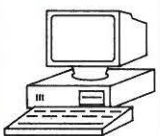
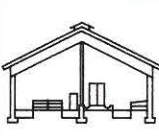
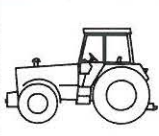
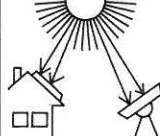
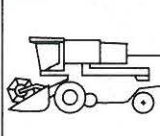
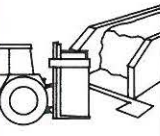


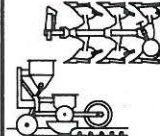
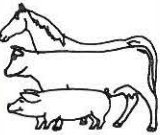
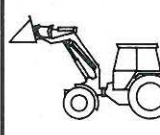

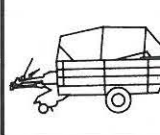
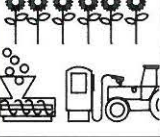
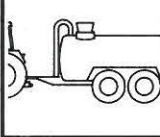
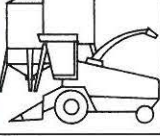
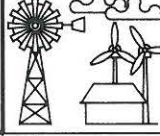
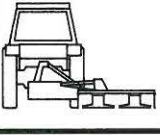

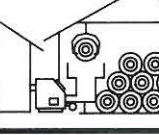
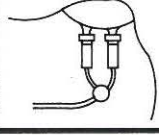


LANDTECHNIK

Fachzeitschrift für
Agrartechnik und
ländliches Bauen

				
	 <p>Prof. Dr. H.-L. Wenner</p> <p>1969  1989</p>			
				
				
				
				
				
				

Vorwort – Foreword**Arbeitswirtschaft und Schleppertechnik****Der Schlepper in der Landwirtschaft – gestern, heute, morgen**

The Tractor in Agriculture – Yesterday, Today and Tomorrow
Dr. Hermann Auernhammer

Sensoren für neue Traktorfunktionen

Sensors for New Tractor Technology
Dr. Hans Stanzel

Technik in der Pflanzenproduktion**Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik bei veränderten Rahmenbedingungen**

Tillage and Planting Technology under Changed General Conditions
Prof. Dr. habil. Manfred Estler

Bodendruckmessungen bei der Einbettung von Gemüsejungpflanzen mit teilmechanischen Pflanzmaschinen

Soil Pressure Measuring when Transplanting Vegetable Seedlings with Semiautomatic Transplanters
Dipl.-Ing. agr. Martin Geyer und Prof. Dr. habil. Manfred Estler

361

363

366

371

375



Der Schlepper als treibende Kraft – wie sieht seine Zukunft aus?



Die Elektronik hat die Innenwirtschaft erobert

Technik in der Tierhaltung**Neuere Möglichkeiten der Mähgutaufbereitung**

New Possibilities for Forage Conditioning
Dr. Manfred Schurig

381

Elektronikeinsatz zur leistungsbezogenen Milchviehfütterung

The Use of Electronics for yield oriented Dairy Cow Feeding
Dr. Heinrich Pirkelmann und Dr. Georg Wendl

383

Schaum als Störfaktor volumetrischer Milchmengenmessung

Froth as Disturbing Faktor in Volumetric Milk Yield Recording
Dr. Hermann Worstorff*)

387

Auswirkungen von Abruffütterungsanlagen auf das Verhalten von tragenden Sauen und Kühen

Effects of Responder Feeding Plants on Behaviour of Pregnant Sows and Dairy Cows
Priv.-Doz. Dr. Dr. habil. Josef Boxberger

390

Reduzierung von Ammoniakemissionen aus der Abluft von Intensiv-Tierhaltungen

Reducing Ammonia Emissions from Waste Air of Intensive Animal Production
Dr.-Ing. Hans-Dieter Zeisig

393

Landwirtschaftliches Bauwesen**Praxisuntersuchungen zum Einsatz von zementgebundenen Holzspanplatten als Wandverkleidung**

Field Investigations on Using Concrete Bonded Wood Particle Boards for Wall Cladding
Dr. Dr. habil. Gerhard Englert

397

Kleine Laufställe

Small Loose Housing for Dairy Cows
Dr. Leonhard Rittel

398

Regenerative Energien**Einsatz der Photovoltaik im ländlichen Raum**

On Using Photovoltaics in Rural Areas
Dr. Heinz Schulz

402

Raps als Energieträger

Raps Seed as Energy Carrier
Dr. Arno Strehler

406

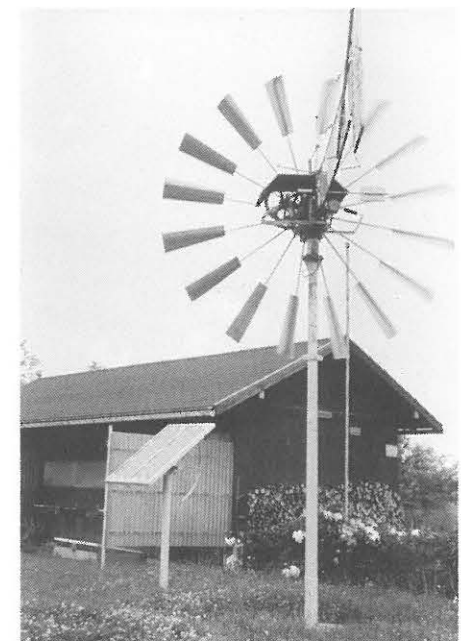
Wissenschaftliche Tätigkeit

von Prof. Dr. Wenner

411

Die Autoren sind Mitarbeiter der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik,
Vöttinger Straße 36, 8050 Freising

*) Dr. Hermann Worstorff, Institut für Physiologie, Süddt. Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft, Vöttinger Str. 45, 8050 Freising



Regenerative Energie – aus dem Traum wird Wirklichkeit

Landtechnik

vereinigt mit **DIE LANDARBEIT**

**Fachzeitschrift für
Agrartechnik und
ländliches Bauen**

Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen
in der Landwirtschaft (KTBL) e.V., Darmstadt

Mit den Mitteilungen der Landmaschinen- und Ackerschlepper-Vereinigung (LAV), der Max-Eyth-Gesellschaft für Agrartechnik (MEG),
der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft im Landbau.
Mitteilungsblatt für Landes-Arbeitsgemeinschaften Landtechnik und Bauwesen (ALB).

VERLAG EDUARD F. BECKMANN KG · 3160 LEHRTE

44. Jahrgang · Landtechnik Sonderheft

Vorwort

Prof. Dr. agr. Heinz-Lothar Wenner hat von 1969 bis 1989 die Landtechnik Weihenstephan geleitet.

Am 18. Juli 1989, zwei Tage vor seinem 65. Geburtstag, ist er verstorben.

Er war Direktor des Instituts für Landtechnik und gleichzeitig Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik. Er hat beide Institutionen, zusammen mit dem Landtechnischen Verein, unter dem Begriff „Landtechnik Weihenstephan“ zu einem hohen wissenschaftlichen Niveau geführt, mit einer Ausstrahlungskraft, die weit über die Grenzen der Bundesrepublik Deutschland hinausreicht.

Geboren als Sohn eines Tierarztes in Köln, wuchs er auf einem westfälischen Bauernhof heran. Der Optimismus und die Toleranz des Rheinländers, aber auch die nüchterne zupackende Art des Westfalen wurden ihm mit auf den Weg gegeben. Nach dem Abitur und gerade begonnener landwirtschaftlicher Lehre wurde er eingezogen und erlebte den Krieg an vorderster Front.

Aus der Gefangenschaft entlassen, setzte er seine landwirtschaftliche Ausbildung an der Universität Bonn fort und promovierte bei Prof. Dencker im Jahre 1954 mit Auszeichnung.

1958 kam er nach Freising-Weihenstephan. Als Geschäftsführer des neugegründeten Landtechnischen Vereins in Bayern legte er durch seine Arbeiten über Frontladereinsatz, Futterrübenernte und Liegeboxenställe mit den Grundstein zum Aufbau der heutigen Landtechnik Weihenstephan.

1965 wurde Wenner als ordentlicher Professor auf den Lehrstuhl für Landmaschinenkunde an der Justus-Liebig-Universität nach Gießen berufen. Bereits im Jahre 1969 folgte er dem Ruf zurück nach Weihenstephan an seine frühere Wirkungsstätte. Er wurde als Nachfolger von Prof. Dr. Dr. h. c. W. G. Brenner Leiter des Instituts und Vorstand der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik.

Diese neue Aufgabe war für ihn eine große Herausforderung, die neben den wissenschaftlichen Ansprüchen auch besondere organisatorische Anforderungen stellte. Es galt, den Ruf dieser Institution zu festigen und wissenschaftlich weiterzuentwickeln.

Der entscheidende Durchbruch gelang 1973 mit der Einrichtung des Sonderforschungsbereiches 141 der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Produktionstechniken der Rinderhaltung“. Mit diesem fächerübergreifenden Forschungsprogramm konnte der finanzielle und wissenschaftlich-organisatorische Rahmen geschaffen werden, um schwerpunktmäßig und wissenschaftlich in die Tiefe gehend landtechnische Probleme interdisziplinär zu bearbeiten.

Als Sprecher dieses Sonderforschungsbereiches, in dem zeitweilig bis zu 30 Wissenschaftler mitwirkten, hat er stets neue Impul-

se gegeben und die wissenschaftliche Aussagekraft des Sonderforschungsbereiches entscheidend geprägt.

Unter seiner Leitung entstanden sowohl am Institut für Landtechnik als auch an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik eine Vielzahl wissenschaftlicher Arbeiten. Schwerpunkte lagen bei der Mechanisierung der Rindviehhaltung und zur Energiesituation in der Landwirtschaft. Sie haben weit über die Grenzen Beachtung gefunden. Die unter seiner Leitung stattgefundenen Jahrestagungen, Schlüter-Tagungen, Symposien und Seminare haben dazu beigetragen, den persönlichen Kontakt mit der Wissenschaft, der landwirtschaftlichen Praxis und Beratung sowie der Industrie im besonderen Maße zu pflegen.

Die Ausbildung der Studenten und junger Wissenschaftler lag ihm sehr am Herzen. Über 30 Doktoranden haben bei ihm promoviert, fünf Dozenten bei ihm habilitiert.

Seine glückliche Hand bei der Menschenführung gründet letztlich auf eine tiefe christliche Überzeugung von der Würde des einzelnen Menschen. Ein großer Kreis von Freunden, Schülern, Kollegen und Mitarbeitern hat ihm am 24. Juli in Dankbarkeit das letzte Geleit gegeben.

Das vorliegende Sonderheft mit Beiträgen aus den Arbeiten der Landtechnik Weihenstephan ist sichtbares Zeichen der Dankbarkeit und Wertschätzung, die Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner von seinen ehemaligen Mitarbeitern entgegengebracht wird.

Manfred Schurig

Arbeitswirtschaft und Schleppertechnik

Von Hermann Auernhammer

Zwanzig Jahre Landtechnik Weihenstephan unter Prof. Wenner, das sind zwanzig Jahre Arbeitswirtschaft, und das sind auch zwanzig Jahre Schleppertechnik. Es sind Jahre, die aufbauend auf seine eigenen Arbeiten mit dem Frontlader sowohl den Menschen als auch den Schlepper immer wieder in den Mittelpunkt der Forschung und der Lehre stellten.

Im Bereich der *Arbeitswirtschaft* galten viele Untersuchungen dem Arbeitszeitbedarf. Ausgehend von der Analyse der Melkarbeiten als dem zentralen Problembereich der Milchviehhaltung, rückten mehr und mehr die methodischen Probleme in den Mittelpunkt des Interesses. Fragen nach einer rationellen Arbeitszeiterfassung mit wissenschaftlich objektiver Beurteilung der Abhängigkeiten wurden ebenso bearbeitet wie die Möglichkeiten des EDV-Einsatzes als Hilfsmittel bei der Datenanalyse und der praxisbezogenen Modellbildung. Erstmals wurde in Weihenstephan ein System erarbeitet, welches auf der Basis von universell anwendbaren Arbeitszeitelementen nahezu jede kalkulatorische Bestimmung des Arbeitszeitbedarfes ermöglicht und darin auch die körperliche Arbeitsbelastung von Mann und Frau mit einbezieht.

Aufgrund der universellen Anwendbarkeit dieser Methode ergaben sich die sehr sinnvollen Erweiterungen um den Bereich des landwirtschaftlichen Bauens mit der Ableitung des erforderlichen Investitionsbedarfes aus den benötigten Baumaterialien und der erforderlichen Arbeitszeit.

Der umfassenden Denkweise Wenners entsprechend war jedoch Arbeitswirtschaft nicht Arbeitszeitbedarf und Arbeitsbelastung alleine. Vielmehr galten viele Überlegungen und Untersuchungen der Erleichterung der Arbeit durch den Einsatz der Elektroenergie. Auch dabei wurde erstmals in Weihenstephan eine sehr umfassende Datensammlung aufgebaut und wiederum praxisbezogen einem breiten Anwenderkreis zugeführt.

Nicht zuletzt aber hatte die Arbeitswirtschaft in Form der Arbeitslehre eine besondere Bedeutung in der Lehre. Mit zwei Semesterwochenstunden wird in Weihenstephan seit 1971 jeder Student im sechsten Semester mit den Grundlagen der menschlichen Arbeit vertraut gemacht. Er hört die Regeln der Arbeitsplatzgestaltung ebenso wie die methodischen Möglichkeiten der Arbeitszeitermittlung und Arbeitszeitkalkulation. Fragen der Arbeitsorganisation und der Arbeitskosten runden das Darge-

botene ab und stellen auch dabei den Menschen in den Mittelpunkt der Landtechnik. Die *Schleppertechnik* war dagegen nie das ausschließliche und alleinige Arbeitsgebiet Wenners. Vielmehr war sie immer eine Beschäftigung mit dem System „Arbeitserledigung“. Die Frage nach dem richtigen Schlepperkonzept prägte viele Arbeiten und führte zu einer Zielsetzung, bei welcher der Schlepper an die von ihm zu erledigenden Arbeiten weit besser als bisher angepaßt werden sollte. Schleppereinsatz in der heimischen Landwirtschaft bedeutet nämlich spezialisierten Schleppereinsatz. Folglich können in der Bodenbearbeitung, der Pflege- und der Grünlandbewirtschaftung nur stärker angepaßte Schlepper das Optimale leisten. Daß nur dadurch die stärksten Kostenreduzierungen möglich sind, versteht sich nahezu von selbst.

Das all dies nicht nur Theorie war und bleiben sollte, zeigte sich in der engagierten Gestaltung der Informationsveranstaltungen und der Betriebsleiterseminare im Hause Schlüter. Viele eigene Vorträge sollten dabei das in die Diskussion bringen, worüber bei Wenner nie Zweifel bestanden: „Nicht der Schepper, der alles kann, ist der richtige. Vielmehr ist es jener, der das, was er können muß, am besten kann!“

neu

SERVO-PLUS

Premiere einer neuen Pfluggeneration

Hydraulisch verstellbare Schnittbreiten machen flexibel. Ständig optimale Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen:

An ackerbauliche Forderungen

- Schmale Saatfurche, breite Winterfurche
- Bodenart und Fruchtfolge

An die Schlepperleistung

- Unterschiedlicher Zugkraftbedarf, wechselnde Bodenverhältnisse.
- Treibstoffersparnis und Schlupfminderung.

Optimale Anpassung am Hang und leichtes Auspflügen am Feldrand.

SERVOMATIC die neue Einstelltechnik

- Erstkörper – Schnittbreite und Zuglinie werden automatisch mitverstellt, nur bei SERVO PLUS ganz exakt

Neuer LEURIT-Pflugstahl und neue Verstelltechnik. Extrem belastbar, aber doch leicht im Gewicht. Verstellpflüge, die zum Schlepper passen und preisgünstiger sind.

Landsberg

Der LÖWE im Feld



Der Schlepper in der Landwirtschaft – gestern, heute, morgen

Von Hermann Auernhammer*)

Der Schlepper ist die zentrale Maschine im landwirtschaftlichen Betrieb. Er kann vieles, wenn nicht sogar alles, und trotzdem steht seine Standardversion mehr denn je in der Diskussion. Neuen Möglichkeiten durch den Einsatz der Elektronik stehen neue Forderungen aus der Sicht des Umweltschutzes gegenüber. Daneben wird die Erntetechnik langsam aber sicher eine Domäne selbstfahrender Maschinen im überbetrieblichen Einsatz und verdrängt den Schlepper aus diesem Einsatzfeld. Wandel und Anpassung sind deshalb mehr denn je gefragt.

The tractor is the most important machine on the farm. It can do a lot, if not nearly everything, and nevertheless its standard version is still under discussion more than ever. New possibilities through the use of electronics are confronted by new requirements for environmental protection. Besides this, self-propelled machines in multi-farm machinery use are doing more and more of the harvest and are replacing the tractor in this field. Change and adaptation are required more than ever.

*) AOR Dr. Hermann Auernhammer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik in Weihenstephan. Er leitet die Abteilung Arbeitswirtschaft und Prozeßtechnik. Der Autor bedankt sich bei Herrn Dipl.-Ing. agr. M. Demmel für die Mitarbeit.

Schlepperentwicklung – viele Ansätze, zwei Grundkonzepte

Eine Landwirtschaft ohne die mobile Kraftquelle Schlepper ist heute nicht mehr oder noch nicht denkbar. Wie bei allen Entwicklungen führte jedoch ein langer Weg bis zu dieser Situation (Abb. 1).

Ausgehend von unterschiedlichsten konstruktiven Ansätzen wie

- dem Motorpflug,
- dem ersten Schlepper mit Allradantrieb und angebautem Fräswerkzeug,
- den Entwicklungen von Kettenlaufwerken,
- der Umrüstung von Mähmaschinen zu Kleinschleppern,
- der Dreipunkthydraulik als „Zentrale für Schlepper und Gerät“ und
- dem „Schau-voraus-Prinzip“ im Geräteträger

mündeten aus der Vielzahl unterschiedlicher Herkünfte fast alle Ideen gegen Mitte der 60er Jahre in den Standardschlepper mit Dreipunkthydraulik, der nur noch von wenigen Produzenten angeboten wurde. Daneben existierte in nennenswerten Stückzahlen der Geräteträger, dessen Fertigung jedoch wiederum nur noch bei zwei Produzenten erfolgte.

Ausgehend von dieser Entwicklungsstufe begann das „Wachsen“ der verfügbaren Schlepper und das „Auseinanderwachsen“.



Ja MEX

Qualität Leistung Exaktschnitt



MEX OK Einfach, leichtzügig, preiswert. Auch mit Kornprozessor.

MEX GT
Der Qualitätsbeweis: 2 Jahre Garantie!
Vier Schnittlängen, Kornbrecher serienmäßig, Mehrwalzen-Vorpressung.

Zweireihig ernten:
MEX PROFI für Seiten- und Heckeinsatz. Einfach schwenkbar zum Anschneiden und Durchstechen. Auch mit Pick-up.



Patent Nr. ATPS 382 757

Vorbildliches Häckselgut bei allen Einsatzverhältnissen.

Bewährter MEX-Kornbrecher

PÖTTINGER

MEX-GT
GT = Garantierte Technik
2 Jahre Garantie

A. Pöttinger Landmaschinen Ges.m.b.H. — A-4710 Grieskirchen — D-8900 Augsburg — D-4402 Greven

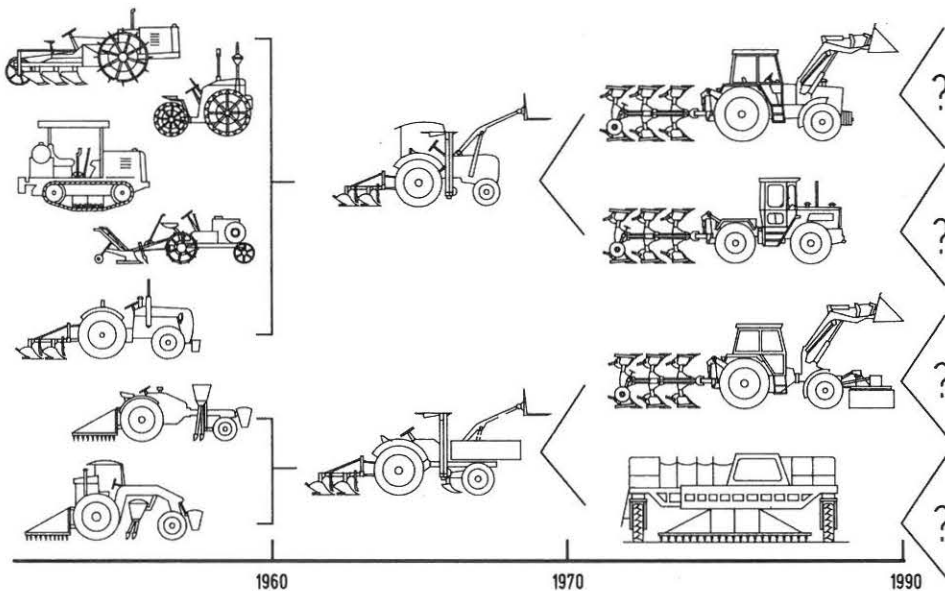


Abb. 1: Entwicklung der Schlepperkonzepte (vereinfacht)

Von der starken Vereinheitlichung kommend fanden beide Standardkonzepte Abwandlungen.

Neben dem Standardschlepper mit Allradantrieb, ungleich großen Rädern und Sitz über der Hinterachse entstand das *Trac-Konzept* mit gleich großen Rädern und mittlerer Sitzanordnung.

Aus dem Standardgeräteträger entwickelte sich ein *Spezialkonzept* mit Allradantrieb und kurzem Radstand in unterschiedlichen Varianten bis hin zur Hochradversion mit gleich großen Rädern und ständig wachsender Motorleistung.

Daneben begann im Ausland eine intensive Weiterentwicklung des *Portal-Konzeptes* im Zuge der intensivierten Arbeiten in der Beetkultur mit kontrollierten Fahrspuren.

Schlepper heute – Gebrauchtschleppermarkt

Heute ist demnach Schlepper wiederum nicht mehr gleich Schlepper. Vielmehr befindet sich die Entwicklung erneut in einem sehr starken Fluß. Dabei werden

- die bestehenden Konzepte in Frage gestellt,
- die erforderliche Ausstattung diskutiert,
- neue Möglichkeiten durch die Elektronik entwickelt und umgesetzt und
- nicht zuletzt die selbstfahrende Maschine als das Optimum jeder Arbeitserledigung immer stärker in Konkurrenz zum Schlepper gebracht.

All dies geschieht vor dem Hintergrund eines sich verändernden Marktes. Neben der beständigen Abnahme der Betriebszahlen in der Bundesrepublik Deutschland hat sich das Kaufverhalten, von vielen noch gar nicht wahrgenommen, zunehmend verändert (Abb. 2).

Mit der rapiden Zunahme der Schleppermotorleistungen ab Mitte der 60er Jahre standen für die größeren Betriebe immer neue und immer größere Schlepper zur Verfügung. Da gerade in diesen Betrieben die jährliche Nutzungsdauer hoch ist und deshalb der Schlepperersatz häufiger erfolgt, gab es schon nach wenigen Jahren viele leistungsstarke Schlepper als Gebrauchtschlepper auf dem Markt. Sie wanderten verstärkt als preisgünstige größere

Schlepper in die kleineren Betriebe. Dadurch übertraf die Zahl der Besitzumschreibungen Anfang der 70er Jahre erstmals die Zahl der Neuzulassungen. Nur kurzfristig (1975) zogen die neuen Schlepper nach, um danach binnen zehn Jahren auf 50 % der höchsten Absatzzahlen je Jahr zurückzufallen. Demgegenüber blieb in dieser Zeitspanne die Zahl der Besitzumschreibungen in etwa konstant, um ab 1987 erneut gewaltig zuzunehmen.

Trotz des bisher viel zu wenig erforschten Gebrauchtschleppermarktes läßt sich daraus heute schon eine sehr vorsichtige Entwicklung ableiten:

Wenn die größeren Schlepper nicht mehr wie bisher im Betrieb bleiben, um im „Durchlaufprinzip“ alle Stationen eines Schlepperdaseins bis hin zum „rollenden Ersatzteillager“ zu durchlaufen, sondern immer als die größten Schlepper jeweils in den Betrieben eingesetzt werden, dann sind diese Schlepper noch stärker auf ihre Einsatzschwerpunkte auszurichten. Diese finden sich für die größten Schlepper mit mehr als 60 % der Einsatzzeit in der Bodenbear-

beitung. Und sie müssen beim Besitzwechsel erneut für diese Einsätze optimiert werden.

Hier bietet sich eine vollständig neue Aufgabe für unsere Schlepperhersteller an. Drei Fragen mögen dies aufzeigen:

- Warum soll der Käufer eines Gebrauchtschleppers mit „alter“ Technik arbeiten und so vom technischen Fortschritt abgehalten werden?
- Warum sollte beim Besitzwechsel ein Schlepper nicht eine andere Zusatzausstattung erhalten können?
- Warum soll ein Gebrauchtschlepper nicht wie ein Neuschlepper aussehen und damit die Arbeitsfreude erhöhen?

Fragen, die nichts mit einem überzogenen „technischen Fanatismus“ zu tun haben, sondern eher Fragen an die Vernunft und an das Erforderliche. Immerhin gilt es zu bedenken, daß derzeit zwei Drittel der landwirtschaftlichen Bevölkerung älter als 45 Jahre sind und daß diese Bevölkerung mangels anderer Möglichkeiten in der Landwirtschaft bleiben muß. Sollte deshalb nicht gerade dieser Bevölkerungsschicht eine „kostengünstige, leistungsfähige und weitgehend problemfreie Technik“ geboten werden? Ja, hat sie nicht ein Anrecht auf diese Alternative?

Gebrauchtschlepper und Neuschlepper mußten demnach den Markt nicht spalten. Vielmehr könnten sie in bisher nicht gesehener Weise eine Ergänzung darstellen. Denn künftig werden für beide Marktsegmente Forderungen nach einer

- optimalen Arbeitserledigung bei
- höchstmöglicher Bodenschonung und
- verbessertem Management (Elektronik)

noch stärker in den Vordergrund treten. Dabei wird Elektronik zum bestimmenden Bestandteil jeder Schleppertechnik.

Schlepper morgen – Elektronik setzt die Maßstäbe

Elektronik als neue, leistungsfähige und zugleich immer billiger werdende Technik eröffnet auch für den Schlepper vielfältige neue Perspektiven.

Allen voran könnte Elektronik die Mängel der heutigen hydraulischen Regelungstech-

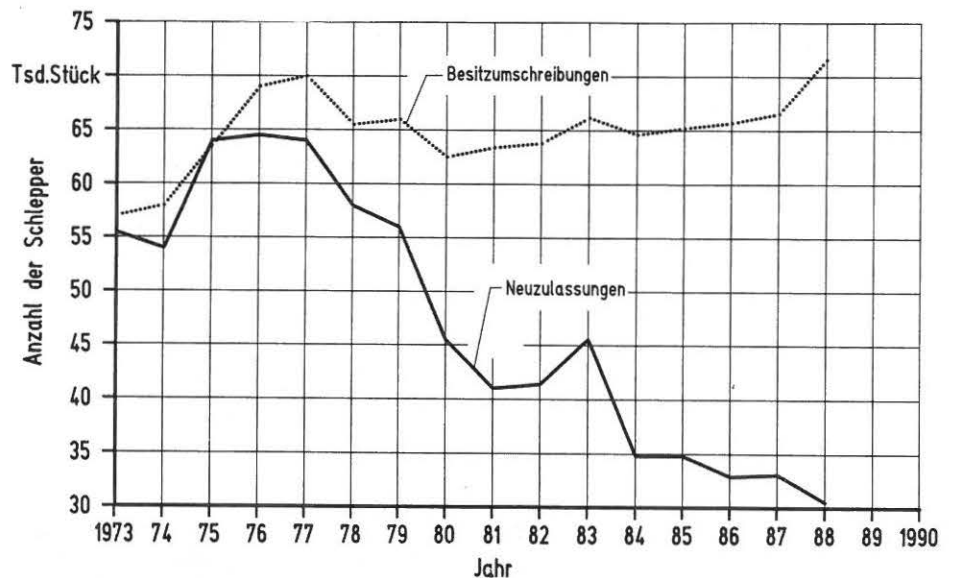


Abb. 2: Neuzulassungen und Besitzumschreibungen von Ackerschleppern in der Bundesrepublik Deutschland

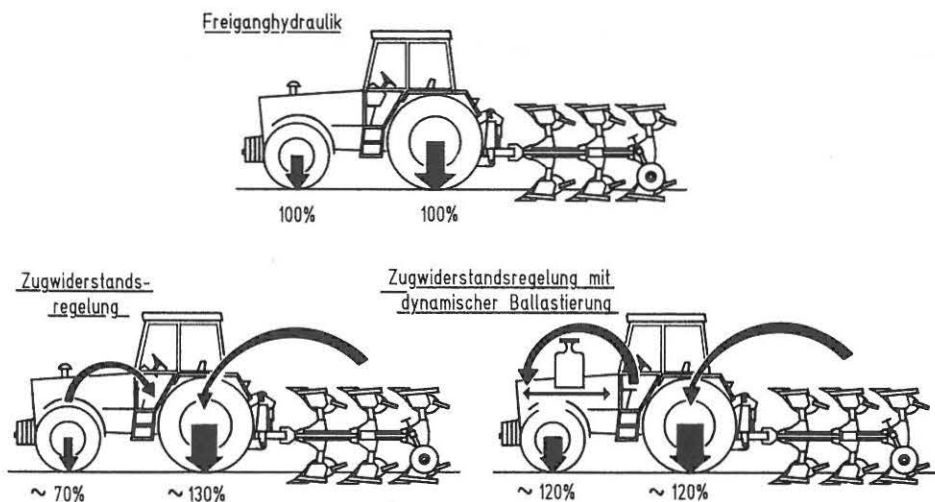


Abb. 3: Achsbelastungen bei verschiedenen Regelungsarten des Schlepperheckkrafthebers beim Pflügen

nik bei der Gewichtsübertragung auf die Antriebsräder beseitigen, die sich aufgrund der bisherigen Entwicklung in der Schleppertechnik ergab (Abb. 3).

Ausgehend von der reinen Freigangshydraulik bis Mitte der 60er Jahre hatte der Schlepper üblicherweise Hinterradantrieb. Zeitlich fielen dann die Einführung der Dreipunkthydraulik und die wachsende Motorleistung bei unseren Schleppern zusammen. Wurde dabei in der ersten Zeit noch entsprechend dem Prinzip von Ferguson über die Regelhydraulik viel Gewicht vom Anbaugerät und von der Vorderachse auf die Hinterachse übertragen, so mußte schon bald der Allradantrieb für die bessere Kraftumsetzung sorgen.

Damit trat jedoch ein regelungstechnischer Widerspruch zutage. Ein optimal gestalteter Allradantrieb fordert der Bereifung entsprechende *gleichbleibende Achslasten*. Eine Regelhydraulik neuerdings mit „Anti-Schlupfleinrichtung“ erzeugt dagegen bei optimaler Arbeitsweise immer die *dynamische Entlastung der Vorderachse*. Konsequenterweise muß deshalb nun die Elektronik für einen Ausgleich sorgen. Er ist nur über die dynamische Ballastierung möglich, wie sie beispielsweise im neuen Schlepperkonzept von Schlüter vorgesehen ist.

Elektronische Regelung wird aber auch den Motor und das Getriebe erfassen, wodurch vollständig neue Automatisierungsstrategien für die Zugkraft und die Zapfwellenarbeit ermöglicht werden.

Bei allen diesen Einsätzen benötigt die Elektronik eine Vielzahl von heute schon verfügbaren und künftig neu auf den Markt drängenden Sensoren. Sie sammelt damit „quasi umsonst“ wichtige Daten der Betriebsführung. Allen voran seien dabei genannt:

- Arbeitszeit,
- Weg und Arbeitsbreite (Fläche),
- Anbau- und Aufbauarbeiten,
- Motorauslastung und erforderliche Serviceintervalle und nicht zuletzt der
- Diesellohverbrauch.

Alle diese Daten sind Daten der Schlagkartei und künftiger Prognosemodelle für die Optimierung der Arbeitserledigung.

Elektronik selbst wird ebenfalls zu einer weiteren Spezialisierung der Schlepper beitragen, denn:

- Der Zugschlepper benötigt Elektronik für die optimale Zug- und Drehkraftumsetzung, dies ist schlepperinterne Elektronik.
- Der Pflegeschlepper erfordert die beste Regelungstechnik für die weg- und flächenabhängige Zuteilung von Dünger- und Pflanzenschutzmitteln. Dies ist dagegen hauptsächlich externe Elektronik.

Schlepper übermorgen – Lückenbüßer neben selbstfahrenden Maschinen?

Und welche Tätigkeiten bleiben für die Schlepper darüber hinaus? Unverkennbar ist das Vordringen selbstfahrender Maschinen in alle Bereiche der Erntetechnik mit mehrheitlich überbetrieblichem Einsatz. Einzige Ausnahme scheint dabei noch die Futterernte über den Ladewagen zu sein und damit indirekt auch der Transport.

Folglich werden diese Einsatzgebiete die Zukunft des Schleppers übermorgen bestimmen und ihm die Lückenbüßerfunktion neben den selbstfahrenden Maschinen zu-



Abb. 4: Transporte werden auch zukünftig zu den Hauptaufgaben des Schleppers gehören.

weisen. Sie werden damit auch die Schlepperkonzepte vorgeben.

Absehbar bleibt der *Schlepper die zentrale Bodenbearbeitungsmaschine*. Von ihr wird hohe Zugleistung bei gleicher Achsbelastung und geringstem Bodendruck verlangt. Daß diese Forderungen der Standardschlepper in seiner heutigen Form in Zukunft erfüllen kann, bleibt zu bezweifeln. Geringster Bodendruck bedeutet nämlich Leichtbau und Ballastierung bei Bedarf. Beides erfüllen jedoch die derzeitigen Standard- und auch schweren Zugschlepper nicht!

Absehbar bleibt auch der *Schleppereinsatz bei der Pflege*. Seine Anforderungen leiten sich von der zunehmenden Diskussion um die Umweltbelastung ab. Weniger Düngung, weniger Pflanzenschutzmittel und mehr mechanische Pflegemaßnahmen sind die Forderungen jener Bevölkerungsteile, welche die Landwirte finanzieren. Folglich muß der Schlepper für die Pflege wieder stärker diesen Aufgaben angepaßt werden (Leichtbau, breite Spur, eventuell Portalbauweise).

Schließlich bleibt der *Transport*. Er erfordert die hohe Zugleistung und die hohe Fahrgeschwindigkeit. Letztere jedoch ist unlösbar mit einem gefederten Fahrzeug verknüpft. Ist deshalb dafür ein eigenes Schlepperkonzept erforderlich oder können die schweren Zugschlepper zu angemessenen Preisen und bei angemessenen Zugständen an ihre eigentliche Hauptaufgabe diese Forderungen erfüllen? Zu bezweifeln bleibt es, obwohl vermutlich gerade dabei die nicht totzukriechende Universalität noch lange die optimale Lösung verzögern wird.

Alle diese Überlegungen sind freilich heute noch nicht exakt wissenschaftlich zu belegen. Gerade dies sollte aber ein Ansporn sein, mehr als in der Vergangenheit, auch dem Schlepper in der Forschung wieder die gebührende Beachtung zu schenken, denn „eine optimale Arbeitserledigung mit dem Schlepper ist nur dann möglich, wenn der Schlepper an die veränderten Anforderungen und Möglichkeiten der Zeit angepaßt wird!“

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet

- [1] Auernhammer, H.: Einsatz und Leistung größerer Ackerschlepper – derzeitige Situation und Ausblick bei Auslastungsgrad und Gerätezuordnung. In: Landtechnik von morgen, Freising: Schlüter-Werke 1983, Folge 22, S. 45–58
- [2] Auernhammer, H.: Spezial- oder Universalschlepper, das ist die Frage – 10 Thesen zum Traktor der Zukunft. dlz 39 (1988), H. 10, S. 1470–1477
- [3] Auernhammer, H.: Systematik der Schlepperelektronik – ein anwendungsbezogener Einordnungsversuch. Landtechnik 43 (1988), H. 5, S. 213–214
- [4] ● Renius, K. T.: Traktoren. BLV-Verlag, München, 1985
- [5] Schön, H., G. Olfe und G. Jahns: Bordcomputer im Traktor spart Energie und entlastet den Fahrer. dlz 36 (1985), H. 5, S. 724–728
- [6] Wenner, H.-L.: Konsequenzen geänderter landwirtschaftlicher Produktionsbedingungen für die Landtechnik. Öffentliche Tagung der LAV 1980 in Baden-Baden, Auszug ohne Seitenangabe
- [7] Wenner, H.-L.: Einsatz und Leistung größerer Ackerschlepper – derzeitige Situation und Ausblick bei Schlepperleistung in Abhängigkeit von Betriebsgröße und Betriebstyp. In: Landtechnik von morgen, Freising: Schlüter-Werke 1983, Folge 22, S. 28–45

Sensoren für neue Traktorfunktionen

Von Hans Stanzel*)

Zusammen mit dem Bordcomputer können Weg- und Geschwindigkeitssensoren nicht nur zur Messung dieser Größen, sondern auch für die Schlupfregelung und die Dosierung bei Pflanzenschutz und Düngung eingesetzt werden. Vier neuere Bauarten von Radar- und Ultraschall-Geräten werden auf ihre Eignung bei der Messung in der Fahrspur bei hohen Pflanzenbeständen untersucht. Zur Gewichtsermittlung von Lasten im Dreipunktkraftheber werden zwei Systeme vorgeschlagen. Ein Drucksensorsystem, das den statischen Druck im Hydrauliksystem mißt und über den Bordcomputer das Gewicht ermittelt, und ein Kraftsensoren-system, das mit Schubspannungssensoren in den Hubarmen arbeitet. Ein praktischer Einsatz zur Mineraldüngung und der Einbau in 20 ältere Traktoren demonstrieren die Brauchbarkeit und Nachrüstbarkeit. Bei gezieltem Einbau von Kraftsensoren in den Traktor lassen sich weitere Führungsgrößen für Steuer- und Regelaufgaben gewinnen, so etwa für die Reifendruckregelung oder die Regelung der Leistungsver-zweigung bei schwerer Zugarbeit.

In combination with a board computer, longitude and velocity sensors allow also slippage control and continuous metering of fertilizers and plant protectives. Four new models of radar and ultrasonic sensors are being investigated to determine their applicability on different surfaces. Two weighing systems integrated into the tractor's three point linkage are discussed: 1) a pressure sensor in the lift cylinder, which delivers a static pressure signal for the determination of the load on the three-point-linkage by means of the board computer; 2) two force translators in the lifting arms to measure the load dependent on shearing strain. A practical test with a fertilizer spreader shows reasonable results. The additional installation on 20 different tractors demonstrates its usability and its possibility for retrofitting. Force translators installed in the tractor axles are recommended to give commands to control systems, which continuously affect the tyre pressure, engine load and power-distribution on 4-WD-tractors.

Der Bordcomputer ist ein außerordentlich preiswertes Mittel, um Informationen aus dem Traktor und den Arbeitsgeräten mit Hilfe von Sensoren zu sammeln, zu verknüpfen und daraus Führungsgrößen und Stellbefehle für Steuer- und Regelzwecke zu bilden. Als Beispiele seien hier Meßwert-aufnehmer für Wege, Geschwindigkeiten, Anbaulasten und Kräfte aufgeführt.

Weg- und Geschwindigkeitssensoren

Für viele Regelaufgaben wie etwa Arbeitstiefe, Motorauslastung, Triebkraftoptimierung oder Dosierung bei Pflanzenschutz und Düngung sind die Fahrgeschwindigkeit und der zurückgelegte Weg wichtige Führungsgrößen. Im Gegensatz zu Fahrzeugen über festem Grund können Fahrgeschwindigkeiten am Traktor oder Arbeitsgerät nur sehr fehlerhaft von Raddrehzahlen abgeleitet werden. Das ergibt sich einmal aus den stark schwankenden Abrollradien als Funktion von Radlasten, Reifendrücken, Spurtiefen, zum anderen aus dem großen Schlupfbereich, mit dem sowohl das geschobene (2 bis 10 %) als auch das angetriebene Rad (5 bis 30 %) abrollen.

Ideal ist deshalb eine berührungslose Messung der Fahrgeschwindigkeit, für die es seit zehn Jahren Radarsensoren gibt. Diese Geräte stehen nun in ausgereiften Versionen zur Verfügung und verdienen wegen ihrer Preiswürdigkeit den Vorzug vor anderen Verfahren wie etwa optischen Tastern mit korrelativer Auswertung von Rauschsignalen. Seit einigen Jahren werden diese Sensoren nun serienmäßig in große Traktoren

eingebaut zur Schlupfregelung über die Hubwerkssteuerung. Bei der Schlupfregelung wird die gemessene Fahrgeschwindigkeit mit der theoretischen Geschwindigkeit verglichen, die am Tellerrad der hinteren Antriebsachse abgenommen wird. Aus der Differenz dieser Geschwindigkeiten ergibt sich der Schlupf. Wenn der Schlupf kleiner ist als ein eingestellter Sollwert, dann arbeitet das System wie eine Zugkraftregelung. Überschreitet der Schlupf den Sollwert,

wird die Zugkraft automatisch so geändert, daß sich die Arbeitstiefe und damit auch wiederum der Schlupf verringern. Der Sollwert der Zugkraft wird proportional zur Differenz zwischen Schlupfgrenze und Istwert verändert.

Darüber hinaus empfehlen sich diese Geschwindigkeitssensoren zur Dosierungssteuerung von Verteilgeräten (Düngerstreuer, Güllefässer, Pflanzenschutzspritzen). Da die Eignung der Radarsensoren bisher unterschiedlich und insbesondere in höheren Pflanzenbeständen negativ beurteilt wurde, haben wir uns mit dieser speziellen Anwendung befaßt und dabei zwei Radarsensoren neuerer Bauart und zwei Ultraschallsensoren beim Einsatz in Pflanzenbeständen untersucht.

Alle Geräte verwenden zur Geschwindigkeitsmessung den Dopplereffekt. Dabei senden sie einen eng fokussierten Strahl aus (bei Radar 24 GHz, bei Ultraschall 50 bis 100 kHz), der in einem flachen Anstellwinkel auf den Boden trifft. Dort wird ein großer Teil der Strahlung absorbiert, ein kleinerer jedoch an rauen Oberflächenteilen zur Antenne reflektiert (Abb. 1).

Steht das am Traktor montierte Gerät ortsfest über dem Boden, dann stimmt die Sendefrequenz mit der Empfangsfrequenz überein und das Gerät zeigt die Geschwindigkeit „0“. Bewegt sich jedoch der Traktor, dann ergibt sich nach dem Dopplerprinzip eine Frequenzverschiebung, die proportional der Fahrgeschwindigkeit ist. Jeder Periode von Δf entspricht dabei ein fester Wegzuwachs, so daß sich durch Auszählen der Frequenz über der Fahrzeit auch ein Maß für den zurückgelegten Weg ergibt. Aus dem Funktionsprinzip folgt schon, daß bewegte Teile im Reflexionsraum zur Verfälschung des Signals führen müssen. Das können schleudernde Bodenteile, wogende

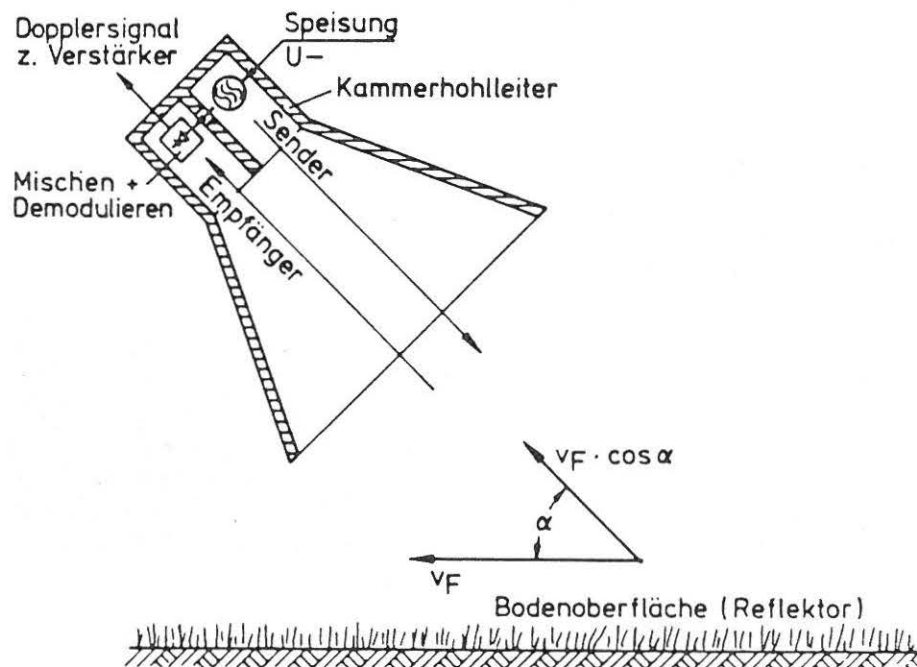


Abb. 1: Aufbau einer Radar-Sender/Empfänger-Kombination mit Doppelkammerhohlleiter und Hornantenne nach [3]

*) Dr. Hans Stanzel leitet das Meßlabor der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik.

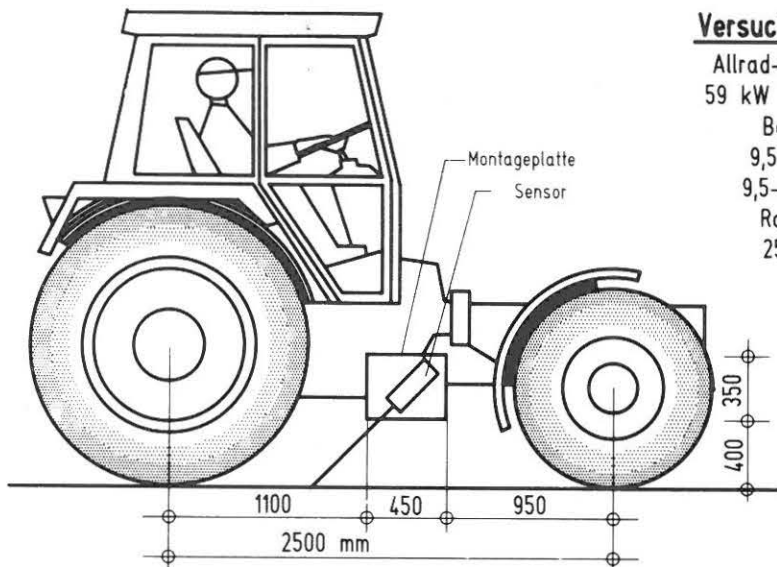


Abb. 2: Traktor zur Erprobung verschiedener Wegsensoren nach Demmel 1988

Pflanzenbestände oder auch das Reifenprofil sein, das dem Strahlbereich zu nahe kommt. Vom Traktor erzeugte Schwingungen, die den Sensor anregen, wirken ebenfalls als Störgrößen, so daß bei der Platzierung der Geräte und der Anbringung am Traktor sehr sorgfältig vorgegangen werden muß. Die bisher übliche Anbringung seitlich am Traktorrumpf und mit Strahlrichtung nach vorne provoziert zwangsläufig Fehler beim Stillstand des Traktors und bei bewegten Pflanzen, beispielsweise bei der Einarbeitung von Gründüngung. Ziel unserer Bemühungen sollte aber gerade der Einsatz der Radarsensoren bei allen möglichen Fahrbahnverhältnissen sein. Dazu mußte von den Herstellerempfehlungen zur Platzierung der Geräte erheblich abgewichen werden. Als einzig möglicher Einbauplatz für schwierige Einsätze ergibt sich der Raum zwischen den Reifen der rechten Traktorseite, 40 bis 60 cm über Grund und bei Anstellwinkeln, die im Bereich von 45 bis 70° nach hinten weisen. Nur dann kann das Strahlenbündel auch bei hohem Pflanzenbestand den festen Boden der Fahrspur erreichen und Nickbewegungen des Traktors führen nur zu kleinen Aufweitungen der Reflexionsflächen (Abb. 2).

Eignung und Genauigkeit der Sensoren wurden in Fahrversuchen unter Praxisbedingungen untersucht. Die Messungen erfolgten über den Oberflächen: trockener Asphalt, kurzes Klee gras, geschlossener Kartoffelbestand, Getreidestoppeln, Winterweizen mit 75 cm Wuchshöhe. Die Messungen liefen über 400 cm lange Fahrstrecken, die mit Lichtschrankenreflektoren begrenzt waren. Als Meßgröße diente die Anzahl der Impulse über der Meßstrecke sowie die benötigte Fahrzeit, die sich über die Lichtschrankensteuerung exakt ermitteln ließ. Parameter für die Fehler der Meßergebnisse waren die mittleren Impulsraten je Meter Fahrstrecke und ihr relativer Fehler (Tab. 1). Diese Tabelle – ein Auszug aus umfangreicheren Untersuchungen – erlaubt eine Beurteilung der Sensoren beim Einsatz unter schwierigen landwirtschaftlichen Bedingungen:

Sensor 1, ein Ultraschallsensor in preiswerter Ausführung, ist in seiner jetzigen Form für den landwirtschaftlichen Einsatz unge-

Versuchsfahrzeug:

Allrad-Geräteträger
59 kW Motorleistung
Bereifung:
9,5-32 vorn
9,5-48 hinten
Radstand.
2500 mm

eignet. Zum einen zeigt er bei allen Versuchsvarianten den größten Fehler, zum anderen hat er auf Asphaltfahrbahn keine Funktion.

Sensor 2, ein ausgereiftes Radargerät, zeigt einen relativen Fehler von 2,8 % mit einer auffallend geringen Streuung. Da seine Impulsrate je Meter Fahrstrecke nur geringe Abweichungen aufweist, empfiehlt sich dieser Sensor für den landwirtschaftlichen Einsatz besonders.

Sensor 3, ein Radargerät mit relativ kurzer Entwicklungsgeschichte, kann als der exakteste Sensor im Versuch bezeichnet werden. In fast allen Versuchsvarianten, außer im Winterweizen bei niedriger Fahrgeschwindigkeit, besaß er den niedrigsten relativen Fehler. Mit den Impulsraten reagierte er jedoch etwas auf die verschiedenen Bestandsarten. Dies führte zuletzt bei gemeinsamer Auswertung aller 146 Messungen zu einem relativ hohen Fehler von 4,2 %.

Sensor 4, ein neu entwickeltes Ultraschallgerät, weist bei den Versuchsvarianten geringe Fehler mit 2,8 % auf, die einhergehen mit einer sehr kleinen Veränderung der mittleren Impulsraten. Dieses Gerät ist jedoch in seiner jetzigen Form durch den hohen Preis und einen hohen Leistungsbe-

darf von 50 W für den praktischen Einsatz noch nicht empfehlenswert.

Insgesamt zeigten die Versuche, daß die neuartigen Geschwindigkeitssensoren durchaus in der Lage sind, für Regelungszwecke stabile Führungsgrößen auch unter diesen schwierigen Einsatzbedingungen zur Verfügung zu stellen.

Daß daneben frühere Unarten wie Impulsabgabe im Stillstand oder Auslöschung der Signale auf glatten und nassen Fahrbahnen und bei hohen Fahrgeschwindigkeiten abgestellt wurden, kommt ihrem breiteren Einsatz entgegen. Allerdings müssen die Traktorenhersteller noch erhebliche Anstrengungen für die optimale Platzierung der Radarsensoren an jedem einzelnen Traktortyp unternehmen.

Sensoren für Gewichtsermittlung und Kraftmessung

Eine ähnliche Aufgabe zur Bereitstellung von neuen Führungsgrößen für Steuer- und Regelaufgaben kommt mit der Anwendung von elektrischen Kraftsensoren auf den Traktor zu. Das erste System, das in den letzten fünf Jahren schlagartig Verbreitung in höheren Leistungsklassen gefunden hat, ist die elektrohydraulische Hubwerksregelung EHR, die mit einem Lagesensor für die Hubwerkstellung und zwei Zugkraftsensoren zwei Führungsgrößen für die verschiedenen Anforderungen der Arbeitstiefensteuerung benötigt. Die Kraftsensoren sind Meßbolzen, die die Unterlenker des Krafthebers mit dem Traktorrumpf verbinden. Sie geben bei horizontalem Zug ein kraftproportionales Signal ab, das dem Steuergerät zugeführt wird. Das hier seit 1978 eingesetzte magnetoelastische Scherkraftprinzip zeichnet sich durch Überlastfestigkeit und niedrigen Preis aus. Mit Meßfehlern von 8 % ist es für diese Aufgabe gut geeignet und deshalb bei mehreren Traktorenherstellern serienmäßig im Einsatz.

Für andere, diffizilere Aufgaben kommt dieser Sensor wegen seiner großen Hysterese und Nichtlinearität jedoch nicht in Betracht. Eine solche Aufgabe ist die Gewichtsermittlung angebaute Lasten mit dem Kraftheber.

Hier bieten sich zwei Wege an: einmal die elektronische Druckmessung im statisch be-

Tab. 1: Impulsraten und Fehler von zwei Radar- und zwei Ultraschallsensoren auf unterschiedlichen Fahrbahnen nach Demmel und Muhr 1989

Untergrund/ Bestand Geschwindigkeit	Wiederholungen je Sensor	Mittlere Impulsrate und relativer Fehler ^{x1}							
		Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
		m ⁻¹	%	m ⁻¹	%	m ⁻¹	%	m ⁻¹	%
Asphalt, trocken ~1,7ms ⁻¹ , ~2,5ms ⁻¹ , ~3,5ms ⁻¹	24	Keine Funktion	Keine Funktion	116,0	± 2,2	108,1	± 1,6	123,7	± 1,1
Klee gras, kurz ~1,7ms ⁻¹ , ~2,5ms ⁻¹	16	126,0	± 2,0	117,9	± 1,2	107,1	± 1,0	124,7	± 2,0
Kartoffeln ~1,7ms ⁻¹ , ~2,7ms ⁻¹	16	125,9	± 4,7	118,2	± 2,2	108,6	± 1,8	125,2	± 2,2
Getreidestoppeln ~0,7ms ⁻¹ , ~1,7ms ⁻¹ , ~2,7ms ⁻¹	30	126,2	± 2,9	116,4	± 1,9	106,1	± 1,6	123,8	± 2,3
Winterweizen stehend ~1,1ms ⁻¹ , ~1,7ms ⁻¹ , ~2,5ms ⁻¹ , ~3,4ms ⁻¹	60	122,0	± 5,6	117,0	± 3,0	110,5	± 4,0	126,5	± 2,4
Alle Versuche	146	124,1	± 5,5	116,9	± 2,8	108,6	± 4,2	125,1	± 2,8

Messstrecken 400 cm
^{x1}Spannweite der relativen Fehler = $\pm \frac{\text{Vertrauensbereich (p=95\%) aller Messwerte} - \text{Mittelwert}}{\text{Mittelwert}}$

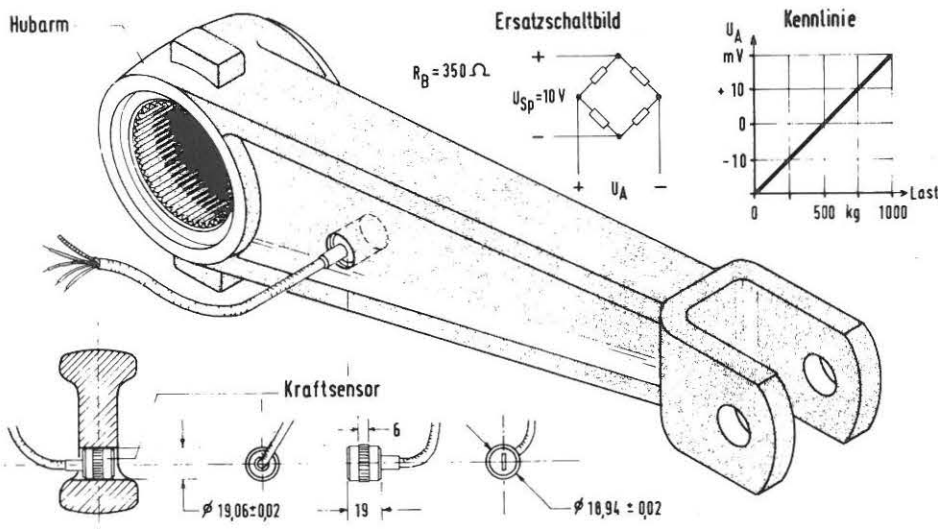


Abb. 3: Kraftsensor-Meßsystem zur Aufnahme der Schubspannungen in den Hubarmen (Stanzel 1988)

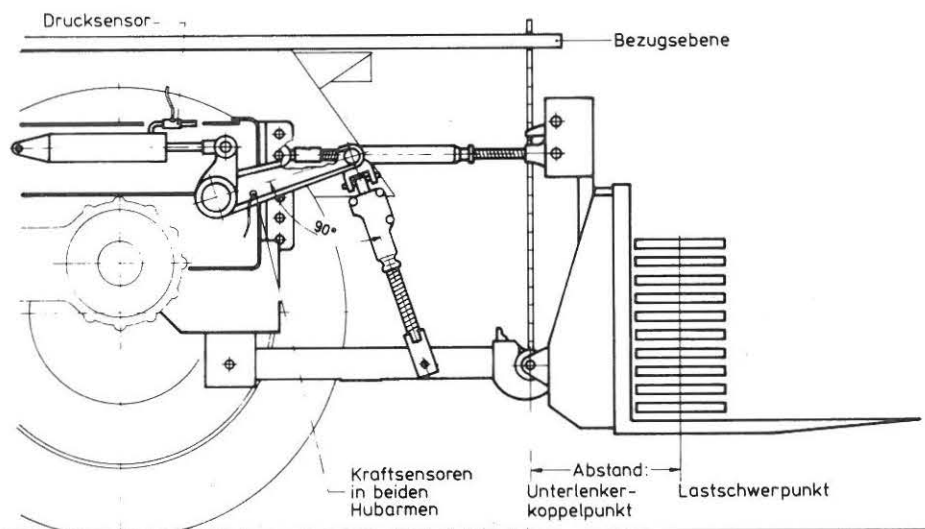


Abb. 4: Positionen der beiden Meßsysteme im Dreipunkt-Kraftheber und Kalibrieranordnung mit Gußgewichten nach Demmel 1988

lasteten Hubzylinder für das Dreipunktgestänge. Dazu wird ein Drucksensor in das mit typisch 10 bis 50 bar beaufschlagte Hydrauliksystem eingebaut, der ein druckproportionales elektrisches Signal abgibt, das in einem linearen Zusammenhang mit der aufgelegten Last steht.

Das andere Prinzip geht von der Annahme aus, daß an allen hochfesten Teilen des Krafthebergestänges streng konstante Spannungs-/Dehnungsverhältnisse vorliegen. Bringt man nun auf solchen Teilen einen Dehnungssensor an, dann erhält man ebenfalls überlastsichere, kraftproportionale elektrische Signale. Für die Praxis tauglichkeit dieser Methode ist jedoch die Verfügbarkeit hermetisch dicht gekapselter und doch ausreichend sensibler Dehnungssensoren erforderlich; daneben aber auch die optimale Platzierung an Stellen homogener Spannungsfelder. Die naheliegende Anwendung von billigen Dehnungsmeßstreifen scheidet in diesem robusten Bereich aus, weil Störungen langfristig nicht auszuschließen sind und diese Teile wegen Überdimensionierung nur winzige Dehnungen aufweisen, die viel zu kleine Signale ergeben. Besser ist der Einsatz neuartiger Schubspannungssensoren, die seit drei Jahren auf dem Markt sind. Diese zylindrischen Körper werden in Bohrungen mit definierendem Untermaß eingepreßt. Sie nehmen

dann über die Mantelflächen die Schubspannungen im Bauteil auf und formen daraus elektrische Signale (Abb. 3).

Wir haben diese Sensoren wegen ihrer Präzision für die Gewichtsermittlung im Dreipunktgestänge eingesetzt und als Meßort beide Hubarme gewählt. Aus einer größeren Meßreihe zur Abschätzung aller Möglichkeiten seien nun diese beiden Prinzipien dargestellt. Die Wiegeversuche erfolgten an einem 63 kW-Traktor. Der Heckkraftheber wurde dazu mit einer Palettengabel ausgerüstet, auf die Gewichtsstücke im Bereich von 100 bis 1000 kg aufgelegt wurden. Um Verspannungen zu vermeiden, lief der Motor, und die Hydraulik wurde in immer gleicher Weise hochgefahren und dann abgesehen auf eine Position, bei der Ober- und Unterenker parallel stehen (Abb. 4).

Diese Prozedur ist sehr wichtig, um Hysteresefehlern aus dem Weg zu gehen. Das Ergebnis der ersten Meßreihe war, daß die elektrischen Signale linear mit der aufgelegten Last ansteigen, was die Arbeit der Folgeelektronik erleichtert. Dabei wurden Fehlerverläufe erzielt, die mit rund 6 kg beim Drucksensorsystem einen gewundenen Verlauf zeigen, während sie beim Kraftsensorensystem mit 3 kg nur halb so groß sind, aber konstant bleiben. Das gilt bei horizontaler Aufstellung des Traktors. Längs- und Querneigungen bis

3 % zeigen keinen Einfluß und erst ab 5 % Neigung ist ein deutlicher Fehleranstieg zu beobachten (Abb. 5).

Die Geometrie des Dreipunktgestänges beeinflusst Signalhöhe und Fehler ebenfalls (Abb. 6). Das Optimum ist bei der oben genannten Wiegeposition gegeben. Größere Wirkung auf das Signal hat jedoch erwartungsgemäß die Schwerpunktverlagerung bei der Last. Unterstellt man beispielsweise beim Mineraldüngerstreuer oder dem Silageblock eine Verlagerungstrecke von 40 cm in Längsrichtung, dann ergibt das beim Drucksensor einen Signalanstieg um fast 10 % und beim Kraftsensor um knapp 7 %. Für eine genaue Gewichtsermittlung ist deshalb die Einhaltung von festen Schwerpunktabständen erforderlich oder aber die kalkulatorische Kompensation dieses Parameters im Bordcomputer.

Ausgehend von den Erfahrungen mit dem ersten System in einem Trac-Schlepper wurde das Konzept der Gewichtsermittlung anschließend in 20 Traktoren mit unterschiedlichen Bauarten und Alter erprobt. Die hier erzielten Fehler bestätigen die älteren Testreihen. Es fällt jedoch auf, daß der Fehler des Drucksensors über dem Lastbereich konstant bleibt und diesmal ähnlich niedrig wie beim Kraftsensorensystem liegt. Allerdings trifft das nur auf moderne Hydrauliksysteme mit EHR zu. Die Traktoren ohne EHR führten zu nur halb so guter Genauigkeit bei auffällig vergrößertem Vertrauensbereich. Eine Erklärung für dieses Phänomen steht noch aus (Abb. 7).

Welche Anwendungen ergeben sich nun für die in den Traktor integrierte Gewichtsermittlung, die um den Bordcomputer ergänzt ist, der zur Steuerung, Anzeige, Tarierung und Registrierung genutzt werden kann? Gedacht wird an die Massenermittlung beim Mineraldüngerstreuen, bei der Aussaat und der Rauhfuttermvorlage. Für solch einen praktischen Einsatz wurde ein Trac-Schlepper mit beiden Wiegesystemen ausgerüstet und zur Ausbringung von 41 t Mineraldünger mit dem Schleuderstreuer ausgerüstet. Dabei wurden 195 Wiegeergebnisse gewonnen. Die Systeme wurden zuvor mit Gewichtsstücken kalibriert und die Düngerwiegeergebnisse mehrfach mit Hängewaagen der Genauigkeitsklasse 0,1 % und einem Wiegerahmen der Klasse 0,5 % verglichen (Abb. 8).

Bei der Fehlerbetrachtung ergibt sich wieder das ursprüngliche Bild wie bei den

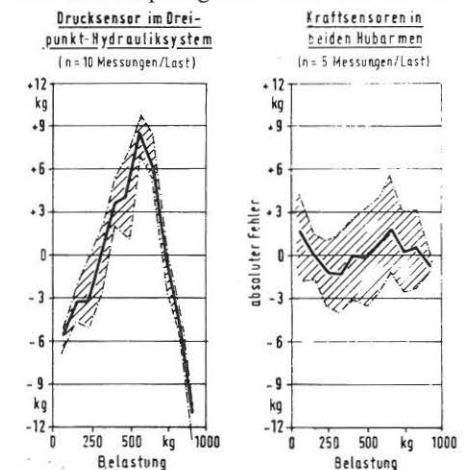


Abb. 5: Mittlere Fehler und Vertrauensbereiche für zwei Wiegesysteme nach Spinnler und Demmel 1987

ersten Testversuchen. Die Fehler beim Drucksensystem sind mit 4 % doppelt so hoch wie beim Kraftsensensystem. Der Fehler bei den Düngermessungen liegt nur wenig über dem der Kalibrierungen.

Der Praxisversuch zeigt, daß diese schnelle, ortsungebundene Wiegemethode bisher ungeahnte innerbetriebliche Kontrollmöglichkeiten mit guter Genauigkeit eröffnet. Zusammen mit einer Radarwegmessung kann der Bordcomputer nämlich die Dosierung auf Teilflächen, bei Berg- und Talfahrt und unterschiedlichen Schlupfbedingungen registrieren und damit den tatsächlichen Nährstoffeintrag aufzeichnen. Die Düngerdosierung und die schnelle Störgrößenausregelung über die Schieberstellung wird damit unabhängig von unrealistischen Abdrehproben im Stand und dem Schätzvermögen des Traktorfahrers.

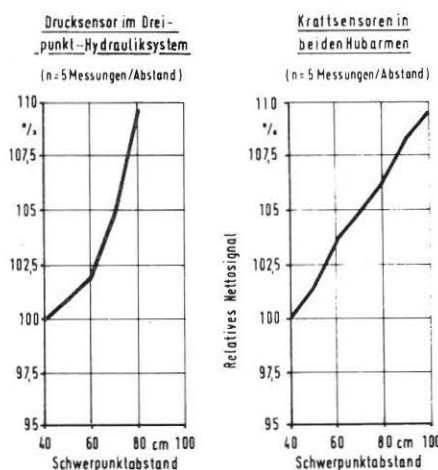
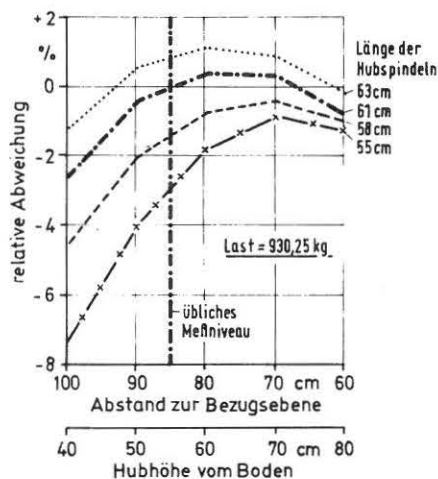


Abb. 6: Einfluß der Hubspindellängen und der Schwerpunktabstände auf die Signalhöhe nach Demmel 1988

Ausblick

Das Kraftsensensystem, das bei diesem Vergleich besser abgeschnitten hat, eröffnet darüber hinaus interessante Anwendungen auch für andere Steuerungszwecke. So wird soeben eine neue Traktorbaureihe am Markt eingeführt, die diesen Kraftsensor für die elektronische Hubwerksregelung benutzt. In Zukunft ist aber auch daran zu denken, daß solche Sensoren in die vier Halbachsen eingebaut werden. Dort erzeugen sie die Führungsgrößen für die Steuerung der Reifendrucke, die Einhaltung der Lenkfähigkeit und der Leistungsverzweigung bei schwerer Zugarbeit. Die heute verwendeten Reifendrucke bemessen sich

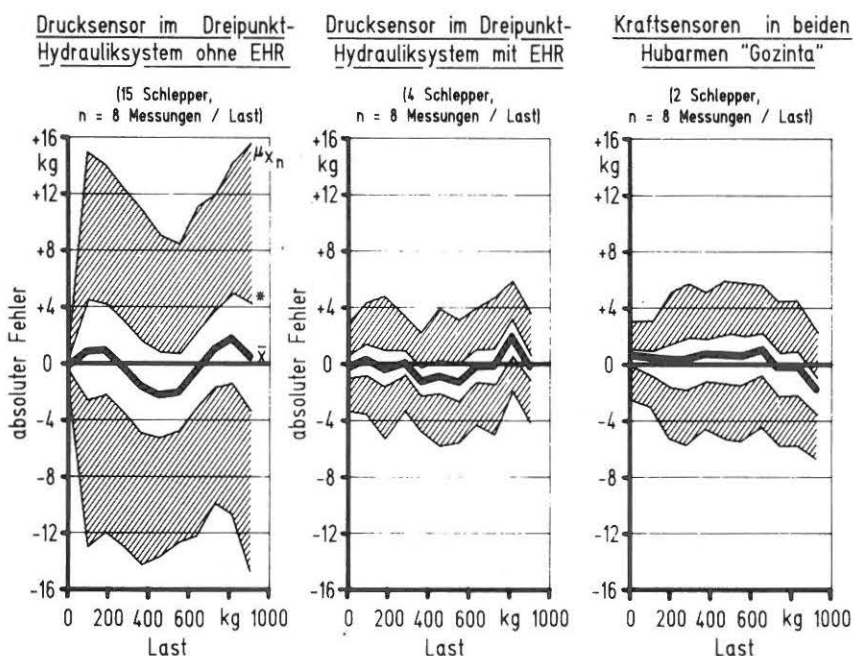


Abb. 7: Fehlerverlauf und Vertrauensbereich bei der Kalibrierung von Drucksensor- und Kraftsensensystemen in verschiedenen Traktoren nach Rottmeier 1989

nach Radlast und Straßenfahrt; für die Zugarbeit im Feld sind sie regelmäßig zu hoch und führen zu vermehrtem Schlupf und hohen Spurverdichtungen. Eine Reifenfüllsteuerung könnte sich den wechselnden Bedingungen von Straßen-, Vorgewende- und Feldfahrt anpassen und Bodenschonung und Reifenlebensdauer verbessern.

Bei schwerer Zugarbeit findet aber auch eine bisher wenig beachtete extrem ungleiche Leistungsverzweigung in die vier Traktorräder statt, die einerseits die Flächenleistung mindert und andererseits Hinterachsen, Furchenräder und Boden hoch belastet. Zum Beispiel führt ein auf 9 t ballastierter 110-kW-Traktor beim Pflügen über 70 kW über die Hinterachse ab, das Furchenrad hat davon allein 45 kW zu übernehmen, die gesamte Vorderachse überträgt jedoch nur 30 kW. Die dabei offensichtliche Überlastung des hinteren Furchenrades und der Hinterachse und die nicht genutzten Kapazitäten der Vorderräder werden heute noch hingegenommen. Anzustreben ist aber in Zukunft eine gleichmäßigere Leistungsver-

zweigung, die sich über eine steuerbare Ballastierung des Traktors und eine Reifendruckregelung erreichen läßt. Kraft- und Wegsensoren sind für diese Steuer- und Regelaufgaben unerlässlich ebenso wie der Bordcomputer, die zusammen den Funktionsbereich von Traktoren in ähnlicher Weise erweitern werden wie damals die Einführung der hydraulischen Kraftanlage vor 30 Jahren.

Literatur

- [1] Mertins, K. H. und H. Göhlich: Fahrgeschwindigkeitsmessung an landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Grundlagen der Landtechnik 33 (1983), H. 1, S. 14 – 20
- [2] Fleming, W. J. und K. A. Kopp: Radar Ground Speed Sensor Accuracy Limits. Firmenschrift TRW Transportation Electronics Group, Farmington Hills, MI/USA (1984)
- [3] Fichtel, H. und O. Balcarek: Vergleichende Untersuchungen von Radargeräten zur Geschwindigkeitsmessung an Landmaschinen. Grundlagen der Landtechnik 36 (1986), H. 3, S. 68 – 73
- [4] Speckmann, H. und G. Jahns: Grundlagen zur Geschwindigkeitsmessung auf fahrenden landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Grundlagen der Landtechnik 36 (1986), H. 3, S. 78 – 86

Fortsetzung Seite 370

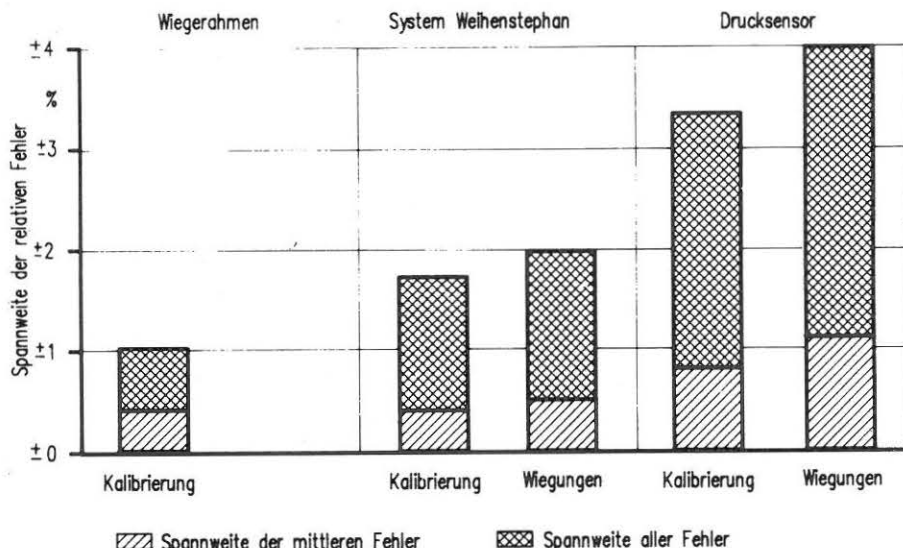


Abb. 8: Spannweiten der mittleren Fehler und der Gesamtfehler bei Kalibrierung und Mineraldüngermessung mit Wiegerahmen, Kraftsensor- und Drucksensorsystem nach Demmel 1988

Technik in der Pflanzenproduktion

Von Manfred Estler

Forschungsarbeiten zur Technik im *Maisanbau* haben in Weihenstephan eine alte Tradition und bilden seit Anfang der 60er Jahre einen der wichtigsten Forschungsschwerpunkte im Bereich „Verfahrenstechnik der pflanzlichen Produktion“. In nahezu allen Verfahrens-Teilbereichen wurden richtungweisende Arbeiten durchgeführt, neue Verfahren zur Praxisreife entwickelt und in umfangreichen Forschungsarbeiten technisch-konstruktive Grunddaten sowie verfahrenstechnische Kennwerte erarbeitet. Besonders hervorzuheben sind Untersuchungen und verfahrenstechnische Weiterentwicklungen von Estler, Grimm, Pfahler und Ringel

- zur Körnermaisernte im Pflückdruschverfahren einschließlich Strohzerkleinerung
- an Einzelkorn-Sämaschinen, die maßgeblich zur Einführung der kalibrierungsunempfindlichen Säsysteme beigetragen haben
- bei erosionsmindernden, bodenstrukturschonenden Bestellverfahren (vor allem der Mulchsaat) und zur mechanischen, den Aufwand an chemischen Wirkstoffen reduzierenden Unkrautbekämpfung
- bei Ernte, Aufbereitung, Konservierung und Verfütterung von Kolbenschroten, insbesondere von Corn-Cob-Mix und Lieschkolbenschrot
- zur Bewältigung der Nachernte-Arbeiten, vor allem der Strohzerkleinerung und Maisstrohsilierung.

Der Sektor gezielte, schlagkräftige, kostengünstige und schonende *Bodenbearbeitung* bildete einen weiteren wichtigen Arbeitsbereich. In mehreren, aufeinander aufbauenden Arbeiten von beispielsweise Knittel, Zeltner und Schönhammer wurden die bodenphysikalischen, maschinen- und verfahrenstechnischen Grundlagen einer modernen Bodenbearbeitung bis hin zur Minimalbestelltechnik unter bevorzugter Verwendung zapfwellengetriebener Bodenbearbeitungsgeräte erarbeitet. Diese Arbeiten schufen eine wesentliche Basis für die

sprunghafte Einführung dieser Techniken in der breiten Praxis.

Heute stehen Forschungsarbeiten im Vordergrund, die ausgehend von den bisherigen wichtigen Forderungen neue Lösungsansätze für eine Reduzierung von Bodenbelastung und -verdichtung, Verminderung des Fahrverkehrs sowie die Optimierung der Technik und Arbeitsverfahren bei Bodenbearbeitung und Feldbestellung zum Ziel haben. Ebenso wichtig sind Arbeiten zu einer raschen und informativen Erfassung und Darstellung von bodenspezifischen Kenndaten. Besonders zu erwähnen sind zukunftsweisende Entwicklungen zur mechanischen Bodenprobennahme und zur Ermittlung der Lagerungsdichte des Bodens.

Geräte- und verfahrenstechnische Untersuchungen zur *Lagerung, Aufbereitung und unterschiedlichen Nutzung pflanzlicher Erzeugnisse* stellen ebenfalls einen traditionellen Schwerpunkt der angewandten Forschung in Weihenstephan dar. Strehler erarbeitete in umfangreichen Untersuchungen die Grundlagen einer leistungsfähigen und schonenden Trocknung von hochfeuchten Maiskörnern, entwickelte geeignete Trocknungsanlagen (etwa Wagentrocknung) und untersuchte moderne Lösungen zur Körnerfrucht Lagerung und -förderung. Heute gewinnt die Produktion von Pflanzen als Rohstoffbasis und Energieträger erheblich an Bedeutung. Bei den Forschungsarbeiten stehen technische Fragen von der Produktion von Energiepflanzen (zum Beispiel Massengetreide mit Korn und Stroh, Schilfarten, Gräser und Material aus Schnellwuchs-Holzplantagen) bis hin zur

energetischen Umsetzung im Vordergrund. Mit diesen Pflanzenarten lassen sich Energiewerte/ha und Jahr erreichen, die einem Gegenwert von 4000 bis 10 000 l Öl entsprechen.

Einen weiteren wichtigen Schwerpunkt stellt die energetische Nutzung von Pflanzenöl (vorwiegend Raps) und von Zuckerrhirs dar. Untersucht werden Produktion, Abpreßmethoden, Lagerfähigkeit, Verhalten als Kraftstoff in verschiedenen Aufbereitungsformen, daneben werden Motortests mit unterschiedlichen Motorbauformen durchgeführt.

Die Entwicklung von Geräten und Maschinen für die Mechanisierung des *Feldversuchswesens* hat zu international anerkannten Erfolgen geführt. Neue Parzellensägeräte sowie Parzellenvollernter für Grünfutter und Silomais konnten in Zusammenarbeit mit Züchtern und Maschinenherstellern entwickelt werden und haben verbreiteten Eingang in die Praxis gefunden. Daneben erfolgt eine verstärkte Zuwendung zur Mechanisierung des Anbaues und der Ernte von Heil- und Gewürzpflanzen.

Einen letzten Schwerpunkt bildet seit Jahren die *Technik im Gartenbau*. Hier sind sowohl grundlegende als auch entwicklungstechnische Arbeiten von Kromer, Kleisinger und Labowsky hervorzuheben, die sich in der Hauptsache im Feldgemüsebau verdient gemacht haben. Wichtige Teilgebiete waren die Erntetechnik bei Einlegegurken, die Folienlegetechnik und die Wurzelgemüseernte. Neue Arbeiten befassen sich mit Anzuchtverfahren von Gemüsejungpflanzen und mit der Pflanztechnik.

Fortsetzung von Seite 369

- [5] Spinnler, R.: Untersuchungen über Wiegemöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthydraulik. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 1987
- [6] Auernhammer, H., M. Demmel und H. Stanzel: Wiegemöglichkeiten in der Schlepperdreipunkthydraulik. Landtechnik 43 (1988), H. 10, S. 414 – 418
- [7] Auernhammer, H., H. Stanzel und M. Demmel: Praxisversuche mit drei Wiegeeinrichtungen in der Schlepperdreipunkthydraulik. Bericht Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 1988
- [8] Demmel, M., T. Muhr und H. Auernhammer: Untersuchungen zum Einsatz von Radar- und Ultraschallsensoren zur berührungslosen Weg- und Geschwindigkeitsermittlung in der Landwirtschaft. Bericht Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 1989
- [9] Muhr, T.: Vergleich von berührungslos arbeitenden Geschwindigkeitssensoren für die Landwirtschaft. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik, Freising-Weihenstephan, 1989



Maisanbau und -ernte gehören seit jeher zu den Weihenstephaner Forschungsbereichen.

Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik bei veränderten Rahmenbedingungen

Von Manfred Estler*)

Veränderte Rahmenbedingungen in wichtigen Bereichen der Pflanzenproduktion haben bewirkt, daß Verfahren und technische Lösungen für einen integrierten Pflanzenbau intensiv diskutiert und neue Ansätze erarbeitet werden. Die Technik für Bodenbearbeitung und Bestellung kann dabei nicht isoliert betrachtet werden, sondern ist auf flankierende Maßnahmen aus anderen Bereichen angewiesen, wenn die angestrebten Ziele sicher und nachhaltig erreicht werden sollen.

Changed general conditions in important sections of plant production have caused procedures and technical solutions for integrated plant production to be discussed intensively and new approaches worked out. Tillage and planting technology cannot be regarded as separate procedures, but as supporting measures to make the goals strived for safe and lasting.

Die Fragen, welches ist die richtige Form der Bodenbewirtschaftung, mit welcher Gerätetechnik kann eine moderne Bodenbearbeitung und Feldbestellung durchgeführt werden, welche Auswirkungen verursachen moderne Bodenbewirtschaftungssysteme, werden derzeit sehr intensiv und oft auch konträr diskutiert. Daß hierzu keine einheitliche Meinung vorliegt, hat verschiedene Ursachen:

- Das sehr unterschiedliche Angebot gerätetechnischer Lösungen.
- Die Auswirkungen auf Boden, Pflanzenwachstum und Ertrag sind oftmals nicht oder nur unzureichend bekannt.
- Der Vergleich von Aufwand und Erfolg ist wegen fehlender Daten oft nicht möglich.
- Die derzeitige agrarpolitische und betriebswirtschaftliche Situation veranlaßt viele Betriebe, neue Bodenbewirtschaftungsverfahren und damit verbundene Maschineninvestitionen zurückhaltend zu beurteilen.
- Die Betriebe müssen damit rechnen, daß der Übergang auf ein neues Bodenbewirtschaftungssystem veränderte Maßnahmen in allen Bereichen der Gesamtproduktion erfordert.

Die Aufgaben und Ziele der Bodenbearbeitung und Feldbestellung haben sich in den letzten Jahren nicht grundlegend geändert, aber erheblich erweitert. In einer modernen Bodenbewirtschaftung muß versucht werden, alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, die Nährstoffversorgung, den Pflanzenschutz und den Einsatz der Technik, aber auch die ökonomischen Auswirkungen im Sinne eines „integrierten Pflanzenbaues“ sorgfältig aufeinander abzustimmen. Mehr denn je kommt es dabei darauf an, Verfahren anzuwenden, die optimal auf Standort und Fruchtart abgestimmt sind und auch die Erhaltung der Umwelt berücksichtigen.

Aus dem Jahre 1950 stammt ein Ausspruch von Herrn Prof. Dr. Römer: „Bearbeite den Boden nicht nur im Schweiße des Angesichts, sondern mit neuen Gedanken“. Dieses Motto ist heute noch oder wieder hochaktuell. Denn der Übergang auf neue Formen und Techniken der Bodenbewirtschaftung

erfordert auch eine entsprechende gedankliche Auseinandersetzung mit den sich ändernden Situationen im landwirtschaftlichen Betrieb.

Überblick über aktuelle Bodenbewirtschaftungssysteme

In der Vergangenheit war eine oft verwirrende Vielfalt von Bezeichnungen für die verschiedenen Bodenbewirtschaftungssysteme zu verzeichnen. Ein Expertengremium hat vor kurzem einen neuen Gliederungsvorschlag erarbeitet, der am Beispiel des Getreidebaues die Arbeitsabschnitte und den Ablauf der Arbeitsvorgänge für die drei zentralen Bodenbewirtschaftungssysteme enthält.

Ausschlaggebend ist dabei, daß der landwirtschaftliche Betrieb in der Regel nicht permanent nach einem dieser Systeme wirtschaftet, sondern je nach Fruchtart und Standort wahlweise konventionell oder konservierend arbeitet.

Beim *konventionellen* Bodenbearbeitungssystem handelt es sich um eine bekannte und seit langem eingeführte Technik. Die Wirkung auf Boden und Pflanzenwachstum ist infolge des langjährigen Einsatzes ziemlich genau abzuschätzen. Es besteht jedoch ein

deutlicher Trend, neue oder weiter entwickelte Techniken konsequent einzusetzen. Ein typisches Beispiel hierfür stellt die Verwendung von Pflügen mit variabler Arbeitsbreite dar. Mit dem Einsatz dieser neuen Pflugbauformen sollen erhebliche Vorteile und erweiterte Einsatzmöglichkeiten erreicht werden: etwa volles und gleichmäßiges Auslasten der Schleppermotorleistung bei wechselnden Einsatzbedingungen; exaktes Einstellen des erforderlichen Tiefen-

Breiten-Verhältnisses und damit Beeinflussung des Arbeitseffektes; Anpassen der Furchenbreite an die Schlepper-Reifenbreite; Zeiteinsparung beim Auspflügen unregelmäßig geformter Felder; Verringerung der Transportbreite bei vielscharigen Pflügen.

Innerhalb des konventionellen Bodenbearbeitungssystems besteht derzeit ein deutlicher Trend zum Übergang von getrennt und einzeln ablaufenden Arbeitsgängen zu einer konsequenten Zusammenfassung von Arbeitsgängen in Kombinationsmaschinen. Dadurch soll eine generelle Reduzierung des Aufwandes erreicht werden. Das Zusammenfassen aller Arbeitsgänge für Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung und Saat in einer kombinierten Maschine ist nur auf leichten Böden möglich und bleibt daher auf Einzelfälle beschränkt.

Ein aktuelles Verfahren: Konservierende Bodenbearbeitung

Dieses Verfahren ist im wesentlichen durch zwei Grundgedanken gekennzeichnet: Die Pflanzenreststoffe von Vor- und Zwischenfrüchten verbleiben nahe oder auf der Bodenoberfläche. Daneben soll die übliche, oft sehr hohe Bodenbearbeitungsintensität reduziert werden, wobei gegebenenfalls eine Lockerung mit nicht wendenden Geräten erfolgt.

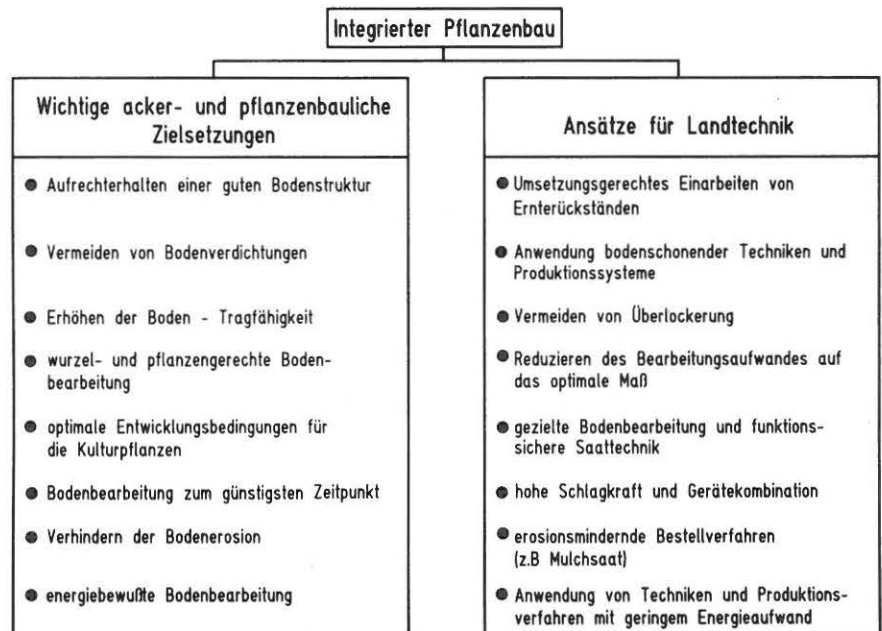


Abb. 1: Wichtige acker- und pflanzenbauliche Zielsetzungen im integrierten Pflanzenbau sowie Ansätze für die Landtechnik

*) Prof. Dr. Manfred Estler betreut am Institut für Landtechnik der TUM Weihenstephan den Bereich „Pflanzliche Produktion“.

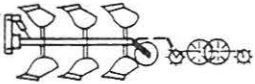
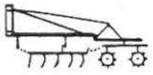


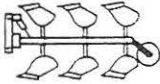
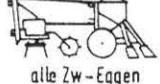


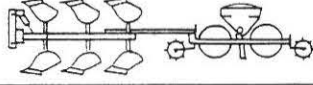
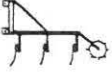
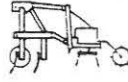
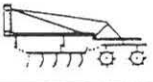









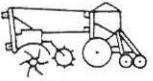
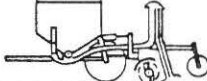

Bodenbearbeitungs-system	Arbeitsabschnitte			Ablauf der Arbeitsgänge
	Grundbodenbearbeitung	Saatbettbereitung	Saat	
Konventionelle Bodenbearbeitung mit Pflug		 		getrennt
		alle Zw-Eggen  	Bodenfräse oder Rotoregge 	reduziert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				alle Arbeitsgänge zusammengefaßt
Konservierende Bodenbearbeitung ohne Pflug mit Schäl-, Kurz- oder Schichten-grubber	 	 	Roll- oder Scheibenschare 	getrennt
	 	v.a. Rotoregge  	Bodenfräse oder Zw-Egge 	reduziert Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
				alle Arbeitsgänge zusammengefaßt
ohne Grubber	—	 		ohne Grundbodenbearbeitung, Saatbettbereitung u. Saat zusammengefaßt
Ohne Bodenbearbeitung Direktsaat	—	—		Anlegen von Säsclitzen

Abb. 2: Übersicht über die Bodenbearbeitungssysteme

Daraus ergibt sich folgende Zielsetzung für dieses Verfahren:

- Erhalten oder Schaffen eines stabilen, gut befahrbaren Bodengefüges durch längere Bodenruhe
- Ausnutzen der bodeneigenen Kräfte und Wirkmechanismen, die Technik soll nur unterstützend wirksam sein
- Durch die auf der Bodenoberfläche liegenden oder nur in einem umsetzungsaktiven Horizont flach eingemischten Pflanzenreste soll deren strukturverbessernde und bodenschützende Wirkung voll ausgenutzt werden
- Möglichst ganzjährige Bodenbedeckung über einem intakten Bodengefüge als vorbeugender Bodenschutz
- Konsequentes Vermeiden einer Überlockerung des Bodens.

Für eine konservierende Bodenbearbeitung bei Flächenkulturen (beispielsweise Getreide) werden unterschiedliche Gerätetechniken angeboten, je nach dem, ob die Bearbeitung in getrennten Arbeitsgängen oder mit einer kombinierten Maschine vorgenommen wird. Bei der Lösung mit getrennten Arbeitsgängen erfolgt die grobe Lockerung des Bodens mit Pfluggrubber, Schälgrubber, Flügelscharrgrubber oder Parapflug, die Nachbearbeitung übernehmen Zapfwellengeräte, vorwiegend mit rotierenden Arbeitswerkzeugen.

Bei den kombinierten Geräten ist zwischen zwei Bauformen zu unterscheiden. In der „aufgelösten Bauweise“ sind die Einzelgeräte in genormten Dreipunkt-Anschlüssen gekoppelt, sie können im Bedarfsfall auch getrennt oder in anderen Kombinationen eingesetzt werden. Als Vorwerkzeuge dienen vorwiegend Kurzgrubber, Paragrubber

und Rüttelgrubber, jeweils in Kombination mit Zapfwelleneggen. Bei den „Kompaktgeräten“ sind die Lockerungszinken meist direkt am Grundrahmen des Zapfwellengerätes angelenkt. Als bevorzugte Kombinationen sind Zinkenrotoren oder Bodenfräsen jeweils in Kombination mit Lockerungsscharen anzusehen, wobei zwischen verschiedenen Scharformen gewählt werden kann und teilweise auch Wechselschare zur Verfügung stehen.

Wenn ausreichend hohe Schleppermotor- und Hubleistungen zur Verfügung stehen, bietet sich der zusätzliche An- oder Aufbau einer Drillmaschine an.

Zielvorstellung sollte sein, aus einer relativ sparsamen gerätetechnischen Grundausstattung möglichst viele Gerätekombinationen mit speziellen Bearbeitungseffekten zusammenstellen zu können. Das Belassen der Pflanzenreste an der Bodenoberfläche oder das relativ flache Ein-













Grundbodenbearbeitung	Pflanzenmulch	Mulchsaat bei Zuckerrüben	
		Verfahren	Gerätetechnik
Sommerpflugfurche oder Grubber-einsatz (nach Bedarf)	vorwiegend abfrierende Zwischenfrüchte (chemische Abtötung nicht erforderlich) oder Strohreste der Getreidevorfucht	Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ganzflächig mit gezogenen oder ZW-Geräten  
		Anlegen von Saatstreifen im Pflanzenmulch	 
	Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Freiräumen eines Saatstreifens  	
	Schlitzsaat	Vorschneid-Scheibenschere oder Doppel-Schneidscheiben  	
		Spezial-Nasenschare  	
	Punktsaat	z.B. Stempelsgerät  	

Abb. 3: Gerätetechnik für die Mulchsaat von Zuckerrüben

mischen in die obersten Bodenschichten hat gravierende Auswirkungen auf die Saattechnik. Ohne Zweifel ist der Pflugeinsatz auch heute noch deshalb so weit verbreitet, weil das tiefe Einbringen der Pflanzenreste einen störungsfreien Einsatz der Geräte für Saatbettbereitung und Aussaat gewährleistet. Bei konservierender Bodenbearbeitung zu Flächenkulturen ist es zwingend erforderlich, Säsysteme und vor allem Scharformen zu verwenden, die auch bei Vorhandensein von Pflanzenresten eine ordnungsgemäße Einbettung des Saatgutes in den Boden gewährleisten.

Dies hat zu neuen Lösungen, nicht nur bei den Scharformen oder Ablagevorrichtungen (Rollschare, mehrreihige Scharanordnung, Saatguteinleitung in oder unter den abfließenden Erdstrom), sondern auch im Hinblick auf den technischen Aufbau der Sämaschinen (bevorzugte Verwendung des pneumatischen Säprinzips und von Aufbau-Sämaschinen) geführt.

Mulchsaat für Reihenfrüchte

Aufgrund der speziellen pflanzenbaulichen und produktionstechnischen Bedingungen ist bei Reihenfrüchten die Bodenoberfläche oftmals über längere Zeitspannen hinweg schutzlos den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Es besteht daher eine erhöhte Gefahr

von Bodenstruktur- und Feldaufgangsproblemen durch Verschlämmung und Verkrustung der Bodenoberfläche, aber auch von Bodenerosionen mit meist irreparablen Verlust von wertvollem Ackerboden.

Die Mulchsaat stellt einen wesentlichen Teilbereich und Baustein im Gesamtkonzept einer „konservierenden Bodenbearbeitung“ dar und ist geeignet, die vorgenannten Probleme zu vermeiden.

„Mulchsaat“ bedeutet, daß als Pflanzenmulch entweder die Pflanzenreste der (Getreide-) Vorfrucht auf dem Feld belassen oder ein gezielter Anbau von abfrierenden oder winterharten Zwischenfrüchten durchgeführt wird. Durch diese Pflanzenmulchdecke erfolgt im darauffolgenden Frühjahr die Aussaat der Reihenfrüchte.

Für die Mulchsaat bei den verschiedenen Reihenfrüchten stehen bereits mehrere praxiserprobte Gerätelösungen mit unterschiedlicher technisch-konstruktiver Ausstattung zur Verfügung. Prinzipiell ist zu unterscheiden zwischen

- Mulchsaat mit Saatbettbereitung
- Mulchsaat ohne Saatbettbereitung.

Bei der Mulchsaat mit Saatbettbereitung werden die Pflanzenreststoffe vor oder zugleich mit der Aussaat der Reihenfrüchte flach eingearbeitet. Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen in einer besseren Bo-

denerwärmung und Abtrocknung im Saathorizont. Außerdem wird die Bodenkapillarität unterbrochen und es erfolgt bereits eine erste mechanische Unkrautbekämpfung. Bei einer Mulchsaat ohne Saatbettbereitung verbleiben dagegen die Mulchpflanzen auf der Bodenoberfläche, die Aussaat der Reihenfrüchte erfolgt „direkt“ durch die Pflanzenmulchdecke ohne ganzflächige Saatbettbereitung. Diese Methode gewährleistet die meisten Vorteile hinsichtlich Aufbau und Stabilisierung der Bodenstruktur, Schutz gegen Wasser- und Winderosion sowie Vermeiden von Verdichtungen beim Befahren der Felder.

Die für die Aussaat von Eng-Reihenfrüchten (etwa Zuckerrüben) oder Weit-Reihenfrüchten (Mais, Sonnenblumen) angebotene Gerätechnik ist schematisch in den folgenden Darstellungen zusammengestellt (Abb. 3 und 4).

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen läßt sich eine Zuordnung der verschiedenen Saatverfahren und Gerätelösungen zu speziellen Standortbedingungen vornehmen. Eine Mulchsaat mit ganzflächiger oder streifenförmiger Saatbettbereitung ist besonders geeignet für schwer bearbeitbare, langsam erwärmbare und dicht lagernde oder durch das Befahren verdichtete Böden. Sie eignen sich außerdem für Flächen mit sehr

Der Garant: einfach besser!

Garant für saubere Aufnahme

Mit verwindungsweicher Pick-up, Aufnahmebreite 1650 mm, Zinkenabstand 55 mm, schlepperhydraulisches Ausheben über 2 Hydraulikzylinder, Aus- und Einschaltautomatik für Pick-up und Ladeaggregat.

Garant für optimale Futterschonung und enormen Ladeschwung

Vorbildliche Futterschonung ähnlich wie beim Rechenkettenförderer – Extrem flachliegende, superstabile Kurvenscheibe mit nachlaufenden Steuerhebeln, 3 bzw.

4 ungeteilte Förderschwingen für hohe Ladeleistung.

Garant für den exakten Schnitt

Bis zu 33 Messer auf zwei Ebenen (17 oben, 16 unten), zentral ein- und ausschwenkbare Schneidwerke ab LW 430 a.W. auch hydraulisch.

Garant für die bequeme Messervorwahl

Ruck-zuck-Einstellung der Schnittlänge durch bequeme Messervorwahl mit Schwenkhebel: 0-5/17/21/33 Messer. Schnittlängen 230/76/

38 mm. Jedes Messer läßt sich zusätzlich einzeln und ohne Werkzeug auswechseln.

Garant für höhere Sicherheit

Noch zuverlässiger schützt die neue patentierte Trimatic-Einzelmesserabsicherung. Die Messer werden selbsttätig zurückgestellt.

Garant für eine bequemere Wartung

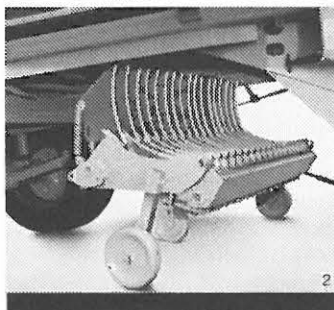
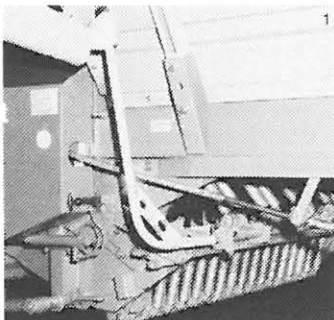
Komplett ausfahrbares Schneidwerk: durch Schnellverschluß und einsteckbare Tragräder. Automatische

Kratzbodenspannvorrichtung.

Garant mit funktionssicherer Bordhydraulik

Eine eigene Bordhydraulik steuert den hydraulischen Kratzbodenantrieb (LW 430 und 435 auf Wunsch, LW 435 G Garant serienm.). Vorteil: unabhängig von der Schlepperhydraulik, keine Verschmutzungs- oder Ölmengethprobleme, Bedienung über elektrohydraulisches Schaltpult.

- 1 Bequeme Messervorwahl mit Schwenkhebel
- 2 Komplett ausfahrbares Schneidwerk



Karl Mengele & Söhne, Maschinenfabrik + Eisengießerei
GmbH & Co., 8870 Günzburg, Tel. 08221/93-00

Grundbodenbearbeitung	Pflanzenmulch	Mulchsaat bei Mais		
		Verfahren		Gerätetechnik
Sommerpflugfurche oder Grubberinsatz (nach Bedarf)	abfrierende Zwischenfrüchte oder winterharte Zwischenfrüchte (chemische Abtötung vor der Saat erforderlich) oder Pflanzenreste der Vorfrucht	Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ganzflächig mit rotierenden ZW-Geräten	getrennte Arbeitsgänge mech. oder pneum. Sämaschine
			Streifenförmig mit Streifenfräse oder Zinkenrotor	Arbeitsgänge kombiniert mech. oder pneum. Sämaschine
		Mulchsaat ohne Saatbettbereitung	Schlitzsaat	DT-System Vorsatz-Schneidscheibe Nasenschar
			Punktsaat	z.B. Stempelsäuger
ohne Grundbodenbearbeitung		Mulchsaat mit Saatbettbereitung	ganzflächig mit Breitsaat-Bodenfräse	Bodenfräse mit Breitsaat-Sämaschine

Abb. 4: Gerätetechnik für die Mulchsaat von Mais

massigem Zwischenfruchtaufwuchs, weniger erosionsgefährdete Lagen, Standorte, auf denen das Stabilisieren der Bodenstruktur vorrangig ist, sowie für verunkrautete Felder. Dagegen hat die Mulchsaat ohne Saatbettbereitung einen bevorzugten Anwendungsbereich bei günstigem Zustand des Bodens im Saathorizont, brüchigem, gut abgetrocknetem Pflanzenmulch, spuren- und verdichtungsfreier Bodenoberfläche und in besonders erosionsgefährdeten Lagen.

Schonende Bodenbewirtschaftung

Auftretende Bodenstrukturprobleme haben in der Regel ihre Ursache in einer zu hohen Intensität der Bodenbearbeitungsmaßnahmen sowie in dem umfangreichen Fahrverkehr innerhalb der verschiedenen Produktionssysteme. Durch Belastung, Beanspruchung und Verdichtung werden Veränderungen im Bodengefüge hervorgerufen, insbesondere hinsichtlich des Gesamtporenvolumens und des Anteils an Grob- und Feinporen. Wenn das für den jeweiligen Bodentyp optimale Porenvolumen und -verhältnis gestört wird, sind gravierende negative Auswirkungen auf das Bodengefüge, das Ablaufen der bodenbiologischen

Prozesse, auf Pflanzenwachstum und Ernteertrag zu befürchten. Hinzu kommen verfahrenstechnische Nachteile: Anstieg des Zugkraftbedarfes, der Schleppermotorleistung, des Arbeitszeitbedarfes sowie der Kosten der Arbeitserledigung.

Eine besondere Bedeutung kommt dabei den Wechselwirkungen zwischen Fahrzeuggesamtmasse und Reifen-Kontaktfläche zu. Eine Betrachtung zur spezifischen Kontaktflächenbelastung (kg zulässiges Gesamtgewicht je cm² Reifenkontaktfläche) bei ausgewählten Fahrzeugen (Abb. 5) läßt erkennen, daß bei Schleppern, selbstfahrenden Feldhäckslern und sechsstufigen selbstfahrenden Zuckerrüben-Köpfrodebunkern eine relativ niedrige Kontaktflächenbelastung vorliegt. Dagegen sind bei Transportfahrzeugen, vor allem, wenn sie eine hohe Nutzlast aufweisen, aber mit kleindimensionierter Bereifung ausgestattet sind, wesentlich ungünstigere Werte zu verzeichnen.

Wesentliche Ansatzpunkte zum Verhindern oder zumindest Reduzieren von Bodenverdichtungen sind in verschiedenen Bereichen zu erkennen. Aus ackerbaulicher Sicht sollten alle Maßnahmen genutzt werden, mit denen eine Stabilisierung der Bodenstruktur und -tragfähigkeit erreicht werden kann (etwa das Vermeiden der Überlockerung des Bodens, Unterstützen der Gefügestabilität durch Einbringen von Pflanzenresten, Förderung der Durchwurzelung und des Bedeckungsgrades). Bei den geräte- und verfahrenstechnischen Maßnahmen ist neben einer sinnvollen Reifenauswahl, dem Fahren auf der Bodenoberfläche bei der Grundbodenbearbeitung und der gezielten Verwendung von Gerätekom-

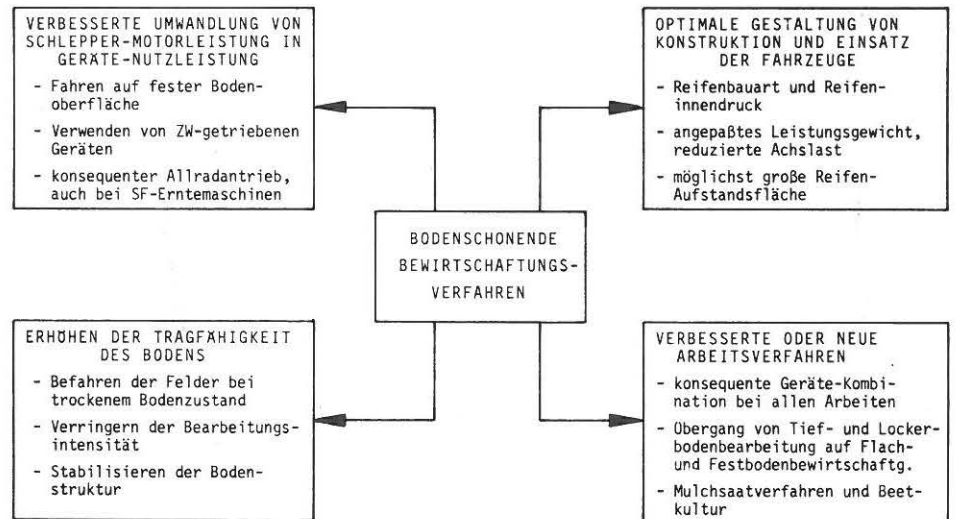


Abb. 6: Möglichkeiten einer bodenschonenderen Bewirtschaftung

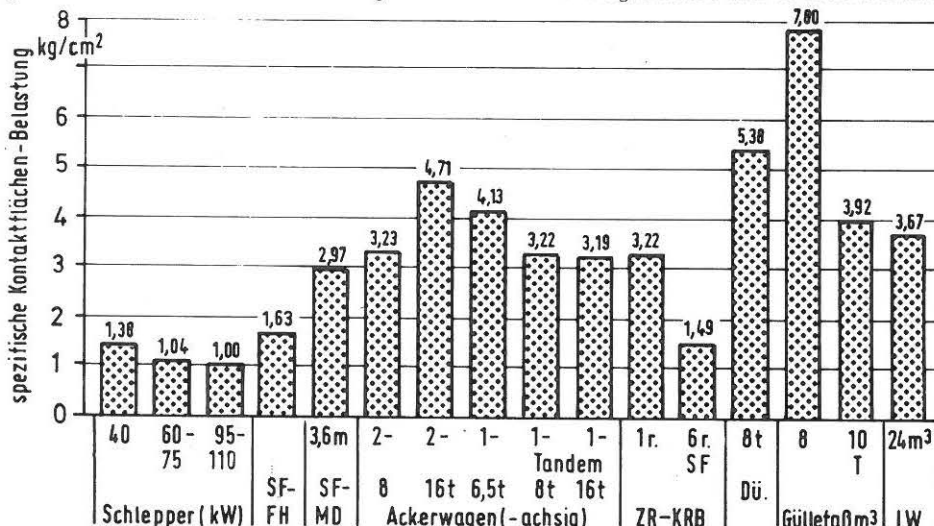


Abb. 5: Zulässiges Gesamtgewicht kg/cm² Reifenkontaktfläche bei ausgewählten Fahrzeugen

binationen vor allem auf ein generelles Verringern des Fahrverkehrs hinzuweisen. Außerdem sollten die erforderlichen Bearbeitungsmaßnahmen vor allem in Zeitspannen durchgeführt werden, in welchen eine möglichst geringe Druckempfindlichkeit des Bodens vorliegt.

Insgesamt sind vier wesentliche Bereiche von Ansatzpunkten festzuhalten, die eine bodenschonende Bewirtschaftung sicherstellen können (Abb. 6).

Ausblick

Viele produktionstechnische Maßnahmen, vor allem aus dem Bereich der konventionellen Bodenbewirtschaftung, stehen heute angesichts veränderter Rahmenbedingungen im Kreuzfeuer einer kritischen Diskussion. Tatsache ist jedoch, daß eine vielseitige, flexible und gezielte Bodenbewirtschaftung nicht ohne ein gewisses Maß an Boden-

bearbeitungsmaßnahmen und damit auch an Einsatz technischer Hilfsmittel auskommen kann.

Künftig wird es darauf ankommen, im Sinne einer integrierten Pflanzenproduktion neue Ansätze zu verfolgen. Deren Ziel ist es, alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen, Nährstoffversorgung und Pflanzenschutz, Einsatz der Technik bei Bodenbearbeitung und Bestellung, aber auch die ökonomischen Auswirkungen sorgsam aufeinander abzustimmen.

Mehr denn je kommt es darauf an, Verfahren anzuwenden, die sorgfältig auf den jeweiligen Standort abgestimmt sind, eine schonende Bodenbewirtschaftung gewährleisten, einen geringen Aufwand und geringe Kosten verursachen, aber auch aktuelle Umweltaspekte nachhaltig berücksichtigen.

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet

- [1] Estler, M.: Verfahrenstechnische Lösungen zur Verminderung der Bodenerosion. Landtechnik 42 (1987), H. 3, S. 118–119, H. 4, S. 166–170
- [2] Estler, M. und C. Sommer: Stand der Technik, Entwicklungstendenzen und Forschungsbedarf bei der Mulchsaatechnik für Zuckerrüben und Mais. In: „Bodenbearbeitungs- und Bestellsysteme in der Diskussion“, KTBL-Arbeitspapier 130 (1989), S. 17–31
- [3] Hauter, D.: Bodenbearbeitung und Bestandesführung im integrierten Pflanzenbau aus der Sicht der Praxis. – In: „Bodenbearbeitung und Bestandesführung im integrierten Pflanzenbau“, KTBL-Arbeitspapier 133 (1989), S. 65–78
- [4] Heege, H. J.: Anforderungen an die Saatgutablage. – In: „Bodenbearbeitung und Saat“, VDI-Schriftenreihe, H. 3, (1986), S. 55–76
- [5] Isensee, E.: Untersuchungen mit verschiedenen Maschinen und Arbeitsverfahren. In: „Bodenverdichtungen“, KTBL-Schrift 308 (1986), S. 105–118
- [6] ● Köller, K.: Bodenbearbeitung mit und ohne Pflug. – KTBL-Schrift 301 (1985)
- [7] Schmidt, D. und F. Tebrügge: Stand der Technik, Entwicklungstendenzen und Forschungsbedarf bei der Sätechnik „Mulchsaat von Getreide“. – In: „Bodenbearbeitungs- und Bestellsysteme in der Diskussion“, KTBL-Arbeitspapier 130 (1989), S. 32–47
- [8] Seifert, V. und H. Seufert: Auswirkungen verschiedener Fahrwerke (Dreirad) und Schlepperbereifungen auf das Bodengefüge. – In: „Bodenverdichtungen“, KTBL-Schrift 308 (1986), S. 119–136
- [9] Sommer, C., M. Zach und M. Dambroth: Konservierende Bodenbearbeitung aus pflanzenbaulicher Sicht. – In: „Bodenbearbeitung und Saat“, VDI-Schriftenreihe, H. 3 (1986), S. 47–54
- [10] Sommer, C. und M. Zach: Bodenverdichtungen und deren Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag. – In: „Bodenverdichtungen“, KTBL-Schrift 308 (1986), S. 73–88
- [11] Tebrügge, F.: Systemvergleich unter landtechnischen Aspekten. – In: „Bodenbearbeitung und Saat“, VDI-Schriftenreihe H. 3 (1986), S. 23–34
- [12] Zach, M. und C. Sommer: Gezielte Bodenbearbeitung im Hinblick auf Ertragssicherheit und Bodenschutz. – In: „Bodenbearbeitung und Bestandesführung im integrierten Pflanzenbau“, KTBL-Arbeitspapier 133 (1989), S. 7–20

Bodendruckmessungen bei der Einbettung von Gemüsejungpflanzen mit teilmechanischen Pflanzmaschinen

Von Martin Geyer und Manfred Estler, Weihenstephan*)

Die Einbettungsqualität von Pflanzmaschinen ist mit ausschlaggebend für den Erfolg gepflanzter Kulturen. Die Einbettungswerkzeuge sind Furchenschar, Pflanzenablegevorrichtung und Druckrollen. In der vorliegenden Arbeit wird der Einfluß der Druckrollen untersucht.

Mit Hilfe eines Drucknehmers ist es möglich, die beim Pflanzvorgang in der schließenden Furche auftretenden Druckkräfte kontinuierlich aufzuzeichnen.

Die Einflußfaktoren auf den Sondendruck sind das Rollengesamtgewicht, die Rollenbreite, der Rollendurchmesser, der Anstellwinkel zur Senkrechten, der Rollenabstand und die Meßtiefe. Zunehmendes Rollengesamtgewicht, größerer Anstellwinkel und abnehmende Rollenbreite steigern den Druck in der Furche. Der Rollendurchmesser hat nur geringen Einfluß auf den Druck am Pflanzort.

The transplanting quality of vegetable seedlings by semiautomatic transplanters is of prime importance for the success of a transplanted crop. With the help of a special pressure-sensor, it is possible to measure the soil pressure in the closing furrow, which is influenced by the parameters of the press wheels. Summarizing the results of the experiments demonstrated, it is possible to influence the pressure on the rootball by changing the weight, the angle and the width of the press wheels. There is only a small influence by changing the diameter.

Ein beachtlicher Anteil der Gemüseanbaufläche in der Bundesrepublik Deutschland wird durch Pflanzung bestellt. Hierbei zeigt sich, daß in den letzten Jahren eine steigende Nachfrage nach teilmechanischen, ökonomisch und ergonomisch günstigen Pflanzverfahren herrscht. Langfristig geht der Trend in Richtung vollautomatischer Pflanzverfahren [3].

Letztlich hat jedoch für den wirtschaftlichen Erfolg einer gepflanzten Kultur nicht allein die benötigte Anzahl an Akh/ha bei der Pflanzung einen Einfluß, sondern auch der Kulturerfolg, also der Ertrag und die Frühzeitigkeit einer Kultur. Der Kulturerfolg wird bei gepflanzten Gemüsekulturen in

erster Linie vom Anwacherfolg bestimmt. Neben einer Vielzahl anderer auf den Anwacherfolg einwirkender Faktoren kommt der Pflanzmaschine und ihrer Einbettungsqualität eine entscheidende Bedeutung zu.

Für eine optimale Einbettung soll der Wurzelballen in der dem Anzuchtverfahren und der Pflanzenart entsprechenden Tiefe, senkrecht und in gleichmäßigem Abstand abgelegt werden. Durch Umschließen des Wurzelballens mit feuchter, feinkrümeliger Erde und Andrücken derselben wird der Bodenschluß erzeugt, der für die Wassernachlieferung aus tieferen Bodenschichten benötigt wird. Über die Höhe der bei der Einbettung wirkenden Druckkräfte am Wurzelballen und deren Richtung in Abhängigkeit von den Druckrollen liegen bisher keine Erkenntnisse vor.

Einbettungswerkzeuge

Grundlegend sind die Einbettungswerkzeuge bei allen teilmechanischen Pflanzmaschinen für Jungpflanzen aus kleinvolumigen Anzuchtverfahren (sogenannte Containerjungpflanzen) ähnlich ausgeführt. Das Pflanzschar öffnet die Furche, über die teilmechanische Pflanzenablage wird die Jungpflanze in die Furche eingeführt und durch die Druckrollen wird die Furche geschlossen sowie der Boden um den Wurzelballen angedrückt (Abb. 1).

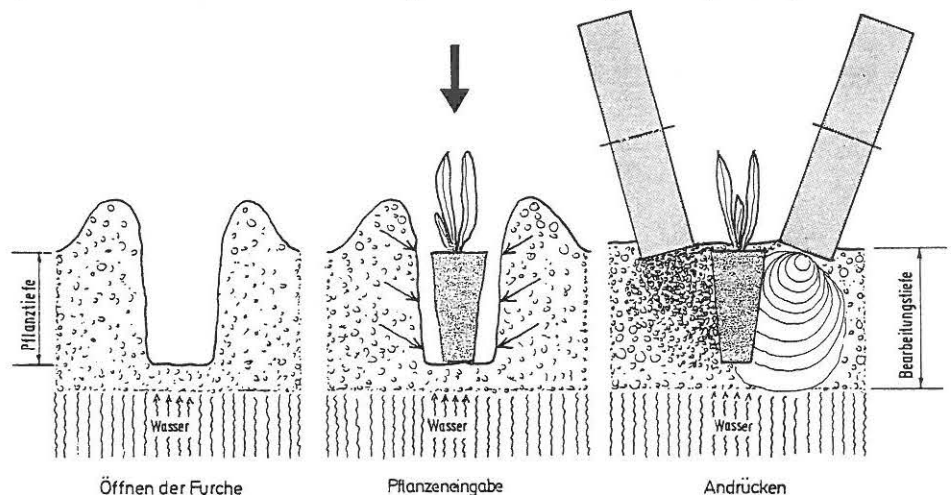


Abb. 1: Einbettungsvorgang von Jungpflanzen

*) Dipl.-Ing. agr. Martin Geyer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Landtechnik in Weihenstephan. Er betreut die Abteilung Technik im Gartenbau.

Prof. Dr. Manfred Estler leitet am selben Institut die Abteilung Verfahrenstechnik in der Pflanzlichen Produktion.

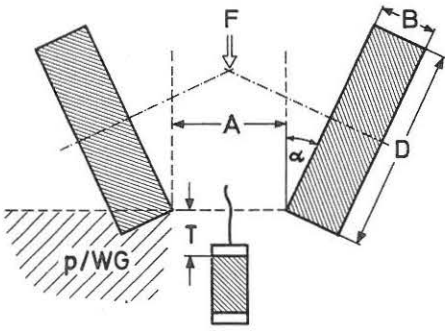


Abb. 2: Veränderbare Druckrolleneinstellungen

Die Pflanzschare unterscheiden sich in ihrer Funktion kaum von den Scharen der Einzelkornsäuger oder der Kartoffellegemaschinen. Die Aufgabe der Scharschneide ist es, eine Furche (Pflanzrille) mit rechteckigem Furchenquerschnitt zu bilden. Die seitlichen Leitbleche verhindern das vorzeitige Zurückrutschen der Furchenböschungen, so daß der Jungpflanzenballen noch in die ausgeräumte Furche abgelegt werden kann. Die Pflanzschare sollten den Anforderungen nach gleichmäßiger Tiefenführung, geringem Bodenaushub und -horizontdurchmischung und geringem Zugkraftbedarf gerecht werden.

Die Pflanzenablage in die offene Furche kann bei teilmechanischen Pflanzmaschinen nach drei grundlegend unterschiedlichen Verfahren erfolgen und zwar:

- mit Klemmfingern, Klemmscheiben oder Schnappgreifern
- durch freien Fall in das Schar und Ausstoßen in die Furche mit Hilfe eines Stempels
- durch freien Fall auf die Furchensole und senkrecht Ausrichten der Jungpflanzen mit Führungselementen

Die Ablage in die Furche soll ohne Beschädigung der Jungpflanzen, senkrecht, in der gewünschten Tiefe und in gleichmäßigem Abstand erfolgen.

Die Druckrollen haben neben dem Schließen der Furche und dem Andrücken der Jungpflanze zur Erzielung des benötigten Bodenschlusses die Aufgabe, das Pflanzaggregat am Boden abzustützen und die Tiefenführung des Schares zu steuern. Durch den Anstellwinkel der Druckrollen wird der vom Schar rechts und links der Furche aufgeworfene Boden erfaßt und in Richtung der Furchenmitte verdichtet. Zusätzlich übernehmen die Druckrollen bei Pflanzmaschinen ohne Zentralantrieb den Antrieb der Einbettungswerkzeuge.

Die gerätetypischen Parameter der Druckrollen sind deren Gewicht F , die Rollenbreite B , der Rollendurchmesser D , das Lauf-

flächenprofil, der Anstellwinkel α (Druckrichtung) und der Abstand A der Rollen zueinander (Abb. 2). Die gebräuchlichen Rollendurchmesser liegen zwischen 30 cm und 60 cm, die Rollenbreiten zwischen 4 cm und 10 cm und die Anstellwinkel zwischen 6 und 25 Grad. Das Gewicht F , welches beide Druckrollen gemeinsam auf den Boden übertragen, setzt sich gerätespezifisch zusammen aus dem Pflanzmaschinengewicht F_P , gegebenenfalls dem Gewicht der Pflanzperson F_{AP} (typenbedingt), vermindert um das Gewicht (F_S), welches vom Schar auf dem Boden abgestützt wird, und vermindert um das Gewicht (F_A), welches über die Aufhängung am Pflanzrahmen (typenbedingt) abgestützt wird. Die Gleichung lautet:

$$F = F_P + F_{AP} - F_S - F_A \quad (1)$$

Die Druckrollen verhalten sich bodenmechanisch wie starre, frei rollende oder gebremste Räder. Sie verursachen im Boden vertikale Druck- und horizontale Schubspannungen. Aufgrund ihres Anstellwinkels ist das Druckspannungsfeld in Richtung Furche verschoben.

Druckerfassung in der Furche

Die Messung der Höhe des Bodendruckes beim Furchenschluß verlangt ein spezifisches Meßverfahren. Bolling [1] beschreibt ausführlich verschiedene Möglichkeiten der Bodendruckbestimmung, wobei aufgrund der Anforderungen Kompromisse eingegangen werden mußten.

- Der Drucknehmer soll in Form und Maßen den Wurzelballen kleinvolumiger Jungpflanzenanzuchtverfahren entsprechen.
- Die Messungen sollen mit wenig Arbeits- und Zeitaufwand durchführbar sein.
- Die Drucksonde soll unempfindlich gegen Scherungen und Verwindungen sein.
- Die Meßwerterfassung soll kontinuierlich während der gesamten Einbettung möglich sein.
- Schräge Einbettung soll einen möglichst geringen Meßfehler hervorrufen.
- Mehrere Drucknehmer sollen hintereinander in einem Versuchsdurchlauf einzusetzen sein.

Wegen der zylindrischen bis schwach konischen Form der Wurzelballen, die beim Pflanzvorgang an ihrer gesamten Hüllfläche Druck- und Schubspannungen ausgesetzt sind, wurde ein hydraulisches Meßverfahren gewählt. Als Membran wurde ein Silikon Schlauch mit 2,2 cm Außendurchmesser, 3,0 cm Länge und einer Wandstärke von

0,1 cm eingesetzt. Zur Stabilisierung und Fixierung der Silikonmembran und zur Aufnahme der Druckmeßdose (Meßbereich 0 bis 350 mbar) dient ein gedrehter Messingkörper (Abb. 4). Der von Membran und Messingkörper umschlossene Raum ist wassergefüllt und kann über die Befüll- und Entlüftungsschraube luftfrei befüllt werden. Die Sonde entspricht in ihrem mechanischen Verhalten nicht dem Substratballen, da sie nur plastisch aber nicht elastisch verformbar ist. Wegen der räumlichen Ausdehnung der Sonde und der Lasteinleitung über die ganze Kontaktfläche mit dem Boden wird die Summe der Spannungen in x- und y-Richtung aufgezeichnet. Da in dem wassergefüllten Raum nach den Gesetzen der Hydrostatik nur ein Druck herrschen kann, wird dieser Mitteldruck gemessen. Die Steifigkeit der Silikonmembran wird vernachlässigt.

Die Meßsignale werden von der Druckmeßdose über Spannungsgeber und Datalogger an das Datenerfassungsgerät weitergeleitet, gespeichert und im Drucker ausgeplottet. Die maximale Meßfrequenz beträgt acht Daten pro Sekunde. Die Aufnahme einer Eichkurve zur Zuordnung von Meßsignal und Druck erfolgte in einer Druckkammer mit Quecksilbermanometer im Meßbereich von 10 bis 350 mbar.

Versuchsdurchführung

Die grundlegenden Untersuchungen wurden in der Bodenhalle der DEULA, Freising, unter definierbaren Bedingungen gemacht. Beim Boden handelt es sich um einen sandigen Lehm (18 % Ton, 45 % Schluff, 34 % Sand, 3 % Kies), welcher wegen des häufigen Befahrens und Bearbeitens kaum Aggregatgefüge besitzt. Vor jeder Messung wurde der Boden gefräst, eingeebnet und mit einer Walze verdichtet. Die Bodendichte und der Wassergehalt wurden nach jeder Messung kontrolliert. Die Durchführung der Meßreihen erfolgte mit einem schleppergezogenen, eigens für die Einbettungsmessungen entwickelten Pflanzaggregat. Furchenschar und Druckrollen waren unabhängig von einander parallelgrammgeführt, um eine gegenseitige Beeinträchtigung durch Abstützung am Boden auszuschließen. Als Schar wurde ein Einzelkornsärschar mit parabelförmiger Schneide gewählt, welches aufgrund seiner Bauweise den gewünschten Anforderungen gerecht wird. Die Druckrollen waren in bezug auf Gewicht, Breite, Durchmesser, Winkel und Rollenabstand stufenweise verstellbar (Abb. 2).

Die Fahrgeschwindigkeit des Pflanzaggregates betrug einheitlich bei allen Messungen

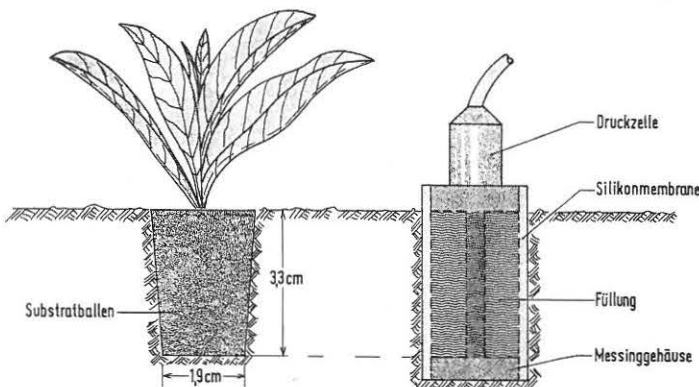


Abb. 3: Größenvergleich zwischen Jungpflanzenballen und Drucksonde

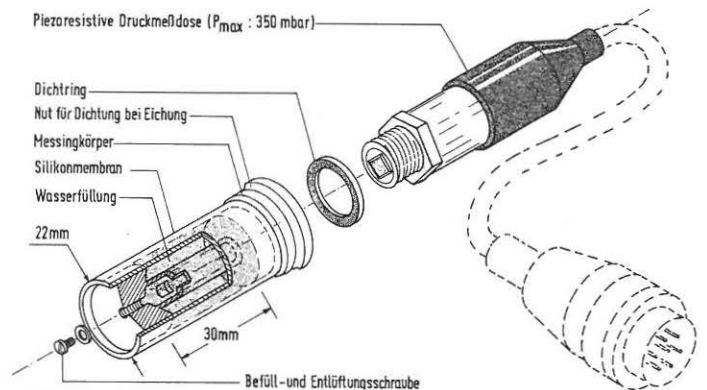


Abb. 4: Aufbau der Drucksonde



Die nächste Ernte kommt bestimmt

und dann braucht die Landwirtschaft starke Traktoren

Schlüter baut seit 25 Jahren die bärenstarken Schlepper. Das bedeutet für den Kunden 25 Jahre Erfahrung bei Entwicklung, Konstruktion und Produktion für bärenstarke Traktoren von 100 PS bis 300 PS, immer mit den gleichen ideenreichen Konstrukteuren und mit den gleichen erstklassigen Fachkräften.

Das garantiert dem Kunden ein Produkt, dessen Technik und Qualität zu jeder Zeit an der Spitze des Fortschritts steht.

Das Ergebnis ist: die bärenstarken Schlüter-Großtraktoren haben die weltweit gewünschten, großvolumigen 6- und 8-Zylinder-Konstantleistungsmotoren mit 7,4 l - 9,8 l und 12 l-Hubvolumen, mit 30% Drehmomentanstieg, mit besonders hohen Drehmomentkräften schon im unteren Leistungsbereich, und deswegen mit einem minimalen Kraftstoffverbrauch.

Die bärenstarken Schlüter-Groß-

traktoren haben auch die optimale Getriebe- und Fahrtechnik mit druckknopfgesteuerter, elektrohydraulischer Lastschaltung in jedem Gang bis 200 PS oder die 3-fach-Lastschaltung über 200 PS bis 300 PS. Im Leistungsbereich von 90 PS bis 165 PS gibt es auch Fahrgeschwindigkeiten bis 50 km/h.

Die bärenstarken Schlüter-Großtraktoren haben je nach Bedarf hydraulische Hubkräfte bis 8400 kg hinten und bis 3500 kg vorne und können über die Zapfwelle hinten die volle Motorleistung und über die Zapfwelle vorne bis 150 PS übertragen.

Dazu gibt es auch auf Wunsch die Einhebel-Bedienung für 2 bis 5 Steuergeräte sowie die elektronisch betätigte Kraftheberregelung der neuesten Generation.

Die bärenstarken Schlüter-Großtraktoren haben alle die weltweit einmalige, hydraulisch kippbare

Super - Silence - Großraumkabine mit breiten Schiebetüren links und rechts und können auf Wunsch mit einem drehbaren Fahrerstand für Vorwärts- und Rückwärtsfahrt sowie mit Klimaanlage, Bordcomputer und Radar-Schlupfregelung geliefert werden.

Ein besonders großer Vorteil besteht darin, daß diese bärenstarken Schlüter-Großtraktoren mit der exklusiven Spitzentechnik und der international anerkannten Spitzenqualität die einzigen starken Schlepper dieser Art sind, die in der Bundesrepublik Deutschland mit deutschen Fachkräften entwickelt, konstruiert und produziert werden.

Der an die Zukunft seines Traktors denkende Käufer wird dieses „Made in Germany“ besonders schätzen.

Seit 25 Jahren macht uns bei den bärenstarken Traktoren keiner was vor - höchstens nach!



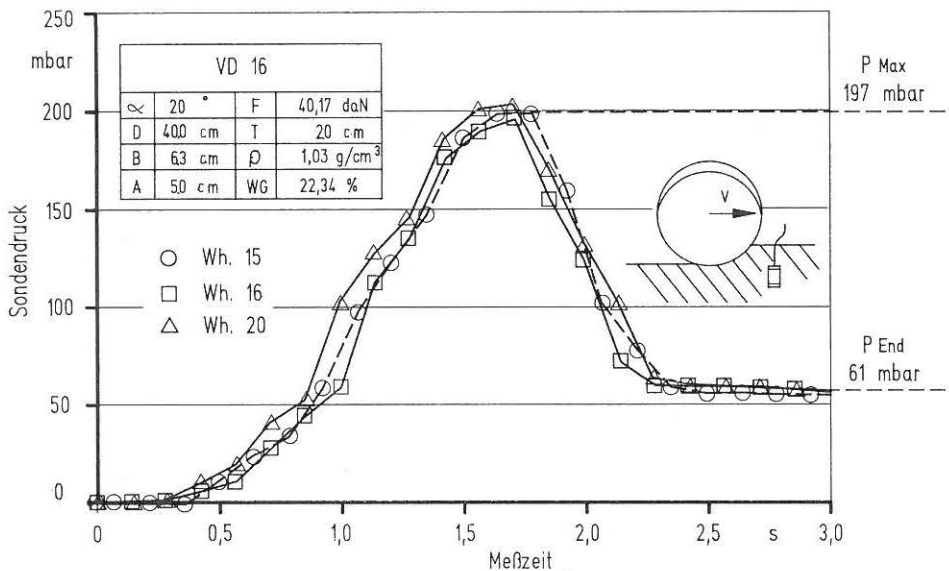


Abb. 5: Druckverlauf an der Drucksonde während der Einbettung

0,5 km/h. In die vom Schar geöffnete Furche wurde der Drucksensor mit Hilfe eines Führungsgestelles senkrecht durch Einstechen in die Furchensohle eingebracht. Die Tiefenführung (Abstand Spuroberkante zu Oberkante der Meßmembran) wurde über die Scharoberkante gesteuert.

Meßergebnisse

Der Verlauf des Sondendruckes P während des Einbettungsvorganges ist in Abbildung 5 dargestellt. Der Sondendruck ist über der Meßzeit aufgetragen. Der Druckverlauf beginnt bei 0 mbar, wenn der Drucksensor in die Furche gegeben wird; er erreicht sein Maximum P_{Max}, wenn die Druckrollenachse dem Drucksensor am nächsten ist. Nach einem steilen Druckabfall wird der verbleibende elastische Druck P_{End} gemessen, welcher für eine längere Zeit konstant bleibt.

In den folgenden vier Darstellungen werden einige vorläufige Ergebnisse der Druckmessungen in der Furche vorgestellt. Bei den aufgezeichneten Sondendrücken handelt es sich nur um Relativwerte, die keine direkte Aussage über den Grad der Verdichtung in der Furche zulassen.

Druckrollengesamtgewicht F

Den Einfluß des Druckrollengesamtgewichtes F auf den Pflanzdruck in der Furche zeigt Abbildung 6. Auf der x-Achse ist F in Stufen von 20 daN zwischen 22,3 und 80 daN aufgetragen. Die y-Achsen beschreiben den Sondendruck in einer Meßtiefe T von 2 cm. Den maximalen Sondendruck P_{Max} beschreibt die linke Skala in einem Meßbereich zwischen 0 und 400 mbar. Der Enddruck P_{End} richtet sich nach der rechten Skala in einem Meßbereich von 0 bis 200 mbar; die Symbole sind geschlossen gezeichnet. Die weiteren, konstant gehaltenen Parameter sind angegeben.

Die stufenweise Gewichtserhöhung führt zu einer signifikanten Druckerhöhung von 91,9 auf 409,5 mbar an der Sonde. Der Enddruck wird weniger beeinflusst durch die Gewichtszunahme, wobei ebenfalls signifikante Unterschiede zu verzeichnen sind. Hier führt eine Gewichtserhöhung von 22,3 auf 80 daN zu einer Druckerhöhung von 34,8 auf 100,5 mbar.

Im untersuchten Belastungsbereich liegen annähernd lineare Zusammenhänge vor,

obwohl mit steigender Belastung die Spurtiefe und damit die Rollenaufstandsfläche ebenfalls steigen. Ein schwach degressiver Verlauf wäre zu erwarten gewesen. Dieses Verhalten mag darauf zurückzuführen sein, daß eine verhältnismäßig geringe Bodenbelastung vorliegt. Der in den Untersuchungen errechnete mittlere Kontaktflächendruck zwischen Boden und Druckrollen erreichte maximal 0,5 bar.

Druckrollenbreite B

Durch eine Veränderung der Rollenbreite B ist es möglich, den Druck am Ballen bei konstantem Druckrollengesamtgewicht entscheidend zu verändern. Die Verdoppelung der Rollenbreite von 4,2 auf 8,4 cm führt bei 40 cm Durchmesser zu einer Reduzierung des maximalen Sondendruckes von 382 mbar auf 217 mbar. Der Enddruck geht zurück von 103 mbar auf 53 mbar (Abb. 6). Die starke Abnahme des Sondendruckes bei Zunahme der Druckrollenbreite ist unter anderem auf die Vergrößerung des Abstandes zwischen den Druckzentren unter den Rollen und der Furche zurückzuführen.

Druckrollendurchmesser D

In Abbildung 7 wird das Verhalten des Sondendruckes bei 30, 40 und 50 cm Durchmesser und einer Rollenbreite von 8,4 cm bei einer Zunahme des Rollengesamtgewichtes von 20 auf 80 daN vorgestellt. Wie zu Anfang beschrieben, besteht dieselbe, direkte Abhängigkeit zwischen Sondendruck und Rollengesamtgewicht. Dagegen wird durch die Änderung des Druckrollendurchmessers kein signifikanter Unterschied im Sondendruck zwischen 30, 40 und 50 cm Durchmesser erreicht (Abb. 7). Tendenziell ist durch eine Durchmesserergrößerung eine Reduzierung des maximalen Sondendruckes zu erzielen. Für P_{End} ist keinerlei Einfluß des Durchmessers festzustellen.

Anstellwinkel α

Abbildung 8 zeigt den Sondendruck, aufgetragen über dem Anstellwinkel für Rollenbreiten von 4,2, 6,3 und 8,4 cm bei einem konstanten Rollengesamtgewicht von 41,6 daN.

Die Änderung der Druckrichtung von 10 auf 30° Anstellwinkel verursacht eine Verdoppelung des Maximal- und Enddruckes bei allen drei untersuchten Rollenbreiten. Ein deutlicher Sprung ist zwischen 20° und 30° Anstellwinkel zu verzeichnen. Diese überproportionale Zunahme ist auf horizontal wirkende Scherkräfte zurückzuführen.

Schlußbetrachtung

Mit Hilfe der beschriebenen Drucksonde ist es möglich, Druckspannungen am Pflanzort in der Furche zu bestimmen. Der Sondendruck ist direkt abhängig vom Druckrollengesamtgewicht, der Druckrollenbreite und der Druckrichtung. Der Einfluß des Druckrollendurchmessers ist unbedeutend.

Ergänzende Untersuchungen werden durchgeführt, um den Einfluß des Druckrollenabstandes und der Meßtiefe zu bestimmen. Außerdem liegen, zur ausführlichen Diskussion der Ergebnisse, parallel zu den Sondendruckversuchen Spurtiefenmessungen und Druckstempelversuche vor.

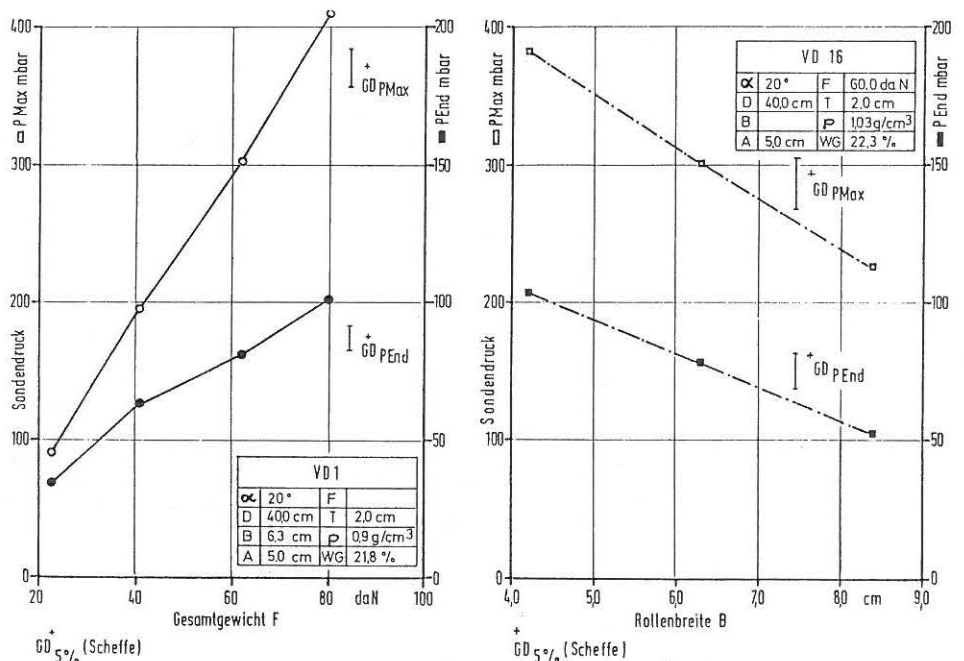


Abb. 6: Sondendruck in Abhängigkeit vom Druckrollengesamtgewicht F und der Druckrollenbreite B

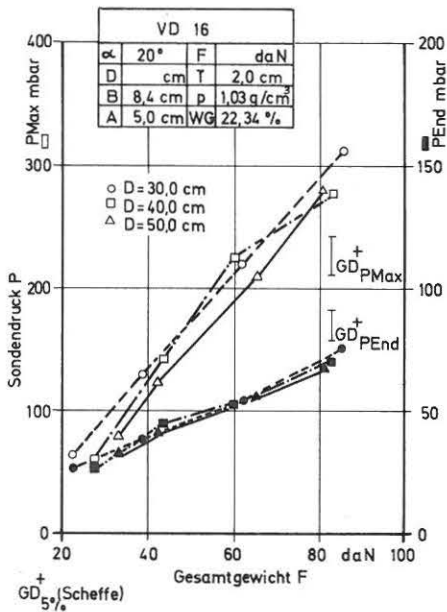


Abb. 7: Sondendruck in Abhängigkeit vom Druckrollengesamtgewicht F und vom Druckrollendurchmesser D

Mit den gewonnenen Ergebnissen soll es möglich werden, eine bessere Wertung der Pflanzmaschinen in Bezug auf ihre Einbettungsqualität durchzuführen.

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet

- [1] ● Bolling, I.: Bodenverdichtung und Triebkraftverhalten bei Reifen – Neue Meß- und Rechenmethoden –. Dissertation, Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG), München, 1987
- [2] ● Kanafojski, C.: Dünge-, Sä- und Pflanzmaschinen. VEB Verlag Technik Berlin, Reihe Landmaschinentechnik, 1967
- [3] Labowsky, H.-J.: Neuheiten aus Liempde 1989 Gemüse 25 (1989), S. 338 – 341
- [4] Petkov, T. und R. Trajanov: Untersuchungen über den Prozeß der Furchenschließung bei Pflanzmaschinen. Farm Machinery, Vol. XV, Nr. 5, Sofia 1978
- [5] Söhne, W.: Das mechanische Verhalten des Ackerbodens bei Belastungen unter rollenden Rädern sowie bei der Bodenbearbeitung. Grundlagen der Landtechnik 1 (1951), H. 3, S. 87 – 94
- [6] Söhne, W.: Die Kraftübertragung zwischen Schleppeireifen und Ackerboden. Grundlagen der Landtechnik 2 (1952), H. 2, S. 75 – 87

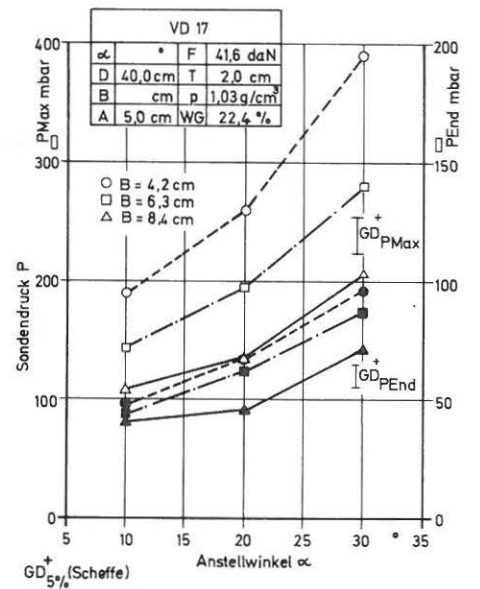
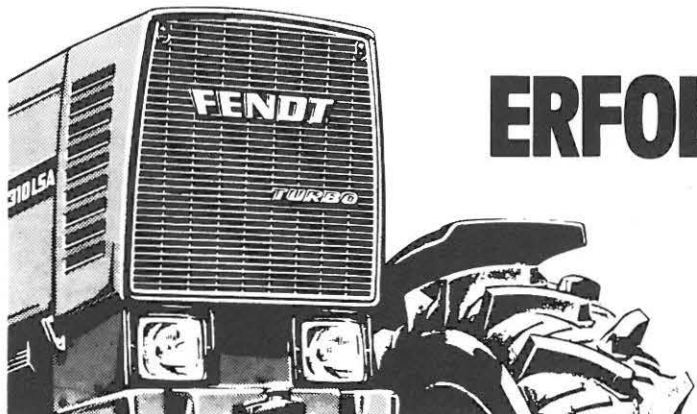


Abb. 8: Sondendruck in Abhängigkeit vom Anstellwinkel α und von der Druckrollenbreite B



ERFOLG DURCH TECHNIK

Die Fendt-Unternehmensgruppe mit Werken in Marktoberdorf, Kempten und Asbach-Bäumenheim zählt zu



den größten Traktorenanbietern in der Bundesrepublik Deutschland. Das Traktorenangebot reicht von 35 PS bis 185 PS. Weiteres Programm: Kommunalfahrzeuge, Gabelstapler, Caravans, Textilmaschinen.

FENDT
XAVIER FENDT & CO · 8952 MARKTOBERDORF

Technik in der Tierhaltung

Von Josef Boxberger

Die Lösung von technischen Problemen für den Bereich der Futtergewinnung, der Futtermittelzubereitung, Lagerung und der Tierhaltung hat an der Landtechnik Weihenstephan lange Tradition. Auf die Region abgestimmt und durch den Sonderforschungsbericht 141 „Produktionstechniken der Rinderhaltung“ erheblich unterstützt, lag der Schwerpunkt der Arbeiten bei der Rinderhaltung. Erst in jüngster Zeit konnten auch die Arbeiten auf dem Gebiet der Schweinehaltung wieder verstärkt werden. In begrenztem Rahmen wurden daneben auch kontinuierlich Arbeiten auf dem Gebiet der Technik für die Pferdehaltung durchgeführt.

Einen bedeutenden Arbeitsschwerpunkt bildeten die *Verfahren der Futterernte*. Mit gezielten Messungen wurde systematisch zur Weiterentwicklung von Feldhäckslern und Ladewagen, insbesondere von Zerkleinerungstechniken, beigetragen. Ähnliche Arbeiten wurden mit Pressen, vor allem mit Rundballenpressen, durchgeführt. Das hohe Gewicht der Rundballen machte spezielle Lade- und Einlagerungstechniken erforderlich, die in der Praxis einer ausgedehnten Erprobung unterzogen werden. Arbeiten an Mähauflbereitern haben zur Reduzierung des Wetterrisikos bei der Futterernte beigetragen. Neuere Techniken zur Halmzubereitung befinden sich in der Erprobung. Mit zunehmender Bedeutung der Futterrüben mußten die neuen Ernteverfahren untersucht und gleichzeitig Lösungen für verbesserte Konservierungsverfahren (Silierung, Saftbindung) gefunden werden.

Ziel von Verbesserungsmaßnahmen bei der Silage-Gewinnung in Flachsilos sind hohe Verdichtung bei der Einlagerung sowie verlustfreie und arbeitsparende Entnahme und Verteilung im Stall. Mit ähnlicher Zielsetzung wurden moderne Verfahren der Heugewinnung untersucht und Vorschläge für Heubergehallen mit solargewärmter Luft und erdlastiger Lagerung entwickelt, bei denen Einlagerung und Entnahme mit einfacher, mobiler Mechanisierung durchzuführen sind.

Bei den Untersuchungen zur Verbesserung der *Fütterungstechniken zur Grundfuttervorlage* reicht die Palette der einzelnen Arbeiten von der Einlagerung über die Futtervorlage bis hin zur Freßplatzgestaltung. So konnte das Angebot der Industrie von Blockschneidern bis Fräsmischwagen ständig in die Untersuchungen einbezogen werden. Bezüglich der *Kraftfuttervorlage* richtete sich das Hauptaugenmerk auf die

Entwicklung bei der Abruffütterung von Kühen. In verschiedenen Projektgruppen wurde neben der Technik (Identifizierung, Dosiergenauigkeit) vor allem die Reaktion der Tiere untersucht, um daraus Vorschläge für technische Verbesserungen und Standorte für die Futterstationen entwickeln zu können. Als Alternative und Ergänzung zur Abruffütterung wurde außerdem die Gruppenfütterung untersucht, wobei vor allem die Möglichkeiten der elektronischen Gruppeneinteilung interessierten.

Die Untersuchungen zur *Fütterungstechnik für Schweine* umfaßten vor allem die Dosiergenauigkeit von Flüssigfütterungsanlagen. Exakte Verhaltensregistrierung soll dazu beitragen, die bisher bestehenden Probleme bei der Abruffütterung für Sauen durch Vorschläge zur technischen Verbesserung zu reduzieren.

Die angewandte *melktechnische Forschung* steht im Spannungsfeld zwischen vielfältigen arbeitswirtschaftlichen Forderungen und tiergerechter Funktion: Unter dem Zwang zur Rationalisierung standen zunächst einfache Lösungen der Teilautomatisierung wie „Abschaltautomaten“ oder „automatische Melkzeugabnahme“ im Vordergrund. Daneben verstärkten sich aber Bemühungen zur Verbesserung der Arbeitsweise von Melkmaschinen, da dies ausgeprägte Folgen für die Leistungsbiologie und damit auch die Ökonomie hat. In diesem Zusammenhang sind umfassende Analysen zur Optimierung der Vakuumapplikation ebenso zu nennen wie die erfolgreiche Mechanisierung vollwertiger Vorstimulation mit dem Vibrationsverfahren oder die Mechanisierung des Ausmelkens. In den letzten Jahren kommen verstärkt Arbeiten an Milchmengenmeßgeräten hinzu. Schwerpunktmäßige Zielstellung dabei ist, den Massestrom zu erfassen und damit – ohne Schaumprobleme – exakte Milchmeßkurven in der Praxis aufstellen zu können. Auf der Basis der genannten Projekte ist eine zunehmend tiergemäße Melkarbeit möglich, ohne daß der arbeitswirtschaftliche Fortschritt geopfert wird.

Da die Entwicklung moderner *Haltungsverfahren für Rinder und Schweine* zunächst vorrangig der Arbeitseinsparung und -erleichterung diene, waren Untersuchungen dringend erforderlich, mit deren Hilfe die Anforderungen der Tiere an die Stalleinrichtung bewertet werden konnten. In umfangreichen Bewegungsstudien an Rindern wurden die Freiraumansprüche studiert und Vorschläge für tiergemäße Stand- und

Boxenausführung entwickelt. Mit gleicher Zielsetzung wurde an der quantitativen Erfassung der Anforderungen an Fußböden in Lauf- und Liegebereich gearbeitet.

Gleichrangige Bedeutung wurde aber auch schon seit vielen Jahren dem Problembereich *Stallklima und Emissionen* eingeräumt. Sowohl bei thermischer als auch bei Ventilatorenlüftung galt das Hauptaugenmerk der Zuluftführung und hier vor allem feinverteilenden Systemen (etwa Porenlüftung). Zur Bekämpfung der Stalluftemissionen konnte mit der Weiterentwicklung biologischer Filter in Form von Erdfiltern ein wesentlicher Beitrag zur Umweltentlastung geleistet werden. Ergänzend dazu wurden Untersuchungen zur Stalllufthygiene (UV-Bestrahlung) und zu Fragen der Wirtschaftlichkeit von Stallklimamaßnahmen durchgeführt.

Ein weiterer Arbeitsschwerpunkt bildeten seit jeher die Fragen der *Entmistung und Stallmistverwertung*. So konnten aus den Untersuchungen weiterentwickelte Verfahren der Flüssigentmistung (Rinnenentmistung), Verbesserungen an Pumpen (Pumpstationen) und an Verteileinrichtungen für Gülletankwagen vorgeschlagen werden. Daneben haben Versuche mit verschiedenen Güllebehandlungsverfahren (Belüftung, Biogas-Verfahren, Ozonbehandlung, elektrische Behandlung) Hinweise auf deren Wirksamkeit gegeben.

In den letzten Jahren konnte sich mit fortschreitender Verbesserung der Prozeßtechnik und der zunehmenden Leistungsfähigkeit von Personalcomputern ein neuer Arbeitsschwerpunkt ansiedeln, der in dem Begriff *Management-Systeme* zusammenzufassen ist. Für die Milchviehhaltung waren dazu Arbeiten an Geräten zur Milchmengenmessung erforderlich, wobei die gewonnenen Daten der individuellen Milchmenge über das Managementsystem mit Hilfe des Laktationsstandes und der Bewertung des Grundfutters zur Kraftfutterdosierung dienen. Untersuchungen an Wiegesystemen tragen dazu bei, daß auch die Lebendmasse in die Fütterungsberechnung einbezogen werden kann. Zur gesicherten Erfassung tierindividueller Daten werden leistungsfähige Identifizierungssysteme benötigt, zu deren Weiterentwicklung stets beigetragen werden konnte. Um eine reibungslose Datenübertragung zwischen Prozeßtechnik und Betriebs-PC zu gewährleisten, mußte schließlich entsprechende Software entwickelt werden.

Neuere Möglichkeiten der Mähgutaufbereitung

Von Manfred Schurig*)

Untersuchungen an einem Reißwalzenprüfstand zur Aufbereitung von Halmgut zeigten, daß durch intensive Aufbereitung des Erntegutes (Wiesengras) der Trocknungsverlauf (Feldphase) wesentlich beschleunigt werden kann. Der Prüfstand, gefertigt in der eigenen Versuchswerkstätte, besitzt eine Zentralwalze mit einem Durchmesser von 400 mm, die von fünf gegenläufigen Walzen (Durchmesser 200 mm) umgeben ist. Der Durchsatz lag bei 10 t/h Frischgut. Das anfänglich geplante Formen von Matten erwies sich als unpraktikabel, die Ablage im losen Schwad führte zu 70 % TM nach fünf Stunden.

An experimental conditioning device, consisting of a cylinder (diameter 400 mm) surrounded by five counter rotating rollers (diameter 200 mm), was designed and built. It has a capacity of 10 t/h. Tests were made on grass and other agricultural products to destroy the structure of the material for faster field drying. Drying rates of grass were determined. It was shown that the material placed in a swath dried faster than in mats, reaching 70 % dry matter after 5 hours.

Die mechanische Aufbereitung von Mähgut hat zum Ziel, die Wasserabgabe der Pflanzen zu beschleunigen. Durch eine Beschädigung oder Zerstörung der Oberfläche wird erreicht, daß die Verdunstung wesentlich schneller einsetzt. Die Grundgedanken einer mechanischen Aufbereitung gehen zurück in die fünfziger Jahre, vornehmlich wurden damals Quetschwalzen verwendet, um vor allem Luzerne und Klee damit zu behandeln. Zumindest in Nordamerika erzielte man damit beachtliche Erfolge.

Die Einführung dieser Technik auch in Deutschland scheiterte daran, daß das hier für die Silage und Heubereitung verwendete Material im wesentlichen aus blattreichen Pflanzen und Gräsern besteht, bei denen ein Quetscherfolg durch Walzen im zweiten und dritten Schnitt kaum sichtbar war. Erst die Einführung neuerer Techniken, die sich mehr des Schlagens und Reibens bedienen, führten dazu, daß mit Mähauflößern – also in einem Arbeitsgang mähen und zerstören der Oberfläche von Halm und Blatt – die Feldtrocknungsphase auch bei den hier üblichen Gräsern deutlich verkürzt werden konnte. So ist es bei entsprechenden Witterungsbedingungen durchaus möglich, ohne zusätzliche Arbeitsgänge vier Stunden nach dem Mähen 40 % TM zu erreichen und mit der Ernte von Anwelkgut zu beginnen.

Neue Impulse zur Aufbereitung von Futterpflanzen – vornehmlich Luzerne – wurden von Bruhn und Koegel [1] gegeben. Durch intensives Zerkleinern (Mazerieren) von Luzerne und anschließendes Zusammenpressen des Materials in eine etwa 10 mm starke Matte, die auf die Mähstoppel ausgebreitet wurde, erreichte man wesentlich kürzere Feldtrocknungsphasen.

Dieses Verfahren brachte, zumindest in Wisconsin, eine erhebliche Trocknungsbeschleunigung, so daß es möglich wurde, an einem Tag ohne zusätzliche Arbeitsgänge Heu zu bereiten.

Das von Bruhn und Koegel eingesetzte Gerät (Abb. 1) war Vorbild für die hiesigen Untersuchungen. In modifizierter Form

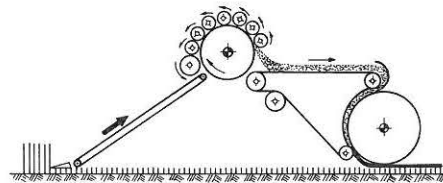


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Gerätes zur Aufbereitung von Grüngut (Matten) (nach Koegel)

entstand in der eigenen Werkstätte ein Reißwalzenprüfstand, mit dem die nachfolgend beschriebenen Untersuchungen durchgeführt wurden. Nachdem Koegel festgestellt hatte, daß mehr als fünf periphere Walzen keine sichtbar stärkere Aufbereitung und auch keine Steigerung des Trocknungsverlaufes bringen, wurde beschlossen, den Prüfstand mit einer zentralen Walze (Durchmesser 400 mm) und fünf peripheren Walzen auszustatten (Abb. 2).

Die Mattenform verzögert die Trocknung

Die ersten Testversuche zeigten, daß bei einer Drehzahl von 1100/min⁻¹ der Zentralwalze und 2200/min⁻¹ der peripheren Walze die für unsere Vorstellungen optimalste Zerkleinerung erreicht wird (Abb. 3). Das Ziel, eine Matte zu formen, wie es in [1, 2] vorgeschlagen wird, wurde von uns aufgegeben, da sich in Vorversuchen gezeigt hat, daß zum einen die Matte schwer zu formen ist (Stabilität), zum anderen die Abtrocknungsgeschwindigkeit gehemmt wird, da die Unterseite der Matte schlecht abtrocknet. Ein Wenden der Matte wäre notwendig, wurde aber nicht ins Auge gefaßt, da mit starken Bröckelverlusten zu rechnen ist.

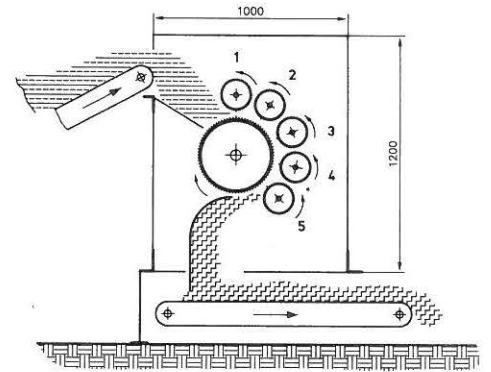


Abb. 2: Schematische Darstellung des Reißwalzen-Prüfstandes

Wir entschlossen uns daher, die Zerkleinerung des Materials durch die Reißwalzen so gering wie möglich zu halten, wohl aber die Pflanzen an vielen Teilen ihrer Oberfläche zu zerstören.

Das so bearbeitete Material wurde dann nicht in einer Matte, sondern in einem lockeren Schwad abgelegt.

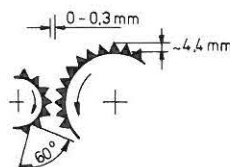
Mit dieser Konfiguration wurden alle Versuche gefahren. Das Walzenprofil des Prüfstandes ergab sich aus dem Profil der peripheren Walzen, da hier auf handelsübliche Quetschwalzen, wie sie in selbstfahrenden Feldhäckslern verwendet werden, der Einfachheit halber zurückgegriffen wurde.

Die Beschickung des Prüfstandes erfolgte über ein Förderband, auf das frisch gemähtes Wiesengras in der Menge aufgelegt wurde, daß sich aufgrund der Bandgeschwindigkeit eine Durchsatzleistung von 8 t/h Frischmasse ergab. Das behandelte Material wurde auf Siebe (1 m²) ausgebreitet und auf die Grasstoppel zum Abtrocknen gelegt. Das Wiegen der Siebe erfolgte stündlich, um so den Trocknungsverlauf festzustellen. Dabei zeigte sich sehr deutlich, daß das Schwadgewicht eine entscheidende Rolle spielt. Die Versuche wurden sowohl mit 1,5 kg/m² als auch 2,5 kg/m² durchgeführt.

Ein zusätzlicher Wendevorgang macht sich verständlicherweise bei einem höheren Schwadgewicht wesentlich stärker bemerkbar.

Die Ergebnisse zeigen weiter, daß sich durch intensive Aufbereitung von Mähgut eine gegenüber den herkömmlichen Mähauflößern wesentlich stärkere Trocknungsbeschleunigung auf dem Feld erreichen läßt. So war es durchaus möglich, fünf

Bezeichnung	Durchmesser [mm]	Länge [mm]	Zähnezahl [z]	Drehzahl		Umfangsgeschwindigkeit	
				n min. [min ⁻¹]	n max. [min ⁻¹]	V min. [m/s]	V max. [m/s]
Walze groß (D)	400	608	240	320	1100	6,7	23,0
1–5 Walze klein (d)	158	608	80	378	2200	3,2	18,2



Umfangsgeschwindigkeit : D = 23,0 m/s
 : d = 10,75 m/s
 Differenzgeschwindigkeit : $\frac{VD}{Vd} = \frac{2,14}{1}$
 Durchsatz : ca. 8 t/h
 spez. Leistungsbedarf : ca. 2 kW/t/h
 (Mähweide, 17,7 % Trockenmasse, 31,6 % Rohfaser)

Abb. 3: Technische Daten des Reißwalzen-Prüfstandes

*) LD Dr. Manfred Schurig ist Betriebsleiter der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik und betreut die Bereiche Futterbau und Feldversuchswesen. Der vorliegende Beitrag entstand unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rödel und Dipl.-Ing. (FH) Otto Zirngibl.

Stunden nach dem Mähen einen Trockenmassegehalt von 70 % zu erreichen (Abb. 4).

Höhere Bröckelverluste müssen vermieden werden

Unbefriedigend bleibt die Feststellung, daß durch die intensive Aufbereitung zwangsläufig Halmteile abgetrennt werden und somit der Feinanteil im Schwad zunimmt. Diese Tatsache führt unweigerlich zu höheren Bröckelverlusten, die den Vorteil der schnelleren Abtrocknung auf dem Feld zu nichte machen können. Diese Bröckelverluste lassen sich nur vermeiden, wenn es gelingt, eine Matte zu formen, wie das bei Luzerne möglich ist, aber bei Gras aufgrund des geringeren Pektingehaltes nicht erreichbar scheint. Neuere Versuche aus Kanada [3] scheinen dies zu bestätigen.

Der Einsatz dieser relativ aufwendigen Aufbereitungsgeräte erscheint nur sinnvoll, wenn auf weitere Arbeitsgänge – Wenden, Zetten und Schwaden – gänzlich verzichtet wird. Inwieweit das unter unseren Klimaverhältnissen möglich ist, sei dahingestellt. Die Versuche zeigen aber deutlich, daß durch intensive Aufbereitung tatsächlich die Feldtrocknungszeit weiter erheblich verkürzt werden kann. Jetzt angelaufene Versuche, die ihren Ursprung aus den Arbeiten mit dem Reißwalzenprüfstand haben, zielen darauf ab, mit geringem technischen Aufwand die Oberfläche von Halm, Stengel und Blatt an möglichst vielen Stellen

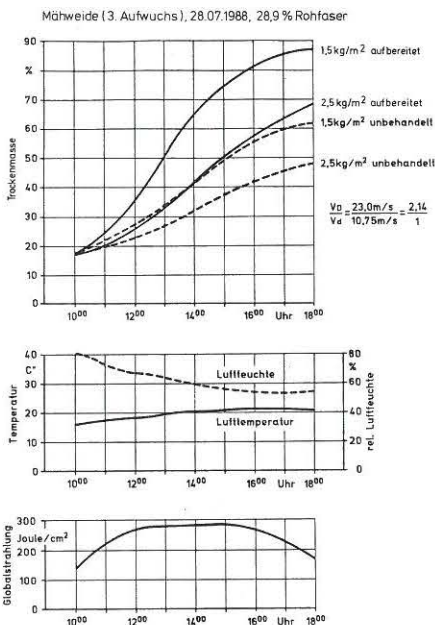


Abb. 4: Trocknungsverlauf von Gras nach unterschiedlicher Behandlung

len schonend zu zerstören. Dabei aber keine Zerkleinerung der Pflanzen und Abtrennung von Blättern (Luzerne, Klee) hervorzurufen. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, daß dies möglich ist. Sobald weitere Ergebnisse über diese Arbeiten vorliegen, wird darüber berichtet.

Der Reißwalzenprüfstand dient zwischenzeitlich dazu, auch andere landwirtschaftliche Produkte aufzubereiten. Als besonders geeignet hat er sich erwiesen, Flachs aufzuschließen, also die Faser von den Schäben zu trennen.

Ausblick

Die anzustrebende intensive Aufbereitung (superconditioning) bei gleichzeitiger Reduzierung der Bröckelverluste wird auch in Zukunft von großer Bedeutung für die Futterbaubetriebe sein. Ziel sollte es sein, drei Stunden nach dem Mähen, ohne zusätzliche Arbeitsgänge, mit dem Aufnehmen des Erntegutes als Anwelkgut zu beginnen. In Verbindung mit dem Einsatz neuer Wendergeräte (Konverter) könnte es dann möglich werden, bei entsprechendem Wetter Heu an einem Tag zu bereiten.

Daß diese Werte erreichbar sind, haben die Untersuchungen mit dem Reißwalzenprüfstand gezeigt. Sich daraus ergebende neuere Aufbereitungstechniken deuten darauf hin, daß der Landwirtschaft in einiger Zeit praktikable Geräte dafür an die Hand gegeben werden können.

Literatur:

- [1] Shinnars, K. J., R. Koegel und R. Straub: Design Considerations and Performance of Forage Maceration Devices. ASAE Paper-No. 86-1531
- [2] Walther, K., S. Öztekin und H. Wandel: Halmfütterernte auf einen Tag verkürzt. Landtechnik 44 (1989), H. 4, S. 128-129
- [3] Savoie, P. und S. Beauregard: Forage Superconditioning: Species and Compression effects. ASAE Paper-No. 89-1063

Weitwinkel-Gelenkwellen von Walterscheid

"Für den optimalen Einsatz meiner Landmaschinen!"



WALTERSCHEID



Walterscheid-Technologie setzt den Maßstab

Besuchen Sie uns: Halle 8 St. D 72

COUPON

Ich interessiere mich für Weitwinkel-Gelenkwellen von Walterscheid. Bitte senden Sie mir weitere Informationen zu.

Name

Firma

Straße

PLZ/Ort

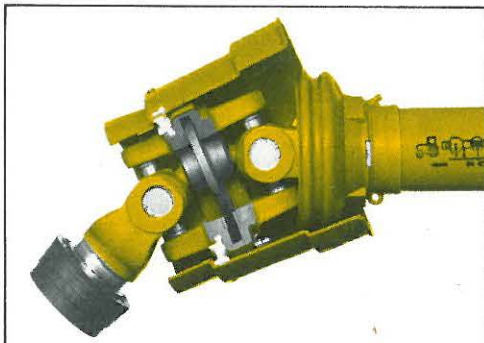
Jean Walterscheid GmbH
Postfach 1955, 5200 Siegburg

Walterscheid-Weitwinkel-Gelenkwellen bieten mehr Übertragungsleistung und höhere Winkelbeweglichkeit bis 80°.

Das bedeutet: Rationelle Feldarbeit durch gleichmäßige Kraftübertragung auch bei extremen Kurvenfahrten.

Informieren Sie Sich über das Walterscheid-Weitwinkel-Programm. Ihr Landmaschinen-Händler berät Sie gern!

Jean Walterscheid GmbH, Postfach 1955,
D-5200 Siegburg, Tel.: 02246/12553



Elektronikeinsatz zur leistungsbezogenen Milchviehfütterung

Von Heinrich Pirkelmann und Georg Wendl*)

Die moderne Mikroelektronik in der Milchviehhaltung ermöglicht den direkten automatischen Zugriff auf das einzelne Tier. Damit können die Tierleistungen kontinuierlich erfaßt und darauf basierend eine exakte Nährstoffversorgung durchgeführt werden. Aber auch die Voraussetzung für ein besseres Management wird durch die ständige Verfügbarkeit vieler individueller Daten geschaffen. Die Entwicklungen in der Prozeßtechnik sind im Laufstall am weitesten fortgeschritten, es zeichnen sich jedoch auch für den Anbindestall entsprechende Lösungen ab. Eine sinnvolle und ökonomische Nutzung der Techniken wird jedoch nur durch integrierte Systeme zwischen Prozeßtechnik und Managementsystemen erreicht. Langfristig ist eine Erweiterung zu Expertensystemen anzustreben.

Electronics in dairying provide automatic access to the individual cow. By this means it is possible to record animal performance continuously, and based on it, to achieve a more exact nutrient supply. Moreover, through the permanent availability of many individual cow's data, better herd management can be achieved. Computer based process techniques for cubicle houses are in a very advanced stage of development, but also for stanchion barns there are some techniques available or just in the development stage. The use of these techniques is only economical, if processing equipment and herd management systems are integrated. In the long run, an expansion to expert systems is worth being strived for.

Zukünftige Entwicklung der Milchviehhaltung

Um technische Entwicklungen in der Milchviehfütterung abschätzen zu können, ist als wichtige Orientierungshilfe zunächst ein Blick auf die sich abzeichnenden Trends der Milchproduktion generell erforderlich. Dabei kann bei dem gegebenen Versorgungsgrad auf nationaler und europäischer Ebene davon ausgegangen werden, daß die mengenbegrenzende Quotenregelung für die nächsten Jahre bestehen bleibt. Es ist jedoch eine größere Handelbarkeit der Kontingente und damit ein Strukturwandel zu größeren Herden zu erwarten.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist im spezialisierten Milchviehbetrieb weiterhin eine Erhöhung des Leistungsniveaus von großer Bedeutung (Tab. 1). Dies gilt sowohl für die Milchmenge als auch für die Milchinhaltstoffe, denen insbesondere beim Eiweiß hinsichtlich der Erschließung neuer Absatzmärkte und Verwertungsmöglichkeiten große Bedeutung zukommt. Um dazu die ernährungsphysiologischen Voraussetzungen zu schaffen, ist von allen Leistungsmerkmalen die Steigerung der Futteraufnahme das effektivste Kriterium. Dabei wird bei reduzierter Kuhzahl und dem dadurch bedingten geringeren Futterflächenbedarf die Produktion guter Grundfutterqualitäten immer bedeutsamer werden.

Eine Leistungssteigerung wird sich im Betriebsergebnis aber nur niederschlagen, wenn auch andere leistungsabhängige Parameter wie Krankheiten, Verluste und Fruchtbarkeit ausreichend berücksichtigt werden. Von großer wirtschaftlicher Bedeutung wird bei der begrenzten Kälberzahl auch die Fleischleistung sein.

Tab. 1: Wirtschaftliche Bedeutung (Grenznutzen) der Leistungsmerkmale beim Rind (Vorschätzung für das Jahr 2000, real) nach [6]

Merkmal	Einheit	DM/Einheit
FCM ¹⁾	kg	0,21–0,35
Milchfett ¹⁾	kg	1,95–4,70
Milcheiweiß ¹⁾ (oh. Eiweißquote)	kg	4,42–6,91
Milcheiweiß ¹⁾ (mit Eiweißquote)	kg	2,72–5,21 ³⁾
Fett- u. eiweißfreie Milchmenge ¹⁾	kg	-0,09–-0,27
Melkbarkeit	l/min	60
Futteraufnahme ²⁾	kg TS/Tag	129–194
Zwischenkalbezeit ⁴⁾	Tag	0,60–1,00
Nutzungsdauer	Jahr	80
Futterverwertung	StE/kg	0,17
Tageszunahme	g	1,77
Wachstumskapazität	kg LG	0
Muskelfleischanteil	%	48

¹⁾ Niedriger Wert für 8500 kg, höherer Wert für 5500 kg Milchleistung

²⁾ Niedriger Wert bei bereits hoher, höherer Wert bei noch geringer Trockensubstanzaufnahme

³⁾ Bei Eiweißquote analog der Fettquote (+0,1 % Eiweiß Kürzung der Referenzmenge um 1,8 %)

⁴⁾ Niedriger Wert bei niedrigem, höherer Wert bei hohem Kälberpreis

Konsequenzen für die Fütterungstechnik

Aus diesen nur angedeuteten Entwicklungstendenzen ergeben sich wichtige Hinweise auf zukünftige Aufgabenstellungen der Halte- und Fütterungstechnik. Die steigenden Leistungsanforderungen werden ohne negative Auswirkungen auf Gesundheit und Fruchtbarkeit nur durch eine bedarfsgerechte, den physiologischen Erfordernissen angepaßte Versorgung zu erfüllen sein. Mehr als bisher wird daher neben einer exakten Kraftfuttergabe auch auf eine leistungsorientierte Grundfuttervorlage und dem differenzierten Einsatz unterschiedlicher Qualitäten zu achten sein. Praktikable Lösungsansätze für diese zentrale Aufgabe sind sowohl für die bislang vorherrschenden Anbindeställe als auch für die zukünftig wegen ihrer ethologischen und arbeitswirtschaftlichen Vorteile im Vordergrund stehenden Laufställe zu entwickeln. Die Anpassung der technischen Einrichtungen und der vermehrt notwendi-

gen automatisierten Funktionsabläufe an das Tier und die Berücksichtigung biologischer Reaktionen wird das Gelingen dieser Zielstellung wesentlich beeinflussen.

Fütterungstechnik ist aus dieser Sicht mehr als nur mechanisierte Futterzuteilung. Bei dem im höheren Leistungsniveau steigenden Anteil der Futterkosten auf mehr als 50 % der Gestehungskosten der Milch ist eine bestmögliche Verwertung aller eingesetzten Futtermittel anzustreben. Dem Leistungsverlauf eng angepaßte Futterrationen auf der Basis aktueller Informationen über Tierleistung und Futterinhaltsstoffe sind daher unerläßliche Voraussetzungen für eine ökonomische Nutzung der mit zunehmend höheren Investitionen belasteten Fütterungstechnik. Sie kann somit nicht isoliert, sondern nur als Bestandteil eines umfassenden Managementsystems betrachtet und in ihren Auswirkungen bewertet werden.

Voraussetzungen für die leistungsbezogene Fütterung

Eine grundlegende Voraussetzung für die Automatisierung der individuellen Versorgung und Datenerfassung ist ein funktionsfähiges Identifizierungssystem. Die seit etwa 15 Jahren bekannten und zur Zeit für Milchkühe ausschließlich eingesetzten Trans- und Responder am Halsband bringen eine sichere Tiererkennung bei engen Abständen bis zu rund 20 cm zum Empfänger, wie er üblicherweise in Kraftfutterstationen gegeben ist. Eine zu geringe Erkennungsquote wird dagegen noch in verschiedenen Betrieben mit Einzelplatzidentifizierung im Melkstand in Verbindung mit der automatischen Milchmengenmessung erreicht. Hier führen Durchgangsantennen am Melkstandeingang meist zu einem besseren Ergebnis.

Nach amerikanischen Untersuchungen sind bei Einzelplatzidentifizierung im Melkstand Ohrtransponder sicherer. Sie werden aber bisher bei uns nur in der Schweinehaltung oder versuchsweise in der Rindermast, nicht dagegen in der Milchviehhaltung eingesetzt. Eine Anwendung ist auch nicht zu erwarten, da sie gegenüber dem Halsband keine nennenswerten Vorteile aufweisen. Dies dürfte insbesondere für Systeme mit Energieversorgung über Lithiumbatterien

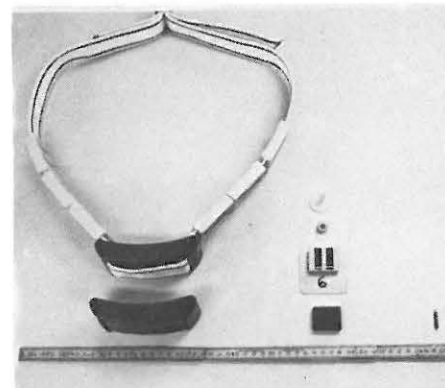


Abb. 1: Sensoren unterschiedlicher Größe zur automatischen Tieridentifizierung

*) Dr. Heinrich Pirkelmann ist Fachleiter an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München, Dr. Georg Wendl ist ebendort wissenschaftlicher Mitarbeiter.

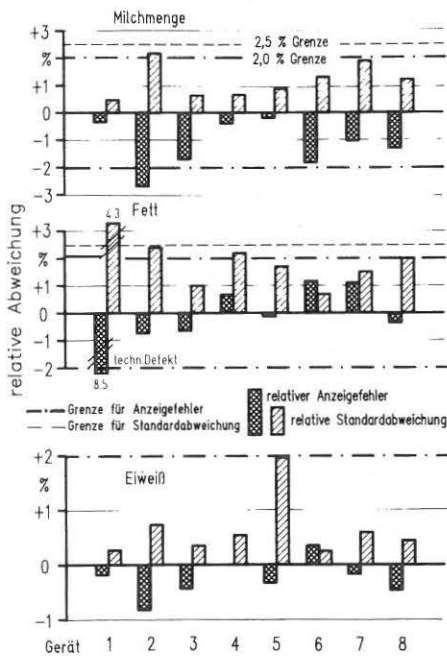


Abb. 2: Meßgenauigkeit von Milchmengenmeßgeräten (n = 5)

zutreffen, die in der Lebensdauer und in der Zahl der Auslesevorgänge begrenzt sind. Für die zukünftige Entwicklung von größerer Bedeutung sind die von verschiedenen Herstellern neu entwickelten passiven Transponder, die aufgrund weiterer Miniatürisierung zur Implantation geeignet sind (Abb. 1). Sie werden mit einer speziellen Injektionspistole unter die Haut gesetzt und können als Lebensnummer für die Produktionstechnik im Einzelbetrieb und für die verschiedensten organisatorischen Aufgaben eingesetzt werden (etwa Zuchtverband, LKV, Tierseuchenbekämpfung oder Schlachtkörperkennzeichnung im Schlachthof). Auch Kombinationen mit Sensoren zur Erfassung biologischer Parameter wie Temperatur, Pulsfrequenz oder ähnliche Kenngrößen zur Tierüberwachung oder Brunsterkennung sind zu erwarten. Erste Einsatzversuche mit Implantaten werden in verschiedenen Pilotbetrieben und Versuchsanlagen begonnen. Zusätzlich dürfte durch diese Implantate eine deutliche Preisreduzierung gegenüber den herkömmlichen Systemen zu erwarten sein. Eine weitere, unentbehrliche Voraussetzung für die bedarfsgerechte Fütterung stellt die kontinuierliche Information über den aktuellen Leistungsstand der Tiere dar.

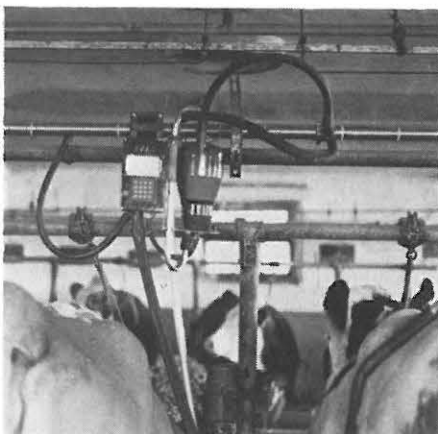


Abb. 3: Milchmengenmeßgerät für den Anbindestall

Zur täglichen Erfassung der Milchleistung als der wichtigsten Kenngröße stehen für den Melkstand ausreichend genaue, auch für die offizielle Kontrolle anerkannte Milchmengenmeßgeräte zur Verfügung (Abb. 2). Bislang fehlt jedoch noch eine automatische Analyse der Milchhaltsstoffe, so daß die gezogenen Proben nach wie vor mit der herkömmlichen Labormethode verarbeitet und die Ergebnisse von Hand in den Rechner eingegeben werden müssen. Am Anfang der Entwicklung stehen dagegen die Milchmengenmeßgeräte für den Anbindestall (Abb. 3). Nach ersten Einsatz Erfahrungen treten – vor allem bedingt durch eine größere Schaumbildung – noch zu hohe Schwankungen in der Meßgenauigkeit auf, so daß weitere Verbesserungen in der Funktionssicherheit erforderlich sind. Eine zusätzliche, aber nur längerfristig aussagefähige Information über die bedarfsgerechte Fütterung stellt der Gewichtsverlauf der Tiere dar (Abb. 4). Die automatisierte

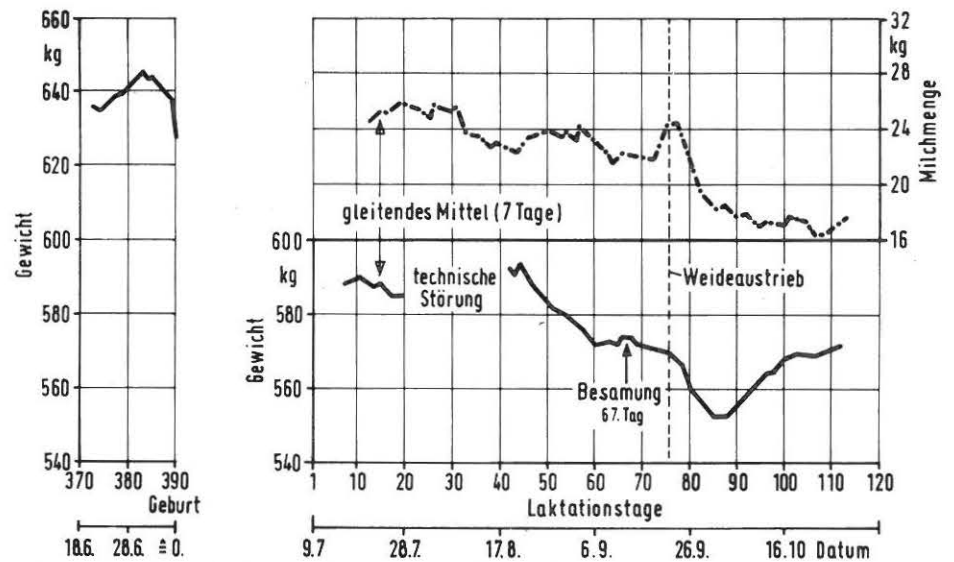


Abb. 4: Gewichtsverlauf und Milchmenge von Kuhnr. 23 (4. Laktation)

Lebendgewichtserfassung ist über Durchgangswaagen am Melkstandausgang oder über Wägeplattformen in Kombination mit Versorgungseinrichtungen wie Abrufstationen oder Tränkebecken möglich. Die durch meßtechnische oder biologische Einflüsse stark streuenden Meßwerte erfordern zur Errechnung realistischer Gewichtswerte umfangreiche Auswerteprogramme. Sowohl bei der Milchmenge als auch bei den Gewichtsdaten können größere Tagesschwankungen auftreten. Für geeignete Steuerungsfunktionen müssen daher gleitende Mittel aus mehreren Tagen gebildet werden. In beiden Fällen haben sich 7-Tagesmittel gut bewährt.

Kraftfutterzuteilung

Bei der Kraftfutterzuteilung steht die individuelle Fütterung als Einzelfutter im Vordergrund, während sich die Zumischung in Grundfutter als Alleinfutter nur vereinzelt durchsetzen konnte. So hat sich die rechnergesteuerte Abruffütterung in der Laufstallhaltung seit vielen Jahren zur Standardlösung entwickelt. Sie ermöglicht bei sachgemäßer Einstellung und Wartung der Anlagen eine exakte Futterzuteilung in mehreren kleinen Teilgaben. Die Kühe rufen in der Mehrzahl der Betriebe die Sollmengen

zu mehr als 90 % ab, so daß in nächster Zukunft in diesem Bereich kaum neue Systeme zu erwarten sind. Die Entwicklung wird sich weitgehend auf die Verbesserung von Details wie Wartung oder Programmanspassungen beschränken. Dagegen ist eine häufige Anbindung von Tränkedosierautomaten zur Kälberaufzucht an den Fütterungscomputer zu erwarten.

Im Anbindestall ist die Entscheidung zwischen stationären und mobilen Zuteileinrichtungen zugunsten der mobilen Anlagen gefallen. Die schienengeführten, batteriegetriebenen Dosierwagen werden vermehrt von der Einzelplatzsteuerung auf zentrale Fütterungscomputer umgestellt (Abb. 5). Damit ist die Möglichkeit der Tieridentifizierung und eines Standplatzwechsels bei Weidehaltung gegeben. Neben der üblichen Volumendosierung sind auch Wagen mit zentraler Wiegevorrichtung zur Ausdosierung von mehreren Futterarten, einschließlich des Mineralfutters, verfügbar.

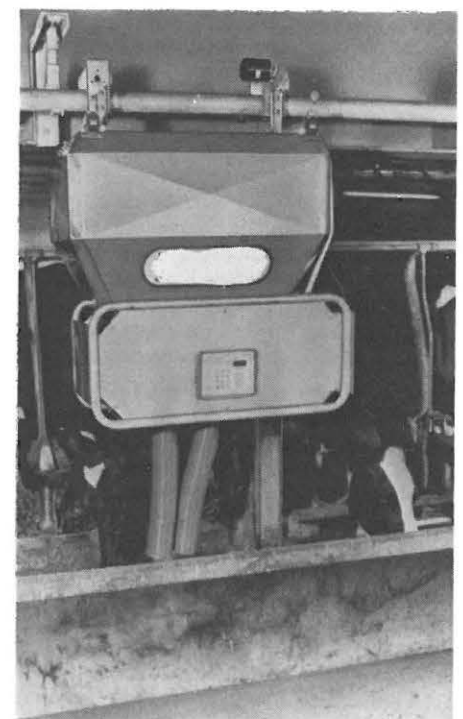


Abb. 5: Mobiler Kraftfutterautomat für den Anbindestall

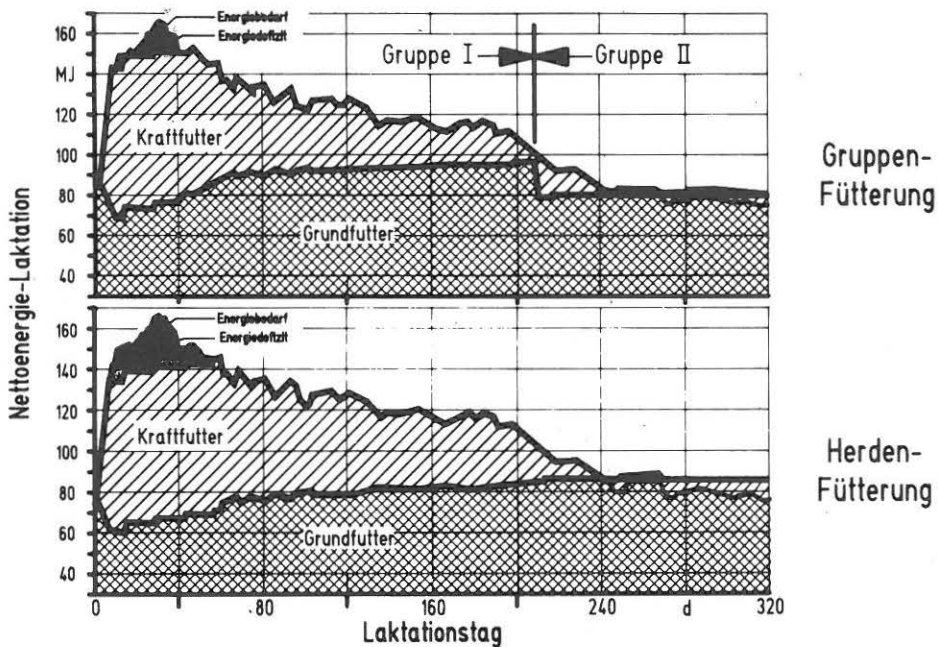


Abb. 6: Energieversorgung bei Gruppen- und Herdenfütterung (Kuh 85)

Fütterungscomputer in den Dosierwagen erleichtern die Bedienung bei der Sollmengenvorgabe, übernehmen die Steuerung aller Funktionsabläufe und speichern zusätzlich die Verzehrdaten ab. Damit besteht wie im Laufstall die Möglichkeit der Anbindung an einen Betriebsrechner. Dazu erforderliche berührungslose Datenübertragungsmedien sind in Erprobung.

Grundfuttermittellieferung

Die Mechanisierung der Grundfütterung wird in Zukunft im wesentlichen von folgenden drei Zielstellungen geprägt sein:

- Verbesserung der Arbeitswirtschaft
- Unterstützung einer möglichst hohen T-Aufnahme und
- Erfassung des individuellen Grundfütterungsverzehrs.

Die arbeitswirtschaftlichen Belange werden in der Grundfütterung vor allem durch eine Weiterentwicklung der Gerätetechnik zu den verstärkt angestrebten vollmechanisierten Verfahren von der Entnahme bis zur Verteilung im Stall abgedeckt. Unterstützung können elektronische Hilfsmittel dagegen bei der qualitativen Verbesserung der Fütterung geben.

Eine bessere Anpassung der leistungsbezogenen Zuteilung unterschiedlicher Grundfütterungsqualitäten ist über die Gruppenfütterung möglich. Dabei sollen die Komponenten mit hoher Energiekonzentration, der wichtigsten Einflußgröße für die Futteraufnahme, den hochleistenden Tieren in der ersten Laktationshälfte verabreicht werden. Die Zuteilung der rohfaserreichen Futterarten gegen Laktationsende verhindert dagegen eine Überfütterung der Tiere mit unerwünschter Verfettung und negativen Auswirkungen auf den Geburtsablauf und die Folgelaktation (Abb. 6).

Im Laufstall kann die Gruppierung im Gegensatz zu mechanischen Abtrennungen bei allen Herdenrößen und ohne negative Auswirkungen auf das Tierverhalten und den Arbeitsaufwand durch elektronisch gesteuerte Tore am Freßplatz oder zu Freßbereichen erfolgen, während die Herde ansonsten eine Einheit bleibt. Sperrgitter an jedem Freßplatz sind in allen Laufstallsyste-

men möglich, erfordern aber einen relativ hohen Aufwand für die mechanischen und elektronischen Bauteile. Am Futtertisch abgegrenzte Freßbereiche sind mit geringem Aufwand zu schaffen, setzen dagegen einen zusätzlichen Umtriebsgang zum Melkstand voraus und lassen sich in offenen Ställen mit Laufhof leichter verwirklichen als in geschlossenen Stallanlagen (Abb. 7). Zur Vermeidung der Selektion sind für die Gruppenfütterung Futtermischungen zu empfehlen. Hinsichtlich der differenzierten Grundfütterungsvorlage genügen zwei Leistungsgruppen bei Ergänzung mit zusätzlicher individueller Kraftfütterung. Wird das gesamte Kraftfutter über die Mischung gegeben, so sind mindestens drei Gruppen erforderlich. Die Zuordnung der Kühe in die Leistungsgruppen kann über den Fütterungscomputer erfolgen.

Eine wesentliche Voraussetzung für eine leistungsgerechte Kraftfütterungsergänzung ist die Kenntnis der tierindividuellen Grundfütterungsaufnahme. Dies ist über eine portionierte Vorlage an das Einzeltier oder eine Schätzung der Verzehrmenge aus dem ad lib. vorgelegten Futter zu erreichen.

Die portionierte Futtermittellieferung setzt die Zuordnung eines festen Freßplatzes an das Einzeltier voraus, wie es im Anbindestall oder bei elektronisch gesteuerten Schranken am Freßgitter im Laufstall der Fall ist. Für die Futterzuteilung steht als serienmäßige Lösung ein schienengeführter Dosierwagen mit Wiegeband zur Verfügung (Abb. 8). Die standplatzbezogene Sollmengenvorgabe erfolgt über einen zentralen Fütterungscomputer, der auch die Aufsummierung der Austragsmengen vornimmt. Um einerseits die höchstmögliche Futteraufnahme zu erreichen, andererseits aber keine Futtermittelverluste in Kauf nehmen zu müssen, ist eine gute Tierbeobachtung und ein Herantasten an die richtig bemessene Sollmenge erforderlich. Die individuelle Zuteilung hat weiterhin nur Erfolg, wenn Abtrennungen zwischen den Freßplätzen angebracht sind.

Technisch einfacher und für die Zukunft bedeutsamer ist die Vorratsfütterung. Die Schätzung der tierindividuellen Verzehr-

menge aus dem ad lib. vorgelegten Grundfutter wird durch ein multivariates Programm versucht. Dieses Schätzprogramm berücksichtigt die verschiedenen Einflußfaktoren auf die Futteraufnahme, die sich

- auf das Tier (Lebendgewicht, Laktations- und Trächtigkeitsstand),
- auf das Futter (Energiegehalt, T-Gehalt, Struktur) und
- die Fütterungstechnik (Freßzeit, Vorlagefrequenz, Mischung)

beziehen. In der Praxiserprobung ergeben sich nach dieser Methode sehr große Streuungen in der Futteraufnahme (Abb. 9). Auf dieser Basis ist im Vergleich zu der bisher üblichen, herdeneinheitlichen Grundfütterungsaufnahme eine wesentlich genauere Anpassung der Kraftfütterungsmenge an den tierindividuellen Leistungsbedarf gegeben.

Einbindung der Prozeßtechnik in ein Managementsystem

Einsatzkonzept Prozeßrechner – Betriebscomputer

Die Mikroelektronik in der Milchviehhaltung diente zunächst vor allem der automatischen Kraftfütterungszuteilung, einer reinen Steuerungsaufgabe. Im Zuge der Entwicklung kamen folgende Aufgaben hinzu:

- zusätzliche Datenerfassung (beispielsweise Milchmenge, versuchsweise Körpergewicht, Milchtemperatur)
- Informationsverarbeitung (Kuhkalender, Verwaltung der Milchmengen, Stammdatenverwaltung, Futterplanung, Jungviehregister)

Dieser Ausbau hatte zur Konsequenz, daß aus dem ursprünglich einfachen Fütterungs-



Abb. 7: Gruppenfütterung mit Torsteuerung zu Freßbereichen in einem Laufstall mit außenliegenden Freßhalle



Abb. 8: Schienengeführter Grundfütterdosierwagen

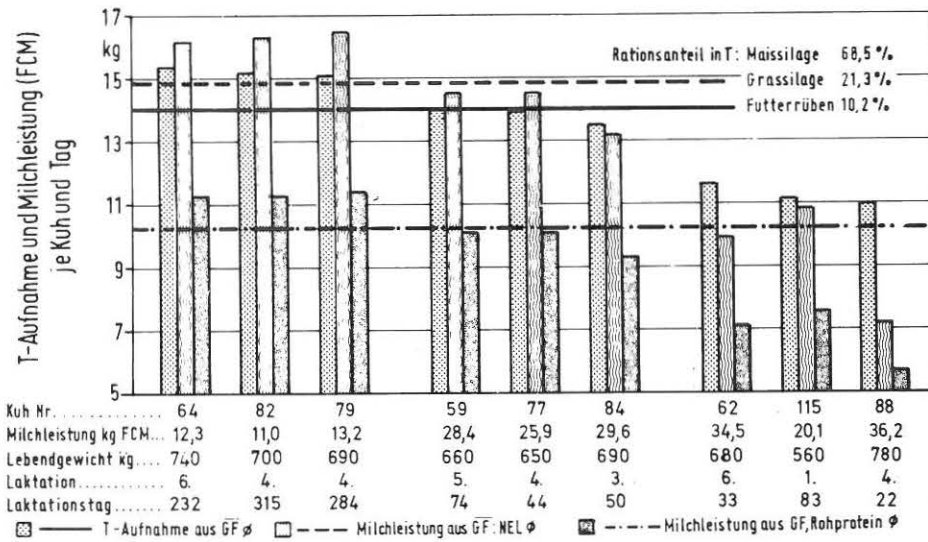


Abb. 9: Tierindividuelle Grundfuttermittelaufnahme und Milchleistung (Kalkulation nach multivariater Schätzmethode)

computer ein „halber Personal Computer“ mit vollem alphanumerischen Bildschirm sowie Tastatur und Drucker entstand. Trotz dieses Ausbaues kann der Prozeßrechner allein die umfassenden Aufgaben des Herdenmanagements und der Datenhaltung nur teilweise befriedigend lösen (zum Beispiel keine längerfristige Datenhaltung der Einzelwerte, keine sonstige Software, autonomes System ohne Verbindung zur Außenwelt). Deshalb drängt sich geradezu der Einsatz des Personal Computers für diese Bereiche auf. Es sollte deshalb künftig von der Industrie verstärkt versucht werden, den Prozeßrechner von den Arbeiten der Informationsverarbeitung zu entbinden und diese dem zu günstigen Preisen verfügbaren Personal Computer zu übertragen.

Als Kriterium für die Aufgabenverteilung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer sollte gelten, daß alle Arbeiten, die ständig in einem Produktionsprozeß zu erledigen sind, von einem darauf spezialisierten Prozeßrechner übernommen werden und alles, was nicht zeitgebunden ist und nicht direkt in den Produktionsprozeß eingreift, einem üblichen Standard-PC mit entsprechender Management-Software übertragen wird.

Investitionsbedarf für unterschiedliche Ausrüstungsstufen

Für die derzeit angebotenen und möglichen Lösungen wird anschließend der Investi-

Tab. 2: Aufbau der Prozeßtechnik für die Laufstallhaltung

Position	Variante 1 KF-Automat	Variante 2 KF-Automat + Milchmessung	Variante 3 KF-Automat + Milchmessung + PC+Software
Prozeßrechner	X	X	X
einfache Tastatur + Display	X		X
großer Bildschirm + Tastatur		X	
Datensicherung	X	X	
2 Kraftfutterstationen	X	X	X
Drucker	X	X	X (40%)
Kuhkalender	X	X	(X)
Fütterberechnung (einfach)	X		
Fütterberechnung (umfangreich)		X	(X)
Stammdatenvverwaltung	X	X	(X)
8 Milchmengenmeßgeräte		X	X
Milchmengenverwaltung		X	(X)
Schnittstelle zu PC			X
Personal Computer			X (40%)
PC-Software Herdenmanagement			X

tion dar und kann einen gewissen Teil des Herdenmanagements übernehmen. Variante 2 ergänzt Variante 1 um die automatische Milchmengenerfassung und stellt weitere Teile des Herdenmanagements zur Verfügung, jedoch wieder als reine Insellösung. Wird ein Personal Computer für das Herdenmanagement und die Datensicherung eingesetzt, so kann sich der Prozeßrechner auf die eigentliche Prozeßsteuerung zurückziehen. Leider bieten derzeit nicht alle Hersteller derart in ihrem Aufgabenbereich reduzierte Prozeßrechner an. Die in Klammern angegebenen Module werden zwar durch die PC-Software ersetzt, aber bei manchen Herstellern ist die Software im Prozeßrechner noch nicht so modular aufgebaut, daß bestimmte Teilbereiche ausgeklammert werden können.

Der Investitionsbedarf und die Jahreskosten für die jeweiligen Lösungen sind in Abbildung 10 dargestellt. Der Preis für die

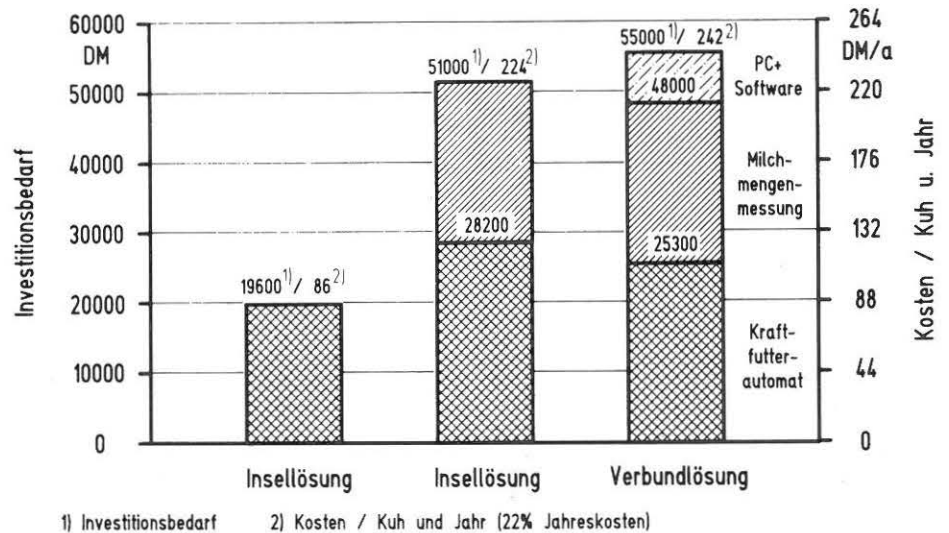


Abb. 10: Investitionsbedarf und Kosten für die Prozeßtechnik in der Milchviehhaltung (incl. Installation, ohne MwSt., Preisstand I/89)

tionsbedarf für eine Herde mit 50 Kühen verglichen, wobei die Preisangaben eines namhaften Herstellers zugrunde gelegt wurden und davon ausgegangen wird, daß die Wettbewerber bei gleicher Ausstattung auf etwa gleichem Preisniveau liegen. Die Beschreibung der notwendigen Komponenten geht aus Tabelle 2 hervor. Variante 1 stellt als kompakte Insellösung einen Einstieg in die automatische Kraftfütterzuteil-

automatische Kraftfütterzuteilung als kompakte Insellösung liegt bei rund 20 000 DM, was jährlichen Kosten von etwa 85 DM pro Kuh und Jahr entspricht. Ergänzt um die Milchmengenerfassung steigt der Kapitalbedarf bei der Insellösung auf etwa 51 000 DM (entspricht rund 225 DM/Kuh und Jahr). Der um 9000 DM höhere Preis für die Kraftfüttertechnik wird in erster Linie durch den aufwendigeren Prozeßrechner (Hard- und Software) verursacht.

Wird jedoch die vorher vorgeschlagene Verbundlösung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer verwirklicht, so sinkt zwar der Kapitalbedarf für die Kraftfüttertechnik um etwa 3000 DM (hervorgehoben durch den Wegfall einiger Komponenten wie Datensicherung und Drucker), aber der gesamte Investitionsbedarf steigt um 4000 DM auf etwa 55 000 DM an. Dader Personal Computer und der Drucker nicht nur ausschließlich für die Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung verwendet werden können, wird nur ein Anteil von 40 % des Anschaffungspreises dieser Positionen angesetzt. Die Preisdifferenz könnte noch weiter verringert werden, wenn die Industrie (Hard- und Softwarehersteller) noch konsequenter die integrierte Verbundlösung verwirklichen und ihr Angebot stärker modular aufbauen würden. Dennoch

sollte auch jetzt schon bei Neuinvestitionen der PC-Lösung der Vorzug gegeben werden; denn der höhere Nutzen und der mögliche Ausbau decken bei weitem die geringfügig höheren Kosten ab.

Künftige Entwicklungen im Softwarebereich
Alle herkömmlichen produktionstechnischen Programme verarbeiten heute im wesentlichen „nur“ die automatisch oder manuell erfaßten Daten zu entsprechenden Kenngrößen, auf denen basierend der Landwirt seine Entscheidungen trifft. Zukünftig werden diese Managementsysteme um sogenannte Expertensysteme ergänzt werden. Ziel eines Expertensystems ist, das Wissen eines menschlichen Experten bei der Lösung eines Problems vor Ort zur Verfügung zu stellen. Für die Milchviehhaltung dürften folgende Bereiche zuerst an Bedeutung gewinnen:

- Diagnose von abnormalen Zuständen während des Produktionsprozesses (Milchmenge, Milchhaltsstoffe, Gewicht, Futtermittelverbrauch, Temperatur, Brunst, Krankheiten, Fehlerlokalisierung bei Technik)
- Empfehlung von Handlungsalternativen (zum Beispiel Fütterung, Selektion, Fehlerbehebung in Technik).

Gerade beim frühzeitigen Erkennen von abnormalen Zuständen während des Produktionsprozesses „Milcherzeugung“ könnten derartige Systeme den Landwirt entlasten und außerdem zu einer weiteren Senkung des Produktionsmitteleinsatzes führen. Die allgemeine Verfügbarkeit derartiger Systeme dürfte aber noch einige Zeit auf sich warten lassen, da bisher nur in Forschungseinrichtungen daran gearbeitet wird.

Literatur

- [1] Pirkelmann, H.: Rechnergestützte Tränkeverfahren für Kälber. In: VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik: Elektronik in der Tierhaltung, H. 5, S. 84 – 98
- [2] Pirkelmann, H. und G. Wendl: Microcomputer-based feeding of dairy cows by using automatic milk recording and body weighing. Proceedings of 3. AG ENG in Paris vom 2. bis 6. März 1988, S. 128 – 130
- [3] Pirkelmann, H. und G. Wendl: Ergebnisse zur computergestützten, leistungsabhängigen Gruppen- und Einzeltierfütterung in der Milchviehhaltung. Proceedings vom 11. CIGR-Kongreß in Dublin vom 4. bis 8. September 1989 (in Druck)
- [4] Spahr, S. L., H. B. Puckett und Deligeersang: Performance of electronic animal identification systems in milking parlor. Proceedings of 3. Symposium: Automation in Dairying in Wageningen vom 9. bis 11. September 1987, S. 385 – 394
- [5] Wendl, G. und H. Pirkelmann: Erfahrungen mit rechnergestützten Fütterungsverfahren in praktischen Milchviehbetrieben. In: VDI/MEG-Kolloquium Landtechnik: Elektroneinsatz in der Tierhaltung, H. 5, S. 50 – 65
- [6] Zeddies, J. und F. Ruths: Perspektiven 2000 der Schwarzbuntzucht – ökonomische Zielorientierung und Folgeabschätzung. In: Perspektiven 2000 für die Deutsche Schwarzbuntzucht, Dokumentation über die Vortragsstimmung am 5. und 6. Januar 1989 in Verden/Aller, S. 33 – 46

*) Dr. agr. habil. Hermann Worstorff leitet die Arbeitsgruppe „Milchgewinnung“ im Institut für Physiologie der Süddeutschen Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft der TU München-Weihenstephan; Ing. agr. Axel Prediger hat als Versuchsingenieur an diesem Beitrag mitgearbeitet.

Schaum als Störfaktor volumetrischer Milchmengenmessung

Von Hermann Worstorff*)

Die betriebsspezifische Justierbarkeit volumetrischer Milchmengenmesser ist fragwürdig und nur bei stationären Geräten anwendbar. Für die weit verbreiteten Anbindeställe und den sporadischen Einsatz bei der Milchleistungsprüfung dagegen werden mobile Milchmengenmesser benötigt. Diese müssen vom jeweiligen Schaumverhalten und melktechnischen Einflüssen unabhängig arbeiten, insbesondere, wenn auch zuverlässige Milchflußkurven ausgegeben werden sollen. Aus Kosten- und Handhabungsgründen sind in den Milchmengenmesser möglichst viele melktechnische Funktionen zu integrieren.

The possibilities to individually adjust volumetric milk measurement equipment are questionable and restricted to stationary use. The widespread stanchion barns and milk recording by Dairy Herd Improvement organizations, however, necessitate mobile milk meters. The measurement must function independent of variable froth conditions and influences of the milking equipment used, especially, if true milk flow profiles are to be attained. Due to cost and handling, as many milking machine functions as possible have to be integrated into the milk meter.

Offizielle und betriebseigene Milchmengenmessung

Traditionell ist die Bestimmung der tierindividuellen Milchmenge eine Domäne der Landeskontrollverbände. Daneben hat aber – mit bereits etlichen 1000 Geräten – eine Entwicklung zur betriebsinternen Mengenmessung eingesetzt, um Kraftfutter-Abrufautomaten sauber an die Leistung anpassen und dadurch kostengünstiger produzieren zu können [1, 2]. Durch die laufende Messung wird der sogenannte Stichprobenfehler ausgeschaltet [3] und sogar eine automatische Festsetzung der Rationen möglich. Die melktechnischen Anforderungen an die Milchmengenmesser erhöhen sich bei permanentem Einsatz, da Qualität der Melkarbeit und Handhabung keinesfalls in Mitleidenschaft gezogen werden dürfen.

Sollen die betriebseigenen Daten offiziell anerkannt werden, unterliegen die Geräte den Spezifikationen des Internationalen Komitees zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Milchtieren [4]. In der bisherigen Praxis hat das dazu geführt, daß von den Firmen nur zugelassene Geräte angeboten werden. Diese Entwicklung muß nicht nachteilig sein, legt aber den Prüfstellen eine erhebliche Verantwortung auf. So ist

beispielsweise der bei Milchmengenmessern nach DIN/ISO 5707 zulässige maximale Vakuumverlust von 3 kPa bei 3 kg/min Durchsatz [5] viel zu hoch für ein ordnungsgemäßes Melken, wenn er auf Milchflußraten von 9 bis 12 kg/min hochgerechnet wird. Bis zu diesen Durchsätzen wird aber geprüft.

Noch problematischer erscheint die sogenannte Routineprüfung, bei der nicht nur die Funktion getestet, sondern gegebenenfalls auch eine Justierung der Mengenanzeige vorgenommen wird. Wie nachfolgend näher dargelegt, muß bei kleineren Geräten der bislang vorwiegend eingesetzten ganz oder teilweise volumetrisch messenden Typen mit einer erheblichen Unsicherheit durch in der Milch enthaltenen Schaum gerechnet werden. Zumindest für den mobilen Einsatz sind daher Milchmengenmesser zu fordern, die vom jeweiligen Schaumverhalten sowie melktechnischen Einflüssen (beispielsweise kinetische Energie der einströmenden Milch) unabhängig arbeiten und somit auch keiner betriebsspezifischen Justierung bedürfen.

Im Schaum kann viel Milch enthalten sein
Aus der praktischen Arbeit insbesondere mit Meßbehälter-Melkanlagen ist bekannt, daß sich das durchschnittliche Schaumver-

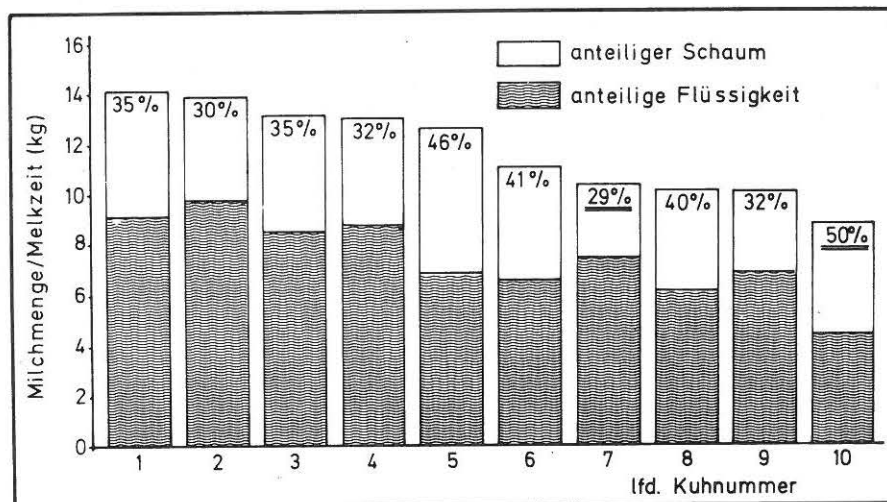


Abb. 1: Anteiliger Schaum bei zehn Gemelken

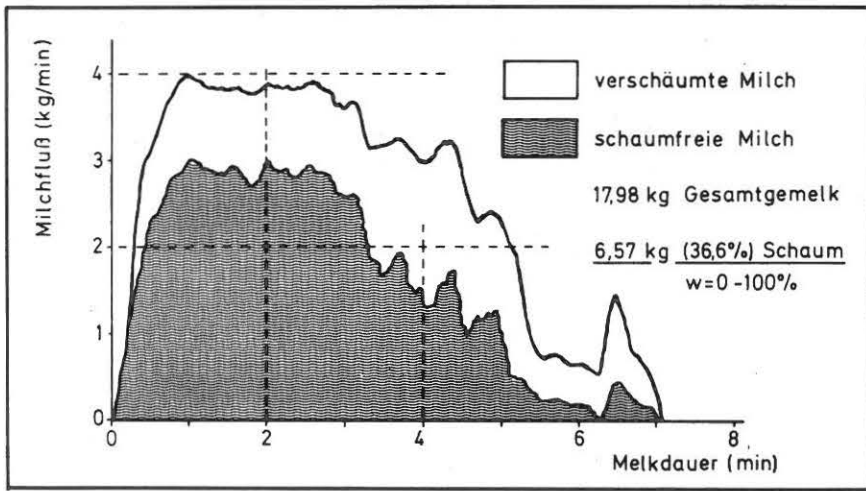


Abb. 2: Milch:Schaum-Verhältnis innerhalb einer Melkung

halten einer Herde in Abhängigkeit von Fütterung (etwa Weideaustrieb) und Laktationsstadium ändern kann. Eigene Messungen mit einer im Punkt „Mobile Geräte müssen Schaum messen“ beschriebenen Technik ergänzen diese Aussage für das Schaumverhalten von Einzelkühen innerhalb einer Melkzeit (Abb. 1).

Zehn Gemelke der Braunviehherde auf der Versuchsstation „Veitshof“ (7200 kg/a) sind nach deszendierender Milchmenge aufgetragen und jeweils nach anteiliger Flüssigkeit und anteiligem Schaum untergliedert. Die tierindividuellen Unterschiede sind beträchtlich: Zwischen 29 % und 50 % der ermolkenen Milch flossen als Schaum durch den Milchmengenmesser! Diese nach bisherigen Erfahrungen keineswegs untypische Spannweite muß bei der betriebsinternen Gerätejustierung nach IKEWM überbrückt werden, wobei man versucht, den Mittelwert der Fehler für die Herde zu minimieren.

Während sich der mittlere Schaumgehalt noch über eine gewisse Periode „eineichen“ läßt, sind Einzelkühe von systematischen Abweichungen betroffen, weil das Milch:Schaum-Verhältnis nicht nur tierindividuell verschieden ist, sondern sich sogar in Abhängigkeit von der Fluidzusammensetzung während des Melkens ändert (Abb. 2). Im Koordinatensystem „Milchfluß gegen Melkdauer“ ist ein tierindividuelles Abgabeprofil, aufgeteilt nach „flüssiger“ und „verschäumter“ Milch, dargestellt. Es wird

deutlich, daß die Schaumanteile erheblich sind und sich sehr inkonstant verhalten; gegen Melkende können – in Verbindung mit Lufteinbrüchen – kurzzeitig bis zu 100 % der Milch als Schaum vorliegen. Aus dem Gesagten folgt, daß Schaum einen erheblichen Störfaktor bei der volumetrischen Milchmengenmessung darstellen kann. Gerätetechnisch ergeben sich damit zwei Alternativen: Die vom IKEWM geforderte Verminderung der üblichen Schaumbildung und eine von der Fluidzusammensetzung unabhängige Erfassung des Massestromes. Der erstgenannte Weg sollte – unabhängig vom Meßverfahren – aus strömungsmechanischen Gründen immer ausgeschöpft werden, stößt aber bei der Luftabscheidung an physikalische Grenzen.

Entgasung von Milch

Mit der weltweit verbreiteten Melktechnik wird die Milch absätzig pulsierend ermolken und – zur Minderung hydrostatischer Verluste sowie Vakuumschwankungen – im Zitzenbecher oder Sammelstück mit 4 bis 10 l/min atmosphärischer Luft versetzt. Hinzu kommen unkontrollierte Leckluftstraten an den Zitzenbechern. Nur Melkeinheiten mit echter Milch-Luft-Trennung [6] arbeiten ohne zugesetzte Luft; sie sind aber bislang kaum verbreitet und bedürfen hier keiner weiteren Erwähnung. Ebenso soll auf Konsequenzen des noch im Forschungsbereich befindlichen „Hydraulic Milking“ [7] hier nicht näher eingegangen werden. Milchmengenmesser haben es also typi-

scherweise mit einem unterschiedlich zusammengesetzten Fluid aus Milch und Luft bei variablen Strömungsbedingungen zu tun (Abb. 3).

Links sind die Koordinaten „Volumenstrom“ gegen „Milchfluß“ aufgetragen. Die Luft ist unter Vakuum von etwa 45 kPa entspannt, so daß sich die zugesetzten Luftmengen volumenmäßig etwa verdoppeln. Die beiden Geraden zeigen den Volumenstrom ohne (unten) und mit Leckluft (oben) und belegen, daß der Volumenstrom eindeutig von der Luftmenge dominiert wird, während selbst größte Unterschiede im Milchfluß nur modifizierend wirken.

Aus beiden Geraden leiten sich rechts im Bild mit rund 2 bis 8 m/s die zugehörigen Strömungsgeschwindigkeiten im langen Milchschauch ab. Trägt man der Pulsierung Rechnung, dürften Maximalwerte bis zur etwa dreifachen Höhe nicht unrealistisch sein, was in der Spitze einer Einströmgeschwindigkeit von über 70 km/h entspricht. Damit wird die Entgasung in kleinen Gefäßen schwierig, da höhere Turbulenzen kaum auszuschließen sind. Sind sie vorhanden, ist die Luftabscheidung gestört, es kann zu weiterer Schaumbildung kommen. In diesem Falle wird – je nach Voreinstellung für den mittleren Schaumanteil – Milch als Schaum oder Schaum als Milch bewertet, und die Mengenanzeige ist zu niedrig oder zu hoch.

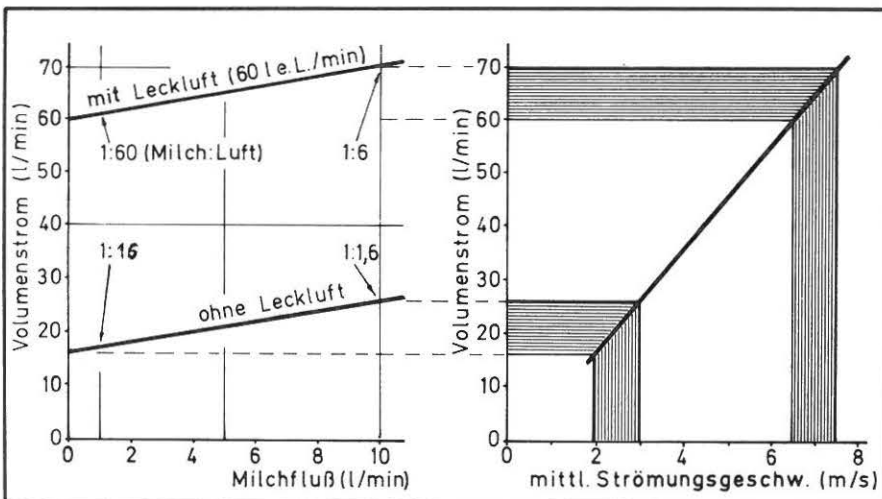


Abb. 3: Strömungsbedingungen im langen Milchschauch mit 14 mm Innendurchmesser

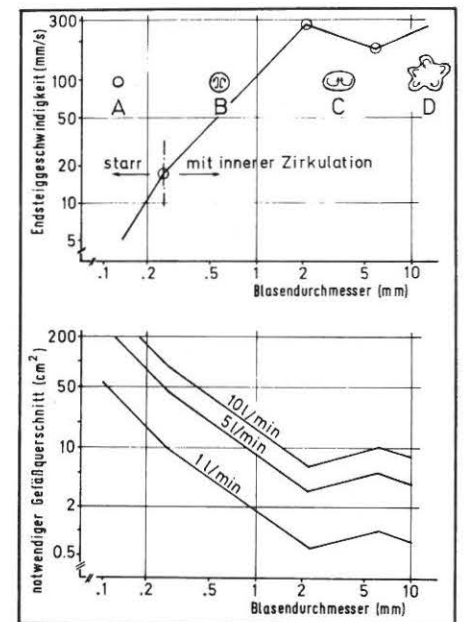
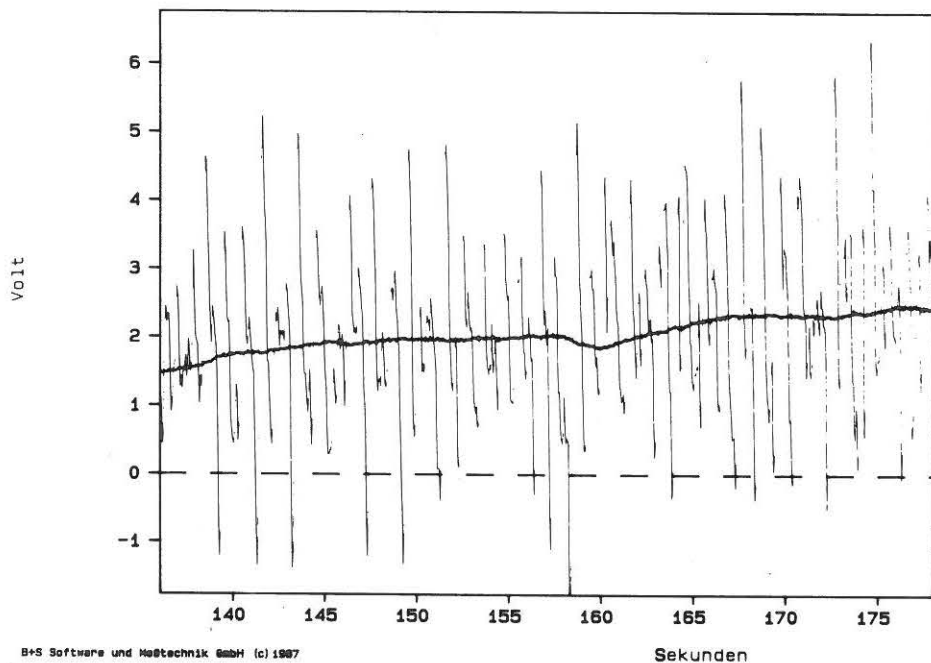


Abb. 4: Luftabscheidung aus Milch beim Melken [6]

Das Aufsteigen von Luftblasen in Milch zeigt Abbildung 4: In der oberen Bildhälfte ist die Endsteiggeschwindigkeit in mm/s über dem Blasendurchmesser nach den Stadien A bis D aufgetragen. Blasen bis etwa 0,2 mm Größe verhalten sich zunächst wie kleine Kugeln; sie werden beim Aufsteigen größer, und die Endsteiggeschwindigkeit nimmt zu. Im Bereich „B“ verändert sich – bei erstmals bewegter Phasenrenzfläche – das Steigverhalten nur wenig. In „C“ treten abgeflachte ellipsoide Blasen auf, deren Endsteiggeschwindigkeit mit wachsender Blasengröße abnimmt. Blasen über etwa 5 mm Durchmesser („D“) sind regellos geformt.

Das Aufsteigverhalten der Luftblasen bildet die Grundlage für die zur Entgasung

Datei : 1.MES005SB.DAT; 1 vom SA, 11-09-88 , 16: 53: 32 / Abtastrate = 50000uS
 Kanal : 0, 1.



B+S Software und Meßtechnik GmbH (c) 1987

Abb. 5: Meßsignal bei Recorderwägung mit und ohne Filterung

mindestens erforderliche Größe von Beruhigungsgefäßen im unteren Teil von Abbildung 4. Der notwendige Gefäßquerschnitt (die Stauhöhe hat keinerlei Bedeutung!) ist hier für drei Flüssigkeitsdurchsätze über dem Blasendurchmesser aufgetragen. Dabei ist unterstellt, daß die Entgasung nicht durch Turbulenzen infolge zuströmender Milch gestört wird: Trotz dieser Idealanahme kann bei höheren Milchflüssen und einer Oberfläche von 200 cm² nur gröberer Schaum abgeschieden werden, während feine Blasen im Gefäß verbleiben und sich dort akkumulieren oder mit ausgeschleust werden. Bezogen auf kleinere Milchmengenmesser ist also bei der Konstruktion und Wahl des Meßprinzips keinesfalls von luftfreier Milch auszugehen.

Folgerungen für stationäre volumetrische Geräte

Da bei festem Einbau im Melkstand die Baugröße von untergeordneter Bedeutung ist, sollte die Einlaufkammer zur Luftabscheidung – im Einklang mit den Forderungen des IKEWM – so groß sein, daß sie eine weitgehend vollständige Luftabscheidung gestattet [2]. Wie im vorigen Kapitel abgeleitet, ist für die Entgasung in einem Staugefäß vor allem für eine hinreichend große Oberfläche zu sorgen, da eine größere Stauhöhe und das so erzeugte Volumen die Abscheidung nicht verbessern. Die dadurch gegebene, vorwiegend flache und breite Konstruktion würde sich prinzipiell auch für die Luftabscheidung mit Hilfe eines Rieselfilms [6] eignen; das Verfahren führt aber

– mangels Turbulenz – zu gewissen Problemen bei der Reinigung, denen wirksam begegnet werden müßte.

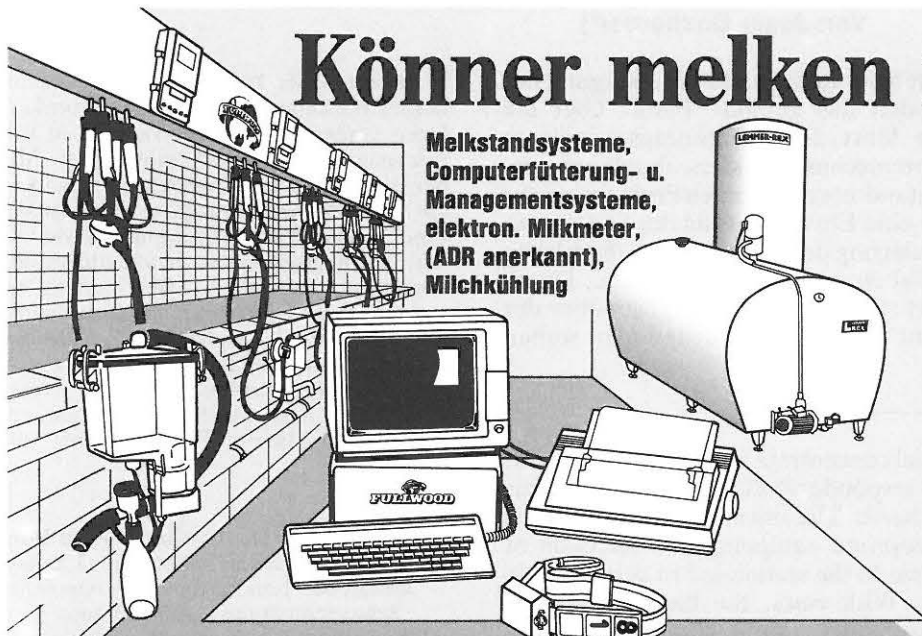
Ein zweiter unbedingt zu beachtender Punkt ist die Konstruktion des Einlaufes: Wie in Abbildung 3 gezeigt, ist mit erheblichen Einströmgeschwindigkeiten in den Milchmengenmesser zu rechnen. Wird die kinetische Energie nicht abgebaut, kommt es zu einer Verwirbelung der Milch in der Vorkammer, und die Entgasung wird gestört. Analoges würde – über die Verweilzeit und das potentielle Aufbauen von Schaum durch verspritzende Milch – für den Rieselfilm gelten. Weiterhin ist der Abbau der kinetischen Energie eine Grundvoraussetzung, wenn mit verschiedensten Melkeinheiten gleiche Meßergebnisse erzielt werden sollen. Als Einflußfaktoren auf die kinetische Energie der einströmenden Milch sind – neben prinzipiellen Unterschieden zwischen Wechsel- und Gleichtaktimpulsierung – vor allem der momentane Milchfluß, unterschiedliche Puffervolumina und variable Luftmengen zu nennen, wobei der Leckluftanteil nicht zu standardisieren ist.

Mobile Geräte müssen Schaum messen

Wie in Abbildung 4 dargestellt, kann bei – aus handhabungstechnischen Gründen zwingend kleinen – Milchmengenmessern für den mobilen Einsatz in Anbindeställen nicht von luftfreier Milch ausgegangen werden. Werden diese Geräte zur sporadischen Milchleistungsprüfung eingesetzt, erhöhen sich die Anforderungen weiter, da betriebspezifische Einflüsse bauartbedingt ausgeschlossen werden müssen. Eine Justierung auf Melkmaschine und/oder Schaum ist hier a priori unmöglich.

Zur Diskussion stehen derzeit zwei meßtechnische Alternativen, von denen die erste in stationärer Ausführung gerade auf den Markt gekommen ist. Es erfolgt eine *Wägung von Portionen*, wobei beim Ausschleusen mit dem momentanen Fluß weitergerechnet wird. Die zweite ist ein Verfahren mit echter *Durchflußmessung und laufender Dichtebestimmung* in der Meß-

Könner melken mit Verstand



Melkstandsysteme,
 Computerfütterung- u.
 Managementsysteme,
 elektron. Milkmeter,
 (ADR anerkannt),
 Milchkühlung

- Für die bessere Milchqualität
- Für die bessere Wirtschaftlichkeit

die Technik von

FULLWOOD

dem Marktführer in England, einem der anspruchsvollsten Märkte Europas.

Fordern Sie ausführliche Produktinformation an!

LEMNER-FULLWOOD-LK
 Kältetechnik · Melkanlagen · Fertigung
 5204 Lohmar 21 · Tel. 0 22 06 / 30 21
 Telex 887 521 · Fax 0 22 06 / 8 21 08

Denn es geht um mehr als nur um die Milch

kammer, so daß verschäumte Milch nur entsprechend ihrem Flüssigkeitsanteil bewertet wird.

Die Wägung erfaßt automatisch die Schaumanteile mit und stellt somit ein prinzipiell sehr einfaches Verfahren dar. Bei der Realisierung wird man aber nicht ohne aufwendige Technik auskommen, da das Wägeelement gegen Stoßbelastung gesichert und das Meßsignal aus einer Schwingung herausgefiltert werden muß. Ein prinzipielles Beispiel für ein solches Ausgangssignal gibt Abbildung 5.

Die Abbildung zeigt einen stark gespreizten Ausschnitt aus dem Melkbeginn in einen Meßbehälter mit DMS-Wägeelement; 1 V entspricht 1 kg/min Milch. Es wird deutlich, daß der tatsächliche Milchfluß (durchgezogene starke Linie) aus Schwingungen isoliert werden kann, die – trotz großer Dämpfung – mit ihren Spitzen weit in positive und negative Bereiche vorstoßen.

Das zweite Verfahren ist vom Prinzip her schwieriger, aber relativ einfach in der Ausführung ohne bewegliche Teile: In einem Vorlauf wird die kinetische Energie der einströmenden Milch in einer Rotation abgebaut, wobei bereits ein Großteil der Luft herauszentrifugiert [8], um die Meßstrecke herumgeführt und am Ausgang des Gerätes zur Minimierung der Vakuumverluste wieder zugegeben wird. Die eigentliche Meßkammer wird von unten eingespeist und weist als Meßprinzip die Stauhöhe am Schlitz auf. Dabei wird elektronisch in dünnen Schichten gleichzeitig die jeweilige spezifische Dichte abgegriffen, so daß Dichteprofile errechnet werden können (Abb. 6). Die Stauhöhe im Gefäß ist über der spezifischen Dichte aufgetragen, es ergibt sich ein typischer s-förmiger Verlauf: Bis knapp 30 mm Stauhöhe liegt – an der Dichte erkennbar – praktisch luftfreie Milch vor, darüber

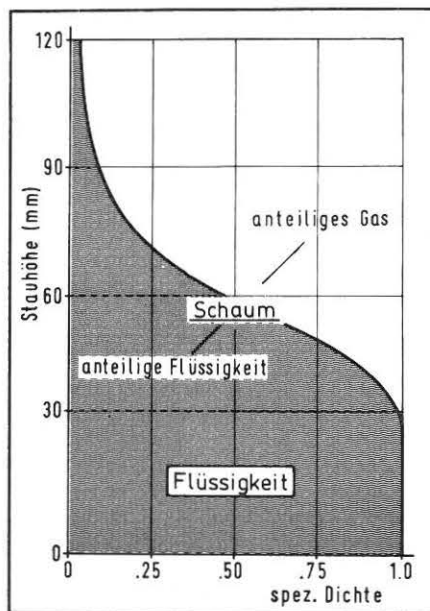


Abb. 6: Dichteprofil von Milch am Meßschlitz (Schema)

befindet sich eine Schaumauflage abnehmender Dichte bis hin zu praktisch milchfreiem, grobporigem Schaum. Durch laufende Verrechnung der jeweiligen Schichtdicken mit der zugehörigen Dichte und dem hydrostatischen Druck erhält man auch bei als Fluid vorliegender Milch den momentanen Massestrom.

Abschließend bleibt festzustellen, daß eine zuverlässige Milchmengenmessung auf dem Bauernhof an eine gewisse Baugröße und/oder einen gewissen meßtechnischen Aufwand gebunden ist: Selbst bei großzügiger Ausstattung mit Abscheide-Oberfläche bleibt das Problem „Restmilch im Schaum“ zumindest bei der letzten Teilfüllung, so daß

Geräten zur Erfassung des Massestromes der Vorzug gegeben werden muß. Die Technik sollte daher auch genutzt werden, um nicht nur die Melkmaschine besser zu steuern als bislang [9], sondern gleichzeitig sollten Mengen-Zeit-Diagramme („Milchflußkurven“) für die Beurteilung der Qualität der Melkarbeit und züchterische Entscheidungen ausgegeben werden können [10]; die Information „Milchmenge“ fällt als Nebenprodukt ohnehin an. Damit alles für den Landwirt finanzierbar und – bei mobilen Lösungen – hantierbar bleibt, sollte die Industrie verstärkt bemüht sein, in die Milchmengenmessung die Pulsator- und Milchflußsteuerung sowie eventuell weitere Funktionen zu integrieren.

Literatur

- [1] Pirkelmann, H.: Techniken zur leistungsgerechten Rinderfütterung. Bayer. Ldw. 64 (1987), H. 4, S. 449 – 459
- [2] Ordolf, D.: Geräte zur Milchmengenmessung – Bauarten. KTBL-Arbeitsblatt Nr. 0226 (1987)
- [3] Worstorff, H.: Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung. Tierzüchter 38 (1986), H. 1, S. 25 – 27
- [4] IKEWM: Die Anerkennung von Milchmengenmeßgeräten. Sonderdruck April 1988, 19 S.
- [5] Worstoff, H. und H. Stanzel: Zur Messung der Strömungsverluste von Milchfluß- und Milchmengenmeßgeräten. Landtechnik 38 (1983), H. 7/8, S. 308 – 313
- [6] Scholtysik, B. J. und H. Worstorff: Verbesserungen der Vakuumbedingungen bei Melkanlagen durch Luftabscheidung und getrennte Vakuumsysteme für Milchentzug und Milchtransport. Grundlagen der Landtechnik 29 (1979), S. 153 – 158
- [7] Grindal, R. J.: Influence of milking conditions and vacuum control on hydraulic milking performance. J. Dairy Res. 55 (1988), S. 15 – 24
- [8] Oelze, H.-H.: Gasabscheidende Einrichtungen. PTB-Bericht „Volumen- und Massemessungen von Flüssigkeiten“ (1987), S. 12 – 50
- [9] Beyersdorfer, G., H. Preuß, P. Schwanicke und G. Andres: Erprobungsergebnisse eines neuen Kipp-schalen-Milchmengenmeßgerätes, Einsatzmöglichkeiten und Anforderungen in Melkstandanlagen. Tierzucht 42 (1988), H. 11, S. 511 – 512
- [10] Göft, H. und H. Worstorff: Informationsquelle Milchflußkurve. Tierzüchter 41 (1989), H. 7, S. 303–305

Auswirkungen von Abruffütterungsanlagen auf das Verhalten von tragenden Sauen und Kühen

Von Josef Boxberger*)

Abruffütterungsanlagen dienen bei Milchkuhen der individuellen Versorgung mit Kraftfutter, bei Sauen wird unter Umständen das gesamte Futter über die Abrufstation verabreicht. In beiden Fällen führt diese Fütterungstechnik zu sozialen Auseinandersetzungen. Ziel der Untersuchungen ist es, durch entsprechende technische Ausstattung und Wahl der Standorte die sozialen Probleme in der Herde zu reduzieren. Bei den Sauen brachte eine Einschränkung der Stationszugszeit eine starke Verringerung der Fehlbelegung der Station. Bei Kühen hatte die Grundfuttergabe Einfluß auf das Verhalten an der Abrufstation. Durch mehrmalige tägliche Futtervorlage verbessert sich das Verhalten gegenüber der einmaligen Grundfuttergabe. Bei Herden mit mehreren Abrufstationen sollten diese im Stall verteilt angeordnet werden.

Responder feeding plants provide the individual concentrate supply for dairy cows, whereas for sows all feed is given through the responder station. In both cases this feeding technology causes social clashes in the herds. The aim of this investigation is to reduce the social problems through appropriate equipping and selection of locations. With sows, restricting admission time to the station led to considerably reduced incorrect utilization of the station. With cows, the basic ration had considerable influence on behaviour at the responder station. Roughage feeding several times daily improves behaviour compared to single roughage feeding. For herds with several responder stations, these should be distributed throughout the stall.

Während in der Milchviehhaltung bereits lange Erfahrungen mit Kraftfutterabruffanlagen vorliegen, ist diese Technik in der Schweinefütterung noch relativ neu. Mit der Einführung dieser Fütterungstechnologie in der Rinderhaltung kam es in erster Linie zu einer Verbesserung der individuellen, leistungsgerechten Kraftfutterverabreichung in Laufställen. Die Übertragung auf die Schweinehaltung hingegen initiierte unter geänderten gesetzlichen Rahmenbedingungen (Verordnung zum Schutz von Schweinen bei Stallhaltung) einen Trend zurück zur Gruppenhaltung bei einem erweiterten Freßplatz: Tier-Verhältnis von bis zu 1:50.

*) Privatdozent Dr. Dr. habil. Josef Boxberger leitet an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik die Abteilung „Schweinehaltung, Aufstallungs- und Düngechnik“. Der vorliegende Beitrag entstand unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. agr. Karl Kempkens und Dipl.-Ing. agr. Bernd Lehmann.

Da das Verhalten der Sauen sich doch sehr von dem der Rinder unterscheidet und im Gegensatz zur Milchviehhaltung, wo durch den Einsatz von reichlich Grundfutter das Interesse am Kraftfutter nicht so ausgeprägt ist, die Sauen teilweise sogar mit Alleinfutter versorgt werden, mußte es in den ersten Erprobungen zu Schwierigkeiten kommen. Aber nicht nur in der Schweinehaltung verursacht die Abruffütterung Probleme. Auch für Milchkühe in Laufställen mit Kraftfutterautomaten bedeuten diese einen zusätzlichen Streßfaktor, nur ist eben das Ausdrucks- und Aggressionsverhalten von Rindern anders als das der Schweine und demzufolge sind die Auswirkungen einer Abruffütterung auf Milchkühe häufig weniger offensichtlich.

Welche Auswirkungen Abruffütterungsanlagen auf das Verhalten von tragenden Sauen und Milchkühen haben, soll in einem derzeit noch laufenden Projekt für Sauen, das vom BMELF gefördert wird, untersucht werden. Die Forschungsarbeiten über das Verhalten von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall, gefördert durch die DFG und die Konrad Adenauer Stiftung, sind bereits abgeschlossen.

Durch die exakten Verhaltensanalysen werden ferner Hinweise zur Verbesserung der Standorte von Versorgungseinrichtungen wie etwa Tränken und Futterabruflstationen innerhalb des Stallgrundrisses sowie der gesamten Raumstrukturierung und eventuell des Fütterungsmanagement gewonnen. Außerdem ergeben sich Vorschläge zur Optimierung der Abruffütterungen selber aus dem Verhalten der Tiere an diesen Automaten.

Methoden

Für die Gewinnung von Verhaltensdaten werden in den Untersuchungen eindeutig voneinander abgrenzbare Merkmale herangezogen. Diese sind beispielsweise Liegen, Sitzen, Stehen, Gehen, Fressen, Saufen und soziale Auseinandersetzungen.

Bei der Registrierung kommen drei Methoden zum Einsatz:

- Die Nahbereichsphotogrammetrie in Mono- oder Stereoaufnahmetechnik [12,2,6,5]. Sie erlaubt die Quantifizierung von Verhaltensmerkmalen und, über die Registrierung der Tierpositionen in der Bucht, die Berechnung der täglich absolvierten Wegstrecken für jedes Tier.
- Die Beobachtung und Protokollierung durch den Versuchsansteller während der Bildgewinnung durch die Nahbereichsphotogrammetrie, je nach Erfordernissen in Mono- oder Stereoaufnahmetechnik.
- Die Videotechnik zur Unterstützung des Protokolls bei Beobachtungen in der Gruppen- und Laufstallhaltung oder als ausschließliches Verfahren für Untersuchungen in der Einzelhaltung, da hier die Bewegung mit Ortsveränderung nicht möglich ist.

Tab. 1: Täglich zurückgelegte Wegstrecke für Sauen in verschiedenen Gruppenhaltungssystemen

	Haltungssystem	Wegstrecke (m/Sau und Tag)		
		min.	Ø	max.
Jeppsson [4]	Einzelfreßstände	43	206	424
Versuch 1	Abruffütterung	231	377	651
Versuch 2	Abruffütterung	184	589	1139

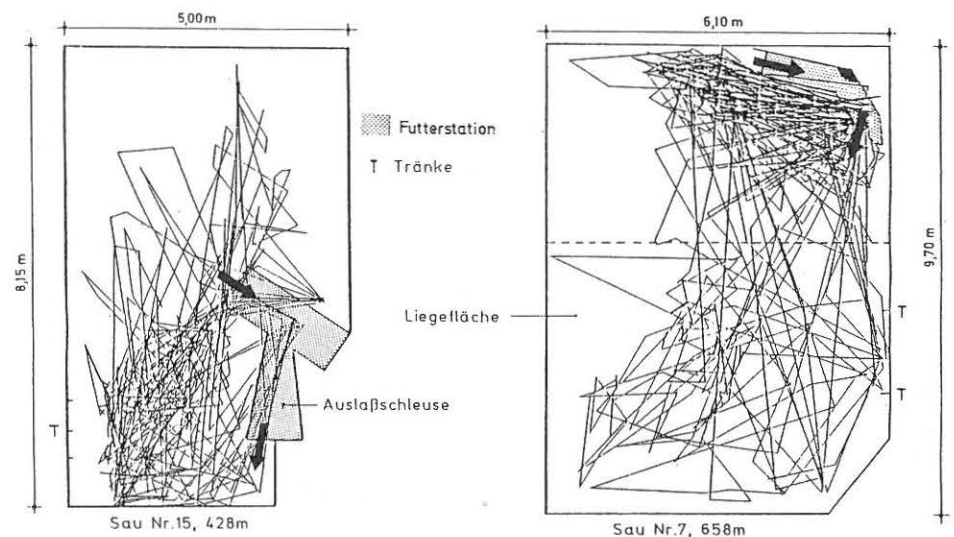


Abb. 1: Wegstreckendiagramme für zwei Sauen bei Abruffütterung

Als Resultat der Auswertung können Verhaltensdaten nach Dauer und Häufigkeit sowohl individuell als auch gruppenspezifisch angegeben und hinsichtlich der zeitlichen und räumlichen Verteilung analysiert werden.

Ergebnisse

Die nun folgende Darstellung der Ergebnisse zum Verhalten von Sauen bei Gruppenhaltung mit Abruffütterung und von Milchkühen im Liegeboxenlaufstall mit zwei Kraftfutterabruflstationen wird getrennt nach der jeweiligen Spezies vorgenommen und soll exemplarisch anhand ausgewählter Verhaltensmerkmale die Auswirkungen der Abruffütterung verdeutlichen.

Tragende Sauen

Bei der Darstellung erster vorläufiger Ergebnisse zum Verhalten von Sauen bei Gruppenhaltung mit Abruffütterung steht das Bewegungsverhalten und das Verhalten der Sauen an der Futterstation im Vordergrund, da diese beiden Bereiche zunächst die größte Aussagekraft besitzen.

Bewegungsverhalten

Die Bewegungsstrecken der einzelnen Sauen bestätigen die 1980 gefundene individuelle Schwankungsbreite der Werte [4] (Tab. 1).

Mit 377 m und 589 m ist der Mittelwert bei zentralisierter Fütterung deutlich höher als in der Dreiflächenbucht, wo die Tiere nur 206 m im Durchschnitt zurücklegten [4]. Während in letzterem System alle Tiere gleichzeitig ihr Futter erhalten, sind an der Abruffütterung oft mehrere und damit längere Wege nötig, bis die einzelnen Sauen an ihr Fressen gelangen.

Die graphische Auswertung der Wegstrecken zweier Sauen mit nahezu durchschnittlichen, absolvierten Distanzen zeigt, daß Aktivität und Bewegung in hohem Maße durch Futter oder Futtersuche motiviert sind, und daher die Futterstation im Mittelpunkt des Interesses der Tiere steht (Abb. 1).

In der ersten Untersuchung stellten sich bestimmte Sauen mit Vorliebe parallel zum fressenden Tier neben die Station. Dabei hielten sie den Kopf in Trognähe (Abb. 1 links). An der Station ohne Auslaßschleuse (Versuch 2) versuchten die Sauen sowohl durch den Eingang als auch durch den Ausgang die Station zu betreten (Abb. 1 rechts), was einen reibungslosen Tierwechsel im Freßplatz nahezu unmöglich machte.

Stationsbesuche

Die Anzahl an Fehlbelegungen, also Stationsbesuche ohne Futterabruf, ist ein weiteres Indiz für die Attraktivität der Futterstation (Tab. 2).

Bei uneingeschränktem Stationszugang von 0.00 Uhr bis 24.00 Uhr (Versuch 1) kommt es zu 9,5 Fehlbelegungen pro Sau und Tag, die zusammen 30,3 Minuten pro Sau und Tag in Anspruch nehmen. Zum Futterabruf hingegen ist die Station durchschnittlich nur 18 Minuten pro Sau und Tag belegt bei durchschnittlich 1,1 Besuchen pro Sau und Tag. Dieser hohe Anteil unnötiger Stationsdurchläufe führt zu einer starken mecha-

Tab. 2: Durchschnittliche Dauer und Frequenz der Stationsbelegung bei uneingeschränkter und eingeschränkter Zugangszeit für zwei Gruppen von Sauen mit Abruffütterung

	Versuch	
	1	2
Gruppengröße	14	22
Stationszugangszeit (Uhr)	0 ⁰⁰ bis 24 ⁰⁰	6 ⁰⁰ bis 18 ⁰⁰
ohne Futteranspruch:		
Häufigkeit (n)	9,5	2,7
Dauer (min)	30,3	1,1
mit Futteranspruch:		
Häufigkeit (n)	1,1	1
Dauer (min)	18	16,6

nischen Beanspruchung der Technik und zu erheblicher Unruhe in der Gruppe.

Durch Begrenzung der Stationszugangszeit, etwa von 6.00 Uhr bis 18.00 Uhr (Versuch 2), kann die Frequenz auf 2,7 und die durchschnittliche Dauer der Fehlbelegungszeit auf 1,1 Minuten pro Sau und Tag reduziert werden. Eine zu starke Einschränkung des Zeitraumes für den Futterabruf kann aber auch dazu führen, daß „Nachzügler“ oder „schüchterne“ Tiere nicht mehr an ihre Ration gelangen können (Abb. 2).

Beide Phänomene – die hohe Attraktivität der Futterstation und als Folge eine Tierkonzentration im stationsnahen Bereich – sowie die vermehrte Fortbewegung im Gruppendurchschnitt erhöhen die Begegnungswahrscheinlichkeit von Tieren in der Bucht und damit die Zahl der repulsiven sozialen Auseinandersetzungen. Letztere bezeichnen die Auswirkungen aggressiven Verhaltens der Tiere gegeneinander.

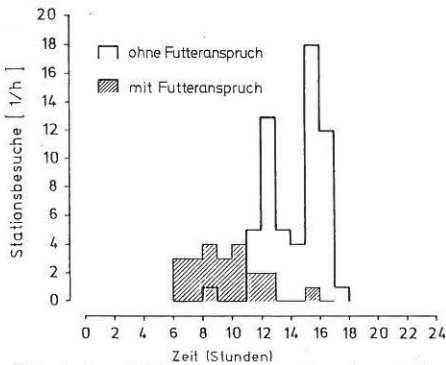


Abb. 2: Anzahl der Stationsbesuche mit und ohne Futteranspruch einer Gruppe von 22 Sauen bei einer Stationszugangszeit von 6.00 bis 18.00 Uhr.

Milchkühe

Der Einsatz von Abrufautomaten (Gleitzeitsystem) im Liegeboxenlaufstall führte, wie schon in [1,7,8,10] beschrieben, bei den Milchkühen im Vergleich zur vorhergehenden Kraftfüttergabe am Freßgitter vor allem zu einem drastischen Anstieg der repulsiven sozialen Auseinandersetzungen (Abb. 3).

Dieser Anstieg ist fast ausschließlich zurückzuführen auf Verdrängungen im Bereich der Futterautomaten. Das heißt, die Kraftfutterstationen stellen einen attraktiven Anlaufpunkt für die Tiere dar, wodurch Konkurrenz und damit Aggression entstehen. Dies wird deutlich anhand eines Wegstreckendiagramms einer Kuh (Abb. 4). Auffällig sind die häufig registrierten Positionen im Bereich der Kraftfutterautomaten. Dadurch entsteht in diesem Stallbereich eine Art „Ballungszentrum“ der Tieraktivität, häufig können also die jeweiligen Individualdistanzen nicht eingehalten werden und es kommt zu Konfrontationen. Mit den sozialen Auseinandersetzungen einher gingen bei Einsatz der Abrufautomaten: eine um 20 % kürzere tägliche Grundfutteraufnahme, eine um 25 % verkürzte durchschnittliche Freßphasendauer am Freßgitter ($p=0,01$), eine um 20 % häufigere tägliche Anzahl an Stehphasen in der Liegebox ($p=0,05$) sowie eine um 20 % längere täglich zurückgelegte Wegstrecke ($p=0,065$). Diese Auswirkungen konnten allerdings lediglich in der Winterphase mit einmal täglicher Silagevorlage festgestellt werden. Bei dreimal täglicher Grünfuttervorlage im Sommer wurde – unter anderem durch ein damit erzeugtes herdensynchrones Verhalten – mancher Effekt überlagert.

Die Untersuchungen zum Standort der Abrufautomaten können wie folgt zusammengefaßt werden:

– innerhalb eines konventionellen Laufstallgrundrisses (hier 3reihig) können negative Effekte der Abruffütterung auf das Tierverhalten nur begrenzt ausgeschaltet werden. Durch die Vorgabe

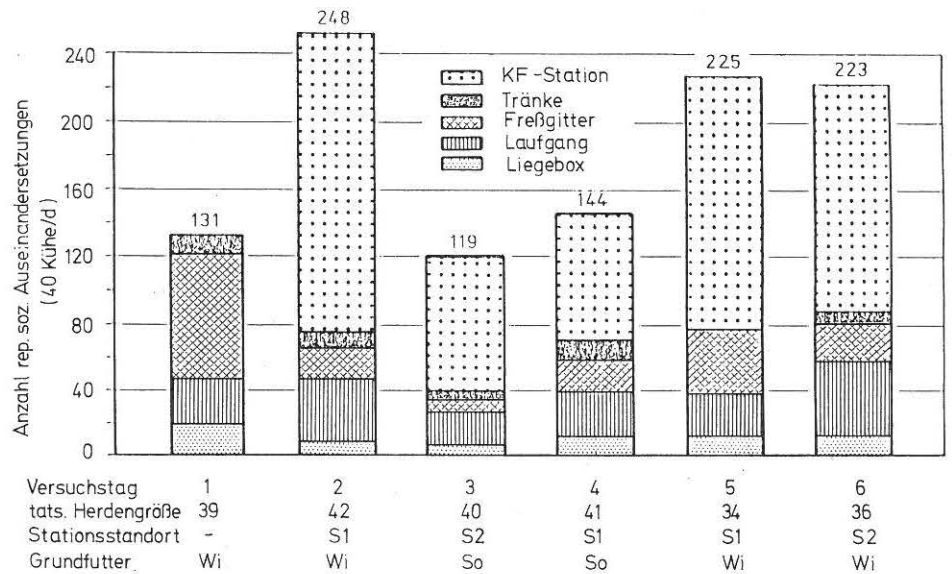


Abb. 3: Anzahl repulsiver sozialer Auseinandersetzungen in der beobachteten Milchviehherde an sechs Versuchstagen (jeweils umgerechnet auf 40 Kühe, Kempkens, 1989)

einer gewissen Anzahl an Übergängen zwischen Freß- und Liegebereich sowie schmaler Laufgänge sind Unterschreitungen der Individualdistanzen und „sozialer Streß“ in bestimmtem Maße vorgegeben.

- Die Verlagerung der Kraftfutterstationen in einen außerhalb des Stalles liegenden Laufbereich führt zu einem gezielten Futterabruf (weniger Fehlbelegungen ohne Futteranspruch) und reduziert aggressive Auseinandersetzungen. Die Kühe sind dafür aber gezwungen, lange Wege in Kauf zu nehmen.
- Kühe sind grundsätzlich bestrebt, kurze Wege zu gehen [2,3], was dazu führen sollte, Versorgungseinrichtungen – insbesondere Kraftfutterautomaten und Tränken – nahe beieinander zu stationieren.
- Werden mehrere Kraftfutterautomaten benötigt, so sollten diese im Stallbereich gut verteilt werden. Ansonsten versuchen die Kühe nach Verlassen einer Station die nächstgelegene aufzusuchen, obwohl kein Futteranspruch besteht.
- Futterautomaten im Liegebereich, also am Laufgang zwischen den Liegeboxen,

führen zu einer häufigen Unterbrechung der Liegephasen.

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse sollte auch im Milchviehbereich der Einsatz der Abruffütterung kritisch betrachtet werden. Geht man von der (aufgrund einer ausgeglichenen Bilanz) „ökologisch optimalen“ 5000 l-Kuh aus [9], so reduziert sich der tägliche Kraftfutteraufwand pro Kuh auf ein Maß, das auch am Freßgitter oder am Melkstand verabreicht werden könnte. Ist die Abruffütterung jedoch erforderlich, so sollten die Bemühungen auf ein möglichst „streßfreies“ Tierverhalten ausgerichtet sein.

Literatur

- Bücher sind mit ● gezeichnet
- [1] Andreae, U. und D. Schmidt: Tagesrhythmik, Sozialverhalten und Ruheverhalten von Milchkühen bei kontinuierlicher automatischer Kraftfutterversorgung. In: Landbauforschung Völknerode, 33 (1983), H. 4, S. 208–218
 - [2] ● Bockisch, F.-J.: Beitrag zum Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall und Bedeutung für einige Funktionsmaße. Diss. TUM-Weihenstephan, 1985
 - [3] ● Bogner, H. und A. Grauvogel: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. Verlag Eugen Ulmer, 1984

Fortsetzung Seite 393

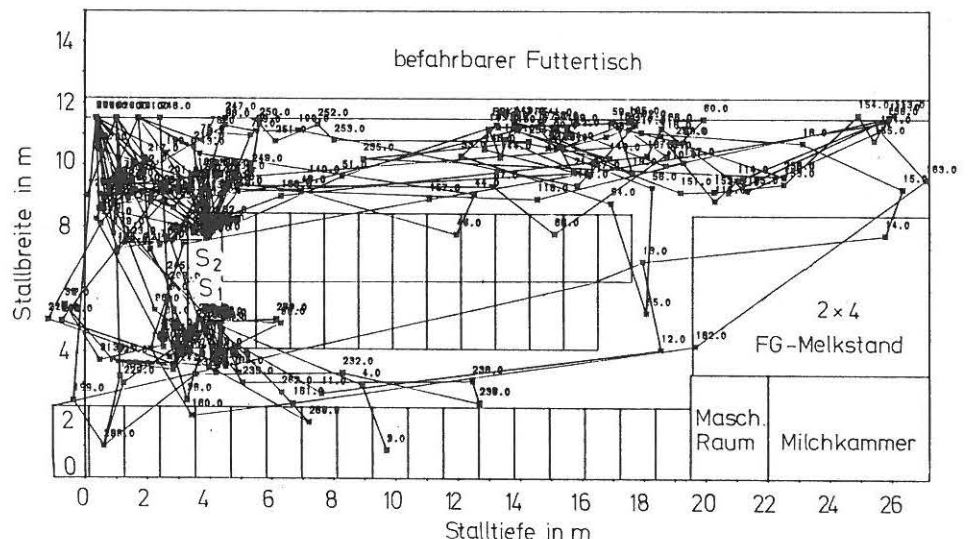


Abb. 4: Tageswegstrecke einer Kuh, zurückgelegte Strecke: 804 m (Kempkens, 1989)

Reduzierung von Ammoniakemissionen aus der Abluft von Intensiv-Tierhaltungen

Von Hans-Dieter Zeisig*)

In den letzten Jahren sind insbesondere in der Nähe von Hühnerställen verstärkt Waldschäden zu beobachten. In Gewächshausversuchen mit Hühnerstallabluft konnte gezeigt werden, daß eine Trockenentstaubung mit speziellen Filtermatten möglich ist, jedoch der Staub der Stallluft nicht primär pflanzenschädigend wirkt, sondern in jedem Fall der Ammoniakgehalt reduziert werden muß. Die biologische Abluftreinigung mit Hilfe eines Biofilters wird derzeit an einem Hühnerstall erprobt, wobei speziell die ordnungsgemäße Funktion der Vorentstaubung, der Filtermaterialmischung und Befeuchtungseinrichtung untersucht werden.

In recent years forests damages have markedly occurred near poultry houses. Investigations on greenhouses with waste air from a poultry house, showed that dust can be removed from waste air by specially constructed filter mats. It was also shown that dust is not the main cause of plant damage, but ammonia. Investigations are being conducted on proper predusting, filter material mixture and automatic moisturizing at biofilter installations.

In den letzten Jahren sind in einzelnen Regionen des Bundesgebietes verstärkt Waldschäden in der Nähe von Hühnerställen, aber auch Schweinestallungen festgestellt worden. Diese Beobachtungen sind keineswegs neu, so berichtete etwa Lampadius 1963 [zit. in 3] von Erkrankungen an Fichten in der Umgebung eines Schweinestalles. Ebenso beobachteten Kühne [6] sowie Garber und Schürmann [3] Absterbeerscheinungen an Koniferen in der Nähe von Hühnerställen.

Seit Bestehen der zur Zeit gültigen technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft, in der bekanntlich der Wald als besonders schützenswert in dieser Beziehung praktisch der Wohnbebauung gleichgesetzt ist,

*) Dr. Ing. Hans-Dieter Zeisig leitet an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik das Referat Maschinen- und Umwelttechnik. Der vorliegende Beitrag entstand unter Mitarbeit von Waltraut Wolfertstetter und Josef Kreitmeier.

sind auch die Genehmigungsbehörden angehalten, derartige Schädigungen verstärkt zu berücksichtigen.

Das gasförmige Ammoniak ist in diesen Fällen als der vorherrschende Schadstoff anzusehen, während andere Einflußfaktoren wie etwa die Staubfracht oder auch die Temperatur des Abluftstromes eine mehr oder weniger untergeordnete Rolle spielen. Nach Hochrechnungen von Buijsmann [1] werden in der Bundesrepublik Deutschland etwa 371 000 t Ammoniak jährlich emittiert. Davon entfallen auf industrielle Quellen oder Verarbeitungsvorgänge etwa 6000 t, auf die Mineraldüngung etwa 35 000 t und auf die Viehhaltung etwa 329 000 t, wovon etwa 40 bis 50 % mit der Abluft aus der Stallhaltung abgeführt werden. Der Anteil der sogenannten „natürlichen“ Quellen ist weitgehend unbekannt.

Versucht man, analog der in [4] vorgenommenen Abschätzung der N-Einträge in Grünlandssysteme eine solche nur für das Ammoniak aus der Gasphase vorzunehmen, so ergibt sich bei einer durchschnittlichen Gaskonzentration in der Umgebungsluft von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und einer neuerdings häufig verwendeten Depositionsgeschwindigkeit

von $1,6 \text{ cm/s}$ eine Depositionsrate von etwa 33 kg N/ha und Jahr. Als sogenannte „critical load“ für Magerstandorte, wie ihn normalerweise der Waldboden darstellt, werden allgemein 20 kg N/ha und Jahr angesehen. Das bedeutet, daß alleine aus der Gasphase des Ammoniaks für bestimmte Standorte diese „kritische Belastung“ bereits überschritten wird (Abb. 1).

In Abbildung 1 ist versucht worden, den Weg des Ammoniaks mit der Abluft eines Stallgebäudes – auch in seinen Reaktionen – schematisch darzustellen.

Zu erkennen sind zwei Wege: einmal die unmittelbare Einwirkung aus der Gasphase und zum anderen der Umweg über den Niederschlag über diverse Umwandlungsprodukte auch aus Reaktionen mit anderen in der Luft vorhandenen Gasen. Selbstverständlich fällt auch auf den „stallnahen“ Wald Niederschlag, so daß sich hier die beiden Wirkungsgruppen addieren.

Welche Teile der Stallabluft schädigen die Pflanzen?

Die Übertragung dieser Zusammenhänge auf die beobachteten Waldschäden in unmittelbarer Nähe von beispielsweise Hühnerställen führte für uns zu folgender Fragestellung: Sind die Pflanzenschädigungen tatsächlich nur auf den Gasgehalt, insbesondere Ammoniakgehalt der Stallluft, zurückzuführen oder spielen die mit normalen Lüftungsanlagen ausgetragenen Staubmengen nicht auch eine Rolle? Zur Klärung dieser Fragestellung verwendeten wir Kleingewächshäuser mit einer Grundfläche von rund $8,8 \text{ m}^2$ und einem umbauten Raum von $24,8 \text{ m}^3$ (Abb. 2).

Zwei dieser Gewächshäuser wurden an einen Legehennenstall mit Käfighaltung angeschlossen, wobei in einer Variante die normale Stallluft eingeblasen wurde, während in der zweiten Variante die Stallluft durch Zwischenschaltung einer Filtermatte mit einem Abscheidegrad von rund 98 %

Fortsetzung von Seite 392

- [4] Jeppsson, M., J. Svendsen und B. Andreasson: Behaviour studies of „loose“ and „fixed“ dry sows maintained under the same husbandry, feeding and stable conditions. Swedish University of Agricultural Sciences, Report 10, Lund, 1980
- [5] ● Kempkens, K.: Der Einfluß von Kraftfutterabruffütterung und Grundfuttermitteln auf das Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall. Diss. TUM-Weihenstephan, 1989
- [6] ● Kirchner, M.: Verhaltensdaten von Mastbullen in Vollspaltenbodenbuchten und Folgerungen für die Buchtengestaltung. Diss. TUM-Weihenstephan, 1987
- [7] Metz, I. und A. H. Ipema: Behaviour of cows in completely automated feeding systems. Society for Veterinary Ethology, Tönikon, 1987
- [8] ● Metz, I. H. M. und H. K. Wierenga: Behavioural criteria for the design of housing systems for cattle. In: Cattle housing systems, lameness and behaviour. M. Nyhoff Publishers, Dordrecht, S. 14–25, 1987
- [9] Pfeffer, E. und H. Spiekers: Stickstoffbilanz in Milchviehbetrieben. Tierzüchter 41 (1989), H. 6, S. 246–247
- [10] Schuilling, H. J. und S. Vellinga: Ethologische problemen bij de toediening van krachtvoer aan melkvee via een geprogrammeerde krachtvoerautomat. IMAG, 1979
- [11] Wenner, H.-L. und B. Lehmann: Das Verhalten von Sauen bei Abruffütterung. In: Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering, S. 831–836, Dublin, 1989
- [12] ● Zips, A.: Nahbereichsphotogrammetrie – Eine Methode zur Registrierung und Quantifizierung des Tierverhaltens im Liegeboxenlaufstall. Diss. TUM-Weihenstephan, 1983

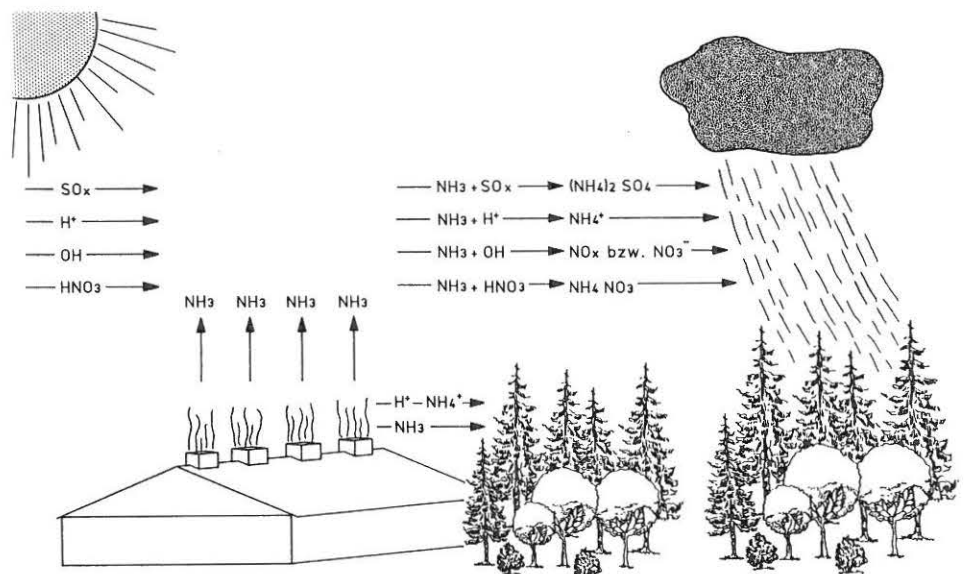


Abb. 1: Weg des Ammoniaks mit der Stallluft und seine Reaktionen (nach K. Isermann, 1988)

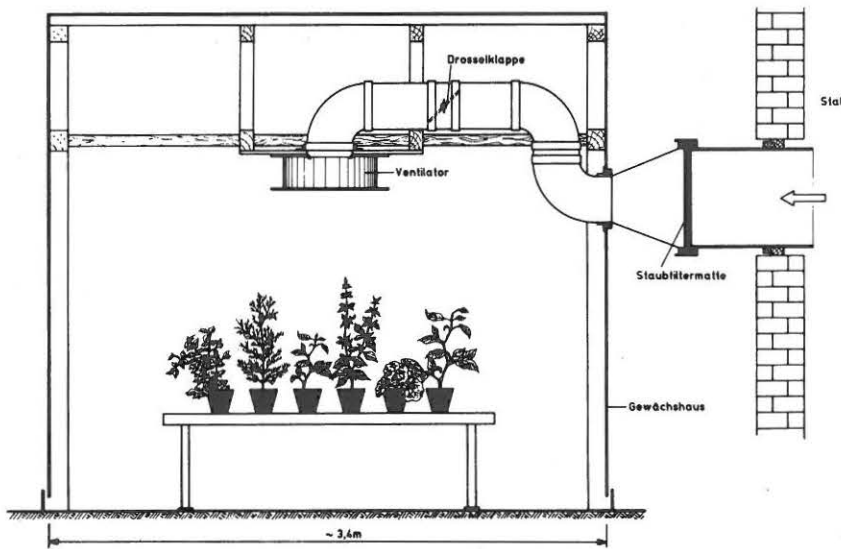


Abb. 2: Versuchsanordnung (schematisch) für Pflanzenversuche mit Hühnerstallabluft

„entstaubt“ wurde. Eine dritte Variante eines derartigen Kleingewächshauses wurde am gleichen Standort mit normaler Frischluft (Außenluft) bei gleichem Luftdurchsatz wie die Stallluftvarianten beschickt. Zur Erzeugung gleicher Temperaturverhältnisse in allen drei Varianten wurde hier eine elektrische Zusatzheizung in den Luftansaug zwischengeschaltet. In allen drei Varianten befanden sich zeitgleich die gleiche Anzahl von Pflanztöpfen (Einheitserde) mit folgenden Pflanzenarten: Weidelgras, Rotklee, Hafer, Tomaten, Buschbohnen, Kopfsalat und Fichten. Der Wasserbedarf der Pflanzen wurde durch automatisch arbeitende Tröpfchenbewässerung gedeckt. Während der gesamten Vegetationsperiode – wobei beispielsweise Weidelgras, Rotklee oder auch Kopfsalat mehrfach geerntet wurden – betrug die durchschnittliche NH_3 -Konzentration in dem mit normaler Stallluft beaufschlagten Gewächshaus rund 3 ppm, während die Variante mit der „entstaubten“ Stallluft eine geringfügig niedrigere Ammoniakkonzentration aufwies. Bedingt durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung während der Vegetationsperiode mußte, um einen übermäßigen Temperaturanstieg in den Kleingewächshäusern zu vermeiden, der Luftdurchsatz in allen drei Varianten gleichmäßig zwischen etwa $900 \text{ m}^3/\text{h}$ und etwa $2000 \text{ m}^3/\text{h}$ variiert werden.

Ergebnisse der Gewächshausversuche

Grundsätzlich wurden in den Stallluftvarianten, also in den Varianten mit der ammoniakhaltigen Luft, bei allen eingesetzten Pflanzen Schäden festgestellt, wobei die einzelnen Arten durchaus unterschiedlich reagierten [5]. Weidelgras zeigte beispielsweise außer einem verstärkten Wachstum die geringsten oder kaum erkennbare Schäden, während zum Beispiel bei Tomaten bei durchaus normalem Fruchtansatz die Früchte, bevor sie reifen konnten, von innen verfaulten. Bei Kopfsalat haben sich in den Stallluftvarianten kaum Salatköpfe ausgebildet – bevor es dazu kam, faulte der Salat von innen heraus. Beim Hafer wiederum haben sich in den Stallluftvarianten praktisch keine normalen Körner ausgebildet und Koniferen zeigten bei zunächst verstärktem Austrieb während der einen Vegetationsperiode eine Gelbfärbung der Nadeln und teilweise auch einen Nadelabwurf. Weiterhin zeigte sich in parallel durchgeführten Versuchen, daß die Schäden an Koniferen nach einer vier- bis fünfwochigen Regenerationsphase in einer Vegetationshalle durchaus reversibel sind (neuausgebildete Triebe und Nadeln wiesen keine Schäden mehr auf) und daß der Staubgehalt der Stallluft sich nicht primär pflanzenschädigend auswirkt, sondern lediglich als zusätzlicher Dünger (offensichtlich vor allem Stickstoffdünger) wirkt.

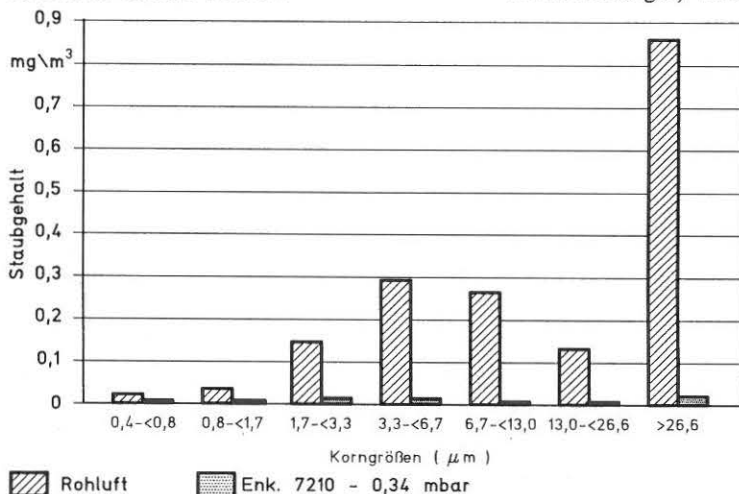


Abb. 3: Korngrößenverteilung aus Impaktormessungen (Enkamat 7210), Durchsatz $500 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

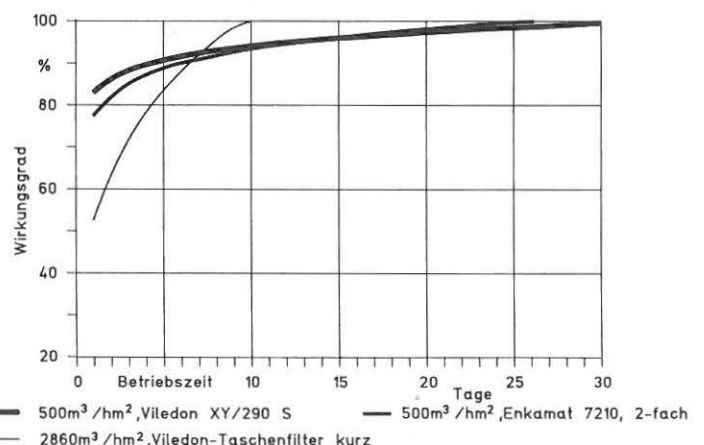


Abb. 4: Staub-Abscheidegrad verschiedener Filtermatten (Versuche Hühnerstallabluft)

Die daraus zu ziehende Konsequenz ist, daß nicht nur der Ammoniakgehalt der Abluft, sondern insgesamt der Ammoniak-Ausstoß erheblich reduziert werden muß, wenn man derartige Schäden vermeiden will.

Maßnahmen zur Reduzierung der Ammoniakemission

Dies kann einmal geschehen durch entsprechende Aufstallungsvarianten, wobei Dung-Abtransport und Luftführung besondere Aufmerksamkeit zu widmen sind. Allerdings ist hier der Erkenntnisstand noch nicht so weit fortgeschritten, daß eindeutige Empfehlungen möglich sind. Außerdem erscheint die Reduktion des Ammoniak-Ausstoßes – insbesondere bei Berücksichtigung der gesamten NH_3 -Emissionen (Stallabluft, Gülle- oder Festmistlager und Ausbringung der Fäkalien) nur in relativ bescheidenem Umfang möglich.

Daher sind auf jeden Fall für die Reduktion der Ammoniakemissionen aus der Stallluft andere Verfahren zu wählen. Kostenmäßig interessant erscheint dafür der biologische Abbau entweder in Biowäschern oder in Biofiltern.

Biowäscher scheiden nach dem derzeitigen Erkenntnisstand aus, da aufgrund niederländischer Untersuchungen [2] selbst bei funktionell richtigem Aufbau bei dem NH_3 -Abbau belastetes und damit auch zu entsorgendes Abwasser anfällt in einer Größenordnung, die beispielsweise bei Mast Schweinen etwa 50 % des Gülleanfalles der Mast Schweine entspricht. Damit würde das Abluftproblem zumindest teilweise zu einem Abwasserproblem.

Bei Biofiltern entsteht dieses Abwasserproblem nicht, allerdings ist hier für eine langfristige ordnungsgemäße Funktion eine Vorentstaubung der Abluft erforderlich. Der Einsatz einer Naßentstaubung, ähnlich wie sie für diesen Zweck im industriellen Bereich üblich ist (beispielsweise Tierkörper-Beseitigungsanstalten, Gelatineherstellung, Chemische Industrie, Fertigfutterherstellung für Hunde und Katzen) kommt hier kaum in Frage, da damit, ähnlich wie bei Biowäschern, auch ein zusätzliches Abwasserproblem geschaffen wird. Als auch unter Kostengesichtspunkten zu akzeptierendes Verfahren erscheint hier eine Trockenentstaubung über entsprechend konzipierte Filtermatten angebracht.

Die Anforderungen an einen derartigen Filtermattenaufbau sind: geringer Strömungswiderstand, hohes Staubspeicher-

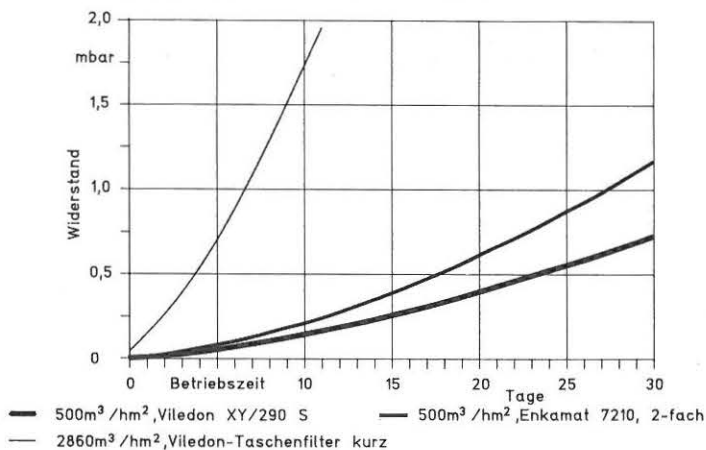


Abb. 5: Widerstandsverlauf verschiedener Filtermatten (Versuche Hühnerstall-abluft)

vermögen zum Erzielen möglichst langer Reinigungsintervalle und selbstverständlich ein möglichst hoher Abscheidegrad, zumindest so, daß durch den Reststaub die Funktionsfähigkeit der nachgeschalteten Biofilteranlage nicht beeinträchtigt wird.

In Abbildung 3 ist als Beispiel für Untersuchungen zur Ermittlung eines zweckmäßigen Filtermattenaufbaus [10] für eine derartige „Trockenenstaubung“ einmal die Korngrößenverteilung des Staubes in der Abluft von Geflügelställen aufgetragen. Daneben zeigt diese Abbildung auch in einer zweiten Säulengruppe die Korngrößenverteilung des „Reststaubes“, wie sie bei einem bestimmten Filtermattenaufbau und dem angegebenen Strömungswiderstand und Luftdurchsatz ermittelt wurde. Die Abbildung 3 läßt erkennen, daß auch bei einem relativ geringen Strömungswiderstand es durchaus möglich ist, Staubabscheidegrade von über 90 % zu erreichen. Allerdings ist nicht jede Filtermatte oder jede Filtermattenkombination für diesen Einsatzzweck gleich gut geeignet. In Abbildung 4 ist dafür als Beispiel der Staubabscheidegrad von drei verschiedenen Filtermatten oder Filtermattenaufbauten über der Betriebszeit bei sonst gleicher Staubkonzentration der „Rohluft“ aufgetragen. Analog zeigt die Abbildung 5 den Strömungswiderstandsverlauf der in Abbildung 4 ausgewählten Filtermatten. Hohe Abscheidegrade bei einem flachen Verlauf der Widerstandskennlinie bedeuten hier ein hohes Staubspeichervermögen und eine entsprechende Verlängerung der erforderlichen Reinigungsintervalle.

Ebenso wie die Staubabscheidung darf auch die verwendete Filterschüttung für das Biofilter einerseits keine übermäßigen Strömungswiderstände aufweisen und andererseits muß die erforderliche Mindestkontaktzeit für den Abbau der Geruchs- und Ammoniakemissionen gewährleistet sein. Die erforderliche Kontaktzeit bei den üblichen Geruchsstoff- und NH₃-Konzentrationen der Abluft beträgt bei Hühnerstallabluft etwa 2,5 bis drei Sekunden und bei Schweinestallabluft etwa fünf Sekunden [7, 9]. Dies ist gewährleistet bei einer Filterschüttung aus einem Fasertorf-Kokosfaser-Gemisch und einer Filterschüthöhe von 50 cm für Hühnerstallabluft bei einem spezifischen Luftdurchsatz von bis zu etwa 600 m³/m² Filterfläche und Stunde und für Schweinestallabluft bei einem solchen von etwas über 300 m³/m² Filterfläche und Stunde. Den Strömungswiderstandsverlauf einer

kompletten Biofilteranlage, aufgetragen über dem spezifischen Luftdurchsatz, zeigt die Abbildung 6.

Hierin gelten die drei Kurven für drei verschiedene Aufbauten von Filteranlagen oder Mischungen des Filtermaterials.

In Abbildung 7 ist eine derartige Biofilteranlage – in diesem Beispiel an einem Schweinestall – schematisch dargestellt. Ein biologischer Abbau sowohl der Schadgase als auch der Geruchsstoffe ist jedoch nur dann möglich, wenn das Filtermaterial auch einen ausreichenden Feuchtegehalt (mindestens 25 %, bezogen auf die Feuchtmasse) aufweist. Dies geschieht entweder durch natürlichen Niederschlag und in den Wintermonaten durch Kondensation oder kann – speziell in den Sommermonaten bei länger anhaltenden Trockenperioden – durch oberflächige Beregnung erreicht werden. Hier war bislang eine entsprechende Überwachung und Sorgfalt durch den Betreiber notwendig und oft nicht vorhanden. Prinzipiell läßt sich eine bedarfsgerechte Zusatz-Beregnung zwar über den Feuchtegehalt der Abluft innerhalb der Filterschüttung steuern, was natürlich voraussetzt, daß die Sorptionsisothermen des Filtermaterials bekannt sind. In der Vergangenheit scheiterten diese Versuche aber an der nicht genügenden Korrosionsbeständigkeit des für die Feuchtefühler verwendeten Materials (Korrosion etwa durch Huminsäuren). Mit der Verwendung von Edelstahl-Fühlern oder entsprechenden Kunststoff-Materialien, die in neuerer Zeit angeboten werden, läßt sich dieses Problem jedoch offensichtlich lösen. Zumindest lassen die bislang erzielten Ergebnisse mit drei Varianten von Feuchtefühlern im praktischen Einsatz diesen Schluß zu. Ebenso lassen die bisherigen Erkenntnisse mit zwei Anlagen, bei denen als Filtermaterial eine Fasertorf-Kokosfaser-Mischung verwendet wird, eine zumindest genauso lange Lebensdauer der Filterschüttung erwarten wie die bislang verwen-

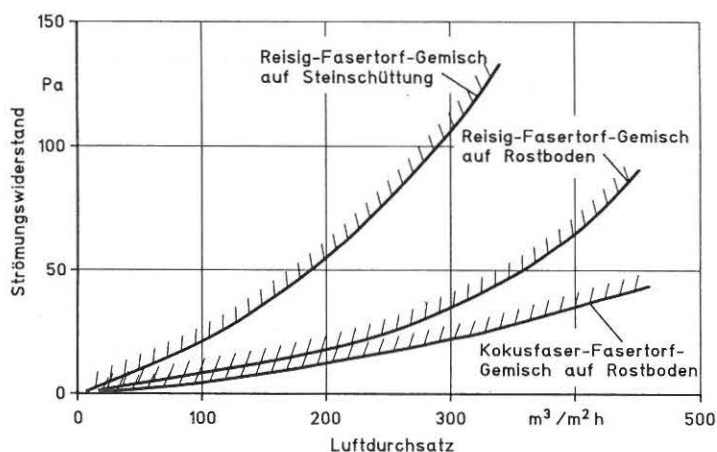


Abb. 6: Luftwiderstand von Biofiltern nach der Reinigung oder Neubefüllung (Höhe der Biofilterschicht im abgesetzten Zustand 50 cm)

deten Fasertorf-Fichtenreisig-Mischungen oder Fasertorf-Heidekraut-Mischungen [8], wobei der Strömungswiderstand und damit letztendlich auch die Energiekosten nicht höher liegen als bei den bislang empfohlenen Filtermischungen.

Literatur

- [1] Buijsmann, E.: Ammonia emission calculation: fiction and reality, In: Asman, W. A. H. und H. S. M. A. Diersen (Eds.): Ammonia and acidification. Proc. Symp. of the European Association for the Science of Air Pollution (EURASAP), Bilthoven (Netherlands), 13. bis 15. April 1987, S. 13 bis 27
- [2] Demmers, T. G. M.: Ammoniakabsorption und Nitrifikation in einem Biowäscher. Vortrag anl. des VDI/CLAN/Dechema Kolloquiums „Biologische Abgasreinigung, Praktische Erfahrungen und neue Entwicklungen“ am 23. und 24. 5. 1989 in Köln
- [3] Garber, K. und B. Schürmann: Wirkung und Nachweis von Ammoniak-Emissionen in der Nähe von Großstallungen. Landw. Forsch. 26 (1971), S. 36 bis 40
- [4] Grünhage, L., U. Dämmgen und H.-J. Jäger: Auswirkungen luftgetragener Stoffe auf Vegetation und Boden in Grünlandökosystemen (Teil II). Landbauforschung Völknerode, 38 (1988), S. 196 bis 210
- [5] Hauk, S.: Wirkung von Hühnerstallabluft auf das Wachstum von Kulturpflanzen. Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für Pflanzenernährung der Fakultät für Landwirtschaft und Gartenbau der Technischen Universität München in Freising-Weihenstephan, Freising, 1989
- [6] Kühne, H.: Absterbeerscheinungen an Koniferen in der Nähe von Hühnerställen mit Entlüftung durch Ventilatoren. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzdienst, 18 (1966), S. 121 bis 123
- [7] Zeisig, H. D., A. Holzer und J. Kreitmeier: Anwendung von biologischen Filtern zur Reduzierung von geruchsintensiven Emissionen. UBA-Forschungsbericht Nr. 80-10403382, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 2/1980, Freising
- [8] Zeisig, H. D. und J. Kreitmeier: Erdfilteranlagen – Bau- und Betriebsanleitung, Ergänzungsblätter Stand 1982. Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.), München, 1982
- [9] Zeisig, H. D.: Biofilter für Landwirtschaft und Industrie, insbesondere Tabakindustrie. In: VDI-Bericht Nr. 561, S. 123 bis 146, Düsseldorf, 1986
- [10] Zeisig, H. D., W. Wolfertstetter und J. Kreitmeier: Entstaubung von Hühnerstallabluft. Unveröffentl. Abschlußbericht zum 1. Teil des LFU-Vorhabens Nr. 3B/2-4260.4-9/87 „Emissionsmindernde Maßnahmen für die Abluft aus Geflügelställen“, Freising, 1988

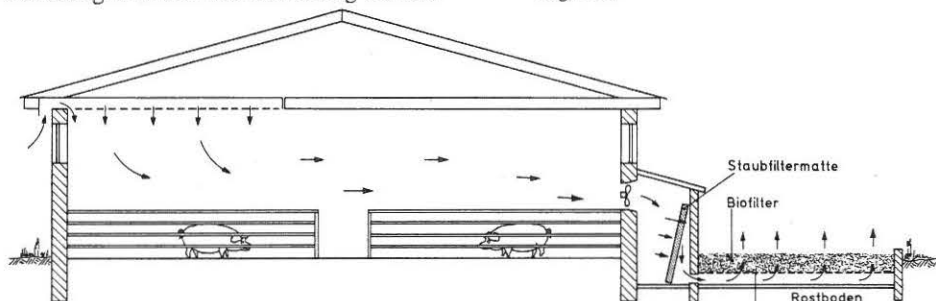


Abb. 7: Funktionsschema eines Biofilters zum Abbau des Schadstoffausstoßes und der Geruchsbelastung

Landwirtschaftliches Bauwesen

Von Leonhard Rittel und Gerhard Englert

Baukonstruktion

Die baukonstruktiven Aktivitäten an der Landtechnik Weihenstephan konnten mit Beginn des Sonderforschungsbereiches 141 im Jahre 1973 wesentlich erweitert werden. Üblicherweise werden massive Außenwände beidseitig mit Putz versehen. Das Verputzen der Wände ist jedoch teuer und ein Säubern, beispielsweise der Stallinnenwände, aus hygienischen Gründen mit dem Hochdruckreiniger oft nicht machbar. Als *Putzersatz* bieten sich abspritzbare zementgebundene Holzspanplatten an. Die Montage dieser großformatigen Platten kann ein geschickter Landwirt durchaus in Eigenleistung vornehmen. Schwierigkeiten bereitete die richtige Wahl der Befestigungsmittel, da die Wandplatten ständigen mechanischen Beanspruchungen durch die Tiere ausgesetzt sind. In einer Versuchsreihe und in Praxisbauten konnten durch Ausziehversuche brauchbare Befestigungen ermittelt werden (unterschiedliche Schraubenarten, Anker Nägel, Rillennägel, Dübel). Die besten Werte lieferten Holzschrauben mit einer Einschraubtiefe von 60 mm. Parallel dazu wurden in einem anderen Projekt die Auswirkungen unterschiedlicher Oberflächenbehandlungen und der Reinigungseffekt auf solche Platten in einem Langzeitversuch beobachtet.

Zur Errichtung von *Einfachgebäuden in Eigenleistung* wurden Zweigelenk-Holzrahmenkonstruktionen (Starrahmen) für unterschiedliche Gebäudeabmessungen entwickelt. Die relativ engstehenden Rahmen eignen sich vor allem für längserschlossene Gebäude (Stallgebäude). Zum Bau von Unterstell- und Bergehallen sind jedoch querschlossene Gebäude mit einer Einfahrtsbreite von 5,00 m besser. Dazu konnte ein kompakter, in Eigenleistung einfach herzustellender Kastenträger entworfen werden, der sich aus Kanthölzern und aufgenagelten Sperrholzplatten zusammensetzt. Mit dieser Bauart war es auch möglich, zum erstenmal eine Dachdeckenkonstruktion für Stallgebäude mit massiver Umfassung auszuführen. Das Luftvolumen des Stallinneren erhöhte sich so beträchtlich. Die aufgelegten Pfetten tragen oben die Dacheindeckung und unten sind die Wärmedämmplatten befestigt. Die Eindeckung mit roten, kleinformatigen Dachziegeln und der helle Außenputz geben dem Gebäude ein gefälliges Aussehen, das sich in die vorhandene Dorfbebauung gut einfügt.

Ergänzt wurde dieses Bauprinzip durch die Entwicklung einer *verstellbaren Trauf-Firstlüftung* (freie Lüftung), die sich für die südlichen Klimaregionen besser eignet als die starre Ausführung. Über eine Mechanik werden die Traufklappen einseitig synchron verstellt und passen die Zuluft den Wetter- und Stallklimabedingungen an. Die Abluft

wird durch Senken und Heben der Firsthaube reguliert. Die transparente, etwa 1,40 m breite Firstabdeckung läßt soviel Licht in den Stall ein, daß bei Gebäudebreiten bis zu 12,50 m auf Fenster verzichtet werden kann. Dieses Lüftungssystem fand in der Landwirtschaft soviel Anklang, daß neue Rindviehlaufställe fast generell damit ausgestattet werden.

Diese Kastenträgerbauart stand auch Pate beim Bau von *Unterstell- und Bergehallen*. Die innen völlig „freie“ Dachkonstruktion bietet sich für unterschiedliche Nutzungszwecke ohne Einschränkung an und läßt beispielsweise die Einlagerung von Heu oder Stroh mit mobiler Technik bis zum First zu, eine beachtliche Ausnutzung des umbauten Raumes.

Zum Bau kleinerer Einfachgebäude wurden *Alternativkonstruktionen in Rundholz* erarbeitet. Voraussetzung dazu war die Entwicklung von schalenförmigen „Rundholzverbindern“, die kraftschlüssige Holzverbindungen ermöglichen und sich unterschiedlichen Holzdurchmessern anpassen. Die verschiedenen vorgeformten und mit Nagellöchern versehenen Elemente aus verzinktem Tiefziehblech lassen sich mit Rillennägeln problemlos auf die Rundhölzer aufnageln. Auch Einfachgründungen, wie direktes Einbetonieren der Holzstützen in den Boden, wurden untersucht. Die daraus gewonnenen Erfahrungen fanden Eingang in die DIN 18 900 („Mastenbauart“).

Parallel zu den bisher genannten Arbeiten lief die Konzeption von *Kantholzstützenställen*, die zum Unterbringen von Kühen in zweireihigen Anbindeställen oder auch in breiteren Laufställen geeignet sind. Nach und nach sammelte sich so eine breite Palette unterschiedlicher Gebäudetypen mit verschiedenen Schneelasten an, die im „Weihenstephaner Bauprogramm“ zusammengefaßt sind. Über den Landtechnischen Verein kann der bauwillige Landwirt die kompletten Bauunterlagen anfordern. Diese reichen von Vorinformationsblättern mit dreidimensionalen Übersichtszeichnungen, die stufenförmig den baukonstruktiven Aufbau darstellen, bis zur Statik mit Konstruktionszeichnungen und Materiallisten. Diese Arbeiten waren eine wesentliche Grundlage für die Ermittlung des *Investitionsbedarfes landwirtschaftlicher Baumaßnahmen*, der sich aus Material- und Arbeitszeitbedarf errechnen läßt. Der Materialbedarf konnte den vorliegenden, geprüften Statiken des Bauprogramms entnommen werden, die Arbeitszeitwerte sind in Baukatalogen enthalten und wurden durch Arbeitszeitmessungen auf landwirtschaftlichen Baustellen überprüft und ergänzt. Ermittelte Korrekturfaktoren modulieren diese Katalogdaten in hier anwendbare Werte. Die Auswertung von Bauabrechnungen von über Bayern verstreute Bau-

maßnahmen ließ eine Preisdatei für die Materialpreise der notwendigen Gewerke entstehen.

Mit dem System: „Kalkulation für das landwirtschaftliche Bauwesen (Kalbau)“ kann über verschiedene „Hierarchieformen“ der Investitionsbedarf vorermittelt werden. Ergänzend dazu laufen Einzelabrechnungen fertiggestellter Objekte. Die Abrechnungen weisen die Kosten und die Arbeitszeit für die Einzelgewerke aus (soweit getrennt darstellbar). Ein bauwilliger Landwirt kann so ein fertiges Objekt, das seinen Bauvorstellungen nahe kommt, besichtigen und kennt dazu den notwendigen Einsatz an Kapital und Arbeit. Dies stellt für ihn einen wesentlichen Beitrag zu einer vernünftigen Entscheidungsfindung dar.

Baustoffuntersuchungen

Den Schwerpunkt der Baustoffuntersuchungen bildeten *Untersuchungen zur Haltbarkeit* bei den spezifischen Umwelt- und Betriebseinflüssen landwirtschaftlicher Einsatzgebiete wie insbesondere:

- Stallklima (hoher Wasserdampfgehalt sowie aggressive Gase wie NH_3 oder H_2S in der Stallluft),
- Exkrememente, etwa in Form von Flüssigmist,
- Futter- und Düngemittel,
- Reinigungs- und Desinfektionsmittel,
- mechanische Belastungen durch Tiere und Geräte (beispielsweise Hochdruckreiniger),
- biologische Einwirkungen (zum Beispiel Pilzbefall, Ungezieferfraß).

Zur verlässlichen Auswahl von Baustoffen für die landwirtschaftlichen Gebäude muß bekannt sein, ob ihre für die jeweilige Verwendung wesentlichen Eigenschaftswerte bei den jeweils einwirkenden Umwelt- und Betriebseinflüssen erhalten bleiben. Untersuchungen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 141 „Produktionstechniken der Rinderhaltung“ und, mit deutlich verringertem Aufwand, im Rahmen der laufenden Arbeiten an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik sowie über Prüfaufträge an die im Jahr 1977 an der Landesanstalt eingerichtete „Prüfstelle für Baustoffe in der Landwirtschaft“ hatten außer einigen Ergebnissen zur Haltbarkeit für eine Reihe von Baustoffen auch Informationen zu maßgeblichen Eigenschaftswerten und zum Praxisverhalten sowie zur Verarbeitung zur Folge.

An folgenden Bau- und Werkstoffen wurden bis jetzt Untersuchungen durchgeführt:

- Kunststoffolien oder -planen und beschichtete Gewebe,
- Wärmedämmplatten aus Kunststoff-Hartschaum,
- Stroh-Bauplatten,
- Holzwerkstoffe (Baufurnierplatten, kunstharz- und zementgebundene Holzspanplatten),

Praxisuntersuchungen zum Einsatz von zementgebundenen Holzspanplatten als Wandverkleidung von Ställen

Von Gerhard Englert*)

Das Verputzen von Wänden ist eine kostspielige bauliche Maßnahme, die zudem bei Ausführung in Eigenleistung einige Erfahrung voraussetzt. Es verwundert daher nicht, daß immer wieder versucht wird, Wandverkleidungen als Alternativen zum Putz einzusetzen. Stehen optische Gesichtspunkte nicht im Vordergrund, wird in erster Linie an großflächige Platten gedacht. Auf diese Weise sind aufwendige Verlegearbeiten zu vermeiden.

Roughcasting walls is expensive and requires some know-how, if done by the farmer in self-help. Concrete bonded wood particle boards could be a cheaper alternative for wall claddings in stables. To gain practical experience, boards coated with different plastic lacquers were tested as wall claddings in a dairy cow stable for 11 years. It was shown that 8 mm thick boards were sufficient. In general, the boards with a acrylic or silicone coating could be cleaned easier than those with PUR or epoxy resin coating or with no coating. The fixation with screws and plugs is durable. The use of special steel screws is recommendable.

Umwelt- und Betriebsbelastungen bei Wandverkleidungen

Derartige Wandverkleidungen können in Ställen – insbesondere in Bereichen, die den Tieren zugänglich sind – einer Reihe besonderer Belastungen ausgesetzt sein:

- mechanische Belastungen durch Tiere (Stöße, Abriebkräfte) sowie durch Hochdruckreiniger (hohe Druckbelastungen),
- Feuchtedehnungen infolge von Wassereinwirkungen beim Reinigen sowie von Änderungen im Wasserdampfgehalt der Stallluft,
- chemische Einwirkungen durch Exkremente, Reinigungs- oder Desinfektionsmittel,
- durch den hohen Wasserdampfgehalt der Stallluft bedingte oder verstärkte biologische Einwirkungen wie Schimmelbildung.

Fortsetzung von Seite 396

- Bitumenwellplatten,
- metallische Werkstoffe: Aluminiumkaschierungen von Wärmedämm-Hartschaumplatten, korrosionsgeschützte Nägel,
- Silolacke.

Wirtschaftlichkeitsprüfung des Wärmeenergieeinsatzes im landwirtschaftlichen Betrieb

Ausgehend von den umfangreichen Untersuchungen an Wärmedämmstoffen entwickelte sich über die Fragestellung, welche Dämmschichtdicken in den einzelnen Stallgebäuden ausgewählt werden sollten, das Arbeitsgebiet der Wirtschaftlichkeitsprüfung des Wärmeenergieeinsatzes im landwirtschaftlichen Betrieb.

Als Prüfgröße der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen dienen die jährlichen Gesamtkosten, mit denen sich ein vorgegebener Bedarf an Wärmeenergie abdecken läßt. Da dieser Bedarf über die Bemessung der Wärmedämmung verändert werden kann, stellen die verschiedenen Ausführungen

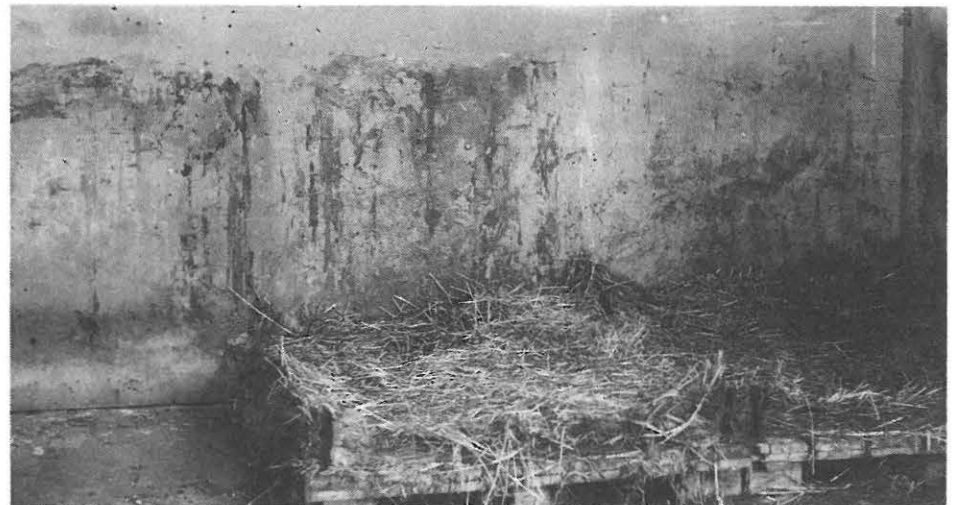


Abb. 1: Wandverkleidung mit zementgebundenen Holzspanplatten

der Wärmedämmung (unterschiedliche Bauteile mit verschiedenen Dämmschichtdicken sowie Wärmedämmstoffen) meist eine Vielzahl von Untersuchungsalternativen dar.

Das an der Landtechnik Weihenstephan entwickelte EDV-Rechenprogramm „WABILOP“ erlaubt es für beliebig dimensionierte und belegte Ställe in unterschiedlichen Klimagebieten zu ermitteln, bei welchen Dämmschichtdicken sich für beliebig vorgebbare Wärmedämmstoffe im Wand- und/oder Deckenbereich die Defizite in der Wärmeenergiebilanz durch eine Heizung mit insgesamt geringsten Jahreskosten ausgleichen lassen. Dabei kann auch der Einsatz eines Luft/Luft-Wärmetauschers in die Berechnungen einbezogen werden. Ein zur Zeit in Arbeit befindliches Rechenprogramm erfaßt auch den Wärmeverbrauch im Wohnhaus sowie zur Warmwasserbereitung und, als zur konventionellen Öl-, Gas- oder Elektroheizung alternative Wärmequellen, die Nutzung von Abwärme mit Wärmepumpen sowie die Verbrennung von Holz, Stroh und Biogas.

Tab. 1: Wichtige Eigenschaftswerte von kunstharz (V100)- und zementgebundenen Holzspanplatten

Baustoffeigenschaft	Maßeinheit	Zahlenwert bei	
		kunstharz-	zement-
		gebundenen	gebundenen
		Platten	Platten
Dichte	kg/m ³	650	1200
Biegefestigkeit	N/mm ²	20	12
Querzugfestigkeit	N/mm ²	1	0,4
Dickenquellung bei 24 h Wasserlagerung	%	12	1,8
Längen- und Breitenänderung bei Feuchteänderung von 25 bis 95 %	%	0,25 bis 0,4	0,3 bis 0,4
Wasserdampfdurchlässigkeit (μ-Wert)		45	23

Der Einsatz von Wandverkleidungen ist daher nicht nur nach ihrem Kaufpreis, sondern auch ihrer Haltbarkeit bei diesen Umwelt- und Betriebseinflüssen zu bewerten.

Wandverkleidungen mit zementgebundenen Holzspanplatten

Die seit einigen Jahren auf dem Markt angebotenen zementgebundenen Holzspanplatten erfüllen mit Plattengrößen von bis zu 3,9 m² die Anforderung der Großflächigkeit. Ihre gute Feuchtestabilität (geringe Dickenquellung, siehe Tab. 1) läßt sie insbesondere auch als Wandverkleidung in Ställen (Abb. 1) geeignet erscheinen.

Bei einem Preis von etwa 12 DM/m² für eine 8 mm dicke Platte ergeben sich außerdem im Vergleich mit dem finanziellen Aufwand von 25 DM/m² (für Material sowie Verarbeitung in Fremdleistung) für eine 3,5 mm dicke Innenputzschicht zumindest bezüglich der Ausgangsinvestition interessante finanzielle Perspektiven.

*) Dr. Dr. habil. Gerhard Englert leitet an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik die Abteilung Landwirtschaftliches Bauwesen. Der vorliegende Beitrag entstand unter Mitarbeit von Dr. Leonhard Rittel, Anton Beibl und Johann Neuhauser.

Untersuchungen zur Haltbarkeit

Um auch zur Haltbarkeit zementgebundener Holzspanplatten beim Einsatz als Wandverkleidung in Ställen Praxiserfahrungen sammeln zu können, wurde im Jahr 1978 in einem Milchviehstall ein Versuch angelegt, mit dem folgende Fragestellungen beantwortet werden sollten:

- Welche Plattendicken sind für Wandbereiche erforderlich, die den Tieren zugänglich sind?
- Wie lassen sich die Platten reinigen? Läßt sich die Reinigungsfähigkeit durch Anstriche verbessern?

Entsprechend diesen Fragen waren in den Versuch Platten einbezogen, die sich in folgenden Versuchs-kriterien unterschieden:

- Plattendicken: 8, 10 und 12 mm
- Platten im Rohzustand sowie mit Anstrich aus
 - Acrylharz,
 - Epoxidharz,
 - Polyurethan und
 - Silikonharz.

Die Platten mit den Abmessungen 2,5x1,25 m wurden über Dübel mit galvanisch verzinkten Rundkopf- oder alternativ mit Sechskantschrauben (27 Schrauben je Platte) befestigt.

Eine Reinigung der Platten mit einem Hochdruckreiniger erfolgte nur im Jahr 1983 sowie vor der Überprüfung im Jahr 1989, wobei ein Teil der Platten einen Tag vorher eingeweicht wurde.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der visuellen Überprüfung der Platten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Außer zwei kleineren Bruchstellen im unteren Bereich einer 10 mm dicken Platte konnten keine Beschädigungen festgestellt werden. Diese Schäden dürften auf Unebenheiten in der Auflagefläche zurückzuführen sein. Eine Plattendicke von 8 mm ist daher ausreichend.

Kleine Laufställe

Von Leonhard Rittel*)

Die Milchkontingentierung eröffnet die Möglichkeit, Um- und Neubaumaßnahmen auf einigermaßen sicherer Basis planen zu können. Gerade Zu- und Nebenerwerbsbetriebe mit kleinen Milchviehbeständen nutzen dies, um ihre Milchviehställe zu modernisieren und von Anbinde- auf Laufstallhaltung überzugehen. Dabei steht der Gedanke an eine erleichterte Arbeit im Vordergrund. Nachfolgend werden verschiedene Varianten für kleinere Laufställe vorgestellt.

The milk quota system makes it fairly safe to plan structural alterations or new constructions. Especially part-time farms with small dairy herds are taking advantage of this to modernize dairy cow houses and change from stanchion stables to loose housing. Easing work is the foremost thought. In the following various types of loose housing are presented.

Die Auswirkungen der Milchkontingentierung veranlassen zur Zeit viele kleinere, milchviehhaltende Betriebe über den Um- oder sogar Neubau ihrer Kuhställe nachzudenken. Wenn die Erneuerungsbedürftigkeit der alten Anlage in wesentlichen Teilen oder insgesamt ansteht, dann muß eine doch tiefgreifende Entscheidung getroffen werden. Aber das vorhandene Milchkontingent gibt doch Planungssicherheit und Perspektive. Meistens werden diese kleineren Bestände im Neben- oder Zuerwerb bewirtschaftet und sind somit vor allem der Arbeitsplatz der Frau, der deshalb auch „frauenarbeitsgerecht“ ausgestattet sein soll. Diese Überlegungen führen logischerweise zum Melkstand und damit zum Laufstall, auch für Bestände mit 20 Kühen und weniger. Gerade in Bayern ist dies von besonderem Interesse, weil 30 % der Kühe in Beständen von bis zu 20 Tieren gehalten werden.

Umfrage unter Landwirten

Den Wunsch nach dem „kleinen Laufstall“ begründen die Landwirte, so die Ergebnisse einer durchgeführten Erhebung, zuerst mit

*) Dr. Leonhard Rittel betreut an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik die Bereiche Bautechnik, Bauplanung und Kalkulation sowie Baupreisdatei. Der vorliegende Beitrag entstand unter Mitarbeit von Bautechniker Anton Beibl.

der leichteren und körpergerechteren Arbeit im Melkstand. Das Argument für die Bewegungsfreiheit und die artgerechtere Haltung der Kühe kommt auf Platz zwei. Weiterhin wird in ungeordneter Reihenfolge eine bessere, milchkammernahe Unterbringung der Kälber und eine zweckmäßigere Aufstallung des Jungviehs an einer gemeinsamen Futterachse mit den Kühen angeführt. Am Schluß wird noch die Begründung nachgeschoben, daß eine komplette Absauganlage für einen Anbindestall auch nicht viel billiger sei, als die gesamte Melktechnik mit Stand. Bei Betrieben, in denen die Weiterführung durch die nächste

● Die mit einem Anstrich aus Acryl- und Siliconharz versehenen Platten lassen sich im allgemeinen deutlich besser reinigen als die Platten mit einem Anstrich aus Epoxidharz oder Polyurethan. Bei den Platten ohne Anstrich läßt sich der anhaftende Schmutz auch bei längerer Einwirkung des Hochdruckreinigerstrahls nur sehr schwer beseitigen. Ein vorhergehendes Einweichen verbessert jedoch in allen Fällen die Reinigungsfähigkeit deutlich.

● Die einwirkenden Exkremate führen bei hellen Anstrichen zu einer grün-braunen Verfärbung.

● Die Befestigung mit Dübeln und Schrauben führt zu einer dauerhaft festen Anbindung der Platten an die Wand. Ein galvanischer Korrosionsschutz reicht allerdings im Stall nicht aus, so daß längerfristig die Zerstörung der Schraubenköpfe und damit eine Gefährdung der Befestigung der Platten zu erwarten ist. Es empfiehlt sich deshalb, Edelstahl-Schrauben zu verwenden. Der Mehrpreis beträgt etwa 0,60 DM/m².

Generation nicht sicher ist, wird die Investitionsfreudigkeit dadurch „gedämpft“, daß die Umbaukosten nur so hoch sein sollen, daß nach dem Auslaufen des Betriebes möglichst keine Schulden mehr bleiben.

Umbau von Altgebäuden oft schwierig

Dies alles sind sehr verständliche Gründe, aber ihre Verwirklichung macht je nach gegebener Situation erhebliche Schwierigkeiten. Die sinnvolle Verwertung der vorhandenen Gebäudesubstanz läßt nur bei „ausgefeilter“ Planung gute Lösungen entstehen. Ein Laufstall braucht mehr Grundfläche als ein Anbindestall, der meist in Gebäudebreiten von rund 12 m untergebracht ist. Anbauten, eine Außenfütterung oder die räumliche Trennung von verschiedenen Bereichen wie Melken, Liegen und Fressen in alten Stallgebäuden oder in der anliegenden Scheune sind oft nicht zu umgehen. Die funktionsgerechte Einpassung des Melkstandes in Altgebäude mit Stützen verursacht oft erhebliches Kopfzerbrechen. Auch die getrennte Unterbringung des Jungviehs läßt sich nicht immer vermeiden, um ausreichend Fläche für den Milchviehlaufstall zu gewinnen. Bei Sommerweide braucht das Jungvieh nur zur Winterzeit auf

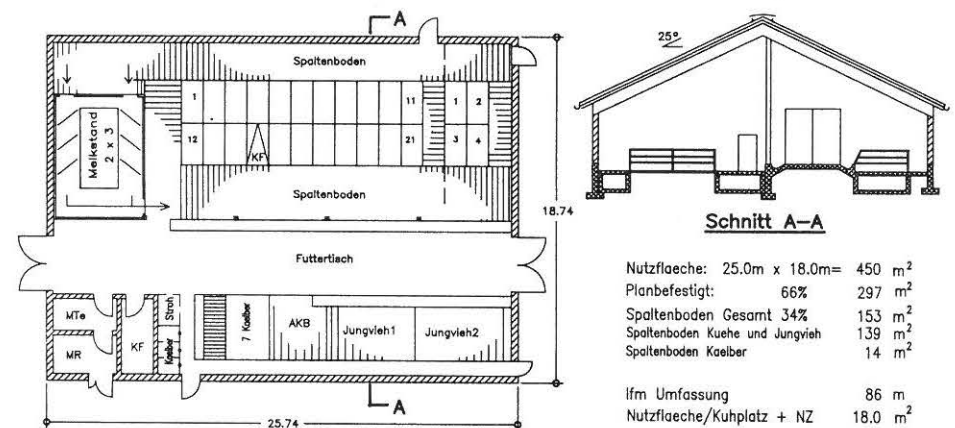


Abb. 1: Liegeboxenlaufstall für 20 Kühe mit Nachzucht in Gruppenbuchten

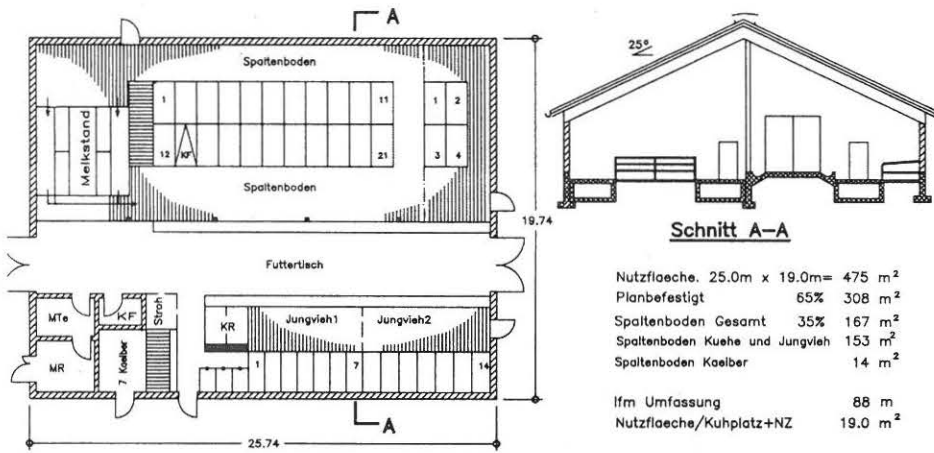


Abb. 2: Liegeboxenlaufstall für 20 Kühe mit Nachzucht in Einzelboxen

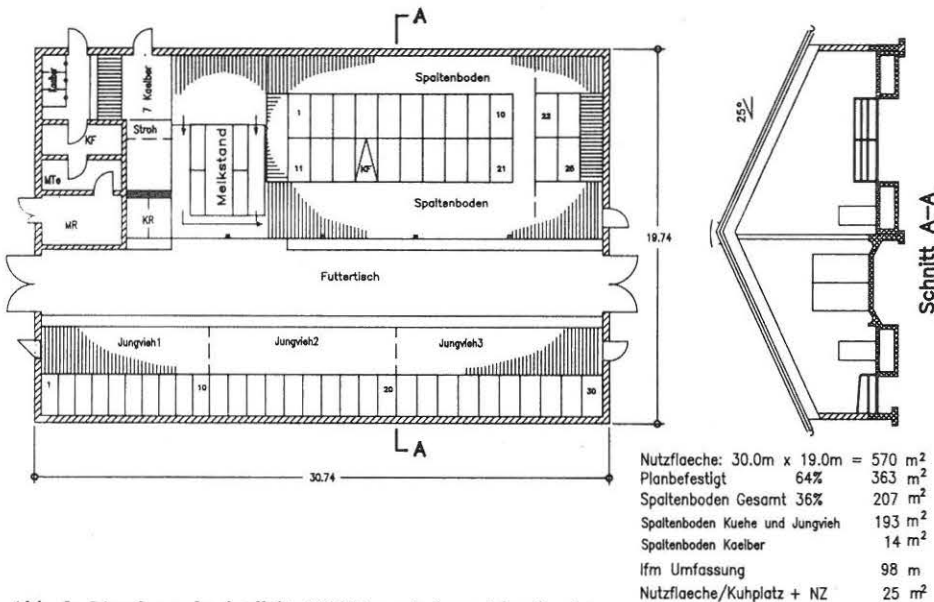


Abb. 3: Liegeboxenlaufstall für 20 Kühe mit Jungviehaufzucht

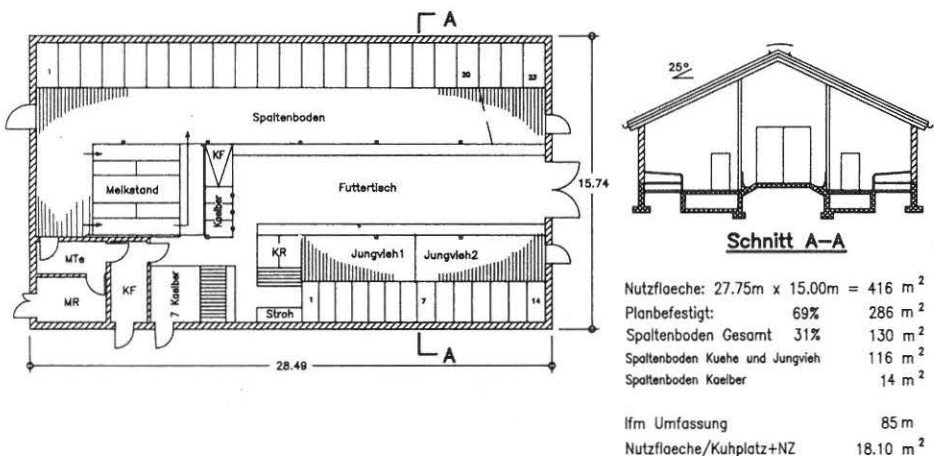


Abb. 4: Liegeboxenlaufstall für 20 Kühe mit Nachzucht in Einzelboxen

abteiles und der Liegeboxenanordnung gefragt ist. Aber in mehreren Ausführungsformen und Varianten dargestellt, können doch „Planungselemente und ganze Baugruppen“ übernommen und in das Altgebäude umgesetzt und eingepaßt werden. Auch so entstehen relativ schnell mehrere Planungsmodelle, aus denen sich der Landwirt „seinen“ Stall aussuchen oder „zurechtrücken“ kann. Daß dazu viele Überlegungen und eine längerfristige Planungsphase nötig ist, versteht sich von selbst.

Planungen für 20 Kühe mit Nachzucht

Die Planungsvorhaben sehen einen Bestand von etwa 20 Kühen mit Nachzucht vor. Zusätzlich sollen noch drei bis vier hochtrachtige Kalbinnen berücksichtigt werden. Zur Nachzucht zählen drei Kälber in Einzelboxen, sieben Kälber in Sammelboxen und 14 Stück Jungvieh von 5 bis 26 Monaten.

Die Grundrißlösung in Abbildung 1 zeigt die klassische Form eines zweireihigen Liegeboxenlaufstalles. Auf der Kuhseite sind auch die Liegeboxen für die hochträchtigen Kalbinnen angeordnet. Durch Verschieben des Durchganges könnten auch die trockenstehenden von den laktierenden Kühen zu den Kalbinnen abgeordnet werden. Der Melkstand ist als 2 x 2 oder 2 x 3 Fischgrätenstand ausgebildet. Das Jungvieh ist in zwei Gruppen in Vollspaltenbodenbuchten untergebracht. Daneben ist eine Abkalbeboxe vorgesehen. Die Sammelbucht für die Kälber ist mit Vollspaltenboden ausgelegt, der mit einem Holzbalken abgetrennt wird, so daß im hinteren Bereich eingestreut werden kann. Bei Bedarf wäre dieses Planungsmuster problemlos zu erweitern.

In Abbildung 2 sind für das Jungvieh Einzelboxen vorgesehen. Der Platzmehrbedarf wurde zu Ungunsten der Abkalbeboxe und des Kraftfutterraumes sowie durch eine Gebäudeverbreiterung gewonnen. Als Variante ist ein 2 x 2 Tandemmelkstand eingezeichnet.

In dieser Planungsvariante (Abb. 3) ist der Jungviehbereich stark ausgeprägt. Durch den Zukauf weiblicher Kälber versuchen kontingentarme Betriebe das vorhandene Grünland besser zu nutzen. Die hochträchtigen Kalbinnen, die Kälber und die Technikräume finden sich auf der Kuhseite. Die größere Stalllänge macht dies möglich.

Die bisher gezeigten Lösungen sehen eine Dachdeckenkonstruktion mit einer Stütze außerhalb der Mitte am Futtertisch vor. Diese etwas aufwendigere Ausführung ermöglicht die Anordnung des Melkstandes, der Liegeboxen sowie der Jungviehaufstallung ohne Beeinträchtigung von Stützenreihen.

Die Entwurfszeichnung auf Abbildung 4 unterscheidet sich grundsätzlich von den vorher gezeigten Vorschlägen. Die Futtervorlage erfolgt auf einem Stichfuttertisch, in dessen Verlängerung der Kraftfutterstand, die Kälberboxen und ein Tandemmelkstand untergebracht sind. Das Jungvieh ist in zwei Gruppen in Einzelboxen aufgestellt. Die Liegeboxen für die Kühe und die Kalbinnen sind auf einer Futtertischseite einreihig und wandseitig angeordnet. Da bei dieser Konstellation Stützen beidseits des Futtertisches nicht stören und die Einzelspannweiten 5 m nicht überschreiten, ist hier eine einfache Kantholzstützenkonstruktion anwendbar.

dem Hofe Platz, dazu reichen relativ einfache, preiswerte, aber arbeitsgerechte Räumlichkeiten aus. Bei guter Lüftung mit richtiger baulicher Ausführung kann auf eine Wärmedämmung verzichtet werden.

Vorgehensweise

Als Planungsgrundlage ist bei Umbaumaßnahmen zunächst ein genaues Aufmaß der vorhandenen Bausubstanz aufzunehmen. Die daraus angefertigten Grundrißzeichnungen, Schnitte und Details enthalten alle

wichtigen Maße. Angaben und Hinweise, die eine kostensparende Wiederverwendung vorhandener baulicher Gegebenheiten oder Einrichtungen ermöglichen, sind unbedingt mitaufzunehmen. Hier soll versucht werden, für eine vorgegebene Bestandsgröße unterschiedliche Planungsvarianten darzustellen. Sicherlich ist dies auf dem Zeichenbrett für eine Neubaulösung viel einfacher als für eine Umbaumaßnahme, bei der die betriebsspezifische Einpassung des Melkstandes, des Kälber-

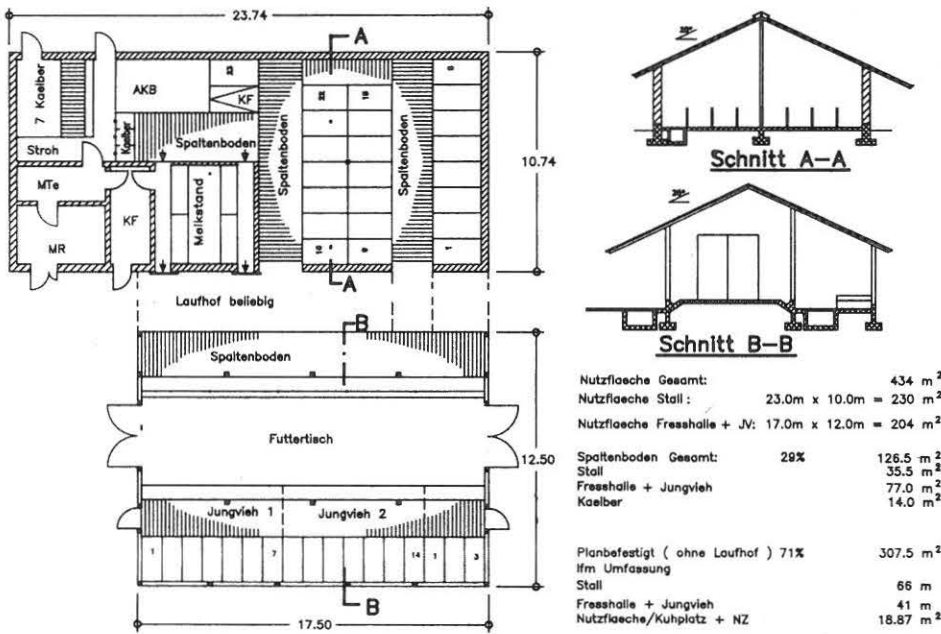


Abb. 5: Laufstall für 20 Kühe und Nachzucht mit Freßhalle und Laufhof

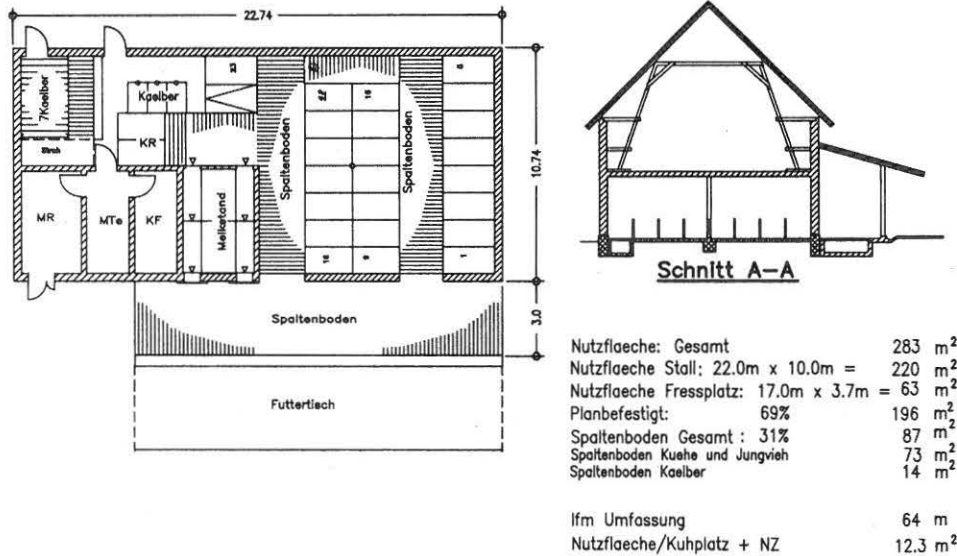


Abb. 6: Liegeboxenlaufstall für 20 Kühe mit Kälber und Außenfütterung

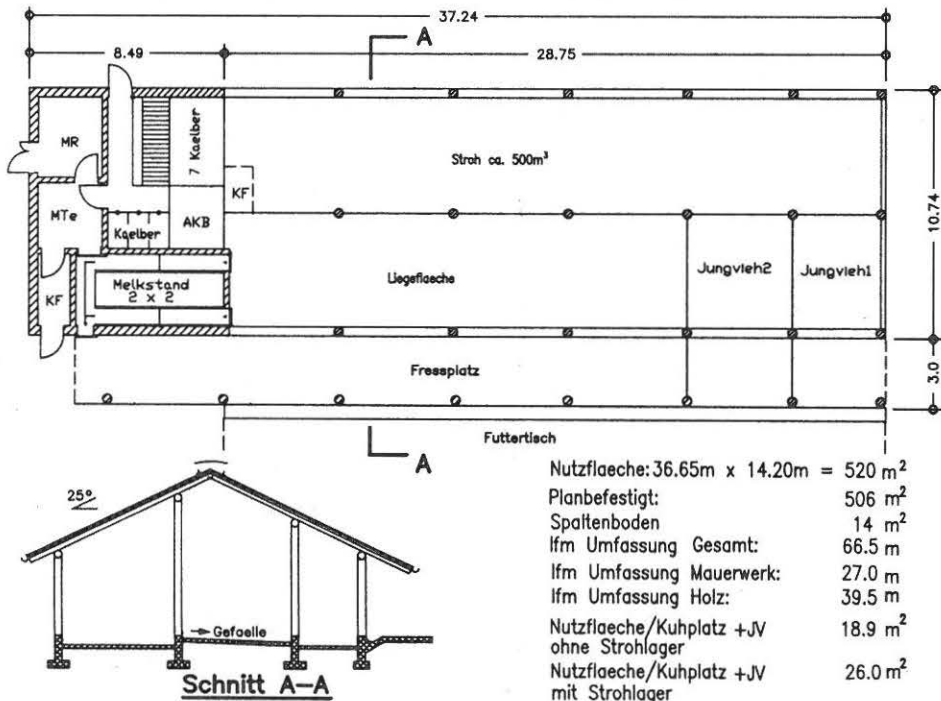


Abb. 7: Tretmiststall für 20 Kühe mit Nachzucht

Die in Abbildung 5 gezeigte Grundrißkonzeption erfordert eine Trennung der Funktionsbereiche. Im wärmedämmten Massivgebäude sind die Liegeboxen, die Kälber, eine Abkalbebuch, eventuell ein Kraftfutterstand, ein Tandemmelkstand und die Technikräume enthalten. Über einen beliebig großen Laufhof erreichen die Kühe ihren Freßplatz in einer einseitig offenen Freßhalle. Dort sind auch in Einzelboxen das Jungvieh sowie die Kalbinnen untergebracht. Eine einfache Holzkonstruktion ohne Wärmedämmung reicht zu diesem Zweck vollkommen aus. Diese Stallform eignet sich zur Nutzung von Altbauten, und ein preiswertes Zusatzgebäude deckt den Raumbedarf. Die Laufhofhaltung von Tieren findet zur Zeit immer mehr Anklang.

Wenn die anderweitige Unterbringung des Jungviehs geregelt ist, kann die in Abbildung 6 dargestellte Form eine sehr brauchbare und preiswerte Variante sein. Der Unterschied zu Abbildung 5 liegt außerdem in einem einfachen Durchtreibmelkstand, zwei Krankenständen und einer anderen Anordnung der Technikräume. Wenn es die Hofsituation zuläßt, verursacht der Anbau der Freßplatzüberdachung an das vorhandene, deckenlastige Betriebsgebäude keine bautechnischen Schwierigkeiten.

Die in Abbildung 7 gezeigte Bauform und Grundrißgestaltung findet Anhänger vor allem unter den alternativ denkenden Tierhaltern, die die Einstreu dem Spaltenboden vorziehen. Die einfache Bodenprofilbildung führt natürlich zu Baukostenvorteilen, die aber durch vermehrte Arbeitszeit zum Einstreuen und Misträumen kompensiert werden. Auch die Gebäudekonstruktion kann sehr einfach gehalten werden, beispielweise mit Rundholz. Auch zur Altbautenutzung bietet sich diese Bauart an, da flachgegründete Fundamente im Gegensatz zum Güllekanalbau kein Problem darstellen.

Die zentrale Frage bei der Planung kleiner Laufställe ist die richtige Wahl des Melkstandes und seine funktionsgerechte Einpassung. In Abbildung 8 sind verschiedene Melkstandformen aufgezeigt und die Mindestmaße angegeben. Die Breite der Melkstandgrube ist mit 1,50 m angenommen, die nur in nicht vermeidbaren Ausnahmefällen unterschritten werden soll. Maße bis zu 1,20 m sind in der Praxis zu finden und nach Auskunft des Melkpersonals noch akzeptabel. Aber bei der Unterbringung von Rekordern ist diese Breite bei zweiseitigen Melkständen zu schmal. Eine Entscheidung muß immer im Einzelfall getroffen werden.

Die aus einer größeren Anzahl von vorliegenden Grundrißbeispielen ausgewählten Darstellungen sind nicht dazu gedacht, daß sie „stur“ übernommen werden. Sie sollen für eine betriebsindividuelle Planung Anregung geben, um im Einvernehmen mit dem bauwilligen Landwirt eine optimale Lösung zu finden. Bei der Grundrißwahl muß auch berücksichtigt werden, ob es sich um eine Altbautenutzung, einen Teilneubau oder einen kompletten Neubau handelt. Der geschickte Planer ist hier gefragt.

Sonnenenergie, Windkraft, Biogas

Von Heinz Schulz

Schon 1976 konnte an der Landtechnik Weihenstephan damit begonnen werden, Sonnenenergie und andere umweltfreundliche Energiequellen zu erforschen, ihre Nutzung weiterzuentwickeln und diese Energieformen der Praxis zur Verfügung zu stellen. Ziel dabei war es, einfache und preiswerte, aber funktionssichere und wirksame Systeme zu finden, die es den Menschen auf dem Lande ermöglichen, viel Eigenleistung einzusetzen, um möglichst bald auf Erdöl und andere problematische Energieträger verzichten und gleichzeitig die Produktionstechnik verbessern zu können.

Besonders gut ist dies bei der *solartechnischen Trocknung* von Heu, Getreide und Leguminosen gelungen. Mit dem Konzept, preiswerte und leicht zu verarbeitende Materialien aus der Massenproduktion zu verwenden, wurden Einfach-Luftkollektoren entwickelt, vermessen und eingeführt, die leicht in die vorhandene Bausubstanz integriert und mit vorhandenen oder neu zu errichtenden Trocknungsanlagen kombiniert werden können. Aber auch bei der

solaren Wassererwärmung gelang ein guter Wurf: Das Kunststoff-Rippenrohr-System konnte sich wegen seiner Preiswürdigkeit, Korrosionsbeständigkeit und vielseitigen Einsatzmöglichkeiten auch bei relativ niedrigen Ölpreisen durchsetzen. Inzwischen laufen viele, zahlenmäßig schon nicht mehr zu erfassende Luft- und Wasserkollektoren in der Praxis, die nach Weihenstephaner Plänen gebaut wurden. Dennoch muß auf diesem Gebiet weitergearbeitet werden, um die Anlagentechnik zu verbessern und die vorliegenden Erkenntnisse zu verbreiten. Grundlegende Arbeiten müssen noch auf dem Gebiet der Solartrocknung von Kräutern, Obst, Gemüse und für Entwicklungsländer auch von Fleisch und Fisch geleistet werden.

Einen ebenfalls erfreulichen Verlauf hat die Entwicklung und Erprobung von *Luft/Luft-Wärmetauschern* genommen. Prüfstand- und Praxisversuche führten schnell zu weitgehend ausgereiften und wirtschaftlichen Techniken, mit denen bis zu 60 % der in der Stallluft enthaltenen Abwärme rückgewonnen werden kann, um Energie für die Stall-

heizung einzusparen und gleichzeitig das Stallklima und damit die Tiergesundheit zu verbessern. In besonderen Fällen kann aber auch mit Wärmepumpen Stallabwärme für die Wohnraumheizung genutzt werden.

Noch nicht so stark durchgesetzt hat sich die *Biogastechnologie*, vor allem deshalb, weil hier doch ein wesentlich höherer technischer und baulicher Aufwand nötig ist als in der Solartechnik oder Wärmerückgewinnung. Es gibt aber einige selbstgebaute und gut funktionierende Anlagen, die bei rein energetischer Betrachtung wirtschaftlich arbeiten. Immer mehr Beachtung finden jedoch die Nebeneffekte der Biogaserzeugung, wie vor allem die Dungwertverbesserung, Geruchsminderung, Verringerung der Ätzwirkung und Erhöhung der Fließfähigkeit der Gülle. Auf dem Biogassektor muß noch intensiv weiterentwickelt werden, um die Anlagen zu verbilligen, die Gasverwertung zu verbessern, den Prozeßenergieverbrauch zu senken und Bauanleitungen zu erarbeiten. Da es zukünftig notwendig sein wird, die Emissionen an Ammoniak und Methan einzuschränken, könnte das Biogasverfahren größere Bedeutung erlangen, weil der gesteuerte anaerobe Abbau von Mist und Gülle hierzu günstige Voraussetzungen bietet.

Gute Fortschritte konnten bei der Weiterentwicklung und Erprobung kleiner *Windkraftanlagen* zur Wasserförderung und Gleichstromerzeugung erzielt werden. Zwar hat die Landtechnik Weihenstephan hier keine speziellen Forschungsaufträge laufen, kann aber durch Vergabe von Diplomarbeiten und Zusammenarbeit mit interessierten Firmen und Bastlern recht wirksam sein.

Ein zentrales Problem bei der Nutzung alternativer Energiequellen ist die *Speicherung*, insbesondere auch von Niedertemperaturwärme. Während die Kurzzeitspeicherung in gut isolierten, und mit Wärmetauschern versehenen Wasserbehältern weitgehend gelöst ist, sind bei der saisonalen Langzeitspeicherung noch Verbesserungen nötig. Deshalb wird intensiv an Erdwärmespeichern weitergearbeitet, die es bei geeigneten Bodenverhältnissen ermöglichen, Wärme vom Sommer in den Winter oder auch Kälte vom Winter in den nächsten Sommer zu bevorraten. Hiermit kann man nicht nur Brennstoffe für die Raumheizung einsparen, sondern auch Ställe oder Lager Räume für verderbliche landwirtschaftliche Produkte klimatisieren.

Als neues, größeres Aufgabengebiet kristallisiert sich immer mehr der dezentrale Einsatz der *Photovoltaik*, also die Stromerzeugung aus Sonnenlicht mit Solarzellen im ländlichen Bereich heraus. Durch über zehnjährige Vorarbeiten und Erfahrungen sind wir hier in der Lage, Landwirte, Gärtner, Fischzüchter und Tierhalter mit netz-

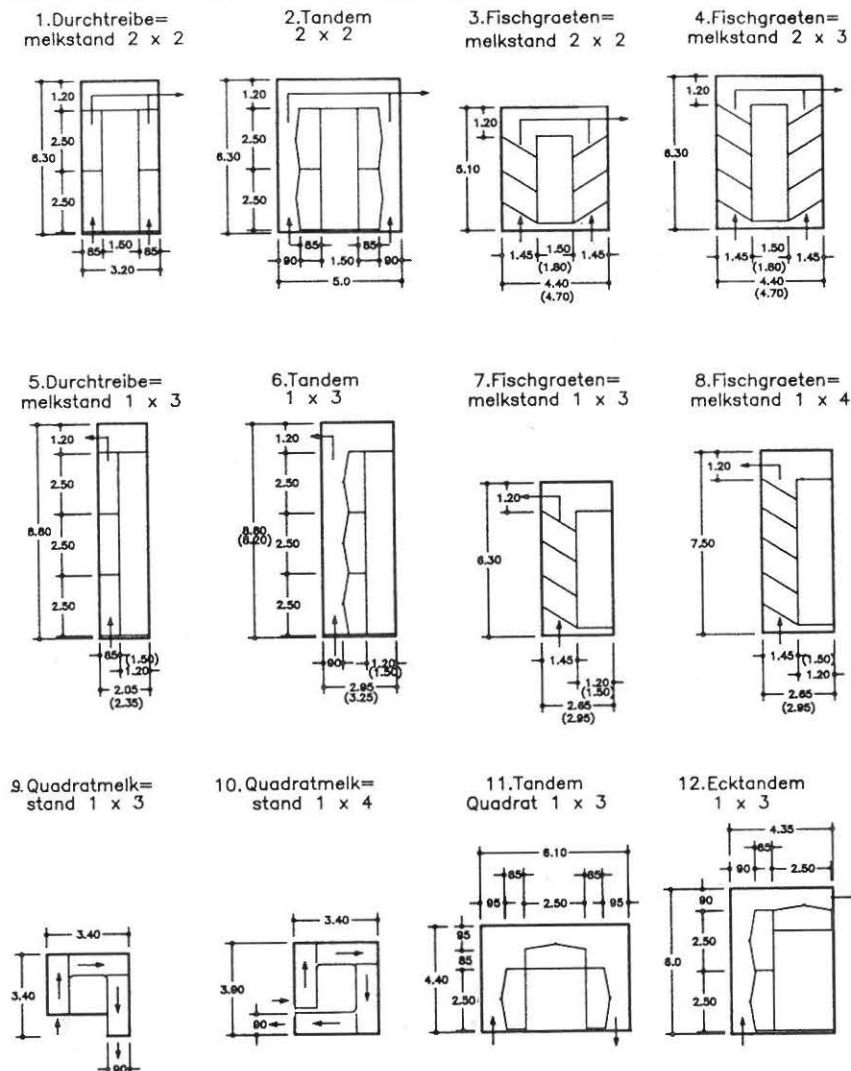


Abb. 8: Melkstandformen

Einsatz der Photovoltaik im ländlichen Raum

Von Heinz Schulz*)

Die Photovoltaik wird zukünftig eine wachsende Rolle bei der dezentralen Stromerzeugung spielen. Unter Abwägung der Vor- und Nachteile des Solarstroms kommen nach gegenwärtigen Erkenntnissen als Einsatzgebiete vor allem die Wasserförderung für Bewässerungszwecke und Weidetränken, die Stromversorgung netzferner Ställe, die Fischteichbelüftung, der Antrieb von Ventilatoren und die Gülleoligolyse in Frage. Es wird über erste Versuchsergebnisse berichtet, auf das neue BMFT-Demonstrationsprogramm hingewiesen, die Gleichstrom-Geräte-technik angesprochen und auf Preisentwicklungen eingegangen.

Photovoltaics will be of growing importance for electric power supply in remote areas. If the advantages and disadvantages of solar power are evaluated to the latest results, the following fields of application for solar power come into question: pumping water for irrigation and field troughs, power for remote stables, aeration of fish ponds, ventilation and oligolysis of liquid manure. First results of experiments are reported about, the latest demonstration program of the BMFT (Federal Ministry of Research and Technology) is referred to, the technique of direct current equipment technology is mentioned and the price trend is highlighted.

Vor- und Nachteile

Die Photovoltaik, also die Stromerzeugung aus Sonnenlicht mit Solarzellen, erlebt zur Zeit weltweit einen starken Aufschwung. Dies liegt einerseits daran, daß die laufend sinkenden Preise für Solargeneratoren einen Stand erreicht haben, die netzferne Anwendungen in den Bereich der Wirtschaftlichkeit kommen lassen. Andererseits aber werden ständig neue Einsatzgebiete

*) LD Dr. Heinz Schulz leitet die Abteilung Energiewirtschaft und Antriebstechnik der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik und ist Geschäftsführer des Landtechnischen Vereins in Bayern.

Fortsetzung von Seite 401

fernen Betrieben oder Anlagen beraten und Pilotvorhaben betreuen zu können. Aber auch Versuchsarbeiten sind nötig, um stromsparende, aber wirkungsvolle und robuste Gleichstromgeräte zu finden. Da die solare Stromerzeugung sehr zukunftsstrahlig erscheint, die Einsatzmöglichkeiten aus landtechnischer Sicht aber noch zu wenig bekannt sind, soll im nachfolgenden Beitrag ausführlich darauf eingegangen werden. Um die beschriebenen Möglichkeiten der Öffentlichkeit näher zu bringen, wurde neben den üblichen Vorträgen und Veröffentlichungen an Ausstellungen verschiedener Organisationen mitgewirkt und eine eigene, ständige Ausstellung in Weihenstephan aufgebaut. Aber auch der Vertrieb von Schriften und Bauanleitungen über umweltfreundliche Energiequellen hat viel zur Praxisanwendung beigetragen.

Dankenswert unterstützt wurden diese Arbeiten vor allem vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, der Kommission der EG, dem Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, der Deutschen Forschungsgemeinschaft, der Schweisfurth-Stiftung, der einschlägigen Industrie und vielen Landwirten mit Pioniergeist.

gefunden, in denen die besonderen Vorteile des Solarstroms gegenüber anderen Stromerzeugern zum Tragen kommen.

Vorteilhaft sind nämlich vor allem folgende Eigenschaften:

- Solarzellen erzeugen Strom ohne Umweltbelastungen. Es gibt weder Probleme mit Abgasen, Schadstoffen, Abwärme und Rückständen, noch Lärmbelastungen.
- Man hat keinen mechanischen Verschleiß, und die Stabilität gegenüber Witterungseinflüssen ist außerordentlich hoch. Gute Fabrikate dürften nach gegenwärtigen Erkenntnissen auf eine mehr als dreißigjährige Nutzungsdauer kommen. Solargeneratoren sind absolut leerlauf- und kurzschlußfest.
- Der Arbeitsaufwand für Reparaturen und Wartung entfällt bei fest montierten Anlagen, zumindest in solchen Klimagebieten, wo Staub und Schmutz durch Regen und Schnee abgewaschen werden.

- Da kein Brennstoff benötigt wird, treten auch keine Betriebskosten auf, außerdem entfallen alle Probleme mit Transport, Lagerung und Handhabung von konventionellen Energieträgern.
- Engpässe mit der Rohstoffversorgung gibt es bei Siliziumsolarzellen nicht, denn Silizium ist nach Sauerstoff das auf unserem Planeten am häufigsten vorhandene chemische Element, das beispielsweise auch aus Quarzsand gewonnen wird.
- Die Teile ausgedienter Solargeneratoren (Zellen, Glasabdeckung, Metallrahmen) können gut in Recycling-Prozessen wiederverwertet werden.
- Es deutet alles darauf hin, daß die Preisentwicklung in der Photovoltaik zukünftig weiterhin deutlich fallend sein wird. Ein Abflachen der Preiskurve wird erst in zehn bis zwanzig Jahren erwartet.

Es ist anzunehmen, daß diese vorteilhaften Eigenschaften der Photovoltaik eine Akzeptanz in der breiten Bevölkerung verschaffen werden. Auch die Absicht, in Wackersdorf anstelle der geplanten Wiederaufarbeitungsanlage für Kernbrennstäbe eine Fabrik für die Großserienherstellung von Solarzellen zu bauen, wird diese Technologie im Bewußtsein breiter Bevölkerungskreise sicherlich aufwerten.

Wo viel Sonne ist, gibt es aber auch Schatten. Deshalb sollen hier die Nachteile einer solaren Stromversorgung nicht verschwiegen werden:

- Die Leistung und Arbeit der Solarzellen unterliegen naturgemäß starken, witterungsbedingten Schwankungen. Kann der erzeugte Strom nicht direkt verbraucht werden (Antrieb von Wasserpumpen oder Ventilatoren), müssen Batteriespeicher zwischengeschaltet werden.
- Die Wirkungsgrade handelsüblicher Solargeneratoren liegen bei maximal 16 %

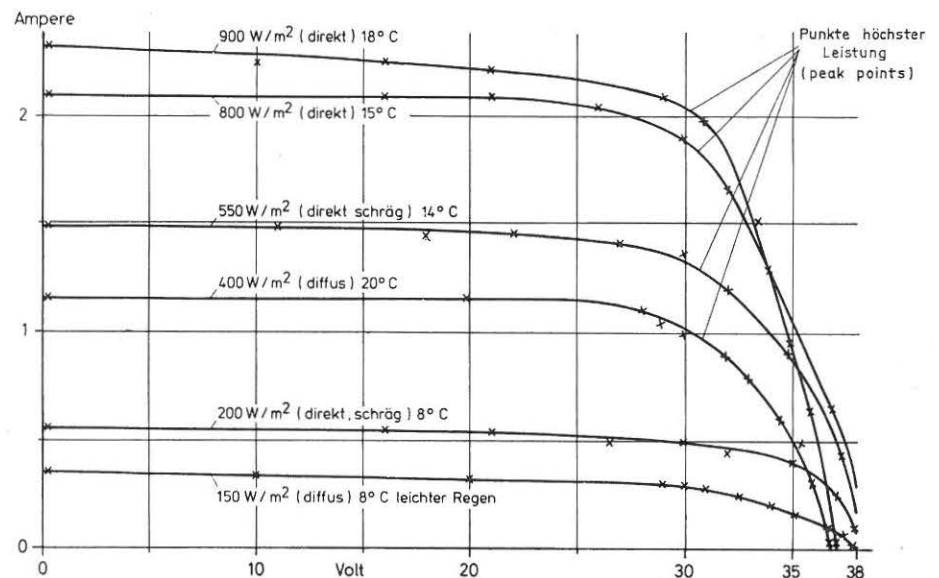


Abb. 1: Leistungskennlinien eines Solargenerators bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen; Stromstärke [I] in Ampere und Spannung [U] in Volt; Sonneneinstrahlungsintensität in W/m^2 ; Außentemperatur in $^{\circ}C$ (2 Arco-Solar-Generatoren 26 - 2000 mit je 35 Silizium-Solarzellen 100 m \varnothing , in Reihe geschaltet, eigene outdoor-Messungen)

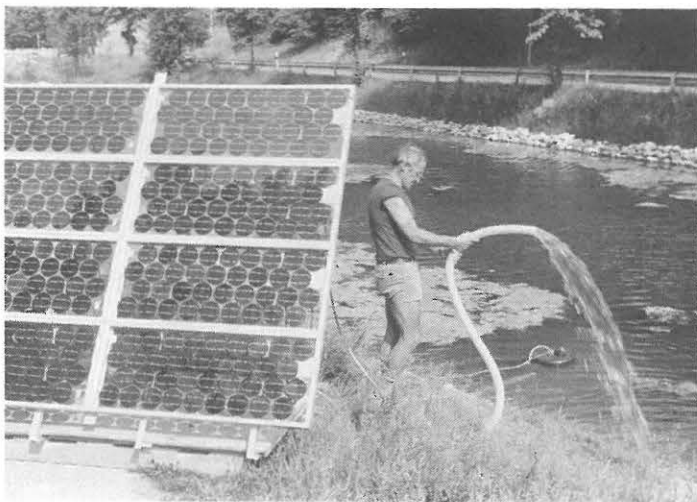


Abb. 2: Größerer Solargenerator (max. 400 W) mit Schwimmpumpe für Bewässerungsanlagen. Die speziell für Solarantrieb entwickelte Kreiselpumpe hat einen elektronisch kommutierten, burstenlosen Gleichstrommotor.



Abb. 3: Wasserförderung für eine Schrebergartenanlage mit einer kleinen Exzenterrollenpumpe, die über einen permanentmagneterregten Kollektor-Gleichstrommotor direkt vom Solargenerator (max. 144 W) betrieben wird.

in relativ niedrigem Bereich. Eine Steigerung auf maximal 25 % wird prognostiziert, aber wohl erst längerfristig erreicht.

- Gegenwärtig ist der Preis für photovoltaisch erzeugten Strom noch höher als für Netzstrom im Normaltarif ohne Berücksichtigung der „sozialen Kosten“ der Stromerzeugung mit fossilen Brennstoffen. Deshalb beschränkt sich vorerst die wirtschaftlich sinnvolle Anwendung auf netzferne Anlagen oder Verbraucher mit sehr hohen Tarifen.
- Solargeneratoren benötigen Dach- und Grundflächen, die möglichst ganztägig von der Sonne beschienen werden. Bei Aufstellung im freien Gelände müssen sie diebstahlsicher und gegen Beschädigungen durch Mensch und Tier gesichert angebracht werden.
- Da Solargeneratoren Gleichstrom erzeugen, der häufig in Batterien gespeichert wird, liegt es nahe, gleichstrombetriebene Geräte einzusetzen und den Umweg über Wechselrichter zu ersparen. Trotz ständiger Verbesserungen gibt es hier aber noch Probleme, stromsparende und für Dauerbetrieb geeignete Gleichstromverbraucher (Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren, Kühlgeräte) zu finden.
- Es fehlt in der Praxis noch an Wissen über Planung und Betrieb von Solargeneratoren. Einen geeigneten benzin- oder dieselmotorgetriebenen Stromerzeuger kann man leichter auswählen und betreiben als eine noch zu wenig bekannte Photovoltaikanlage.
- In der Photovoltaik gibt es nur wenig Spielraum zur Kostensenkung durch Selbstbau. Während man Windkraftanlagen, Wasser- und Luftkollektoren oder Stallluft-Wärmetauscher durchaus mit preiswerten Materialien und Bauteilen selbst errichten kann, sollte man Solargeneratoren als montagefertige Einheit kaufen und nicht versuchen, Solarzellen miteinander zu verlöten und zwischen Glasplatten zu kapseln.

Grundsätzliches

Marktbeherrschend sind gegenwärtig Solargeneratoren mit Zellen, die aus monokristallinem, polykristallinem und amorphem Silizium hergestellt werden. Für die zukünftige

Massenproduktion erscheint die amorphe Technik besonders gut geeignet, doch liegen die erreichbaren Zellenwirkungsgrade noch unter 10 %, während polykristalline 12 bis 14 % und monokristalline 14 bis 16 % erreichen. Die Wirkungsgrade sind temperaturabhängig und steigen mit sinkender Zelltemperatur. Deshalb erzielt man mit Solargeneratoren im Winter eine bessere Energieausbeute als mit Kollektoren.

Eine Siliziumsolarzelle erzeugt unabhängig von ihrer Größe eine Leerlauf-Gleichspannung von etwa 0,5 bis 0,6 V, die auch kaum von der Intensität der Sonneneinstrahlung beeinflusst wird. Dies ist insofern günstig, als auch bei bedecktem Himmel so hohe Spannungen erreicht werden, daß wenigstens etwas Strom in eine Batterie fließen kann. Die Stromstärke und damit auch die Leistung einer Zelle ist hingegen linear abhängig von ihrer Größe und der Sonnenstrahlungsintensität. Die größten zur Zeit hergestellten monokristallinen Solarzellen mit 100 cm² Fläche kommen bei voller Sonneneinstrahlung von 1000 W/m² auf 2,4 bis 3 A Nennstrom. Durch Reihen- und Parallelschaltung der Zellen zu einem Modul sowie mehrerer Module untereinander kann man nahezu beliebig große Spannungen, Stromstärken und damit Leistungen erreichen, Standardmodule werden meist

zum Laden von Batterien mit 12, 24 und seltener 36 Volt Nennspannung ausgelegt. Solargeneratoren haben typische Strom-Spannungskennlinien mit Punkten maximaler Leistung (peak point), die nur bei bestimmter Spannung erreicht wird (Abb. 1). Der elektrische Widerstand des Verbrauchers muß daher möglichst gut auf den Generator abgestimmt und eventuell geregelt werden.

Anwendungsbereiche

Es gibt eine Reihe von Anwendungsgebieten im ländlichen Raum, die interessant erscheinen und teilweise auch schon erprobt wurden. Da Solarstrom eine relativ hochwertige Energieform ist, gelingt es dabei oft, nicht nur fossile Energieträger einzusparen, sondern auch die Produktionsbedingungen zu verbessern. Hierzu ein konkretes Beispiel: In einem netzfernen 55 ha-Grünlandbetrieb im Fichtelgebirge mit extensiver Tierhaltung (Fleischrinder, Damwild, Hirsche) mußten bisher täglich bis zu 3500 l Wasser zum Tränken der Tiere von Hand oder mit einer Zapfwellenpumpe gefördert werden, wozu ein Arbeitsaufwand von zwei Stunden erforderlich war. Mit Hilfe von Solargeneratoren, die vor allem im Winter durch kleine Windturbinen unterstützt werden, gelang es, die Pumparbeit

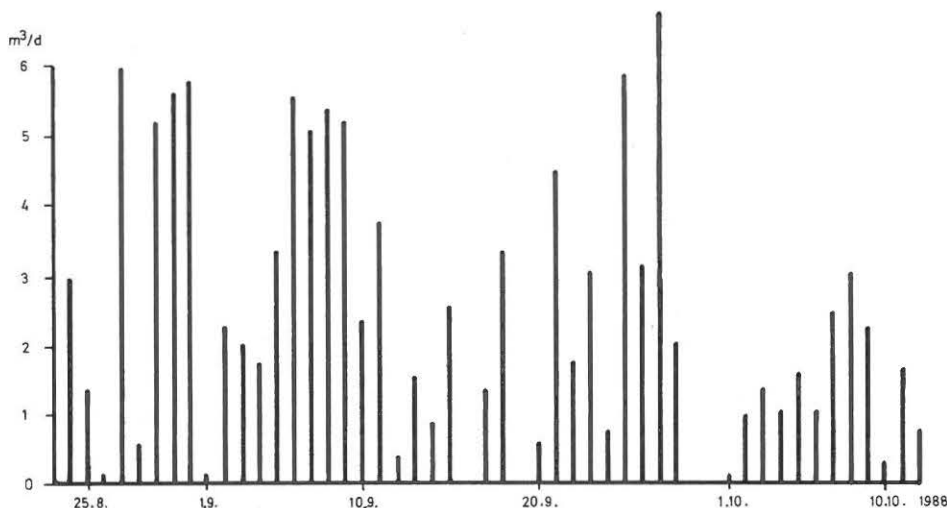


Abb. 4: Täglich geförderte Wassermenge (m³/d) in der Schrebergartenanlage Puchheim 24. 8. bis 12. 10. 88; Solargenerator 144 W, Gleichstrommotor mit angeflanschter Rollenpumpe, Förderhöhe 3,2 m, Förderweite 90 m durch 3/4" PP-Rippenrohr

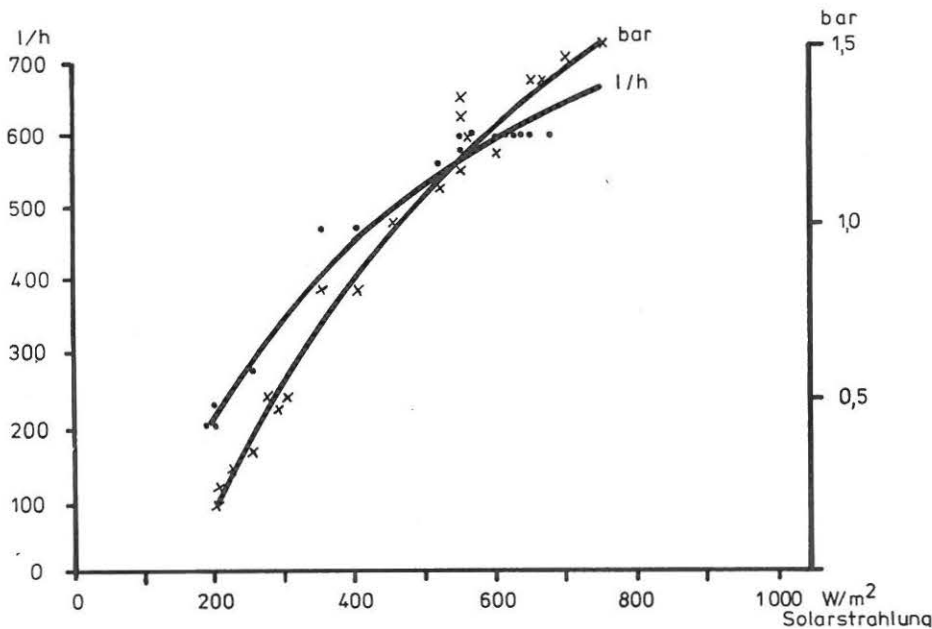


Abb. 5: Fördermenge und Druck in Abhängigkeit von der Solarstrahlung (W/m^2) beim Beregnen von Feldgemüse (Haag, Amper) mit Solargenerator 144 W, Gleichstrommotor mit angeflanschter Rollenpumpe, Kreisregner mit maximal 14 m Wurfdurchmesser

weitgehend zu automatisieren. Die eingesparte Zeit steht jetzt zur besseren Tierbetreuung und Futterkonservierung zur Verfügung. Außerdem kann Überschusswasser zur Bewässerung trockener Weideflächen nutzbringend verwertet werden. Auch die Stromversorgung von zwei leistungsstarken Weidezaungeräten ist jetzt weitgehend gesichert. Zahlreiche weitere Beispiele ließen sich anführen.

Nach heutigen Erkenntnissen kommen vor allem folgende netzferne Anwendungen in Frage, wo eine Wirtschaftlichkeit gegenüber verbrennungsmotorgetriebenen Pumpen und Stromerzeugern oder dem ständigen Hin- und Hertransport von Batterien gegeben ist:

Wasserförderung für Bewässerungszwecke

Viele Kleingärten, Schrebergartenanlagen sowie Anbauflächen für Feldgemüse, Obst und Kräuter, aber auch Gewächshäuser sind nicht ans öffentliche Strom- oder Wassernetz angeschlossen oder zu tragbaren Kosten anschließbar (Abb. 3). Da der Wasserverbrauch weitgehend parallel zum Sonnenscheinangebot verläuft (wenn's regnet, braucht man nicht zu gießen) und man schon mit relativ kleinen Solargeneratoren erstaunlich große, notfalls auch leicht und billig zu speichernde Wassermengen fördern kann, ist dies ein besonders wichtiges Gebiet. Auch wird man oft, wie Vorversuche ergeben haben, durch direkte Kopplung einer Gleichstrompumpe an den Solargenerator und ohne Batterie oder elektronische Regelung auskommen – zumindest für den Anfang. In Abbildung 4 sind erste Ergebnisse bei der Wasserförderung für eine größere Schrebergartenanlage dargestellt. Abbildung 5 zeigt einen Versuch mit der gleichen Anlage bei der Feldgemüsebewässerung mit einem Niederdruck-Kreisregner. Trotz der ermutigenden Ergebnisse muß auf diesem Gebiet noch weitergearbeitet werden, um stromsparende, sehr leicht anlaufende Pumpen unterschiedlicher Förderleistung und -höhe zu finden oder diese mit wasser- und energiesparenden Verteilereinrichtungen zu kombinieren (Abb. 6).

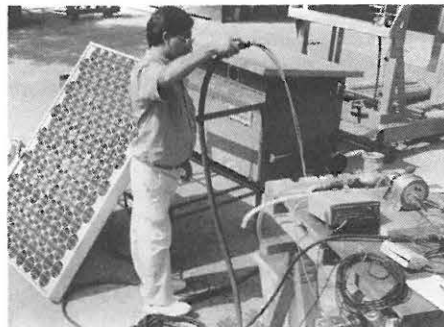


Abb. 6: Einfacher Prüfstand für erste Messungen an kleinen, solarzellenbetriebenen Wasserpumpen

Wasserförderung zur Weidetränkebecken-Versorgung

Zahlreiche Tierhalter fahren bis zu zweimal täglich Wasser auf hofferne Weiden, obwohl Grundwasser vorhanden ist. Die bekannten, von den Tieren selbst zu betätigenden Pumpen können nur aus maximal 7 m Tiefe fördern, und manche Rinder lernen den Umgang damit nicht. Für kleinere Tiere (Schafe, Ziegen, Wild) kommen solche Anlagen überhaupt nicht in Frage. Da die Tiere natürlich in Schönwetter- oder gar Hitzeperioden am meisten Wasser trinken, der Landwirt aber kaum Zeit für das lästige Wasserfahren hat, ist auch dieser Einsatzbereich für die Photovoltaik prädestiniert. Als Wasserreservoir können die ehemaligen Wasserfässer verwendet werden und mit einer gleichstrombetriebenen Tauchpumpe kann Wasser auch aus mehr als 7 m Tiefe gefördert werden.

Stromversorgung netzferner Ställe, Teilaussiedlungen und Anlagen

Im Zuge der Extensivierung in der Tierhaltung gibt es viele hof- und netzferne Ställe für Fleischrinder, Damwild, Hirsche, Schafe, Ziegen und Pferde, die ohne Stromversorgung betrieben werden müssen. Für die notwendige Beleuchtung wird oft mit Petroleum- oder Benzinlampen (Brandgefahr) oder batteriebetriebenen Handlampen gearbeitet. Ein kleines Gleichstromnetz für

helles Licht – etwa bei Geburten und Tierarztbesuchen, zum Wasserpumpen und zum Anschluß kleinerer Geräte (Bohrmaschine, Schafschermaschine) – würde die Produktionsbedingungen wesentlich verbessern. Auch auf diesem Gebiet konnten erfolgreiche Vorversuche mit der Solarstromversorgung eines Milchschatstalles und einer Imkerei (Abb. 7) gemacht werden. Bei Teilaussiedlungen von intensiv betriebenen Rinder- und Schweineställen ist der Antrieb der Stalllüfter neben der Beleuchtung und Wasserversorgung das Hauptproblem, da die energieaufwendigen Arbeiten wie Futterentnahme, Mischen und Füttern oder Gülleaufführen und -pumpen auch mit der Schlepperzapfwelle erledigt werden können. Solargeneratoren mit 1 bis 2 kW Spitzenleistung könnten hier viel helfen.

Befüllen und Belüften von Fischteichen

Hier herrscht ein großes Interesse vieler Teichwirte, kleine und mittlere Teiche, für die ein Dieselaggregat zu aufwendig ist, mit Solargeneratoren zu versorgen. Gerade in dicht belegten Teichen mit Zusatzfütterung herrscht im Sommer und Herbst Sauerstoffmangel, vor allem in windschwachen, sonnenreichen Perioden. Während jedoch kleine, gleichstrombetriebene Aggregate zur Belüftung von Fischbehältern bei LKW-Transport verfügbar sind, gibt es noch keine größeren im Leistungsbereich von 0,2 bis 2 kW, so daß vorerst auf Wechselstrom-Ringverdichter zurückgegriffen werden muß, die dann über Wechselrichter mit dem in Batterien gespeicherten Solarstrom versorgt werden. Offen ist auch noch die Frage, ob eine direkte Kopplung eines Teichlüfters mit dem Solargenerator möglich und sinnvoll ist und welche Belüftungssysteme auch bei unterschiedlichen Drehzahlen gute Wirkungsgrade haben und den eingetragenen Sauerstoff auf eine möglichst große Fläche verteilen.

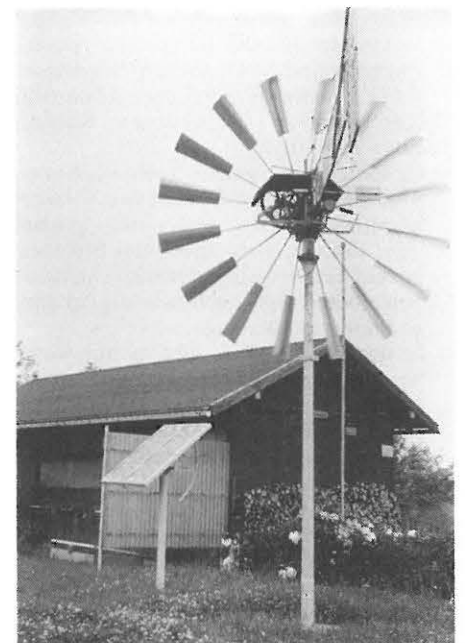


Abb. 7: Versorgung einer gewerblichen Imkerei durch Solargenerator und Windkraftanlage mit 12 Volt-Gleichstrom für Licht, Wasserförderung, Bienenbrutkasten, Honigschleuder und Kleinstaubsauger

Antrieb von Ventilatoren zur Trocknungsluftförderung in Verbindung mit Luftkollektoren

Auch hier herrschen günstige Einsatzbedingungen, da die meisten Trocknungsgüter während der sonnenreichen Jahreszeit zu trocknen sind. Allerdings ist hier das Problem der ausreichenden Auslastung der Solargeneratoren zu beachten.

Eine direkte Kopplung des Generators und des Ventilatormotors ist möglich. Erste Versuche mit einem kleinen, mobilen, netzunabhängigen Körnertrockner mit integriertem Luftkollektor ergaben, daß der Ventilator schon bei einer Solarstrahlung von 200 W/m^2 (bedeckter Himmel) zu laufen beginnt, um seine höchste Förderleistung bei voller Sonne und damit auch hoher Kollektorleistung zu bringen. Da die solartechnische Trocknung weltweit eine zunehmende Bedeutung erlangt, sollte diese Einsatzmöglichkeit weiterverfolgt werden.

Solarzellenbetriebene Weidezaungeräte

Sie kamen schon vor über zehn Jahren auf den Markt. Es gab Anfangsschwierigkeiten mit zu schwachen und wenig dauerhaften Akkumulatoren sowie mit der elektronischen Laderegulierung. Inzwischen sind aber zwei Geräte DLG-geprüft. Unverständlicherweise sind die Preise für derartige Geräte in den letzten Jahren aber so stark gestiegen, daß Landwirte mit Weiden ohne Netzanschluß Geräte für Wegwerf-Trockenbatterien bevorzugen. Eine wirtschaftliche Alternative besteht aber darin, ein preiswertes und leistungsstarkes Standardgerät für Anschluß an eine Autobatterie zu nehmen und diese mit einem normalen, kleinen Solargenerator aufzuladen.

Forschung wird intensiviert

Um die heute schon wirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten der Photovoltaik bei netzfernen Kleinanlagen im Leistungsbereich bis ca. 2 kW der Öffentlichkeit nahezubringen, wird das BMFT in Zusammenarbeit mit den Bundesministerien für Verkehr, Wirtschaft, Landwirtschaft, Umwelt, Post und Inneres ein größeres Demonstrationsprogramm fördern. Die Federführung obliegt dabei der Zentralstelle für Solartechnik in Hilden. Zur Betreuung der landwirtschaftlichen Projekte sind das KTBL, die Universität Hohenheim, die FAL Völkensrode und die Landtechnik Weihenstephan bereit. Neben den schon beschriebenen Einsatzmöglichkeiten werden dabei Anlagen zur Oligolyse von Gülle (Schwimmdecken- und Geruchsreduzierung mit Gleichstromdurchleitung) sowie Kleingeräte zur Schorfwarnung und Mikroklimaerfassung berücksichtigt. Es ist zu erwarten, daß von diesem Programm ein starker Entwicklungs- und Erkenntnis-schub zum Einsatz der Photovoltaik auf dem Lande ausgeht.

Zunehmend werden auch größere Photovoltaikprojekte in der Landwirtschaft unter Beteiligung der regionalen Energieversorgungsunternehmen durchgeführt. So betreiben die Pfalzwerke auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation Limburgerhof eine Tröpfchenbewässerungsanlage und auf dem Versuchsgut Rehhütte der BASF eine Stalllüftung sowie Gülleoligolyse mit Solarstrom. An den landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf läuft seit Juni 1989 eine nachgeführte, 38 m^2 große Photovoltaik-Anlage zur Stromversorgung eines

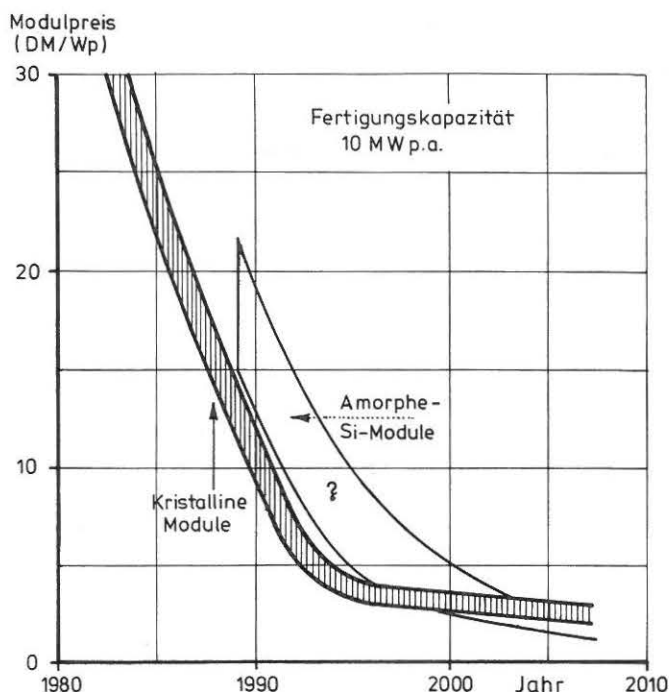


Abb. 8: Bisherige und prognostizierte Preisentwicklung bei kristallinen und amorphen Silizium-Solargeneratoren (nach Strese, Bölkow-Systemtechnik)

Schweinemaststalls unter Federführung des Fränkischen Überlandwerks und bei Bad Kochel wird unter Betreuung der Isar-Amperwerke ein Aussiedlungsbetrieb mit Solargeneratoren und einer Kraft/Wärme-Kopplungsanlage ausgerüstet. Das Triesdorfer Schweinestallprojekt ist der Auftakt zu einem größeren Programm mit sechs weiteren Anlagen, von denen eines bis zur Erprobung solaren Wasserstoffs in der Haustechnik reicht.

Angebot an Komponenten nimmt zu

Auch bei den Systemkomponenten wie Batterien, Laderegler, Gleichstromverbraucher und Wechselrichter sind Fortschritte erzielt, aber auch noch offene Probleme erkannt worden. Preiswerte, wartungsarme, stationäre Bleibatterien für Solargeneratoren sind seit einigen Jahren verfügbar. Bei besonders hohen Ansprüchen an die Lebensdauer (mehr als zehn Jahre), kommen auch hochwertige Blei- und Nickel-Cadmium-Akkus in Frage. Bei letzteren erscheint eine neuentwickelte Ausführung mit Faserelektroden interessant, weil sie preiswerter ist und eine noch höhere Ladeprozentszahl ermöglicht als die bekannten Typen mit Röhren-, Taschen- oder Sinterelektroden.

Als Motoren zum Antrieb von Pumpen, Ventilatoren und Kompressoren sollten bei kleineren Photovoltaikanlagen im Leistungsbereich bis etwa 2 kW vorzugsweise Gleichstrommaschinen mit Kollektor und Permanentmagnetanregung eingesetzt werden. Da sie keine Feldwicklung haben, benötigen sie auch keine hohen Anlaufströme und können direkt mit dem Solargenerator gekoppelt werden. Außerdem erreichen sie Wirkungsgrade von etwa 85% . Noch bessere Werte bis 90% werden von kollektorlosen, ebenfalls permanentmagnetanregten Wechsel- und Drehstrommotoren mit elektronischer Kommutierung des Gleichstroms aus Solargenerator oder Batterie erreicht.

Das Angebot an energiesparenden, gleichstrombetriebenen Geräten wird erfreulich-

erweise immer größer, vor allem auch durch Impulse aus der Caravan- und Bootstechnik. Halogen- und Leuchtstofflampen, Pumpen, kleine Ventilatoren und Kühlgeräte für 12 und 24 Volt sind hier vor allem zu nennen. Es gibt aber noch Probleme, für Dauerbetrieb geeignete, langlebige und preiswerte Tauchpumpen zu finden, vor allem im Leistungsbereich unter 100 W .

Oftmals wird man aber auch noch vorhandene Wechselstromgeräte betreiben müssen, weil es zum Beispiel noch keine Stalllüfter, Schafschermaschinen oder Hochdruckreiniger für Gleichstrom gibt. Hier helfen dann elektronische Wechselrichter, die den in Batterien gespeicherten Solarstrom mit Vollastwirkungsgraden zwischen 85 und 95% in Wechselstrom mit weitgehender Spannungs- und Frequenzkonstanthaltung umwandeln. Neben den preiswerten Rechteck-Wandlern für Ohmsche Verbraucher kommen für anspruchsvollere, induktive Verbraucher auch Geräte zum Einsatz, die einen trapez- oder sinusförmigen Wechselstrom erzeugen.

Ausblick

Die Zukunft der Photovoltaik ist wegen der zu erwartenden, weiteren Preisrückläufigkeit sehr positiv zu beurteilen. Zur Zeit liegen die Preise für hochwertige, montagefertige Solargeneratoren (Module) aus mono- und polykristallinem Silizium zwischen 10 und 16 DM je Watt Nennleistung, wenn es sich um Abnahmemengen zwischen 100 W und 1 kW handelt. Bei Sonderangeboten und Großmengen werden schon Preise zwischen 8 und 10 DM je Watt eingeräumt. Wie aus Abbildung 8 zu ersehen ist, wird schon in wenigen Jahren mit Preisen unter 5 DM/W gerechnet und in etwa zehn Jahren ein Preisrückgang bei den amorphen Modulen auf 3 DM/W erwartet. Mit Hilfe der Faustregel, daß eine Solarzelle mit 1 Watt Nennleistung in unseren Breitengraden eine jährliche Strommenge von 1 kWh erzeugt, kann man sich leicht die Kosten des Solarstroms bei unterschiedlicher Lebensdauer der Module errechnen. Aber schon

Energie aus Biomasse

Von Arno Strehler

Aufgrund des Treibhauseffektes durch Nutzung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl, Gas und wegen der Begrenztheit dieser Energieressourcen gilt es, Energie einzusparen und regenerative Energiesysteme neu zu erschließen. Andererseits sind die Agrarmärkte weltweit durch ein im Verhältnis zur Nachfrage überhöhtes Angebot belastet, was regional zu für den Landwirt ruinösen Preisverfällen für Agrarprodukte führte. Somit entstand eine große Chance zur Nutzung land- und forstwirtschaftlicher Reststoffe, aber auch zur Produktion von Energieträgern aus pflanzlicher Substanz auf nicht oder nur extensiv genutzten Flächen in Deutschland, Europa und vor allen Dingen in Entwicklungsländern.

Zum Potential

Heute liegt der Primärenergieverbrauch weltweit bei 9 Mrd. t Öläquivalent (= tOE). 7 Mrd. tOE entstammen fossilen Energiequellen wie Kohle, Erdöl, Erdgas. Wenn man auch nur die Hälfte der fossilen Rohstoffe durch regenerative Systeme ersetzen müßte, so wären das weltweit 3,5 Mrd. tOE. Jährlich wächst weltweit auf Landflächen eine Pflanzenmasse zu, die einem Energieäquivalent von 70 Mrd. tOE entspricht, also dem 20fachen Wert dessen, was oben als notwendiges Einsparpotential benannt wurde. Daraus wird bereits ersichtlich, welche Bedeutung die Biomasse aus der Sicht des Energiepotentials hat. Dies wird hier deshalb so deutlich gemacht, weil in der Presse häufig genau das Gegenteil dieser Fakten zu Papier gebracht wird. Da das Potential sehr groß ist, lohnt es sich, die ganze Bandbreite der technischen Möglichkeiten zur energetischen Nutzung von Energiepflanzen zu untersuchen.

Fortsetzung von Seite 405

beim gegenwärtigen Preisniveau ist photovoltaischer Strom billiger als solcher aus kleinen verbrennungsmotorgetriebenen Stromerzeugern ohne Abwärmenutzung. In wenigen Jahren schon kann es für manche Betriebe interessant sein, zu schwach gewordene Hofnetze durch Solarstrom zu unterstützen, anstatt eine aufwendige Netzverstärkung vorzunehmen. Dies kommt vor allem in Frage, wenn ein hoher Stromverbrauch im Sommer vorliegt wie für Stalllüftung, Fördergeräte und Trocknungsanlagen. Deshalb müssen schon jetzt auch derartige Pilot- und Demonstrationsprojekte im Netzverbund gefördert werden. Außerdem ist die Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern auf diesem Gebiet zu verstärken, und zwar nicht nur, damit übliche Entwicklungshilfe geleistet wird, sondern auch, um gegenseitige, positive und negative Erfahrungen auszutauschen. So konnte beispielsweise die Landtechnik Weihenstephan schon die Erfahrungen für unsere heimische Landwirtschaft nutzen, die erste Photovoltaik-Projekte in Paraguay erbrachten.

Weihenstephaner Arbeiten

Die Arbeiten der Landtechnik Weihenstephan auf diesem Gebiet begannen mit der Verfeuerung von Stroh und Holz nach der ersten Energiepreiskrise von 1973. Der Test der ersten am Markt befindlichen Strohfeuerungsanlagen ergab, daß es um die Feuerungsqualität nicht sehr gut stand. Vor allem gaben die erhöhte Staubemission, sichtbarer Rauch und die Geruchsemission Anlaß zu Beanstandungen. Durch konstruktive Verbesserungen im Nachbrennbereich konnte die Emission bei Unterbrandkesseln erheblich reduziert werden.

Bei manchen Strohöfen kam es durch Überhitzung im Brennstoffbereich zu Schlackebildung und demzufolge zu Funktionsstörungen im Rostbereich. Die Senkung der Heizölpreise ab 1986 führte zur Stagnation des Absatzes von Strohfeuerungsanlagen, obwohl die technische Verbesserung der Anlagen fortgesetzt wurde. Während es für

Überschußstroh andere kostengünstige Entsorgungswege gibt, muß Schwachholz bei der Durchforstung aus dem Wald entnommen werden. Daher blieb das Interesse an modernen Holzfeuerungsanlagen trotz der Ölpreisverringerung bestehen, vor allem für Hackschnitzelfeuerungen und Scheitholzunterbrandkessel. Der Anwendungsschwerpunkt liegt im ländlichen Raum, sowohl für Einzelwohnhausfeuerungen als auch für Fernheizsysteme.

Emission verringert, Umwelt entlastet

Die Emission an CO₂, CH₄, Staub, Ruß und NO_x konnte durch technischen Fortschritt erheblich verringert werden. Die Nutzung von Äthanol und Pflanzenöl ist vorerst auf Pilotprojekte beschränkt. Es besteht die Absicht in den Landwirtschaftsministerien, die Verwertung von Pflanzenöl in Traktoren verstärkt zu fördern.

Auf dem Rohstoffsektor sind es technische Öle, die in die Praxis Eingang fanden. Die meiste Bedeutung erlangten Sägekettensäge- und Hydrauliköle, deren Anwendung auf dem Wunsch einer deutlichen Verringerung der Umweltbelastung basiert.

Raps als Energieträger

Von Arno Strehler*)

Neben Umweltaspekten wird von der Energieerzeugung aus Biomasse eine Entlastung der Agrarmärkte erwartet.

Die Gewinnung eines flüssigen Energieträgers aus dem Rapskorn mit Hilfe der chemischen Extraktion ist ein großtechnisch bewährtes Trennverfahren. Auch die Ölgewinnung in Kleinanlagen ist möglich. Die Verwendung als Kraftstoff ist nur im Vorkammer-Dieselmotor oder in speziell ausgerüsteten Motoren möglich. Bei Umesterung des Rapsöls können herkömmliche Dieselmotoren betrieben werden. Die zusätzliche energetische Nutzung von Rapsstroh verdoppelt den Energieertrag je Hektar. Durch exakte Verbrennungsluftregulierung an Feuerungsanlagen kann der höheren Abbrandgeschwindigkeit von Rapsstroh Rechnung getragen werden und die Energieumsetzung bei geringem Schadstoffausstoß erfolgen.

Through energy production from biomass, a relief of pressure on agrarian markets can be expected.

Producing a liquid energy carrier from rape seed through chemical extraction is a proven industrial separation method. Production in small plants is also possible. Utilization is only possible in pre-chamber diesel engines or in specially adapted engines. Through transesterification standard diesel engines can be operated with rape seed oil.

The additional use of rape seed straw as an energy source doubles the energy output per hectare. Through exact combustion air control of furnaces, the burning velocity of this straw can be set and the energy transfer will take place with less noxious substance exhaust.

Stetig ansteigende Marktordnungskosten sind der Hauptgrund für die Suche nach Produktionsalternativen für die Landwirtschaft der Europäischen Gemeinschaft. Die Produktion von Energieträgern wird als eine Möglichkeit zur Verringerung der Nahrungsmittelerzeugung angesehen. Auf rund 10 Mio. Hektar als überschüssig geltender Agrarfläche der EG [4] könnten unter günstigen Voraussetzungen jedoch nur knapp 7 % des Mineralölbedarfs gedeckt werden; folglich stellt sich der Energiebereich als nicht zu sättigender Absatzmarkt dar. Die Schonung fossiler Energieträger und eine Verringerung des CO₂-Anstiegs in der Atmosphäre lassen die Aufnahme der Ener-

gieerzeugung aus Biomasse dringend notwendig erscheinen.

Unter dem Aspekt eines möglichst hohen Flächenenergieertrages sollte von der Rapspflanze das Rapsöl als flüssiger Energieträger und das Rapsstroh als Festbrennstoff genutzt werden. Abbildung 1 zeigt die notwendigen Verarbeitungs- und Aufbereitungsmaßnahmen.

*) Dr. Arno Strehler leitet an der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik die Abteilung Technik im Pflanzenbau. Der Beitrag entstand unter Mitarbeit von Dipl.-Ing. agr. Rudolf Apfelbeck und Dipl.-Ing. agr. Bernhard Widmann.

***CLAAS entwickelt und fertigt
ausschließlich Maschinen
für die Ernte.***

***Und forscht ständig nach
noch besseren Verfahren.***



Erntetechnik ist eine Wissenschaft für sich, ist Spezialistensache: Die Ernte von Getreide stellt andere Anforderungen als die von Mais oder Reis; Grassamen-drusch ist etwas anderes als die Bergung von Grünfutter, Silage, Heu und Stroh.

CLAAS-Erntemaschinen sichern die Ernte auf den Feldern der Welt. Ihre Leistungsstärke, Zuverlässigkeit und hochwertige Qualität mit dem Siegel „Made in Germany“ werden von Landwirten und Lohnunternehmern rund um den Erdball hoch geschätzt.

Wir führen Qualität ins Feld

CLAAS
DER ERNTESPEZIALIST

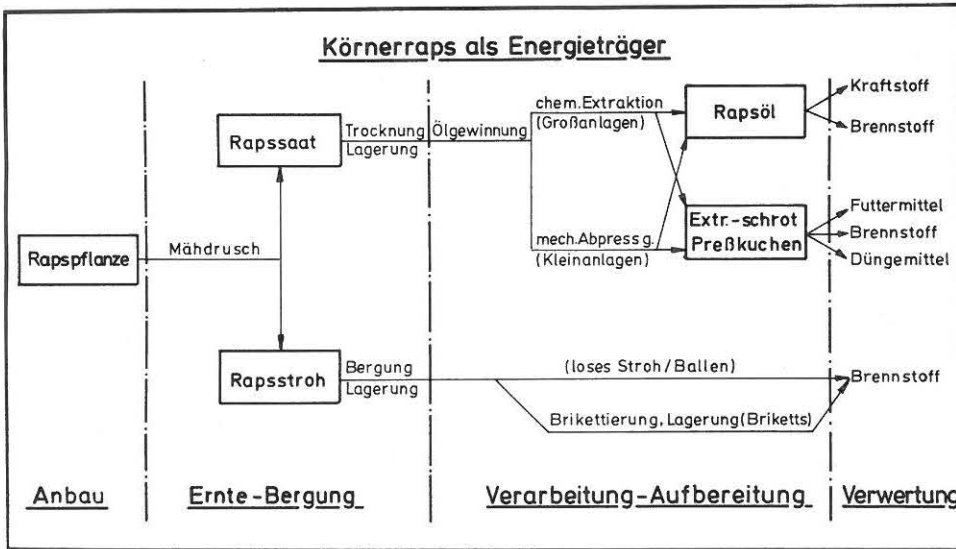


Abb. 1: Verfahrensschritte zur Produktion von Energieträgern aus der Rapspflanze

Rapsölgewinnung

Im Rapskorn sind 38 bis 45 % Öl enthalten. Ein im Bundesgebiet durchschnittlich erntbarer Samenertrag von rund 3 t/ha führt zu 1,2 t Öl. In großtechnischem Maßstab wird aus der Rapssaat die Hälfte des Öls mechanisch abgepresst und das Restöl aus dem zerkleinerten Preßkuchen mit Hilfe von Lösungsbenzin (n-Hexan) extrahiert. Im Extraktionsschrot verbleibt ein Restölgehalt von 0,5 bis 2 %.

Die Verarbeitungskapazität in bundesdeutschen Ölmühen liegt zwischen 1000 und 3000 t pro Tag. Die Jahresverarbeitungskapazität beträgt 3,7 Mio. t und nimmt einen Anteil von 40 % der EG-Verarbeitung ein. Ohne Neuanlagen könnte damit theoretisch der Rapskornenertrag einer Anbaufläche von 1,2 Mio. ha entölt werden. Diese Fläche würde einer Verdreifachung des derzeitigen Anbaues gleichkommen und mit rund 18 % der Ackerfläche aus Fruchtfolgegründen auch bereits die maximal mögliche Flächenausdehnung darstellen [2].

Für die Trennung von Rapsöl und Schrot aus dem Korn ist ein Energieaufwand von 820 bis 1160 MJ/t Saat notwendig [6]. Bezogen auf den Energiegehalt des gewonnenen Rapsöls müssen die Abtrennung vom Korn rund 6,3 bis 8,2 % der darin enthaltenen Energie aufgewendet werden. Der Anteil der elektrischen Energie liegt bei nur 1 bis 1,5 % des Energiegehaltes des gewonnenen Öls. Die Extraktionskosten werden mit 70 bis 90 DM/t Saat angegeben [6].

Die Ölgewinnung ist auch mit kleinen mechanischen Pressen (0,12 bis 2,4 t/d) möglich. Der Abpressgrad beträgt 60 bis 85 % und der spezifische elektrische Energieverbrauch schwankt zwischen 50 und 110 kWh/t Saat (180 bis 396 MJ/t) [10]. Bezogen auf den Energiegehalt des gewonnenen Rapsöls müßten für die mechanische Abtrennung vom Korn in Kleinanlagen rund 1,6 bis 4,6 % der darin enthaltenen Energie aufgewendet werden. Durch Schwerkraftsedimentation ist eine Ölreinigung von festen Partikeln kleiner als 3 µm zu erreichen [10].

Als Futtermittel kann bei bestehender Absatzstruktur ein Marktpreis von 300 bis 400 DM/t für Rapsextraktionsschrot erzielt werden. Das Rapsextraktionsschrot könnte in geeigneten Feststofffeuerungsanlagen unter Einhaltung der gesetzlich vorgeschrie-

benen Emissionsgrenzwerte energetisch verwertet werden. Es weist einen Heizwert von 15,5 MJ/kg auf und bei einer monetären Bewertung der Energiegehalte ist im Vergleich zu einem Heizölpreis von 0,40 DM/l ein Substitutionswert von etwa 170 DM/t zu veranschlagen. Beim Einsatz als Düngemittel und vollständiger Verwertung der enthaltenen Nährstoffe errechnet sich ein Wert von rund 110 DM/t Rapsschrot [2]. Somit führt die Verfütterung zur höchsten Wertschöpfung.

Rapsstrohmengen – Rapsstrohbereitung – Aufbereitung

Für die Verwertung von Rapsstroh als Energieträger sind die Rapsstrohmengen und deren Heizwert sowie das Trocknungsverhalten und der Ernteertrag von Bedeutung.

Aus Sortenvergleichsversuchen in Bayern ergab sich bei acht Rapssorten im dreijährigen Durchschnitt ein Strohertrag von 7,5 t TS/ha. Die drei besten Sorten wiesen 10 bis 15 % höhere Erträge auf. Der mittlere Kornertrag betrug 2,89 t TS/ha, wobei die vier ertragsstärksten Sorten diesen Wert um 10 bis 18 % übertrafen. Bei alleiniger Kornernte beträgt der „Harvesting Index“ 0,28 (Kornertrag zu oberirdischem Biomasseertrag). Sorten- und Jahreseinflüsse auf Korn- und Strohertrag waren statistisch signifikant abzusichern. Ein hoher Kornertrag war stets auch mit einem hohen Strohertrag korreliert [1].

Zum Zeitpunkt des Korndruschs weist Rapsstroh einen Feuchtegehalt von 50 bis 65 % auf. Um die Bröckelverluste möglichst gering zu halten, muß das durch die Druschaggregate stark zerkleinerte Stroh

im Schwad getrocknet werden. Ein Feuchtegleichgewicht von 17 bis 19 % wird bei günstigen Witterungsbedingungen nach zwei Tagen Trocknungsdauer erreicht.

Mit Ladewagen und Ballenpressen sind ohne erntegutbedingte Störungen 70 bis 85 % der vom Mähdescher erfaßten Rapsstrohmengen erntbar.

Die Brikettierung von Strohreststoffen reduziert den Lagerraumbedarf und ermöglicht die Verwendung in absatzig beschickten Feuerungsanlagen kleinerer Leistung (< 100 kW). Im Vergleich zu Getreidestroh konnte bei der Brikettierung von Rapsöl eine Steigerung der Durchsatzleistung von 50 bis 70 % verzeichnet werden und je nach Anlagentyp eine Reduzierung des spezifischen Stromverbrauchs um 20 bis 40 % auf 60 bis 70 kWh/t.

Energieeinsatz – Energieertrag

Für die Gegenüberstellung der Energieaufwendungen und Erträge werden die vorgenannten Durchschnittserträge angenommen (Korn 2,9 t/ha; Stroh 7,5 t/ha; Stroherbequote 0,75). Für den Energieaufwand wurden Werte von [9] und eigene Ergebnisse verwendet (Übersicht 1).

Übersicht 1: Gegenüberstellung der Energieaufwendungen und Erträge

Energieertrag:		
Korn	2,9 t TS/ha	72,0 GJ/ha
Stroh	6,3 t TS/ha	95,0 GJ/ha
Energieaufwand:		
Produktion (nur Korn)		17,4 GJ/ha
(+ Stroh)		19,9 GJ/ha
Transport		0,3 GJ/ha
Extraktion		4,2 GJ/ha
Brikettierung		1,7 GJ/ha
Energiegewinn:		
nur Kornernte	(72,0 – 21,9) =	50,1 GJ/ha
Ertrag : Aufwand =		3,3 : 1
Energiegewinn:		
+ Strohernte	(167,6 – 24,4) =	143,2 GJ/ha
Ertrag : Aufwand =		6,9 : 1
Energiegewinn:		
Strohrik.	(167,6 – 26,1) =	141,5 GJ/ha
Ertrag : Aufwand =		6,4 : 1

1 GJ = 27,7 l Öläquivalent (OE)

Durch die Bergung von Rapsstroh läßt sich der Energieertrag gegenüber alleiniger Nutzung von Rapskorn von 72 GJ/ha (2000 l OE/ha) auf 167,5 GJ/ha (4650 l OE/ha) mehr als verdoppeln. Auch eine Brikettierung des gesamten Rapsstrohs verringert den Netto-Energieertrag nur um weniger als 2 %. Der geringe Energieaufwand für die Gewinnung des Rapsöls sowie die Möglichkeit, sämtliche Produkte zu verwerten und ohne größere Umweltbeeinträchtigungen einsetzen zu können, sind als Hauptvorteile dieses Energieträgerproduktionsverfahrens anzusehen.

Tab. 1: Normanforderungen an Dieselöl und entsprechende Kennwerte von Rapsöl und Rapsölmethylester RME (aus [1])

Kennwert	Einh.	DIN-Norm ¹	Diesel	Rapsöl	RME
Spalte 1	2	3	4	5	6
Dichte [®] (15 °C)	g/ml	0,815 bis 0,855	0,82	0,914 bis 0,922	0,876 bis 0,886
Kin. Viskosität (20 °C)	mm ² /s	2 bis 8	4,5 bis 5,0	66 bis 72	6,3 bis 8,1
Flammpunkt	°C	> 55	–	240 bis 250	130 bis 188
Filtergrenze	°C	0 ² /–12 ³	–15/–24	–4 bis –9	–3 bis –7
Cetanzahl CZ		> 45	≥ 50	37 bis 38	49 bis 55
Koksrückstand	%	< 0,1	–	0,20 bis 0,30	0,03 bis 0,50
Schwefelgehalt	%	< 0,20	0,18	0,0	0,0

¹) nach DIN 51 601; ²) Sommer; ³) Winter

Tab. 2: Versuche mit Rapsöl und Dieselöl als Kraftstoff mit indirekt einspritzenden Dieselmotoren und dem Elsbett-Dieselmotor (aus [1])

Hersteller/ Zylinderzahl	max. Motorleistung			min. spezifischer Verbrauch			
	R.-Öl kW	D.-Öl kW	P_{max}^1 %	R.-Öl g/kWh	D.-Öl g/kWh	be_{min}^1 in % (Gew. Vol.)	
Spalte 1	2	3	4	5	6	7	8
Hatz/1 ^{2/5}	3,2	3,2	0	365	290	+ 25,8	+ 12,2
Hatz/1 ^{2/6}	3,2	3,2	0	374	290	+ 29,0	+ 14,9
Yanmar/1 ^{3/4}	—	—	- 4,5	—	—	+ 16,5	—
Hatz/1 ⁴	8,7	8,9	- 2,3	295	253	+ 16,6	+ 3,9
Hatz/1 ⁵	9,3	9,4	- 1,1	295	220	+ 34,0	+ 19,5
KHD/3 ⁴	—	—	—	256	234	+ 9,4	- 2,5
KHD/3 ⁵	—	—	—	255	234	+ 9,0	- 2,8
Elko/3/T/LLK	- ⁷	—	—	249 ⁷	210	+ 18,3	+ 8,2

¹) Prozentuale Veränderung gegenüber Dieselbetrieb; ²) Die Werte gelten für eine Motorbelastung von rund 70 % der Nennleistung; ³) Rapsöl: Diesel = 7 : 3; ^{4,5,6}) Aufbereitungsstufen des Rapsöls: roh, entschleimt, raffiniert; ⁷) Sonnenblumenöl; T = Abgasturbolader; LLK = Ladeluftkühlung.

Energetische Verwertung von Rapsöl – als Kraftstoff

Rapsöl erfüllt in fünf Punkten die Anforderungen der DIN-Norm für Dieselmotoren nicht, wie der Vergleich in Tabelle 1 verdeutlicht.

Die um den Faktor 10 höhere Viskosität (schlechtere Kraftstoffzerstäubung), die fünf bis zehn Punkte unter dem Mindestwert von 45 liegende Cetanzahl (Zündwilligkeit) und der zwei- bis dreifach höhere Koksrückstand (0,2 bis 0,3 %) sind vermutlich für die Bildung von Ablagerungen im Bereich der Zylinderbuchse, der Kolben und der Ventile in konventionellen direkt einspritzenden Dieselmotoren verantwortlich. Die teer- und koksartigen Verbrennungsrückstände führen zu Funktionsstörungen der Motoren und zu übermäßigem Verschleiß. Die Dichte und der Grenzwert der Filtrierbarkeit überschreiten ebenfalls die Normwerte für Dieselöl. Während die Dichte aufgrund der molekularen Zusammensetzung unveränderbar ist, läßt sich die Wintertauglichkeit durch Additive verbessern.

Durch eine Umesterung von Rapsöl mit einwertigen Alkoholen (Methanol, Äthanol) können mit Ausnahme der Dichte die Normanforderungen erfüllt werden (Tab. 1, Sp. 6). Der Grenzwert der Filtrierbarkeit wird jeweils nur für die Sommermonate eingehalten, kann jedoch durch Zusatz von Additiven erhöht werden. Die Geruchsneutralität des Kraftstoffs, die hohen Flammtemperaturen, die gute biologische Abbaubarkeit und der geringe Schwefelgehalt (10 bis 500 ppm) sprechen für den Einsatz der Pflanzenölkraftstoffe.

Mit Vorkammer-Dieselmotoren größeren Hubvolumens ist ein problemloser Betrieb mit nicht umgeestertem Pflanzenöl über mehrere tausend Betriebsstunden nachgewiesen [3]. Leistungs- und Verbrauchsmessungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Im Vergleich zu Dieselbetrieb bleibt die maximale Motorleistung nahezu konstant, der spezifische Kraftstoffverbrauch steigt aufgrund des geringeren Energiegehaltes von Rapsöl (gewichtsbezogen etwa 15 %) um 10 bis 30 %. Mit dem direkt einspritzenden Elsbett-Dieselmotor und der Möglichkeit einer entsprechenden Umrüstung von Serienmotoren könnten Vorteile wie Pflanzenöltauglichkeit und geringerer Kraftstoffverbrauch gegenüber Vorkammerdieselmotoren genutzt werden; Praxiserprobungen mit mehreren Motoren wer-

den derzeit durchgeführt. Meßergebnisse eines umgebauten Motors sind in Tabelle 3 angeführt. Die maximale Motorleistung (DB OM 352 ATL) beträgt sowohl im Originalzustand mit Dieselöl als auch nach der Umrüstung mit Rapsöl 92,7 kW bei 2310 min⁻¹. Der Motorumbau erfolgte aus Forschungsmitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Aufgrund der Motoroptimierung auf den Kraftstoff Rapsöl ist je nach Drehzahlbereich und Motorbelastung teilweise mit volumetrisch geringerem Kraftstoffverbrauch als bei Dieselbetrieb zu rechnen.

Umgeestertes Rapsöl kann in Dieselmotoren auch derzeit schon verwendet werden. Änderungen der maximalen Motorleistung bewegen sich 5 bis 10 % über und unter den Vergleichswerten mit Dieselbetrieb. Trotz der Erhöhung des minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauchs um bis zu 17 % bleibt der maximale Motorwirkungsgrad unverändert oder erhöht sich geringfügig (Tab. 4).

Schmierölverdünnungen und Schmierölreaktionen mit dem Esterkraftstoff erweisen sich derzeit noch als ungelöste Probleme, die weitere Forschungsaktivitäten notwendig erscheinen lassen.

Tab. 3: Motorleistung und Kraftstoffverbrauch eines Dieselmotors (DB OM 352 ATL) vor und nach der Umrüstung durch die Fa. Elsbett, Hilpoltstein

Kraftstoff stoff	Drehzahl min ⁻¹	Leistung kW	spez. Verbrauch		Verbrauch l/h
			g/kWh	ml/kWh	
Dieselöl (vor U.)	2600	91,8	235	285	26,1
	1600	70	218	264	18,5
Rapsöl (nach U.)	2600	91,8	270	293	26,9
	1600	70	218	237	16,6

Tab. 4: Versuche mit Rapsölmethylester und Dieselöl als Kraftstoff in Dieselmotoren (aus [1])

Hersteller/ Zylinderzahl Einspritzung	max. Motorleistung			min. spezifischer Verbrauch			
	R.-Öl kW	D.-Öl kW	P_{max}^1 %	R.-Öl g/kWh	D.-Öl g/kWh	be_{min}^1 in % (Gew. Vol.)	
Spalte 1	2	3	4	5	6	7	8
Hatz/1/DI ^{2,3}	2,4	2,4	0	355	311	+ 14,1	+ 6,4
Petter/2/DI	8,0	8,1	- 1	366	336	+ 8,9	+ 1,5
Steyr/4/DI	44,3	42,2	- 5,0	254	234	+ 8,5	+ 1,1
VW/4/IDI	37,9	38,4	- 1,4	322	281	+ 14,6	+ 6,8
VW/4/IDI/T	47,3	49,5	- 4,5	308	288	+ 7,0	- 0,4
VW/4/DI	32,7	35,8	- 8,7	270	235	+ 14,9	+ 7,1
MWM/4/DI ⁴	42,7	42,7	0	291	249	+ 17	+ 8,9
-/-/DI	18,6	18,6	0	302	262	+ 15,3	+ 7,4

¹) Prozentuale Veränderung gegenüber Dieselbetrieb; ²) Kraftstoff Rapsölmethylester; ³) Werte bei etwa 75 % der max. Motorleistung; ⁴) Werte beziehen sich auf gemessene Zapfwellenleistung; T = Abgasturbolader

Energetische Verwertung von Rapsöl – als Brennstoff

Die DIN-Anforderungen für Heizöl EL erfüllt Rapsöl in vier Punkten nicht. Mit einer Dichte von 0,92 kg/l übertrifft das Pflanzenöl den Norm-Höchstwert um etwa 7 % und weist mit 35,8 bis 37,4 MJ/kg einen 11 bis 15 % zu geringen Heizwert auf. Die Viskosität und der Koksrückstand überschreiten bei Rapsöl als Brennstoff die vorgegebenen Grenzwerte um das Zwölft- und das Dreifache.

Trotz der Abweichungen von den Normwerten läßt sich ein Gemisch von Rapsöl und Heizöl EL bis zu einem Mischungsverhältnis von 1:1 in Zerstäubungsbrennern für Heizöl EL gut verbrennen. Um Ablagerungen im Kesselraum zu vermeiden, kann je nach Kesselkonstruktion eine Reduzierung des Rapsölsanteils bis auf 20 % notwendig werden. Ein Gemisch aus Rapsöl und Diesel- oder Heizöl bleibt homogen. In reiner Form konnte Rapsöl mit einem Brenner für „mittelschweres“ Heizöl M und Brennstoffvorwärmung auf 90 bis 100 °C verbrannt werden. Bei allen Versuchen konnten mit 12 bis 13 Vol.-% CO₂-Gehalt gleichhohe Werte wie bei Heizöl und etwas geringere Abgasemissionen gemessen werden.

Energetische Verwertung von Rapsstroh als Brennstoff

Aufgrund seiner großen Oberfläche brennt Rapsstroh schneller ab als Stückholz- oder in ballengepreßte Getreidestrohbrennstoffe [5]. Durch die etwa 20 % höhere Abbrandgeschwindigkeit bei Ballen ergab sich bei fast allen Verbrennungsversuchen ein höherer CO-Gehalt und eine höhere Staubemission als bei den vom Hersteller vorgeschriebenen Brennstoffen. Um bei der Verfeuerung von Rapsstroh die gesetzlichen Bestimmungen einhalten zu können, müßte bei den Feuerungsanlagen ein besserer Schwelgasausbrand und eine wirksamere Staubabscheidung angestrebt werden. Die Versuchsergebnisse deuten darauf hin, daß diese Vorgaben bei Anlagen mit unterem Brennstoffabbrand und Heizleistungen über 20 kW ohne größeren konstruktiven Aufwand zu verwirklichen sind [7,8].

Literatur

Bücher sind mit ● gezeichnet

- [1] ● Apfelbeck, R.: Raps als Energiepflanze – Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung. Dissertation, Institut für Landtechnik, TU-München/Weihenstephan, 1989
- [2] Doleschel, P., H. Steinhauser und A. Heißenhuber: Pflanzenöl als Kraftstoff – eine Alternative für den Rapsanbau? Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch, 65 (1988), H. 8
- [3] Fuls, J., C. S. Hawkins und F. J. C. Hugo: Tractor Engine Performance on Sunflower Oil Fuel. – In: Journal of Agricultural Engineering Research, 30, (1984), S. 20–35
- [4] Heidrich, E. und R. Schäfer: Einfluß und Nutzung von Biomasse als Energieträger auf die arbeitswirtschaftliche Lage, die Energiesituation und die Agrarmarktprobleme der Europäischen Gemeinschaften. Endbericht zum Vorhaben ESE-R-065-D (B) Studie 1/1. Freising/Weihenstephan, 1984
- [5] ● Hellwig, M.: Zum Abbrand von Holzbrennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe. Dissertation, Institut für Landtechnik, TU-München/Weihenstephan, 1988
- [6] N. N.: Energieverbrauch für die Extraktion von Rapssaat. Vertrauliche Mitteilung der Ölmühlindustrie, 1987
- [7] Strehler, A.: Wärme aus Stroh und Holz. DLG-Manuskript Nr. 045, 1987
- [8] Strehler, A., H. Rogenhofer, U. Kraus, M. Hellwig und P. Schulze Lammers: Verfeuerung von Stroh als Briketts in Kleinanlagen (Hausbrand) und über Großballen in Großanlagen (Brennereien, Gärtnereien, ab 500 kW Heizleistung). BMFT-Forschungsbericht 03E-8319-A, Landtechnik Weihenstephan, 1987
- [9] ● Stürmer, H.: Flüssige Energieträger agrarischen Ursprungs – Eine rohstofforientierte Analyse zur Beurteilung der Konkurrenzfähigkeit von Biotreibstoffen. Dissertation, Lehrstuhl für angewandte landwirtschaftliche Betriebslehre der TU-München/Weihenstephan, 1987
- [10] Widmann, B. A.: Gewinnung und Reinigung von Rapsöl – Untersuchungen an einer Kleinanlage. Diplomarbeit, Institut für Landtechnik TU-München/Weihenstephan, 1988

Mitarbeiter des Instituts und der Bayerischen Landesanstalt für Landtechnik, die mit ihren Beiträgen dieses Sonderheft gestaltet haben.



Von links nach rechts: Dr. Georg Wendl, Dr. Dr. habil. Gerhard Englert, Prof. Dr. habil. Manfred Estler, Dr. Leonhard Rittel, Dr. Hans Stanzel, Priv. Doz. Dr. Dr. habil. Josef Boxberger, Dr. Manfred Schurig, Dr.-Ing. Hans-Dieter Zeisig, Dr. Heinrich Pirkelmann, Dipl.-Ing. agr. Martin Geyer, Dr. Hermann Auernhammer

Promotionen

- 1 Schön, Johann 26. 11. 1969, Justus Liebig-Universität Gießen „Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen – unter besonderer Berücksichtigung von ortsgebundenen Raufen und Raufenwegen“
- 2 Merkes, Rudolf 14. 2. 1970, Justus Liebig-Universität Gießen „Technische Hilfsmittel und Verfahren für das Ernten und Füttern von Grüngut“
- 3 Versbach, Manfred 29. 5. 1970, Justus Liebig-Universität Gießen „Technik und Verfahren der Einzel-tierfütterung im Rindviehlaufstall“
- 4 Jost, Hubert 21. 7. 1971, Justus Liebig-Universität Gießen „Entwicklung einer EDV-Methode zur landtechnischen Beurteilung von Mechanisierungsverfahren und Gebäudelösungen für die Rinderhaltung“
- 5 Pen, Char-Lie 1971, Justus Liebig-Universität Gießen „Untersuchungen zur Steigerung der Arbeitsleistung beim Melken in Gruppenmelkständen – insbesondere durch Verbesserung der Arbeitsorganisation und Automatisierung einiger Arbeitsverrichtungen“
- 6 Ordolff, Dieter 28. 2. 1972, Technische Universität München „Der Arbeitszeitbedarf beim Melken in Melkständen und die wichtigsten Einflußfaktoren“
- 7 Stanzel, Hans 27. 7. 1973, Technische Universität München „Untersuchungen zur Verbesserung der Maisbestelltechnik“
- 8 Pirkelmann, Heinrich 21. 2. 1974, Technische Universität München „Voraussetzungen, Möglichkeiten und Grenzen der handwerklichen Selbsthilfe in der Landwirtschaft“
- 9 Strehler, Arno 15. 7. 1974, Technische Universität München „Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermaistrocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten“
- 10 Knittel, Harry 20. 3. 1975, Technische Universität München „Auswirkungen der Minimalbestelltechnik auf physikalische Bodeneigenschaften“
- 11 von Heyl, Ludwig zu Herrnsheim 31. 7. 1975, Technische Universität München „Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Rinder- und Schweinehaltung“
- 12 Ayik, Musa 31. 7. 1975, Technische Universität München „Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes wichtiger Bereiche der Milchviehhaltung“
- 13 Zeltner, Eckhard 16. 9. 1975, Technische Universität München „Betriebstechnische und pflanzenbauliche Aspekte verschiedener Minimal-Bestellverfahren“
- 14 Auernhammer, Hermann 16. 9. 1975, Technische Universität München „Eine integrierte Methode zur Arbeitszeitanalyse, Planzetterstellung und Modellkalkulation landwirtschaftlicher Arbeiten, dargestellt an verschiedenen Arbeitsverfahren der Bullenmast“
- 15 Richter, Wolfgang 15. 6. 1976, Technische Universität München „Notwendige Leistung von Grünfütterheißlufttrocknern in Abhängigkeit wichtiger Einflußgrößen“
- 16 Lasson, Eberhard 9. 9. 1976, Technische Universität München „Untersuchungen über die Anforderungen von Rindern an die Wärme- und Härteeigenschaften von Stand- und Liegeflächen“
- 17 Metzner, Rainer 4. 10. 1976, Technische Universität München „Kennwerte für tiergemäße Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes für Fleckviehkühe“

18 Labowsky,
Hans-Joachim

19 Weber, Willi

20 Hofstetter,
Eugen Maria

21 Rittel, Leonhard

22 Sauer, Hildegard

23 Heinl, Brigitte

24 Lehmer, Maximilian

25 Pfadler, Walter

26 Schäfer, Rupert

7. 3. 1977, Technische Universität München „Untersuchungen zur Anbau- und Erntetechnik von Einlegegurken“

28. 7. 1977, Technische Universität München „Untersuchungen zum Einfluß der melkmaschinentechnischen Parameter Vakuumhöhe, Pulszahl und Länge der Saugphase auf die Milchabgabe der Kuh“

31. 7. 1978, Technische Universität München „Feuerungstechnische Kenngrößen von Getreidestroh“

24. 7. 1979, Technische Universität München „Vergleichende Untersuchungen an ausgewählten, selbsthilfefreundlichen Holztragwerken zur Kapitaleinsparung beim Bau landwirtschaftlicher Betriebsgebäude“

21. 7. 1981, Technische Universität München „Arbeitswissenschaftliche Untersuchungen und Methodenüberprüfung durch Modellkalkulationen in der Milchviehhaltung“

8. 7. 1981, Technische Universität München „Experimentelle Untersuchungen zur Beeinflussung der Milchabgabe durch Melkmaschinen mit konstanter bzw. kontrollierter Vakuumapplikation“

3. 8. 1981, Technische Universität München „Herstellung von Grund-Kraftfuttermischungen in Futtermischwagen und deren Einsatz in der Milchviehhaltung“

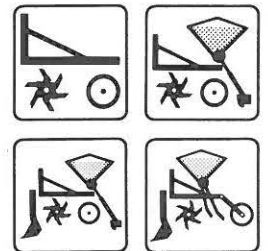
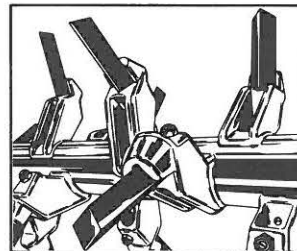
3. 8. 1981, Technische Universität München „Untersuchungen zur Ermittlung optimaler Funktionsmaße von Spaltenböden in Milchviehlaufställen“

3. 8. 1982, Technische Universität München „Technische und ökonomische Beurteilung des Biogasverfahrens in Betrieben

RAU

ROTOTILLER

reduzierte und
konservierende
Bodenbearbeitung



Die Original RAU-Keilzinken, in geschmiedeten, robusten Zinkenhaltern optimal befestigt, sind das exclusive Herzstück der RAU-ROTOTILLER.



● RAU-ROTOTILLER – der meistverkaufte Zinkenrotor Europas. Universell für Saatbettbereitung, Stoppelumbruch und nichtwendende, konservierende Bodenbearbeitung bewährt.

● Mit Aufbau- oder 3Pkt.-Anbau-Sämaschinen zur Bestellsaatmaschine (auch nachträglich) ausrüstbar.

● RAU-ROTOTILLER spart Energie, Zeit und Kosten und schont den Boden.

● 1,50 – 1,80 – 2,20 – 2,50 – 3,00 – 4,00 m Arbeitsbreite.

● Verlangen Sie Vorführung oder weitere Information von:

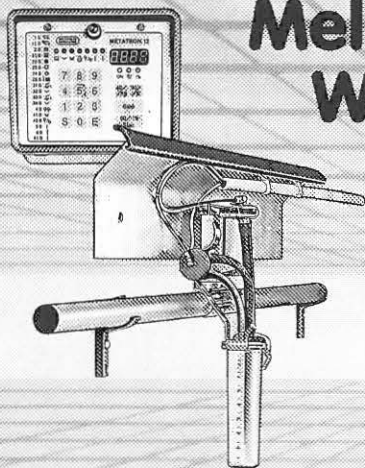
Maschinenfabrik RAU GmbH, D-7315 Weilheim/Teck

- 27 Zips, Arno
der tierischen Produktion anhand von statischen und dynamischen Modellen"
17. 2. 1983, Technische Universität München „Nahbereichsphotogrammetrie – eine Methode zur Registrierung und Quantifizierung des Tierverhaltens im Liegeboxenlaufstall“
- 28 Heins, Friedrich
20. 5. 1983, Technische Universität München „Brennstoffverbrauch in landwirtschaftlichen Wohnhäusern Bayerns und Möglichkeiten der Wärmebedarfsdeckung durch Stroh und Holz“
- 29 Wendl, Georg
9. 8. 1983, Technische Universität München „Methodischer Beitrag zur Ermittlung der Reparaturkosten und zur Gesamtkostenkalkulation landwirtschaftlicher Maschinen – dargestellt am Beispiel von Melkanlagen“
- 30 Nacke, Eberhard
6. 12. 1983, Technische Universität München „Ein Modellkalkulationssystem zur Ermittlung des Investitionsbedarfes landwirtschaftlicher Betriebsgebäude – dargestellt am Beispiel ausgewählter Stallbaulösungen für die Milchviehhaltung“
- 31 Schulze Lammers, Peter
27. 9. 1984, Technische Universität München „Kenngrößen der thermischen Gegenstromvergasung von Weizenstroh und ausgewählten Holzbrennstoffen“
- 32 Bockisch, Franz-Josef
1985, Technische Universität München „Beitrag zum Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall und Bedeutung für die Funktionsbereiche“
- 33 Donner, Agota
25. 3. 1986, Technische Universität München „Saatgutvorbehandlung zur Sicherung und Beschleunigung des Auflaufes – am Beispiel der Petersilie“
- 34 Schmidt, Werner Ludwig
17. 11. 1986, Technische Universität München „Entwicklung einer Melk-Meß-Einrichtung zur Erfassung von Milchabgabeprofilen innerhalb der Pulszyklen bei abgestuften Druckverhältnissen“
- 35 Stürmer, Hermann
27. 4. 1987, Technische Universität München „Flüssige Energieträger agrarischen Ursprungs – Eine rohstofforientierte Analyse zur Beurteilung der Konkurrenzfähigkeit von Biotreibstoffen“
- 36 Kirchner, Monika
27. 5. 1987, Technische Universität München „Verhaltenskennndaten von Mastbulen in Vollspaltenbodenbuchten und Folgerungen für die Buchtengestaltung“
- 37 Hellwig, Manfred
12. 8. 1988, Technische Universität München „Zum Abbrand von Holzbrennstoffen unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Abläufe“
- (Datum = Ausstellungsdatum der Urkunde)

Habilitationen:

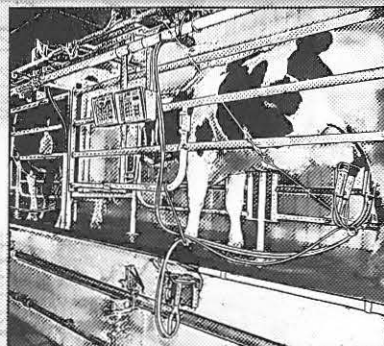
- 1 Dr. agr. Anton Gerhard Meiering 14. 1. 1972
Fachbereich Nahrungswirtschafts- und Haushaltswissenschaften der Justus Liebig-Universität Gießen
Fach Landtechnik
- 2 Dr. agr. Manfred Estler 30. 1. 1976
Technische Universität München, Fachgebiet Landtechnik
- 3 Dr. agr. Hermann Worstorff 1. 2. 1978
Technische Universität München, Fachgebiet Landtechnik
- 4 Dr. agr. Josef Boxberger 28. 2. 1983
Technische Universität München, Fachgebiet Landtechnik
- 5 Dr.-Ing. Karl-Hans Kromer 1. 8. 1983
Technische Universität München, Fachgebiet Landtechnik
- 6 Dr. rer. nat. Gerhard Englert 13. 12. 1983
Technische Universität München, Fachgebiet „Landwirtschaftliche Baustoffkunde und Bauphysik“

Immer auf dem laufenden: Melkstand-Systeme von Westfalia Separator



METATRON hält Tier- und Melkdaten bereit

- Datenabruf am Melkplatz in Verbindung mit CODATRON 80
- signalisiert dann Problemtiere
- steuert Melkzeug-ab-Automatik und STIMOPULS
- Probenentnahme MLP anerkannt



Denn es geht um die Milch



CODATRON 80 – Herden-Management perfekt

- umfassendes Kontrollsystem
- individuelle Grundfutterkalkulation, leistungsbezogene Kraftfutterzuteilung

Veröffentlichungen von Prof. Dr. Wenner

1969 bis Mai 1989

Wenner, H. L., E. Isensee und H. Schön: Aufgaben der Landtechnik in Gegenwart und Zukunft. Landtechnik 24 (1969), H. 6, S. 150–155
 Wenner, H. L.: Grünfütterernte. Generalbericht VII CIGR-Kongress Baden-Baden 1969, Band 8, S. 215–225

Wenner, H. L. und H. Schön: Rationelle Aufstallungsformen und Arbeitsverfahren für die Rindermast. DLG-Archiv 45 (1969), S. 35–49

Wenner, H. L. und H. Schön: Einsatz der Technik in größeren Milchviehbeständen. Landtechnik 25 (1970), H. 23/24, S. 724–727

Wenner, H. L. und A. G. Meiering: Der Einfluß der Witterung auf die Sauerstoffaufnahme von Silohochbehältern. Fortschritt-Berichte des VDI, Reihe 14, Nr. 12, 1970

Wenner, H. L., D. Lutz und E. Isensee: Mechanisierung der Hoftransporte. Landtechnische Forschung 19 (1971), H. 2

Wenner, H. L.: Carl Heinrich Dencker. Bonner Gelehrte – Beiträge zur Geschichte der Wissenschaften in Bonn, Bouvier-Röhrscheid, Bonn, 1971

Wenner, H. L.: Vom Bauernhof zur landwirtschaftlichen Produktionstätte. Elektrizität 21 (1971), H. 1

Wenner, H. L., H. Schön und C. L. Pertsch: Optimale Buchten- und Melkzeugzahl beim Fischgrätenmelkstand. Der Tierzüchter 23 (1971), H. 2, S. 41–44

Wenner, H. L. und H. Schön: Neue landtechnische Entwicklungen in der Rindviehhaltung. Bayer. Landw. Jahrbuch 48 (1971), Sonderheft 1, S. 88–106

Wenner, H. L.: Die zukünftige Entwicklung der Agrarproduktion und ihre Auswirkung auf die Landtechnik. Bericht der LAV-Tagung 1971, Maschinenbau-Verlag, Frankfurt, 1971

Wenner, H. L. und H. Schön: Arbeitswissenschaft und Arbeitslehre. AID-Bericht, Bonn-Bad Godesberg, 1972

Wenner, H. L. und A. Weidinger: Chancen und Grenzen leistungsstarker Schlepper. Landtechnik 28 (1973), H. 8, S. 231–238

Wenner, H. L., H. Schön und J. Boxberger: Haltungsverfahren für Milchvieh. Bauen auf dem Lande 24 (1973), H. 2, S. 30–33

Wenner, H. L., J. Boxberger und H. Schön: Mehr Milchkuhe – weniger Arbeit. top agrar (1973), 4 Folgen

Wenner, H. L. und H. Schön: Notwendigkeit zur Baukostensenkung. Bauen auf dem Lande 24 (1973), H. 1, S. 5–9

Wenner, H. L. und H. Schön: Die Entwicklung der Landtechnik unter dem Einfluß künftiger Agrarproduktion. Bericht über die Wintertagung 1973 der Österr. Gesellschaft f. Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien, S. 99–117
 Wenner, H. L. und M. Estler: Perspektiven der Landtechnik im intensiven Getreidebau. BASF-Mitteilungen für den Landbau 3/73, S. 73–90

Wenner, H. L., A. Strehler und W. Richter: Stand und Entwicklung bei Grünfütterungstrocknungsanlagen. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 1973, Nr. 15

Wenner, H. L.: Neue Wege in der Milchviehhaltung. Der Tierzüchter 26 (1974), H. 9, S. 388–392

Wenner, H. L., M. Schurig, O. Zirngibl und M. Wagner: Verfahrenstechnik bei der Frischgutbereitstellung. In: KTBL-Schrift 176: Heißlufttrocknung von Grünfütter (1974), S. 66–82
 Wenner, H. L.: Technische Möglichkeiten für die arbeitssparende Handhabung von Futterrüben. Landtechnik 29 (1974), H. 12, S. 546–548

Wenner, H. L.: Entwicklungen in der Melktechnik. DLG-Denkchrift: Vorträge der Hochschultagung Münster, Landwirtschaftsverlag Hilstrup, (1976), S. 49–56

Wenner, H. L.: Melken – noch ein arbeitswirtschaftliches Problem? Archiv der DLG, Bd. 57 (1976), S. 71–87

Wenner, H. L.: Schwerpunkte zukünftiger Leistungssteigerungen in der Landtechnik. Schlüter-Informationsschrift (1976)

Wenner, H. L.: Überrollen uns die Großmaschinen? top agrar (1976), H. 6, S. 39–42

Wenner, H. L. und H. Schön: Tendenzen arbeitswirtschaftlicher Verbesserungen beim maschinellen Milchentzug. Deutsche Molkerei Zeitung, H. 31, (1976), S. 925–931

Wenner, H. L.: Fragen der Mechanisierung eines Rindviehbetriebes unter Berücksichtigung der Energie. Sonderdruck KTBL, AEL, HEA „Elektrizität – Energie für die Landwirtschaft“ (1976), S. 35–41

Wenner, H. L.: Entwicklungstendenzen in der Melktechnik. Bauen und Technik in der Milchviehhaltung. Schriftenreihe d. ABTL-NW, (1977), H. 17, S. 25–36



Verlag: Eduard F. Beckmann KG
 3160 Lehrte-Hannover, Haus Heideck
 Postfach 11 20 · Telefon (05132) 5 30 16
 Telefax (05132) 5 31 00

Verlagsleiter: Peter Frank Beckmann

Herausgeber: Kuratorium für Technik und Bauwesen
 in der Landwirtschaft (KTBL)
 6100 Darmstadt-Kranichstein

Chefredakteur: Dr. Rainer Metzner
 Kuratorium für Technik und Bauwesen
 in der Landwirtschaft (KTBL)
 6100 Darmstadt-Kranichstein
 Postfach 12 01 42 · Telefon (06151) 70 01 27
 Telex 4 197 220 dla d · Telefax (06151) 70 01 23

Redaktionsbeirat: Dr. H.-H. Bertram, LK Rheinland, Bonn
 Dipl.-Ing. arch. Th. Damm, LK-WL, Münster
 Dr. J. Frisch, MEG, Darmstadt
 MinR. H. Hünsele, BML, Bonn
 Prof. Dr. H. Köbsell, Göttingen
 Prof. Dr. H.-J. Matthies, Braunschweig
 Dipl.-Ing. agr. F. Stange, LAV, Frankfurt/Main
 Dipl.-Ing. agr. (FH) H. Wandel, Hohenheim

Anzeigen: Günter Reimann
 (Zur Zeit ist die Anzeigenpreisliste Nr. 29 gültig)

Druck: W. Rumpeltin, Buchdruckerei und Zeitungsverlag GmbH,
 3167 Burgdorf, Marktstraße 14

Nachdruck und fotomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des Verlages gestattet. Für Manuskripte, die an uns eingesandt und von uns angenommen werden, erwerben wir das Verlagsrecht. Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernimmt der Verlag keine Gewähr. Gezeichnete Beiträge geben die Meinung des Autors wieder, nicht unbedingt die der Redaktion. Mit PR gezeichnete Beiträge sind Firmenberichte und erscheinen außerhalb der Verantwortung der Redaktion.

Die Zeitschrift erscheint monatlich.
 Der Bezugspreis beträgt DM 22,50 + Porto je Vierteljahr, für das Einzelheft DM 8,-. In diesem Preis sind 7 % Mehrwertsteuer enthalten. Für Mitglieder des KTBL ist die Bezugsgebühr im Mitgliedsbeitrag enthalten. Vertrieb in Belgien, Dänemark, Österreich, Schweden, Schweiz durch A. Hartleben, Pressegroßvertrieb, A – 1015 Wien I, Schwarzenbergstraße 6.

Das Abonnement kann jederzeit begonnen werden. Wird es nicht sechs Wochen vor Quartalsende beim Verlag gekündigt, verlängert es sich automatisch um ein weiteres Quartal.
 Erfüllungsort und Gerichtsstand ist Lehrte.

LANDTECHNIK

Fachzeitschrift für
Agrartechnik und
ländliches Bauen

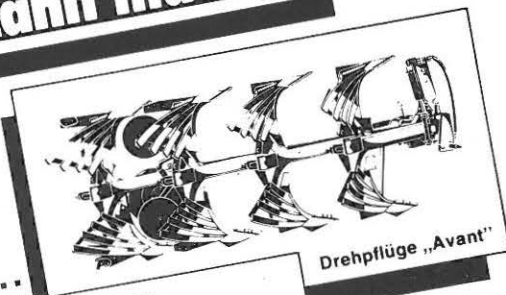
Verlag Eduard F. Beckmann KG
3160 Lehrte, Postfach 11 20

Falls Ihre Anschrift nicht korrekt ist, bitte ausschneiden und korrigiert zurücksenden.

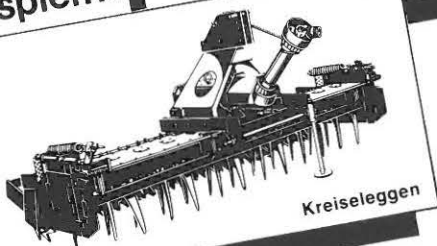
- Wenner, H. L.: Entwicklungen und Zwänge der Technik von morgen – größer – billiger – humaner? Archivband d. DLG Nr. 62 (1978), S. 51–65
- Wenner, H. L.: Neue Stromtarife und steigende elektrische Leistungsansprüche. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (1978), Bd. 3, S. 93–117
- Wenner, H. L.: Künftige Entwicklungen der Landwirtschaft in den 80er Jahren – was ist technisch machbar? Feld und Wald (1978), H. 6, S. 21–38
- Wenner, H. L.: Moderne Verfahren der Tierhaltung. Der Tierzüchter (1978), H. 9, S. 402
- Wenner, H. L.: 10 Thesen zu modernen Verfahren der Tierhaltung. Landtechnik 33 (1978), H. 6, S. 257–259
- Wenner, H. L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion – Technischer Bereich. Berichte über Landwirtschaft d. BML, 195. Sonderheft, (1979), S. 184–200
- Wenner, H. L.: Leistungssteigerung beim Geräteinsatz durch höhere Geschwindigkeit, größere Arbeitsbreite oder Gerätekombination. Landtechnik von morgen, Folge 19, Fa. Schlüter, S. 19–40
- Wenner, H. L.: Energieverbrauch in der Tierproduktion und Einsparungsmöglichkeiten. Der Tierzüchter, (1980), H. 4, S. 158–161
- Wenner, H. L.: Verbrauch und Einsparungsmöglichkeiten an Elektrizität für die Tierproduktion. Broschüre: Energieeinsatz in der Landwirtschaft. BStML, Okt. 1980
- Wenner, H. L.: Landtechnik im Streiflicht. Landtechnik 35 (1980), H. 5, S. 211
- Wenner, H. L.: Zur Energiesituation der Landwirtschaft – Probleme und Folgerungen. Bayer. Landw. Jahrbuch, Sonderheft Nr. 2 (1980) und Landtechnik 35 (1980) H. 8/9, S. 364–369
- Wenner, H. L.: Kraftstoffe aus Agrarproduktion – ein Ausweg aus der Überschusssituation? DLG-Mitteilungen (1980), H. 15
- Wenner, H. L.: Optimaler Energieeinsatz im Ackerbau. Tagungsbroschüre der Österr. Gesellschaft für Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien, (1980), S. 82–103
- Wenner, H. L.: Zukunftsperspektiven der Mechanisierung. Agrartechnik international 59, (1980), H. 9, S. 14–21
- Wenner, H. L.: Landtechnik – heute und morgen. Mechanisierung der Landwirtschaft ausgereizt? Feld und Wald, (1981), H. 28, S. 38–40
- Wenner, H. L.: Energieeinsparung in der Tierproduktion. Schriftenreihe der Hohenheimer Arbeiten, Reihe Agrartechnik, (1981), H. 115, Eugen Ulmer Verlag, S. 43–67
- Wenner, H. L.: Möglichkeiten und Grenzen zur Energieeinsparung und Nutzung eigener Energiequellen. Landtechnik von morgen, Folge 20, Hrg. Fa. Schlüter-Motorenwerke, Freising, (1981), S. 8–23
- Wenner, H. L.: Technische Lösungen für Kraftfutterdosierung und Melken. DLG-Mitteilungen, (1981), H. 20, S. 1077–1079
- Wenner, H. L.: Agrarproduktion – Energiebedarf und Energieanfall. Symposiumsbericht KTBL, AEL, HEA 1982
- Wenner, H. L.: Einsatz und Leistung größerer Ackerschlepper – Schlepperleistung in Abhängigkeit von Betriebsgröße und Betriebstyp. Landtechnik von morgen, Folge 22, Hrg.: Fa. Schlüter-Motorenfabrik, Freising, (1982), S. 28–45
- Wenner, H. L.: Energiebedarf und Energieanfall in der Landwirtschaft. Landtechnik 38 (1983), H. 1, S. 6–10
- Wenner, H. L.: Bedeutung und Stand der Technik in der Tierproduktion. Landtechnik 39 (1984), H. 1, S. 12–18
- Wenner, H. L.: Elektrizitätseinsatz und Chancen anderer Energiequellen in landwirtschaftlichen Betrieben der BR-Deutschland. CIGR-Kongreß-Dokumentation, Budapest, (1984), S. 286–291
- Wenner, H. L.: Kritische Wertung der technisch-betrieblichen Entwicklungsmöglichkeiten der Tierhaltung. Tagungsbericht AEL-HEA-KTBL (1985), S. 191–205 und KTBL Arbeitspapier 100
- Wenner, H. L.: Die Entwicklung der Landtechnik und ihre Auswirkungen auf die bäuerlichen Familienwirtschaften. Sonderheft der Zeitschrift „Förderungsdienst“ Hrg.: Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Wien, Rep. Österr., „Agrartagung 1984“ (1985), S. 91–110
- Wenner, H. L.: Von der Sichel zur Mikroelektronik – Geschichte der Landtechnik von Entwicklungsschüben gekennzeichnet. Bayer. Landw. Wochenblatt 175, (1985), H. 17, S. 12–14
- Wenner, H. L.: Zugkraft: gestern – heute – morgen. DLG-Mitteilungen, (1985), H. 22, S. 1253–1257
- Wenner, H. L.: Landtechnik im Streiflicht. Landtechnik 41 (1986), H. 2, S. 65
- Auernhammer, H., H. Pirkelmann und H. L. Wenner: Probleme technischer Weiterentwicklung für kleine Milchviehbetriebe. KTBL-Arbeitspapier 115, Darmstadt, (1987), S. 161–182
- Wenner, H. L.: Beitrag der Landtechnik zur Rationalisierung der Agrarproduktion. Tagungsband der Österr. Gesellschaft f. Land- und Forstwirtschaftspolitik, Wien, (1987), S. 49–68
- Wenner, H. L., J. Boxberger, H. Pirkelmann und H. Worstorff: Technik in der Rindviehhaltung. In: Jahrbuch Agrartechnik, Maschinenbau-Verlag GmbH, Frankfurt/M., (1988), Bd. 1, S. 113–118
- Wenner, H. L., W. Böhm, M. Demmel und H. Auernhammer: Elektroenergiekosten für den landwirtschaftlichen Betrieb. Abschlußbericht für AEL, Weihenstephan, (1988), Bd. 11, S. 178
- Wenner, H. L.: Bedeutung guter Grundfutterqualitäten in der Rinderhaltung. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, 3/1988, S. 7–10
- Wenner, H. L. und A. Strehler: Getreidetrocknung und -lagerung. In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup, (1988), S. 440–450
- Wenner, H. L.: Landtechnik im Streiflicht. Landtechnik 43 (1988), H. 11, S. 445
- Wenner, H. L., H. Auernhammer und M. Demmel: Elektroenergiebedarf rechnergestützter Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft. Landtechnik 44 (1989), H. 2, S. 73–76
- Wenner, H. L.: Mechanisierungsprobleme der deutschen Landwirtschaft. Tagungsbericht Südosteuropa-Gesellschaft, 1989

**Rabe-Geräte:
Technik, die sich
bezahlt macht.**

zum
Beispiel...



Drehpflüge „Avant“



Kreiseleggen

RABE WERK
D-4515 Bad Essen 1  Tel.: 054 72 - 771-0

Entscheidende Jahrzehnte
begleitet die Zeitschrift

LANDTECHNIK

die Entwicklung von Agrartechnik und
landwirtschaftlichem Bauwesen.

Viele neue Erkenntnisse
wurden zuerst hier vorgestellt,
später in Büchern, bevor sie Allgemeingut
wurden als letzter Stand der Technik.

VERLAG EDUARD F. BECKMANN KG
LEHRTE