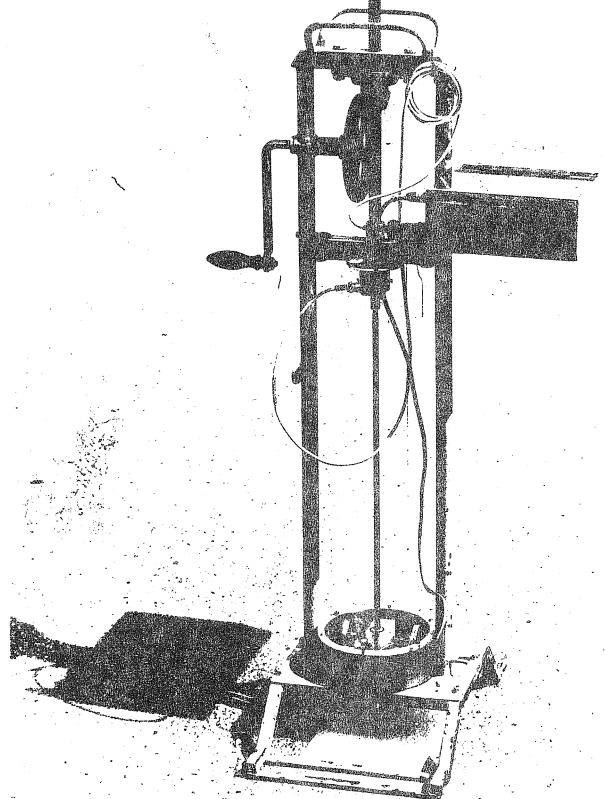
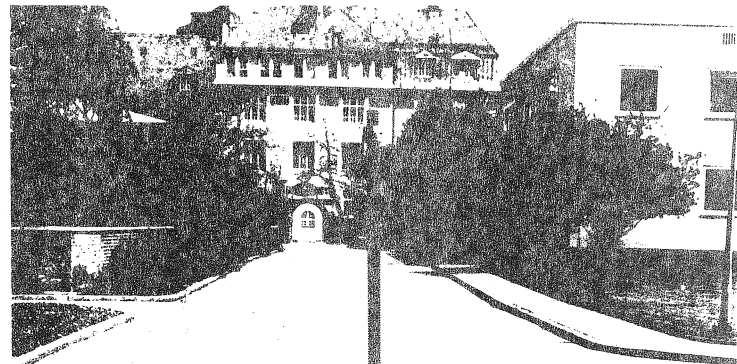


Abb. 7: 06.02 Penetrograph Stiboka

Abb. 8: Penetrograph nach STANZEL

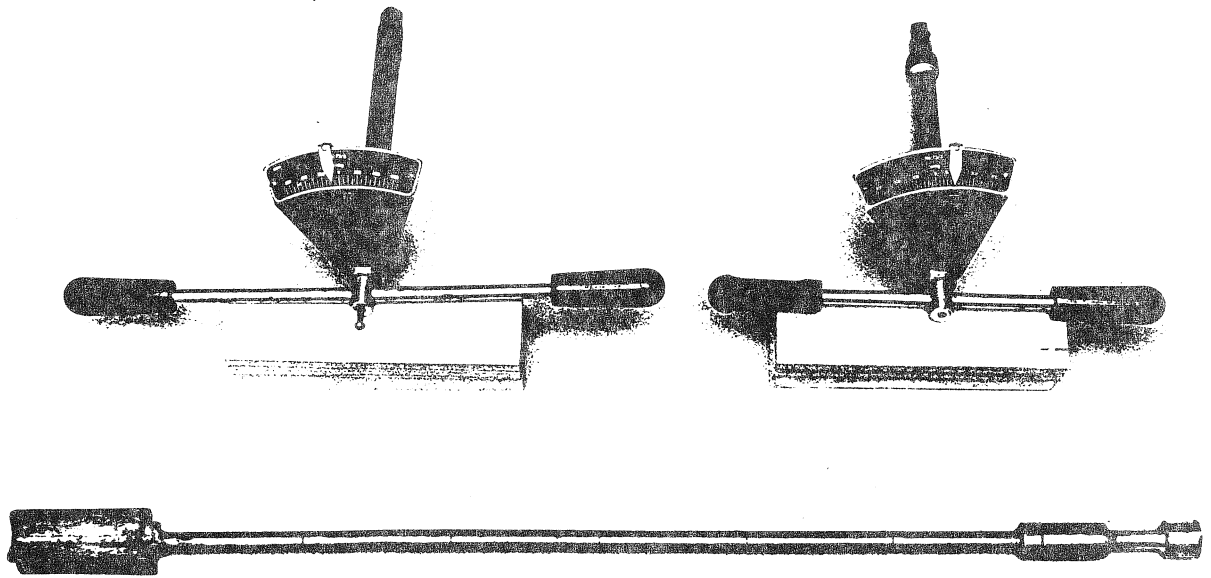


Abb. 9: Flügelbohrer zur Bestimmung des Abscherwiderstandes
(nach Schaffer)

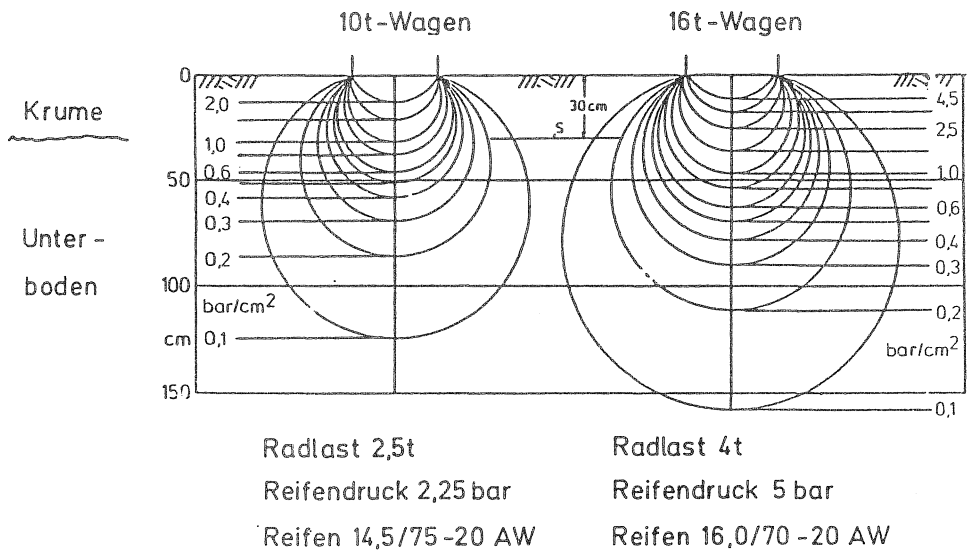
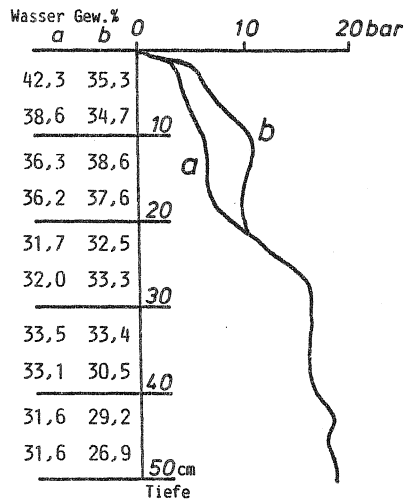
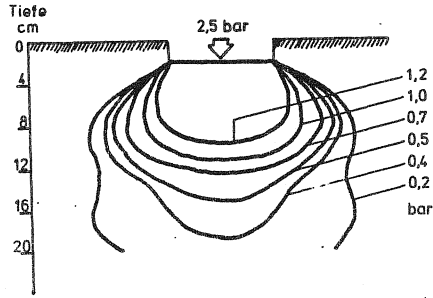
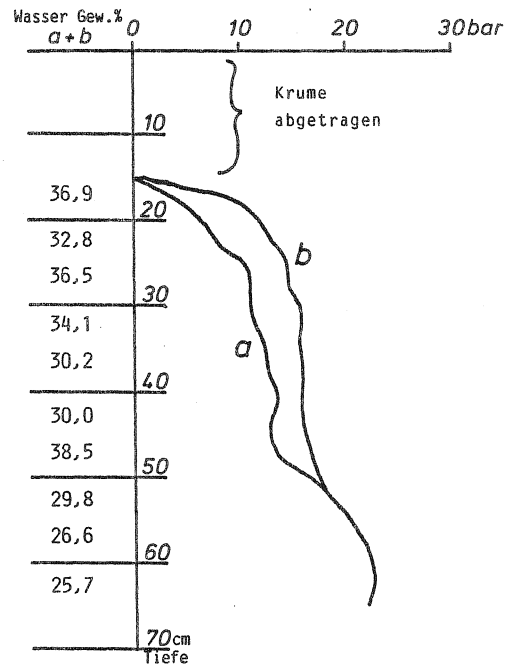


Abb. 10: Druckzwiebeln unter den Reifen von einem 10-t- und einem
16-t-Ackerwagen in einem festeren Boden (nach Bolling und
Söhne)

Abb. 11: Räumliche Druckausbreitung im Boden bei einer Belastung von 2,5 bar



a = ohne Spur
b = Mährescher-Spur



a = Pflugfurche ohne Rad
b = Pflugfurche mit Rad

Abb. 12: Verdichtung in Weitzhausen (16.10.1980)

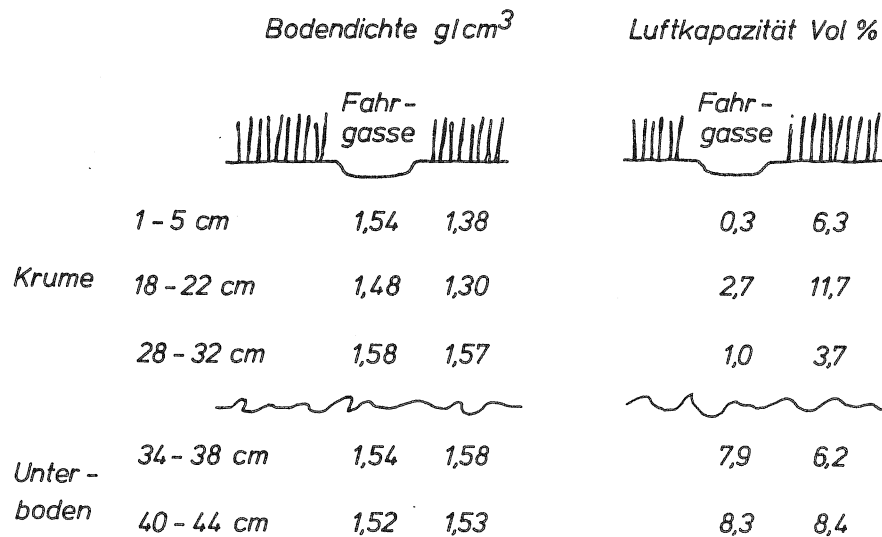


Abb. 13: Verdichtung durch 6 maliges Befahren auf Lehmboden

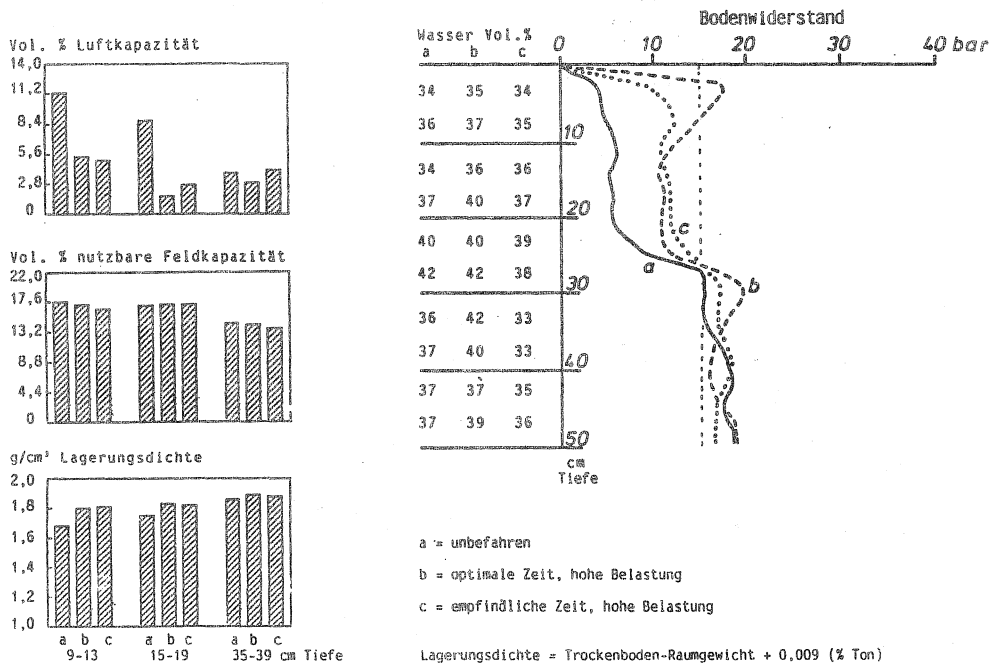


Abb. 14 a: Raddruckversuch Neuhof 16.04.1984

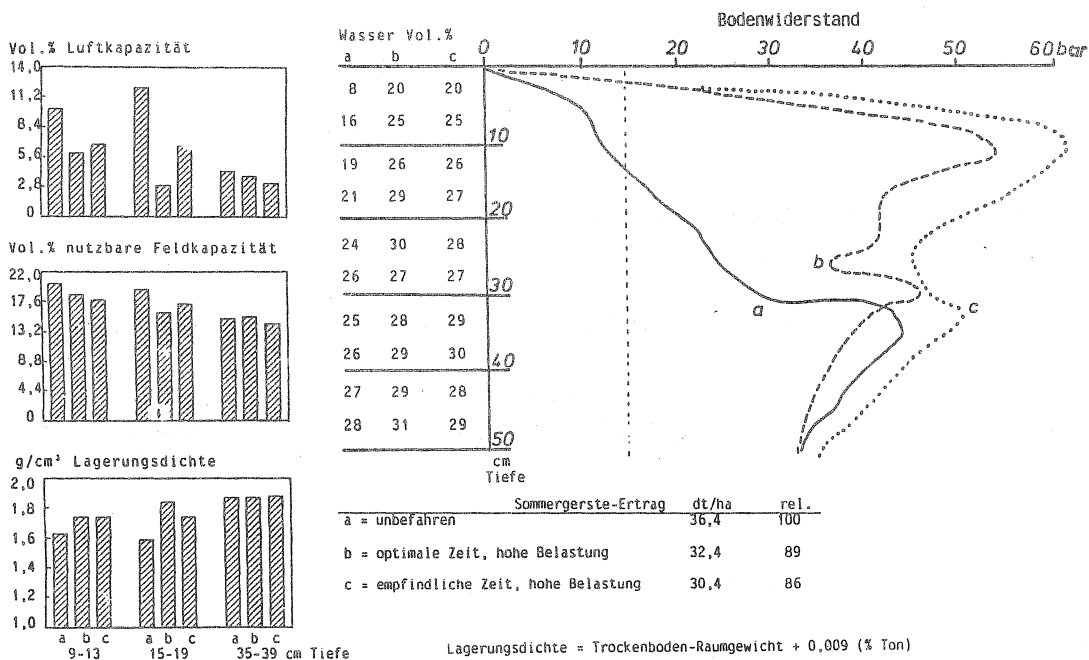


Abb. 14 b: Raddruckversuch Neuhof 11.07.1984

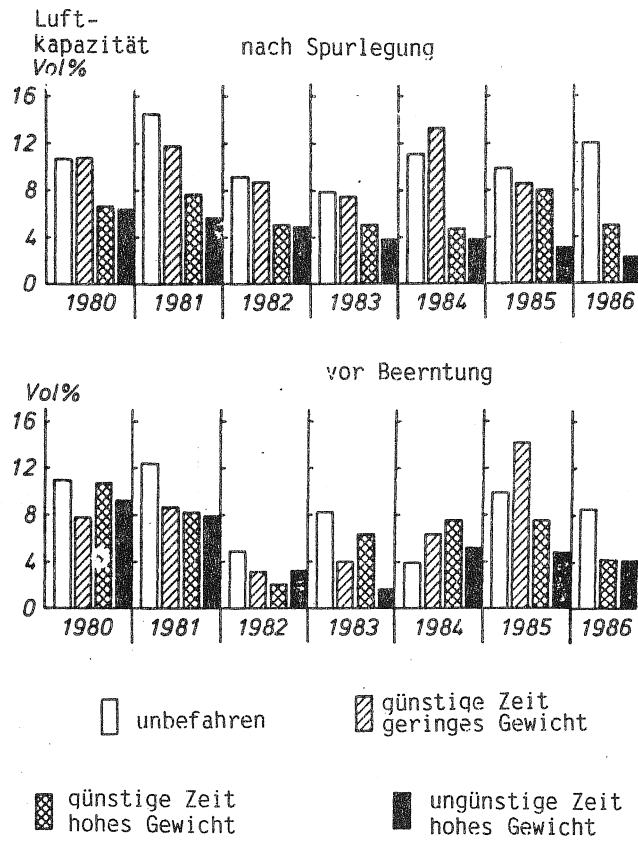
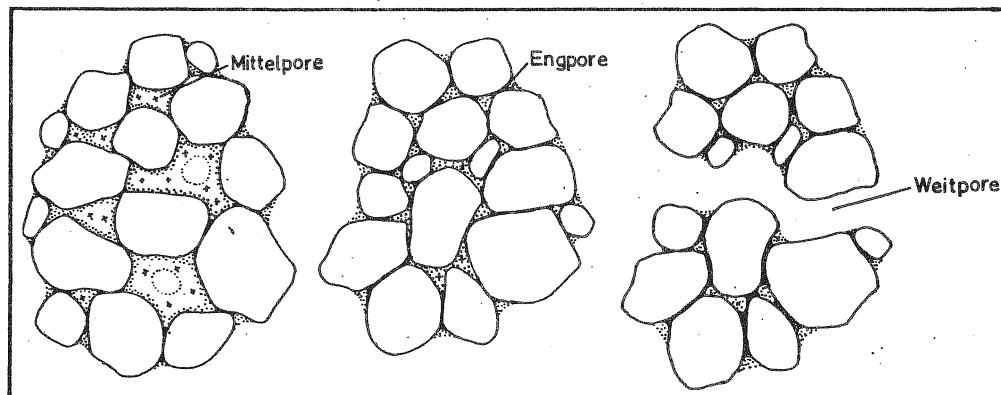


Abb. 15: Raddruckversuch Puch (9 - 13 cm)



Bodenaggregate vor und nach der Bodenbearbeitung

gut strukturiertes Aggregat mit vielen Mittelporen

verdichtetes Aggregat mit vielen Engporen

durch Bearbeitung aufgerissenes verdichtetes Aggregat, kleinere Aggregate bleiben dicht

Abb. 16: Lagerungsdichte von Bodenteilchen

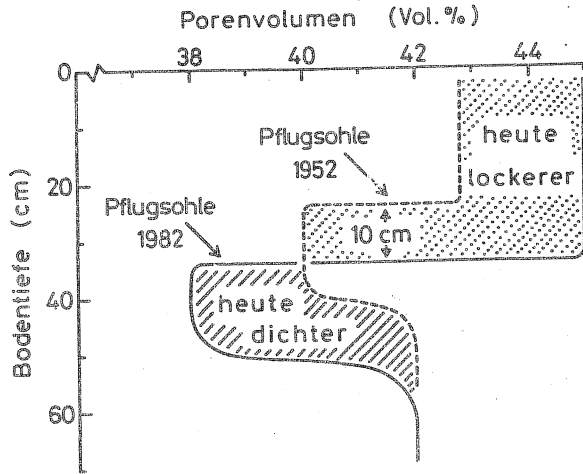


Abb. 17: Porenvolumen in Krume, Schleppersohle und Unterboden (Vergleich 1952 und 1982) (Sommer 1984)

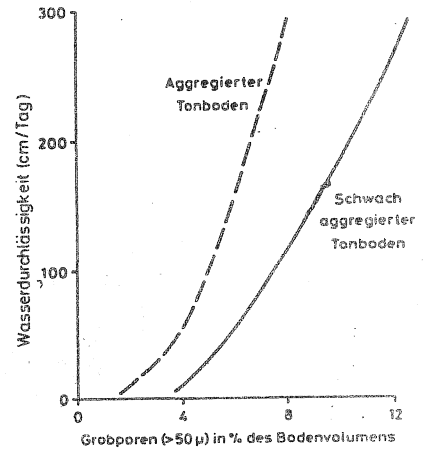


Abb. 18: Der Einfluß grober Poren auf die Wasserdurchlässigkeit von zwei Tonböden (nach Bendixen)

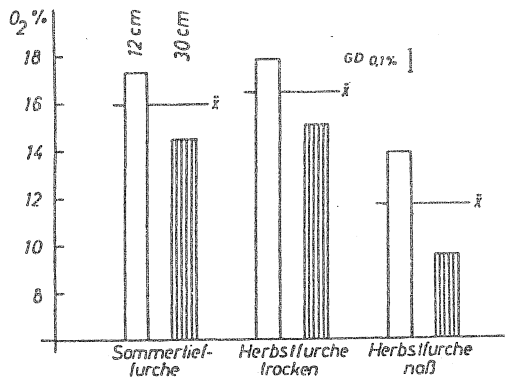


Abb. 19: Einfluß der Bodenbearbeitung auf die Sauerstoffkonzentration in der Krume und in der Pflugsohle (nach Maidl)

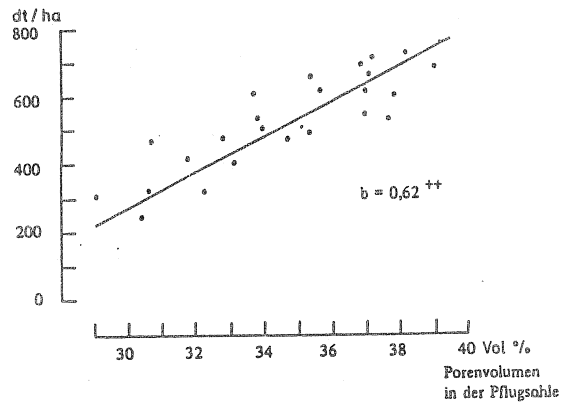


Abb. 20: Beziehung zwischen Rüben-ertrag und Porenvolumen in der Pflugsohle (nach Maidl)

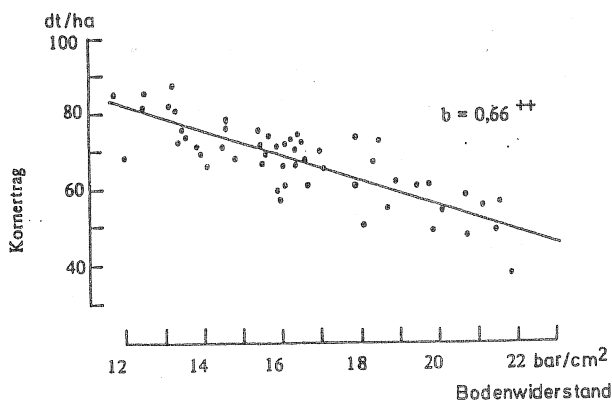


Abb. 21: Beziehung zwischen Bodenwiderstand und Körnermais-ertrag (nach Maidl)

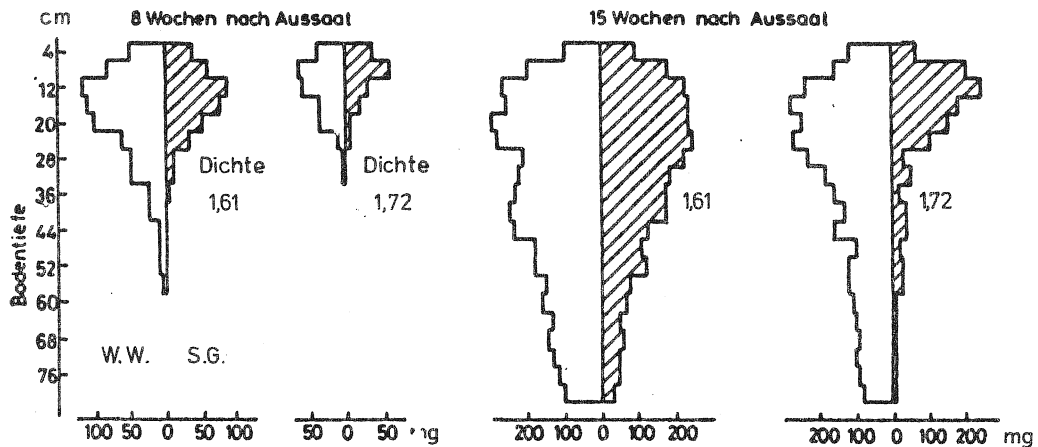


Abb. 22: Wurzelverteilung (mg) im Boden nach Anbau von Winterweizen und Sommergerste (schraffiert) in Abhängigkeit von Verdichtungsgrad der Krumbasis und der Vegetationszeit, Bodenart: lehmiger Sand (nach Lehfeldt)

I. Sommerweizen Arkas nach nasser Zuckerrübenerte und nassem Pflügen

	Ähren/m ²	Ertrag dt/ha
1. Rotlehm (erodierte Parabraunerde, ab 60 cm C _v)	500 (10% Kümmerer)	78
2. Weißlehm (kolluviale Braunerde)	450 (30% Kümmerer)	58
3. Weißlehm/Vorgewende (kolluviale Braunerde)	420	49

II. Winterweizen Rektor nach trockener Kartoffelernte trocken gepflügt und gesät

4. Rotlehm (erodierte Parabraunerde, ab 55 cm C _v)	430	82
5. Weißlehm (Parabraunerde)	350	75

Abb. 23: Einfluß der Bodenstruktur auf Ertrag und notwendiges Stickstoff-Angebot

Frucht	Bodenstruktur			
	gut		schlecht	
	Ertrag dt/ha	notwendige N-Düngung kg/ha	Ertrag dt/ha	notwendige N-Düngung kg/ha
W.Weizen	73,1	150	54,4	183
W.Weizen	79,5	122	76,3	167
Z.Rüben	537,0	200	420,0	310
W.Weizen	80,0	Feldmitte	41,0	Vorgewende

Abb. 24: Auswirkungen nasser Ernte und Bearbeitung (nach Maly)

Hofeigene Getreidelagerung - Technik und Behälter

Dr. Leonhard Rittel, Dr. Arno Strehler

Die EG-Getreidepreispolitik hat nicht nur viele Marktfruchtbetriebe, die auf den Verkauf ihres Getreides zu möglichst gutem Preis angewiesen sind, in Bedrängnis gebracht, sondern auch Gemischtbetriebe, die nicht ihr gesamtes Getreide der Veredlung zuführen, suchen das herbstliche Preital durch Erweiterung der Lagerräumkapazitäten zu umgehen. In den Wirtschaftsjahren 80/81 bis 85/86 betrug die durchschnittliche Maximaldifferenz zum jeweiligen Augustpreis 5,12 DM/dt. Die folgende Darstellung gibt einen Überblick über die Getreidepreisverhältnisse in den letzten Wirtschaftsjahren.

	1980/81	1981/82	1982/83	1983/84	1984/85	1985/86
August	43,30	45,00	47,10	47,30	45,20	39,65
September	43,15	44,20	46,85	47,55	42,90	38,45
Oktober	42,95	44,60	47,75	48,35	43,05	37,30
November	44,20	46,25	48,05	49,50	43,20	40,45
Dezember	47,45	47,80	49,35	50,50	43,70	43,05
Januar	48,00	49,05	50,25	51,35	45,20	44,55
Februar	48,05	50,35	50,75	52,75	46,10	45,00
März	48,80	50,75	51,10	53,20	46,00	45,90
April	48,80	50,70	51,15	52,90	46,70	45,65
Mai	49,05	50,90	50,80	53,55	46,80	45,95
Juni	48,95	51,75	50,20	53,40	46,75	45,55
Juli	42,65	45,70	46,80	46,45	42,95	38,40
max.Differenz zum Augustpreis	5,75	6,75	4,05	6,25	1,60	6,30
Ø Differenzpreis	Ø 5,12 DM/dt - 0,40 DM/dt Schwund =					4,72/ 4,72
Ø Augustpreis	44,60; daraus 4/8% Zins für 9 Monate Lagerzeit =					-1,34/ -2,68
maximaler Mehrerlös gegenüber Augustverkauf = bei 4 bzw. 8 % Zins						3,38/ 2,04

Quelle BML

Rittel

Abb. 1: Die monatlichen Erzeugerpreise für Getreide insgesamt im Durchschnitt aller Absatzwege und im Durchschnitt der Monate in Wirtschaftsjahren 1980/81-1985/86 in DM/dt.

Sicherlich ist der Verkauf ab Mähdrescher der einfachste Weg, aber er schließt auch die Chance zum höheren Erlös aus. Der durchschnittliche Mehrerlös brachte bisher bei 4 % bzw. 8 % Zinsanspruch 3,38 bzw. 2,04 DM/dt. Ein Differenzpreis von 1,60 DM/dt wie im Wirtschaftsjahr 84/85 ist bei hofeigener Lagerung ein Minusgeschäft. Mit 3,38 bzw. 2,04 DM/dt Mehrerlös könnten theoretisch ohne Berücksichtigung des Ein- und Auslagerns bei 5 % AfA, 4 % Zins und 1 % Reparatur Lagerräuminvestitionen von 281 bzw. 170 DM/m³ abgedeckt

werden. Aus dieser Sicht ist die Herstellung eigener Lagerkapazitäten interessant und die knappe Arbeitszeit bei der Ernte ist besser disponierbar, da lange Wartezeiten am Lagerhaus entfallen. Die sinnvolle Minimierung der Kosten für Bau und Technik erhöht natürlich selbstbeeinflußbar den Verkaufserlös, der im August meist noch gar nicht bekannt ist.

Aber bevor ein Landwirt neue Lagerkapazitäten schafft, soll ein Gespräch mit dem aufnehmenden Handel klären, ob die Anmietung von Lagerraum bei freier Disposition des Verkaufszeitpunktes dort nicht preiswerter zu haben ist.

Die Spannweite für die Mechanisierung der hofeigenen Getreidelagerung ist sehr breit. Der eine Landwirt ist mit einem einfach hergestellten Flachlager in einem nicht mehr genutzten Altgebäude zufrieden, während der andere Hochbehälter mit Auslauftrichter und knopfdruckgesteuerter Ein- und Auslagerung mit den dazwischengeschalteten Arbeitstationen bevorzugt. Da zwischen der Lagerform und der dazu passenden Technik eine enge Wechselwirkung besteht, kommt der Entscheidung für das eine oder andere System eine besondere Bedeutung zu. Die Zweckbestimmung des Getreides und die Zahl der Chargen ist für die Wahl des Lagersystems ausschlaggebend. Zur Lagerung von Futtergetreide ist ein gut belüftbares Flachlager auf alle Fälle ausreichend, während für qualitativen Backweizen oder Saatgetreideproduktion Hochbehälter mit notwendiger peripherer Technik arbeitswirtschaftliche und technologische Vorteile bringen. Aber das Wunschenken wird eingegrenzt von der knappen, verfügbaren Preisdifferenz. Aus diesem Grunde kann es keine allgemeinen Empfehlungen geben, sondern jede Lösung muß individuell auf den Betrieb abgestimmt sein, in vernünftigem Zusammenspiel von Technik und Lagerbehälter. Mitentscheidend wird es sein, ob auf dem Betrieb ausreichend überdachte Flächen zur Flachlagerung zur Verfügung stehen, oder ob ein knappes Flächenangebot zur Hochlagerung drängt. Schwieriger wird es, wenn in alte Betriebsgebäude mit überkommener Baukonstruktion Hochbehälter und Technik bauspezifisch eingepaßt werden müssen.

Körnerfrüchte sind im erntefähigen Zustand unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland nur selten direkt lagerfähig. Während Raps und Körnermais grundsätzlich getrocknet werden müssen, kann Getreide auch im lagerfähigen Zustand geerntet werden. Dies ist dann der Fall, wenn 16 % Feuchtegehalt unterschritten sind. Andernfalls sind Konservierungsmaßnahmen notwendig, um Mikroorganismen wie Hefen, Schimmelpilze und Bakterien in ihrer Aktivität einzuschränken. Auch die Respiration (Atmung der Körner) hängt in erster Linie von der Feuchte aber auch von der Temperatur des Kornes ab. Mikroorganismen erhöhen durch ihre Tätigkeit zusätzlich den Feuchtegehalt und die Temperatur des Getreides, sie verbessern damit ihre Lebensbedingungen, der Verderb des Gutes schreitet beschleunigt voran.

Um die Mikrobenaktivitäten einzuschränken, eignen sich folgende

Konservierungsmaßnahmen:

- Erhöhung des Säuregrades
- Wärmeentzug
- Sauerstoffabschluß
- Wasserentzug

Die Erhöhung des Säuregrades kann durch Milchsäurevergärung aber auch durch Zugabe organischer Säuren erfolgen. Dieser Pfad der Feuchtkonservierung ist aber nur empfehlenswert, wenn das Produkt direkt am Betrieb verfüttert wird. Säuren werden mit speziellen Sprühgeräten an Förderschnecken auf das Getreide versprüht. Die Verfahrensleistungen sind hoch, die Kosten für die Technik relativ gering, allerdings schlagen die Säurekosten stärker zu Buche. Bei der Milchsäurevergärung ist zu beachten, daß das ausgelagerte Gut zur Nachgärung neigt, dadurch können erhöhte Verluste auftreten. Das Verfahren "Wärmeentzug" beruht darauf, daß Getreide bei geringeren Temperaturen auch mit höheren Feuchtegehalten lagerfähig ist. Auch hier ist zu beachten, daß die Entnahme des gekühlten Gutes die Gefahr in sich birgt, daß sich das Getreide erwärmt, gewisse Kondensationserscheinungen auftreten und bei längerer Zwischenlagerung Verluste auftreten können. Die Kühlung an sich verlangt im Verhältnis zur Trocknung nur einen sehr geringen Energieaufwand. In der Regel ist die Körnerkühlung lediglich ein Zwischenkonservierungsverfahren oder aber es wird zusätzlich zur Trocknung verwendet.

Bei der gasdichten Lagerung geht es darum, die auf Sauerstoffzufuhr angewiesenen Mikroorganismen abzutöten. Eine Kohlendioxidatmosphäre im Behälter verhindert das Mikrobewachstum, die Respiration wird ebenfalls auf diese Weise unterbunden. Allerdings sind gasdichte Behälter relativ teuer, deshalb hat sich dieses Konservierungsverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis nicht stark ausdehnen können.

Wählt man den Weg der Trockenkonservierung, so ist man mit der Verwertung des Getreides flexibel, hat ein geringes Verlustrisiko und kommt mit konventioneller Technik zur Förderung, Reinigung und Verwiegung des Getreides zurecht. Da dieses Trockenkonservierungsverfahren nach wie vor für die meisten Betriebe die beste Option darstellt, insbesondere weil sehr oft die Gelegenheit besteht, das Erntegut lagerfähig einzubringen, wird nachfolgend nur dieses Verfahren näher diskutiert.

Da das Korn eine lebende Materie ist, sind weitere Verluste oder eine gewisse Wertminderung über die Lagerdauer unvermeidlich. Es gilt, diese Verluste möglsichst gering zu halten. Diese Verluste sind in erster Linie auf die Aktivitäten von Bakterien, Pilzen, Hefen, Kleintiere und unsachgemäße Handhabung bei der Trocknung zurückzuführen. Die jährlichen Verluste an gelagertem Getreide werden weltweit mit 10 % angesetzt. Dabei sind allerdings tropische Regionen eingeschlossen, dort bewegen sich die Verluste im Bereich

von 25 - 50 %, in gemäßigten Klimaten bewegen sich die Verluste im Bereich von 1 - 5 % pro Jahr.

Verschiedenste Faktoren sind in die Wertminderung des Produktes eingeschlossen:

- chemische Änderungen im Produkt
- Wachstum von Mikroorganismen
- Entwicklung von Insekten
- Fraß durch Nagetiere
- Fehlbehandlung des Produktes durch den Menschen
- Verwendung schlechter Behälter und Lagereinrichtungen
- zu hohe Temperaturen und zu hohe Feuchte im Produkt

Die Verluste zeigen sich auf verschiedene Weise:

- Gewichtsverluste
- Nährwertverlust
- Mengenverlust
- Wertminderung
- Senkung der Keimfähigkeit

Zur sicheren Lagerung ist also in erster Linie darauf zu achten, daß die Feuchtegehalte unter den zulässigen Werten liegen. Zwischen Getreide und Außenluft stellt sich eine Gleichgewichtsfeuchte ein. Liegt diese Gleichgewichtsfeuchte unter dem Wert, der 70 % relativer Luftfeuchte entspricht, dann ist bei 20 °C Lagertemperatur eine sichere Lagerung erzielt. Aus den Werten der Gleichgewichtsfeuchte läßt sich die notwendige Feuchte der verschiedenen Fruchtarten festlegen. Abbildung 2 zeigt Feuchtegleichgewichtskurven für verschiedene Körnerfrüchte.

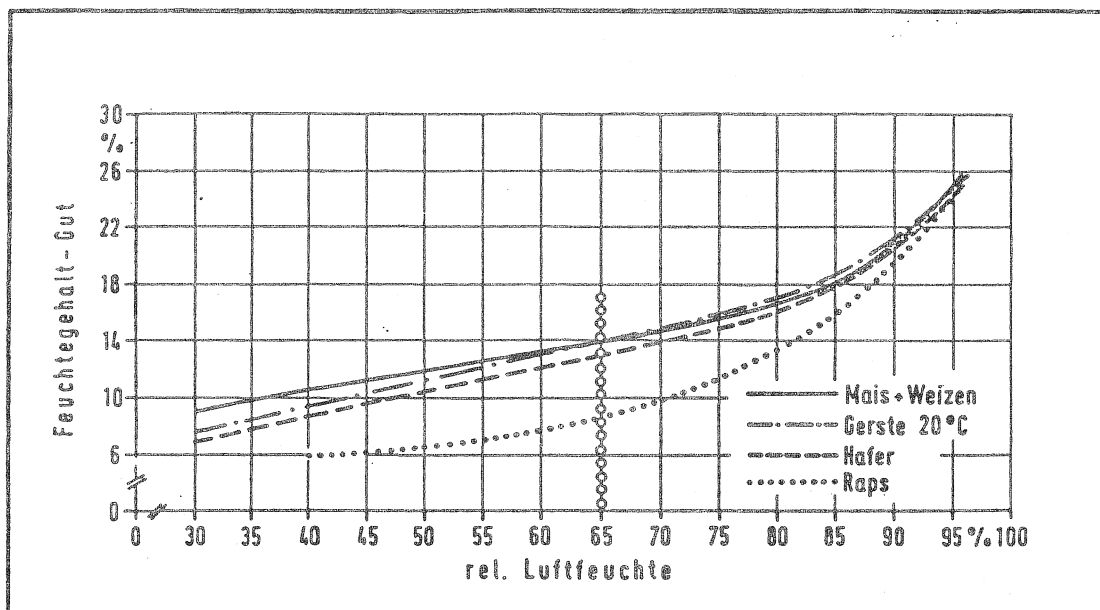


Abb. 2: Feuchtegleichgewichtskurven für verschiedene Körnerfrüchte für eine Temperatur von 20 °C

Die Hauptgetreidearten und Körnermais müssen demzufolge auf 14 -16 % Feuchtegehalt herabgetrocknet werden, Raps sogar auf 8 - 9 %. Wird der Lagerbehälter zusätzlich gekühlt, dann können die Feuchtegehalte bei der Einlagerung auch um 2 - 3 Prozentpunkte höher liegen, allerdings ist zu bedenken, daß im Handel höhere Feuchtegehalte nicht akzeptiert werden. Ähnliches gilt für die Saatgut- anerkennung. Die erforderlichen Endfeuchtegehalte von Körnerfrüchten für den Direktverkauf und die Lagerung am Betrieb werden in der nachfolgenden Tabelle wiedergegeben:

Tab. 1: Erforderliche Endfeuchtegehalte von Körnerfrüchten für Direktverkauf und Lagerung im Betrieb

Hauptgetreide- arten	für Saatgut- anerkennung	Handels- ware Abnahme ohne Abzug	Lagerung im Betrieb	
			ohne Lager- kühlung	mit Lager- kühlung
Endfeuchtegehalte				
	%	%	%	%
Weizen, Gerste, Hafer	16	15,5	15	17
Roggen	15	15,5	14	16
Körnermais	14	14	13	16
Raps	9	9	9	9
Ackerbohnen, Erbsen	15	14	12	15

Um diese geringen Feuchtegehalte sicher und jedes Jahr zu erzielen, müssen Einrichtungen zur Trocknung geschaffen werden.

Grundsätzlich sind zwei Trocknungsverfahren zu unterscheiden, die Außenlufttrocknung und die technische Trocknung (mit Luftanwärmung). Bei der Außenlufttrocknung (= Belüftungstrocknung) dient der Lagerbehälter als Trocknungsbehälter. Bei der Warmlufttrocknung verfügt man in der Regel über getrennte Trocknungsbehälter. Abbildung 2 veranschaulicht die verschiedenen Trocknungsverfahren.

Bei der Belüftungs- und Warmlufttrocknung wird durch Verwendung von elektrisch getriebenen Gebläsen Luft durch das Trockengut gedrückt oder gesaugt. Bei der Belüftungstrocknung kommt es darauf an, die richtige Schichthöhe und die notwendige Gebläseleistung herauszufinden, außerdem ein Luftverteilsystem zu wählen, das billig und dennoch wirksam ist. Bis zu 25 % Kornfeuchte funktioniert die

reine Belüftungstrocknung noch relativ gut. Höhere Feuchtegehalte zwingen zum Einsatz einer Warmlufttrocknung.

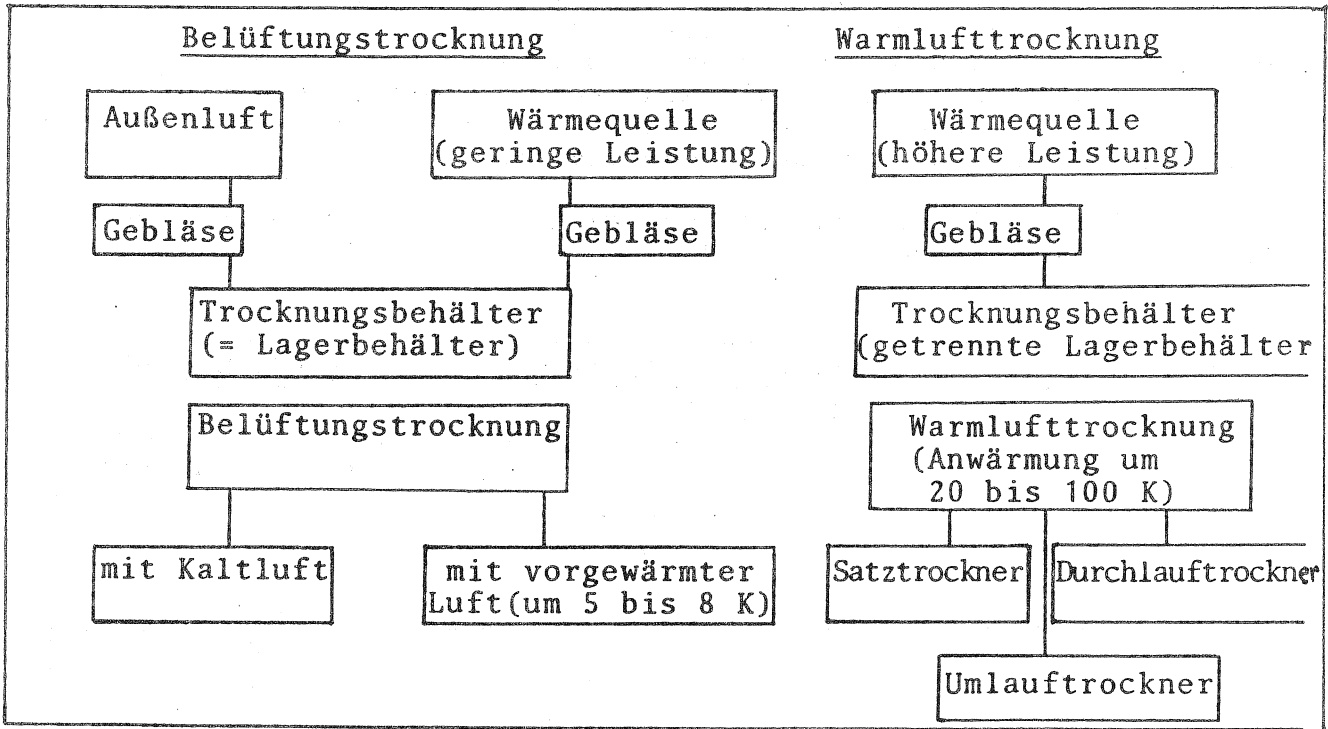


Abb. 3: Aufbau von gebräuchlichen Getreidetrocknungssystemen

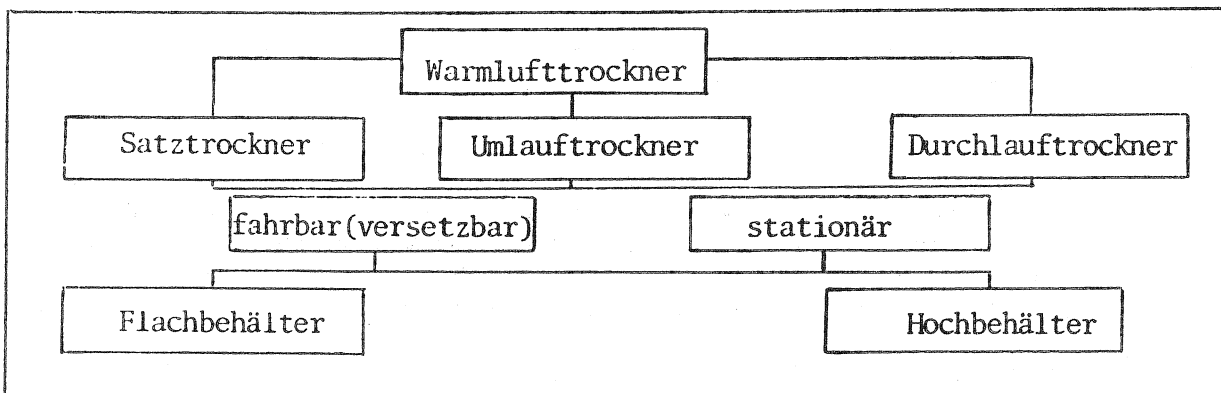


Abb. 4: Warmlufttrockner-Bauarten

Bei der Belüftungstrocknung werden entweder im Fall von Flachbehältern Luftkanäle eingezeichnet, die einen Abstand von nicht mehr als der Schütthöhe aufweisen sollten. Es kommen aber auch Düsenböden infrage (pneumatische Entleerung) oder aber Dränageschläuche mit ausreichend großem Durchmesser. Eine Luftvorwärmung um 5 °C erhöht die Trocknerleistung wirksam.

Warmlufttrockner:

Je nach Betriebsart wird in Satzrockner, Umlaufrockner und Durchlaufrockner unterschieden (s. Abb. 4).

Satzrockner:

Für bäuerliche Betriebe ist meist der Warmluft-Satzrockner am kostengünstigsten, zumindest bis 40 ha Getreidefläche. Abbildung 5 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Satzrockner (Flachbehälter).

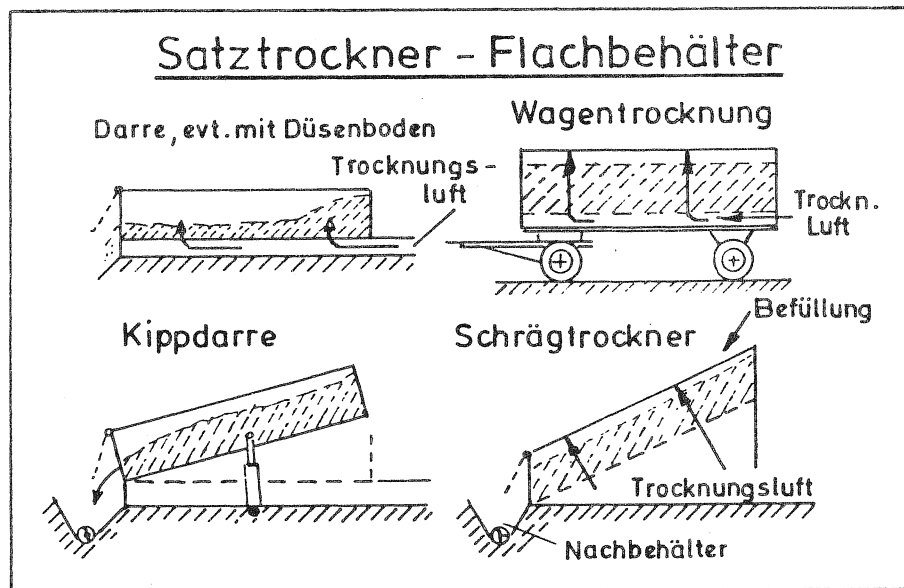


Abb. 5: Satzrockner als Flachbehälter

Bei Getreide werden im Fall von Flachbehältern Trocknungsleistungen von 0,5 - 10 t/h installiert. Flachbehälter haben den Vorteil, daß sich die Stärke des Trocknungsgutes beliebig einstellen bzw. dem Gut anpassen läßt. Beim Flachbehälter mit Düsenboden ist der teure Kippmechanismus eingespart. Die Entleerung erfolgt mit Gebläse, die Staubbelastung ist allerdings nachteilig. In einigen Betrieben werden Kippdarren vorgezogen, andere wiederum sind mit der Wagentrocknung am besten beraten, insbesondere dann, wenn dieses Trocknungssystem auch für andere Produkte Verwendung findet, wie z.B. Holzhackschnitzel zu Wohnhausbefeuern. Dieses Verfahren setzt

allerdings eine größere Zahl von Transportfahrzeugen voraus. Dieses versetzbare Trocknungssystem eignet sich besonders für den überbetrieblichen Einsatz. In diesem Fall muß auch der Warmluftzeuger versetzbar sein. Da man im Freien trocknet, vermeidet man Gebäudeschäden. Wenn jedoch die verfügbare Grundfläche am Hof gering ist, muß man auf Satz Trockner in Hochbehälterform zurückgreifen. Hier sind vor allem zylindrische Trockner und Rechtecktrockner zu unterscheiden. Diese Trocknerbauart wird im Bereich von 1 - 10 t/h Trocknungsleistung angeboten.

Umlauf Trockner:

Dieser Trockner stellt ein Mittelding zwischen Satz Trockner und Durchlauf Trockner dar. Wie beim Satz Trockner wird so lange Warmluft eingespeist, bis das Getreide nahezu den Endfeuchtegehalt erreicht hat, durch anschließendes Kühlen wird noch weiteres Wasser entzogen. Das Gut bleibt während des Trocknungsvorganges in Bewegung, dadurch bilden sich keine feuchten Nester oder besonders trockene bzw. hitzebelastete Zonen aus.

Beim Durchlauf Trockner wird ständig Frischgut aufgegeben und Trockengut entnommen, er ist in eine Trocknungs- und Kühlzone aufgeteilt. Durch den technischen Aufwand ist diese Trocknerbauart teurer, daher kommt sie auch nur für höhere Leistungsanforderungen infrage (ab 2 t/h). Die Preise der Trockner liegen im Bereich von 5.000 - 10.000 DM je t/h Trocknerleistung.

Für den kleinen bäuerlichen Betrieb kann man in der Regel Warmluft Satz Trockner empfehlen, soweit man nicht mit der reinen Belüftungstrocknung (Lager Trocknung) auskommt.

Zum Betrieb eines Trockners ist es notwendig, die Feuchtegehalte des Getreides zu bestimmen. Billige, langsame Methoden sind: 100 g Produkt in eine Trocknungsschale füllen, 1 - 2 Stunden bei 130 °C im Backofen belassen, Rückwiegung, Gewichts Differenz = Prozent Feuchtegehalt.

Verwendung eines sogenannten Trocknungsschranke, Bestimmungsprinzip wie oben.

Einfüllung von ca. 200 g Getreide in gasdichten Behälter (mit Deckel verschließbares Glas), Zugabe eines Hygrometers (Meßgerät für die relative Luftfeuchte), Ablesung nach 20 min, Feuchtebestimmung über Gleichgewichtskurven.

Feuchtemeßdose mit eingebautem Hygrometer und aufgedruckten Sorptionsisothermen - Anschaffungspreis ca. 50 DM.

Feuchteschnellbestimmer für den elektrischen Widerstand, Direktanzeige - Kaufpreis 300 - 500 DM.

Eichfähiger Exaktbestimmer über die Messung der Dielektrizitätskonstanten, Mahlen des Gutes, Einfüllen eines bestimmten Volumens oder einer bestimmten Gewichtsmenge in eine Meßzelle mit Preßdeckel, Direktablesung der Feuchtegehalte je nach Getreideart, getrennte Anzeige, Anschaffungspreis ab 1.500 DM.

Zur Bestimmung der Lagerfestigkeit und zur Bestimmung des Trock-

nungsendes genügen die billigen Feuchtemeßgeräte.

Für die meisten landwirtschaftlichen Betriebe ist es nicht ausreichend, lediglich Lagerbehälter aufzustellen. Neben der Vorrichtung für Befüllung und Entleerung sollte man wenigstens einen Vorreiniger zur Absonderung von Fremdbesatz und Leichtteilen vorsehen. Empfehlenswert ist darüber hinaus der Einsatz einer Durchlaufwaage (muß nicht eichfähig sein), einer Staubkammer und Belüftungseinrichtungen für die Lagerbehälter. Abbildung 6 zeigt die möglichen Wege des Getreideflusses für eine Anlage.

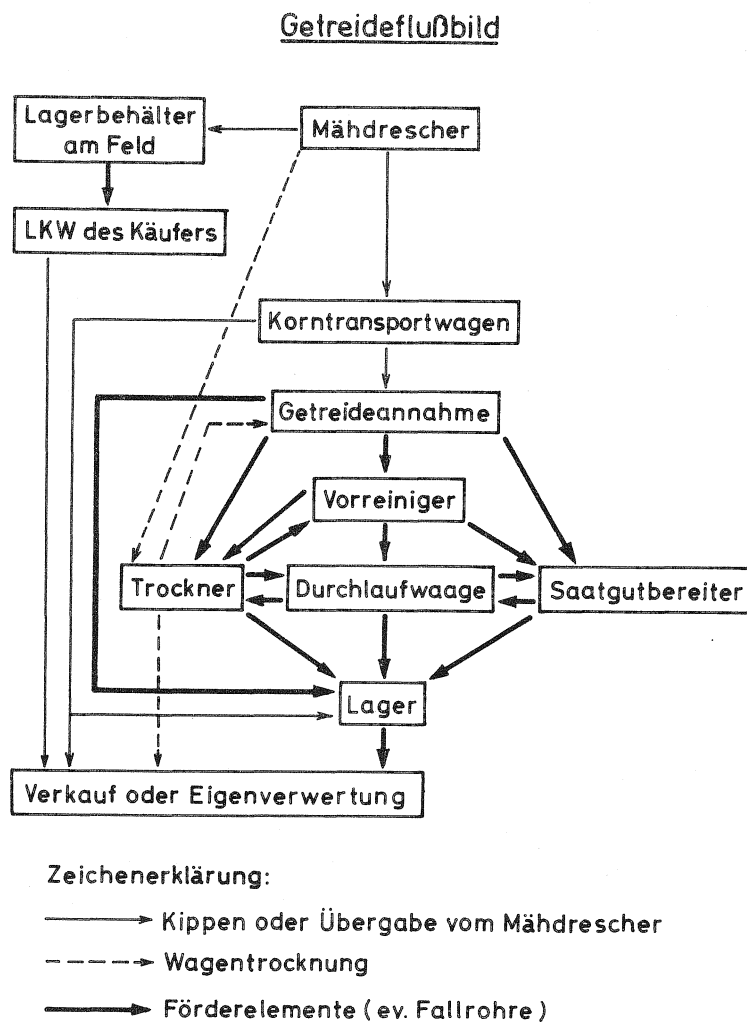


Abb. 6: Getreideaufbereitung.

Geht man davon auf, daß das Getreide lagerfest und ausreichend gereinigt vom Feld kommt, so kann man vom Kipper direkt in das Fördererelement dosieren und den Lagerbehälter füllen. Diese Einfachstlösung genügt jedoch für die meisten Betriebe nicht. Es ist empfehlenswert, ab 20 ha Getreideanbaufläche eine Annahmegrube in der Nähe der Lagerbehälter aufzubauen und diese wird von Fördererelementen, am billigsten von Schnecken, entleert. Das Gut läuft über eine Vorreinigung, Waage, Fördererelement in die einzelnen Silos, wie das in Abbildung 7 dargestellt wird.

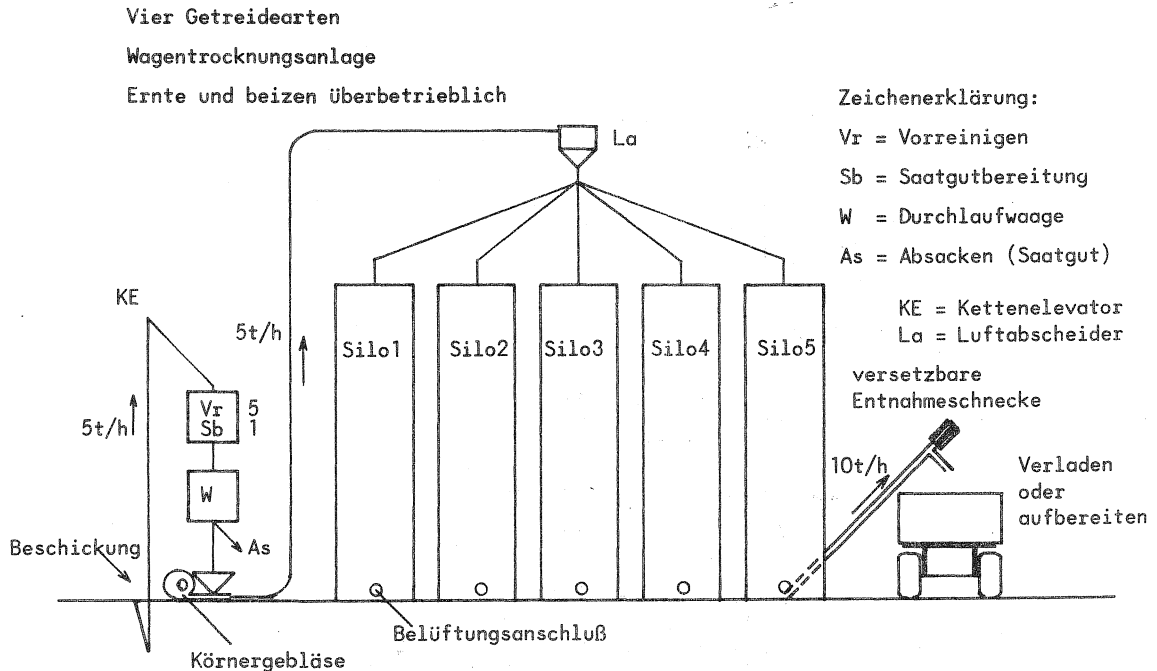


Abb. 7: Lagerungsanlage für Betrieb mit 60 ha Getreidefläche - Saatgutvermehrung.

Neben den Arbeitsstationen müssen auch noch die Leistungen festgelegt werden. Es gibt wenig Sinn, die Ernte an einem Tag einzulagern. Dazu müßten die Fördererelemente und Arbeitsstationen viel zu groß dimensioniert werden. Sie würden dadurch zu teuer. Man wird je nach Betriebssituation eine Einlagerungszeit von 5 -10 Tagen unterstellen.

Es gibt einfache pneumatische Vorreiniger um einen Preis von ca. 2.000 DM, die lediglich Leichtgut absondern. Für Verkaufsfruchtbetriebe muß empfohlen werden, zumindest einen Siebvorreiniger einzuplanen, der 3.000 bis 5.000 DM kostet. Mit diesem Siebvorreiniger wird leichtes Material, zu großes und zu kleines Material vom gewünschten Erntegut abgetrennt. Die Siebvorreiniger sind so anzuordnen, daß man die Abfallfraktionen möglichst im freien Fall in

verschiedene Boxen weiterfördern kann. Das bedeutet, daß dieser Siebvorreiniger wenigstens in der 1. Etage oder noch höher installiert wird.

Es gibt relativ preiswerte Durchlaufwaagen, die allerdings nicht eichfähig sind. Diese erlauben eine einfache Ertragskontrolle für die einzelnen Schläge.

Für Saatgutvermehrungsbetriebe ist es notwendig, neben der Absonderung von Leichtteilen auch eine Sortierung nach Kornbreite und Kornlänge vorzunehmen. Hierzu gibt es spezielle Saatgutbereiter als Kompaktmaschinen, die bezogen auf eine Durchsatzleistung von 1 t/h ca. 10.000 DM kosten.

Bei der Förderung und Reinigung von Getreide entsteht viel Staub. Dieser sollte gesammelt werden. Dazu dient ein Sauggebläse, das mit einer sogenannten Staubkammer verbunden ist. Diese Staubkammer besteht aus einem Lattengerüst, Grundfläche ca. 2 x 4 m, Höhe 2 m, dessen Seitenwände und Decke mit Stoff bespannt sind. Der Staub fängt sich in den Tüchern, die saubere Abluft tritt aus. Die Tücher sind gelegentlich abzuklopfen, um den Durchgang der Luft zu gewährleisten. Diese Staubkammern verhindern, daß Staub in das Gebäude eintritt, sich an der Bausubstanz ablagert. Die Arbeit der Staubabscheider wird durch vorgeschaltete Zyklone verbessert.

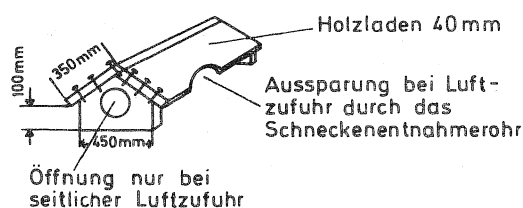
Zur Verbindung der einzelnen Arbeitsstationen sind, soweit es die Höhenunterschiede erlauben, Fallrohre einzusetzen, diese haben in der Regel einen Durchmesser von 15 cm. Sind Höhenunterschiede nicht nutzbar, müssen Waagrecht- oder Schrägförderelemente verwendet werden. Besonders kostengünstig sind Körnerschnecken. Gebläse sind dort angebracht, wo verwinkelte Gebäude und weite Transportentfernungen gegeben sind. Ketten- und Gurtelevatoren zeichnen sich durch hohe Förderleistung aus, sind aber nicht billig. Eine sehr schonene Gutsförderung ist mit Förderbändern möglich (wichtig für Bohnen und Erbsen), diese Förderbänder sind jedoch erheblich teurer als die vorgenannten Förderelemente. Der Waagrechtförderung dienen Schüttelrinnen, Horizontalförderbänder, Ringkreisförderer, sonstige Kettenförderer.

Lagerbehälter sind in ihrem spezifischen Preis abhängig von der Bauart und vom Material, aber insbesondere von ihrer Größe. Je großvolumiger der Behälter und je geringer der Unterschied zwischen Höhe und Durchmesser, desto kostengünstiger ist der Lagerraum. Das führt zum Einbau möglichst großer Lagerbehälter. Sind jedoch Kleinchargen zu trennen, so muß eine höhere Zahl von Lagerbehältern eingesetzt werden. Werden die Lagerbehälter nicht mit Belüftungseinrichtungen versehen, dann muß ein zusätzlicher Behälter als Leerbehälter zum gelegentlichen "Umlaufenlassen" des Getreides installiert werden.

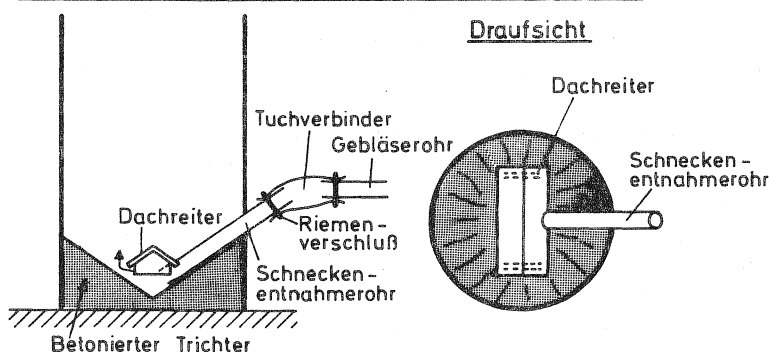
Generell wird aber empfohlen, die Lagerbehälter mit Belüftungseinrichtungen zu versehen. Das können von der Industrie gekaufte

Belüftungskanäle sein oder aber, der Landwirt installiert sich selbst Belüftungsreiter, wie sie in Abbildung 8 vorgeschlagen sind. Zwei Läden mit 40 mm Stärke werden dachförmig aneinandergesetzt. Ein Tragelement, meist ebenfalls ein giebelartig geschnittenes Brett, dient als Stütze. Das Belüftungsgebläse wird mit dem Hohlraum unter dem Belüftungsdach verbunden. Die Luft tritt unter dem Dach nach unten in das Getreide aus. Diesen Dachreiter kann man in Behälter mit Auslauftrichtern anbringen oder aber flach am Boden aufsetzen, wie in der Darstellung gezeigt wird. In der Regel wird die Luft über ein Schneckenentnahmerohr eingeblasen. Bei Neubausituation wäre es jedoch vorzuziehen, in den Behälterboden Belüftungseinrichtungen zu bauen.

Belüftungsreiter aus Holz



1. Einbau in Rundbehälter mit betoniertem Trichter



2. Einbau in Behälter mit Flachboden

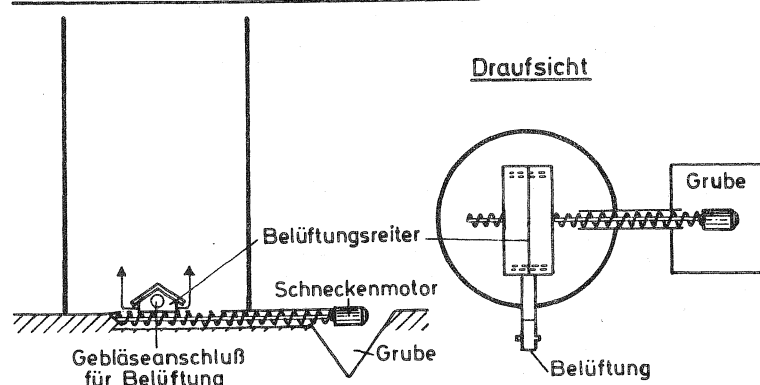


Abb. 8: Bau- und Einbauanleitung, Belüftungsreiter zur Getreidekühlung (-kaltbelüftung).

Für größere Lagereinrichtungen wird empfohlen, zusätzlich Körnerkühlgeräte einzuplanen. Damit werden die Lagerungsverluste nochmals abgesenkt. Diese Körnerkühlgeräte können überbetrieblich eingesetzt werden, mit ihnen gelingt es auch, bei hoher Außenlufttemperatur das Getreide auf 5 - 10 C abzukühlen. Diese Investition lohnt auf keinen Fall für einen kleineren Einzelbetrieb. Hier verwendet man besser kalte Außenluft (Nachtluft), sobald die Möglichkeit gegeben ist. (Näheres zur Körnerkühlung s. DLG-Merkblatt 171 (1)).

Bei der Frage, ob und wie groß eine Warmlufttrocknungsanlage sein soll, ist es notwendig, sich Gedanken über den Energieaufwand zur Luftanwärmung zu machen, aber auch die notwendige Trocknerleistung zu bestimmen. Abbildung 9 zeigt den Ölbedarf zur Luftanwärmung für verschiedene Körnerfrüchte. Für zwei Stufen von Heizölpreisen werden die dazugehörigen Kosten zur Luftanwärmung angegeben.

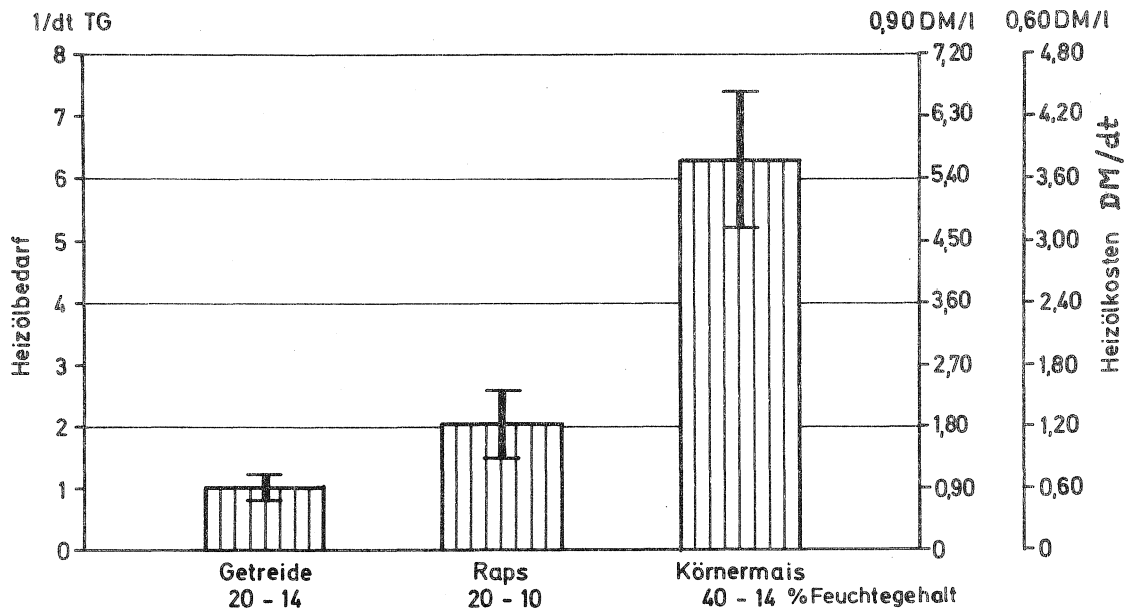


Abb. 9: Heizölbedarf und -kosten zur Trocknung von Körnerfrüchten (Bezug 1 dt Trockengut).

Die notwendige Wasserentzugsleistung hängt sehr wesentlich vom Anfangs- und Endfeuchtegehalt ab. Abbildung 10 erlaubt den notwendigen Wasserentzug aus dem Anfangs- und Endfeuchtegehalt gravimetrisch zu ermitteln. Über den notwendigen spezifischen Wärmeaufwand wird dann auf der Abzisse nach rechts die notwendige Ölmenge je 100 kg Trockengut abgelesen. Bei verschiedenen Heizölpreisen sind darunter die Energiekosten zur Warmlufterzeugung zu entnehmen.

Über die verfügbare Zahl von Trocknungstagen und dem anstehenden Trocknungsgut lässt sich die notwendige Trocknerdurchsatzleistung ermitteln, hierzu gibt Abbildung 11 eine gravimetrische Planungshilfe.

Über die Schüttgewichte der einzelnen Körnerfrüchte lässt sich der Lagerraum bestimmen. Tabelle 2 gibt die notwendigen Daten für vier verschiedene Ertragsstufen wieder.

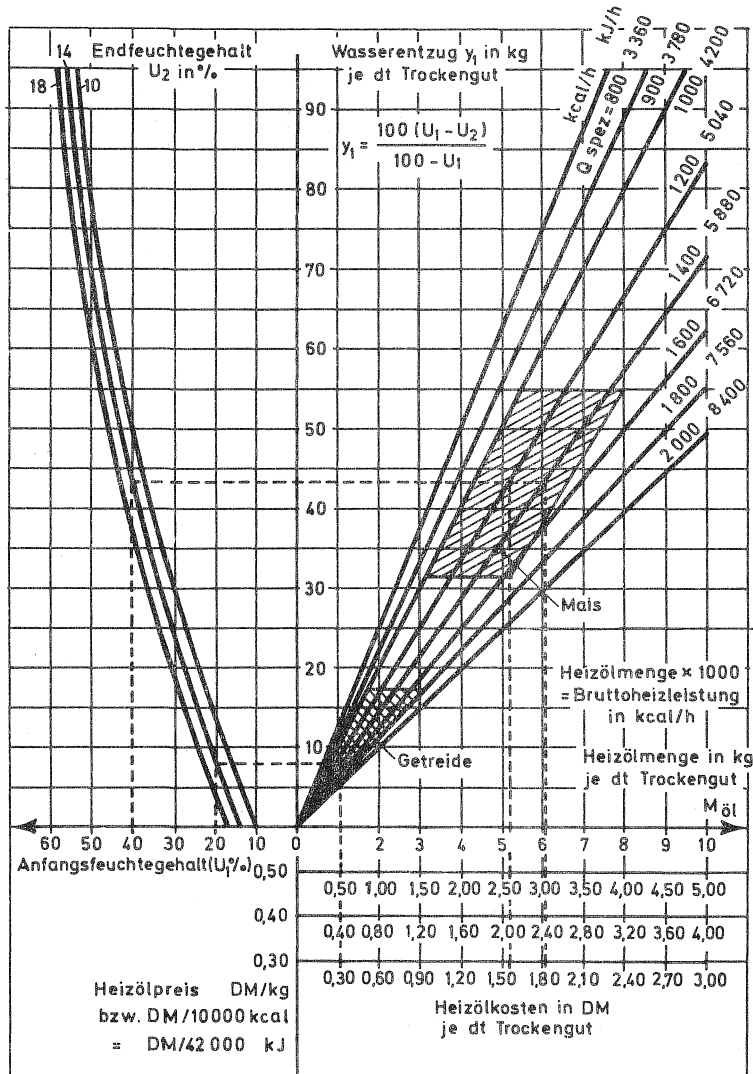


Abb. 10: Verbrauch und Kosten an Heizöl je dt Trockengut bei unterschiedlichen Anfangsfeuchtegehalten U_1 , Endfeuchtegehalten U_2 und spez. Wärmeaufwand Q_{sp} bei verschiedenen Heizölpreisen.

Sollten Mikroorganismen im Getreide aktiv werden, weil nicht ausreichend getrocknet wurde, so zeigt sich dies in einer Temperaturerhöhung im Getreidelager. Es ist daher notwendig, regelmäßig Temperaturmessungen durchzuführen, entweder mit Fernthermometer oder mit Steckthermometern. Sobald ein Anstieg der Temperatur festzustellen ist, muß augenblicklich ein neuer Belüftungsgang erfolgen, um das Getreide wieder abzukühlen. Dabei tritt ein gewisser Trocknungseffekt ein. Wenn keine Belüftungseinrichtungen vorhanden sind, muß das Getreide umlaufen. Im Extremfall ist es nochmals zu trocknen.

Es ist wichtig, vor Einlagerung der Ernte sämtliche Getreidebehälter gründlich zu reinigen und von Lagerschädlingen zu befreien. Zur Feuersicherheit sollten die Getreidelager staubfrei gemacht werden.

Eindringende Feuchte ist auf jeden Fall zu vermeiden. Die Dächer sind regelmäßig zu inspizieren.

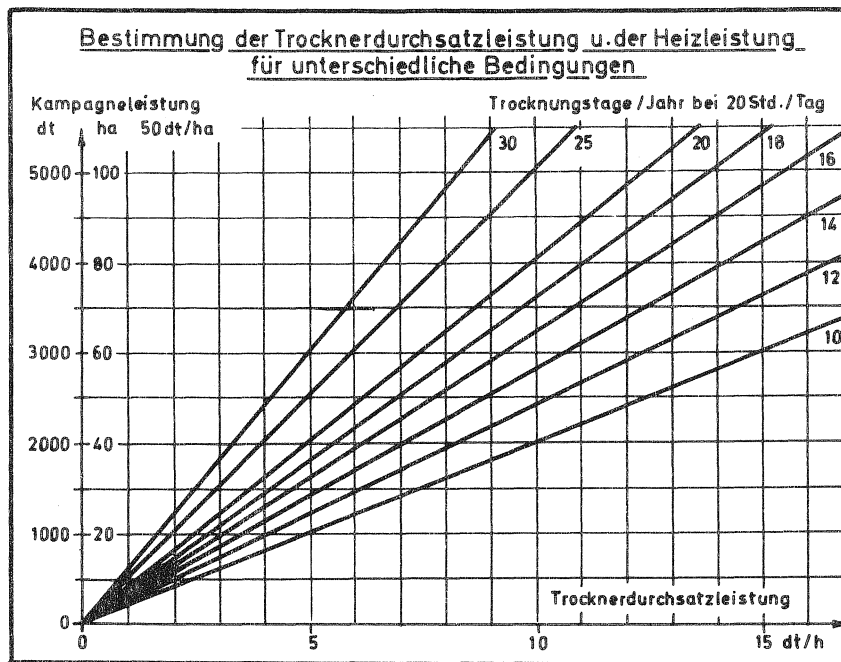


Abb. 11:

Tab. 2: Schüttgewichte und Lagerraumbedarf für gereinigte und getrocknete Körnerfrüchte

Fruchtart	Schüttgewicht dt/m ³		Lagerraumbedarf in m ³ /ha bei Erträgen von ...dt/ha			
	Ø	Spanne	30	40	50	60
Gerste	6,5	6,1 - 6,9	-	6,2	7,7	9,2
Weizen	7,6	7,3 - 7,9	-	5,3	6,6	7,9
Hafer	5,0	4,7 - 5,3	-	8,0	10,0	12,0
Roggen	7,5	7,1 - 7,9	-	5,3	6,7	8,0
Körnermais	7,2	6,6 - 7,8	-	5,6	6,9	8,3
Ackerbohnen	7,5	7,0 - 8,0	-	5,3	6,7	8,0
Raps	7,4	7,1 - 7,7	4,0	5,4		

Die Möglichkeiten auf dem Bauernhof Getreide zu lagern, sind sehr vielfältig. Sie reichen vom altbekannten Schüttlager auf dem Dachboden des kleineren landwirtschaftlichen Betriebes bis zu den Silobatterien in der eigenen Lagerscheune des Getreidebaubetriebes. Viele Zwischenformen unterschiedlichster Ausführungsarten wie leerstehende Gärfuttermilchsilos oder ausgeräumte Mastbullenställe ergänzen das Bild. In nachstehender Übersicht sind die wichtigsten Flachlagersysteme zusammengestellt:

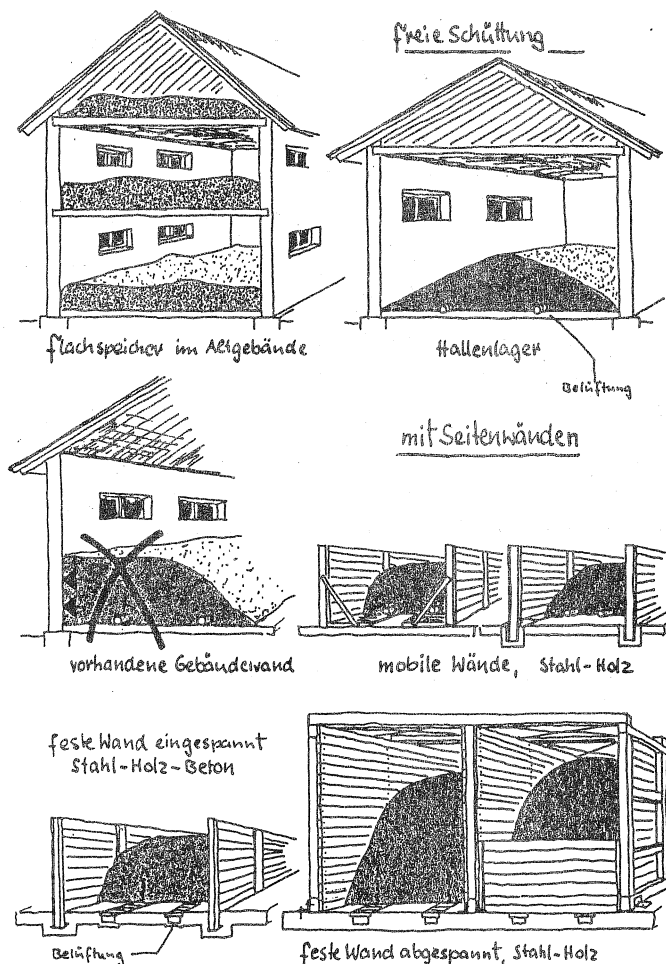


Abb. 12: Getreidelagersysteme Flachlager

Wie allgemein bekannt, ist der Einfallsreichtum landwirtschaftlicher Getreidelagerräumhersteller unerschöpflich. Da sind die skurrilsten Baukonstruktionen zu finden, die sich vor allem dadurch auszeichnen, daß sie bis dato überlebt haben, ohne größeres Unheil anzurichten. Aber selbstverschuldete Bauschäden werden meist sehr diskret behandelt und unauffällig beseitigt.

Beim Kauf von Fertigbehältern und bei plangerechter, bauseitiger Montage liegt das statische Risiko beim Behälterlieferanten. Beim Eigenbau von Flach- oder Hochbehältern, die meist betriebsspezifisch angepaßt werden, ist eine eigene statische Berechnung oder wenigstens

tens die nahe Anlehnung an ein vergleichbares und ordentlich ausgeführtes Objekt sehr zu empfehlen. Die Bayerische Bauordnung sieht in Art. 66 (1) Ziffer 6 c vor: "Keiner Genehmigung bedürfen die Errichtung oder Änderung von ortsfesten Behältern mit einem Rauminhalt bis zu 50 m³." Dies entspricht einem Wellblechrundbehälter ohne Trichter mit 4,00 m Durchmesser und 4,00 m Höhe oder einem quadratischen Behälter mit 3,50 m Seitenlänge und ebenfalls 4 m Höhe. Ob diese Behälter aufgeständert und mit einem Trichter versehen werden, beeinträchtigt die Genehmigungsfreiheit nicht. Dies gilt auch für das Aufstellen mehrerer separater Einzelbehälter bis je 50 m³ nebeneinander. Nicht ganz klar ist die Situation, wenn 50 m³ Behälter batterieartig mit gemeinsamer Trennwand gebaut werden. Behälter mit mehr als 50 m³ Inhalt sind generell genehmigungspflichtig.

Flachbehälter bis 2,50 m Seitenwandhöhe sind nach Art. 66 (1) Ziffer 9 genehmigungsfrei, wie dies auch für Fahrsilos zutrifft.

Nach Art. 66 (1) Ziffer 8 sind Gärbehälter bis 6 m Höhe ungeachtet des Inhalts genehmigungsfrei. Wird dieses Silo jedoch mit Getreide gefüllt und faßt mehr als 50 m³, dann tritt die Genehmigungspflicht ein, weil die gesetzliche Zweckbestimmung geändert wurde.

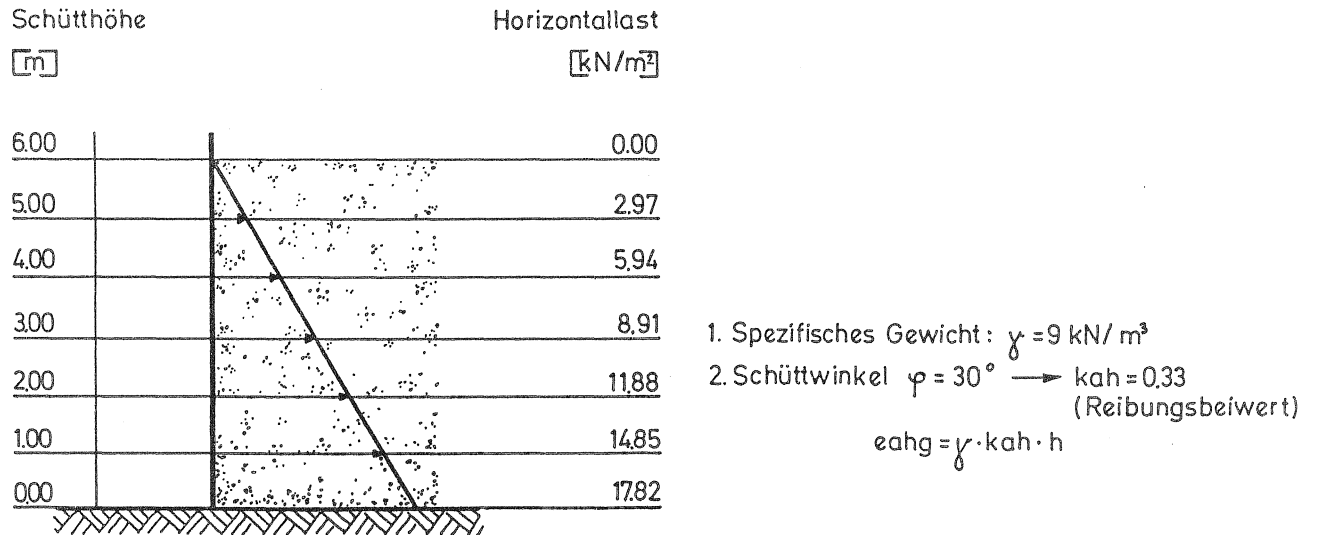


Abb. 13: Seitendruck von Schüttgütern

Grundkenntnisse über die Größenordnung der auftretenden Kräfte bei Getreidelagerbehälter verhindern die Fehleinschätzung über die notwendigen Bauteilabmessungen. In nachfolgender Abbildung

sind in Abhängigkeit von der Schütthöhe die auf die Seitenwand von Flachbehältern wirksamen Kräfte pro m² angegeben:

Wie aus der Darstellung zu entnehmen ist, wird bei einer Schütthöhe von 2,00 m eine Quadratmeterbelastung der Wand von 5,94 kN wirksam. Bei 4,00 m Schütthöhe erhöht sich diese Last auf 11,88 kN, also fast 1,2 to. Obwohl diese Kräfte zum oberen Behälterrand hin auf 0 abnehmen, können sie nicht durch ein vorhandenes Mauerwerk oder eine leichtfertige Baukonstruktion abgefangen werden.

Ein ganz anderes statisches Verhalten zeigen Silozellen eckiger oder runder Form. Der Behälterquerschnitt und damit das Verhältnis zwischen Querschnittsfläche und Umfang sind hier von ausschlaggebender Bedeutung. Diese Werte beeinflussen maßgebend den Verlauf der Füll- und Entleerungslast. Da letztere immer größer ist, weil sie mögliche Brückenbildungen und deren Einsturz berücksichtigen muß, richtet sich die Bemessung nach diesem Wert. In nachfolgender Abbildung sind diese Zusammenhänge aufgetragen.

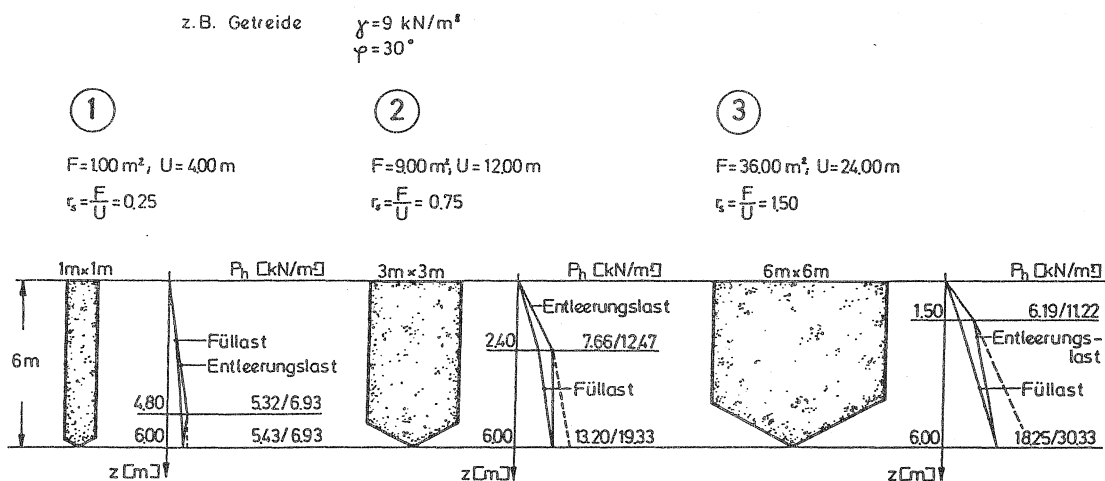
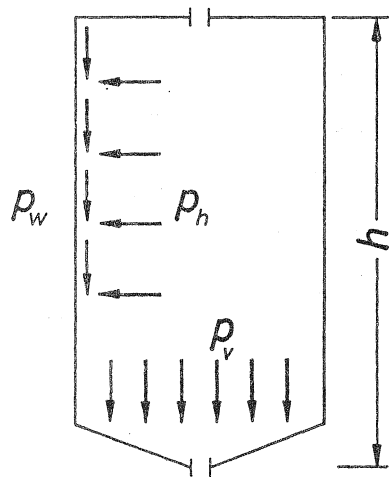


Abb. 14: Silodruck von Schüttgütern

Die sich aus der Berechnung ergebenden wirksamen Kräfte werden über drei Komponenten abgetragen: P_v als Vertikallast, P_h als Horizontallast und P_w als durch die Horizontallast verursachte Wandreibungslast. Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht die Auswirkungen dieser Komponenten auf den Behälter.

Da die wenigsten Betriebe soviel überdachte Flächen haben, daß eine freie, am Rand abgeflachte Getreideschüttung möglich ist, sind Abtrennwände fast immer nötig. Zur Mehrzwecknutzung vorhandener Unterstellhallen werden gerne mobile Wandelemente verwendet. Diese können aus abgespannten Dreieckstützen oder aus herausnehmbaren, eingespannten Stahlträgern bestehen. Eingeschobene Holzbohlen

bilden die Wandflächen. Die Bemessung der Materialstärken richtet sich nach der Spannweite der Bauteile und nach der Schütthöhe. In den nachfolgenden Abbildungen sind mehrere Varianten dieser Lager-systeme dargestellt.



- P_v Vertikallast
vertikale Last in Mp/m^2 , die auf die Querschnittsfläche des Silogutes wirkt
- P_h Horizontallast
horizontale Last in Mp/m^2 , die auf die Silowände wirkt
- P_w Wandreibungslast
vertikale Last in Mp/m^2 , die über die Wandreibung in die Silowände eingetragen wird

Abb. 15: Lasten bei Silozellen

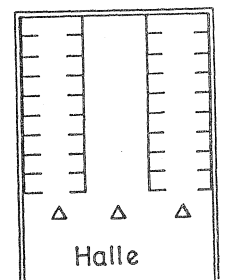
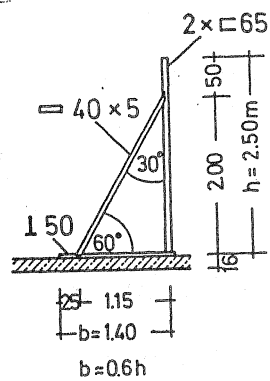
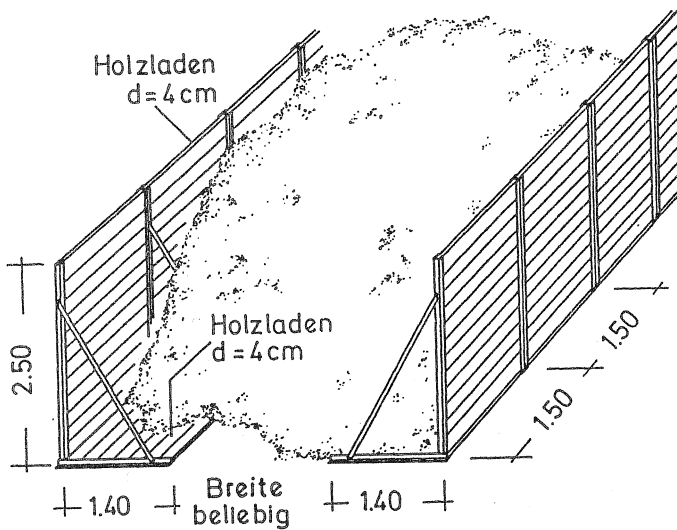


Abb. 16: Mobile Wandelemente (Dreieckstützen)

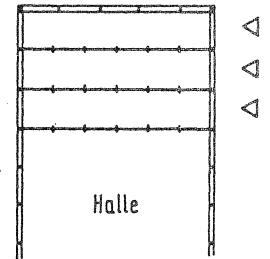
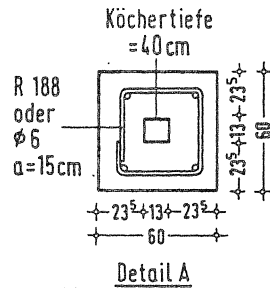
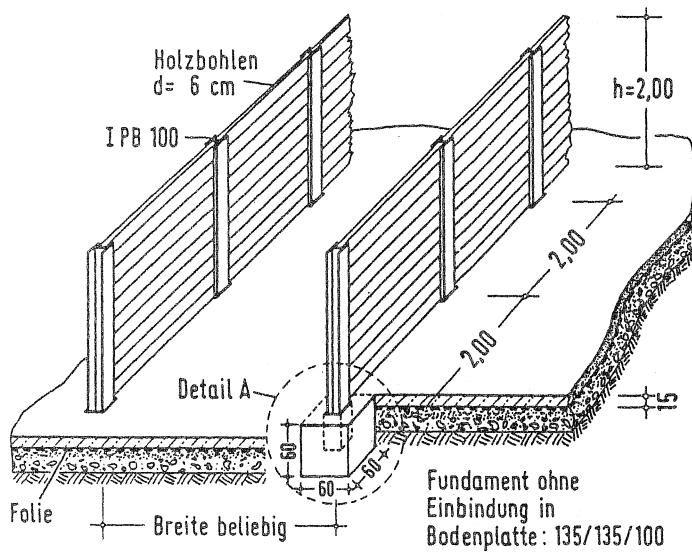


Abb. 17: Mobile, eingespannte Stützenwände (2,00 x 2,00)

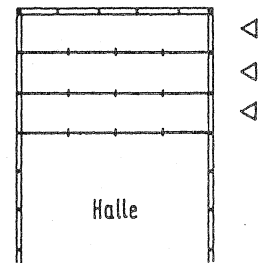
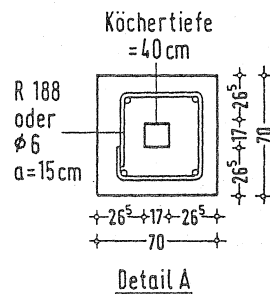
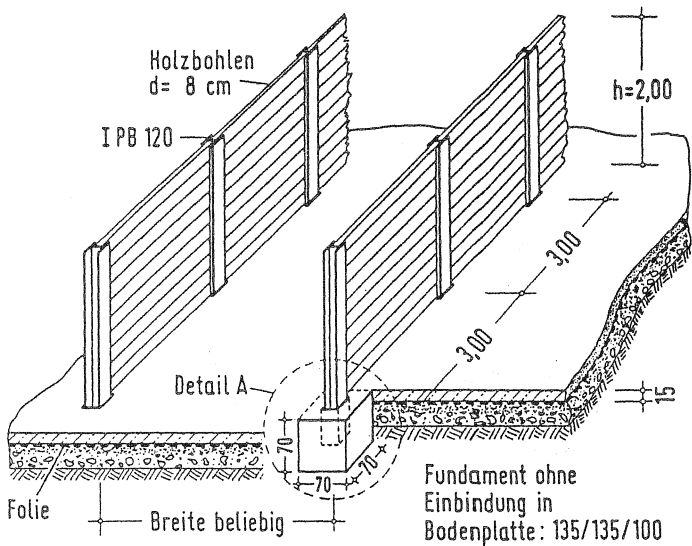


Abb. 18: Mobile, eingespannte Stützenwände (3,00 x 2,00)

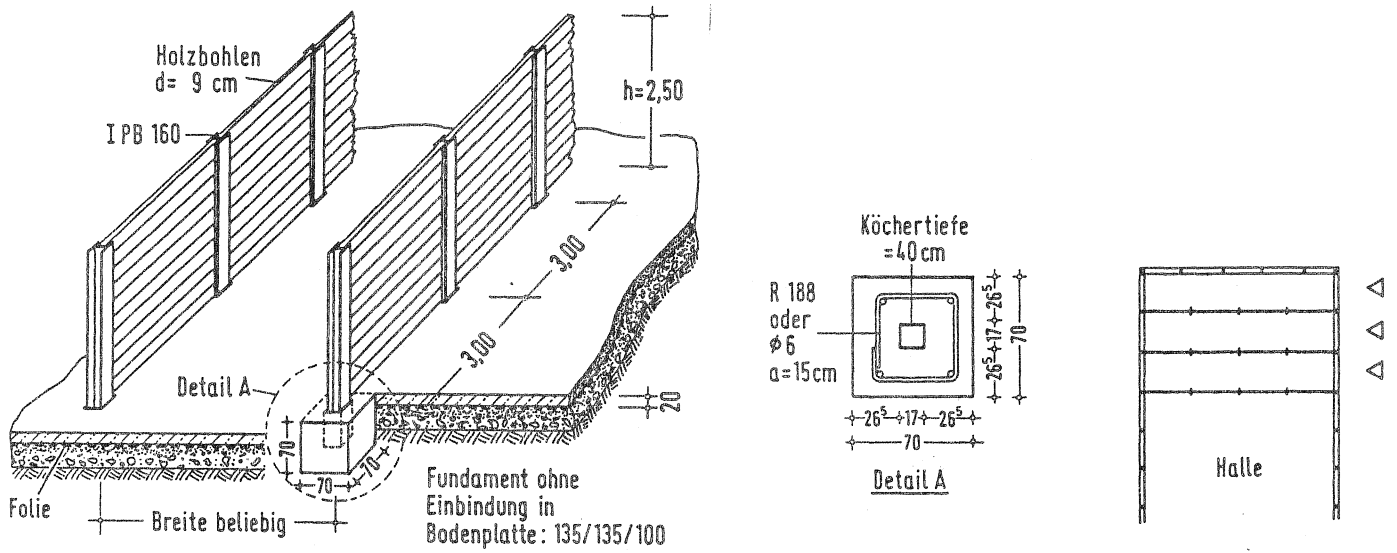


Abb. 19: Mobile, eingespannte Stützenwände (3,00 x 2,50)

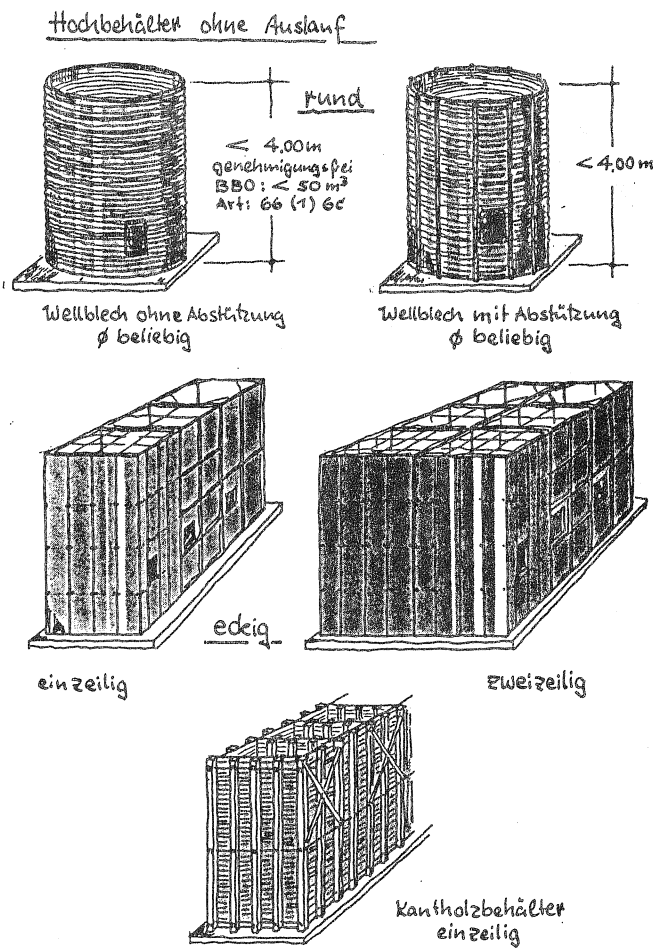


Abb. 20: Hochbehälterformen ohne Trichter

Der Hochbehälterbau bietet viele bauliche Varianten. Industriell hergestellte Behälter in runder und viereckiger Form in Stahl oder Holz-Stahlverbundkonstruktion, stumpf auf den Boden aufgesetzt oder aufgeständert mit Auslauftrichter, sind häufig zu finden. Auch Zwischenformen aus stumpf aufgesetzten Behältern mit einem reduzierten Trichter, ins Bodenprofil eingelassen, sind möglich. Dies setzt jedoch den Neubau der Bodenplatte voraus. Holzbehälter aus eigenem Kantholz mit Bretter oder Spanplatten verkleidet, werden häufig in Eigenleistung errichtet. Die wichtigsten Hochbehälterformen sind in den anschließenden Abbildungen dargestellt.

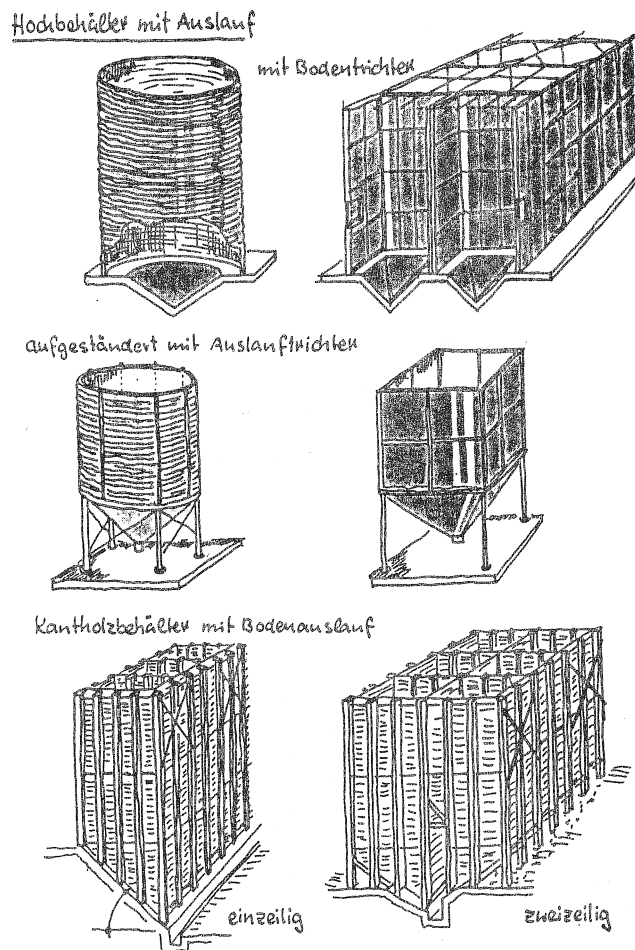


Abb. 21: Hochbehälterformen mit Trichter

Für die meisten Landwirte - abgesehen von den speziellen Getreidebaubetrieben und den Saatgutvermehrern - ist vor allem der Investitionsaufwand für die Getreidelagerbehälter interessant. Diese Betriebe versuchen mit geringer technischer Ausrüstung über die Runden zu kommen, um die Rentabilität möglichst wenig zu belasten. Es gehört zur Ausnahme, den Auftrag zur Errichtung von Komplettanlagen an Firmen zu vergeben. Den meisten Landwirten liegt der

Gedanke, durch viel Eigenleistung den Investitionsbedarf niedrig zu halten, sehr nahe. Hier bietet sich vor allem für die waldbesitzenden Landwirte der Weg, mit eigenem Holz in eigener Regie zu arbeitsärmerer Zeit Lagerbehälter selbst zu erstellen. Dies umso mehr, wenn der Holzpreis schlecht ist, oder gar Rundholz unverkäuflich daliegt.

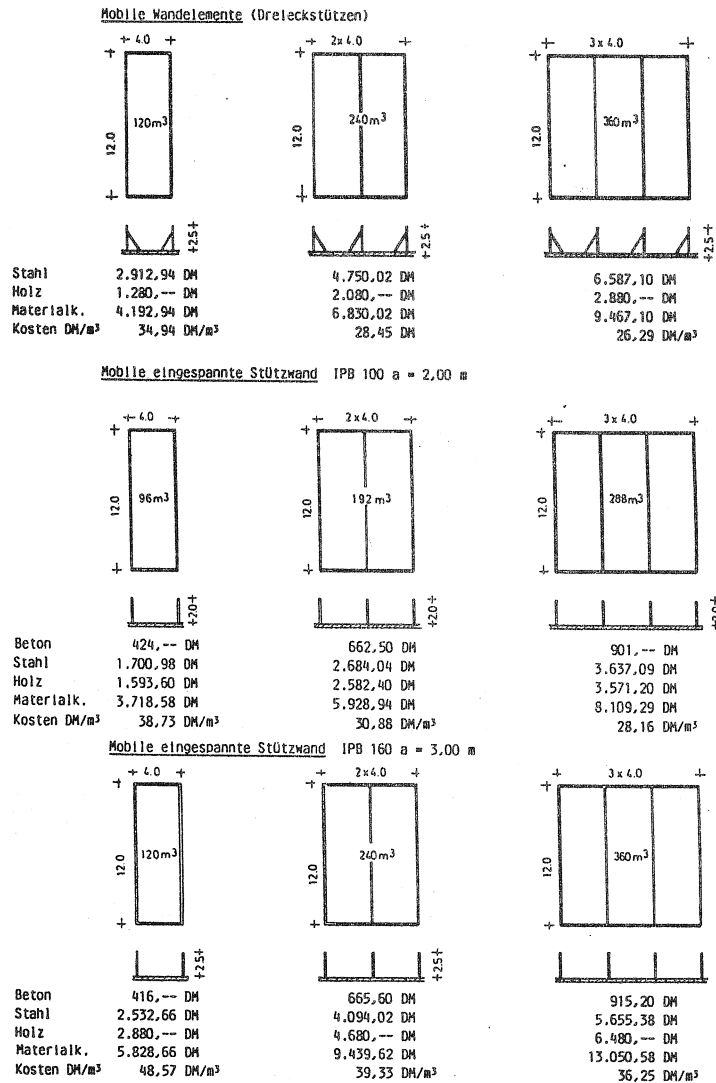


Abb. 22: Preisvergleich unterschiedlicher Flachlager

Aber nicht nur dem waldbesitzenden Landwirt sei geraten, sich vorher auf dem Markt umzusehen, ob nicht preisgünstige Bausätze zur Eigenmontage sinnvoller sind. Die nachfolgenden Darstellungen sollen in einem Vergleich die Preiswürdigkeit der unterschiedlichen Behälterbauarten und Ausführungsformen für die Hoch- und Flachlagerung aufzeigen. Es ist verständlich, daß diese Zahlen in ihrer Streubreite nur Anhaltswerte sein können. Für die Einzelentscheidung im

landwirtschaftlichen Betrieb ist es durchaus möglich, durch die genaue Sichtung vergleichbarer Angebote zur vorgegebenen Situation zu genaueren Daten zu kommen.

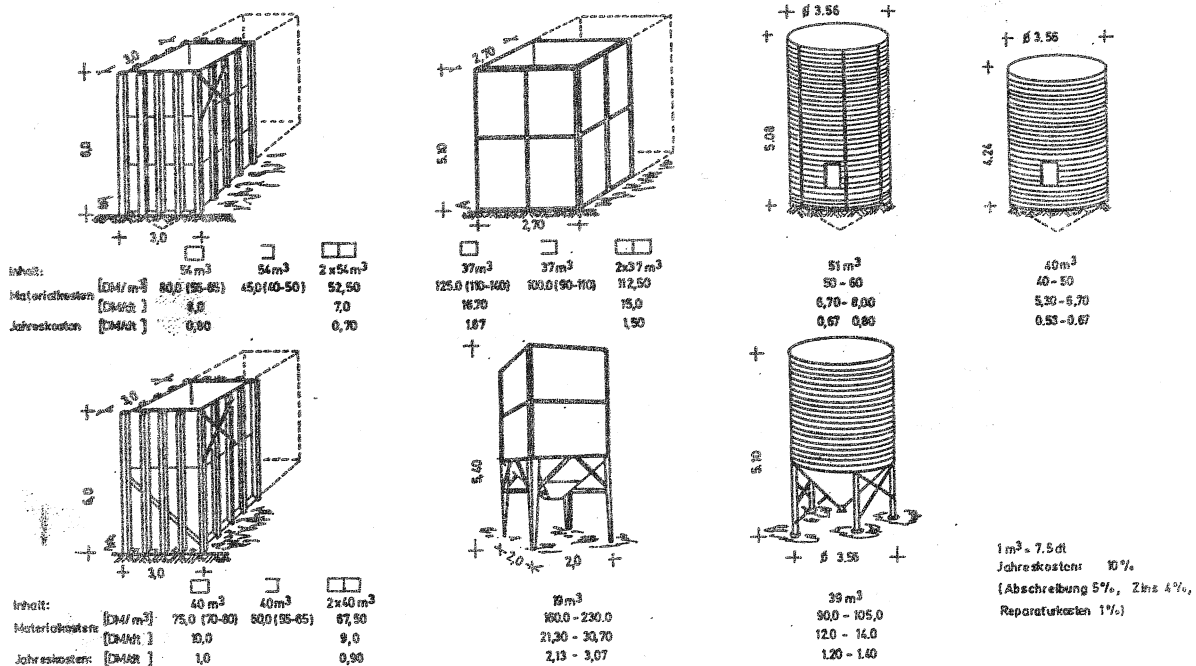


Abb. 23: Preisvergleich unterschiedlicher Hochbehälter

Als Konsequenz wäre aus den beiden letzten Darstellungen folgendes Resümee zu ziehen. Ein Landwirt, der ein preiswertes Flachlager bauen will, ist mit den mobilen Dreieckstützen gut bedient. Die Mehrzwecknutzung der Halle setzt jedoch den jährlichen Auf- und Abbau voraus.

Bei den Hochbehältern ohne Auslauf sind stumpf auf den Betonboden aufgesetzte Wellblechrundsilos preislich schwer zu schlagen. Wer mit einseitigem Schrägauslauf zufrieden ist, findet in den Hochbehältern in Kantholzkonstruktion eine interessante Lösung. Muß der Betonboden neu erstellt werden, dann ist der Einbau einer reduzierten Trichterform ins Bodenprofil mit wenig Mehrkosten verbunden. Die Kombination mit einem stumpf aufgesetzten Wellblechrundsilo erlaubt bis auf geringe Reste, eine maschinelle Behälterleerung.

Dr. Arno Strehler

Möglichkeiten der Energieträgerproduktion in der Landwirtschaft

1. Einführung

Agrarmarktsituation:

Die unerfreuliche Agrarmarktsituation der EG, die insbesondere die deutschen Landwirte belastet, ist in erster Linie auf eine nicht glückliche Politik der letzten Jahrzehnte zurückzuführen. Weitere Einschränkungen in der Nahrungsmittelproduktion und damit eine Verringerung des Einkommens zeichnet sich für die deutschen Landwirte ab. Die Überschüsse gehen heute in erster Linie auf Importe zurück. In der EG werden über Futtermittel Mengen importiert, die einem Flächenäquivalent von 8 Mio ha entsprechen. In dieser Größenordnung liegen heute die sogenannten Überschüsse. Um der sogenannten Überschußproduktion zu begegnen, sollten weltweit Aktivitäten vorangetrieben werden, Flächen aus der Nahrungsmittelproduktion auf Industrierohstoffe und Energieträger umzuwidmen. Dieser Vorschlag begründet sich auch in der Tatsache, daß die fossilen Energieträger in ihrer Reichweite beschränkt sind, also ohnehin nach Alternativen gesucht werden muß. Während sich im Bereich der Energie ein unendlicher Markt auftut, sind die Absatzmöglichkeiten für Industrierohstoffe begrenzt. Für die Bundesrepublik Deutschland entspricht der Rohstoffanteil für die Chemie 17 Mio tOE/a, für die Primärenergieabdeckung hingegen 270 Mio tOE/a.

In einer Studie der Landtechnik Weihenstephan für die EG (1) wurde ermittelt, daß die heutige sogenannte Überschußfläche in der Bundesrepublik Deutschland bei 1 Mio ha liegt, im Jahr 1990 werden es bereits 1.5 Mio ha sein. Nimmt man die Futter- und Nahrungsmittelimporte als Notwendigkeit hin, so muß man der deutschen Landwirtschaft empfehlen, die genannten Flächen zur Rohstoff- und Energieträgerproduktion umzuwidmen. Da die Nahrungs- und Futtermittelimporte als Basis für den Export von Industrieprodukten zu Gunsten der nichtlandwirtschaftlichen Bevölkerung hingenommen werden, ist die Unterstützung der Flächenumwidmung durch den Staat vertretbar.

Umweltaspekte:

Zur künftigen Energieversorgung setzt man in erster Linie auf Kernkraft und Kohle. Beide Energiequellen sind aus Rücksicht auf eine für den Menschen tragbare Umwelt mit Vorsicht zu betrachten. Während es bei der Kernkraftnutzung um Sicherheitsrisiken geht, stört bei der Kohle die Luftverschmutzung, soweit diese nicht durch hohe technische Aufwendungen stark reduziert wird. Außerdem entsteht durch die Nutzung fossiler Energieträger eine kritische Anreicherung des CO₂-Gehaltes der Luft. Die Wirkung der CO₂-Anreicherung als Treibhauseffekt und Verursacher stärkerer Witterungsschwankungen wird in den letzten Jahren viel diskutiert. Je nach Interessenlage wird entweder eine verstärkte Nutzung von Kernkraft empfohlen oder

aber der Bau von Solarkraftwerken oder sonstigen Techniken zur direkten Nutzung von Sonnenenergie. Umweltaspekte führen auch dazu, die Produktion von Pflanzen als Träger gespeicherter Sonnenenergie zur künftigen Energieversorgung zu berücksichtigen. Michel KIM (2) schlägt vor, durch erhöhte Produktion von Bäumen Kohlendioxid einzubinden und durch die Wahl des Nutzungsalters dieser Bäume den CO₂-Gehalt der Luft zu steuern. Durch den vermehrten Einsatz von Biomasse als Energieträger wird die Verwendung fossiler Energieträger reduziert, dadurch entsteht ein positiver Umwelteffekt.

Sonstige Nebeneffekte der Biomasse als Energieträger:

Viele positive Nebeneffekte werden diskutiert, wie: Arbeitsbeschaffung im ländlichen Raum, Kampf gegen Wasser- und Winderosion, Wertschöpfung auf andernfalls brachliegenden Flächen, Eindämmung der Ausdehnung von Trockengebieten, Energiesicherung für die Zukunft. Mit Blick auf Regionen mit schwachen Ernährungsgrundlagen für Menschen wird häufig die Konkurrenz der Biomasseproduktion zur Nahrungsmittelproduktion als Gegenargument benutzt. Dieses Argument mag kleinregional in Gebieten mit starker Überbevölkerung oder extrem schlechten Wachstumsbedingungen berechtigt sein. In den meisten Fällen ist jedoch die Energiegewinnung aus Biomasse auf lange Sicht Basis der Nahrungsmittelproduktion. Die Schöpfung von Kaufkraft für Lebensmittel durch Energieträgerproduktion dient der Beseitigung von Hunger mehr als die ausschließliche Konzentration auf die Nahrungsmittelproduktion für den Eigenkonsum.

Gegenüber der direkten Nutzung von Sonnenenergie bringt die Biomasse als gespeicherte Sonnenenergie den großen Vorteil mit sich, daß sie jederzeit, in beliebiger Leistung und bis zu einem Temperaturniveau von 1 500° (Brennraum) nutzbar ist.

2. Reichweite der konventionellen Energieträger

Wirtschaftsministerien und sonstige Institutionen, die sich mit der Energiesicherung zu befassen haben, geben verschiedene Werte über die Reichweite von Öl, Erdgas und Kohle an. Folgt man den Aussagen des Bundeswirtschaftsministeriums in Bonn, so reicht bei gleichbleibendem Verbrauch Kohle für 250 Jahre, Gas für 56 Jahre und Erdöl für 34 Jahre. Abbildung 1 veranschaulicht die knappe Reichweite von Öl und Gas, die letztlich klarmacht, wie sorglos man derzeit noch der künftigen Energieversorgung begegnet.

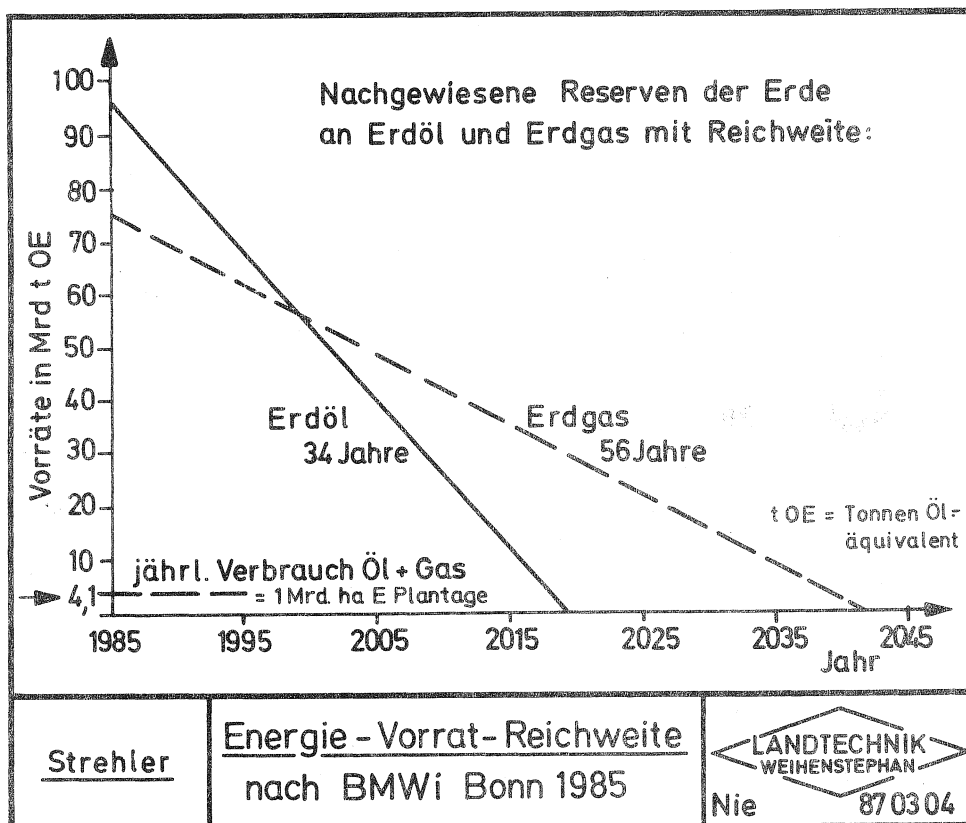


Abb. 1 : Reichweite von Öl und Gas bei gleichbleibendem Verbrauch

Angaben über die Reichweiten sind mit Vorsicht zu genießen, in früheren Jahrzehnten pflügten sich die zuvor gemachten Prognosen sehr schnell durch neue Funde ergiebiger Quellen als falsch zu entlarven. Es ist jedoch zu bedenken, daß heute der Verbrauch an Öl weit höher liegt und die Neuentdeckungen gegenüber dem derzeitigen Verbrauch abfallen.

Heute verbraucht die Bundesrepublik Deutschland 270 Mio t Öläquivalent als Primärenergie. Ein Großteil davon entstammt dem Öl- und Gassektor. Im Vergleich dazu können aus 1.5 Mio ha Überschußfläche Energieträger aus Biomasse mit einem Äquivalent von 7.5 Mio t Öl/a ersetzt werden. Mit 2.8 % Anteil dieser Biomasse am gesamten Primärenergiebedarf scheint Biomasse nur einen bescheidenen Beitrag zu liefern. Bewertet man aber die absolute Menge von 7.5 Mio t Öl mit 300 DM/t, dann erkennt man, daß 2.25 Mrd DM doch einen nennenswerten Beitrag darstellen. Ferner liefert Biomasse in Form verschiedener Reststoffe aus der Landwirtschaft, den Forst- und Verarbeitungsbetrieben durch Reststoffnutzung einen Energiebeitrag in ähnlicher Größenordnung. Auf lange Sicht ist die Landwirtschaft in der Lage, noch weitere Energieträger aus Biomasse bereitzustellen. Weltweit gesehen könnte ein Großteil der Primärenergie über die Pflanzenproduktion bereitgestellt werden ohne die Nahrungsmittelproduktion zu gefährden (3). Interessant erscheint noch die Zahl, daß bei

mittleren Erträgen aus 20 Mio km² landwirtschaftlicher Nutzfläche der heutige Primärenergiebedarf der Welt gedeckt werden könnte. Diese Fläche entspricht 44 % der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche oder 23 % der land- und forstwirtschaftlichen Flächen, oder 15 % der nicht eisbedeckten Landfläche.

3. Energieträgerproduktion

3.1 Pflanzenauswahl

Die Variationsbreite an Pflanzen zur Energieproduktion reicht von hochertragreichen Einjahrespflanzen über schnellwachsende Bäume, Stärke- und Zuckerproduzenten bis hin zu Ölpflanzen. In diesem Beitrag wird eine Konzentration auf die wichtigsten und bekanntesten Varianten vorgenommen. Nach dem Aggregatzustand des Energieträgers wird in Festbrennstoffe, Flüssigbrenn-Kraftstoffe und gasförmige Brenn-Kraftstoffe aufgegliedert. Besonders attraktiv erscheinen Festbrennstoffe wie Holz, Stroh und spezielle schnellwachsende Pflanzen. Für Kraftstoffe kommen vor allem Pflanzenöle und Alkohol in Frage. Auf dem Gassektor sind es Methan aus Biogasanlagen (stärkehaltige Pflanzen) und Schwachgas über Vergasungsanlagen aus lignocellulosehaltigen Grundstoffen.

3.2 Festbrennstoffe

Hier ist zu unterscheiden zwischen Einjahrespflanzen und Mehrjahrespflanzen mit unterschiedlichen Pflanz- und Ernteperioden.

Bei den Einjahrespflanzen kommt dem Massengetreide besondere Bedeutung zu, da der Landwirt bereits über die technischen Hilfsmittel vom Anbau bis zur Ernte verfügt. Außerdem läßt sich die Verwertungsrichtung je nach Marktsituation sehr schnell umstellen, der Produzent bleibt flexibel. Wichtig für die Landwirte ist auch, daß sie bereits innerhalb eines Jahres nach dem Anbau Ernteerträge erhalten.

Besondere Schilffarten liefern nach einer mehrjährigen Aufwuchsphase sehr hohe Erträge, die 30 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr überschreiten. Einige Versuchsplantagen sind bereits angelegt. An geeigneten Ernte- und Aufbereitungsverfahren wird noch gearbeitet. Es ist außerordentlich wichtig, daß das Material möglichst trocken geerntet werden kann, um weitere Trocknungskosten zur Erlangung der Lagerfestigkeit gering zu halten bzw. zu vermeiden.

3.2.1 Anbau und Pflanzenschutz

Anbau und Pflanzenschutz können nach gewohntem Muster aus der Getreideproduktion durchgeführt werden. Da zur Rentabilität hohe Erträge nötig sind, muß auf Ertrag, weniger auf Qualität, gedüngt werden. Spezielle Spätstickstoffgaben, wie sie bei Qualitätsweizen gefordert werden, können entfallen. Beim Pflanzenschutz sind extreme Aufwendungen im Bereich der Fungizide überflüssig, soweit sie keinen deutlichen Effekt auf den Ertrag zeigen. Bei Weizen ist bis zu einem gewissen Grad dieser Einfluß gegeben, daher kann man auf Fungizid-Einsatz nicht verzichten. Die Bestrebungen zur Schonung der Umwelt und zur Einsparung von Kosten werden jedoch den Aufwand in Grenzen halten.

3.2.2 Ernte, Aufbereitung, Lagerung und Erträge

Vielerlei Ernteverfahren bieten sich an, wobei jeweils auf konventionelle Maschinen zurückgegriffen werden kann. Allerdings sind Weiterentwicklungen oder Anpassungen von Erntemaschinen u. U. sinnvoll.

Die einfachste Art der Ernte besteht darin, den Mähdrescher einzusetzen und Korn und Stroh getrennt zu verwerten. Allerdings sind bei der energetischen Kornverwendung über die Verfeuerung bei Menschen, die dem Gefühlsdenken verhaftet sind, psychologische Schranken zu überwinden. Zwar sind diese nicht gegeben, wenn Getreide zu Ethanol umgeformt und dann im Motor verbrannt wird, hingegen scheint die direkte Verfeuerung ethisch bedenklich zu sein. Uneingeschränkt dieser Restriktionen wurden in Dänemark bereits größere EG-Überschußgetreidebestände durch direkte Verfeuerung einer Nutzung zugeführt. Die geeigneten Feuerungsanlagen stehen zur Verfügung. Die getrennte Strohbergung ist gelöst, sie hat den Vorteil, daß man am Feld nachtrocknen kann ohne Körnerverluste zu bewirken, die beispielsweise bei der Schwadttrocknung der Gesamtpflanze anfallen. Damit sind die Gesamtbergeverluste bei dem getrennten Ernteverfahren geringer. Die Ernteleistung liegt im Bereich von 1 - 2 ha/h. Die Kornerntekosten betragen 200 - 250 DM/ha, die Strohbergung verursacht Kosten von 100 bis 200 DM/ha. Aus Dänemark ist bekannt, daß zur Nutzung von Stroh in Großfeuerungsanlagen kubische Großballen zunehmend Verwendung finden.

Abbildung 2 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Ernteverfahren.

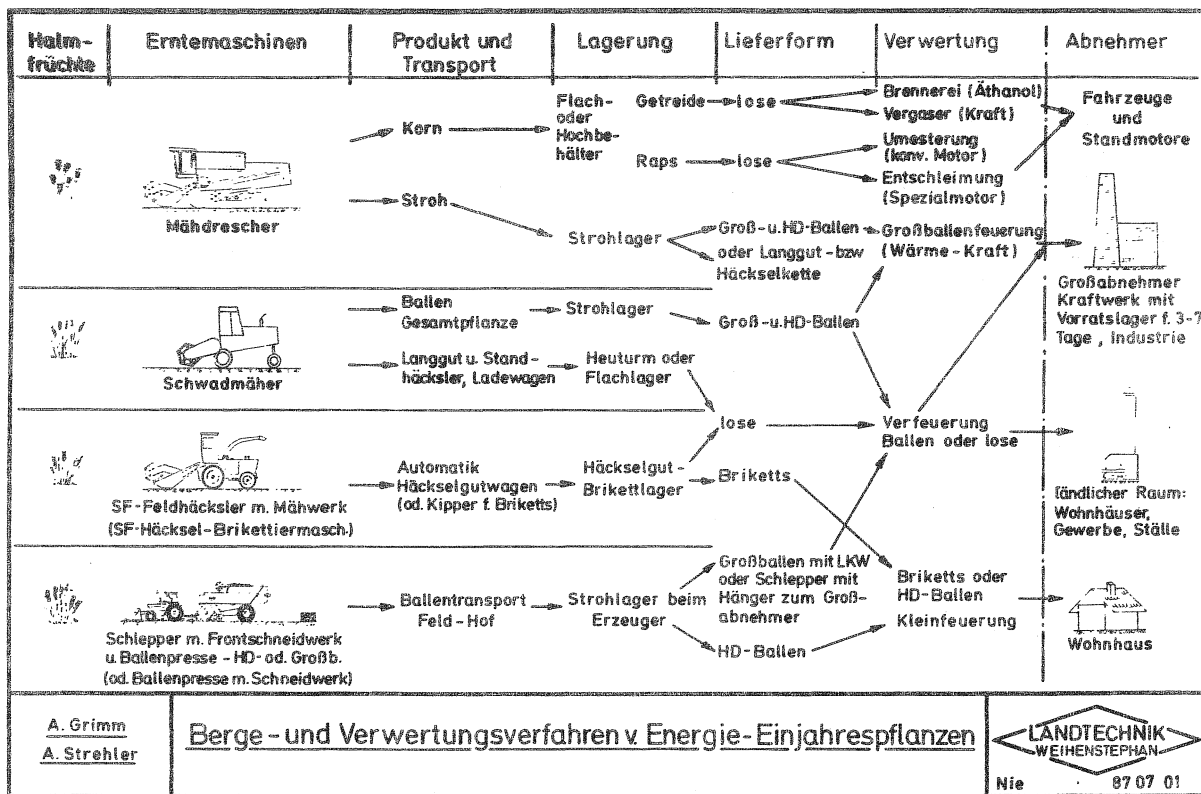


Abb. 2: Berge- und Verwertungsverfahren v. Energie- u. Einjahrespflanzen

Ernteverfahren für die Gesamtgetreidepflanze in einen Arbeitsschritt:

Soll die Getreidepflanze komplett geerntet werden, dann sind ebenfalls verschiedene Verfahrenswege möglich. In einem Pilotvorhaben (Fellner, Petry, Landtechnik Weihenstephan, Förderung BML/Bonn) wurden bereits im letzten Jahr einige Ernteverfahren erprobt. Eine Form besteht darin, einen Schwadleger einzusetzen und nach Vortrocknung des Schwades mit Ballenpressen verschiedener Größe zu arbeiten. Leider traten durch die Vortrocknung Körnerverluste im Bereich von 5 - 10 % auf. Sollte häufiger Regen zum mehrmaligen Wenden des Schwades führen, dann werden die Verluste noch höher sein. Transport, Ein- und Auslagerung sowie Ballenauflösung einschließlich Verfeuerung erfolgte wie bei Stroh üblich. Neben dem direkten Preßverfahren bieten sich für die Schwadernte folgende Varianten an:

- Langguttransport mit Ladewagen, Standhäcksler am Hof, Häckselguteinlagerung in Flachlager oder Heuturm
- Einsatz eines Häckselladewagens, Einlagerung in Dosiersilo oder Heuturm.

Die Verfahrensleistung liegt, ausreichende Schwadmähergröße vorausgesetzt, bei 1 ha/h für das Schwaden, bei bis 4 Akh/ha für eine schlagkräftige Bergung. Die exakten Verfahrenskosten werden derzeit im Pilotvorhaben Fellner ermittelt.

Auch die Direkternte des bestehenden Bestandes steht zur Diskussion. Dazu lassen sich Selbstfahrhäcksler mit Schneidwerk einsetzen, wie sie seit einigen Jahren für die Ganzgetreideernte für Futterzwecke Verwendung finden. Das feuchte Material ist auf jeden Fall technisch nachzutrocknen, wozu sich der Heuturm eignen dürfte. Es ist auch der Einsatz eines Durchlauftrockners (Trommeltrockner) denkbar, welcher dann mit einer Brikettierpresse gekoppelt werden könnte. Die Ernteleistung dürfte im Bereich von 0,5 - 1 ha/h liegen, der Arbeitskraftbedarf errechnet sich mit 3 bis 4 Akh/ha. Die Kosten dieses Verfahrens liegen sicher höher als beim Ballenverfahren, eine exakte Ermittlung wird derzeit angestellt.

Das gehäckselte Gut wird entweder direkt am Erzeugerbetrieb zur energetischen Nutzung in Anlagen mit automatischer Brennstoffnachführung verwendet oder aber für den Verkauf entsprechend umgeformt. Beim Häckselverfahren wird man mit einer gewissen Entmischung von Korn und Stroh rechnen müssen. Mit ordnungsgemäßer Trocknung sind die Gesamtverluste gering zu halten.

Es wird auch die direkte Brikettierung des Erntegutes mit einer fahrbaren Mähbrikettieranlage diskutiert. Eine Maschine mit 10 t/h Verfahrensleistung wird derzeit gebaut. Das Problem wird vor allem darin liegen, daß die Gesamtpflanze zu hohe Feuchtegehalte aufweisen wird, um an vielen Tagen mit diesem Verfahren ernten und verdichten zu können. In Jahren mit günstiger Erntewitterung mögen diese Bedenken hinfällig sein. Wenn das Korn nicht zu trocken ist (unter 16 %), dann tritt bei der Verpressung des Materials Stärke aus, die als Bindemittel wirkt. Vorversuche zeigten, daß der Gesamtenergieaufwand zur Verdichtung halb so hoch ist wie bei der Strohbrikettierung. Vorversuche wurden mit Schneckenpressen und Koltergangpressen durchgeführt.

Für den Fall von Großwärmeverbrauchern kommt auch der Einsatz einer Großballenpresse mit angebautem Mähwerk in Frage. Auch hier wird sich die Notwendigkeit der technischen Nachtrocknung ergeben. Die Verfahrensleistungen sind in diesem Fall sehr hoch, sie dürften bis zu 2 ha/h erreichen.

Die Lagerung des Erntegutes muß natürlich unter Regenschutz erfolgen, eine Wiederbefeuchtung durch feuchten Untergrund ist zu vermeiden, der Einsatz von Belüftungskanälen im Lager ist unumgänglich, um technisch nachzutrocknen und zusätzlich kühlen zu können.

Da auch schilfartige Pflanzen wie Elefantengras sehr hohe Erträge erwarten lassen (20 - 40 t/ha Trockengut pro Hektar und Jahr) werden auch diese Energieträger betrachtet. Entsprechende Versuche mit Anbau und Verwertung sind angelaufen. Die Erntetechniken sind allerdings anzupassen, sicher werden selbstfahrende Häcksler eine gute Option sein. Ähnliches gilt für selbstfahrende Großballenpressen

mit Mähwerk. Inwieweit die selbstfahrende Brikettiermaschine verwendbar ist (sehr hohes Gewicht) muß sich erweisen.

Die Erträge an Pflanzenmasse hängen sehr stark vom Standort, der Jahreswitterung, der Pflanzenart, dem Düngeaufwand und dem Pflanzenschutz ab. Bei Getreidearten liegt der Gesamtertrag von Korn und Stroh im Bereich von 100 - 200 dt/ha (Trockengut). Für Elefantengras und Schilf werden noch höhere Erträge angegeben, die bis zu 400 dt/ha reichen. Exakte Ertragsermittlungen für verschiedene Energiepflanzen werden begonnen; dieses Forschungsfeld muß jedoch noch stark ausgedehnt werden.

3.2.3 Brennstoffeigenschaften

Der Heizwert liegt für verschiedene Getreidearten, Schilf und Elefantengras im Bereich von 14.5 - 15.5 MJ/kg. Der Anteil flüchtiger Bestandteile ist ähnlich wie beim Stroh, man hat mit 70 - 75 % Energie in Form flüchtiger Bestandteile zu rechnen. Diese flüchtigen Bestandteile brennen in 20 % der Gesamtverbrennungszeit ab. Die Konstruktion der Feuerungsanlagen hat auf diese Besonderheiten Rücksicht zu nehmen. Die Aschegehalte bewegen sich im Bereich von 3 - 5 %. Gegenüber Getreidestroh haben die vorgenannten Brennstoffe aufgrund ihres geringeren Aschegehaltes den Vorzug, daß weniger Schlackeprobleme im Feuerungsbereich zu erwarten sind. Das Getreidekorn weist eine weit höhere Energiedichte auf als Stroh. Das Schüttgewicht von Massenweizen liegt im Bereich von 750 - 800 kg/m³. Strohballen hingegen haben nur eine Dichte von 100 - 130 kg/m³.

Ballen mit Gesamtgetreide weisen eine Dichte von 400 - 500 kg/m³ auf (12).

3.2.4 Technik zur energetischen Nutzung

Die aus der Strohfeuerung bekannten Anlagen einschließlich Dosierung und Ballenauflösung kommen auch für Energie-Massengetreide, Heu, Rapsstroh, Elefantengras und Schilf in Frage. Durch die Kornbeimischung bei Getreide besteht eine höhere Energiedichte. Dies wirkte sich in ersten Versuchen auf die Feuerungsqualität positiv aus. Meßergebnisse liegen von kubischen Großballen, Rundballen, Hochdruckballen und Briketts vor. Jene Anlagen, die sich auch zur Strohfeuerung bewährt haben, eignen sich meist für die Ganzpflanzenverfeuerung. Im Fall von Großballen haben sich Anlagen mit Ballenauflösung als günstig erwiesen, selbst der Stickstoffoxidgehalt der Rauchgase blieb im tragbaren Rahmen, er lag sogar unter Öl- und Gasfeuerungen. Zur Einschränkung der Feststoffemission sind bei größeren Feuerungsanlagen Filter notwendig. Die Verfeuerung sehr dichter Briketts verläuft wesentlich einfacher und umweltfreundlicher, als wenn man loses Material oder Briketts ohne Bindemittel verwendet. Abbildung 3 zeigt eine dänische Anlage, mit automatischer Brennstoffzuführung, wie sie im Forschungsprojekt Fellner/Petry/Landtechnik Weihenstephan zum Einsatz kam.

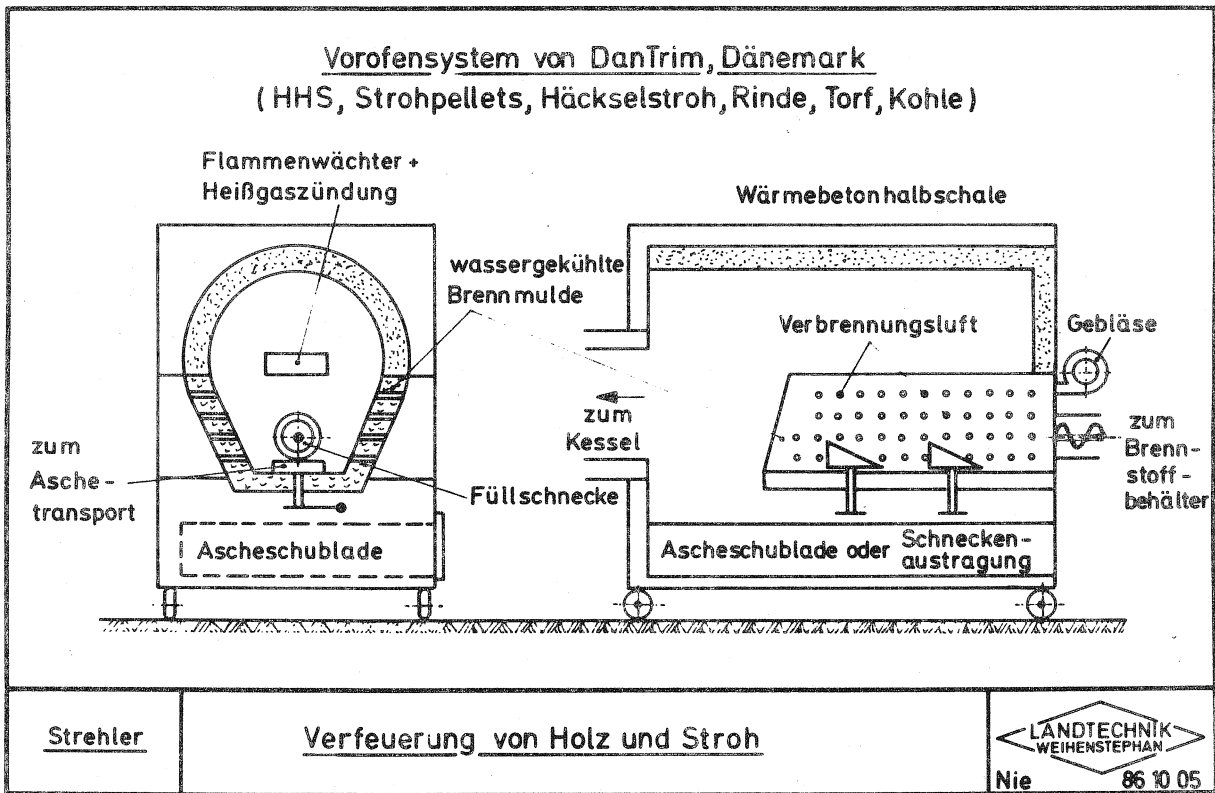


Abb. 3: Dänische Strohfeuerungsanlage mit Feuerungsmulde (wassergekühlt) und Schneckenzuführung

Bei der Verfeuerung von Wintergerste einschließlich Korn ergaben sich folgende Daten:

Heizleistung:	320 kW
feuerungstechnischer Wirkungsgrad:	86 %
CO-Gehalt:	0.1 %
NO-Gehalt:	100 ppm = 0.1 %
durchschnittlicher CO ₂ -Gehalt:	10.2 %
Abgastemperatur:	200° C
Feststoffemission:	60 - 100 mg/m ³ _n
Gleichmäßigkeit des Betriebszustandes:	verbesserungswürdig, automatische Regelung unumgänglich

Die obigen Ergebnisse können als vorzüglich bezeichnet werden. Von einer Umweltbelastung kann man bei diesen Werten nicht sprechen. Es sei darauf hingewiesen, daß kein Schwefel im Rauchgas festgestellt werden konnte. Der CO-Gehalt liegt nur bei 10% des Wertes von Pkw-Abgasen. Die Stickoxidbelastung ist unbedeutend, sie entspricht dem Durchschnitt von Öl- und Gasfeuerungen. Unter Berücksichtigung des geschlossenen CO₂-Kreislaufes bei Nutzung von Pflanzen als Brennstoff, kann das Verfahren der Energieträgerproduktion

aus Biomasse unter oben genannten Voraussetzungen als umweltfreundlich bezeichnet werden. Es ist damit der Kohlenutzung und der Verwendung von Kernkraft bezüglich Umweltfreundlichkeit weit überlegen. Unverständlich ist nur noch, warum dieses Verfahren noch keiner breiteren Nutzung zugeführt wurde.

Im Rahmen der Energieträgerproduktion kommen zur energetischen Verwertung vor allen Dingen Großfeuerungsanlagen in Frage. Dänemark, Schweden und Österreich verfügen bereits über gute Beispiele für die Strohverfeuerung. Abbildung 4 zeigt eine dänische Großfeuerungsanlage für kubische Großballen, Abbildung 5 zeigt eine bewährte Kleinfeuerungsanlage mit automatischer Beschickung des Vorratsbehälters aus einem Kellerbunker mit Strohpellets.

3.2.5 Rentabilität der Energieträgerproduktion

Der Pflanzenertrag und der Energiewert, der wiederum stark von dem Öläquivalentspreis abhängt, geben den wesentlichen Ausschlag auf die Rentabilität des Verfahrens. In Tabelle 1 wird die Ertrags- und Marktleistung ausgewählter Energieträger aus Biomasse je nach Ertrag bewertet.

Je nach Gesamtertrag gibt es Öläquivalente von 4 600 - 15 000 l/ha. Gemäß des Ölpreises können sich erhebliche Marktleistungen ergeben. Zur Rentabilitätsbestimmung ist aber auch der Aufwand in Produktion, Verarbeitung, Transport und Verwertung zu berücksichtigen. Diese Daten werden in laufenden Forschungsvorhaben exakt ermittelt. In Tabelle 2 und 3 sind Ergebnisse festgehalten, die einen Gleichgewichtspreis für Heizöl ausweisen, der als Rentabilitätsschwelle zur Energiegewinnung aus Biomasse angesehen werden kann, wobei unterschiedliche Ansätze bezüglich Höhe des Ertragsanspruchs je Hektar und Erschwerniszuschlag für die Festbrennstoffverfeuerung gegenüber Heizöl verwendet wurden.

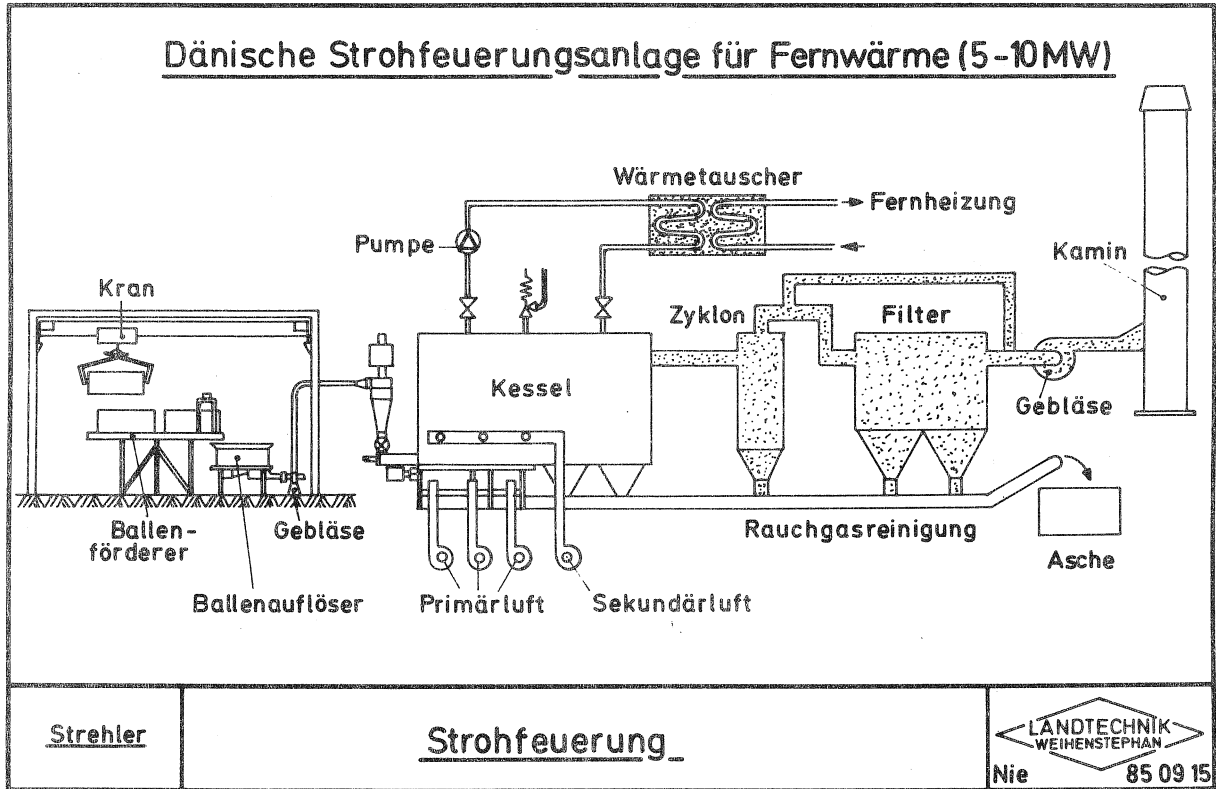


Abb. 4: Dänische Strohfeuerungsanlage für Fernwärme

Tab. 1: Ertrags- und Marktleistung von Energieträgern aus Biomasse

Fruchtart	Korn dt/ha	Stroh dt/ha	Summe dt/ha	Öläquivalent l/ha	theor. Markt- leistung bei 0.50 DM/l Öl DM/ha
Spalte 1	2	3	4	5	6
Winter- gerste	80	80	160	6.160	3.080
	70	70	140	5.426	2.713
	60	60	120	4.651	2.325
Massen- getreide	100	100	200	7.750	3.875
	90	90	180	6.976	3.488
	80	80	160	6.160	3.080
Elefanten- gras			300	11.627	5.813
Schilf			250	9.690	4.845
			400	15.500	7.750
			350	13.660	6.830

*Umrechnung der Heizwerte von Gewicht Biomasse auf Liter Heizöl mit 1 : 2,6

Tab. 2: Gleichgewichtspreise von Heizöl als Rentabilitätsschwelle zur Energiegewinnung aus Biomasse im Rahmen der Energieträgerproduktion zur Agrarmarktentlastung

Pflanzenart als Energie- träger	Bio- masse- ertrag dt/ha	Heizölpreis DM/l für 3 Stufen der Marktleistung mit 0,21 DM/l Erschwerungszuschlag für die Fest- brennstoffnutzung		
		2.500 DM/ha	3.000 DM/ha	3.500 DM/ha
Spalte 1	2	3	4	5
Winter- gerste	120	0,79	0,84	0,86
	140	0,71	0,81	0,91
	160	0,65	0,73	0,82
Massen- getreide	160	0,65	0,73	0,82
	180	0,60	0,67	0,75
	200	0,56	0,64	0,71
Elefanten- gras	250	0,49	0,55	0,60
	300	0,45	0,50	0,54
Schilf	350	0,41	0,46	0,50
	400	0,39	0,42	0,46

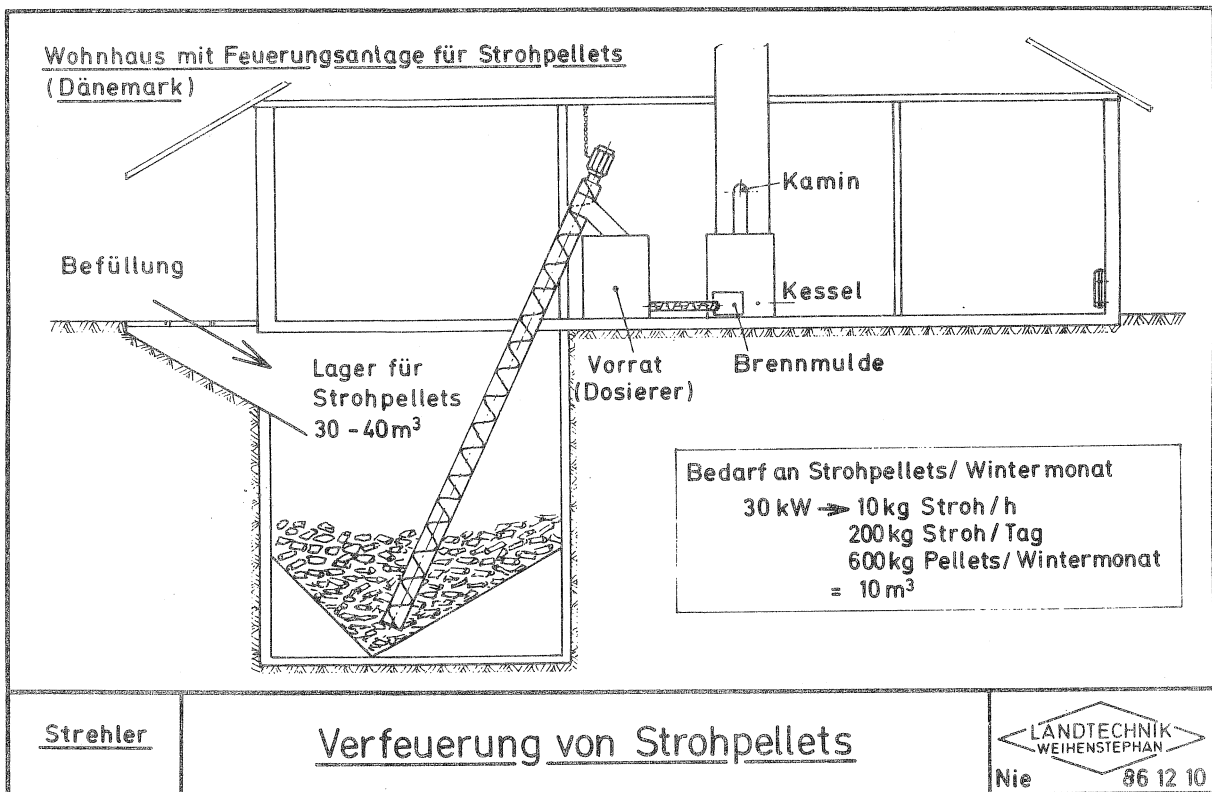


Abb. 5: Verfeuerung von Strohpellets

Tab. 3: Gleichgewichtspreise von Heizöl als Rentabilitätsschwelle zur Energiegewinnung aus Biomasse im Rahmen der Energieträgerproduktion zur Agrarmarktentlastung

Pflanzenart als Energie- träger	Bio- masse- ertrag dt/ha	Heizölpreis DM/l für 3 Stufen der Marktleistung mit 0,10 DM/l Erschwerniszuschlag für die Fest- brennstoffnutzung		
		2.500 DM/ha	3.000 DM/ha	3.500 DM/ha
Spalte 1	2	3	4	5
Winter- gerste	120	0,60	0,70	0,80
	140	0,52	0,61	0,70
	160	0,47	0,55	0,62
Massen- getreide	160	0,47	0,55	0,62
	180	0,43	0,50	0,56
	200	0,40	0,46	0,52
Elefanten- gras	250	0,34	0,39	0,43
	300	0,30	0,34	0,38
Schilf	350	0,27	0,30	0,34
	400	0,25	0,28	0,31

Vergleicht man die tatsächlichen Ölpreise mit den errechneten Äquivalenzpreisen, dann erkennt man, ob die Energieträgerproduktion bereits wirtschaftlich sinnvoll ist, oder aber man kalkuliert daraus den notwendigen Zuschuß, um die Rentabilität zu erreichen.

Zwar ist die Marktleistung kein Ausdruck für die Rentabilität eines Verfahrens, sie zeigt allerdings den groben Bereich der Ertragsverhältnisse im Vergleich zur konventionellen Produktion. Sehr interessant ist der Einfluß der Heizölpreise auf den Energiewert, den man pro Hektar erzielen kann. Bei hochertragreichen Einjahrespflanzen liegt der Hektarertrag bei 180 bis 220 GJ/ha. Abbildung 6 weist nun den Wärmeenergieertrag in DM pro Hektar in Abhängigkeit von dem Energieertrag pro Hektar und dem Wert des ersetzten Öles aus. Liegt der Heizölpreis beispielsweise bei 0.30 DM/l, dann ergibt sich ein Wärmeenergieertrag von 2 000 DM/ha, beträgt der Heizölwert, wie schon gehabt, 0.80 DM/l, dann steigt der gesamte Wärmeenergieertrag je ha auf über 5 000 DM/ha.

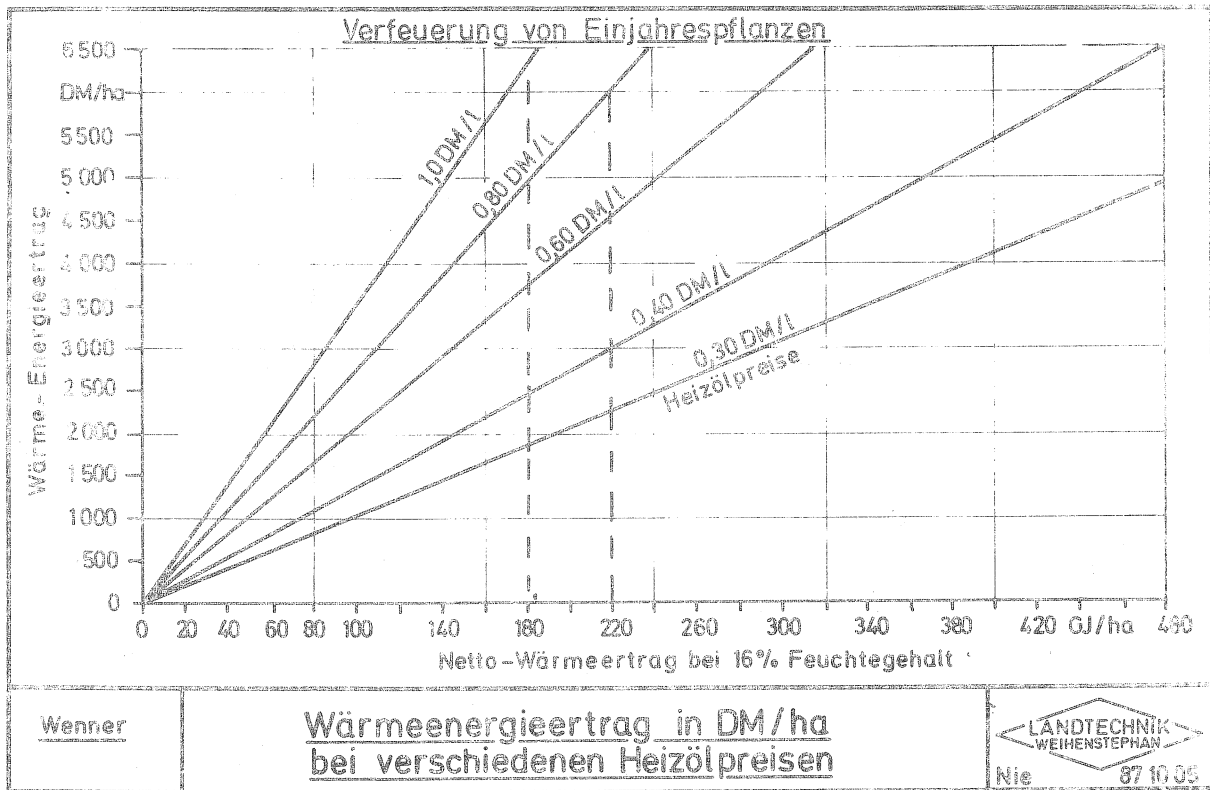


Abb. 6: Wärmeenergieertrag in DM/ha bei versch. Heizölpreisen

3.3 Schnellwachsende Hölzer

Schnellwachsende Baumarten zeigen vor allem im Jugendstadium standortabhängige Ertragspotentiale im Bereich von 12 - 20 t Trockenmasse/ha x a. Viele neue Zuchtlinien wurden erstellt, sie stehen noch in Prüfung. Auch Fragen der Bestandspflege und der Düngung werden derzeit intensiv bearbeitet (7, 8).

3.3.1 Anbau und Pflege

Durch den Einsatz von Pflanzmaschinen werden Stecklinge arbeitssparend auf die gewünschten Abstände gebracht, wobei darauf geachtet werden muß, daß die Schlepper für weitere Pflege- und Erntemaßnahmen zwischen den Reihen fahren können. Das bedeutet einen Reihenmindestabstand von 1,5 m. In Skandinavien wurden bereits viele Forschungsarbeiten zur Entwicklung spezieller Stecklingspflanzmaschinen durchgeführt; die Maschinen können von dort übernommen werden. Die Bestandspflege wird entweder mechanisch oder aber chemisch durchgeführt. Spezielle mechanische Geräte wurden ebenfalls in Schweden entwickelt. Bei der Ausbringung chemischer Bekämpfungsmittel ist darauf zu achten, daß das Spritzmittel nur zwischen den Reihen

ausgebracht wird, dazu werden Schutzbehälter neben den Düsen angebracht.

3.3.2 Ernte, Aufbereitung, Lagerung, Erträge

Europaweit liefen Versuche, Schnellwuchsplantagen arbeitssparend und kostengünstig abzuernsten. Konventionell ist das Fällen mit leichten Kettensägen. Es ist wichtig, daß das geschnittene Material möglichst am Feld vorgetrocknet wird. Verschiedene Holzhacker kommen zum Einsatz, entweder von Hand oder von einem Kran beschickt. Im Fall dünner Bäume oder bei der Ernte von Austrieben können Vollernter eingesetzt werden, die das Schneiden und Bündeln oder Schneiden und Hacken übernehmen. Abbildung 7 zeigt eine einreihige Erntemaschine mit Bündelung von Schwachholz im Heckanbau eines Schlep-pers.

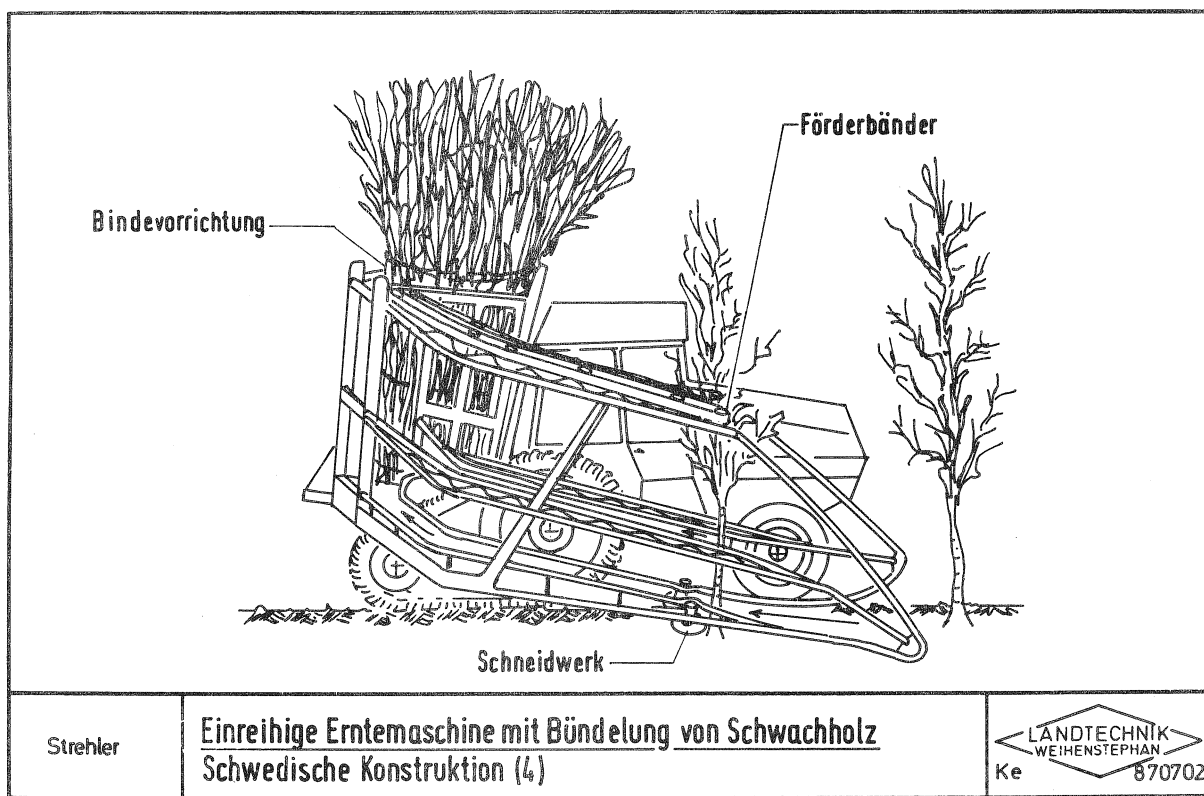


Abb. 7: Einreihige Erntemaschine

Zur Senkung des Bodendrucks werden durch Anbringung eines weiteren Stützrades und Verwendung von Ketten die Bodendrücke entsprechend abgebaut.

Außerdem gibt es schleppergezogene Maschinen, die ebenfalls die Bäume oder Austriebe reihenweise aufnehmen jedoch direkt hacken und in einen Behälter sammeln. Abbildung 8 zeigt hierfür ein Beispiel aus Schweden.

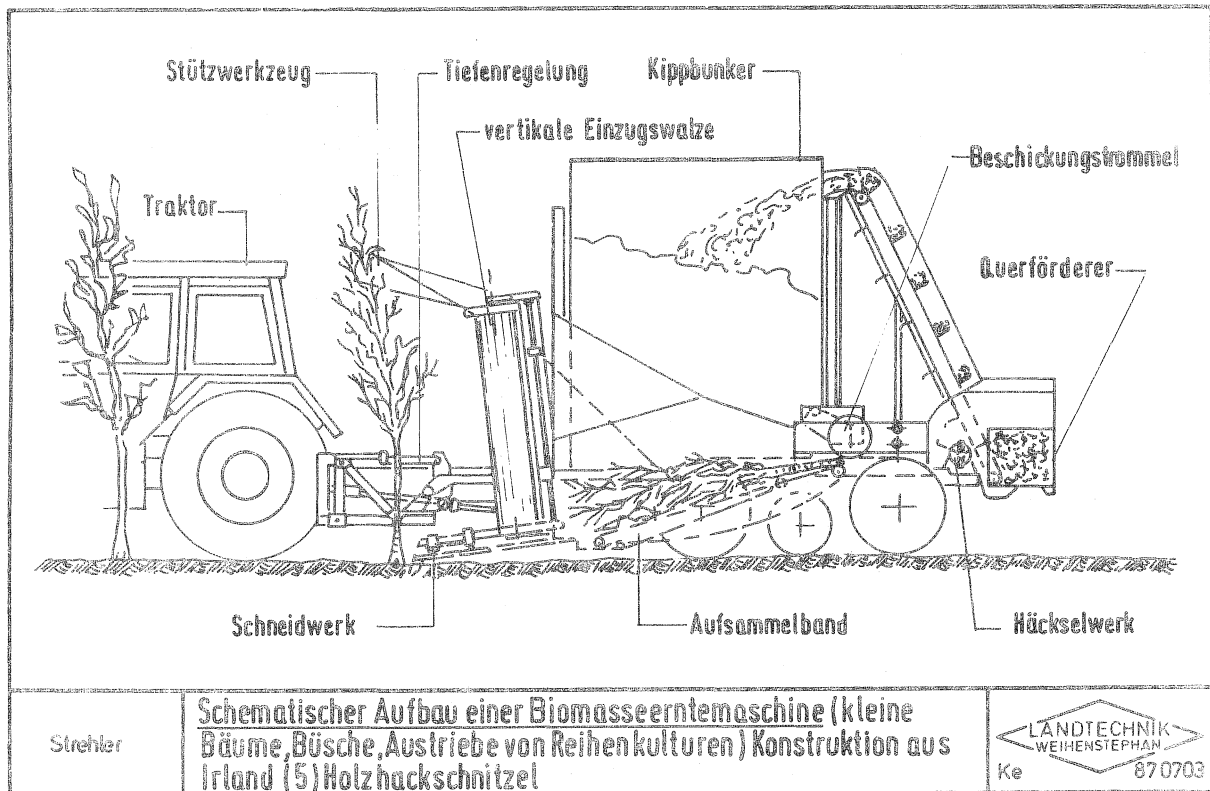


Abb. 8: Schematischer Aufbau einer Biomasseerntemaschine

In Weihenstephan läuft ein Forschungsvorhaben, bei welchem ein selbstfahrender Häcksler mit einem speziellen Vorsatz zum Baumfällen und Zerkleinern versehen werden soll (EG-Auftrag). In einem Hochbunker werden die Hackschnitzel gesammelt und gelegentlich an ein Transportfahrzeug übergeben. Ferner soll sich die Maschine durch Austausch des Vorsatzes so umrüsten lassen, daß man auch auf einen Einzugsstisch von Hand Biomasse auflegen kann. Abbildung 9 veranschaulicht beide Erntesysteme.

Der energetische Aufwand zur Holzzerkleinerung ist relativ gering, man rechnet je nach Verfahren mit 4 - 8 kWh/t Holz. Werden die Hackschnitzel feucht geerntet, so ist eine technische Nach Trocknung empfehlenswert. Die Lagerung erfolgt am sinnvollsten in Flachlagern, die sich per Frontlader oder Radlader entnehmen lassen. Diese Lager sind als Belüftungslager auszuführen.

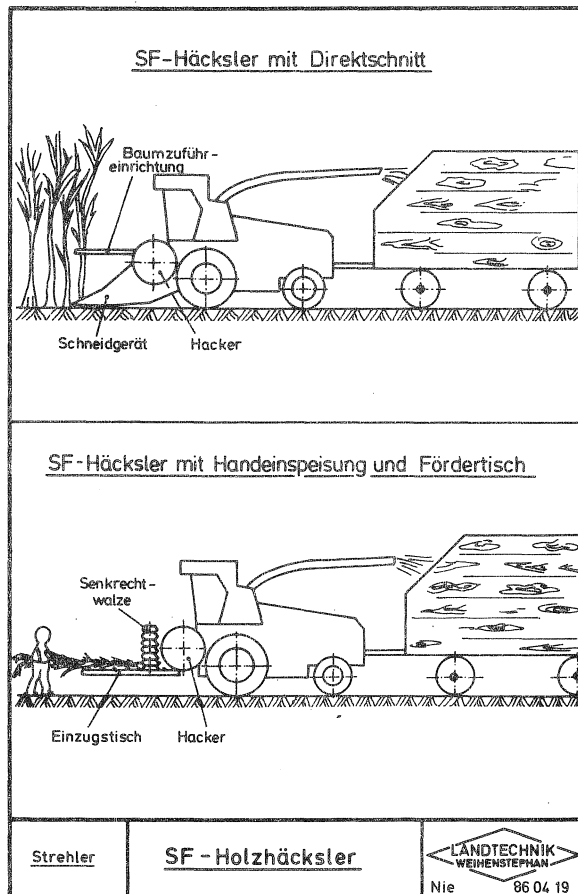


Abb. 9: SF-Holzhäcksler

3.3.3 Brennstoffeigenschaften

Die Heizwerte lagen bei verschiedenen Bestimmungen im Bereich von 15.5 bis 17.0 MJ/kg bei einem Feuchtegehalt von 15 %. Die flüchtigen Bestandteile betragen bei trockenem Holz 65 - 75 % der brennbaren Substanz. Der Aschegehalt des Holzes liegt bei 0.5 % (ohne Rindenanteil) und bei 2,5 % mit üblichem Rindenanteil bei Schwachholz. Durch die Verschmutzung bei der Ernte kann sich ein noch wesentlich höherer Aschegehalt ergeben. Für normale Kessel sollte der Feuchtegehalt der Hackschnitzel unter 20 % liegen. Nur heiße Brennkammern erlauben Feuchtegehalte über 35 %, ohne negative Auswirkungen auf die Feuerungsqualität.

Das Holz wird entweder in Fein- oder Grobhackschnitzel aufbereitet. Feinhackschnitzel (Teilchengröße bis 20 mm) haben den Vorteil, daß sie sich leichter dosieren und fördern lassen. Grobhackschnitzel weisen Vorzüge im geringeren Aufwand bei der Zerkleinerung und bei der Trocknung auf. Für beide Hackschnitzelarten gibt es Anlagen mit automatischer Brennstoffnachführung.

3.3.4 Technik zur energetischen Nutzung

Aus der Schwachholzverwertung sind die Feuerungsanlagen für Holzhackschnitzel hinreichend bekannt. Meistens werden sie als Vorfeuerung ausgeführt, um ehemalige Ölkessel als Wärmetauscher weiterhin nutzen zu können. Für Grobhackschnitzel lassen sich auch Unterbrandkessel für Scheitholz einsetzen, die sich auch mit einer automatischen Beschickungsanlage versehen lassen. Die meisten Anlagen zeigen eine ausreichend gute Feuerungsqualität. Holzhackschnitzel lassen sich auch über spezielle Vergasungsanlagen verwerten. Das Schwachgas ($1\ 200\ \text{kcal/m}^3$) kann entweder einer Schwachgasfeuerung oder aber einem Gasmotor zur Kräfteerzeugung zugeführt werden. Untersuchungen zur Energieversorgung eines Stirling-Motors über Holzhackschnitzel sind angelaufen.

3.3.5 Rentabilität der Kurzzeitforstnutzung

Dem Leser bietet sich eine große Zahl unterschiedlicher Rentabilitätsberechnungen. Die Kurzzeitforstnutzung reicht von nicht möglicher Rentabilität (SCHÄFER, 10) bis hin zur heute schon rentablen Alternative zur Nahrungsmittelproduktion (DIMITRI, 9). Die großen Unterschiede ergeben sich durch verschiedene Unterstellungen beim Maschineneinsatz und beim Lohnanspruch. Der Schlüssel künftiger Rentabilität liegt ganz wesentlich in der Entwicklung effektiver, schlagkräftiger und günstiger Verfahren zur Ernte- und Aufbereitungstechnik. Staatlich geförderte Demonstrationsanlagen wären dringend notwendig. Das größte Demonstrationsprojekt zur Holznutzung läuft derzeit in Italien und wird von der Europäischen Gemeinschaft gefördert (LEBEN-PROJEKT).

Das Energieäquivalent durchschnittlicher Erträge aus Schnellwuchsplantagen liegt im Bereich von 6 000 - 7 000 l Öl/ha und Jahr. Die Produktionskosten je t Hackschnitzel werden mit 100 -150 DM angegeben.

3.4 Ölhaltige Pflanzen als Energieträger

Unter nordeuropäischen Verhältnissen kommt vor allem Raps als ölliefernde Pflanze in Frage. In wärmeren südlichen Regionen sind Sonnenblumen zu empfehlen.

3.4.1 Anbau und Pflege

Gegenüber dem konventionellen Anbau von Raps und Sonnenblumen ändert sich im Fall der Energieträgerproduktion nichts. Es werden allenfalls andere Saatgutvarianten benutzt.

3.4.2 Ernte

Die Ernte erfolgt mit dem Mähdrescher. Stroh und Korn werden getrennt geerntet. Rapsstroh sollte mehrere Tage am Feld nachtrocknen. Es kann in verschiedenen Ballenformen gepreßt werden. Die Korn-erträge bei Raps liegen im Bereich von 25 - 45 dt/ha, der Ölgehalt beträgt um 40 %. Sonnenblumen liegen geringfügig unter dem Raps-ertrag, allerdings weisen sie mit 50 % einen höheren Ölgehalt auf (ohne Schale). Das Sonnenblumenstroh trocknet nur in bevorzugten Klimatalagen soweit ab, daß es als Brennstoff genutzt werden könnte. Aus diesem Grund ist unter deutschen Verhältnissen der Raps als Energieträger überlegen.

3.4.3 Aufbereitung und Lagerung

Je nach Motor muß das Rapsöl eventuell nur entschleimt werden (Spezialpflanzenölmotor - ELSBETT), für konventionelle Vorkammermotoren ist eine Umesterung anzuraten, das gleiche gilt für konventionelle Direkteinspritzer. Bis zu 5 % Pflanzenöl können vermutlich dem Dieseltreibstoff beigemischt werden, ohne daß die Motoren daraus Schaden nehmen. Die Ölabpressung erfolgt entweder über die chemische Extraktion oder mittels mechanischer Pressen (Kleinanlagen). Die Verfahrensschritte zur Aufbereitung werden in Abbildung 10 (nach APFELBECK) wiedergegeben.

3.4.4 Brennstoffeigenschaften

Tabelle 4 gibt die wesentlichsten Eigenschaften von Rapsöl als Treibstoff im Vergleich zu anderen Treibstoffen wieder.

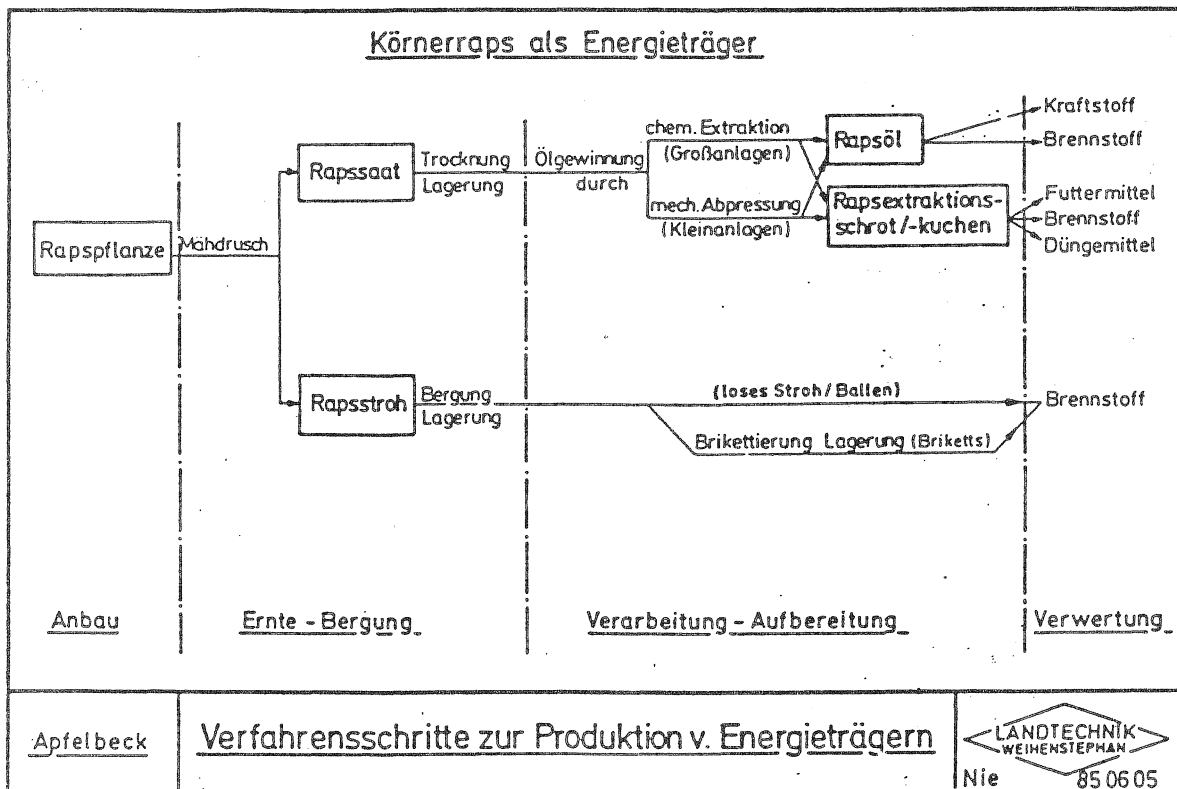


Abb. 10: Verfahrensschritte zur Produktion von Energieträgern

Tab. 4: Elementarzusammensetzung und Heizwerte von konventionellen und alternativen Kraftstoffen ¹⁾

	Einheit	Methanol	Äthanol	Rapsöl ²⁾	Diesel	Benzin
Spalte 1	2	3	4	5	6	7
Kohlenstoff C	%	38	52	77	86	85
Wasserstoff H	%	12	13	12	13	15
Sauerstoff O	%	50	25	11	0,4	-
Schwefel S	%	-	-	-	-0,3	-
Heizwert H _u	MJ/kg	19,5	26,9	35,8	41,6	42,5
	MJ/dm ³	15,4	21,5	32,9	35,8	31,5
Dichte (bei 20°C)	kg/dm ³	0,79	0,80	0,92	0,86	0,74

¹⁾ aus: Taschenbuch für Heizungs- und Klimatechnik Jahrgang 1977

²⁾ eigene Untersuchungen

Der Heizwert von Rapsstroh liegt geringfügig höher als der von Getreidestroh, man kann mit 15 MJ/kg rechnen. Der Heizwert des Preßkuchens wird mit 16 MJ/kg angegeben. Rapsöl weist 36 MJ/kg auf. Die Eignung von Rapsöl in Motoren wird in vielfältigen Versuchen untersucht. Die Nutzung in Heizölbrennern wird ebenfalls in mehreren Versuchsanstellungen überprüft.

3.4.5 Technik der energetischen Nutzung

Der Spezialmotor der Fa. ELSBETT ist in der Lage, Pflanzenöl im ursprünglichen Zustand zu verarbeiten. Selbst Pflanzenöle mit einem höheren Stockpunkt (bis zu 30° C) können dann verwertet werden, wenn Tank und Treibstoffleitungen beheizt sind. So liegen z. B. beste Ergebnisse zur Verwertung des billigen Palmöls vor.

Rapsöl und Sonnenblumenöl können vom Spezialmotor im kalt gepreßten Zustand genutzt werden.

Die nächste Stufe der Verarbeitung wäre die sogenannte Entschleimung (Entzug von Begleitstoffen, die bei Wasserzugabe quellen). Dieser Verfahrensschritt kostet großtechnisch 10 DM/t Öl, wäre also keine besondere Kostenbelastung. Mit diesem entschleimten Öl können Vorkammerdieselmotoren betrieben werden. KHD gibt in Südafrika eine Garantie zum Betrieb seiner Vorkammermotoren mit Sonnenblumenöl, wobei spezielle Umrüstsätze für ehemalige Direkteinspritzer geliefert werden.

Nach einer Umesterung, die je nach Glycerinabsatzmöglichkeiten 0 - 0,60 DM pro Liter kostet, können alle Dieselmotoren auf der Basis Pflanzenöl betrieben werden. Die Entwicklung von Umesterungsanlagen für kleinere Kapazitäten (Landwirtschaftliche Betriebe, Genossenschaften) ist noch nicht abgeschlossen.

Im Fall von Raps und Sonnenblumen können ebenfalls die Beiprodukte genutzt werden, zum Teil auch energetisch. Stroh läßt sich als Festbrennstoff nutzen, der Preßkuchen kann je nach Pflanzenart und Sorte im Bereich Futtermittel derzeit mit höchster Wertschöpfung untergebracht werden. Bestimmte Ölpflanzenarten erreichen jedoch im Preßkuchen keine Futterqualität, z. B. Wolfsmilchgewächse. Daher wird dieser Preßkuchen zur Düngung verwendet.

Für die Zukunft scheint der Spezialmotor der Fa. ELSBETT besonders attraktiv zu sein, da sich hier keine Rückstände bilden und die Wirkungsgrade sehr hoch liegen. Die Besonderheiten dieses Motors sind:

- ausschließlich ölgekühlt, daher höhere Motortemperaturen (125°C) daraus resultiert ein höherer Wirkungsgrad
- Doppelgelenkstahlkolben
- keine spezielle Zylinderkopfdichtung
- Kugelbrennraum im Kolben, dadurch weniger Wärmeabgabe an die Zylinderwand
- spezielle Einspritznadeldüse mit proportionaler Regelung
- besonderer Einspritzwinkel mit einer oder mehreren Düsen
- Ladeluftkühlung
- hohe Leistung bezogen auf das Motorgesamtgewicht

3.4.6 Rentabilität

Für eine grobe Rentabilitätsbetrachtung werden nachfolgend zwei Ertragsstufen und Energiepreisstufen unterstellt:

		DM/ha
a) 30 dt Körnerertrag ergeben:	1 050 kg Öl x 0,80 DM/kg	840,00
	1 950 kg Preßkuchen x	
	0,45 DM/kg	800,00
60 dt Rapsstroh x 10 DM/dt		<u>600,00</u>
Marktleistung		2.320,00
b) Durch Züchtungsfortschritte im Ertrag und bei Energie- verteuerung:		
40 dt Körnerertrag ergeben:	1 400 kg Öl x 0,90 DM/kg	1.260,00
	2 600 kg Preßkuchen x	
	0,45 DM/kg	1.170,00
80 dt Rapsstroh x 12 DM/dt		<u>960,00</u>
Marktleistung		3.390,00

Im günstigsten Fall (b) wäre das gesamte Verfahren mit der Getreideproduktion konkurrenzfähig. Vor einer allgemeinen Empfehlung für die Praxis ist die Nutzung von Rapsstroh und Rapsöl dadurch zu fördern, daß die zugehörigen Techniken weiterentwickelt, erprobt und demonstriert werden. Bis zur Erlangung eines allgemein höheren Energiepreisniveaus, wie unter b) festgestellt, sind noch staat-

liche Fördermittel notwendig, die jedoch unter den bisherigen Beihilfen für die Körnerrapsproduktion liegen könnten.

3.5 Produktion von Alkohol aus zucker- und stärkehaltigen Pflanzen

Brasilien erregt durch sein Alkoholprogramm, das auf Zuckerrohr als Basisprodukt beruht, weltweites Aufsehen. Die volkswirtschaftlichen Hintergründe sind bekannt, wie Deviseneinsparung, Wertschöpfung aus eigener Produktion etc.. Zuckerrohr als Rohstoff bringt durch die Nutzbarkeit der Bagasse als Energieträger günstige Voraussetzungen mit sich. Unter deutschen Verhältnissen kommen zur Ethanolerzeugung neben Zuckerrüben und Futterrüben auch Kartoffeln, Getreide und Zuckerhirse in Frage. Die Wirtschaftlichkeit der Ethanolerzeugung über Zuckerrüben ist allenfalls in Verbindung mit Annexanlagen an Zuckerfabriken gegeben.

Da die Produktion von Zuckerrüben, Futterrüben und Getreide hinreichend bekannt ist, wird nachfolgend vor allem auf Zuckerhirse eingegangen, die bessere Voraussetzungen zur Ethanolerzeugung bringt, als die vorgenannten Früchte. Hierbei wird auf Daten aus der Diplom-Arbeit von BLUDAU (11) zurückgegriffen.

3.5.1 Anbau und Pflege

Für hohe Erträge der Zuckerhirse sind neben der Wahl des richtigen Standortes auch die richtige Wahl von Sorte und Saatzeitpunkt von Bedeutung. Wenn auch Spätsaaten höhere Wachstumsraten aufweisen als Frühsaaten, so bringen die Frühsaaten insgesamt einen höheren Trockenmasseertrag und sind deshalb empfehlenswert. Die Bodenbearbeitung erfolgt wie bei Zuckerrüben. Es wird ein Reihenabstand von 45 - 50 cm empfohlen, der Abstand in der Reihe soll 7 - 8 cm betragen. Die Saatstärke sollte bei 30 Körnern m^2 liegen. Zur Düngung empfehlen STÜTZLE und BLUDAU aus Literaturangaben und einigen Ermittlungen bei Unterstellung eines Trockenmasseertrages von 225 dt/ha 225 kg N, 92 kg P_2O_5 und 325 kg K_2O , soweit nach dem Entzug zu düngen ist. Bei Kenntnis des Bodenzustandes können entsprechende Korrekturen vorgenommen werden. Der Entzug von MgO wird mit 56 kg bezeichnet, die Magnesiumdüngung sollte sich generell nach der Gehaltsstufe des Bodens richten.

Im Voraufbau wird eine Menge von 2 Litern/ha Atrazin empfohlen, evtl. auch eine Hackung.

3.5.2 Ernte, Aufbereitung, Lagerung, Erträge

Bei der Ernte lassen sich vier grundsätzliche Varianten unterscheiden, wie:

- Ernte mit einem Zuckerrohrernter, der den Stengel in 30 cm lange Stücke schneidet und die Fruchtstände durch einen Köpfer abtrennt
- Ernte mit einem reihenunabhängigen Maishäcksler mit einer Häcksellänge von 1 - 5 cm
- Mähbinder zur Bergung des ganzen Halmes
- Safternter mit Ablage der Bagasse auf dem Feld.

Die höchste Schlagkraft erbringt der Zuckerrohrvollernter, je ha sind 2 Stunden Einsatzzeit notwendig. Bis zu 5 Reihen werden gleichzeitig geerntet. Das etwa auf 20 - 30 cm Länge geschnittene Gut läßt sich unter tragbaren Verlusten 3 - 5 Tage lagern, während kurzgehäckseltes Material innerhalb weniger Stunden verarbeitet werden muß. Es wäre möglich, die Hirsestücke auf 15 % Feuchtegehalt abzutrocknen, dann wären sie ohne weiteres 9 Monate lagerfähig, wodurch sich die Verwertungskampagne wesentlich ausdehnen ließe. Der Energieaufwand zur Trocknung ist allerdings erheblich.

Abbildung 11 zeigt den Zuckerrohrvollernter.

Am Zuckerrohrvollernter wären noch einige Anpassungsarbeiten für den europäischen Einsatz nötig, wie beispielsweise die Verringerung der Straßenfahrbreite auf 3 m. Die Funktionssicherheit des Zuckerrohrvollernters befriedigte voll. Durch die künftige Verwendung steriler Sorten entfällt das Abschneiden der stärkehaltigen Rispen. Man könnte auf das Abtrennen der Blätter verzichten. Damit ließe sich die Maschine um 20.000 DM verbilligen und hätte dann einen Endpreis von 240.000 DM (einschließlich 14 % MWSt).

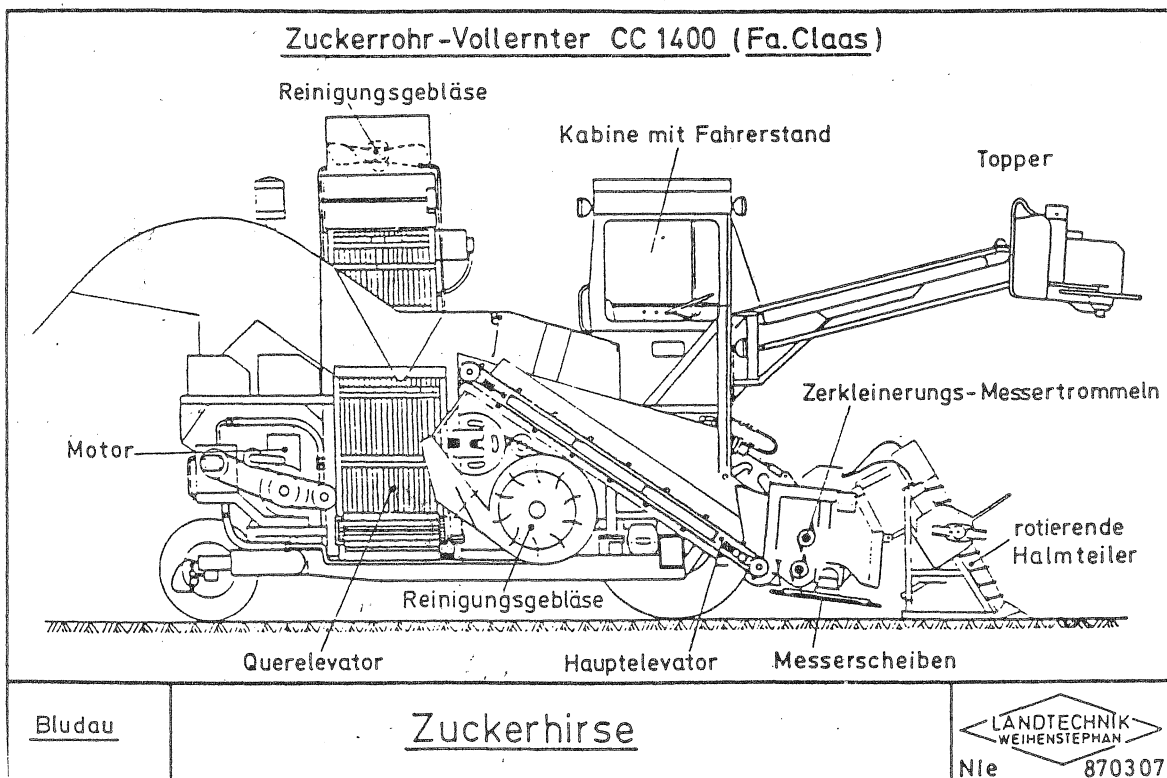


Abb. 11: Zuckerrohrvollernter

Feldhäcksler, mit denen stengeliges Gut wie Silomais geerntet werden kann, eignen sich prinzipiell auch zur Ernte von Zuckerhirse. Allerdings muß die Einschränkung getroffen werden, daß Feldhäcksler zur Zuckerhirseernte geeignete Schneidwerke benötigen. Da die Reihenweiten von jenen von Mais abweichen, wird empfohlen, Anbaumaishäcksler oder selbstfahrende Maishäcksler mit reihenunabhängigen Schneidwerken zu verwenden. Man rechnet dann mit Erntekosten von 280 - 350 DM/ha.

Mit dem Mähbinder zur Ernte des ganzen Halmes wurden noch keinerlei Versuche angestellt. Es läßt sich erwarten, daß das Binden des Gutes und die Lagerung der ganzen Stengel eine längere Lagerzeit ohne gravierende Verluste erlaubt.

In den USA wurden auch Versuche mit dem Einsatz eines Entsafters mit Ablage der Bagasse auf dem Feld durchgeführt. Ähnliche Versuche laufen in Deutschland, dieses Verfahren soll jedoch hier noch nicht besprochen werden, da es aus derzeitiger Sicht nicht sehr attraktiv erscheint.

Der Ertrag von Zuckerhirse ist sehr abhängig vom Erntezeitpunkt. Neue Sorten erlauben Erträge im Bereich von 150 - 200 dt/ha Trockenmasse. Das führt zu Ethanolerträgen im Bereich von 3 000 - 5 000 l/ha. Die Zuordnung des Zucker- und Ethanolertrages ist graphisch in Abbildung 12 festgehalten.

3.5.3 Brennstoffeigenschaften

Der untere Heizwert von Ethanol liegt bei 27 MJ/kg, also erheblich unter dem Wert von Benzin und Dieselöl (42 MJ/kg). Der Heizwert der Trockenmasse von Bagasse wurde mit 17 MJ/kg ermittelt, das entspricht 15 MJ/kg bei einem Feuchtegehalt von 15 % (lufttrocken). Da sich in der Bagasse Schwefel befindet, müssen Feuerungsversuche angestellt werden, um festzustellen, inwieweit Schwefel die Umwelt oder aber die Asche belastet. Durch die Verfeuerung von Bagasse kann, ähnlich wie bei Zuckerrohr, die Energie für den Ethanolerzeugungsprozeß bereitgestellt werden.

3.5.4 Technik zur energetischen Nutzung

Eine größere Zahl von Verfahren zur Ethanolherstellung aus Zuckerhirse stehen in Erprobung. Abbildung 13 zeigt die verschiedenen Möglichkeiten der Produktzuführung in das Fermentationsverfahren.

Die wesentlichen Unterschiede der verschiedenen Verfahren der Ethanolproduktion liegen in der Aufbereitung und der räumlichen Zuordnung von Extraktion und Gärung (Saftgärung oder Feststoffgärung). Allen gemeinsam sind die Endprodukte: Ethanol, Bagasse und Schlempe.

Zur Nutzung des Ethanols für motorische Antriebe gibt es ebenfalls mehrere Möglichkeiten. Am bekanntesten und viel diskutiert ist die Beimischung von 5 % zum üblichen Vergasertreibstoff. Ethanol wirkt hier als Lösungsvermittler, die Energieausnutzung ist besser als im reinen Alkoholbetrieb.

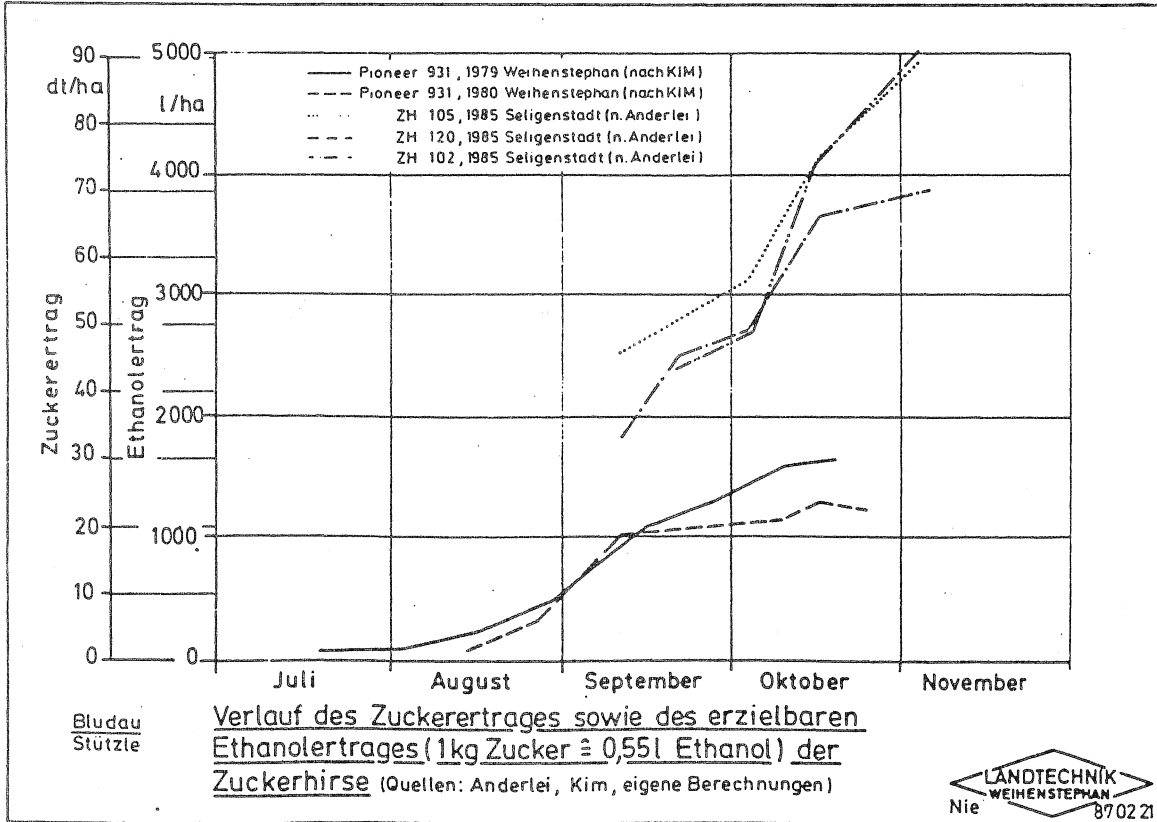


Abb. 12: Ertragsverlauf bei der Zuckerhirse

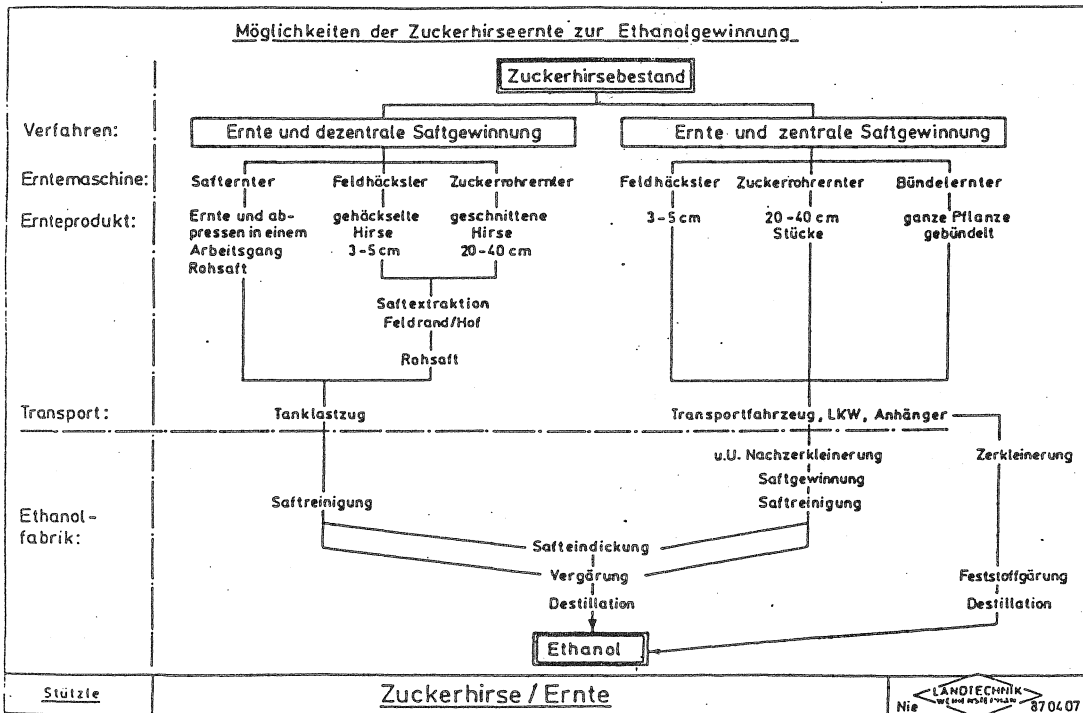


Abb. 13: Möglichkeiten der Zuckerhirseernte für verschiedene Formen der Ethanolgewinnung

Durch Abwandlung der treibstoffführenden Teile wurden in Brasilien die Motoren auf reinen Alkohol umgestellt.

Ferner gibt es die Möglichkeit, mit einem separaten Einspritzsystem Ethanol neben dem Dieseltreibstoff einzuspritzen. Bei Vollast beträgt der Dieselanteil 10 % und wirkt als Zündstrahl.

Weitere Entwicklungen dienen vor allem dem Ziel, hohe Wirkungsgrade zu erzielen und der korrosiven Wirkung des Alkohols entgegenzuwirken. Die motorische Verwertung von Ethanol wurde über mehrere technische Verfahren zu erfolgreichen Lösungen entwickelt.

3.5.5 Rentabilität

Zur Rentabilität gibt es außerordentlich viel Literatur. Es gibt zahlreiche Kalkulationen, mehr oder weniger seriös, die für Europa auf eine notwendige Stützung von 0,60 - 1,20 DM/l Ethanol hinauslaufen, wenn mit diesem Alkohol Benzin voll ersetzt werden soll. Mineralölfirmen sind derzeit nicht bereit, mehr als 0,30 DM/l für Ethanol zu bezahlen. Nur durch einen Beimischungszwang ließe sich ein höherer Preis erwirken. Der Zuschußbedarf würde sich dann jedoch im Bereich von 1.500 - 5.000 DM/ha Erzeugungsfläche bewegen. Inwieweit heute mit dem Ethanolverfahren eine merkliche Hilfe zur Entlastung der Agrarmarktfinanzierung der EG gegeben ist, sei hier dahingestellt. Es sollte auf keinen Fall übersehen werden, daß aus der Sicht einer langfristigen Energiesicherung die Weiterentwicklung der Verfahren zur Ethanolherzeugung auf jeden Fall zu begrüßen ist. Bei Verwendung von Zuckerhirse bestehen bessere Voraussetzungen.

4. Zusammenfassung

Bei der Energieträgerproduktion scheint die Erzeugung der Festbrennstoffe aus derzeitiger Sicht der Dinge am aussichtsreichsten zu sein. Massengetreide weist bis zu 20 dt/ha und Jahr an Trockengutzuwachs auf, Elefantengras und bestimmte Schilffarten liegen im Trockenmasseertrag noch wesentlich höher. Entsprechende Versuchsanstellungen laufen. Für Einjahrespflanzen ist die Technik der Gewinnung weitgehend gelöst. Hier gibt es allenfalls noch Anpassungsprobleme zwischen bestimmten, bereits vorhandenen Maschinen wie Schwadleger, Häckselladewagen und Feuerungen mit automatischer Brennstoffzuführung. Möglich ist die Nutzung selbstfahrender mit Mähwerk versehener Großballenpressen. Hierzu ist jedoch noch einige Entwicklung zur Umrüstung notwendig. Die energetische Nutzung von Halmgut ist durch die Verwertung von Stroh weitgehend erprobt. Es fehlen jedoch Demonstrationsanlagen in der Bundesrepublik Deutschland. Große Pilotanlagen bis 10 MW-Heizleistung gibt es bereits im skandinavischen Raum. Die Messungen bezüglich Feuerungsqualität verliefen bei Massengetreide positiv. Die Heizwerte bewegen sich von 13,5 - 16,5 MJ/kg.

Schnellwachsende Baumarten stehen auch schon längere Zeit in Untersuchung. Maschinen für die Stecklingspflanzung wurden vor allem in Schweden entwickelt. Spezielle Reihenaufbereitungsgeräte für die chemische und mechanische Unkrautbekämpfung werden angeboten. Eine große Zahl von Prototypen zur Ernte schnellwachsender Hölzer, die etwa 3 - 5 Jahre alt werden, stehen zur Auswahl. Die Landtechnik Weihenstephan wird einen Selbstfahrhäcksler, wie er für die Mais- und Gesamtpflanzenernte genutzt wird, auf die Belange der Holzhackung umrüsten (EG-Forschungsauftrag).

Raps und Sonnenblumen als Lieferanten von Pflanzenöl für motorische Antriebe stehen ebenfalls in Untersuchung. Zur Nutzung konventioneller Motoren ist eine Umesterung nötig (Zusatzkosten ca. 0,30 DM/l). Vorkammermotoren verlangen lediglich eine Entschleimung. Neuerdings entwickelte Spezialmotoren können Pflanzenöl ohne jede Umänderung verwerten (Fa. ELSBETT). Der Preßkuchen dient im allgemeinen der Verfütterung. Reicht jedoch der Wert hierzu nicht aus, kommt Preßkuchen auch als Düngemittel in Frage. Das Stroh von Raps und Sonnenblumen kann als Festbrennstoff der Wärmegewinnung in Feuerungsanlagen, die ursprünglich für Getreidestroh gebaut werden, dienen. Die Rentabilität der energetischen Nutzung hängt ganz wesentlich vom Heizölpreis ab.

Die Produktion von Ethanol erwies sich in Brasilien als volkswirtschaftlich sinnvoll. Auch in Europa, speziell in der Bundesrepublik Deutschland, könnte man mit diesem Produktionspfad theoretisch einen wesentlichen Beitrag zur Energiesicherung und zur Agrarmarkt-entlastung leisten. Derzeit ist die Wirtschaftlichkeit jedoch problematisch, weil die Industrie nur 0,30 DM/l Ethanol zu zahlen bereit ist. Als Basisrohstoff für Ethanol wurde die Zuckerhirse in den letzten Jahren stärker untersucht, Ertragsermittlungen erwecken die Hoffnung, daß Ethanol aus diesem Rohstoff billiger erstellt werden kann als aus Zuckerrüben. Verschiedene Erntemaschinen kamen in den Einsatz, wobei der Zuckerrohrvollernter und ein spezieller Häcksler mit reihenunabhängigem Mähwerk die besten Optionen sind. Maschinen zur Saftpressung am Feld mangelt es an ausreichender Leistung. Über Zuckerhirse können 4 000 - 5 000 l Ethanol pro Hektar und Jahr gewonnen werden.

Die Hemmnisse zur Verbreitung der einzelnen Verfahren der Energieträgerproduktion liegen vor allem in der mangelnden Konkurrenzfähigkeit zu fossilen Energieträgern. Fossile Energieträger werden aber mit Sicherheit teurer, da sie knapp sind. Aus diesem Grunde ist es nur eine Frage der Zeit, bis aus der Energieträgerproduktion aus Biomasse Gewinn zu ziehen ist.

5. Literaturnachweis

- (1) Schäfer, R., Heidrich, E.: Einfluß und Nutzung von Biomasse als Energieträger auf die arbeitswirtschaftliche Lage, die Energiesituation und die Agrarmarktprobleme der Europäischen Gemeinschaften; Endbericht für CEC, ESE-R-065-D(B), 1984
- (2) Michel-Kim, H.: Beseitigung von Kohlendioxidemissionen mit Bäumen; EFEU GmbH, Berlin 65, 1987
- (3) Hall, D. O.: Biomass for food or fuel: a world problem?; University of London, King's College, Biology International Nr. 11, 1985
- (4) Noren, Olle: Technical Systems in Energy Plantation, Swedish Inst. of Agric. Eng., Uppsala, Rungstedgaard, Dänemark, Okt. 1985, Energy Cropping and Liquid Fuels from Biomass
- (5) Keville, B. J. u. Devenish, E. J. : Short rotation forestry harvester chipper, Energy from Biomass, Vol. 6
- (6) Straß: Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenzüchtung, Versuchsergebnisse, pers. Mitteilung
- (7) Dimitri, L.: Erste Erfahrungen aus Versuchen zur Produktion und Verwendung von Biomasse im Kurzumtrieb; Tagung Freising, Nov. 1985, zu Energie aus Biomasse - Erfahrungen mit verschiedenen technischen Lösungen und Zukunftsaussichten, Selbstverlag Landtechnik Weihestephan
- (8) Weisgerber, Dr., Inst. für Pflanzenzüchtung, Hann.-Münden, persönliche Mitteilung
- (9) Dimitri, L.: wie (7)
- (10) Schäfer, R.: Einfluß und Nutzung von Biomasse als Energieträger auf die arbeitswirtschaftliche Lage, Energiesituation und die Agrarmarktprobleme der EG, Abschlußbericht, EUR 9776 DE, 1985, Kommission der EG, veröffentlicht EGKS-EWG-Euratom, Brüssel, Luxemburg
- (11) Bludau, D.: Landwirtschaftliche Kenndaten und angepasste Produktionstechnik der Zuckerhirse als Energiepflanze in der Bundesrepublik Deutschland, Dipl.-Arbeit, 1987
- (12) Grimm, G.: Übersicht zur Energieträgerproduktion, Sonderdruck Landtechnik Weihestephan, Oktober 1987

Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Pflanzenproduktion

Dr. Hermann Auernhammer

1. Elektronik in der Landwirtschaft

Die stürmische Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronik berührt das tägliche Leben des Einzelnen immer stärker. Sie macht auch vor dem Einsatz in der Landtechnik nicht Halt und fordert dort zur Beschäftigung mit diesem neuen Medium heraus. Dabei stehen sich zwei Denkansätze gegenüber, wobei zum einen "Sinnvolles" gefragt ist und wobei zum anderen "Mögliches" nicht außer Acht gelassen werden darf. Diese Überlegungen führen bei der nachfolgenden Betrachtung zu einer Darstellung des derzeitigen Entwicklungsstandes mit einer kritischen Einordnung und sie fordern zur Abschätzung der möglichen Entwicklungen heraus, wobei immer das "Machbare" im Vordergrund der Überlegungen steht.

2. Elektronik im Ackerschlepper

Elektronik im Ackerschlepper wird in den Bereichen zwischen Schlepper und Fahrer, zwischen Schlepper und Gerät und zur internen Schlepperüberwachung und -steuerung eingesetzt.

2.1 Elektronik zwischen Schlepper und Fahrer

Am deutlichsten wird derzeit der Einzug der Elektronik in den Ackerschleppern an der Schnittstelle zwischen Schlepper und Fahrer sichtbar.

Digitale Anzeigen

Der Übergang vom herkömmlichen Zeigerinstrument zur digitalen Anzeige ist unverkennbar. Seine Vorteile werden in der Vermittlung des absoluten Wertes gesehen, den der Fahrer z.B. als Geschwindigkeit direkt in die Gerätesteuerung umsetzen kann ohne aus einer evtl. unübersichtlichen Skala den benötigten Wert auswählen und aussuchen zu müssen. Dieser Vorteil trifft zweifelslos auch zu, jedoch sind dann auch generell die Einschränkungen zu machen, daß diese Anzeigeform in unmittelbarer Verbindung mit der Nutzung zu sehen ist. Die exakte digitale Anzeige wird demnach nur dort benötigt, wo seine Umsetzung direkt erfolgt, also im Pflegeschlepper in Verbindung mit Düngerstreuer und Pflanzenschutzspritze. Hinzu kommt die dort benötigte Anforderung an die Genauigkeit. Nur im Arbeitsbereich ist die exakte Anzeige erforderlich (eine Dezimalstelle), während sie im Transportbereich weniger exakt (ohne Dezimalstelle) und mit geringerer Anzeigefrequenz (Anzeigenwechsel) dargeboten werden muß.

Ob daneben die Anzeige der Motordrehzahl in digitaler Form sinnvoll

ist, kann auf obige Überlegungen aufbauend nicht allgemein bejaht oder verneint werden. Wiederum im Sinne der Gerätesteuerung mag es wenige Anwendungsfälle geben, wo eine digitale Anzeige sinnvoll ist. Die Anzahl dieser Anwendungen dürfte aber sehr begrenzt sein.

Schleppermonitore

Hingegen ist die digitale Anzeige in den Schleppermonitoren (datatronic von MF, agrotronic von DEUTZ, A.C.E.T. von Renault, TRAC MONITOR bei Fiat und in Vorbereitung bei FENDT und bei SCHLÜTER) ein absolutes "Muß". Damit werden echte Meß- und Kalkulationswerte für den Fahrer und damit für dessen Management ermittelt, deren wichtigste sicher die Arbeitszeit und die Flächenleistung sind. Viele andere Größen fallen dabei eher als Zusatzinformation an und können auf Wunsch des Fahrers abgerufen werden.

Schleppermonitore stellen somit den Übergang zum verbesserten Management dar und fordern bei dem nutzenden Landwirt eine verbesserte Führung der Schlagkartei, wobei derzeit das Problem des Datentransfers für die Serie noch nicht gelöst ist. Eigene Untersuchungen mit einer sogenannten "Memory-Card" (Abb. 1) zeigten gute Ergebnisse bei einem erträglichen Preis von etwa 60-80 DM je Karte und etwa 500.- DM für die Lesestation am PC (einschl. PC

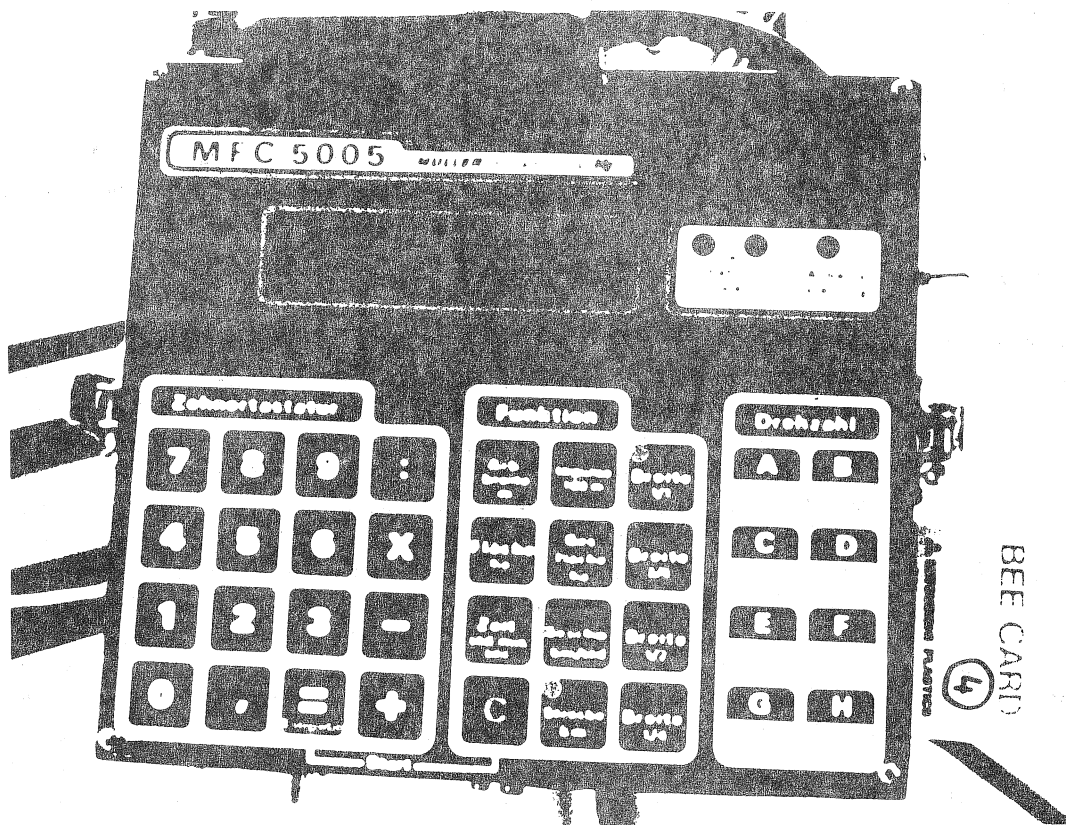


Abbildung 1: Die vom Schleppermonitor erstellten und gesammelten Daten können per "Memory-Card" in den Betriebsrechner übergeben werden.

Steckkarte). Voraussetzung für eine derartige Technik ist allerdings die entsprechende Lese-/Schreibstation am Schleppermonitor, welche derzeit allenfalls als Sonderausrüstung bei einem Hersteller erhältlich ist.

Insgesamt nutzt der Schleppermonitor somit vor allem dem überbetrieblichen Maschineneinsatz und dem fortschrittlichen Landwirt mit verbessertem Management.

Fahrerinformationssysteme

Werden die mittlerweile immer leistungsfähigeren Schlepper betrachtet, dann stellt sich unmittelbar die Frage, ob diese auch den jeweiligen Verhältnissen entsprechend optimal eingesetzt werden können. Kosten je Arbeitsstunde von 40 - 70 DM müßten eigentlich dazu herausfordern, den Einsatz kritischer zu beurteilen und unter den jeweiligen Verhältnissen zu optimieren.

Hier könnten Fahrerinformationssysteme (STEYR) auf der Basis der Entwicklung der TU-Berlin für eine strategisch angepaßte Fahrweise (zeit- oder kraftstoffsparend) entscheidende Vorteile bringen, wenn sie auch den zu erwartenden Schlupf und die damit veränderten Zugkraftbedingungen in die errechneten Hinweise einbringen würden.

Bordcomputer

Als umfassende Steuer- und Informationseinheiten werden seit etwa 2 Jahren Bordcomputer von der Zulieferindustrie (Fa. Biotronik) angeboten. Zielvorstellung ist dabei eine universelle, mobile und damit dem jeweiligen Schlepper und dem Schleppereinsatz anpaßbare Computereinheit. Sie soll Insellösungen ohne Verbindung untereinander von Anfang an verhindern und schon beim Einstieg in die Nutzung der Elektronik im Ackerschlepper die Systemlösung ermöglichen.

Diese für sich faszinierende Zielvorstellung soll modular ausbaufähig und von Anfang an auf die Anbindung an einen Betriebsrechner ausgelegt sein. Als Fernziel ist sogar an die vollständige Integration von Schlagkartei, Düngeplan, Wetterdatei und danach gesteuerter flächenspezifischer Feldbearbeitung gedacht.

Bisher wurden allerdings nur die Teilprogramme für die Schlepperinformation (vergleiche Bordmonitore), die Spritz- und Düngersteuerung und für das Wiegen in der Dreipunkt-Hydraulik realisiert. Auch dazu fehlt aber noch die Umsetzung in die Praxis.

Unbestreitbarer Vorteil dieses Ansatzes ist die Herausforderung an Wissenschaft, Beratung, Schlepperhersteller und an den Praktiker, sich mit einer derartig umfassenden Materie zu befassen und über die darin enthaltenen Vorteile nachzudenken. Mit Sicherheit werden schon bald Schlepperhersteller mit Bordmonitoren im Angebot eine entsprechende Erweiterung anbieten und dann dem in-

novationsfreudigen Landwirt eine preisgünstige Lösung für seine dringendsten Bedürfnisse im Hinblick auf einen umweltschonenden Ackerbau anbieten. Gleichzeitig hat diese Aktivität die Bestrebungen um eine Normierung der Schnittstelle zwischen Schlepper und Gerät vorangetrieben und zu ersten DIN-Entwürfen geführt.

2.2 Elektronik zwischen Schlepper und Gerät

In diesen Bereich fallen vor allem die Schlepper-Geräte-Kombinationsmöglichkeiten an der Dreipunkthydraulik und daraus abzuleitende neue Möglichkeiten der Schlupfminimierung und der besseren Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an die spezifischen Arbeiten.

Elektronische Hubwerksregelung (EHR)

Die Regelhydraulik ist heute fester Bestandteil in jedem Schlepper. Dabei erfolgt der Regelablauf auf mechanischer Basis und ist durch die mechanischen Möglichkeiten eingeschränkt.

Ohne am Prinzip der Regelung Änderungen vorzunehmen bietet dagegen die elektronische Hubwerksregelung wesentlich mehr Möglichkeiten. Basiselemente sind die Kraftmeßbolzen an den Unterlenkern und eine kulissengeführte Höhenmessung des Dreipunktgestänges, sowie die elektronische Steuereinheit mit Bedienpult. Bedingt durch die nunmehr verfügbaren elektronischen Signale zur Bedienung kann die EHR

- o eine höhere Reglgüte erreichen
- o eine einfache Fernbedienung ermöglichen und

- neue Funktionen ausführen wie

- o gesteuerten Schnelleinzug
- o Aushubsbegrenzung
- o Empfindlichkeitsanpassung und
- o Arbeitstiefe anzeigen

Die elektronische Hubwerksregelung ist deshalb überall dort angebracht, wo diese Möglichkeiten auch genutzt werden können, wie beim Einsatz größerer Ackerschlepper, bei der Schubfahrt oder bei Drehsitzanordnungen im Schlepper. Ein direkter kostenmäßiger Nutzen ist daraus jedoch nicht abzuleiten.

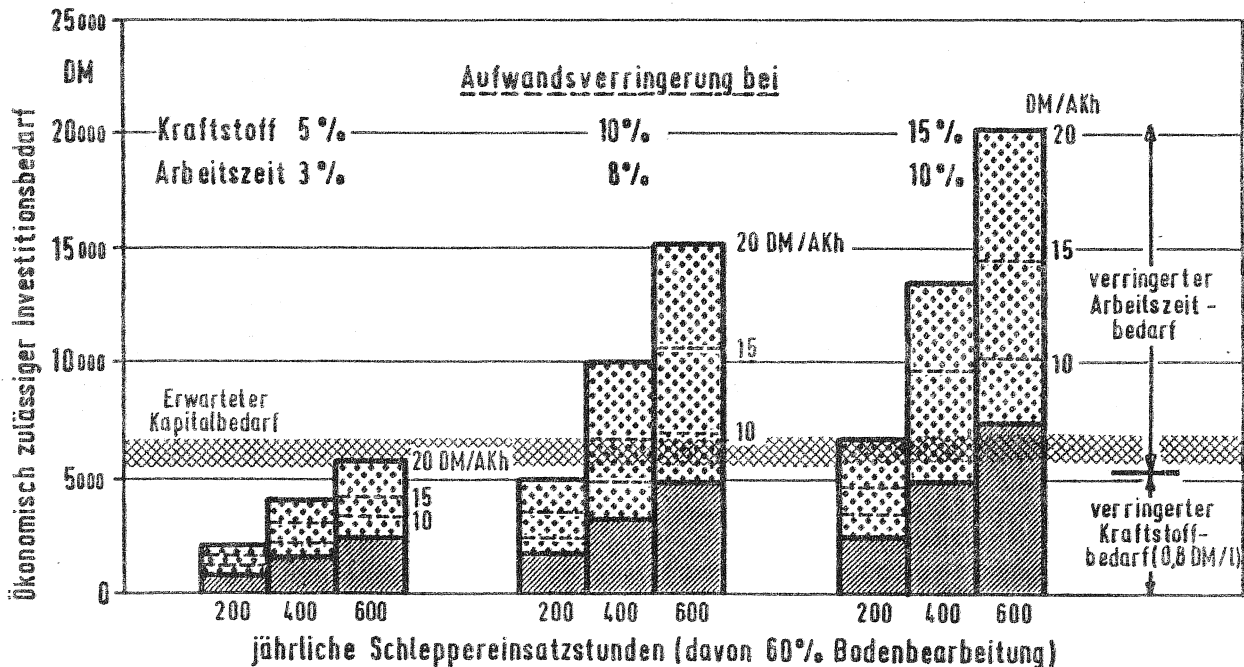
Schlupfregelung

Bedingt durch die Steuerung der EHR über elektrische Signale besteht eine einfache Erweiterungsmöglichkeit auf eine elektronisch gesteuerte Schlupfregelung. Dabei wird der über eine Differenz-

messung zwischen Getriebegeschwindigkeit und wahrer Fahrgeschwindigkeit (Radarsensor) ermittelte Schlupf als Regelgröße herangezogen und bei Überschreiten eines Grenzwertes das Arbeitsgerät angehoben. Damit kommt kurzfristig zusätzliches Gewicht auf die Hinterräder, während sich gleichzeitig die erforderliche Zugkraft verringert. Eine Abnahme des Schlupfes führt dann wieder zum Absenken des Gerätes auf die vorgewählte Arbeitstiefe.

Aufbauend auf diese Funktionsweise zeigen Versuche, daß damit unter ungünstigen Bedingungen (wechselnde Bodenarten, lokale Staunässe und Hanglagen) Arbeitszeit- und Kraftstoffeinsparungen bis zu 15% möglich sind. Diese erlauben unter ökonomischen Gesichtspunkten Mehrinvestitionen in Abhängigkeit vom jährlichen Schleppereinsatz und von der Höhe der Kosten je Arbeitsstunde nach Abb. 2. Eine Schlupfregelung ist somit immer dann interessant, wenn

- die jährlichen Schleppereinsatzstunden über 400 h liegen und davon mindestens 60% der Einsatzzeit über die Schlupfregelung die aufgezeigten Verbesserungen bringen und
- wenn gleichzeitig die Kosten der Arbeitsstunde hoch sind.



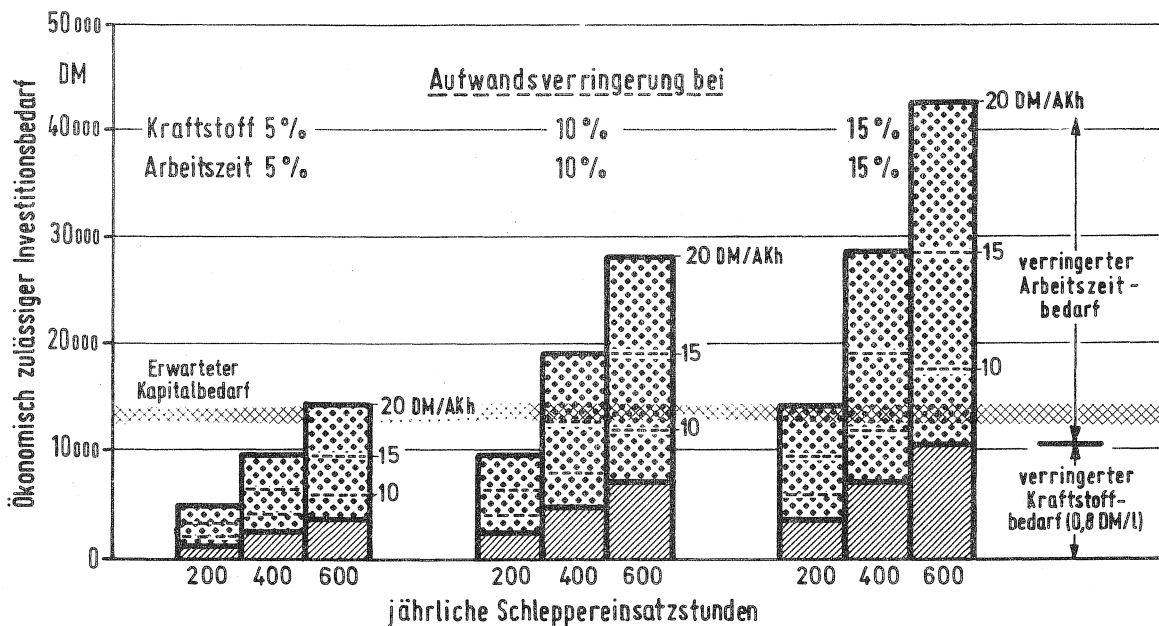
(Annahmen: Dieselverbrauch 28 l/h; Kapitalisierungsfaktor = 6,03 aus AfA = 12 Jahre; Zins = 7%; Reparaturen = 4%.)

Abbildung 2: Zulässiger Investitionsbedarf für Schlupfregelung bei verschiedenen Unterstellungen zur jährlichen Auslastung und zur Aufwandsverringering bei Kraftstoff und Arbeitszeit für einen 125 kW-Schlepper.

Die Schlupfregelung bleibt somit in erster Linie dem überbetrieblichen Maschineneinsatz und dem Betrieb in äußerst ungünstiger Lage vorbehalten. Sie stellt darüber heute schon eine verfügbare Technik bei zunehmenden Kraftstoffpreisen dar, weil dann die Einsatzschwelle sehr schnell nach unten verlagert wird.

Stufenlose Getriebe

Eine elektronische Schlupfregelung in Verbindung mit einem Fahrerinformationssystem stellt die Ausgangssituation für ein elektronisch geschaltetes Getriebe dar. Derartige Getriebe sind bei zwei Anbietern verfügbar und zeigen in der ökonomischen Beurteilung die gleiche Einordnung wie die Schlupfregelung (Abb. 3).



(Annahmen: Dieserverbrauch 24,6 l/h; Kapitalisierungsfaktor = 6,03 aus AfA = 12 Jahre, Zins = 7%, Reparaturen = 4%)

Abbildung 3: Zulässiger Investitionsbedarf für elektronische Lastschaltgetriebe bei verschiedenen Unterstellungen zur jährlichen Auslastung und zur Aufwandsverringering bei Kraftstoff und Arbeitszeit für einen 125 kW-Schlepper.

2.1 Schlepperinterne Elektronik

Bei der Nutzung der schlepperinternen Elektronik wird nicht so sehr der Landwirt als Nutzer, sondern vielmehr die Zulieferindustrie die Maßstäbe setzen.

Einen ersten großen Schritt wird zweifelslos die elektronisch gesteuerte Einspritzpumpe bringen. Mit ihr wird in Abhängigkeit von der Motorlast erstmals ein universell verwendbares Signal zur Verfügung stehen, welches als Kraftstoffverbrauch

- die verbrauchte Kraftstoffmenge exakt zur Verfügung stellt
- die unterschiedlichen Motorauslastungen widerspiegelt
- eine Verknüpfung mit der Zeit zuläßt

und dadurch bis hin zu betriebspezifischen Serviceintervallen eine umfangreiche Information über den Schlepper zur Verfügung stellen wird.

Neben dieser Neuerung wird ähnlich dem Automobilbau eine Vielzahl weiterer Funktionen von der Elektronik überwacht werden und insbesondere bei größeren und damit teureren Ackerschleppern der gesamte Service- und Checkbereich auf eine neue Ebene stellen. Allerdings ist auch dabei nicht zu verkennen, daß diese Entwicklung wiederum zuerst dem Schlepper mit hoher Einsatzleistung je Jahr zugute kommen wird und auch damit zuerst den größeren Betrieb und auf der anderen Seite dem überbetrieblichen Maschineneinsatz vorbehalten bleiben wird.

3. Elektronikeinsatz bei Verteilgeräten

Im Bereich der Verteilgeräte findet die Elektronik Eingang bei der Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln, von Mineraldünger, von Flüssigmist und bei der Drillmaschine.

Planzenschutzspritzen

Als reine Insellösung findet sich heute der Spritzcomputer in großer Stückzahl in der Pflanzenschutztechnik. Dabei zeichnet sich jedoch ein Wandel vom alleinigen Spritzcomputer ab, der unverkennbar zu einer Mehrfachnutzung der Geräte geht und damit zu einer echten Kostenreduzierung führen kann. Zwei Ansätze sind derzeit verfügbar:

- Ein universeller Spritzcomputer übernimmt durch eine andere Bedienfeldschablone die Aufgaben der Düngerverteilung, wodurch lediglich die Sensoren in den Geräten zusätzlich angeschafft werden müssen. Nur einmal ist hingegen der Steuerungscomputer

und der Geschwindigkeitssensor vorhanden.

- Der mobile Agrarcomputer als Bordcomputer enthält auch ein Steuerprogramm für die Feldspritze. Auch in diesem Fall müssen nur die Sensoren und Aktoren in der Spritze montiert werden. Die Kosten für den Steuercomputer sind noch geringer, weil dieser ein noch weiteres Einsatzfeld vorfindet.

In allen Fällen muß jedoch die Frage gestellt werden, ob zur gleichmäßigeren Ausbringung unbedingt die Feldspritze gesteuert werden muß. Die Frage könnte auch in einer besseren Anpassung der Fahrgeschwindigkeit an eine konstante Ausbringmenge bestehen und dann z.B. durch ein stufenlos regelbares, elektronisch gesteuertes Getriebe gelöst werden.

Generell ist jedoch eine mit der Vorfahrtgeschwindigkeit geregelte Pflanzenschutztechnik immer dann notwendig, wenn Hanglagen in mehr oder weniger starker Falllinienarbeit bedient werden müssen. Ökonomisch ergeben sich dann rechenbare Verhältnisse, wenn dabei Gesamtspritzflächen von mindestens 40 - 50 ha mit dreimaliger Spritzung je Jahr zugrunde gelegt werden.

Düngerstreuer

Nahezu die gleiche Technik wird auch in den Düngerstreuern eingesetzt. Dabei erfolgt die Regelung über die Steuerung der Zulauföffnung. Daß diese Technik problemlos funktionieren kann, muß nicht angezweifelt werden. Problematisch bleibt aber die Eichung des Gerätes, die unter echten Feldbedingungen erfolgen müßte und vor allem auf die wahre Fahrgeschwindigkeit aufbauen müßte. Die Abnahme der Geschwindigkeit im nicht angetriebenen Vorderrad bleibt auf jeden Fall problematisch, weil auf lockerer Krume auch ein negativer Schlupf nicht selten ist.

Drillmaschinen

Neben den genannten Zuteilgeräten erfordert auch die Drillmaschine eine Verbesserung bei der Bedienung und bei der Regelung der Ablagetiefe. Beide Ansätze sind derzeit an ersten Maschinen im praktischen Einsatz und werden bei entsprechender Bewährung einen schnellen Eingang in die Praxis finden.

4. Elektronikeinsatz bei Erntemaschinen

Bei den Erntemaschinen beginnt ähnlich wie beim Schlepper der Elektronikeinsatz gerade Fuß zu fassen. Alle derzeit angebotenen Lösungen gehen in Richtung Überwachung oder Arbeitserleichterung, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen sollen.

Rundballenpressen und Ladewagen

Diese Maschinen erfordern heute eine Vielzahl nötiger Handbewegungen, Pedalbetätigungen und Kontrollarbeiten. Durch den Einsatz der Elektronik kann dabei eine gewisse Automatisierung erreicht werden, indem Folgebetätigungen elektronisch Schritt für Schritt durchgeführt werden und z.B. Rundballenpressen nach dem Ertönen eines Summers nur noch angehalten werden muß. Nach Abschluß des Bindevorganges und dem Ausstoßen des Ballens kann dann z.B. bei Aufleuchten des grünen Lichtes wieder weitergefahren werden, wodurch sich die noch erforderliche Tätigkeit lediglich auf das Anhalten und Weiterfahren beschränkt.

Ähnliche Überlegungen führen auch beim Ladewagen zu Fernbedienungs-einrichtungen ebenfalls in Verbindung mit teilweiser Programm-steuerung aufeinanderfolgender Betätigungsschritte.

Insgesamt ist jedoch damit die Elektronik noch lange nicht an jenen Punkten angelangt, wo sie als Steuer- und Regeleinrichtung die Leistung erhöhen und die Arbeitsqualität verbessern kann. Unter diesem Blickwinkel ist z.B. an eine gewisse Selbstführung entlang des Schwades mit automatischer Lenknachführung zu denken, um gleich-mäßige Ballen zu erzeugen oder um eine gleichmäßige Ausladung zu erreichen, wodurch unnötige zusätzliche Fahrten erspart werden können. Auch die selbsttätige Rollbodensteuerung in Abhängigkeit vom Preßdruck wäre hier zu nennen und zwar sowohl beim Belade-, wie auch beim Entladevorgang.

Vollerntemaschinen für Hackfrucht

In diesem Bereich steht die Elektronik ebenfalls erst am Anfang der Entwicklung, so daß auf spezifische Beispiele verzichtet werden kann. Tatsächlich für den Landwirt erforderliche elektronische Regelkreise zur Verringerung der Schmutzgehalte und zur optimalen Anpassung der Bearbeitung an geringstmögliche Beschädigungen dürften noch längere Zeit auf sich warten lassen. Daß bei diesen Maschinen bis heute das Problem der Erntemengenermittlung noch nicht gelöst ist, ist ein zusätzliches großes Fragezeichen.

Mähdrescher

Mit dem Verlustmonitor hat die Elektronik im Mähdrescher frühzeitig Einzug gehalten, obwohl gerade diese Technik mitnichten als aus-gereift bezeichnet werden kann. So kann es doch nicht befriedigen, einen mehr als unzulänglichen Eichvorgang als Sollvorgabe für

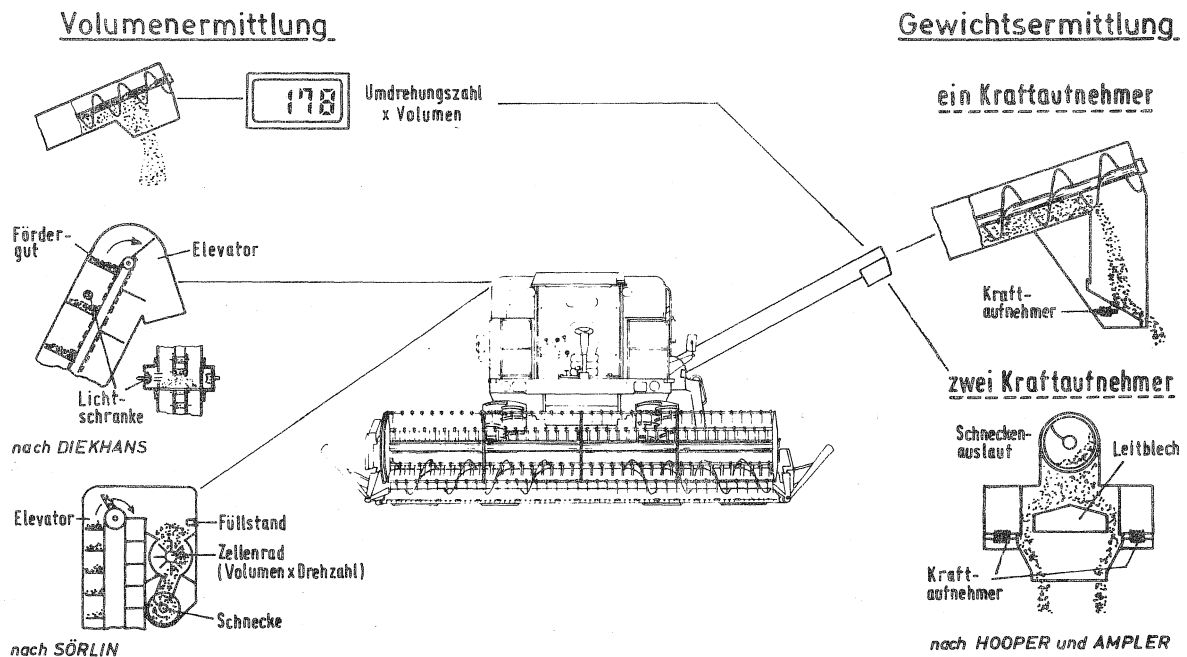


Abbildung 4: Verfahren zur Erntemengenermittlung nach Volumen und Gewicht bei Mähdreschern (bei ARTMANN und BILLER 1986)

jegliches weitere Handeln vor den Geräteeinsatz zu stellen und darauf aufbauend alle weiteren Maßnahmen anzulehnen. Insbesondere die Lohnunternehmer können ein Lied darüber klagen, daß mit wechselnden Beständen die Nacheichung sehr oft erst abgeschlossen ist, wenn bereits das kleine Folgestück abgeerntet ist. Zudem kann es auch nicht befriedigen, den Verlust ohne jegliche Bezugseinheit anzuzeigen. Eine entsprechende Reaktion des Fahrers ist nur dann zu erwarten, wenn ihm die echten Verluststraten in kg/ha oder vielleicht sogar noch besser in DM/Tag oder TM/Erntesaison vor Augen geführt werden.

Damit wird auch im Mähdrescher das Problem der Gewichtsermittlung angesprochen werden. Die derzeit durchdachten und mehr oder weniger erfolgreich in die Praxis umgesetzten Lösungsvorschläge können die vorhandene Problematik nicht lösen (Abb. 4). Genauigkeiten bei der Gewichtsermittlung im Bereich von +4 - 8 % unter günstigen Bedingungen sind unbefriedigend, zumal die volumenerfassenden Geräte einen Zusatzfehler durch den sich ändernden Wassergehalt in Kauf nehmen müssen. Elektronik im Mähdrescher muß somit schon bald sehr viel mehr leisten, damit diese sehr teuren Maschinen auch wirklich optimal eingesetzt werden können und die immer noch beträchtlichen Verluste einem Minimum zuzuführen sind.

5. Elektronikeinsatz bei Transport, Lagerung und Aufbereitung

Bisher nahezu vergessen wurde beim Elektronikeinsatz der gesamte Bereich des Transportes, der Einlagerung und der Aufbereitung. Während bei letzteren noch Ansätze z.B. bei der Trocknung und Lagerung von Körnerfrüchten zu erkennen sind und gerade bei der Trocknung mit Hilfe von Elektronik eine Reduzierung des Energiebedarfes angestrebt wird, sind alle anderen Erntegüter vom Elektronikeinsatz weitgehend verschont geblieben.

Hauptmangel ist dabei die fehlende Gewichtsermittlung. Sie reicht von der Ernte von Grünfutter, Rohfutter, Silage und Stroh bis zu Kartoffeln und Rüben. Sie setzt sich aber dann auch fort in der Ermittlung der ausgebrachten Produktionsmittel wie Mineraldünger und Wirtschaftsdünger.

Zwei Ansätze müßten dabei die derzeitige Situation verbessern. Für den großen Betrieb könnten die elektronische Überfahrwaage mit automatischer Identifizierung der Transporteinheiten und Anbindung an den Betriebsrechner die wohl brauchbarste Lösung darstellen. Für den Familienbetrieb müssen dagegen in den Haupttransportfahrzeugen, wie dem Ladewagen, Wiegemöglichkeiten eingebaut werden.

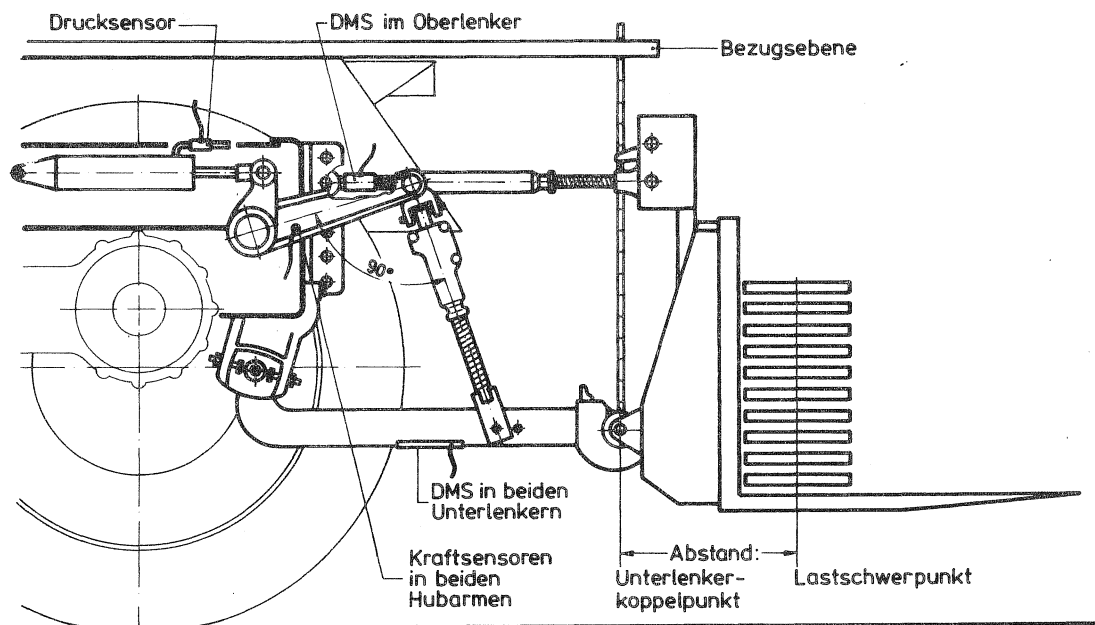


Abbildung 5: Anordnung unterschiedlicher Sensoren bei der Gewichtsermittlung in der Dreipunkthydraulik

Eine dritte Möglichkeit bietet darüber hinaus die Wiegemöglichkeit in der Dreipunkthydraulik. Bei der Entwicklung einer derartigen Einrichtung wurden von uns 4 unterschiedliche Sensoren getestet (Abb. 5). Sie erbrachten bei der erreichten Genauigkeit die in Abbildung 6 dargestellten Ergebnisse.

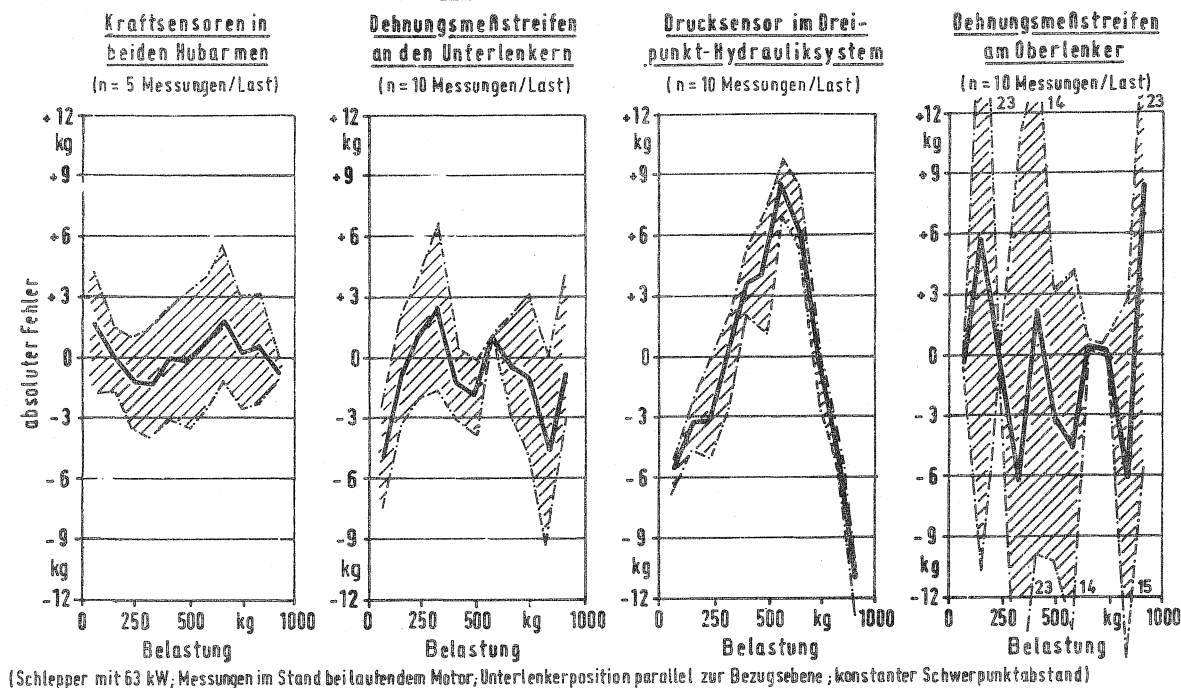


Abbildung 6: Mittelwert und Vertrauensbereich der absoluten Fehler bei der Gewichtsermittlung in der Dreipunkthydraulik mit verschiedenen Sensoren (p = 95%)

Daraus wird ersichtlich, daß mit Sensoren in den Hubarmen der mögliche Meßfehler bei Lasten zwischen 150 und 1000 kg im Bereich von +/- 2 kg liegt und demnach vernachlässigbar klein ist. Damit bieten sich gerade bei der Ausbringung von Mineraldüngern und bei der Verfütterung von Silage über Blocksneider oder von Rundballen ideale Möglichkeiten, von den bisher doch mehr oder weniger stark geschätzten Nummern auf nahezu reale Gewichte zu gelangen. Wird dabei in Verbindung mit dem Bordmonitor und dem Betriebsrechner die "Memory Card" als Datenträger eingesetzt, dann kann in der direkten Datenübergabe ein weitaus besseres Management erreicht werden, als dies bisher der Fall war.

6. Elektronische Wetterstationen und Betriebsmanagement

Mobile Technik stellt aber nur eine Seite der Pflanzenproduktion dar. Sie muß ergänzt werden durch stationäre Techniken der Lagerung und Aufbereitung und durch das Management.

Elektronische Wetterstation

Jeglicher Einsatz der Technik in der Außenwirtschaft ist abhängig vom Wetter. Eine bessere Einbeziehung der betriebspezifischen Gegebenheiten mit darauf aufbauenden Prognosen könnte

- die Düngerplanung stärker spezifizieren
(Auswaschung, Mineralisierung und Verfügbarkeit)
- sich abzeichnende Krankheiten besser prognostizieren
(Einbeziehung der Tempertursummschwellen und der rel. Luftfeuchte)
- das Abtrochnungsvermögen exakter bestimmen
(Analogschlüsse anhand vergangener Tagesverläufe verbunden mit 4-Tagesprognosen des Dt. Wetterdienstes)
- die Grundlagen für erforderliche Berechnungsmaßnahmen als Prognose und Steuermodelle erstellen und
- das Management mit der automatisierten Einbeziehung der Wetterdaten durch dadurch mögliche neue und erweiterte Bezugsmöglichkeiten verbessern.

Aus diesen Überlegungen heraus wird bei uns seit nunmehr 4 Jahren an der Entwicklung einer betrieblichen elektronischen Wetterstation gearbeitet (Abb. 7). Ziel ist dabei die Einbindung in den einzelnen Betrieb in formgleicher direkter Nutzung der Sensorik für Klimasteuerungszwecke auf der einen Seite und für das betriebliche Management auf der anderen Seite. Darüberhinaus besteht ein sehr wesentliches Ziel im Aufbau eines stärker verdichteten Wetternetzes mit Nutzung von leistungsfähigen Prognosemodellen innerhalb BALIS und der Übermittlung regionaler Prognosen über Btx an die Betriebe in der Region.

Die dazu entwickelte Wetterstation (Abb. 8) besteht aus einem Mast mit den erforderlichen Sensoren, einem Datalogger und aus einer Datenleitung zum Betriebsrechner. Der Datalogger erfaßt im Abstand von je 10 Sekunden alle Meßwerte. Alle 10 Minuten werden diese zu den bis dahin gültigen Mittel- oder Summenwerten verrechnet und gespeichert.

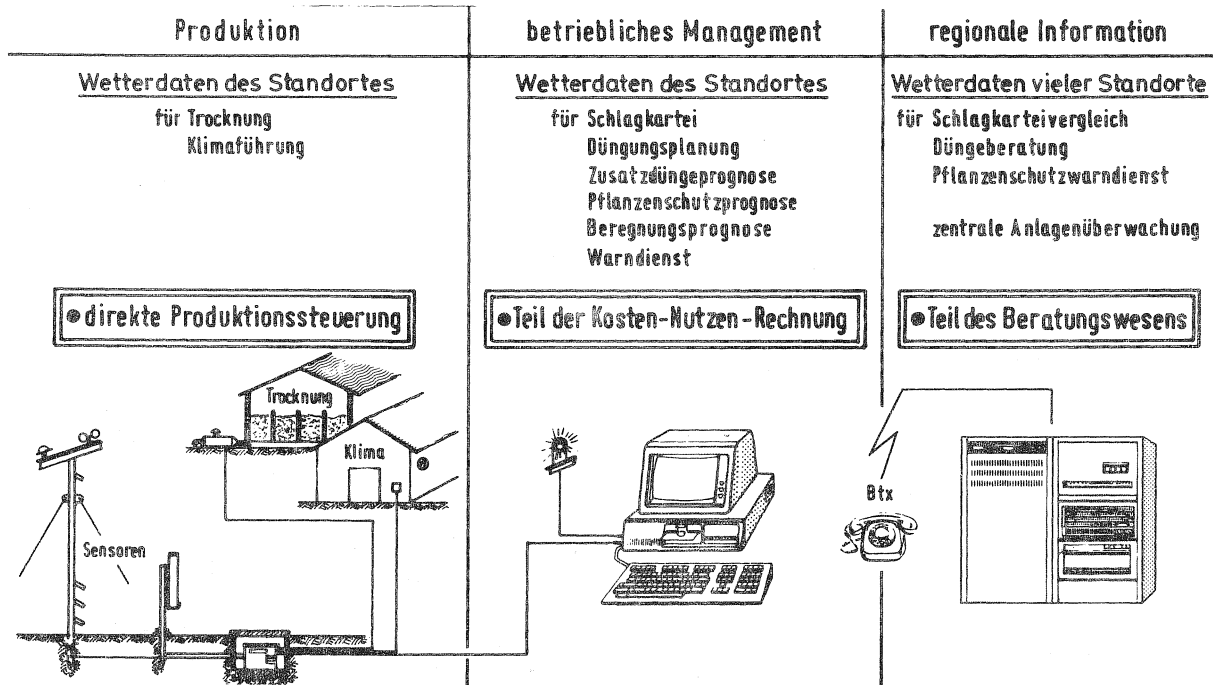


Abbildung 7: Betriebliche Wetterstation als Teil der Produktionssteuerung, der Kosten-Nutzen-Rechnung und der Beratung

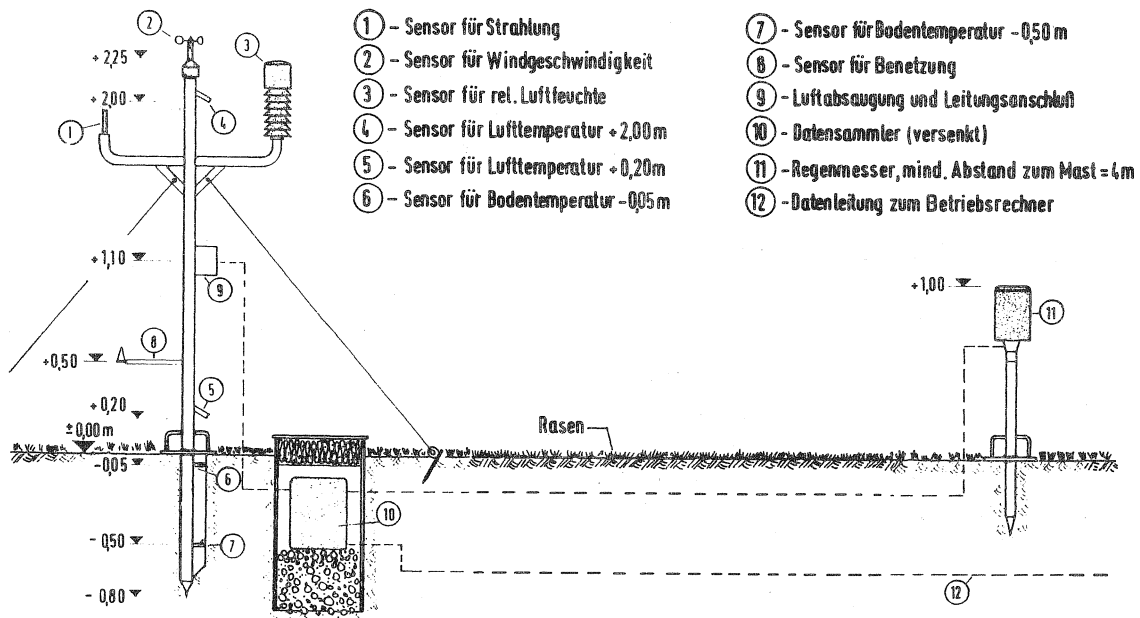


Abbildung 8: Elektronische Wetterstation für den landwirtschaftlichen Betrieb

Mittels eines im Betriebsrechners benutzten Multi-tasking-Betriebssystem wird der Datalogger jeweils um 0 Uhr vom Betriebsrechner automatisch entleert und anschließend wiederum automatisch die Daten in die DB2-Datenbank in München transferiert. Seit etwa 2 Monaten läuft dort aufbauend auf diese Daten das Berechnungsprognosemodell nach HACKEL und BREUCH-MORITZ für die genannte regionale Prognoseerstellung.

Die seit etwa einem Jahr im Dauereinsatz befindliche (mittlerweile von einem Hersteller kommerziell erstellte) Anlage hat bisher keine Mängel gezeigt. Sie zeichnet sich durch hohe Meßgüte und mit Ausnahme des Regenmessers durch geringsten Serviceaufwand aus. Erste Ansätze zur Errichtung eines umfangreichen Stationsnetzes in Bayern zeichnen sich ab.

Management im Pflanzenbaubetrieb

Somit verbleibt als zentrale Nutzungsmöglichkeit der Elektronik das Betriebsmanagement. Bei der Vielzahl der aufgezeigten derzeit schon vorhandenen Hilfsmittel und bei einem künftigen Anwachsen auf diesem Sektor kann und muß deshalb auch das Management die neuen Hilfen einsetzen und optimal nutzen. Dabei stellt die Schlagkartei die Basis dar. Sie wird ergänzt durch Dünge- und Pflanzenschutzpläne, sowie die entsprechenden Prognosemodelle. Eine Abrundung erfährt das Management durch die Betriebs- und Finanzbuchhaltung.

In der Entscheidung, welche Programme der einzelne Betrieb als Eigentum nutzen soll, kann sicher keine allgemeingültige Aussage getätigt werden. Kernprogramme und in jedem spezialisierten Pflanzenbaubetrieb als unbedingtes "Muß" sind die Schlagkartei und die Betriebsbuchführung. Diese Programme werden mehr oder weniger täglich genutzt, so daß ihre Rentabilität auf jeden Fall sichergestellt ist. Inwieweit hingegen die in der Regel nur einmal je Jahr benötigten Programme aus der aufgezeigten Palette Eigentum des Betriebes sein müssen, hängt sehr stark von der Neigung des Betriebsleiters und von der Fähigkeit der Nutzung ab. Vermutlich wird dabei der einzelne einen Lernprozeß durchlaufen müssen und zu einem späteren Zeitpunkt die dann auch stärker ausgereifte Software hinzuerwerben. Gerade deshalb erscheint die Einbindung der betrieblichen EDV in ein übergeordnetes System absolute Voraussetzung und gerade im Ackerbaubetrieb als von Anfang an zwingend erforderlich (Abb. 9).

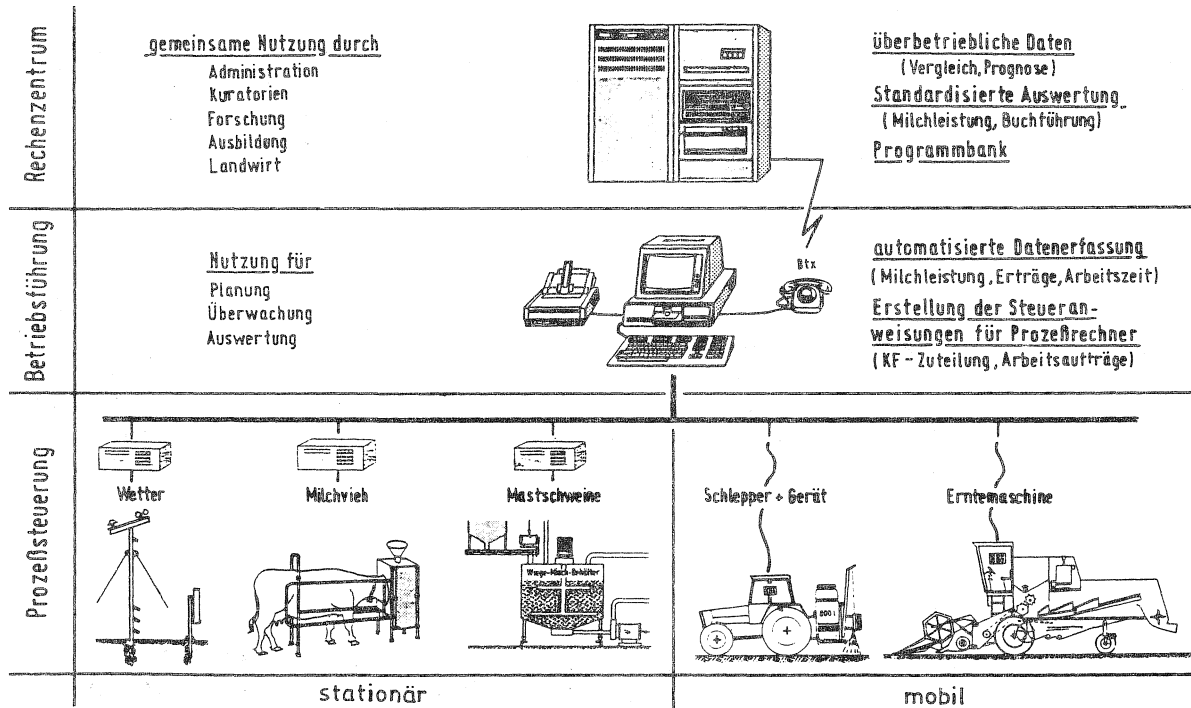


Abbildung 9: Hierarchie des Elektronikeinsatzes in der Landwirtschaft

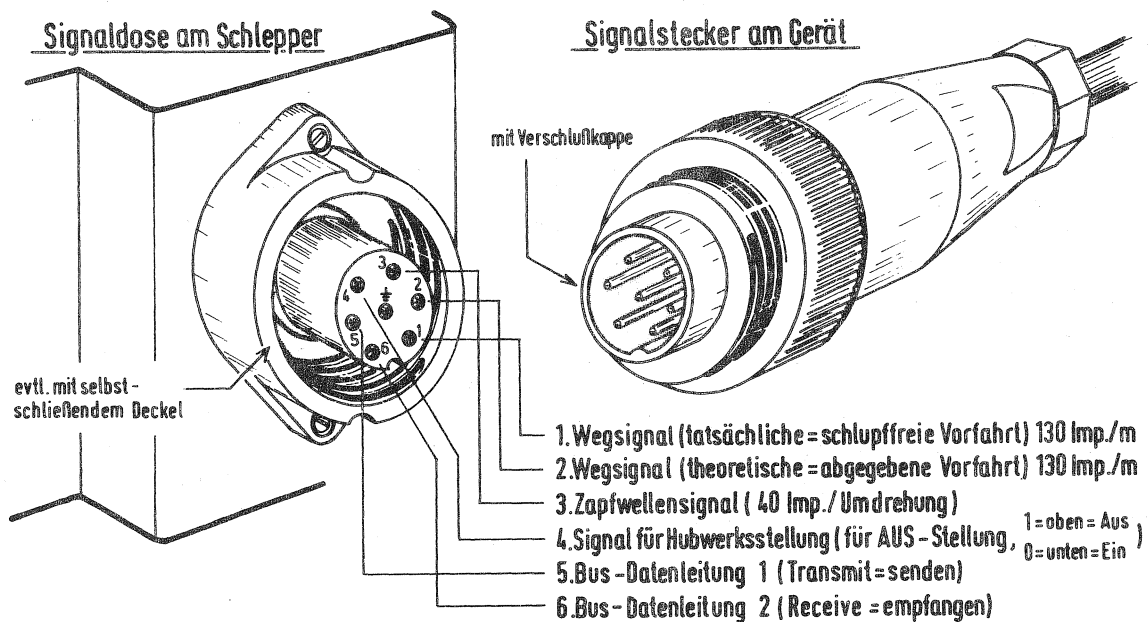


Abbildung 10: Signalsteckdose an Ackerschleppern (Entwurf DIN 9684, Teil 1)

Normung der Schnittstellen

Eine derartige integrierte Einsatzform der Elektronik kann aber nur dann reibungslos in die Praxis umgesetzt werden, wenn ähnlich der Schlepperdreipunkthydraulik eine Normung der Schnittstellen erreicht wird.

Im Rahmen des LAV wird dieses Vorhaben derzeit unter Mitarbeit der Landtechnik Weißenstephan bearbeitet und hat zu einem ersten Normenentwurf für eine Signalsteckdose geführt (Abb. 10). In einem daran anschließenden Vorhaben soll dann eine Busschnittstelle zwischen Schlepper und Gerät standardisiert werden und damit dem Landwirt die universelle und problemlose Nutzung der Elektronik ermöglicht werden.

7. Einordnung und Ausblick

Die Elektronik im Pflanzenbaubetrieb steht derzeit allenfalls am Anfang der Entwicklung. Haupteinsatzgebiete sind die Überwachung von Arbeitsabläufen und die Arbeitserleichterung in Verbindung mit Erntemaschinen.

Erste Übergänge zur Regelung sind am Schlepper realisiert und führen in Verbindung mit der Schlupfregelung zu Arbeitszeit- und Kraftstoffersparungen. Daran könnten automatisch schaltbare Getriebe anschließend und den Schlepper in einer bisher nicht gekannten Form optimieren.

Im Bereich der Verteilarbeiten hat der "Spritzcomputer" einen festen Platz in der Anwendung. Der Übergang zu einem universellen Steuergerät könnte dabei Kosten reduzieren und diese Geräte auch für die Mineraldüngerausbringung zugänglich machen.

Bei den gesamten Ernte- und Transportarbeiten bleibt trotz erster Einsätze der Elektronik die Gewichts- und damit die Ertragsermittlung offen. Auf diesem Gebiet müßte sehr schnell sehr viel getan werden, um das gesamte Management zu verbessern.

In dieser Richtung sind auch die erforderlichen Bemühungen zu verstehen, mit Wetterstationen, geeigneten Schnittstellen und mit noch nicht vorhandenen Prognosemodellen dem Landwirt basierend auf einem besseren Datengerüst mehr und gezieltere Möglichkeiten in seinem täglichen Betriebsablauf bereitzustellen, damit er über die erforderlichen Investitionen hinaus durch den Einsatz der Elektronik zu einer echten Kostensenkung gelangen kann.

Literatur

Artmann, R., H. Schön und D. Schlüsen: Prozeßsteuerung in der Landwirtschaft. DLG-Merkblatt Nr. 233, Frankfurt a.M.

Artmann, R. und R. Biller: Elektronik in der pflanzlichen Produktion Teil 2: Verteil- und Erntearbeiten DLG-Manuskript Nr. 072 (1986) Frankfurt a.M.

Auernhammer, H. (Hrsg.): Rechner-Rechner-Schnittstellen für den landwirtschaftlichen Betrieb Weihenstephan: Inst. für Landtechnik 1986

Auernhammer, H.: Anwendungsmöglichkeiten der Agrarelektronik in der Pflanzenproduktion in: Landtechnik von morgen. Schlüter-Werke Freising 1987, Heft 25, S. 1 - 47

Biller, R. und R. Artmann: Elektronik in der pflanzlichen Produktion Teil 1: Ackerschlepper und Bodenbearbeitung DLG-Manuskript Nr. 071 (1986) Frankfurt a.M.

Breuch-Moritz, M. und H. Häckel: Ein Verfahren zur individuellen Berechnungsberatung für jeden einzelnen Acker unter Zuhilfenahme von Bildschirmtext. Sonderdruck aus "International Symposium in Memory of Dr. Franz Sauberer", Wien 1984

DLG: Mikroelektronik in der Landwirtschaft -Fakten und Trends- Frankfurt a.M.: DLG 1986

Reiner, L. und H. Geidel (Hrsg.): Steuerung von Prozessen in der Landwirtschaft Band 6, Stuttgart: Ulmer-Verlag 1982

Reiner, L. und H. Geidel (Hrsg.): Computer im Agrarbereich - Ausbildung, Beratung, Betrieb Band 9, Stuttgart: Ulmer-Verlag 1985

Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Rinderhaltung

Dr. Heinrich Pirkelmann

Ziele des Einsatzes elektronischer Hilfsmittel in der Rinderhaltung sind

- > eine generelle Verbesserung der Arbeitssituation in der Rinderhaltung durch automatisierte Abläufe von Produktionsprozessen um Arbeit einzusparen und vor allem den Landwirt von termingebundenen Arbeiten freizustellen,
- > eine genauere Information über das Einzeltier um darauf eine leistungs- und tiergerechte Versorgung und Haltung aufzubauen und
- > eine gesicherte ökonomische Bewertung des Einzeltieres und des Betriebszweiges, um durch die Bereitstellung von Produktionskenndaten, mit einem gezielten Einsatz aller Produktionsmittel bei Ausschöpfung des genetischen Leistungspotentials ein optimales Ergebnis in der Milch- und Fleischproduktion zu erreichen.

Hilfestellung zur Erreichung dieser Ziele kann die Elektronik in vielfältiger Hinsicht bieten. Dabei ergeben sich 2 Einsatzschwerpunkte, die Steuerung des Produktionsablaufes und die Informationsverarbeitung, die mit ihren Teilzielen in Abbildung 1 dargestellt sind.

Tieridentifizierung

In der Datenerfassung ist die Tieridentifizierung die grundlegende Voraussetzung für jede Form der Prozeßsteuerung. Von der Anwenderseite unterscheiden sich die verfügbaren Identifizierungssysteme nach verschiedenen Kriterien (Abb. 2). Hinsichtlich der Energieversorgung besitzen die heute meist verwendeten passiven Systeme mittels der induktiven Übertragung durch die stationären Empfangsantennen eine unbegrenzte Sendedauer. Die Reichweite bewegt sich meist zwischen 10 und 20 cm, kann aber je nach Antennenausführung und- abgleich bis zu 50 cm betragen.

Bei den batteriegespeisten aktiven Systemen ist der Sendeabstand in einem weiten Bereich wählbar. Um eine gegenseitige Beeinflussung benachbarter Antennen zu vermeiden, liegt die Reichweite jedoch meist im üblichen Bereich der passiven Signalgeber. Die mögliche Sendedauer wird einmal von der Kapazität bzw. der Lebensdauer der Batterie, die bei den verwendeten Lithiumbatterien mit 6 - 8 Jahren angegeben wird, und zum anderen von der Einschaltdauer des Transmitters beeinflußt. Das bisher verfügbare System ist auf 1 Mio Identifizierungsvorgänge begrenzt. Um diesen vorgegebenen Grenzwert möglichst lange nicht zu erreichen, ist über die Software eine

Begrenzung der Identifizierung auf das unbedingt erforderliche Maß vorzusehen.

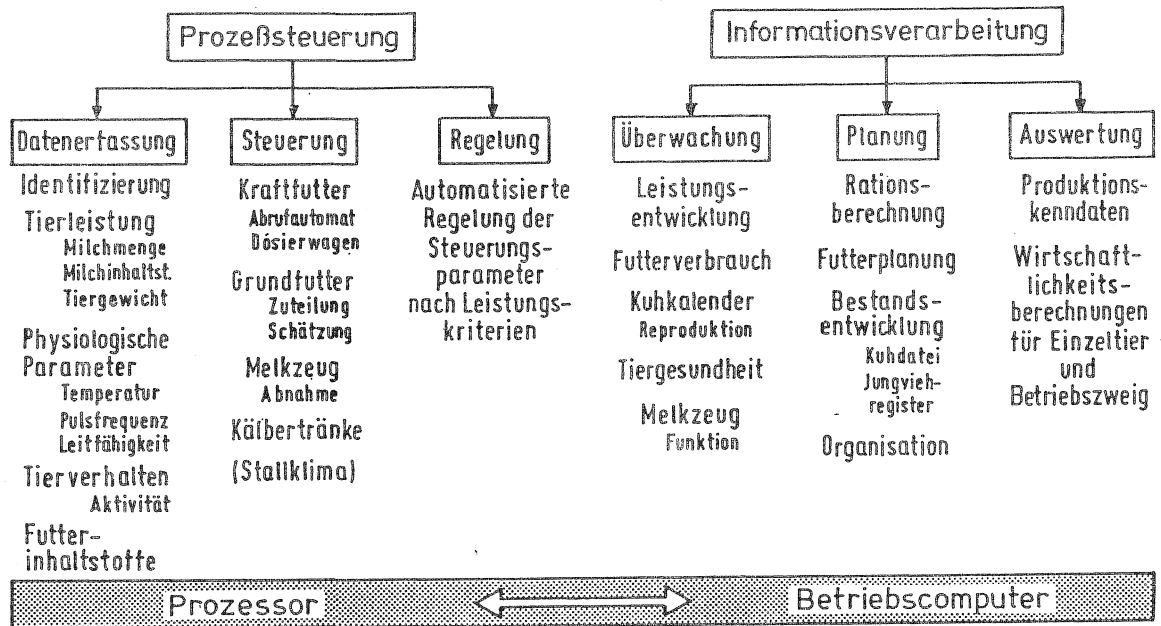


Abb. 1: Elektronikeinsatz in der Rinderhaltung.

Energieversorgung	Befestigung am Tier	Antenne
<p><u>Passiv</u> Reichweite bis 50cm, Sendedauer unbegrenzt</p> <p><u>Aktiv</u> Reichweite nach Bedarf, Lebensdauer nach Batteriekapazität und Sendedauer</p>	<p><u>Halsband</u> leicht zu handhaben und auszuwechseln, gut sichtbar</p> <p><u>Ohrmarke</u> wachsende Tiere, Schweine</p> <p><u>Implantat</u> geringe Baugröße, zusätzliche Sensoren, Lebensnummer</p>	<p><u>Platte</u> gute Fixierung des Responders erforderlich</p> <p><u>Ring bzw. Durchgang</u> flexiblere Transponder- anbringung</p> <p><u>Stab</u> gute Fixierung des Transponders erforderlich, Handgerät (Scanner)</p>

Abb. 2: Anwendungsorientierte Kriterien verschiedener Identifizierungssysteme.

Als Befestigung am Tier ist das heute übliche Halsband zumindest bei ausgewachsenen Tieren leicht zu handhaben, zu kontrollieren und zu wechseln. Schwierigkeiten können jedoch bei wachsenden und schwer zugänglichen Tieren wie Mastbullen in der Gruppenhaltung auftreten. Hier ist die Ohrmarke vorteilhafter einzusetzen. Dies trifft auch für Schweine zu, die gerne an den abstehenden Enden der Bänder herumbeißen und dadurch die Transponder verdrehen.

Für die Zukunft können Implantate von Bedeutung sein. Durch bereits verfügbare Baugrößen von ca. 2 mm Durchmesser und 10 mm Länge ist die subcutane Injektion mit einer Spritze möglich. Mit einem Scanner als Handgerät kann die programmierte Nummer ausgelesen werden. Implantierte, passive Transponder sind vor allem geeignet für eine fälschungssichere Tierkennzeichnung mit einer Lebensnummer oder für die Kombination mit zusätzlichen Sensoren zur Erfassung physiologischer Parameter wie z.B. der Temperatur.

Die Antenne mit flächiger Anordnung der Spulen erfordert eine exakte Fixierung der Transponder, so daß beispielsweise verdrehte Halsbänder keine Identifizierung zulassen. Hier bieten Ring bzw. Durchgangsantennen eine größere Sicherheit, wenn eine geeignete, räumliche Anordnung getroffen wird. Stabantennen finden zur Zeit nur Verwendung in Scannern zum Auslesen der implantierten Transponder mit mobilen Handgeräten.

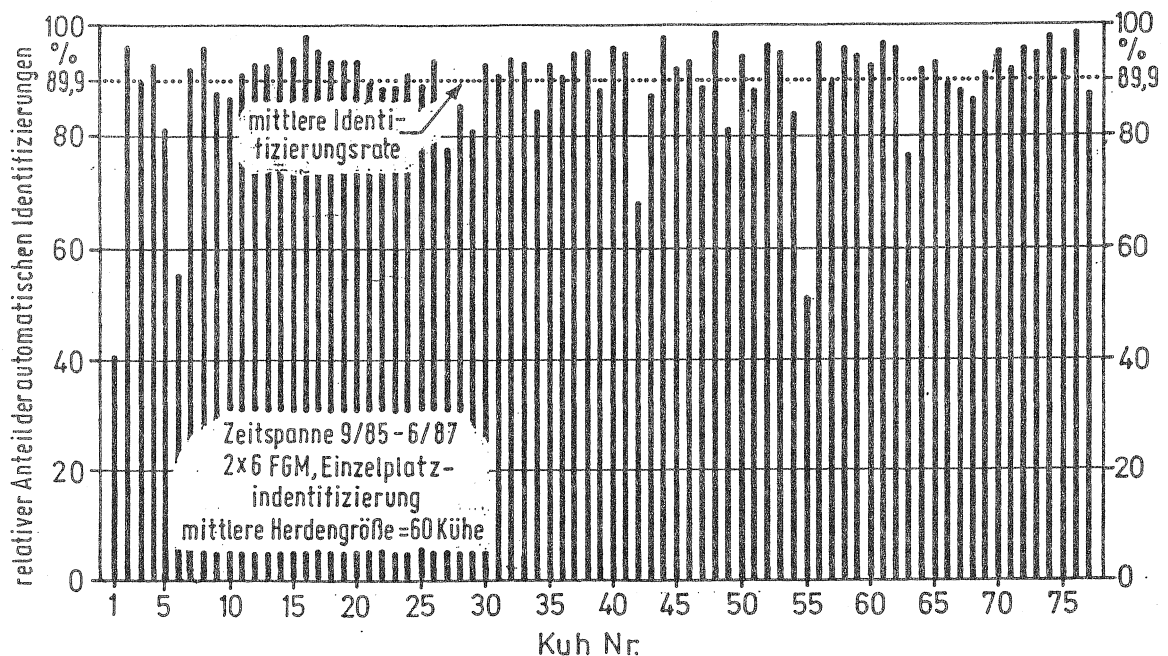


Abb. 3: Relativer Anteil der automatischen Identifizierungen auf dem Betrieb "Hois" (nur Kühe mit Melkdauer > 90 Tage, nach AUERNHAMMER).

In der Praxis erreichen die Identifizierungssysteme in Futterstationen eine zufriedenstellende Erkennungsquote. Probleme können noch in den Melkständen auftreten. Hier brachte im langjährigen Durchschnitt in 2 Erprobungsbetrieben die Durchgangsantenne ein etwas besseres Ergebnis als die Einzelplatzidentifizierung, deren Erkennungsrate vielfach durch tierindividuelles Verhalten beeinflusst wird (Abb. 3).

Erfassung der Milchleistung

Ein für die Prozeßsteuerung sehr wichtiges Kriterium ist die Erfassung der Tierleistung. Automatisierbar ist im Melkstand die Milchmengenmessung. 4 der derzeit verfügbaren Durchfluß-Meßgeräte und 1 Recorder mit Biegestäben sind für die offizielle Leistungskontrolle anerkannt. Sie erfüllen damit die hohen Anforderungen an die Meßgenauigkeit und liegen in der mittleren Abweichung unter 2 % und in der Standardabweichung unter 3 %. Dies trifft auch für die Milchinhaltstoffe zu. Dazu werden mit speziellen Probeentnahmegeräten repräsentative Teilmengen über die gesamte Gemelksdauer abgetrennt. Die Analyse selbst erfolgt nach konventionellen Methoden im Labor und die Meßwerte müssen von Hand in den Rechner eingegeben werden.

Die Leistungsdaten unterliegen täglichen Schwankungen, die zur Verdeutlichung und Überwachung der Leistungsentwicklung geglättet werden müssen. Bewährt hat sich dazu das gleitende 7-Tagesmittel, das eine bessere Anpassung an den aktuellen Leistungsverlauf als die Schätzfunktion nach der Standardlaktion zuläßt (Abb. 4). Die so gewonnene Leistungskurve bildet die Basis für die Rationsberechnung und dient als Steuergröße für die Zuteilung der Futtermittel.

Da von den Meßgeräten nicht nur die Milchmenge, sondern auch die Gemelkzeit und der Milchfluß festgestellt und auf den Displays angezeigt werden, dienen diese Daten auch zur Steuerung der Abnahmeautomatik der Melkzeuge. Melkplatzbezogene Veränderungen in den Gemelkmengen lassen Hinweise auf die Funktion zu und bieten somit ein brauchbares Hilfsmittel zur Überwachung der Melkanlage.

Milchmengenmeßgeräte für den Anbindestall stehen am Anfang der Entwicklung. Bisher liefen dazu nur Tastversuche und es fehlen ausreichende Erfahrungen. Wir wollen diese Untersuchungen in Zukunft verstärkt vorantreiben und sind mit der Vorbereitung einer umfangreichen Versuchs- und Erprobungsanlage in einem landwirtschaftlichen Betrieb befaßt.

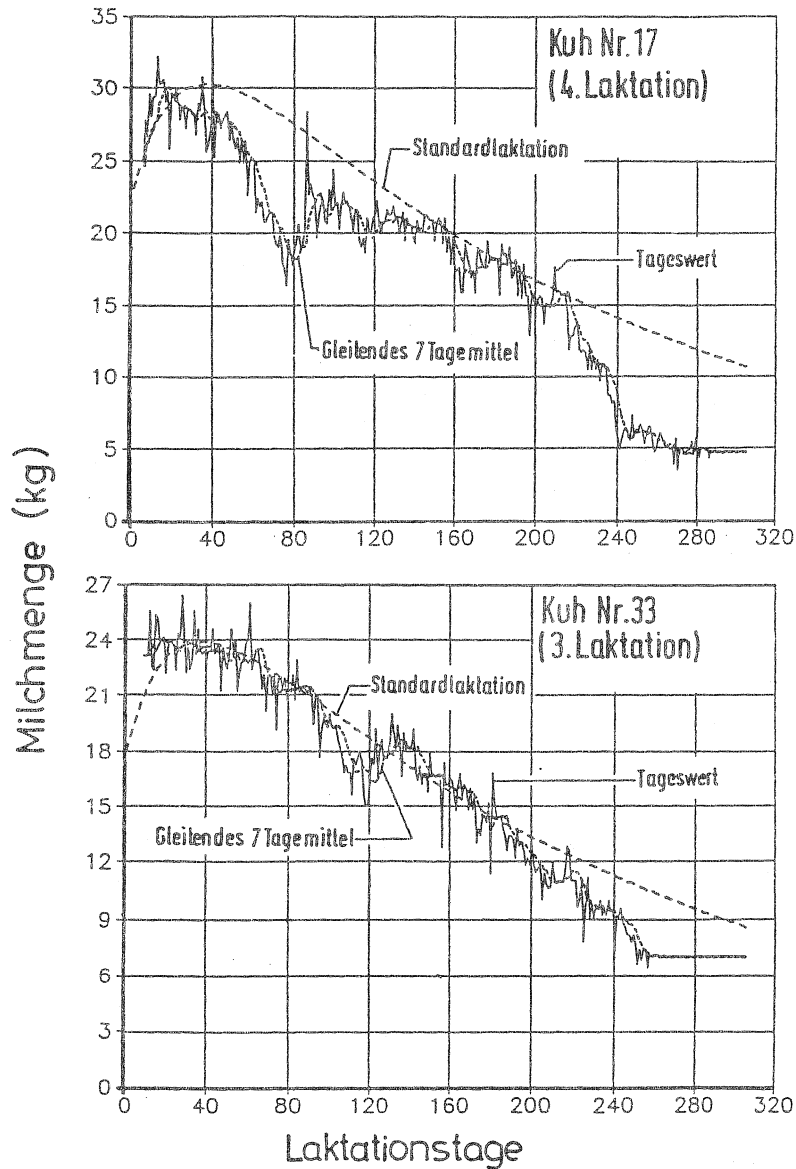


Abb. 4: Gleitendes Mittel und Standardlaktation von zwei Kühen.

Erfassung des Tiergewichtes

Eine 2. wichtige Meßgröße zur Leistungserfassung ist das Tiergewicht. Es hat vor allem einen hohen Aussagewert in der Aufzucht und Rindfleischproduktion, ist aber auch in der Milchviehfütterung ein wertvoller Kontrollmaßstab.

Die automatisierte Gewichtserfassung kann in Durchlaufwaagen oder wie in unseren Versuchen auf stationären Waagen in Verbindung mit Versorgungseinrichtungen erfolgen. In der Kälberhaltung dient dazu eine Kombination mit dem Tränkedosierautomaten, in der Bullenmast

mit dem Tränkebecken und in der Milchviehhaltung mit den Kraftfutterabruftautomaten.

Die Häufigkeit der Wiegung ist damit vom Besuch dieser Versorgungseinrichtungen abhängig. Bei durchschnittlich 4 Besuchen halten sich die Kälber täglich 30 - 40 Minuten auf der Waage auf. Die Mastbullen kommen 5 - 10 mal pro Tag zum Tränkebecken mit einer mittleren Aufenthaltsdauer von 4 Minuten. Bei den Kühen tritt mit 1 - 10 Besuchen im Herdenmittel mit durchschnittlich 4 Minuten Verweildauer die größte Streuung auf. Auch besuchen bei den in unseren Versuchsställen jeweils vorhandenen 2 Futterstationen nicht alle Tiere regelmäßig den Abruftautomaten mit Wiegeeinrichtung. 60 % der Tiere kommen täglich, 20 - 30 % in unregelmäßigen Tagesabständen und 5 - 10 % gar nicht. Ursache könnte die durch die Bauhöhe der Waage verursachte 22 cm hohe Stufe am Eingang sein. Es ist zu prüfen, ob nicht eine Verbindung der Waage mit dem Tränkebecken der bessere Weg wäre, zumal dann alle Tiere ohne Rücksicht auf die Kraftfütteration und damit auch die trocken stehenden Kühe erfaßt würden.

Solange die Tiere im Identifizierungsbereich stehen, werden pro Minute etwa 180 Gewichtswerte vom Rechner registriert. Um unrealistische Extremwerte zu eliminieren, nimmt das Auswerteprogramm nur Daten in einem vorwählbaren Referenzbereich zur Mittelwertbildung pro Wiegevorgang. Aus den zwischengespeicherten Besuchsmittelwerten wird am Tagesende der Tagesmittelwert gebildet, der gleichzeitig wiederum den Referenzwert für den nächsten Tag darstellt. Als Referenzbereich ist nach den bisherigen Erfahrungen eine zulässige Streuung von 3 - 5 % bei Kälbern und 5 - 10 % bei Kühen und Mastbullen als sinnvoll anzusehen. Um die entstehenden Schwankungen aufeinander folgender Tageswerte zu glätten, wird zur Bestimmung der Gewichtsentwicklung ein gleitendes Mittel aus 3 - 5 Tagen gebildet (Abb. 5).

Da die Wägebrücken ein erhebliches Platzangebot beanspruchen und die Abstimmung der Plattformgröße auf die unterschiedlichen Tiergrößen schwierig ist, wird versucht mittels einer Teilwiegung über die Vorderextremitäten ein repräsentatives Gesamtgewicht zu erfassen. Um die prozentuale Gewichtsverteilung zu ermitteln, werden entweder 2 getrennte Plattformen verwendet oder im Frontbereich der großen Wägebrücke eine zusätzliche Teilwaage aufgesetzt. Voll- und Teilwiegung laufen somit synchron ab. Trotz auftretender individueller Streuungen ergibt sich zwischen beiden Werten eine gute Korrelation. Das Teilgewicht auf den Vorderextremitäten beträgt bei den Mastbullen überwiegend 56 - 57 % und bewegt sich bei Kühen zwischen 54 und 64 %. Zur Abklärung möglicher Einflußfaktoren sind für eine gesicherte Aussage noch weitere Untersuchungen erforderlich.

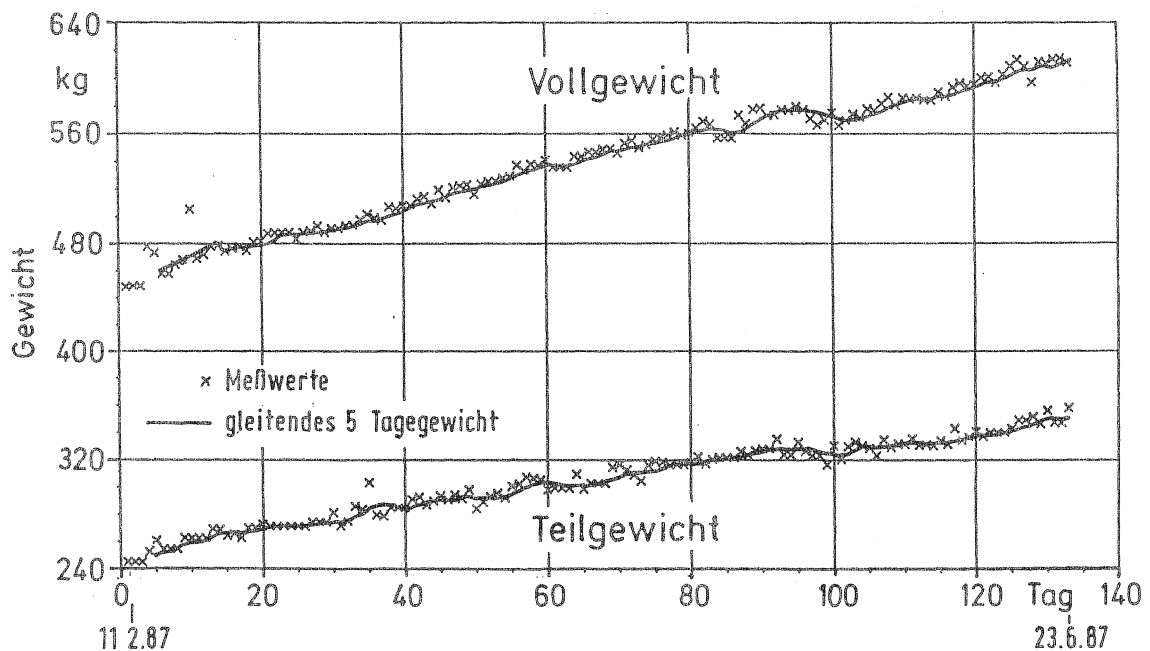


Abb. 5: Verlauf des Voll- und Teilgewichts eines Bullen (Nr. 42).

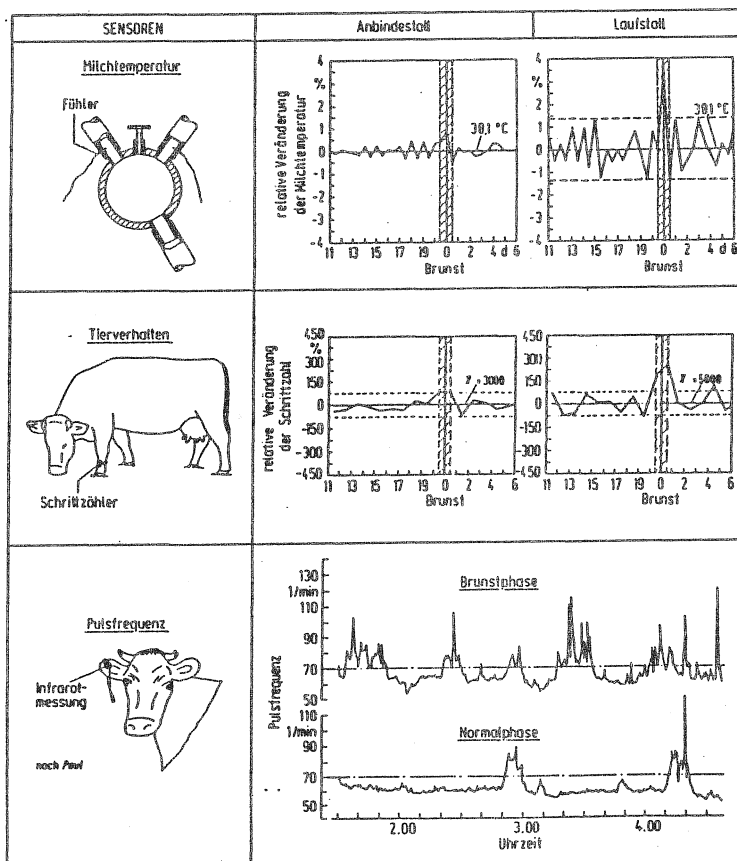
Aufgrund der erfaßten Tiergewichte ist eine kontinuierliche Überprüfung der Gewichtsentwicklung gegeben, die als Basis für die Rationsbemessung herangezogen werden kann. Es ergeben sich jedoch auch Hinweise, daß über diese Information auch die Tiergesundheit erleichtert wird.

Erfassung physiologischer Parameter

Neben der Futteraufnahme und der Tierleistung stellen die direkte Messung physiologischer Parameter wie Temperatur, Pulsfrequenz und Leitfähigkeit sowie der Bewegungsaktivität wichtige Kriterien zur Überwachung der Tiergesundheit und des Reproduktionsverhaltens dar. Nach Untersuchungen, die in Deutschland vorwiegend in Völknerode durchgeführt werden, läßt die für jedes Euterviertel separat gemessene Leitfähigkeit der Milch eine sichere Erkennung der Mastitits zu (Abb, 6). Die im Sammelstück der Milch erfaßte Temperatur ist eine wertvolle Diagnosehilfe für alle fieberhaften Erkrankungen, aber mit einer großen Unsicherheit bei der Erkennung der Brunst belastet. Hier bringt zumindest im Laufstall die Bewegungsaktivität, gemessen über Schrittzähler am Fuß der Kuh, und die Pulsfrequenz deutlichere Hinweise.

Die Temperatur könnte hinsichtlich des Reproduktionsverhaltens eine zuverlässigere Aussage bieten, wenn andere Meßmethoden angewendet werden. Sowohl bei der Brunst, als auch beim Kalben sind naturgemäß typische Temperaturverläufe gegeben, die jedoch durch die 2-

Sensoren und Verlauf der physiologischen Parameter



nach SCHLÜNSEN und ROTH
FAL Braunschweig-Völkerrode

Abb. 6: Elektronische Hilfsmittel zur Gesundheits- und Brunstüberwachung bei Milchkühen.

malige Messung beim Melken nicht repräsentativ erfaßt werden. Direkte Messungen der Körpertemperatur über implantierte Sensoren, wie sie erstmals in holländischen Versuchen bei Milchvieh eingesetzt wurden, erschließen die Möglichkeit einer kontinuierlichen Überwachung und damit einer größeren Chance der Brunsterkennung. Damit wird zudem der Weg erschlossen Temperaturmessungen auch bei nicht laktierenden Tieren durchzuführen, so daß in einem frühen Stadium Krankheiten bei Kälbern, Mast- und Jungtieren oder durch Erfassung eines charakteristischen Temperaturrhythmus auch eine bevorstehende Geburt rechtzeitig erkannt werden könnte (Abb. 7). Wichtig für diese Maßnahmen ist die Aufzeichnung einer individuellen Referenztemperatur, da die Schwankungen zwischen den einzelnen Tieren größer sein können als die auftretenden ereignisbezogenen Temperatursprünge. In dieser Zielsetzung kommt für zukünftige Arbeiten der Kombination von Temperatursensoren mit den oben angesprochenen Implantaten zur Tieridentifizierung eine verstärkte Bedeutung zu.

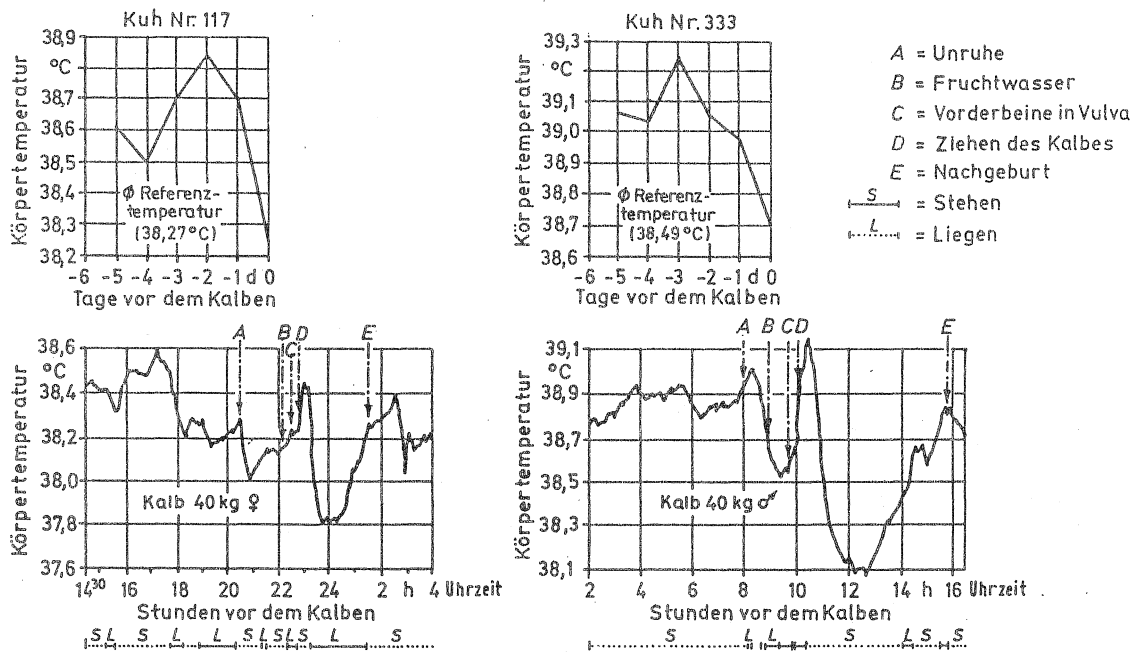


Abb. 7: Verlauf der Körpertemperatur von zwei Kühen vor dem Kalben (nach J. METZ et al.).

Prozessorgesteuerte Fütterung

Die Kenntnis der Tierleistung gibt die Voraussetzung für eine exakte Futterzuteilung. Zur individuellen Kraftfutterfütterung stellen die in vielen Laufställen eingesetzten Kraftfutterabrufautomaten eine bewährte Technik dar. Unter Berücksichtigung bekannter Erfahrungswerte hinsichtlich Standort, Besatzdichte und Kalibrierung der Dosiermengen ist ein gesicherter Abruf in einem physiologisch erwünschten Rhythmus gegeben. Die Registrierung der Verzehrsmengen ermöglicht die Überwachung des individuellen Futterverbrauchs.

Für den Anbindestall übernehmen diese Aufgaben schienengeführte Dosierwagen. Sie sind neben der bisher üblichen dezentralen Steuerung jetzt auch mit den gleichen Prozessoren wie in den Abrufautomaten verfügbar und können damit nicht nur die Futterzuteilung, sondern zusätzlich die Speicherung der Verzehrdaten übernehmen.

Wesentlich schwieriger gestaltet sich die Situation sowohl hinsichtlich der Erfassung der Inhaltsstoffe als auch der Portionierung der Futtermengen für das Grundfutter. Es sind zwar auch elektronisch gesteuerte Techniken mit Abrufstationen oder Wiegetrögen verfügbar. Sie stellen eine begrüßenswerte Verbesserung für Fütterungsversuche dar, ihr Einsatz im Routinebetrieb erscheint jedoch aus ökonomischen Gründen zumindest für die nahe Zukunft unrealistisch.

Andererseits ist eine dringende Verbesserung der Grundfutter-

fütterung erforderlich, da die Kenntnis der Verzehrsmengen für eine exakte Kraftfutterbemessung und eine möglichst hohe T-Aufnahme für eine wirtschaftliche Rationsgestaltung unerlässlich sind. Wir versuchen daher über ein Schätzprogramm, das aus der Literatur bekannte tier- und futterbezogene Einflußfaktoren auf den Grundfütterverzehr berücksichtigt, die Grundfutteraufnahme pro Tier zu erfassen. Dabei finden vor allem die in Tab. 1 aufgeführten Formeln Verwendung.

Tab. 1: Verwendete Formeln zur Schätzung der Futteraufnahme

Lebendgewicht - 1. Laktation

$$\text{T-Aufnahme GF} = - 0.41 + 0.0195 \times \text{Lebendgewicht kg} \quad (1)$$

Lebendgewicht ab 2. Laktation

$$\text{T-Aufnahme GF} = 8.88 + 0.0058 \times \text{Lebendgewicht kg} \quad (2)$$

Grassilage

$$\text{T-Aufnahme GF} = - 2.25 \times (5,7 - \text{MJ NEL}) \times \text{Grassilage kg/100} \quad (3)$$

$$\text{T-Aufnahme GF} = - 0.2 \times (35 - \text{T \%}) \times \text{Grassilage kg/100} \quad (4)$$

Maissilage

$$\text{T-Aufnahme GF} = - 0.3 \times (25 - \text{T \%}) \times \text{Maissilage kg/100} \quad (5)$$

Grundfütterveränderung

$$\text{T-Aufnahme GR} = \text{Grundfutter geschätzt kg} - 0.035 \times (\text{Kraftfutter kg} \times 0.88)^2 \quad (6)$$

Ein wichtiger Einflußfaktor ist dabei die Grundfutterqualität. Hier sind dringend vor Ort einsetzbare Methoden zur Erfassung der Futterinhaltsstoffe erforderlich, da die bisherigen Verfahren bei den Untersuchungsanstalten wegen des Kosten- und Zeitaufwandes von der Praxis zu wenig angenommen werden. Es ist daher notwendig, in der Erprobung stehende Schnellverfahren wie z.B. die NIR-Methode auf ihre Einsatzwürdigkeit unter Praxisbedingungen zu überprüfen.

Nach diesem Schätzprogramm ergeben sich in einer Herde tierindividuell sehr unterschiedliche Futteraufnahmemengen, die im Vergleich zum bisher üblichen Durchschnittsverzehr pro Herde eine wesentlich differenziertere Anpassung an die Tierleistung zulassen. Dadurch sind Über- bzw. Unterfütterungen aus dem Grundfutter und eine darauf bezogene Fehlbemessung der Kraftfuttermengen zu vermeiden (Abb. 8). Benachteiligt werden dabei vor allem Kühe zu Laktationsbeginn, während gegen Laktationsende eine Überversorgung stattfindet.

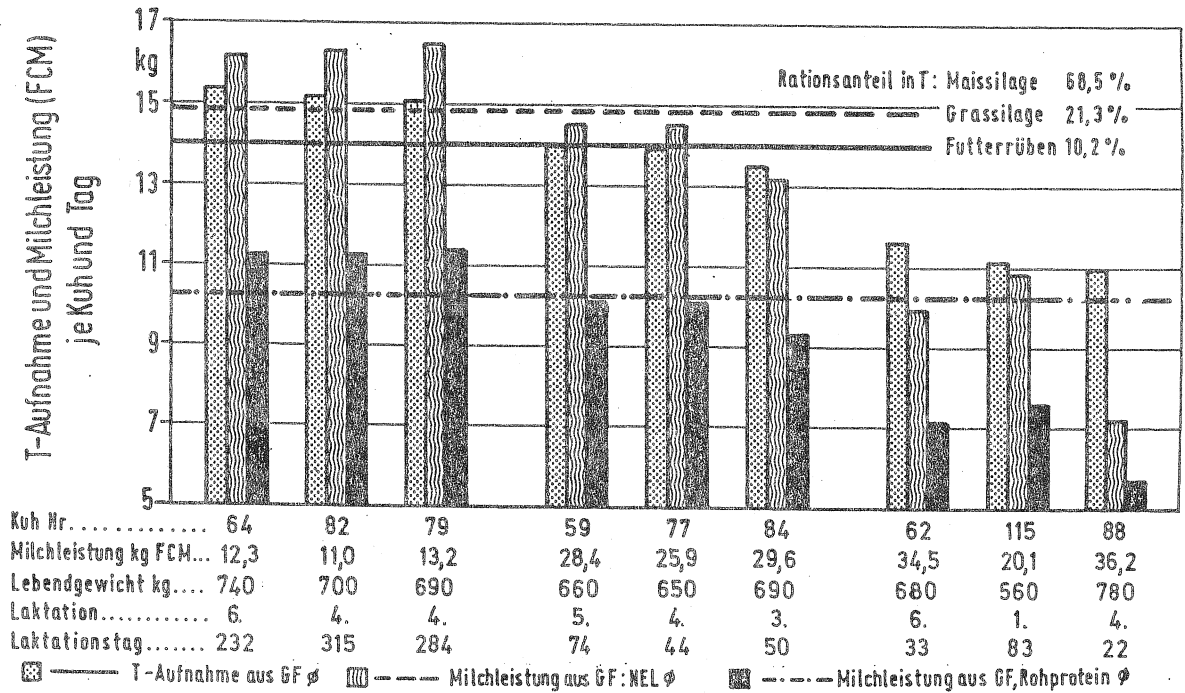


Abb. 8: Tierindividuelle Grundfutteraufnahme und Milchleistung (Kalkulation nach multivarianter Schätzmethode).

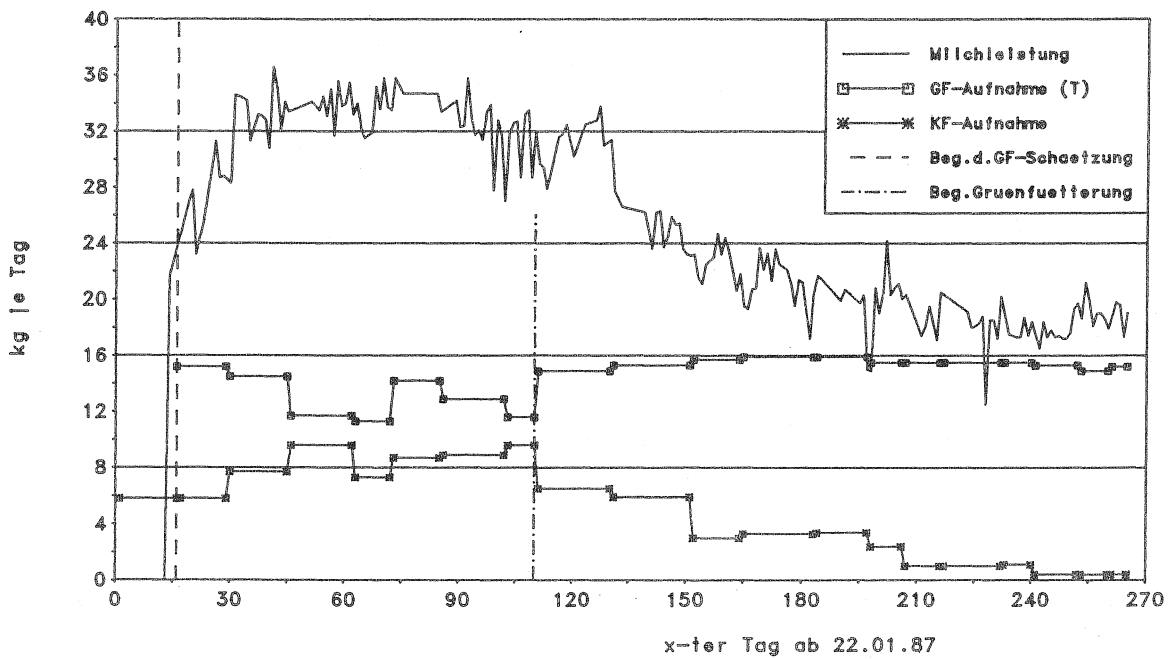


Abb. 9: Milchleistung und Futteraufnahme der Kuh Nr. 62 (4. Laktation, 1.-257. Laktationstag).

Nach dieser Methode lassen sich für jedes Einzeltier entsprechend der täglich erfaßten Milchleistung die Grundfutter- und Kraftfuttermengen bestimmen (Abb. 9). Durch die exaktere, jeweils im Abstand von 10 - 14 Tagen durchgeführte Rationsplanung konnte in den Erprobungsbetrieben der Kraftfuttereinsatz, zum Teil bis zu 1 kg pro Tier und Tag, reduziert werden ohne die Leistung absinken zu lassen.

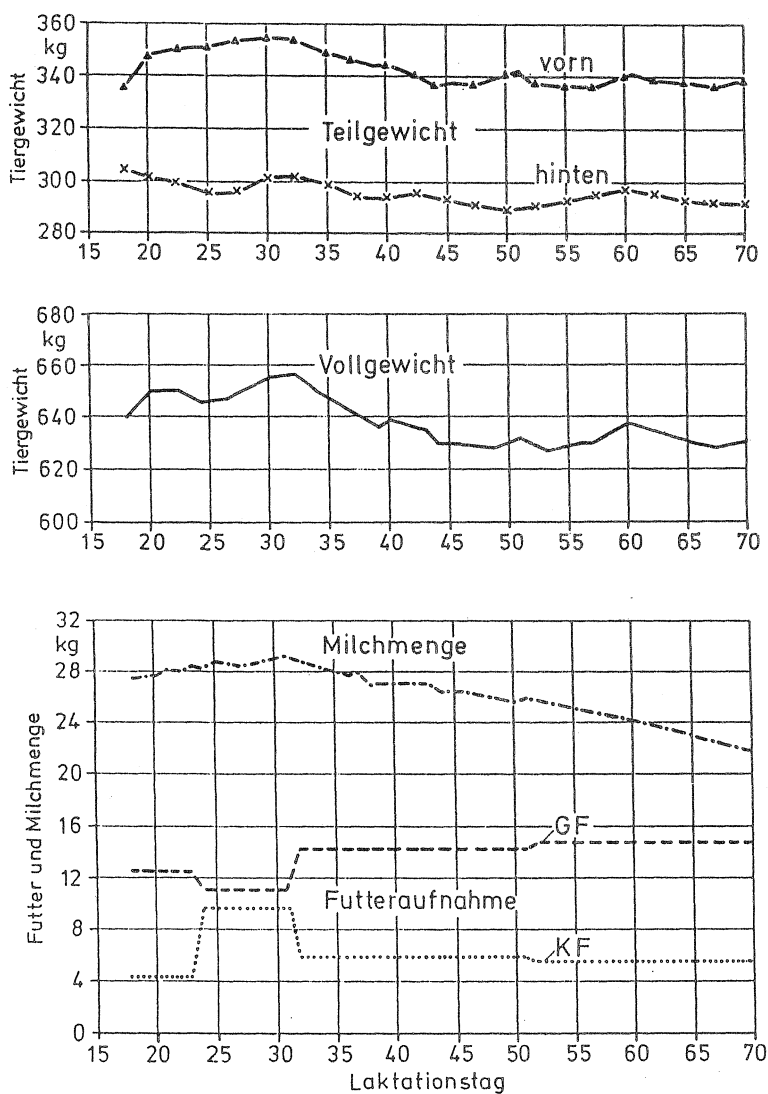


Abb. 10: Prozeßgesteuerte Fütterung in Abhängigkeit von der Tierleistung (Kuh Nr. 106).

Eine zuverlässige Überprüfung der geschätzten Verzehrsmengen ist im Praxisbetrieb für das Einzeltier nicht durchführbar. Es wurden lediglich Kontrollwiegungen für die vorgelegten Futtermengen vor-

genommen und mit der Summe der individuellen Schätzmengen verglichen. Demnach ergibt sich eine durchschnittliche Differenz von ca. 4 % (Tab. 2). Eine weitere Kontrollgröße stellt die Gewichtsentwicklung der Tiere dar (Abb. 10). Geringe Schwankungen der Lebendmasse lassen bei einem regulären Laktationsverlauf auf eine leistungsgerechte Fütterung schließen.

Tab. 2: Vergleich zwischen gewogener und geschätzter Futtermenge

Versuchsnummer		1	2	3	4	5	6
Kontrollwiegung	kg	14,6	14,6	14,7	14,8	15,1	14,3
geschätzte	kg	14,1	14,1	14,2	14,6	14,1	13,4
Futtermenge	%	96,6	96,6	96,6	98,6	93,4	93,7

Insgesamt scheint nach den bisherigen Erfahrungen über die Schätzmethode eine Verbesserung der Fütterung in der Milchviehhaltung möglich. Eine endgültige Bewertung dieses Verfahrens verlangt jedoch noch die exakte Überprüfung am Einzeltier.

Prozeßgesteuerte Tränke von Kälbern

Nach einem ähnlichen Prinzip ist die prozeßgesteuerte Tränke von Kälbern zu organisieren. Zentralgerät ist dabei der bekannte Tränkeautomat, der mit Rechnersteuerung zunehmend Eingang in die Kälberaufzucht und -mastbetriebe findet. In einer Versuchsausführung wurde zur Milchpulverdosierung noch eine Dosiereinheit für Arzneifuttermittel angebracht, so daß auch diese Stoffe bei Bedarf tierindividuell über den Rechner vorgegeben und die Abrufmenge registriert werden können (Abb. 11).

Ziel der rechnergesteuerten Tränke ist in der Kälberaufzucht ein rationeller Einsatz des Milchaustauschers und eine möglichst frühe Verfütterung preiswerterer Futtermittel wie Kraftfutter, Maissilage und Heu ohne dabei die Entwicklung der Tiere negativ zu beeinflussen. In einem geschlossenen Regelkreis wird aufgrund der täglich auf der Wägebrücke im Tränkestand erfaßten Tiergewichte bzw. der daraus errechneten Tageszunahmen nach vorwählbaren Grenzwerten die Milchmenge zugeteilt.

Nimmt ein Kalb nach den bekannten Bedarfsnormen mehr zu als aus den über die Milchtränke verabreichten Nährstoffen möglich ist, so muß es darüber hinaus andere Futtermittel aufnehmen. Durch kontinuierliche Rücknahme der Milch wird diese zusätzliche Aufnahme von wirtschaftseigenen Futtermitteln gefördert ohne die angestrebten Tageszunahmen zu unterschreiten.

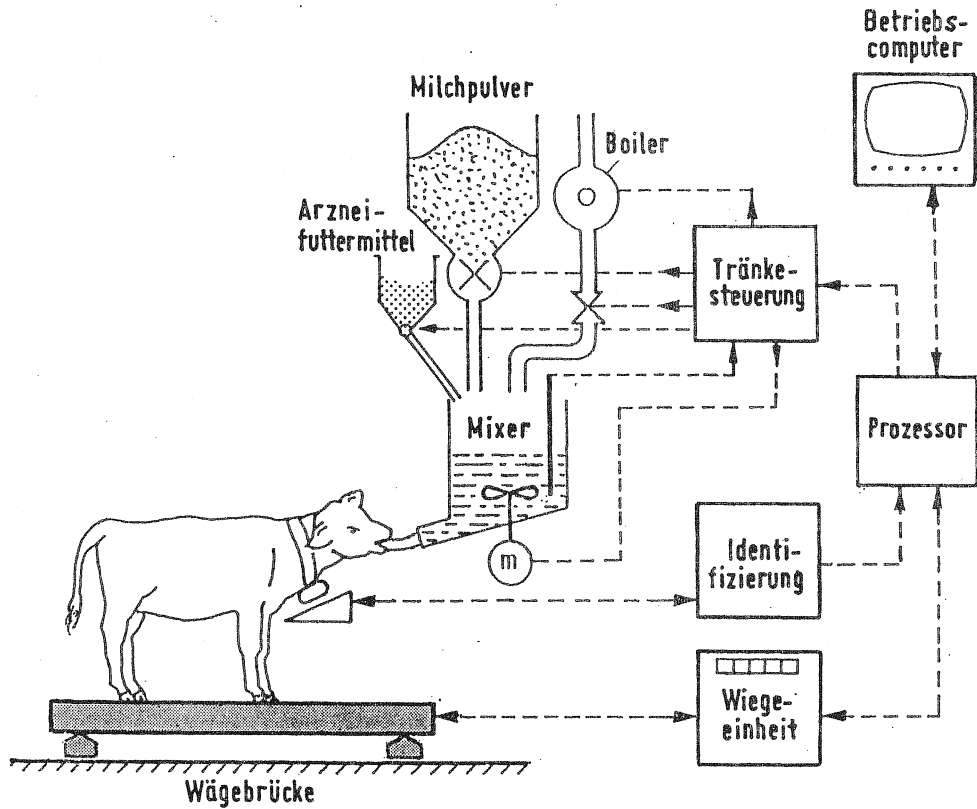


Abb. 11: Prozeßgesteuerte Tränke von Kälbern.

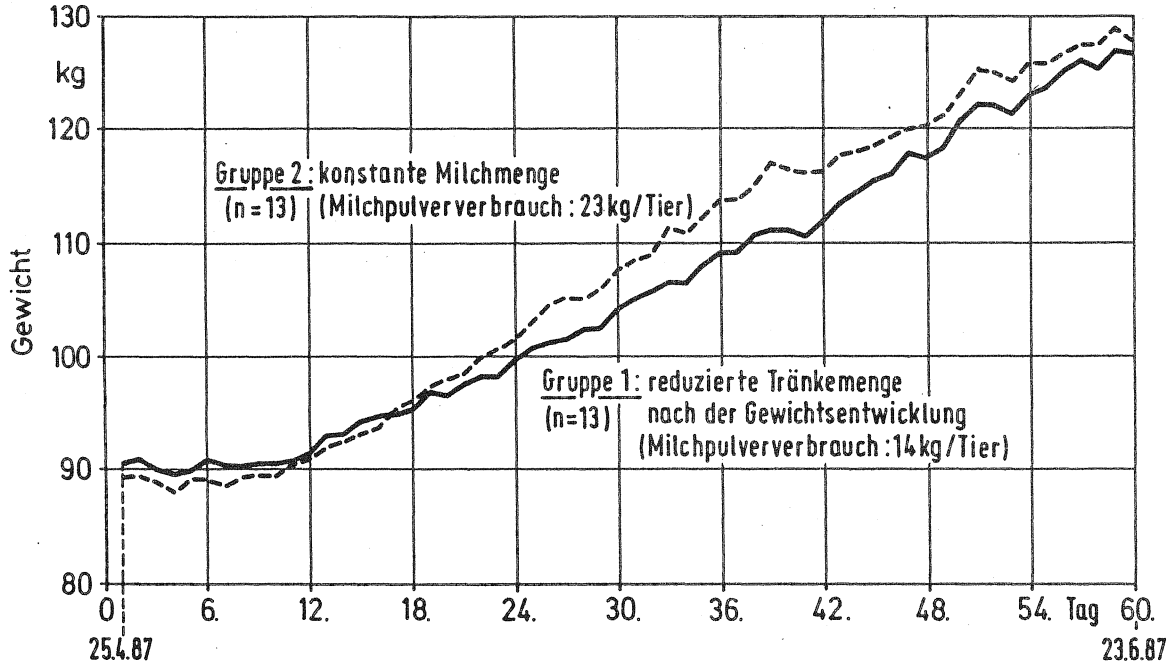


Abb. 12: Gewichtsentwicklung von Kälbern mit unterschiedlicher Tränkevorgabe.

In einem Vergleichsversuch wurden 26 Aufzuchtkälber in einem Bullenmastbetrieb in einer Gruppe über einen Tränkedosierautomaten versorgt. Die Hälfte der Tiere erhielt die übliche Tränkemenge von 6 l pro Tag. Die Milchmenge der anderen Kälber wurde ohne jeden manuellen Eingriff nach obigem System gesteuert. Kraftfutter, Heu und Maissilage stand allen Tieren zur freien Aufnahme zur Verfügung (Abb. 12). Die Gewichtsentwicklung beider Gruppen verlief annähernd gleich, während sich im Milchpulververbrauch eine Differenz von 9 kg pro Tier ergab.

Auswertung der Produktionsdaten

Die automatisierte Registrierung der Leistungs- und Verbrauchsdaten ermöglicht die Erarbeitung tierindividueller Produktionskenndaten und bietet somit eine zuverlässige Basis zur ökonomischen Bewertung des Einzeltieres und des gesamten Betriebszweiges. So kann beispielsweise für die Milchviehhaltung für jeden Laktationsabschnitt der Futterverbrauch und die erzeugte Milchmenge getrennt nach Energie und Eiweiß ausgewiesen werden (Tab. 3). Die Differenzierung der Produktionsleistung aus Grund- und Kraftfutter gibt wertvolle Hinweise auf die Wirtschaftlichkeit eines Tieres, wobei die Relation für die ausgewählten Tiere zwischen 52 : 48 bis zu 67 : 33 % streut. Die günstige Grundfutterverwertung der Kuh 77 ist aus dem Laktationsverlauf mit einer sehr guten Persistenz der Milchleistung über etwa 5 Monate zu erklären (Abb. 13). Mit derartigen Informationen ergibt sich eine gesicherte Basis für die laufende Produktionsüberwachung. Sie bietet aber auch wertvolle Hilfestellung für die Tierausswahl zur Bestandsergänzung oder die Entscheidung sonstiger organisatorischer Fragen innerhalb des Betriebszweiges.

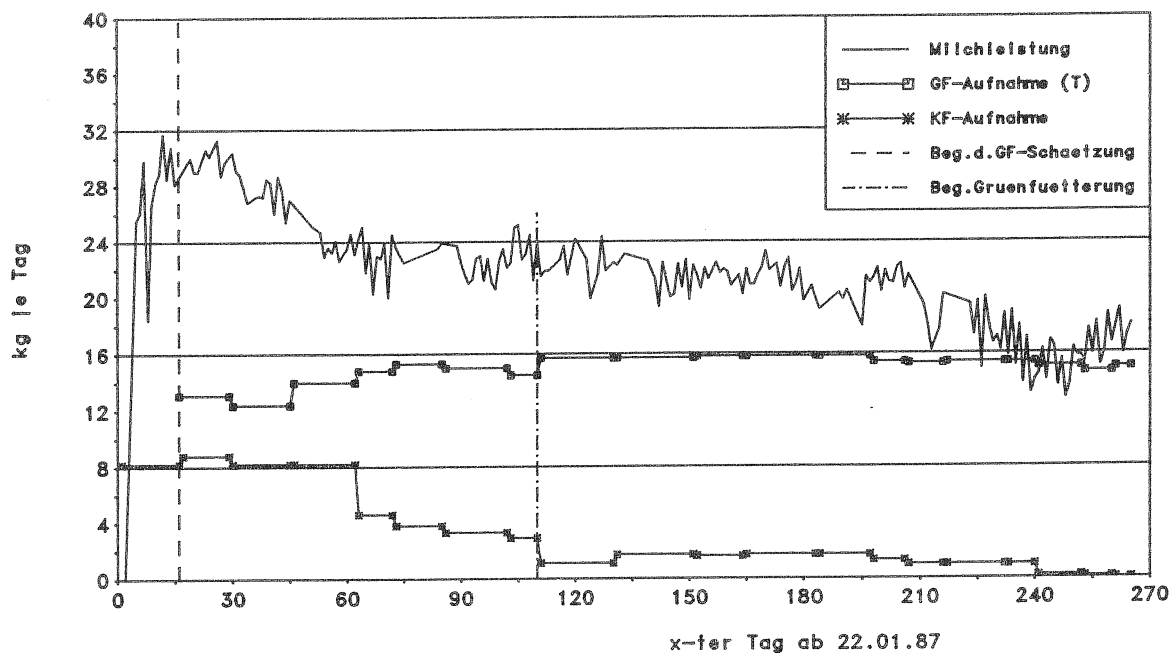


Abb. 13: Milchleistung und Futteraufnahme der Kuh Nr. 77 (4. Laktation, 2.-267. Laktationstag).

Schlußbetrachtung

Die aufgezeigten Möglichkeiten des Elektronikeinsatzes in der Rinderhaltung machen deutlich, daß mit dieser neuen Technologie eine wesentlich verbesserte Information über die Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Einzeltieres ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand geschaffen und auf dieser Basis eine individuelle, leistungsbezogene Versorgung durchgeführt werden kann. Bisher wird jedoch nur ein Teil wie die Kraftfutterfütterung, Kuhkalender oder Kälbertränke in wesentlich geringerem Umfang die Milchmengenerfassung in der Praxis eingesetzt. Hauptaufgabe für die nächste Zeit wird es sein, die übrigen Techniken auf ihre Nutzenanwendung und Wirtschaftlichkeit im Routinebetrieb zu überprüfen. Wichtig ist dabei, daß die bisher verfügbaren Einzellösungen in geschlossene Systeme überführt und eine problemlose Koppelung der Einzelelemente erreicht werden. Dies trifft sowohl für den einzelbetrieblichen Ablauf als auch für die Verbindung mit nachgeschalteten Organisationen der Beratung und landwirtschaftlichen Dienstleistungsbetrieben zu.

Tab. 3: Produktionskenndaten von Milchkühen.

Kuh Nr.	62	77	85	89	101
0 Lebendgewicht kg	683	658	750	620	600
Laktationstage	257	266	183	196	209
Futteraufnahme					
GF MJNEL/Rohpr. kg	22884/499.1	24193/520.1	16748/399.6	16870/396.0	17529/405.7
KF MJNEL/Rohpr. kg	10288/266.7	6960/206.8	8711/163.7	10616/216.7	9957/214.0
insgesamt MJNEL/Rohpr.	33172/765.8	31153/726.9	25459/563.3	27486/612.7	27486/619.7
Erhaltung MJNEL/Rohpr. kg	10059/134.6	10123/135.4	7684/102.8	7135/95.5	7424/99.3
NEL %	30.3	32.5	30.2	26.0	27.0
Rohprotein %	17.6	18.6	18.2	15.6	16.0
Milchleistung kg	6582	5891	5365	5186	5276
davon aus					
Grundfutter %	55.9	67.0	51.8	57.1	58.2
Kraftfutter %	44.1	33.0	48.2	42.9	41.8

LT15/LTTAG2
31.10.87

Entwicklungsstand des Elektronikeinsatzes in der Schweinehaltung

Priv. Doz. Dr. Dr. habil. Josef Boxberger

1. Allgemeiner Entwicklungsstand

Der Elektronikeinsatz in der Schweinehaltung erstreckt sich sowohl auf die Prozeßsteuerung als auch auf das Management bzw. dessen Unterstützung. Ähnlich wie in der Rinderhaltung konzentriert sich der Einsatz der Prozeßsteuerung vor allem auf die Fütterung. Hier sind die computergestützte Gruppenfütterung und die Abruffütterung zu unterscheiden. Von einzelnen Herstellern werden daneben Klimacomputer angeboten. Der Einsatz der Elektronik im Betriebsmanagement basiert auf Personal Computern, die mit Agrarsoftware (z. B. Sauenplanern oder Mastschweinemanagement-Programmen) bzw. allgemeiner Software ausgestattet werden.

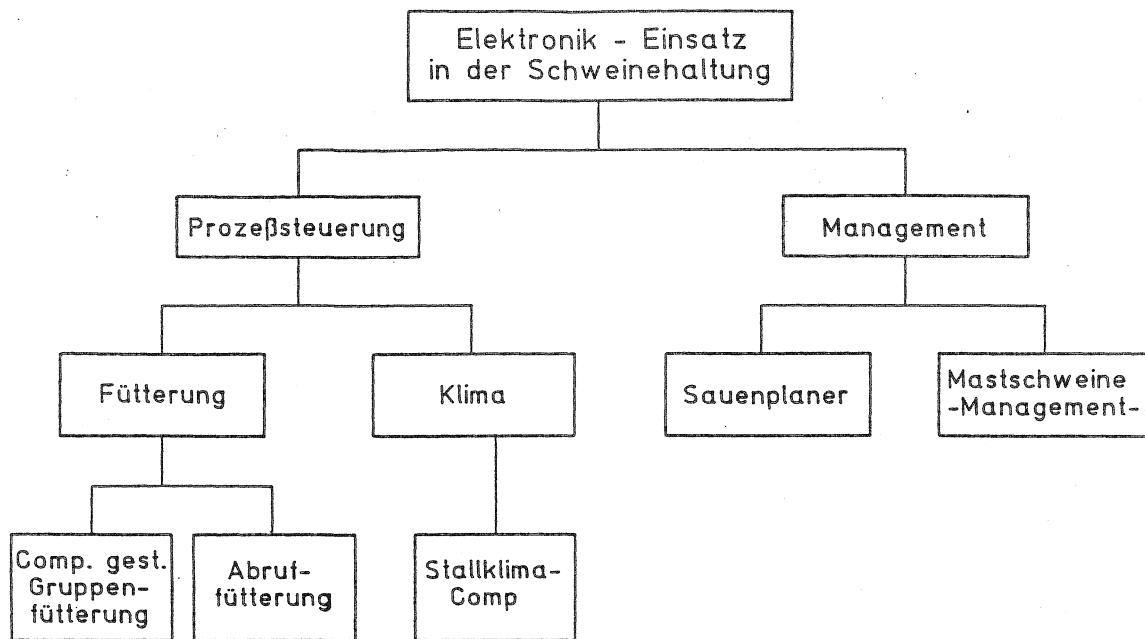


Abb. 1: Übersicht über den Elektronikeinsatz in der Schweinehaltung.

Die verschiedenen Einsatzbereiche sind sowohl im Ferkelproduktionsbetrieb wie im Mastschweinebetrieb anzutreffen. Gemäß der unterschiedlichen Aufgabenstellung liegt der derzeitige Einsatzschwerpunkt je nach Produktionsrichtung mehr bei der Prozeßsteuerung (Beispiel: Mastschweinefütterung) oder bei Managementaufgaben (Beispiel: Zuchtsauenplaner). Im Sinne einer geschlosseneren Darstellung wird nachfolgend der Elektronikeinsatz betriebsspezifisch dargestellt.

Der ständig zunehmende Einsatz der Elektronik stellt sich in der Schweinehaltung ähnlich wie in der Rinderhaltung dar. Der Einsatz erfolgt punktuell. Insellösungen erfassen Teilbereiche. Prozeßrechner ermitteln Daten und speichern sie auch, aber dezentral. Dort wo ein Betriebsrechner installiert ist, müssen die Daten manuell eingegeben werden. Ein Verbund und Datenaustausch in beiden Richtungen besteht nicht. Dazu kommen zum Teil beträchtliche Probleme mit der Datenerfassung, mit der Sensorik.

2. Elektronikeinsatz in der Mastschweinehaltung

In der Mastschweinehaltung hat sich bereits vor Jahren die Elektronik in Form der Fütterungscomputer eingeführt. Diese Entwicklung wurde dadurch möglich, daß bei Flüssigfütterungsanlagen im Gegensatz zu den bis dahin verbreiteten Trockenfütterungsanlagen eine zentrale Organisation der Futterdosierung erforderlich war.

2.1 Flüssigfütterungsanlagen

Computergesteuerte Flüssigfütterungsanlagen bestehen aus einem Wiegemischer mit Rührwerk, einer Pumpe mit Ringleitung, den elektropneumatisch gesteuerten Dosierventilen mit den Fallrohren zu den Trögen und dem Prozeßrechner.

Durch die Gewichtserfassung am Wiegemischer können die Komponenten nacheinander automatisch abgerufen werden. Aus dem Wiegemischer, in dem die Futtermischung angerührt wird, wird das Futter in die Ringleitung gepumpt. Die elektropneumatischen Trogventile werden nacheinander geöffnet bzw. geschlossen. Während der Öffnungszeit registriert die Waage des Wiegemischers bzw. ein induktiver Durchflußmesser die dem Trog zulaufende Futtermasse (Futternvolumen). Bei Erreichen der Sollmenge schließt das Ventil und der Fütterungscomputer schaltet auf das nächste Ventil. Daraus ergeben sich für die Prozeßsteuerung folgende Aufgaben:

- > Futtermischung herstellen: Komponenten gemäß voreingestellter Masse nacheinander abrufen, Mischen (Rührwerk ein- und ausschalten).
- > Futter zuteilen: Ventile nacheinander öffnen, nach Erreichen der Sollmenge wieder schließen.

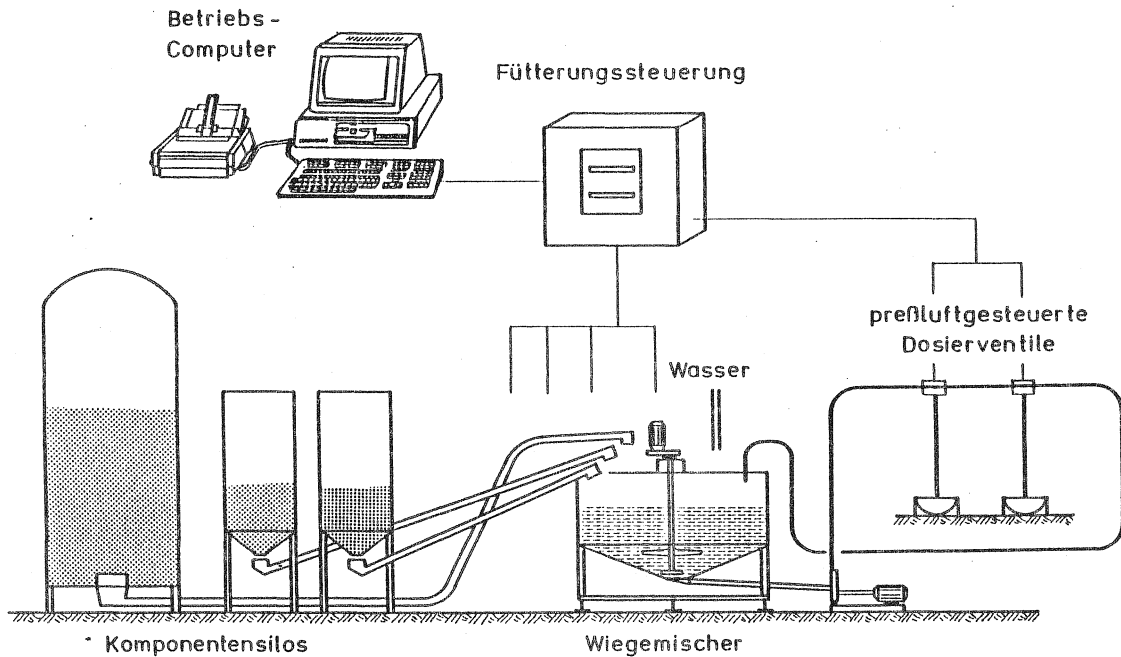


Abb. 2: Aufbau einer computergesteuerten Flüssigfütterungsanlage.

Um an die in einem unterschiedlichen Wachstumsstadium befindlichen Tiere nährstoffangepaßte Rationen zuzuteilen, werden hintereinander neue Mischungen hergestellt und ausdosiert. Diese Option ist nur bei neueren Anlagen eingebaut. Außerdem werden zur Verbesserung der Anlagenhygiene Reinigungsvorgänge (Rohrspülung, Mischbehälterspülung) durchgeführt. Die Veränderung der Futterration kann manuell oder automatisch nach einer Futterkurve vorgenommen werden.

Zur Eingabe von Daten steht eine numerische Tastatur oder eine Menü-tastatur zur Verfügung. Die Anzeige der Daten erfolgt vorwiegend in einem Zwei-Zeilen-Display. Anschlüsse für Bildschirm und Drucker sind optional. Einzelne Firmen bieten ihre Anlagen mit alphanumerischer Tastatur (DIN 2036) und Bildschirm an.

An Flüssigfütterungsanlagen werden hinsichtlich der Dosiergenauigkeit hohe Anforderungen gestellt. Insbesondere wenn Rationen, deren Mischung im Grenzbereich der Nährstoffkonzentration liegt, verabreicht werden, kommt es bei Dosierfehlern zu Unterversorgung. Ebenso führen wechselnde klimatische Bedingungen zu Veränderungen in der Flüssigkeitsaufnahme und damit zu einer Unterversorgung. Nach Messungen in Weihenstephan, Kiel und Gießen sind heutige Anlagen in ihrer Dosiergenauigkeit sowohl bei Massendosierung als auch bei Volumendosierung ausreichend exakt, wenn die Sollmenge größer als 10 kg ist (Abb. 3).

Die Auswahl der besten Anlagen aus den in den Versuch einbezogenen zeigt, was bei einem bestimmten technischen Aufwand möglich ist. Erst bei Dosiermengen von über 25 kg je Ventil wird der Variations-

koeffizient bei Massendosierung kleiner als 5 %. Es wird außerdem ersichtlich, daß die Volumendosierung exakter arbeitet und selbst bei kleinen Dosiermengen einen Variationskoeffizienten von weniger als 5 % aufweist. Diese Kieler Ergebnisse (Abb. 3) stimmen weitgehend mit denjenigen aus 1980 bis 1983 in Weihenstephan und derzeit in Gießen durchgeführten Messungen überein.

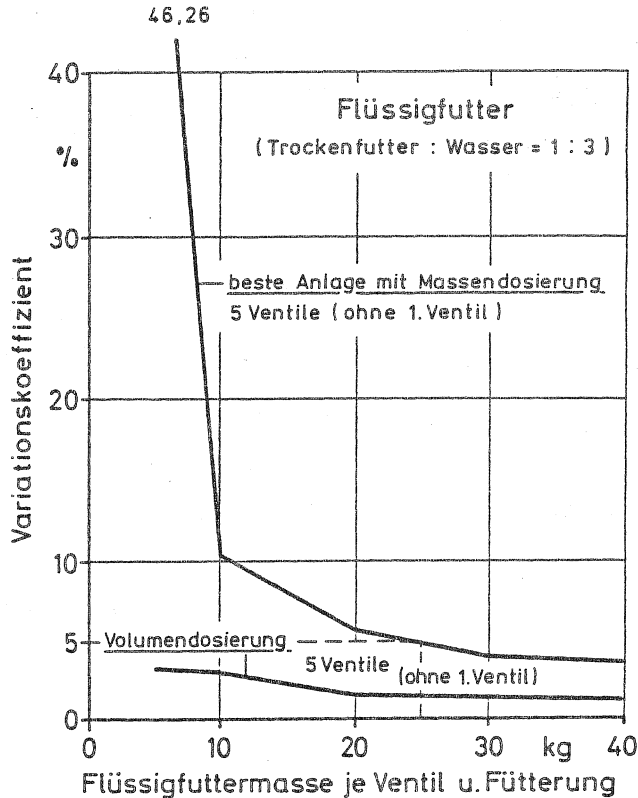


Abb. 3: Dosiergenauigkeit von Flüssigfütterungsanlagen (HEEGE u. BECK, 1986).

2.2 Computergesteuerte Trockenfütterungsanlage.

Computergesteuerte Trockenfütterungsanlagen für die Gruppenfütterung arbeiten etwa nach dem gleichen Prinzip wie Flüssigfütterungsanlagen. Über den Trögen befinden sich preßluftgesteuerte Schieber, die den Futterstrom gemäß Vorgabe des Computers in den jeweiligen Trog umleiten. Die Messung der vorgegebenen Futtermenge erfolgt über die Drehung des Antriebsrades des Rohrkettenförderers (Volumendosierung) oder über die Gewichtserfassung am Futtervorratsbehälter.

Der Fütterungscomputer ist außerdem in der Lage, die Herstellung der Futtermischung zu steuern. Die einzelnen Komponenten werden nacheinander der Schrotmühle zugeführt und von dort an den Wiegemischer übergeben. Mit Hilfe der Erfassung der Gewichtsdaten am Wiegemischer steuert der Fütterungscomputer die jeweiligen Zuführ-

systeme von den Getreide- oder Komponentenbehältern zur Mühle und schaltet nach Erreichen der Sollmenge im Wiegemischer das Förderorgan ab.

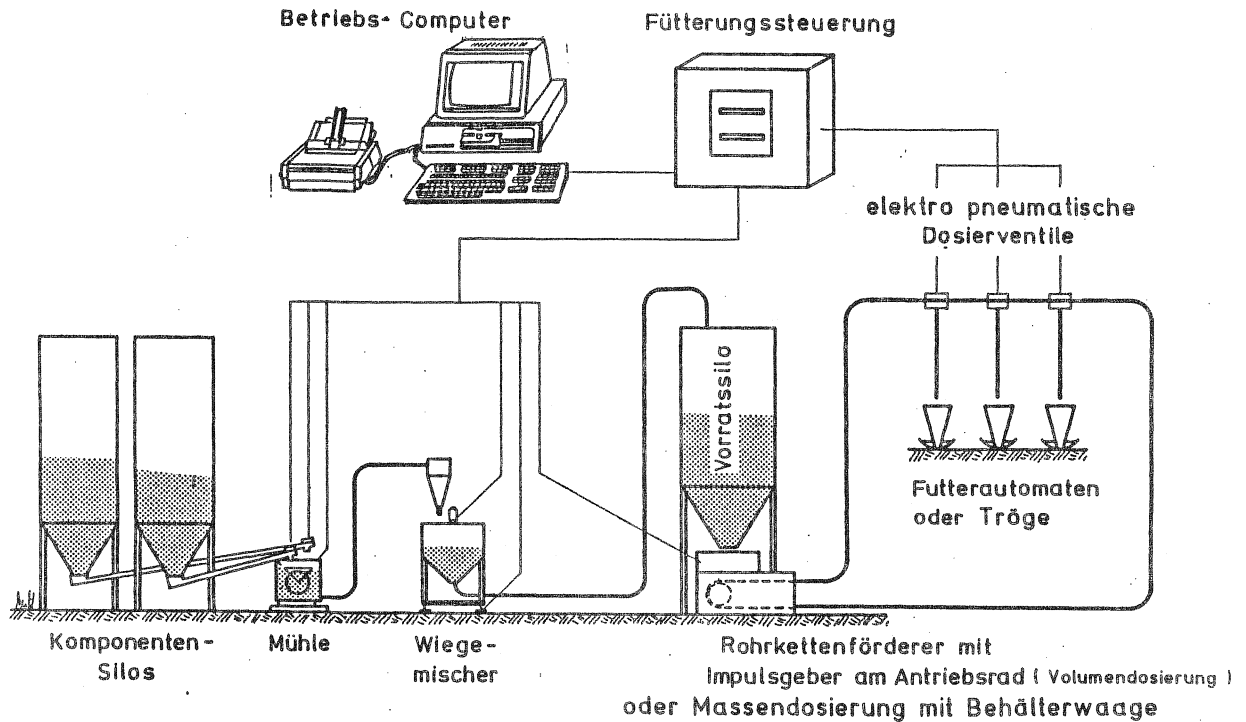


Abb. 4: Computergesteuerte Trockenfütterungsanlage.

2.3 Gewichtsermittlung bei Mastschweinen

Die automatische Anpassung der Futterration nach programmierter Futterkurve entspricht nicht den Anforderungen einer ernährungsphysiologisch richtigen Fütterung, für die eine genaue Anpassung der Ration an die tatsächliche Gewichtsentwicklung gefordert wird. Da sich das Gewicht der Tiere in der Regel anders als dasjenige, das der Futterkurve unterstellt ist, entwickelt, wäre die Kenntnis der tatsächlichen Gewichtsentwicklung der Tiere von besonderer Bedeutung für die Futterdosierung.

Wegen des Aufwandes für elektronische Tierwaagen und der heute üblichen Gruppengröße ist derzeit nur der Einbau einer Kontrollwaage je Stallabteil vorstellbar. Diese Waage könnte an der Tränke eingebaut werden. Diese Lösung ist aber zunächst nur bei Trockenfütterung vorstellbar, weil bei Flüssigfütterung nicht sichergestellt ist, daß die Mastschweine zusätzlich Trinkwasser aufnehmen. Inwieweit das Wiegen einer Kontrollgruppe eine Verbesserung der Mastleistung bringt, die den zusätzlichen technischen Aufwand rechtfertigt, ist nicht bekannt.

Eine andere derzeit in Österreich im Experimentierstadium befind-

liche Lösung ist der Einsatz der Abruffütterung mit Einzeltierwiegung bei Mastschweinen. Erste Ergebnisse aus einer Untersuchung in Gießen, die mit Zuchtläufern durchgeführt wird, lassen erwarten, daß trotz der erheblich größeren Tiergruppen und der zentralen Fütterung (20 Tiere je Freßplatz) mit einer günstigen Mastleistung zu rechnen ist.

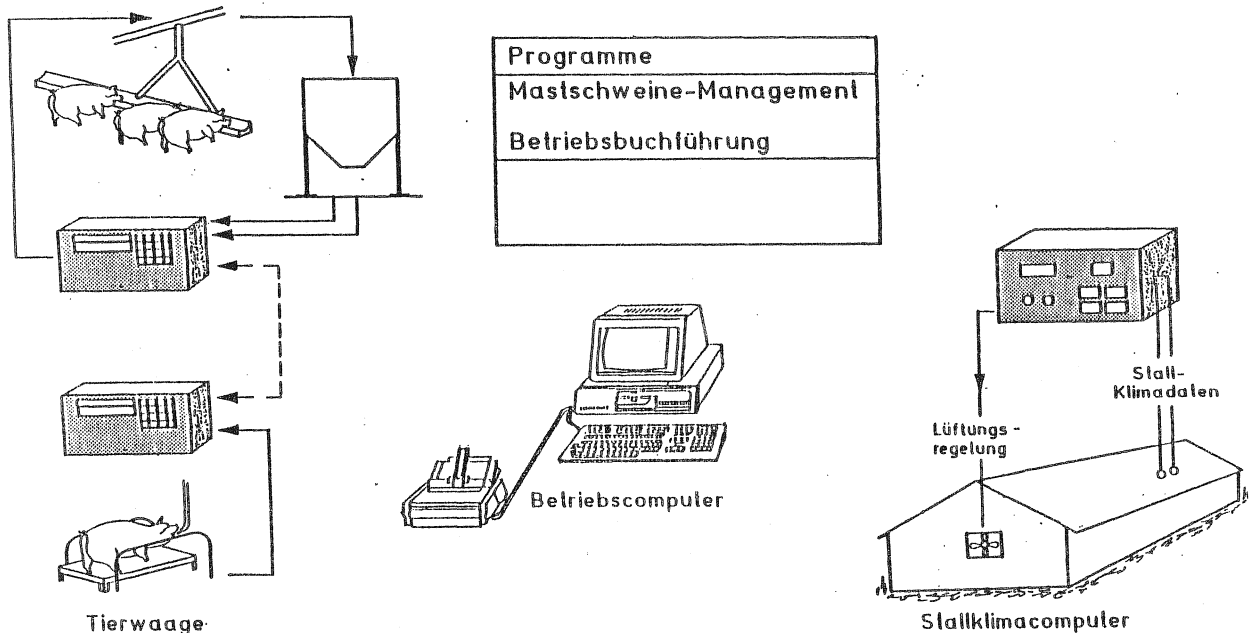


Abb. 5: Prozeßsteuerung bei der Mastschweinefütterung (Flüssigfütterung).

Als weiteren Einsatzbereich für die Elektronik bzw. Prozeßsteuerung bietet sich die Regelung des Stallklimas an. Bisherige Anlagen erfassen eine Regelgröße, vorwiegend die Stalltemperatur, und steuern danach den Luftdurchsatz und die Zufuhr an Wärme. Um eine verbesserte Regelung zu erreichen ist die zusätzliche Erfassung der Stallluftfeuchte nötig. Derzeit angebotene Stallklimacomputer steuern den Luftdurchsatz nach Stalltemperatur und Stallluftfeuchte.

Probleme bereitet die Sensorik bei der Erfassung der Luftfeuchte. Korrosionsschäden, ausgelöst durch die aggressive Stallluft, führen zu falschen Meßergebnissen. Weiterhin wäre wünschenswert, daß der Stallklimacomputer noch andere Daten wie z. B. die Außentemperatur erfaßt und in die Regelung mit einbezieht. Neben der Steuerung des Luftdurchsatzes ist, wo erforderlich, auch die Steuerung der Wärmezufuhr, also der Heizung, denkbar.

2.4 Verbund zwischen Prozeßrechnern und Betriebscomputer im Schweinemastbetrieb.

In Verbindung mit einem Betriebscomputer könnten Fütterungscomputer, Wiegecomputer und Stallklimacomputer stark vereinfacht werden, weil der PC Teilfunktionen übernehmen kann. Ein noch wesentlicherer Vorteil ist darin zu sehen, daß dann Daten, die im Management-Programm benötigt werden, nicht mehr manuell eingegeben werden müssen, sondern vom Prozeßrechner angefordert werden können.

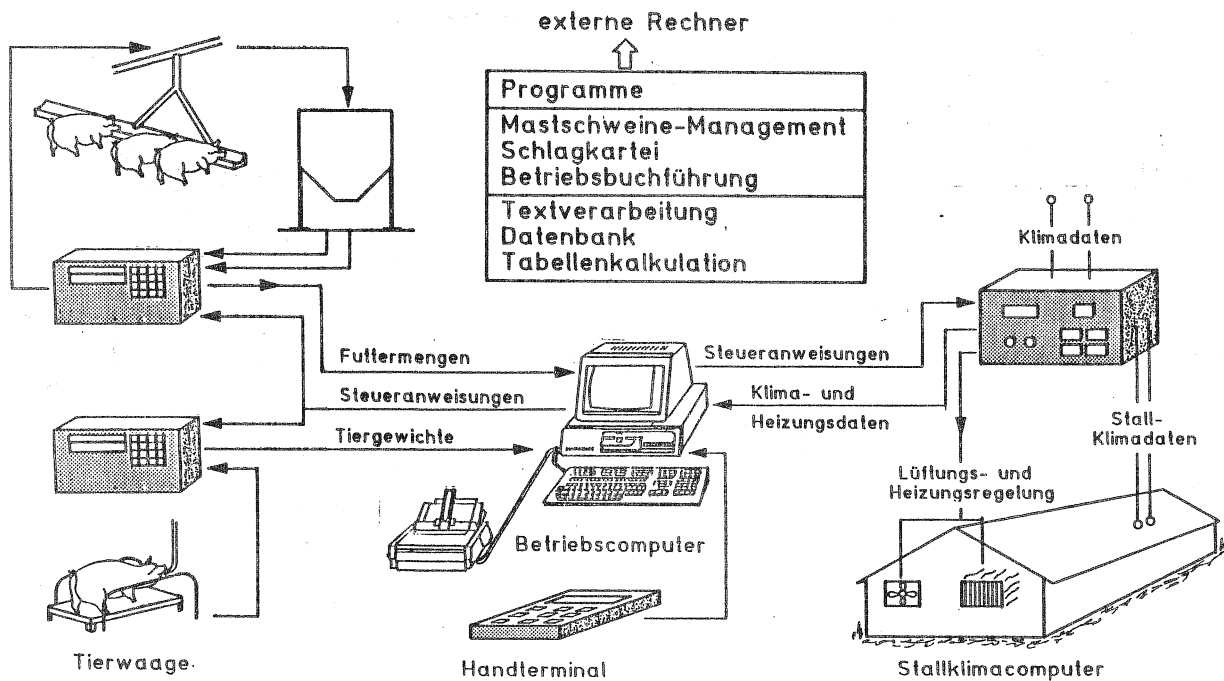


Abb. 6: Kombination von Prozeßsteuerung und Betriebs-PC in einem Schweinemastbetrieb.

Tab. 1: Datenfluß zwischen Prozeßsteuerung und Betriebs-PC.

	Daten an PC	Verwertung der Daten
Fütterungscomputer	Futtermengen, Komp. Mischung Futtermengen, Dosierventile	Futtermittlungs usw. Futtermittlungsverbrauch
Wiegecomputer	Tiergewichte	Fütterungssteuerung Wirtschaftlichkeitsb.
Stallklima-computer	Klimadaten Heizungsdaten	Lüftungs/Heizungsst. Energiebedarf

Durch den Verbund der Prozeßrechner mit dem Betriebscomputer entsteht eine Datenkommunikationsbasis, auf der in beiden Richtungen Daten fließen. So sollte der Betriebscomputer die Tiergewichte überspielt bekommen und daraus die Futtermengen, die an den einzelnen Dosierventilen auszugeben sind, berechnen. Aus diesen Futtermengen ermittelt der Betriebscomputer oder der Fütterungscomputer die erforderlichen Komponentenmengen für die Mischung. Beide Datenpakete werden im Betriebsrechner gespeichert und stehen Futterbedarfsberechnungen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen zur Verfügung.

Der Verbund zwischen Klimacomputer und Betriebsrechner ist so vorstellbar, daß der Klimacomputer Klimadaten und Stallklimadaten an den Betriebsrechner liefert, die der Betriebsrechner mit den Informationen über die Tiergewichte zu Steueranweisungen für Heizung und Lüftung verarbeitet. Aus der Steuerung von Heizung und Lüftung können wieder Daten über den Energiebedarf zurückfließen, abgespeichert und für Wirtschaftlichkeitsberechnungen herangezogen werden.

Informationen aus der Herdenüberwachung werden über ein Handterminal aufgenommen, zwischengespeichert und an den Betriebsrechner übergeben.

2.5 Software für den Schweinemastbetrieb

Abgesehen von spezieller Software für die Teilaufgaben der Prozeßsteuerung stehen auf dem Betriebs-PC neben reinen Agrarprogrammen wie Mastschweine-Management, Schlagkartei und Betriebsbuchführung allgemeine Programme als Paket oder einzeln für Textverarbeitung, Datenbank und Tabellenkalkulation zur Verfügung.

2.5.1 Das Mastschweine-Management-Programm

Die größte Bedeutung innerhalb der Agrarsoftware kommt dem Mastschweine-Management-Programm zu. Derartige Programme bieten eine Reihe von Auswertungsmöglichkeiten (Abb. 7). Neben den Vergleichsauswertungen nach Gruppen, Rassen, Lieferanten oder Abnehmern können Verlustursachen nach Rassen, Jahreszeit usw. analysiert werden. Weitere Auswertungsbereiche behandeln betriebszweigspezifische Kosten und Kalkulationen mit Produktionsvorausschau.

Solange der Betriebsrechner als Insellösung arbeitet, sind für diese Berechnungen umfangreiche und zeitraubende Dateneingaben erforderlich. Dies zeigt die Notwendigkeit des Verbundes zwischen Prozeßrechner, also hier dem Fütterungscomputer, und dem Betriebsrechner. Auch der Handterminal trägt zu einer Vereinfachung bei.

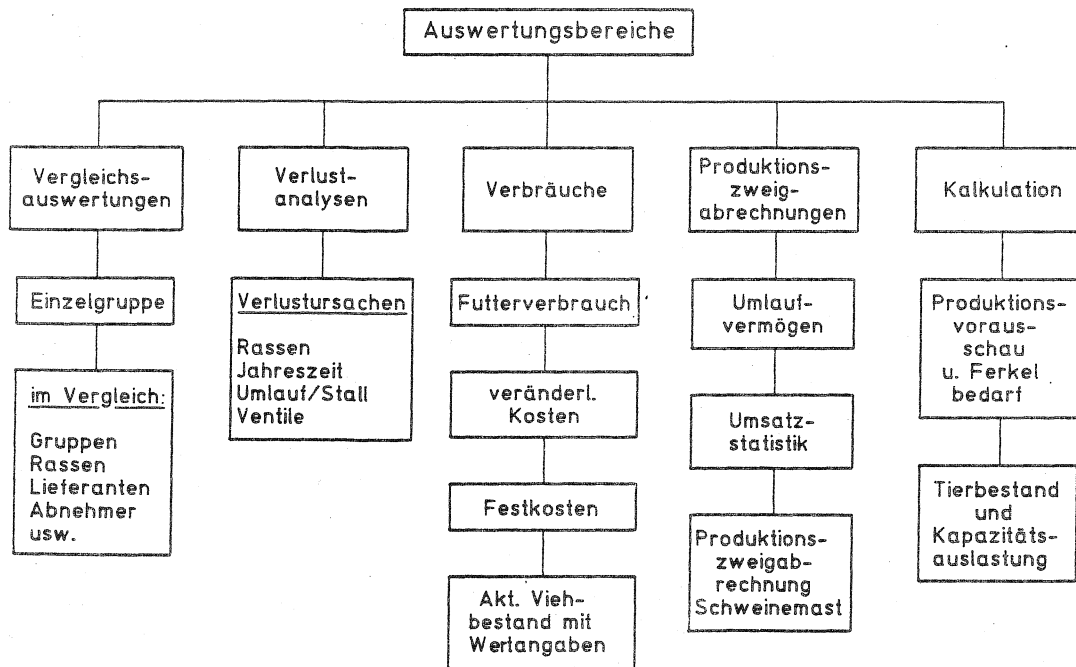


Abb. 7: Auswertungen in einem Mastschweine-Management-Programm (nach MAIER, A., 1987)

3. Elektronikeinsatz in der Zuchtsauenhaltung

Abweichend von der Situation im Mastschweine- oder Milchviehbetrieb ergibt sich für den Elektronikeinsatz in der Zuchtsauenhaltung die Besonderheit, daß als erstes vor der Prozeßsteuerung der Betriebs-PC angeschafft wurde. Schließlich liegen aufgrund der Vielgestaltigkeit des Produktionsablaufes die Probleme vorwiegend im Management. Ausgelöst durch die als Entwurf vorliegende Schweine-Tierschutzverordnung, die zumindest über einen begrenzten Zeitraum die ungehinderte Lokomotion (Fortbewegung) der Sauen vorsieht, hat sich in kürzester Zeit in einer Reihe von Betrieben die von der Milchviehhaltung bekannte Abruffütterung eingeführt.

In Betrieben, die beides, also Prozeßsteuerung und Betriebsrechner, einsetzen, besteht jedoch keine Verbindung zwischen den beiden Systemen. Zwar könnte der Betriebsrechner Teile der Prozeßsteuerung übernehmen. Dafür ist aber das derzeit verbreitete Betriebssystem MS-DOS (single tasking) nicht geeignet und auf einem Multi Tasking Betriebssystem läuft der Sauenplaner, für den der PC angeschafft wurde, nicht.

Als völlig unbefriedigend ist der Versuch zu werten, den Fütterungscomputer soweit aufzurüsten, daß mit einem abgemagerten Sauenplaner gerechnet werden kann. Der Fütterungscomputer erhält dann zusätzlich Bildschirm, Drucker und Tastatur. Die dazugekommene Hardware braucht dann ein klimatisiertes Stallbüro, was die Parallelität der Ausstattung so richtig deutlich macht.

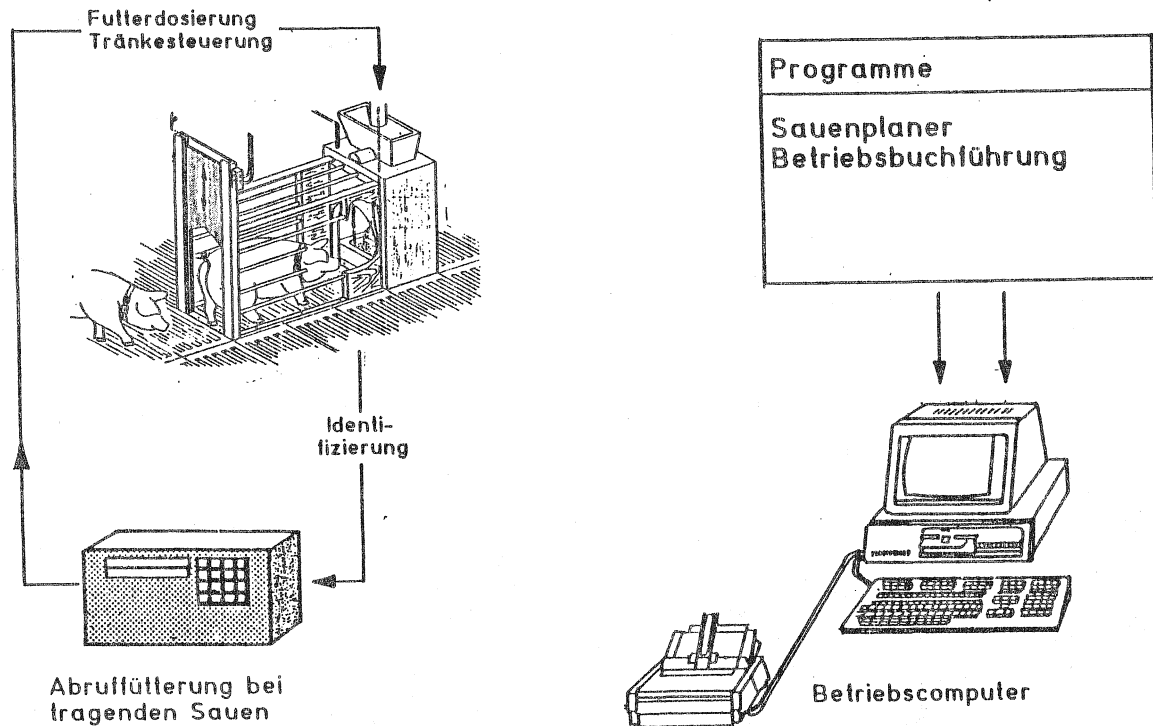


Abb. 8: Prozeßsteuerung und Betriebscomputer in der Zuchtsauenhaltung.

3.1 Abruffütterung bei Zuchtsauen

Seit mehr als 20 Jahren war ein deutlicher Trend zur Einzelhaltung tragender Sauen festzustellen. Ausgelöst durch den Entwurf der Verordnung zum Schutz von Schweinen in Stallhaltung, in der in Paragraph 4, Absatz 3, enthalten ist, daß Sauen jeweils nach dem Absetzen der Ferkel insgesamt sechs Wochen lang nicht in Anbindehaltung gehalten bzw. während dieser Zeit in Kastenständen nur dann gehalten werden dürfen, wenn sie täglich freie Bewegung erhalten, wird wieder Gruppenhaltung angestrebt. Ein Fütterungssystem, das sich in der Rinderhaltung bereits vielfach bewähren konnte, die Abruffütterung, erleichtert diese Umstellung, da sich der Einbau des Futterstandes als sehr flexibel erweist. Außerdem werden die Bewegungsmöglichkeiten für die Sauen als sehr positiv angesehen.

Jede Sauengruppe hat Zutritt zu einem Futterstand, der ca. 2 m² Fläche beansprucht. Vor dem Trog mit der Futterdosierung ist ein Kastenstand angeordnet, der verhindern soll, daß zum Futter strebende stärkere Tiere schwächere abdrängen, oder wodurch generell Auseinandersetzungen vermieden werden sollen. Im Gegensatz zur Rinderhaltung weist der Futterstand eine verriegelbare Eingangstüre auf, die vom Fütterungsrechner verschlossen wird, wenn sich im Futterstand eine Sau mit Futteranspruch befindet. Die Futterdosierung erfolgt etwa in Freßgeschwindigkeit. Wird kein Futter mehr

aufgenommen, so öffnet sich die Verriegelung der Eingangstür und nachdrängende Sauen drängen das im Futterstand befindliche Tier heraus. Das neu in den Stand getretene und zum Trog strebende Tier wird identifiziert und der Fütterungscomputer prüft, ob ein Futteranspruch besteht. Sofern dem so ist, wird die Eingangstür verriegelt und Futter zugeteilt.

Bei verschiedenen Herstellern wird der Futterstand auch an die Wasserversorgung angeschlossen. Der Fütterungscomputer betätigt dann mit der Futterdosierung auch das Wasserventil, wodurch das Futter angefeuchtet wird.

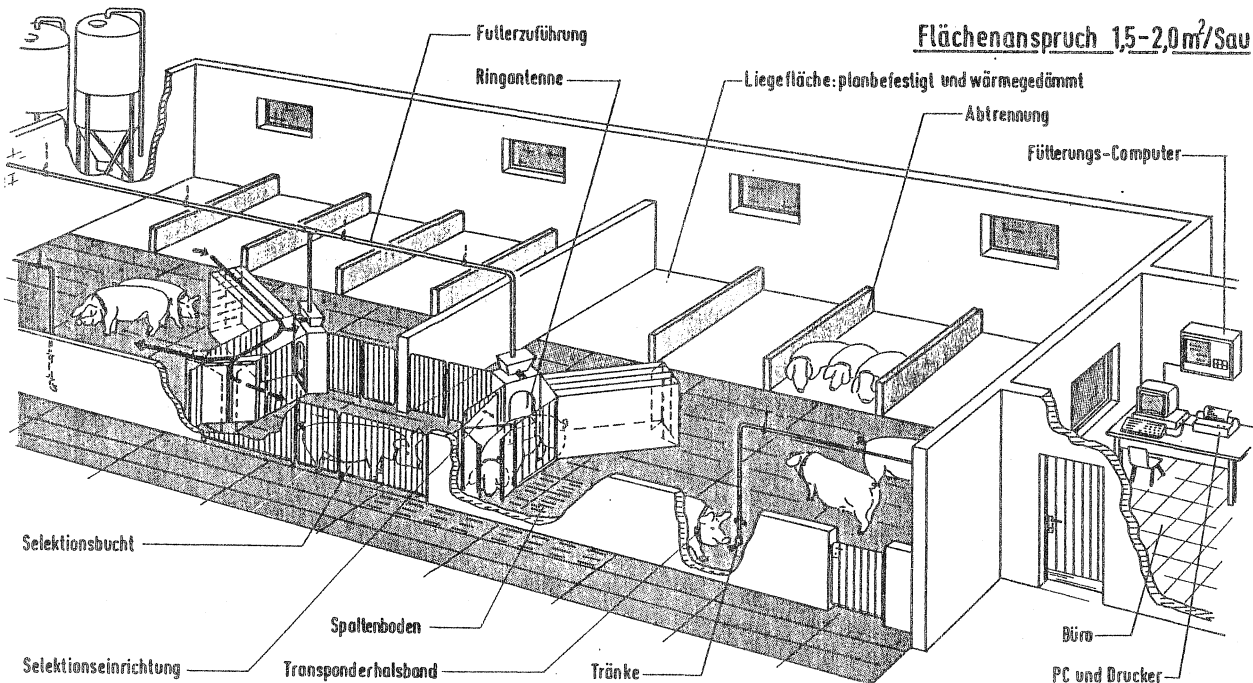


Abb. 9: Abruffütterung für tragende Sauen.

Tab. 2: Angaben zur Abruffütterung tragender Sauen.

Einsatzbereich	Wartestall, Gruppenhaltung
Mindestbestandsgröße	30 Sauen im Wartestall 50 bis 60 Sauen insgesamt
Gruppengröße	25 bis 40 Sauen/Futterstand
Buchtenfläche	1,5 bis 1,8 m ² /Sau bei Teilspaltenboden (mind. 60 % Anteil) 1,7 bis 2 m ² /Sau bei Einstreu
Kapitalbedarf	300 bis 500 DM/Sau im Wartestall

Zur Identifizierung tragen die Sauen wie von der Rinderhaltung bekannt Sender an Halsbändern oder Ohrmarkensender. Halsbänder haben den Nachteil, daß sie Tieren, deren Halsweite sich verändert, angepaßt werden müssen. Dennoch kommt es immer wieder vor, daß einzelne Tiere, insbesondere solche mit kurzem, dickem Hals die Halsbänder abstreifen. Bei Ohrmarkensendern tritt dieses Problem nicht auf. Dafür müssen mehr Ohrmarkensender angeschafft werden, da alle Produktivsauen des Bestandes mit Sendern ausgestattet werden, während bei Halsbandsendern nur die Tiere Sender bekommen, die momentan über die Abruffütterung versorgt werden.

Die Abruffütterung bei tragenden Sauen soll hier auch dazu als Beispiel dienen, wie der Einsatz der Elektronik über ein neues Fütterungsverfahren und dessen Bindung an die Gruppenhaltung Tierverhalten und Tiergesundheit beeinflusst.

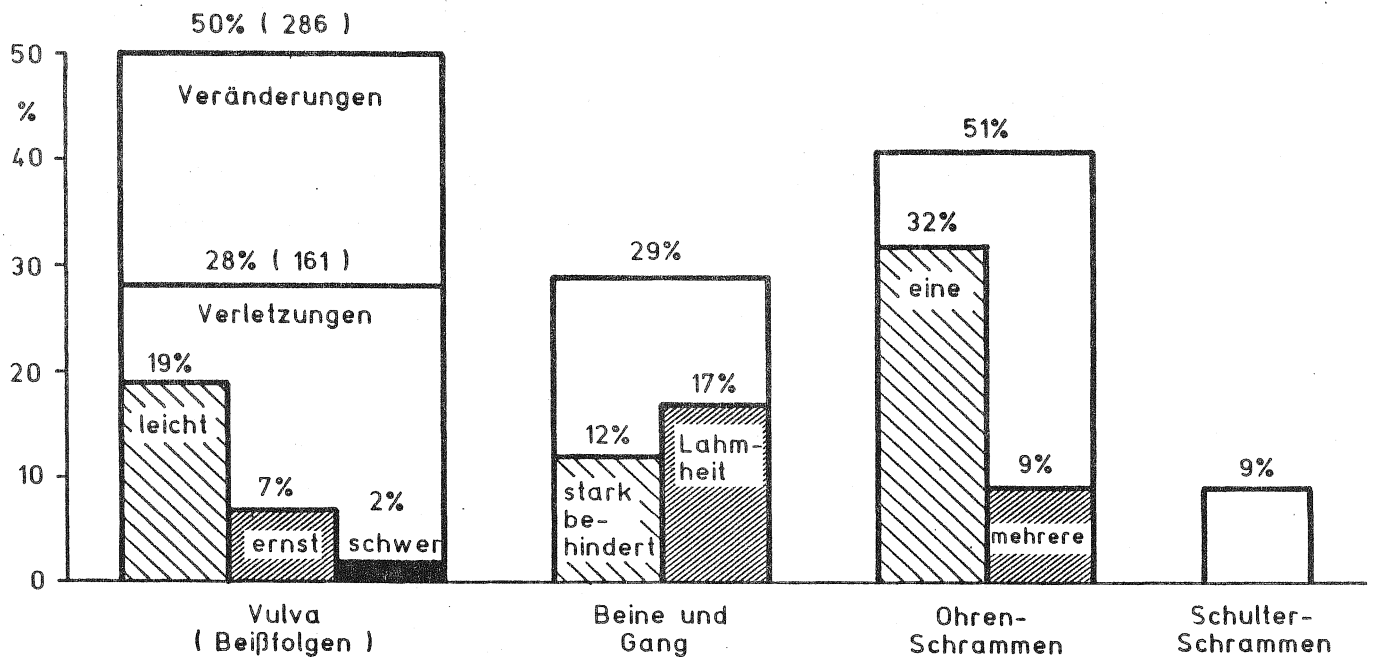


Abb. 10: Verletzungen an Sauen bei Gruppenhaltung und Abruffütterung (572 Sauen, 12 Betriebe, 25-75 Sauen/Gruppe, 1,2-2,3 m² Buchtenfläche/Sau einschl. Futterstand; nach DE KONING, BOKMA, KOOMANS, VAN PUTTEN, 1987).

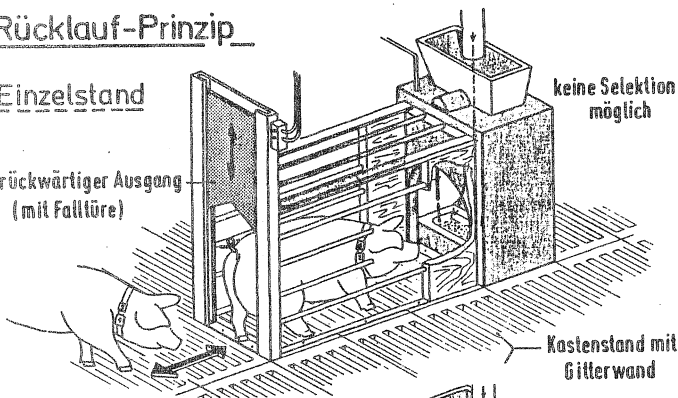
Eine holländische Untersuchung in Praxisbetrieben mit Abruffütterung (Abb. 10) hat ergeben, daß die Sauen zum Teil erhebliche Verletzungen aufweisen. Insbesondere die Vulva-Veränderungen und Vulva-Verletzungen, die an 50 % der untersuchten Tiere festgestellt wurden, sind Beißfolgen, die vorwiegend auf Bedrängen am Eingang zum Futterstand zurückgeführt werden. Die anderen Verletzungen haben ihre Ursache in Auseinandersetzungen, die durch die Gruppenhaltung bedingt sind. Ob sie durch die starke Zentralisierung der Fütterung verstärkt werden, geht aus den Zahlen nicht hervor.

Eindeutigen Einfluß nimmt jedoch das Prinzip der Standgestaltung. Die verschiedenen auf dem Markt befindlichen Futterstände lassen sich dem Rücklaufprinzip und dem Durchlaufprinzip zuordnen. Bei ersterem verlassen die Tiere den Futterstand rückwärts durch die Eingangstür. Beim Durchlaufprinzip gehen die Sauen nach vorne oder zur Seite aus dem Stand (Abb. 11).

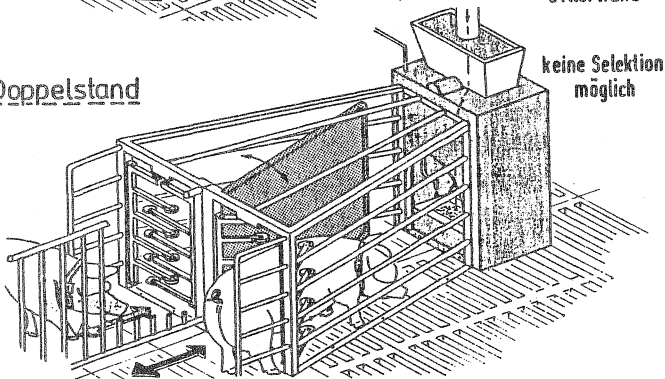
Rücklauf-Prinzip

Einzelstand

rückwärtiger Ausgang
(mit Falltür)



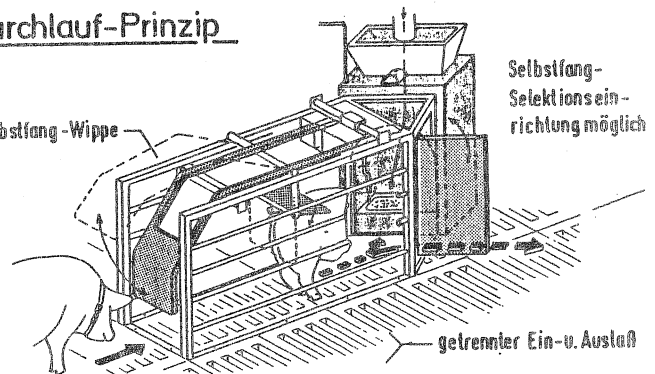
Doppelstand



Durchlauf-Prinzip

Selbstfang-Wippe

Selbstfang-
Selektions-
einrichtung möglich



geschlossene
Seitenwände

Selektions-
einrichtung

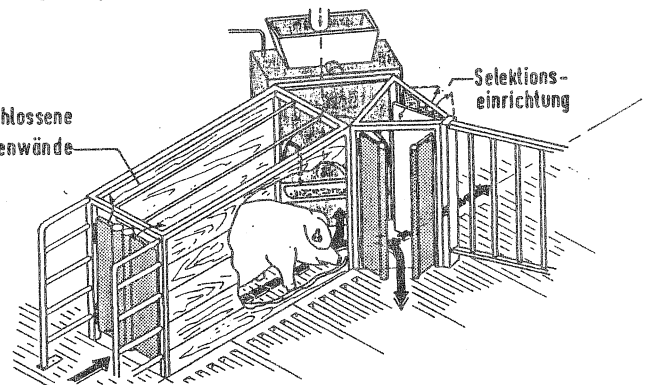


Abb. 11: Futterabrufstände für Zuchtsauen.

Tab. 3: Vulva-Verletzungen an Sauen in Betrieben mit Abruffütterung (572 Sauen, 12 Betriebe, 25-75 Sauen/Gruppe, 1,2-2,3 m² Buchtenfläche/Sau einschl. Futterstand; nach DE KONING, BOKMA, KOOMANS, VAN PUTTEN, 1987).

Stationstyp	Vulvascore *	
	Mittelwert	Spannweite
Durchlauf	0,24	0,09-0,4
Rücklauf	0,44	0,27-0,76

* Vulvascore: Anzahl der Vulvaverletzungen bezogen auf die Zahl der untersuchten Sauen, multipliziert mit 1 bei geringen Verletzungen, mit 2 bei ernsten Verletzungen, mit 3 bei schweren Verletzungen.

Aus dem Mittelwert der Verletzungsrate (Vulvascore) geht hervor, daß bei Durchlaufständen die Verletzungsrate mit 0,24 annähernd halb so groß ist wie bei Ständen, bei denen die Sauen rückwärts den Stand verlassen müssen. Auf diese Erkenntnis haben die Hersteller bereits reagiert. Rücklaufstände werden nur noch vereinzelt angeboten.

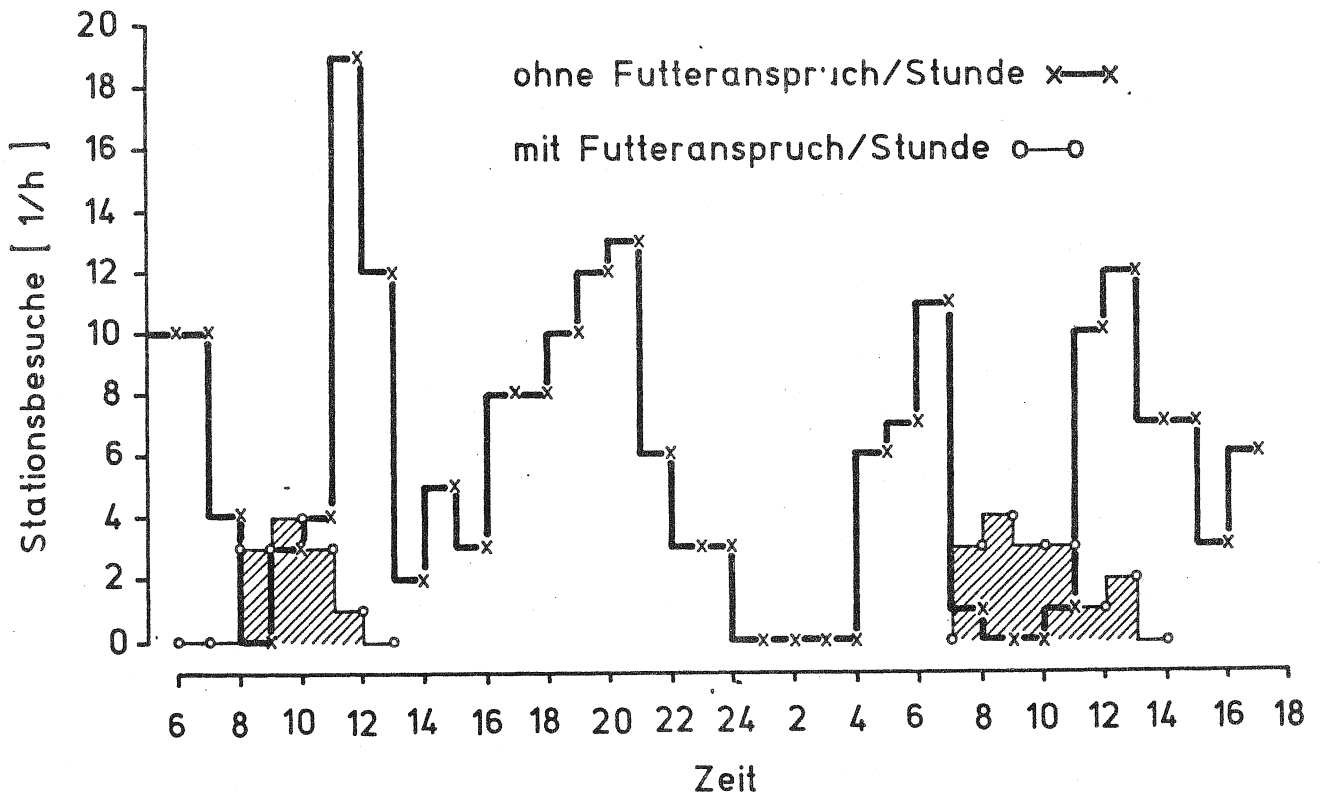


Abb. 12: Stationsbesuche von tragenden Sauen bei Abruffütterung (Durchlaufstation, 14 Tiere, 36 h Beobachtungszeit; nach LEHMANN, 1987).

Verletzungen lassen sich auch dadurch einschränken, daß das Aufsuchen des Futterstandes dann möglichst unterbunden wird, wenn kein Futteranspruch besteht. Eine exakte Analyse des Verhaltens einer Sauengruppe ergab hinsichtlich der Stationsbesuche folgendes Bild (Abb. 12):

- > Stationsbesuche mit Futteranspruch treten unmittelbar nach dem Programmstart um 7 Uhr in einer Häufigkeit von maximal vier Mal je Stunde bis 13 bzw. 14 Uhr auf.
- > Stationsbesuche ohne Futteranspruch häufen sich vor dem Programmstart zwischen 4 und 7 Uhr, in der Mittagszeit und am Spätnachmittag bzw. Abend.

Um die Stationsbesuche ohne Futteranspruch einzuschränken bieten sich nach Kenntnis des Verhaltens verschiedene Möglichkeiten an. Da die Stationsbesuche mit Futteranspruch blockförmig auftreten, können Futterstände über längere Zeiträume abgesperrt werden. Bei einmaliger täglicher Fütterung kann es vorkommen, daß Sauen ihr Futter nicht in der freigegebenen Zeit abrufen. Um bei Standabsperzung sicherzustellen, daß alle Tiere das ihnen zustehende Futter abrufen können, sind zwei Futterzeiten, morgens und abends, vorzusehen.

Grundsätzlich ergibt sich dadurch auch die Möglichkeit, den Stand während der Sperrzeiten einer anderen Sauengruppe zur Verfügung zu stellen. In welchem Umfang dies möglich sein wird, kann nur über weitere exakte Verhaltensanalysen ermittelt werden.

Eine anderer Verletzungsschutz, könnte dadurch erreicht werden, daß Verdrängungen durch Sauen ohne Futteranspruch ausgeschlossen werden, indem ihnen der Zutritt zur Station ständig verwehrt bleibt. Dazu ist einiger technischer Mehraufwand erforderlich. Der Futterstand müßte verlängert und eine zweite Identifizierung eingebaut werden. Durch die Verlängerung des Futterstandes steigt außerdem der für die Futterstation erforderliche Platzbedarf.

Eine weitere Problematik entsteht durch die Aktivitäten der Sauen in unmittelbarer Umgebung des Futterstandes. Aus dem Bewegungsdiagramm zweier unterschiedlich aktiver Sauen geht hervor, daß - anscheinend individuell bedingt - eine erhebliche Differenz in der zurückgelegten Wegstrecke besteht. Tier 121 legt im Versuchsabschnitt eine Wegstrecke von 406 m, Tier 41 eine Wegstrecke von 151 m zurück. Dabei wird annähernd die gleiche Buchtenfläche in Anspruch genommen. Bei 121 handelt es sich um ein ranghöheres Tier, das trotz weitgehend ungehindertem Zugang zum Futter den Futterstand häufig aufsucht, wesentlich häufiger als Tier 41.

Auffallend ist aber auch der Versuch, seitlich an den Futterstand heranzutreten. Dieses seitliche Herantreten ist auch bei Sau 41 zu beobachten, allerdings wesentlich weniger ausgeprägt (innerhalb des Versuchsabschnittes vier Mal).

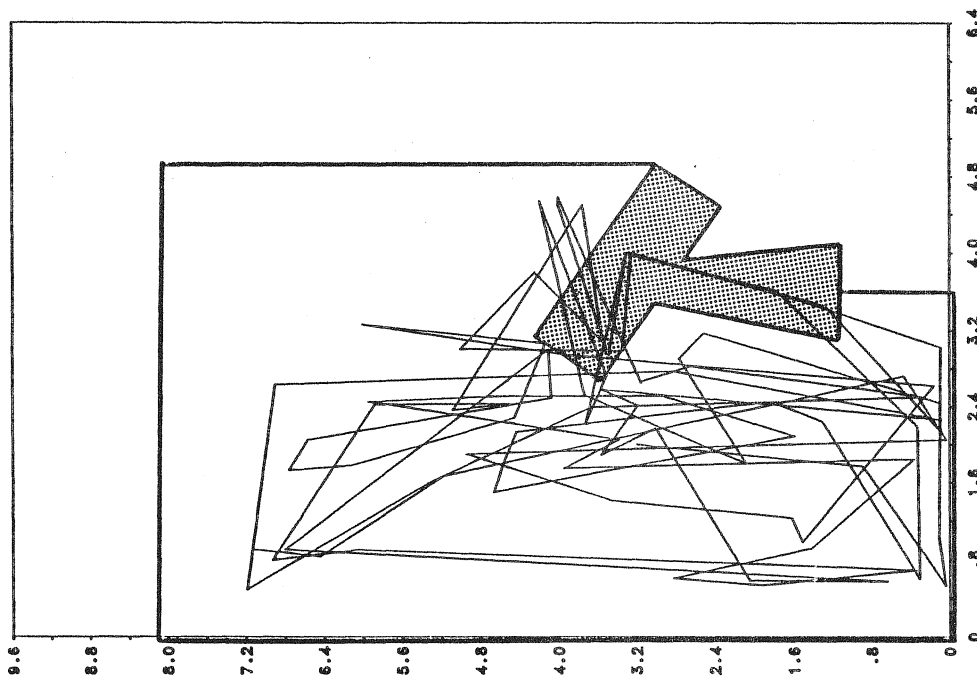
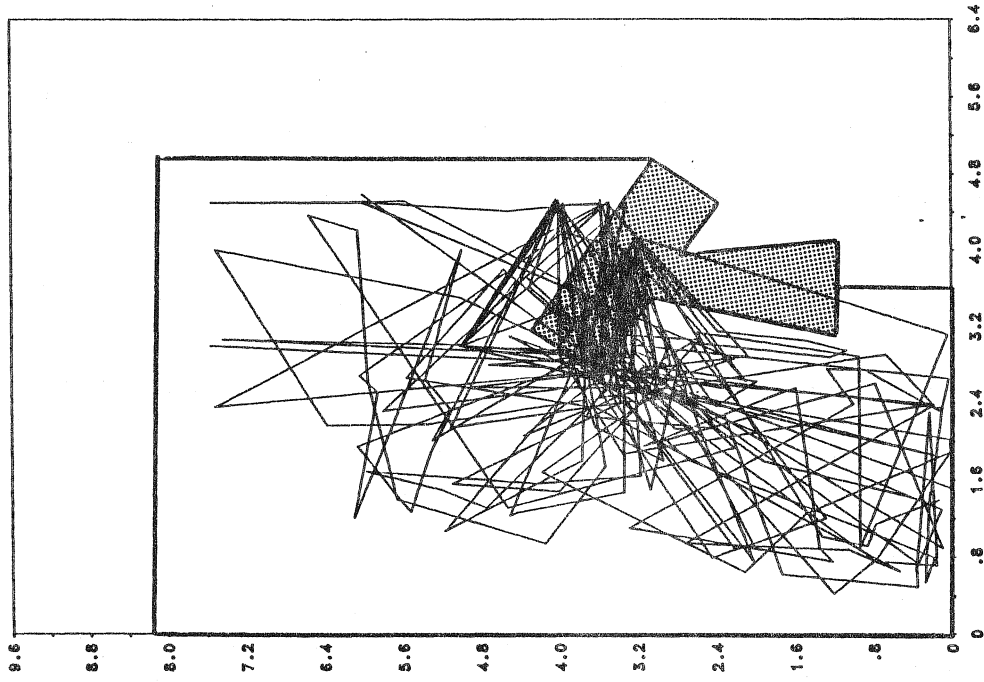


Abb. 13: Bewegungsdiagramm zweier unterschiedlich aktiver Sauen; links: Sau 041, Wegstrecke 151,3 m; rechts: Sau I21, Wegstrecke 405,7 m (LEHMANN, 1987).

Die Wegstreckendiagramme zeigen auf, daß um den Futterstand herum deutlich erhöhte Aktivität auftritt, die zu einer erhöhten Zahl von Begegnungen führt, die wiederum dazu beitragen, daß die Zahl der Konfrontationen und aggressiven Auseinandersetzungen steigt.

In Verbindung mit den vorweg dargestellten Verletzungen an Sauen in Gruppenhaltung mit Abruffütterung liefern diese ersten Verhaltensanalysen Aussagen über mögliche Ursachen. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um Verhaltensstörung, die durch die zentrale Fütterungsanlage ausgelöst werden, zu eliminieren.

3.2 Verbund zwischen Prozeßrechnern und Betriebscomputer im Zuchtsauen-Betrieb.

Anstelle der Insellösungen wäre auch in der Zuchtsauenhaltung der Verbund zwischen Prozeßrechner bzw. -rechnern von Vorteil, da hiermit Daten aus der Fütterung und auch - so vorhanden - über das Stallklima automatisch übertragen oder abgerufen werden könnten. Bei entsprechendem Ausbau könnte der Betriebscomputer auch Teilfunktionen der Prozeßrechner übernehmen, was zu einer Vereinfachung der Fütterungs- und Klimacomputer beiträgt.

So sehr sich diese Lösung zunächst anzubieten scheint, weil der Betriebscomputer wegen des Sauenplaners angeschafft bereits angeschafft wurde oder angeschafft werden soll, bleibt der Verbund zwischen Prozeß- und Betriebsrechner vorläufig noch problematisch. Denn für die Steuerung der Futterstation müßten der Rechner und das Betriebssystem Multi-Tasking-fähig sein und sinnvoller Weise sollten dann Fütterungsdaten von allen Tieren (tragende Sauen, säugende Sauen, Absetzferkel, Eber usw.) verfügbar sein, für die bisher aber computergesteuerte Fütterungsanlagen nicht oder nur in ganz wenigen Ausnahmen eingesetzt werden, weil es bisher noch an geeigneten Anlagen fehlt. Inwieweit diese Lücke durch den Einsatz der Abruffütterung bei den anderen Haltungsgruppen oder durch computergesteuerte Trockenfütterungsanlagen geschlossen werden kann, muß sich erweisen.

Ähnlich wie in der Mastschweinehaltung lassen sich Daten, die im Stall ermittelt werden, manuell in ein Handterminal eingeben und von dort an den Betriebscomputer automatisch übergeben. Das erspart den Umgang mit handgeschriebenen Protokollen.

Weitere Funktionen, die das Verbundsystem übernehmen kann, liegen im Bereich der Tierüberwachung. Hier sind Geburtsmelder, Steuerungsfunktionen bei Ferkelschutzeinrichtungen oder Meßeinrichtungen für die Gesundheitsüberwachung bei den Sauen zu nennen.

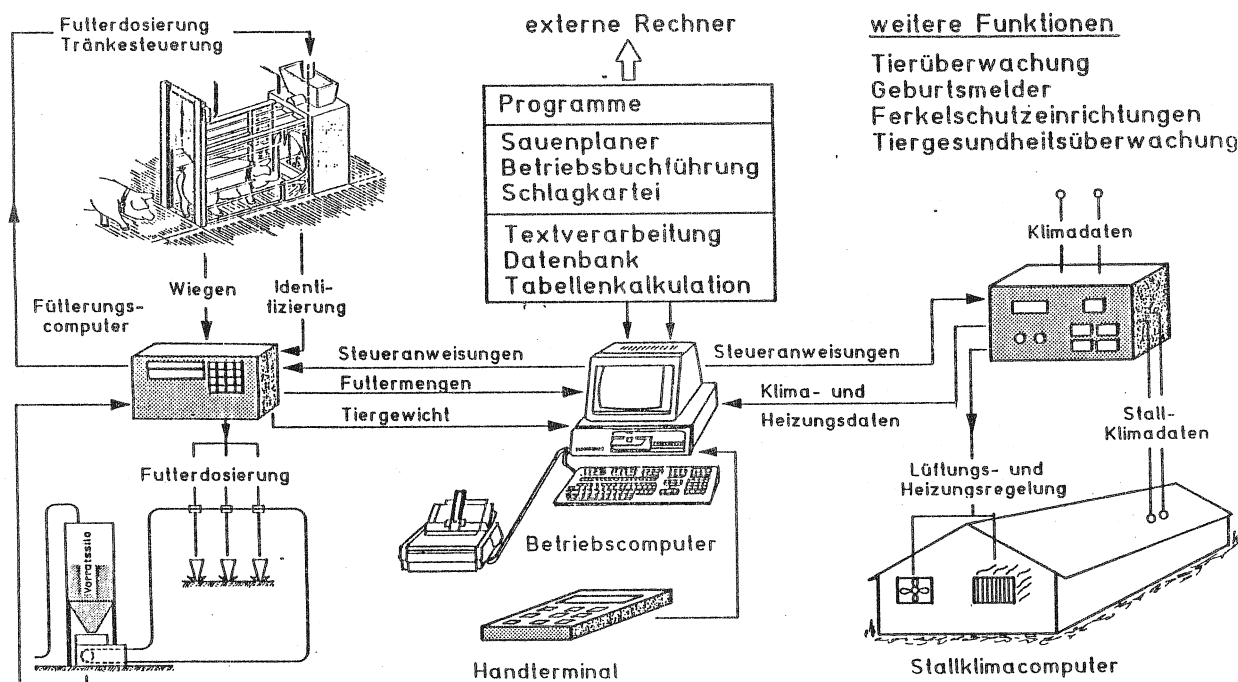


Abb. 14: Kombination von Prozeßsteuerung und Betriebs-PC in der Zuchtsauenhaltung.

3.3 Software für den Zuchtsauenhalter

Der Einsatz des Betriebs-PCs wird von Software-Paket "Sauenplaner" bestimmt. Als weitere Agrarsoftware bieten sich je nach Betriebsgröße und -struktur Programme für Betriebsbuchführung und die sog. Ackerschlagkartei an.

Allgemeine Software läßt sich in Form eines Textverarbeitungsprogrammes, einer Datenbank oder eines Tabellenkalkulationssystems nutzen. Im Einzelfall ist zu überprüfen, ob die Anschaffung eines integrierten Software-Paketes mit den genannten Funktionsteilen oder Einzelprogramme angeschafft werden sollen.

3.3.1 Der Sauenplaner

Die Dienstleistungen eines guten Sauenplanerprogrammes bieten erhebliche Vorteile für den Zuchtsauenhalter. Sie umfassen

> biologische Auswertungen

- > Ökonomische Auswertungen einschließlich Jahresabschluß
- > Arbeitspläne.

Für produktionstechnische Entscheidungen sind vor allem die biologischen Auswertungen von Interesse. Die Arbeitspläne liefern wichtige Hinweise über die jeweils während der folgenden Woche durchzuführenden Arbeiten. Die ökonomischen Auswertungen erlauben die Berechnung von Aufwendungen und Erträgen sowie des Deckungsbeitrages, mit dessen Hilfe wiederum Vergleiche z. B. innerhalb eines Erzeugerringes angestellt werden können.

In das Programm müssen wöchentlich Daten eingegeben werden. Zusammen mit dem Ausdrucken der Wochenpläne erfordert dies ca. eine Stunde Arbeitszeit. Betriebe, die bereits seit einiger Zeit mit einem leistungsfähigen Sauenplaner arbeiten, stellen fest, daß sich nicht nur der Arbeitszeitbedarf für die Sonderarbeiten, der sonst über 70 % des Gesamtarbeitszeitbedarfes ausmacht, senken läßt, sondern daß durch die regelmäßige Unterstützung in der Herdenführung auch die Arbeitsqualität verbessert wird.

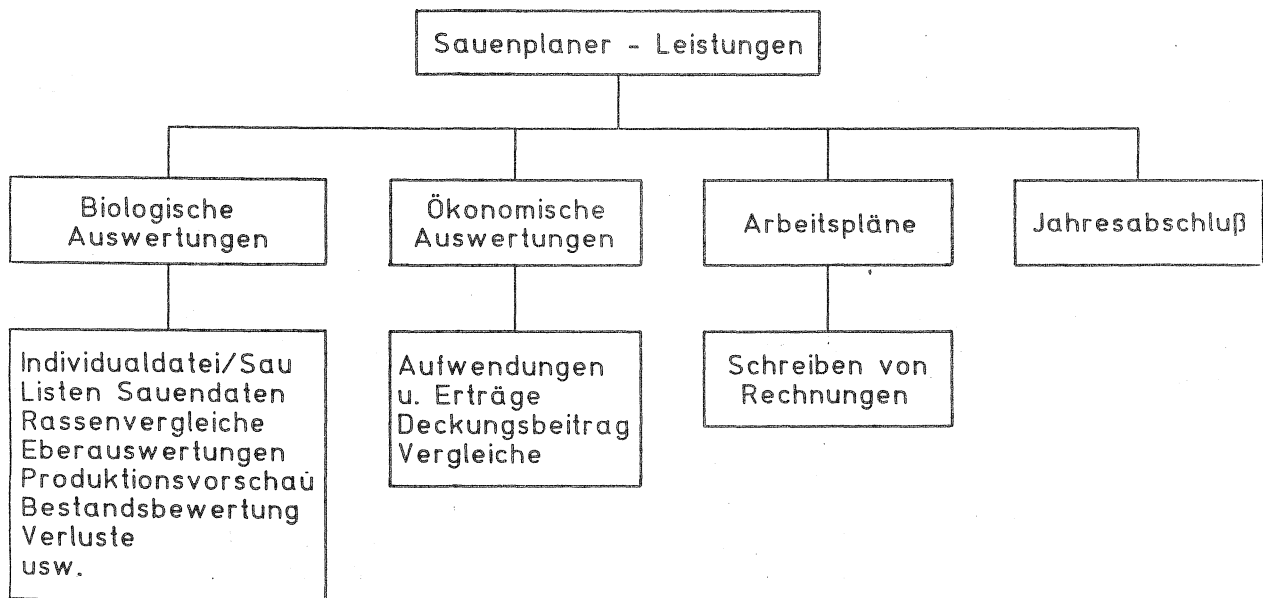


Abb. 15: Übersicht über die Leistungen eines Sauenplaners.

4. Zusammenfassung

Der Elektronikeinsatz in der Schweinehaltung hat seine Schwerpunkte sowohl in der Prozeßsteuerung als auch in der Management-Unterstützung. Derzeit ist die Prozeßsteuerung nahezu ausschließlich in der Fütterung zu finden. Vereinzelt wird versucht, die Prozeßsteuerung auch bei der Stalklima-Regelung einzusetzen. Management-Unterstützung durch Betriebscomputer und entsprechende Software hat sich in der Schweinehaltung vor allem in Form der Sauenplaner in der Zuchtsauenhaltung eingeführt.

Prozeßrechner und Betriebscomputer stehen als Insellösungen nebeneinander. Im Verbund könnte die Hardware der Prozeßsteuerung vereinfacht werden. Gleichzeitig wäre eine direkte Datenübertragung aus dem Prozeßrechner auf den Betriebscomputer möglich. Dadurch ließe sich der Arbeitsaufwand für das manuelle Eingeben von Daten reduzieren.

In der Mast Schweinehaltung dient die Prozeßsteuerung in Flüssigfütterungsanlagen dazu, über die Gewichtserfassung am Wiegemischer die einzelnen Komponenten der Mischung automatisch abzurufen und die vorgegebenen Futtermengen an den einzelnen Ventilen für die jeweiligen Tiergruppen auszu dosieren. Die Futtermengen werden den wachsenden Mast Schweinen manuell oder über eine Futterkurve angepaßt. Hier ist anzustreben, daß das aktuelle Gewicht der Tiere erfaßt wird und die Einstellung der Futtermengen je Ventil nach diesen Werten erfolgt.

Auch bei Trockenfütterungsanlagen konnte die Computersteuerung Eingang finden. Der Aufbau dieser Anlagen entspricht dem der computergesteuerten Flüssigfütterungsanlagen. Der Fütterungscomputer kann auch die Herstellung des betriebseigenen Mischfutters übernehmen.

Neben allgemein verfügbarer Software wie Textverarbeitung, Datenbank und Tabellenkalkulation und der Agrarsoftware wie Buchführung und Schlagkartei interessiert im Mast Schweinebetrieb vor allem das sogenannte Mast Schweine-Management-Programm. Nach Eingabe der entsprechenden Daten sind eine Reihe von Auswertungen und Kalkulationen möglich, die einen raschen Überblick über die wirtschaftliche Situation des Betriebszweiges geben.

Im Hinblick auf die Einführung der Schweine-Tierschutz-Verordnung hat sich in Schweinezuchtbetrieben die von der Rinderhaltung bekannte Abruffütterung eingeführt. Neben technischen Problemen zeigen sich eine Reihe problematischer Auswirkungen auf das Tierverhalten, die in Form von Verletzungen sichtbar werden. Es bleibt abzuwarten, wie durch Veränderungen an Futterstand, Buchtenausführung, Fütterungsprogramm und Herdenführung Verbesserungen zu erreichen sind.

Ähnlich wie in der Mast Schweinehaltung kann in der Zuchtsauenhaltung durch den Einsatz eines Betriebscomputers allgemeine und spezielle

Agrarsoftware zur Unterstützung im Management herangezogen werden. Sauenplaner-Programme tragen dazu bei, daß der Arbeitszeitbedarf für die Sonderarbeiten reduziert und durch Unterstützung bei der Herdenführung die Arbeitsqualität verbessert wird.

5. Literatur

Auernhammer, H.: Betriebsrechner und Prozeßrechner - der automatisierte Verbund ist das Ziel. In Agrarinformatik, integrierte Systeme. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1987.

Bachmeier, P.: Anwendungsbezogenen Beurteilung eines Sauenplaners. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, TU-München-Weihenstephan, 1987.

Berberich, R.: Abruffütterung in der Jungsauenaufzucht. In Landtechnik 1987, Kurzfassung der Vorträge, S. 20-22. VDI, Düsseldorf, 1987.

Boxberger, J.: Fütterungs- und Tränketeknik für Schweine. Handbuch der tierischen Veredlung 87. Kamlage-Verlag, Osnabrück, 1987.

Boxberger, J.: Fütterungseinrichtungen für die Schweinemast. Bayer. Landw. Jahrbuch. 64, SH. 2, S. 139-149, 1987.

Boxberger, J. u. Groß, E.: In Gruppen gehalten - vom Computer einzeln gefüttert. Bayer. Landw. Wochenblatt. H. 17, S. 12-13, 1987.

Eichhorn, H. u. Berberich : Computereinsatz bei der Flüssigfütterung von Mastschweinen. DLG-Merkblatt, DLG, Frankfurt, 1987.

Heege, J. u. Beck, J.: Entwicklungen und Probleme in der Fütterungstechnik. Landtechnik, 41, H. 5, S. 230-233, 1986.

Kirchner, M.: Abruffütterung für Zuchtsauen. In Landtechnik 1987, Kurzfassung der Vorträge, S. 58-60. VDI, Düsseldorf, 1987.

De Koning, R., Bokma, Sj., Koomans, P. u. van Putten, G.: Praktijkonderzoek naar groepshuisvesting von zeugen in combinatie mt een krachtvoerstation. Proefstation voor de varkenshouderij. Rosmalen Holland, 1987.

Lehmann, Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, TU-München-Weihenstephan, 1987.

Leuschner, P.: Einsatz der Mikroelektronik bei der Stallklimatisierung. Landtechnik, 41, H. 11, S. , 1986.

Leuschner, P.: Klimatechnik in der Broilermast. Landtechnik, 42, H. 7/8, S. , 1987.

Lorenz, J., Gerritsen, J. G. C. u. Daelemans, J.: Arbeitszeitbedarf für Sonderarbeiten in der spezialisierten Ferkelerzeugung. DLG-Merkblatt 160. DLG, Frankfurt, 1979.

Lorenz, J.: Management-Stallfragen in der Schweineproduktion. In Mitteilungen für Tierzucht und Fütterung. Bericht über 35. Wiener Seminar über Fütterungsfragen. Wien, 1983.

Mayer, A.: Untersuchung der Einsatzmöglichkeit eines Managementprogrammes für die Schweinemast. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, TU-München-Weihenstephan, 1987.

Schwarz, H.-P.: Wachstumsangepasste Nährstoffversorgung bei flüssig gefütterten Mastschweinen. In Landtechnik 1987, Kurzfassung der Vorträge, S. 17-19. VDI, Düsseldorf, 1987.

Pflichtenheft für die Schweinemast mit computergestützter Flüssigfütterung. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft. Frankfurt, 1987.

Pflichtenheft für die Herdenführung in der Sauenhaltung. Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft, Frankfurt, 1983.

DIN 2036, Entwurf, Tastaturen für Büro- und Datentechnik. Deutsches Institut für Normung e. V. Normenausschuß Informationsverarbeitung, 1985.

Anforderungen an den Betriebscomputer in der landwirtschaftlichen Produktion.

Dr. Georg Wendl

1. Einleitung

Die Mikroelektronik hat sich in den letzten 3 Jahrzehnten stürmisch entwickelt; sie gilt derzeit als "die Zukunftsindustrie" schlechthin und ist zum Symbol des Fortschritts geworden. Am Markt äußert sich dies dadurch, daß jährliche Zuwachsraten von 10% und mehr im EDV-Geschäft als ganz normal angesehen werden. Wurde bisher die EDV nur in abgegrenzten Teilbereichen (Inselösungen) eingesetzt (z.B. Konstruktion, Rechnungswesen), so geht die Entwicklung hin zu integrierten Gesamtsystemen. In der Industrie wird z.B. derzeit viel über CIM-Konzepte (Computer Integrated Manufacturing) nachgedacht.

Auch im landwirtschaftlichen Betrieb ist der Computer bereits in bemerkenswertem Umfang verbreitet. Waren es früher reine Anwendungen in der eigentlichen Informationsverarbeitung auf Großrechenanlagen (z.B. Buchführung), so hat in den letzten 10 Jahren der Computer (speziell der Prozeßrechner und der Personal Computer) auch auf dem einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb Einzug gehalten.

2. Einsatzmöglichkeiten der Mikroelektronik in der Landwirtschaft

Entsprechend den Fähigkeiten der Mikroelektronik (hohe Rechenleistung, fehlerfreies Arbeiten, ständige Verfügbarkeit, schnelle Reaktionszeit) kann der Computer allgemein im landwirtschaftlichen Betrieb

1. für die Datenerfassung und Steuerung von bestimmten Teilprozessen und
2. für die Verarbeitung von Informationen (Planung, Auswertung und Überwachung)

eingesetzt werden (Tab. 1).

Voraussetzung für eine rechnergestützte Prozeßsteuerung ist eine automatische Datenerfassung, wobei mit Hilfe von Sensoren bestimmte Zustände erfaßt werden. In Abhängigkeit von den erfaßten Daten werden dann bestimmte Stellgrößen (z.B. Kraftfuttermenge, Düngermenge) auf Vorgabe durch den Menschen nach bestimmten, genau definierten Rechenalgorithmen verändert (Steuerung). Die Überwachung eines Produktionsprozesses hat zum Ziel, Abweichungen der Ist-Situation von der geplanten Soll-Situation zu erkennen und sichtbar zu machen. Darauf aufbauend müssen dann Entscheidungen getroffen werden, ob und gegebenenfalls wie in den Prozeßablauf eingegriffen wird.

Tab. 1: Einsatzgebiete der Mikroelektronik in der Landwirtschaft

Bereich	Aufgabe	Beispiele	
		Tierproduktion	Pflanzenproduktion
Prozeß- steuerung	Datenerfassung	<ul style="list-style-type: none"> ● Tieridentifizierung ● Tierleistung ● physiologische Parameter ● Verhaltensdaten 	<ul style="list-style-type: none"> ● Verluste ● Fahrgeschwindigkeit ● Klimaparameter
	Steuerung	<ul style="list-style-type: none"> ● Fütterung ● Lüftung ● Melkzeug 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ausbringmenge ● Arbeitstiefe ● Fahrgeschwindigkeit
Informations- verarbeitung	Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> ● Leistungsentwicklung ● Futtermittelverbrauch ● Reproduktion ● Tiergesundheit 	<ul style="list-style-type: none"> ● Ausbringmenge ● Funktionstüchtigkeit
	Planung	<ul style="list-style-type: none"> ● Futterberechnung ● Bestandsentwicklung ● Betriebsorganisation 	<ul style="list-style-type: none"> ● Prognosemodelle ● Düngerplanung
	Auswertung	<ul style="list-style-type: none"> ● Produktionskennndaten ● Wirtschaftlichkeitsberechnungen ● Buchführung 	

Soll der Produktionsprozeß sinnvoll und ökonomisch ablaufen, so muß meist mehrmals überlegt und geplant werden, wann welches Produktionsmittel zu welchem Zeitpunkt in welcher Menge eingesetzt werden soll. Ist ein Produktionsprozeß abgeschlossen, so sollten in jedem Fall alle angefallenen Daten analysiert und ausgewertet werden, damit die Grundlage für weitere Entscheidungen vorhanden ist. Letztere Aufgaben fallen ausschließlich in den Bereich der reinen Informationsverarbeitung, während mit Hilfe der Datenerfassung und der Steuerung direkt in den Produktionsprozeß eingegriffen wird. Deshalb sind dafür auch spezielle Prozeßcomputer notwendig, die diese Aufgaben mit Hilfe geeigneter Hardware (Sensoren und Aktoren) bewerkstelligen können. Der Prozeßcomputer ist somit ein auf diese Aufgaben spezialisierter Computer. Demgegenüber können die Aufgaben der Informationsverarbeitung entweder von einem betriebseigenen oder von einem externen Rechner übernommen werden. Ein eigener Betriebsrechner wird immer dann sinnvoll und notwendig sein, wenn täglich größere Datenmengen mit einem hohen Grad an Aktualität verarbeitet werden müssen und/oder wenn der Betriebscomputer für mehrere Aufgaben eingesetzt wird.

3. Stand des Elektronikeinsatzes auf dem landwirtschaftlichen Betrieb

Etwa Mitte der 70er Jahre hat die Mikroelektronik auf dem landwirtschaftlichen Betrieb Eingang gefunden. In erster Linie wurden damals reine Prozeßsteuerungsanlagen installiert, erst in jüngster Zeit finden aufgrund des stark verbesserten Preis-Leistungsverhältnisses auch sogenannte Personal Computer als Betriebscomputer

in nennenswertem Umfang Anwendung. Aus Tabelle 2 gehen die entsprechenden Stückzahlen hervor, die leider nur auf groben Schätzungen beruhen, da Verkaufszahlen für die Landwirtschaft nicht festgehalten werden.

Tab. 2: Stand des Einsatzes von Prozeßcomputern im landwirtschaftlichen Betrieb (Stand: IV/87, Quelle: Schätzungen)

<u>Produktionszweig</u>	<u>Anwendung</u>	<u>Stückzahl</u>
Milchvieh	Kraftfutterabrufautomat	4000 - 5000
	Milchmengenerfassung	100 - 150
	Kälbertränkeautomat	1000
Schweine	Flüssigfütterungsanlage	6000 - 7000
	Futterabrufautomat	100
Pflanzenproduktion	elektronische Hubwerksregelung	10000
	Spritzcomputer	2500
	Düngercomputer	200
	Überwachungscomputer (Verluste, Maschinenüberwachung)	3000
	Fahrerinformationssystem	100
	Schlupfregelung	100

In der Tierhaltung sind Kraftfutterabrufanlagen und Flüssigfütterungsanlagen am weitesten verbreitet. Einen nicht unbeachtlichen Anklang haben in der Praxis auch Kälbertränkeautomaten gefunden. Dagegen befinden sich Milchmengenerfassungssysteme und Abrufautomaten in der Schweinehaltung gerade erst in der Markteinführung.

In der Außenwirtschaft, speziell beim Schlepper, dürfte die elektronische Hubwerksregelung am stärksten verbreitet sein, echte Fahrerinformationssysteme und Schlupfregelsysteme sind dagegen noch sehr wenig zu finden. Bei Pflanzenschutzspritzen hat sich der Prozeßrechner zur Regelung der Ausbringmenge in Abhängigkeit von der Vorfahrtgeschwindigkeit schon in größerem Umfang durchgesetzt, weniger aber bei Düngerstreuern. Größere Bedeutung haben bereits auch Prozeßrechner zur Überwachung von Maschinen erlangt (z.B. Maissäegerät, Verlustmonitore, Bordinformatoren). Für all diese Prozeßrechner gilt, daß sie fast ausschließlich als Insellösungen realisiert sind. Universalgeräte für die Verteilung von produktionssteigernden Betriebsmitteln oder Universalmonitore für die Überwachung unterschiedlicher Maschinen gewinnen jedoch zunehmend an Bedeutung.

Im Gegensatz zu den vorhandenen Prozeßrechnern ist die Zahl der Betriebscomputer auf dem landwirtschaftlichen Betrieb vergleichsweise gering (Tab. 3).

Tab. 3: Stand des Einsatzes von Personal Computern in der Landwirtschaft (Stand: IV/87, Quelle: Schätzungen und GIL-Tagung 87)

PC im landw. Betrieb

Stückzahlen

PC als Betriebscomputer	1000 - 1500
PC mit Btx-Anschluß	100
PC mit Prozeßrechneranschluß	50

Einsatzgebiet

Rechnungswesen:	Buchführung
Ackerbau :	Schlagkartei, Dünge- planung
Schweine :	Sauenplaner, Schweine- mastprogramm
Rinder :	Kuhplaner, Bullen- mastprogramm

PC in landw. Behörden (Beratung u. Schule)

ca. 1200 St. (Bayern ca. 850)

Auch diese sind in der Regel noch nicht mit stationären Prozeßrechnern gekoppelt. Das gleiche gilt für die Verwendung des Betriebsrechners als Btx-Teilnehmergerät. Von der Software-Seite her werden auf dem Betriebscomputer in erster Linie Programme für die Buchführung, die Schlagkartei und das Management in der Zuchtsauenhaltung eingesetzt. Andere Programme sind dagegen noch nicht sehr stark verbreitet. Wird die Zahl der echten Betriebscomputer auf dem landwirtschaftlichen Betrieb mit der Anzahl der PC's verglichen, die in den landwirtschaftlichen Behörden zur Beratung und Schulung bzw. in der Schulausbildung eingesetzt werden, so muß festgestellt werden, daß die Stückzahlen auf etwa gleichem Niveau liegen. Allein in den bayerischen Landwirtschaftsschulen werden z.Z. ca. 850 PC's für den Schulunterricht eingesetzt.

4. Einsatzkonzept Prozeßcomputer - Betriebscomputer.

Der bisherige Entwicklungsstand auf dem Sektor der landwirtschaftlichen Prozeßtechnik ist dadurch gekennzeichnet, daß von Seiten der Hersteller fast ausschließlich autarke Insellösungen angeboten werden und daß integrierte Verbundsysteme zwischen Prozeßcomputern und Betriebscomputern sich erst am Anfang der Entwicklung befinden. Wenn also die Anforderungen an den Betriebscomputer diskutiert werden sollen, so muß dies unter den zukünftigen Bedingungen einer integrierten Verbundlösung geschehen. Deshalb soll nach-

folgend die Entwicklung zum integrierten Gesamtsystem am Beispiel der Milchviehhaltung aufgezeigt werden.

Der Einsatz der Mikroelektronik in der Milchviehhaltung hat in den 70er Jahren mit einer einfachen Prozeßtechnik zur automatischen Kraftfutterverabreichung begonnen. (Abb. 1).

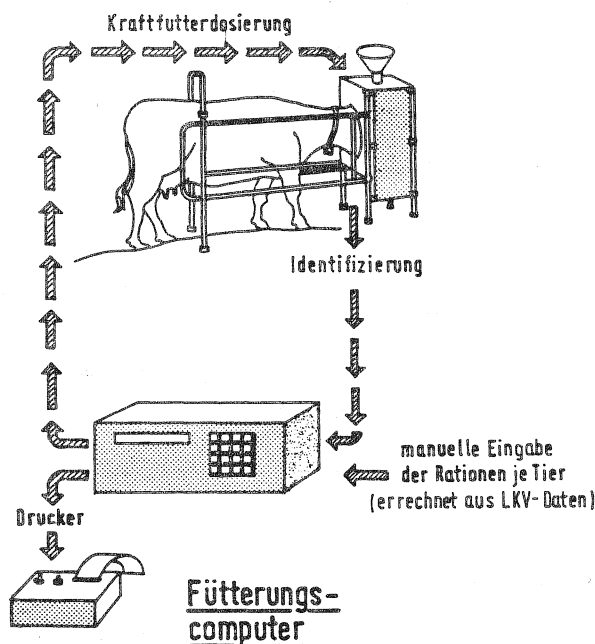


Abb. 1: Kraftfutterabrufautomat in der Milchviehhaltung

Der Prozeßcomputer hat in diesen Systemen folgende Aufgaben:

1. Identifizierung
2. Prüfung auf Kraftfutteranspruch
3. Ansteuerung des Ausbringmechanismus und
4. Alarmmeldungen über nicht abgerufene Mengen

Im Zuge der Entwicklung wurden diese Systeme um gewisse Aufgaben der Informationsverarbeitung erweitert (z.B. Kraftfutter-Jahresmengen, Kuhkalender, Restmengenübertragung) und mit einem Drucker versehen. Mit der Verfügbarkeit von automatischen Milchmengenmeßgeräten kam eine neue Aufgabe hinzu, die nun zu einem weiteren Ausbau des Fütterungsrechners als dem zentralen Prozeßcomputer der Milchviehhaltung geführt hat (Abb. 2). Dies äußerte sich darin, daß der bisherige einfache Fütterungsrechner in seiner Hardware erweitert wurde (größere Tastatur, größeres Display, externes Speichermedium, leistungsfähigerer Drucker usw.). Außerdem wurde zusätzliche Software im Fütterungscomputer installiert (Verwaltung der Milchmengen, Stammdatenverwaltung, Futterplanung, Jungviehregister).

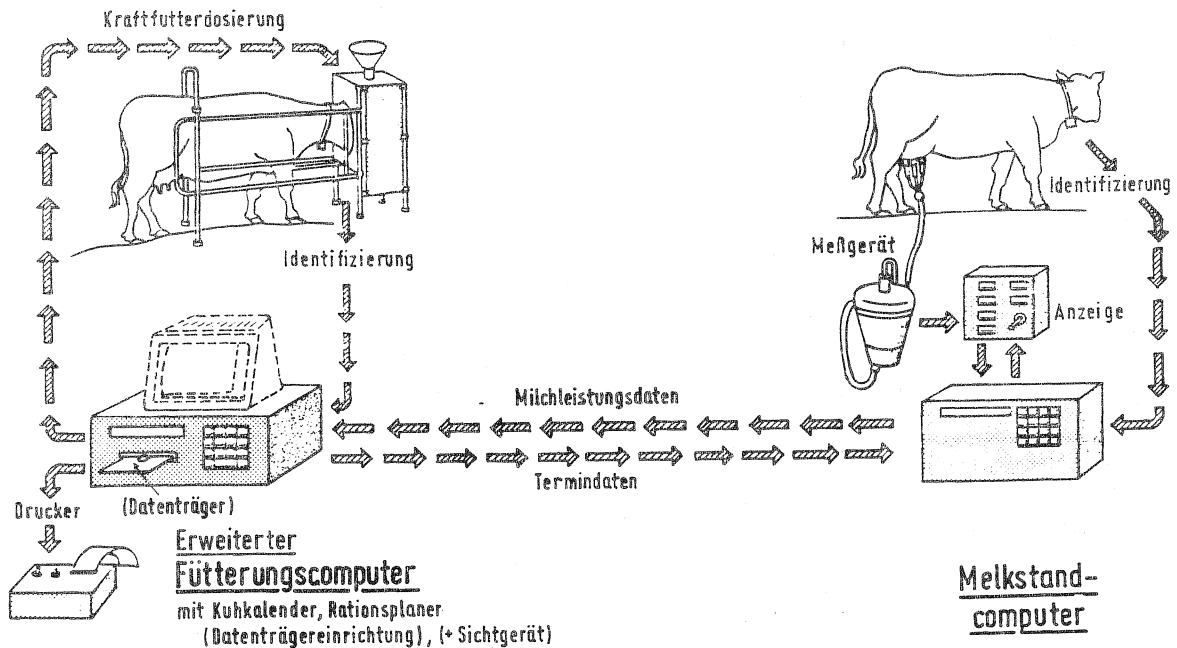


Abb. 2: Kraftfutterabrufautomat gekoppelt mit Milchmengenerfassungssystem

Dieser Ausbau hatte zur Folge, daß aus dem einfachen Fütterungsrechner ein "halber Personal Computer" entstand. Dieser heutige Zustand wird aber nur eine Zwischenlösung sein können; denn der jetzige Fütterungsrechner kann trotzdem die umfassenden Aufgaben des Herdenmanagement und der Datenhaltung alleine nur teilweise befriedigend lösen (z.B. keine längerfristige Speicherung der Einzeldaten, keine sonstige Software, autonomes System ohne Verbindung zur Außenwelt). Eine ähnliche Tendenz hat sich bei den Flüssigfütterungsanlagen für die Mastschweinehaltung vollzogen, wo inzwischen auch auf dem Prozeßrechner kleinere Auswertungen möglich sind (z.B. Futterverbrauch pro Gruppe, tägliche Zunahmen, usw.), was aber nur die Vorstufe einer umfassenden Auswertung sein kann.

Parallel zu der Entwicklung, dem Prozeßrechner immer mehr Aufgaben der eigentlichen Informationsverarbeitung zu übertragen, war auf dem Sektor der universellen Einplatzcomputer (Personal Computer) ein starker Preisrückgang festzustellen (30-40% im letzten Jahr). Warum sollte man also nicht derartige Geräte für die Aufgaben der Informationsverarbeitung nutzen und den Prozeßrechner von diesen ihn überfordernden Aufgaben befreien. Wie eine derartige Verbundlösung für die Milchviehhaltung aussehen kann, zeigt Abbildung 3. Dabei wird davon ausgegangen, daß alle Arbeiten der reinen Informationsverarbeitung und der Datenspeicherung von einem Betriebscomputer übernommen werden, und alle Arbeiten, die direkt in den Produktionsprozeß eingreifen (Datenerfassung und Ansteuerung der Aktoren), von spezifischen "abgemagerten" Prozessoren durchgeführt

werden. Die wesentlichsten Vorteile eines derartigen Konzeptes sind folgende:

- eindeutige Arbeitsteilung
- einfachere Hard- und Software für Prozeßrechner
- besserer Komfort auf Betriebsrechner (Bildschirm, Tastatur, Speicherplatz, höhere Programmiersprachen)
- zentrale Datenhaltung auf dem Betriebscomputer
- immer gleiche Benutzeroberfläche
- bessere Benutzerführung (Menütechnik)
- zentraler Management-Computer
- Personal Computer preiswert

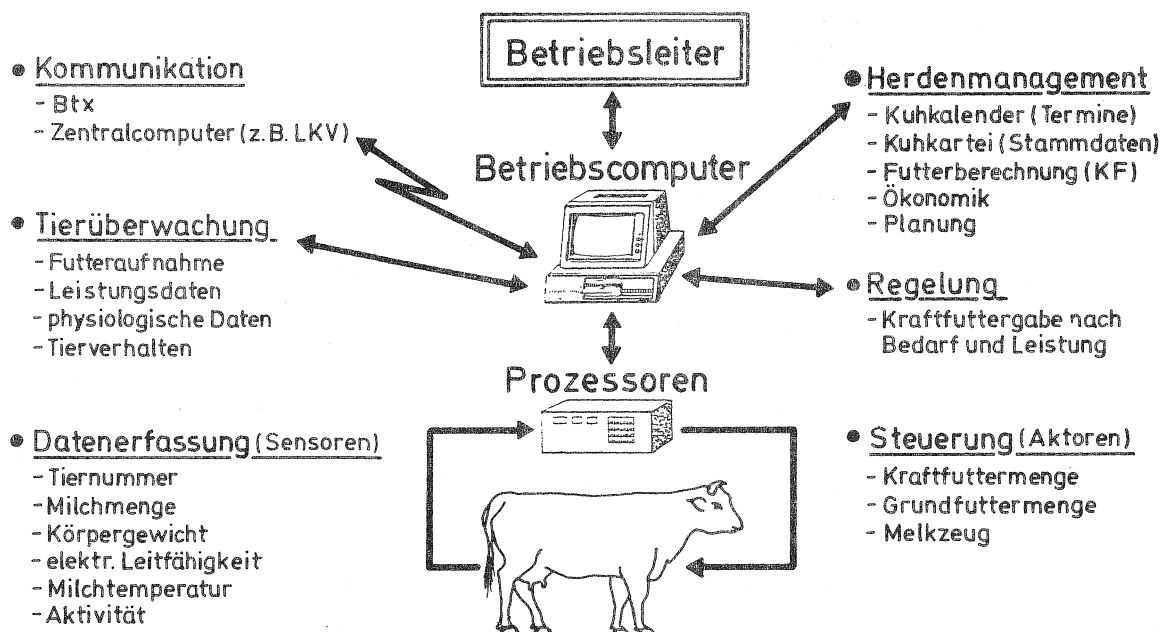


Abb. 3: Konzept für eine rechnergestützte Prozesssteuerung in der Milchviehhaltung

Integrierte Verbundlösungen zwischen mehreren Prozeßrechnern und einem Betriebscomputer sind aber noch nicht Stand der Technik, sie befinden sich erst in der Entwicklungsphase. Auch von der Landtechnik Weihenstephan wird intensiv an dieser Problematik gearbeitet. In drei verschiedenen praktischen Betrieben mit unterschiedlicher Hardware wurde die Kopplung von Fütterungsrechner und Betriebscomputer durchgeführt und entsprechend unserem Konzept eine Arbeitsteilung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer bereits teilweise vollzogen (Abb. 4).

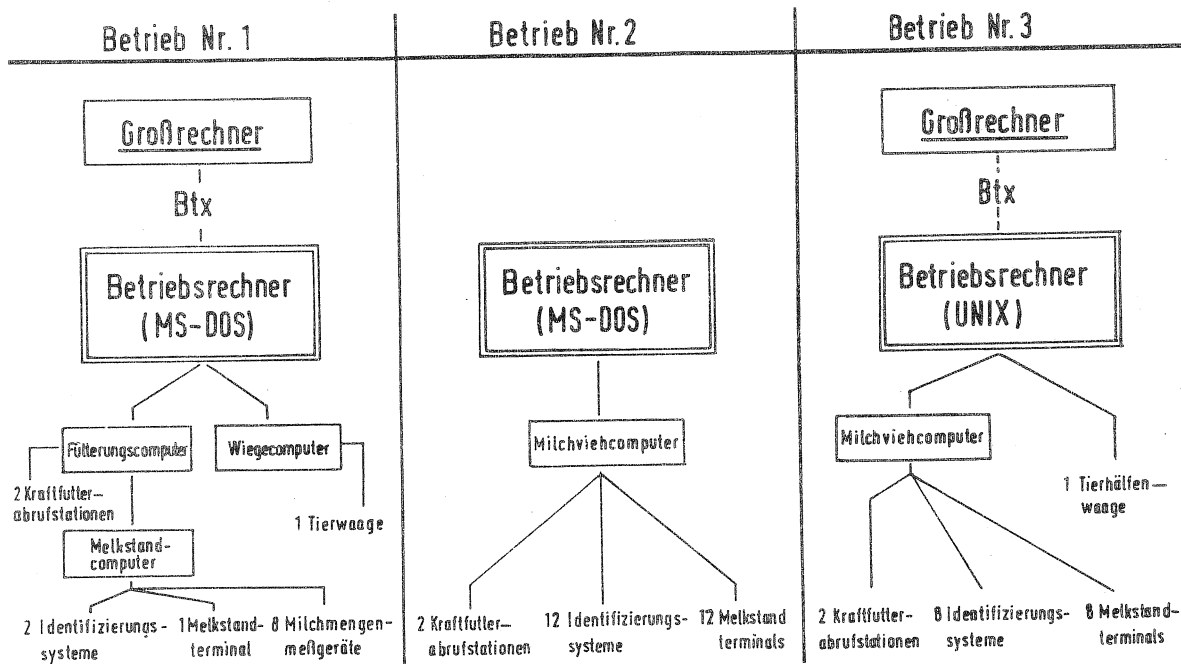


Abb. 4: Schematischer Aufbau der Prozeßtechnik mit Anbindung an Betriebscomputer und Großrechner auf 3 Pilotbetrieben

5. Anforderungen an den Betriebscomputer

Der Übergang von einer Insellösung zu einem integrierten Gesamtsystem führt dazu, daß dem Betriebscomputer als dem zentralen Herz des Mikroelektronik-Einsatzes überragende Bedeutung zukommt.

5.1 Standardisierte Schnittstelle zu den Prozeßrechnern

Soll der Betriebscomputer zentrale Managementaufgaben übernehmen, so muß eine funktionierende Verbindung zu den Prozeßrechnern bestehen. Dies bedeutet, daß nicht nur ein Kabel zwischen den Computern gezogen werden muß, sondern daß auch die Regeln für den Datentransfer zwischen allen beteiligten Computern klar sein müssen. Die derzeitige Praxis sieht so aus, daß jeder Hersteller seine eigene Schnittstelle hat, obwohl alle Hersteller angeben, daß sie sich an die genormte V.24-Schnittstelle halten. Diese Herstelleraussagen treffen auch zu, nur beschreibt die V.24-Norm ausschließlich die physikalische Ebene der Kommunikation (Art und Höhe der Signale, Zahl der Leitungen, usw). Damit die gewünschte Verbindung auch zustande kommt, müssen aber darüberhinaus bestimmte, fest vereinbarte Vorschriften eingehalten werden (protokollarische Ebene). Gerade auf der Protokollseite sind heute praktisch keine Gemeinsamkeiten vorhanden (Abb. 5). Eine standardisierte Schnittstelle zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer ist deshalb dringend erforderlich. Bleibt nur zu hoffen, daß die derzeitigen Bemühungen in diese Richtung auch möglichst bald Erfolg zeigen.

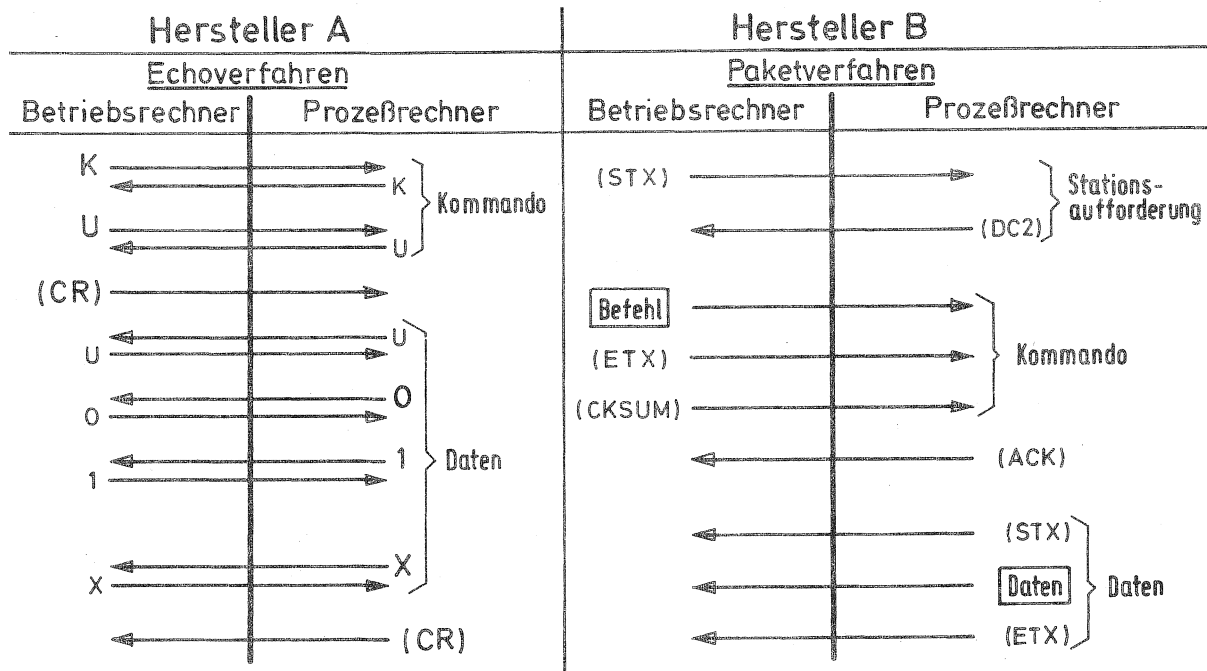


Abb. 5: Protokollbeispiele aus der Milchviehhaltung (Kopplung Betriebscomputer und Fütterungsrechner)

5.2 Gemeinsame Datenhaltung auf dem Betriebscomputer

Alle Anwendungsprogramme, die derzeit auf dem Markt sind, stehen völlig isoliert nebeneinander, haben ihre eigenen Dateibestände und können mit anderen Programmen meist keine Daten austauschen oder abgleichen (Insellösungen). Dies hat zur Folge, daß

1. die gleichen Daten mehrmals erfaßt und abgespeichert werden müssen und daß
2. nicht immer gewährleistet ist, daß alle Daten auf dem jeweils neuesten Stand sind (Datenintegrität).

Diese Schwächen können nur dadurch beseitigt werden, daß ein einzelbetriebliches Informationssystem angestrebt wird, in dem alle Daten zentral gespeichert und verwaltet werden und mit dem alle Anwendungsprogramme zusammenarbeiten. Für diese Anforderungen ist ein Datenbanksystem bestens geeignet (Abb. 6).

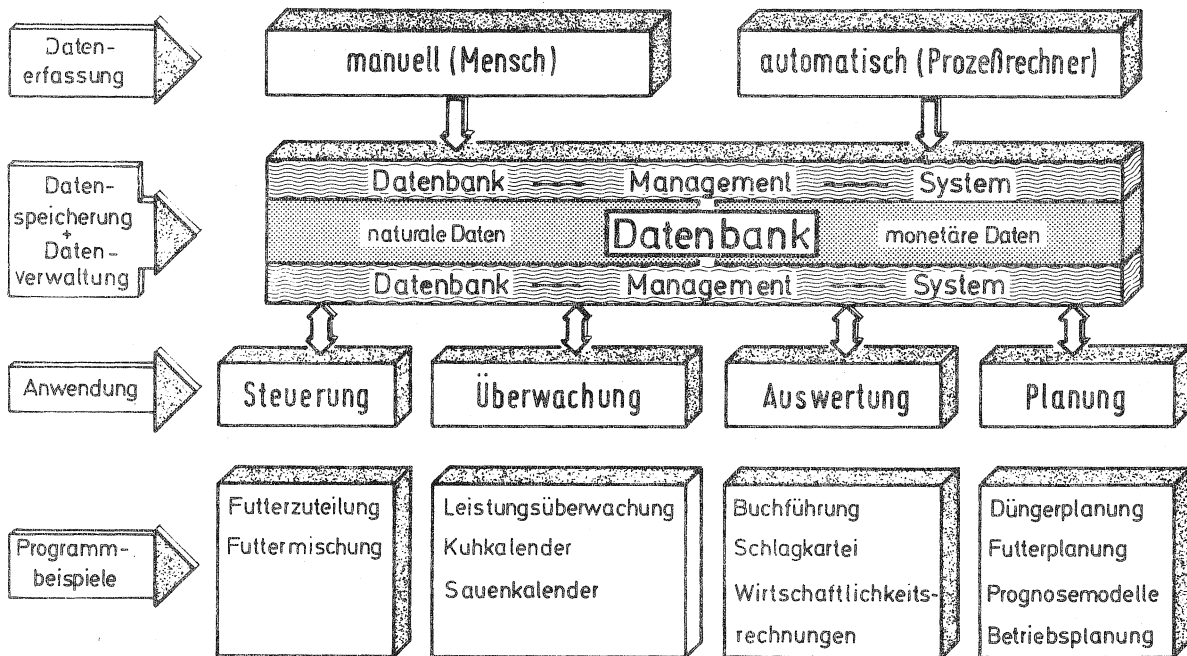


Abb. 6: Betriebliches Informationssystem auf der Basis eines Datenbanksystems

Der wesentlichste Vorteil eines Datenbanksystems ist der, daß die gesamte Arbeit der Datenverwaltung, die bisher von den Anwendungsprogrammen selbst durchgeführt wurde, jetzt von einem Datenbank-Managementsystem übernommen wird. Somit besteht also zwischen den Daten und den Anwendungsprogrammen eine genormte Schnittstelle, über die alle Programme Daten holen bzw. übergeben. Damit ist sichergestellt, daß alle Daten immer auf dem gleichen Stand sind und nur einmal gespeichert werden. Mit einem Datenbanksystem läßt sich deshalb ein Grundprinzip der Datenhaltung "einmal erfassen - mehrmals auswerten" am ehesten erreichen. Am praktischen Beispiel der Viehbestandszahlen könnte dies so aussehen, daß die Zu- und Abgänge nur einmal z.B. mit dem Kuhplaner eingegeben werden und anschließend alle Programme mit diesen aktuellen Daten weiterarbeiten könnten. In einem Versuchsbetrieb der Landtechnik Weihestephan ist dieses Konzept bereits teilweise verwirklicht (Abb.7).

Als großer Nachteil eines zentralen Datenbanksystems wird immer wieder angeführt, daß zum Preis der Anwendungsprogramme auch noch ein meist teureres Datenbanksystem hinzukommt. Dieser Vorwurf trifft sicherlich zu, wenn nur ein oder zwei Anwendungsprogramme eingesetzt werden. Wird jedoch der Computer als wirkliche Managementhilfe ("Betriebscomputer = Schlepper der Betriebsführung") betrachtet, so wird eine größere Anzahl von Programmen benötigt. Wenn nun die Anwendungsprogramme von der gesamten Datenverwaltung und -speicherung durch ein Datenbanksystem befreit werden, so müßte dies dazu führen, daß die Einzelprogramme aufgrund der wesentlich einfacheren Programmierung auch preiswerter angeboten werden könnten, und damit trotz des Datenbanksystems die Gesamtlösung preiswerter und vor allen Dingen flexibler würde.

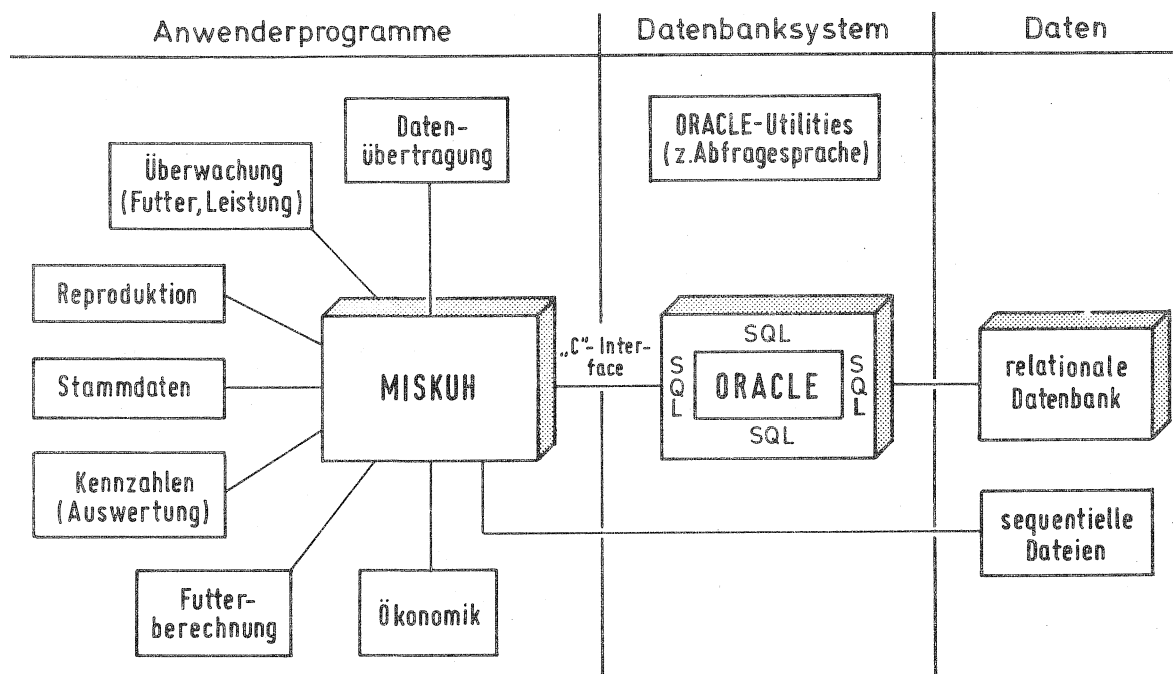


Abb. 7: Managementinformationssystem für die Milchviehhaltung

Bei der Auswahl des Datenbanksystems sollte als oberstes Kriterium die Einhaltung von gewissen Standards beachtet werden. Durchgesetzt hat sich auf dem Datenbanksektor die relationale Datenbankstruktur und die Abfragesprache SQL (Structured Query Language). Die Preise für entsprechende Runtime-Lizenzen liegen zwischen 1000 und 2000 DM.

5.3 Betriebssystem für den Betriebscomputer

Die ersten Kleincomputer, die auf dem landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt wurden, benutzten meist recht unterschiedliche Betriebssysteme. Erst seit Anfang der 80er Jahre hat sich das Betriebssystem MS-DOS als Standard-Betriebssystem für Personal-Computer durchgesetzt. MS-DOS ist bisher leider nur ein Single-User-/Single-Tasking-Betriebssystem, die Multi-Tasking-Fähigkeit soll Anfang 88 verfügbar sein. Alle landwirtschaftlichen Programme, die derzeit angeboten werden, sind meist nur unter MS-DOS ablauffähig. MS-DOS reicht aus, wenn auf dem landwirtschaftlichen Betrieb nur reine Informationsverarbeitung betrieben wird (Buchführung, Sauenplaner). Wird jedoch dem Betriebscomputer eine übergeordnete Rolle zugeteilt, so muß er mehrmals am Tag mit den verschiedenen Prozeßrechnern und vielleicht noch mit einem externen Großrechner Daten zu ganz bestimmten Zeiten austauschen.

Welche Aufgaben auf einen Betriebscomputer zukommen können, wird am Beispiel eines unserer Versuchsbetriebe erläutert (Abb. 8).

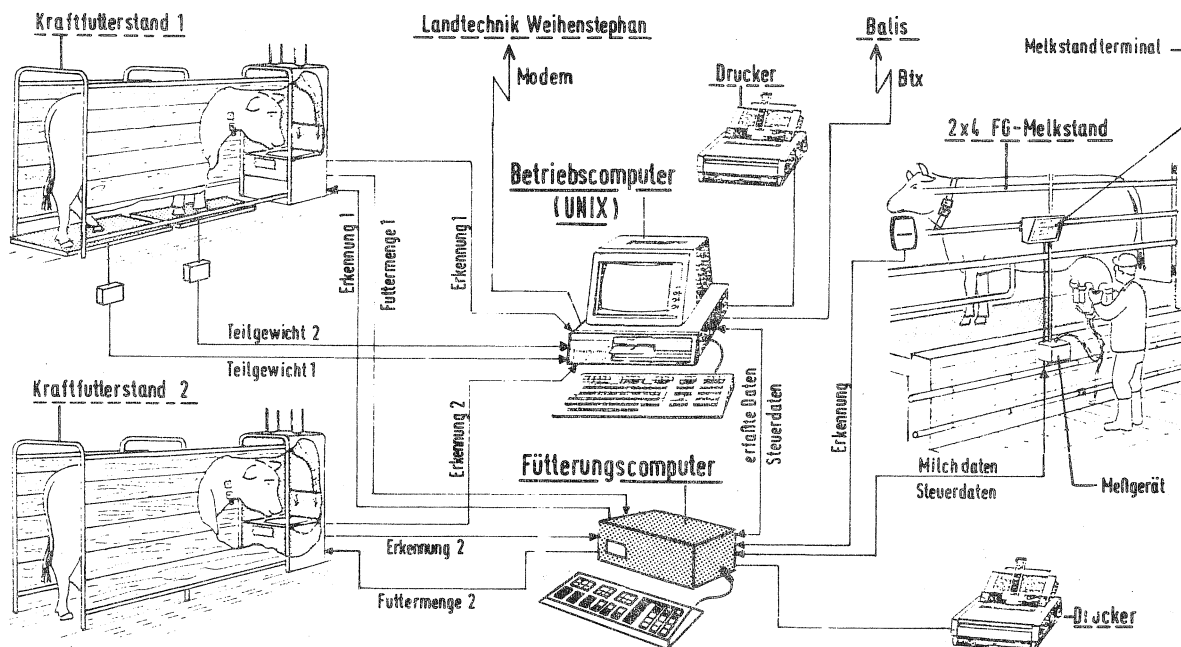


Abb. 8: Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung (installierte Technik auf einem Versuchsbetrieb)

Dem Betriebscomputer kommt in dieser Installation eine zentrale Bedeutung zu. Er hat folgende Aufgaben:

- Erfassung des Lebendgewichtes von Kühen (2 Teilwaagen)
- Erfassung der Besuchszeiten im Kraftfutterstand (2 Kraftfutterstände)
- täglicher Abruf der erfaßten Daten vom Fütterungsrechner
- Eingabestation für Fütterungsrechner (Terminalemulation)
- Herdenmanagementprogramme
- Datenübertragung zum Balis-Rechner über Btx
- Ferndiagnose über Modem
- Buchführung

Daß diese umfassenden Aufgaben das relativ einfache Betriebssystem MS-DOS überfordern, bedarf keiner größeren Erläuterung. Vor allen Dingen die Aufgaben der Datenübertragung müssen im Hintergrund ablaufen können, d.h., daß sich der Landwirt um diese Aufgaben nicht zu kümmern braucht, sondern davon ausgehen kann, daß diese Aktivitäten vom System selbständig durchgeführt werden. Aus diesem Grunde wird in der in Abb. 8 gezeigten Installation

auf dem Betriebscomputer nicht MS-DOS, sondern UNIX als Betriebssystem eingesetzt. UNIX zeichnet sich dadurch aus, daß es

- ein Multi-Tasking-/Multi-User-Betriebssystem ist
- hardware- und herstellerunabhängig ist,
- bereits ein de-facto-Standardbetriebssystem ist und
- komfortable Möglichkeiten besitzt, den gewünschten Datentransfer zu automatisieren.

Als zentrales Argument gegen UNIX wird immer wieder angeführt, daß auf dem landwirtschaftlichen Sektor nur Software für MS-DOS und nicht für UNIX angeboten wird. Diese Tatsache trifft uneingeschränkt zu. Es gibt aber inzwischen UNIX-Implementierungen für Personal-Computer, bei denen unter UNIX auch die bisherige MS-DOS-Software ablauffähig ist. Ganz abgesehen davon, daß die Frage des Betriebssystems für den Landwirt nur von untergeordneter Bedeutung ist; denn der Landwirt sollte die Ebene des Betriebssystems überhaupt nicht mehr benutzen müssen, vielmehr sollte ihm über eine entsprechende Menü- oder Fenstertechnik eine derartige Oberfläche angeboten werden, daß er sich nicht mehr auf die unteren Ebenen der EDV begeben muß.

Werden diese Forderungen mit dem derzeitigen Softwarestand auf dem Betriebscomputer verglichen, so wird deutlich, daß wir erst die Vorstufe vom Einsatz des Personal Computers als echten Betriebscomputer auf dem landwirtschaftlichen Betrieb erreicht haben.

6. Empfehlungen vor einem beabsichtigten Kauf

Während sich die bisherigen Ausführungen mehr auf die zukünftige Entwicklung bezogen haben, soll nachfolgend noch kurz darauf eingegangen werden, was derzeit beim Kauf eines Betriebscomputers zu berücksichtigen ist. Da wie bei jeder Investition immer die spezifischen Gegebenheiten des Einzelbetriebs maßgebend sind, können in diesem Zusammenhang nur grundsätzliche Anmerkungen gemacht werden.

Vor dem Kauf eines Personalcomputers sollte zuallererst kritisch geprüft werden, ob eine derartige Investition für den landwirtschaftlichen Betrieb auch lohnend ist. Leider sind bisher keine differenzierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen verfügbar, die den exakten Nutzen des Betriebscomputers quantitativ erfassen. Gewinnbringend kann der Betriebscomputer allerdings nur dann sein, wenn gewisse Voraussetzungen erfüllt sind.

Im wesentlichen sind zu nennen:

- sehr gute landwirtschaftliche Fachkenntnis
- hohe Bereitschaft, ständig Daten zu erfassen und einzugeben
- logisches Denkvermögen und systematische Arbeitsweise
- Aufgeschlossenheit gegenüber Neuem
- Experimentierfreudigkeit
- vielseitige Nutzung (mehrere Programme)

Wenn diese Grundvoraussetzungen einigermaßen erfüllt sind, kann der Einsatz eines Personal-Computers erwogen werden. Obwohl sich auf dem Hardwaresektor eine gewisse Standardisierung abgezeichnet hat (Intel-Prozessoren, MS-DOS), sind dennoch einige Gesichtspunkte zu beachten, vor allem dann, wenn die Hardware auch mittelfristig sinnvoll eingesetzt werden soll und zukunftssträftig sein soll. Zu berücksichtigen ist dabei, daß sich derzeit etwa alle vier Jahre ein Generationswechsel in der Hardware vollzieht. In Tabelle 4 sind einige wichtige Merkmale für die Hardware-Auswahl zusammengefaßt. Die erste Generation der Personal-Computer (XT-Generation) mit dem vergleichsweise langsamen 8088-Prozessor wurde vor etwa 2 Jahren ergänzt um die AT-Generation mit dem wesentlich leistungsfähigeren 80286-Prozessor. Aus Gründen der Flexibilität und der Zukunftsträftigkeit (z.B. Frage des Betriebssystems) sollte die AT-Generation bevorzugt werden.

Tab. 4: Anhaltspunkte für den Kauf eines Personal Computers für die Landwirtschaft

<u>Baugruppe</u>	<u>Eigenschaften</u>
Prozessor	Intel 8088, 8086, 80286
Taktfrequenz	> 5 MHz
Arbeitsspeicher	> 512 kB
Bildschirm	12-14 Zoll, blend- und flimmerfrei, Positivdarstellung, gute Auflösung (min. Hercules-Karte)
externer Speicher	1 Diskettenlaufwerk mit min. 360 kB, 10 bzw. 20 MB Festplatte
Tastatur	Belegung und Anordnung nach DIN-Norm, min. 10 Funktionstasten, abgesetztes numerisches Feld, abgesetztes Cursorfeld
Drucker	geringe Lärmentwicklung, Schönschreibqualität, ausreichende Druckgeschwindigkeit (z.B. 60 cps bei NLQ)
Steckplätze	möglichst viele freie Steckplätze (z.B. 5)
Betriebssystem	MS-DOS (derzeit letzte Version 3.3)

Auch auf dem Sektor Software können hier nur einige grundlegende Anmerkungen gemacht werden. Gekennzeichnet ist die derzeitige Situation auf dem Softwaremarkt durch folgende Tatsachen:

- starke Konzentration bei den landwirtschaftlichen Software-Häusern (schwierige Marktsituation)
- derzeitiges Programmangebot z.T. noch nicht befriedigend (Programme unausgereift, manchmal sogar fehlerhaft, schlechte Dokumentation, komplizierte Bedienung usw.)
- ausschließlich Insellösungen
- Softwarepreise eher steigend als fallend
- größte Erfahrung bei Sauenplaner, Schlagkartei, Buchführung
- ständige Weiterentwicklung der Programme (immer wieder neue Versionen)
- bei neuen Programmen modulartiger Aufbau

Aufbauend auf dieser Zustandsbeschreibung muß die Frage geklärt werden, mit welchem Programm begonnen werden soll (entweder für Produktionstechnik oder für Gesamtbetrieb). Auch auf diese Fragestellung kann vereinfachend nur grundsätzlich festgestellt werden, daß der Computereinsatz dort am sinnvollsten ist, wo entweder die Notwendigkeit bzw. der Nutzen am größten ist oder wo die Kenntnisse und Fähigkeiten des Landwirts am fundiertesten sind. Es macht wenig Sinn, wenn ein Landwirt, der bisher eine Schlagkartei manuell mit Bleistift und Papier sehr sorgfältig und mit hohem Zeitaufwand geführt hat, bei der Computeranwendung mit der Buchführung beginnt, wo er nur minimale Vorkenntnisse besitzt. Desweiteren sollte beim Einstieg in die EDV-Anwendung mit dem Programm begonnen werden, bei dem mit einem Teilbereich angefangen werden kann. Beispielsweise ist es für einen Landwirt sicherlich leichter, wenn bei der Buchführung als Einstieg mit einem reinen Erfassungsprogramm in Zusammenarbeit mit dem bisherigen Buchführungspartner die ersten Erfahrungen gesammelt werden und erst später auf die volle Buchführung umgestiegen wird.

Nach Festlegung des Einsatzbereiches muß ein entsprechendes Programm ausgewählt werden. Dabei sollte wiederum folgendes beachtet werden:

- Erfahrungen von bisherigen Anwendern
- Benutzerfreundlichkeit (einheitlicher Menüaufbau und einheitliche Tastenbelegung, Korrekturmöglichkeiten bei der Eingabe, Plausibilitätsprüfungen, Benutzerführung, Hilfsmenüs, Datensicherung u. dgl.)
- Leistungsumfang korrekt (Programminhalt)
- Service (Einweisung, Hotline)
- Update für neue Versionen

- Problemlösungen kaufen (Hard- und Software aus einer Hand)
- seriöse Geschäftspartner (aus der näheren Umgebung)
- Preis-Leistungs-Verhältnis

Die hier gemachten Empfehlungen können nur eine allgemeine Hilfestellung für den kaufwilligen Landwirt sein. Im Einzelfall kann dem Landwirt die Entscheidung, welchen PC er mit welchen Programmen von welchem Anbieter kaufen soll, nicht abgenommen werden.

7. Zusammenfassung

Es kann davon ausgegangen werden, daß zukünftig die Mikroelektronik in größerem Umfang und auch auf dem landwirtschaftlichen Betrieb Eingang finden wird. Im Vergleich zum Prozeßcomputer ist der Betriebscomputer noch sehr wenig verbreitet. Der Betriebscomputer kann sinnvoll hauptsächlich in der Informationsverarbeitung eingesetzt werden und wird somit den Prozeßcomputer von dieser Arbeit befreien. Integrierte Verbundsysteme zwischen Betriebscomputern und Prozeßcomputern sind jedoch erst in der Entwicklungsphase. Die Anforderungen, die in einem derartigen Verbund an den Betriebscomputer gestellt werden, gehen über die bisherige Realität hinaus. Dennoch sollte bei einer nahen Beschaffung auch bereits die zukünftige Entwicklungstendenz berücksichtigt werden. Grundvoraussetzung für integrierte Systeme ist, daß Hard- und Software-Hersteller zueinander finden, um geeignete Lösungen anbieten zu können.

Literatur

Auernhammer, H., Pirkelmann, H., Wendl, G. (Hrsg): Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Konzepte, Datenerfassung, Kommunikation. in: Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 4, Weihenstephan: 1983

Auernhammer, H., Pirkelmann, H., Wendl, G. (Hrsg): Prozeßsteuerung in der Tierhaltung - Erfahrungen mit der Milchmengenerfassung, Tiergewichtsermittlung und Bereitstellung von Managementdaten. in: Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Heft 2 Weihenstephan: 1985

Avenriep, G., Brinker, W., Budde, B., Richarz, W.: Computer auf dem Bauernhof. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe 144 (1987), Nr. 38, S. 45-59

Mann, H.: PC-Buchführung: der Betriebsführung wegen. DLG-Mitteilungen 102 (1987), H. 18, S. 985-987

Ohrtmann, J.: Sauenplaner unter der Lupe. DLG-Mitteilungen 102 (1987), H. 10, S. 549-551

Reiner, L., Geidel, H. (Hrsg.): Integrierte Systeme. Agrarinformatik Bd. 13, Stuttgart: Ulmer, 1987

Schlösser, K.: Eine zentrale Datenbank für den Betrieb. DLG-Mitteilungen 102 (1987), H. 16, S. 879-882.

