



**Vorträge  
zur  
Jahrestagung 1989**

**1**

**1989**

© 1989 by Landtechnik Weihenstephan, Am Staudengarten 3, D-8050 Freising  
Nachdruck, auszugsweise Wiedergabe, Vervielfältigung, Übernahme auf Daten-  
träger und Übersetzung nur mit Genehmigung der Landtechnik Weihenstephan

Printed in Germany

**TAGUNGSBAND**

**ZUR**

**JAHRESTAGUNG DER LANDTECHNIK WEIHENSTEPHAN**

**am 8.11.1989**

**in der Deula-Schule Freising**





Zur diesjährigen Jahrestagung hatte Herr Prof. Dr. Heinz-Lothar Wenner beabsichtigt, sich zum Ende seiner aktiven Berufslaufbahn mit einem Grundsatzreferat über seine Vorstellungen zu neuen Schlepperkonzepten zu verabschieden. Sein viel zu früher Tod am 18.07.1989 läßt dieses Vorhaben leider nicht mehr zu.

Prof. Wenner hat die Landtechnik Weihenstephan über 20 Jahre mit großem persönlichen Engagement, viel Umsicht und Erfolg geleitet und sie zu einer bedeutungsvollen landtechnischen Institution mit großer nationaler und internationaler Ausstrahlung geführt. Die Basis dazu waren aktuelle, zukunftsorientierte Forschungsprogramme und ein von überzeugender Menschlichkeit und Toleranz getragener Führungsstil.

In Anerkennung und dankbarer Erinnerung

die Mitarbeiter der  
Landtechnik Weihenstephan



# Vorwort

Die Landtechnik Weihenstephan hat zu ihrer diesjährigen Jahrestagung das Generalthema: "Neue Techniken in der pflanzlichen Produktion" gewählt. Die im vorliegenden Tagungsband abgedruckten Referate greifen zur Zeit sehr aktuelle Fragestellungen auf, da gerade dieser Betriebszweig in jüngster Zeit durch die aufgrund überfüllter Märkte restriktive Preisgestaltung der Agrarpolitik und zunehmende Auflagen durch den Umweltschutz verstärkt unter Druck geraten ist.

Um den erhöhten ökonomischen und ökologischen Anforderungen gerecht zu werden, gilt es alle produktionstechnischen Maßnahmen einer bodenschonenden Bewirtschaftung, eines verantwortungsbewußten Einsatzes der nötigen Dünge- und Pflanzenschutzmittel sowie einer effektiven Mechanisierung auszuschöpfen. Aus landtechnischer Sicht stehen dabei neben gerätetechnischen Weiterentwicklungen vor allem die neuen Möglichkeiten der elektronischen Steuerung in Schlepper und Gerät sowie eine verbesserte, zeitgerechte Information über wichtige Produktionsdaten von Boden, Pflanze und Witterung im Vordergrund. Darüber hinaus sind aber auch die Chancen zusätzlicher, marktentlastender Verwertungsmöglichkeiten pflanzlicher Produkte zu überprüfen.

Um neben den während der Tagung ausführlich behandelten Themen auch einen Überblick über die sonstigen, an der Landtechnik Weihenstephan laufenden Forschungsaktivitäten geben zu können, sind im Anhang die wesentlichen Veröffentlichungen aller Mitarbeiter aus dem letzten Jahr aufgeführt. Falls dazu nähere Informationen erwünscht werden, wird eine direkte Kontaktaufnahme mit den Autoren empfohlen.

Anläßlich der Jahrestagung ist es uns ein Bedürfnis, für die im vergangenen Jahr wiederum erfahrene Förderung und vielfältige Unterstützung unserer Forschungsvorhaben durch Behörden, Organisationen, Industrie und landwirtschaftliche Praxis herzlich zu danken. Diese tatkräftige Mithilfe und von gegenseitigem Vertrauen getragene, intensive Zusammenarbeit wird auch in Zukunft für die Bewältigung der uns gestellten Aufgaben unentbehrlich sein.

Freising-Weihenstephan, im November 1989

LD Dr. H. Pirkelmann  
Fachleiter





# Inhaltsverzeichnis

	Seite
Schleppertechnik im Umbruch Dr. H. Auernhammer	9
Einsatzmöglichkeiten von Sensortechniken in der Pflanzenproduktion Dr. H. Stanzel	27
Das Netz der agrarmeteorologischen Meßstationen in Bayern -Stand und Ausblick- Dr. J. Haimerl, Ltd MR im Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten	39
Atuelle landtechnische Aspekte der Unkrautbekämpfung Univ. Prof. Dr. M. Estler	47
Einsatzmöglichkeiten von Pflanzenöl als Schmierstoff, Industrierohstoff und Energieträger Dr. A. Strehler, Dr. R. Apfelbeck, Dipl.-Ing.agr. B. Widmann	57
Veröffentlichungen der Landtechnik Weihenstephan 1989 (Stand November 1989)	69
Diplomarbeiten und Dissertationen 1989	77
Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan	79



# Schleppertechnik im Umbruch

Dr. H. Auernhammer  
M. Demmel, Dipl.-Ing.agr

## 1. Entwicklung der Schlepperkonzepte

Für die Landwirtschaft ist die mobile Kraftquelle "Schlepper" nach wie vor die Leitmaschine. Sie entwickelte sich aus den unterschiedlichsten Ansätzen (Abb. 1).

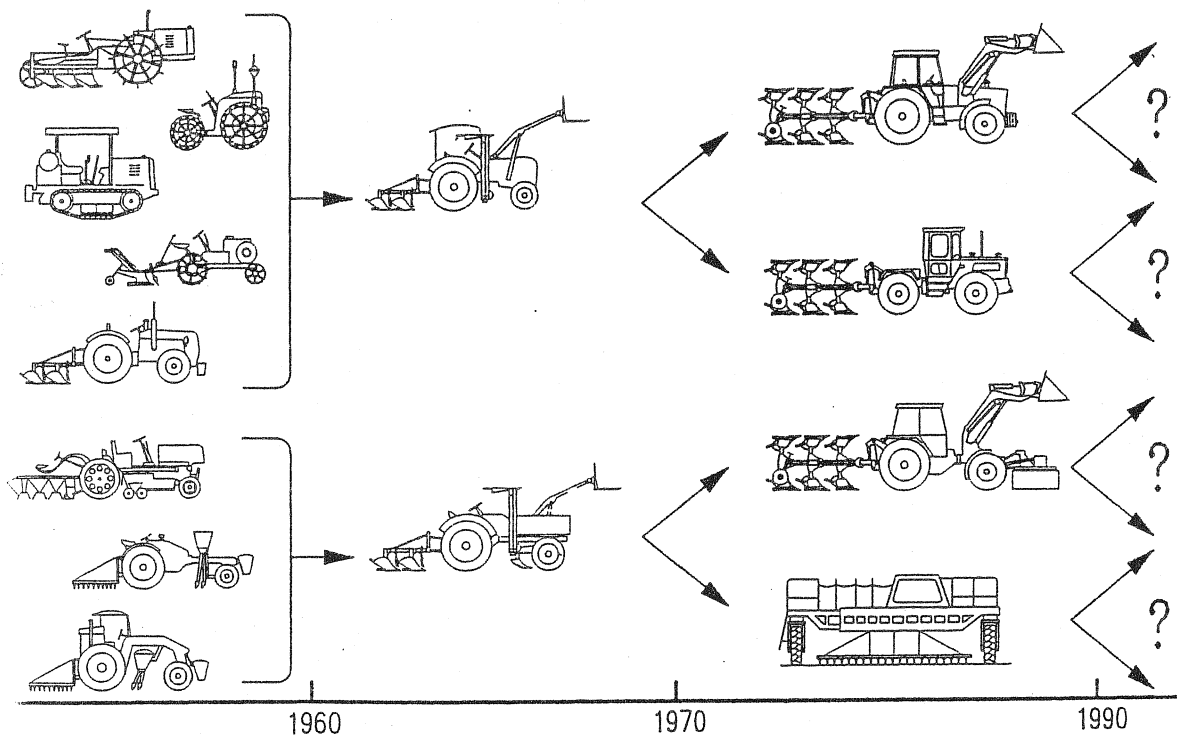


Abbildung 1: Entwicklung der Schlepperkonzepte

Aufbauend auf den täglichen Arbeitsablauf in der Praxis sollten damit problematische Arbeiten abgedeckt werden. Regional unterschiedlich waren dies:

- Die Entwicklung des Motorpfluges für die schweren, über Wochen andauernden Zugarbeiten auf großen Betrieben unter oft ungünstiger Witterung
- Der erste Schlepper mit Allradantrieb und angebautem Fräswerkzeug zur Umsetzung von Zugleistung (große Räder unter Motor und Getriebe) und von Drehleistung.
- Der Einsatz von Kettenlaufwerken für eine maximale Zugleistung bei gleichzeitig größtmöglicher Bodenschonung.
- Die Umrüstung einer Mähmaschine zum Kleinschlepper mit Mähwerk und Zugeigenschaft.

- Der Dreipunktanbauschlepper als optimierte Pflug-, Grubber- und Transportmaschine.
- Der Geräteträger mit dem "Schau voraus - Prinzip" als spezialisierte Hack- und Sämaschine, als Zwischenachs- und als Portalfahrzeug.

Alle diese Ansätze und Ideen mündeten gegen Mitte der 60er Jahre in den Standardschlepper mit Dreipunkthydraulik, Seitenmäherwerk und Frontlader (Prinzip "Schau zurück"). Daneben existierte in nennenswerten Stückzahlen nur noch der Geräteträger (Prinzip "Schau voraus") und als universelles, vor allem aber schnelles Straßenfahrzeug der UNIMOG (in Abbildung 1 nicht gesondert ausgewiesen) nach dem Prinzip "Sei schnell". Die gesamte Schleppertechnik war dadurch in eine Art Standardisierung eingemündet, an deren Richtigkeit fast niemand zu zweifeln wagte. Gleichzeitig - und das sei nur am Rande erwähnt - wurde auch die Schlepperforschung an den wissenschaftlichen Instituten in Bezug auf Schleppereinsatz und Schlepperanwendung weitgehend eingestellt.

Allerdings veränderte sich die Situation schon gegen Ende der 60er Jahre. Nunmehr begann das "Wachsen" der verfügbaren Schlepper und das "Auseinanderwachsen". Wiederum stark vereinfachend fanden die beiden bestehenden Konzepte jeweils eine Aufteilung in zwei unterschiedliche Varianten.

Aus dem Standardschlepper (mittlerweile groß, eckig und überwiegend mit Allradantrieb versehen) und aus der schnelllaufenden UNIMOG-Version kommend entstand das Trac-Konzept, welches in kurzer Zeit mehr als 8% Marktanteil eroberte. Da gleichzeitig die Zahl der produzierten Geräteträger in etwa gleich blieb, ging dieser Marktanteil ausschließlich zu Lasten des Standardschleppers. Allerdings darf nicht übersehen werden, daß gerade das Trac-Konzept bis heute eine fast ausschließliche Einsatzform im deutschsprachigen Raum geblieben ist.

Im Ausland hingegen deutet sich an vielen Stellen eine Sonderform der Geräteträger in den Portalfahrzeugen an. Sowohl Spezialkulturen (Wein), wie auch das "kontrollierte Spurverkehrssystem" für eine erhöhte Bodenschonung sind die Hauptauslöser dieser Entwicklung. Im Inland hingegen wuchs der Geräteträger und verließ dabei die ursprüngliche Form des Zwischenachsbaues. Freie Sicht bei geringem Eigengewicht des Schleppers und enger Wendradius (auch und vor allem durch den Allradantrieb) kennzeichnen den Wandel.

Ende der 80er Jahre steht somit nach der weitgehenden Beruhigung in den 60er Jahren die Diskussion um das richtige Schlepperkonzept wieder in der Diskussion. Es wird auch deshalb zunehmend diskutiert, weil der Schleppermarkt einen sehr starken Wandel erfahren hat (Abb. 2).

Danach haben mittlerweile die Besitzumschreibungen die Neuzulassungen nicht nur übertroffen. Vielmehr entfallen heute schon auf eine Neuzulassung zwei Besitzumschreibungen mit weiter zunehmender Tendenz.

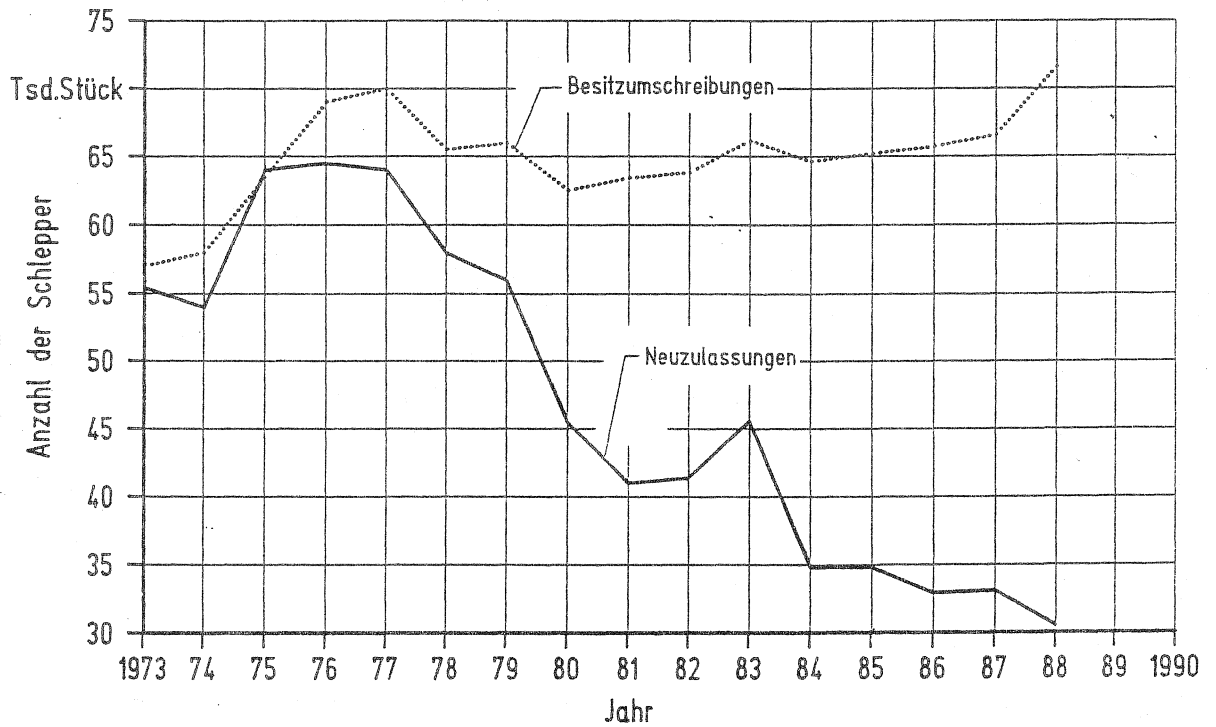


Abbildung 2: Inlandsnachfrage nach Ackerschleppern in der BR-Deutschland

## 2. Schleppereinsatz heute

Nahezu unbemerkt hat somit ein deutlich gewandeltes Kaufverhalten bei den Landwirten stattgefunden. Zeigte sich nämlich bei einer Erhebung 1980 noch für die darin enthaltenen Betriebe das "Durchlaufprinzip" als die übliche Schleppereinsatzform (jeder neu gekaufte Schlepper ist größer als der vormals größte Schlepper im Betrieb und übernimmt dessen Hauptfunktionen, der vormals größte Schlepper bleibt als zweitgrößter Schlepper im Betrieb), so gilt dies allem Anschein heute nicht mehr. Viele dieser Schlepper werden nunmehr als größte Schlepper in kleinere Betriebe veräußert und übernehmen dort die Funktionen des verdrängten Schleppers. Im kleineren Betrieb wird aber der vormals größte Schlepper nunmehr zum zweitgrößten Schlepper und wird nicht veräußert. Bedingt durch die große Zahl kleinerer Betriebe steigt deshalb die Zahl aller Schlepper in der Landwirtschaft der BR-Deutschland weiter an, das mittlere Schlepperalter nimmt zu und gleichzeitig sind mittlerweile in jedem Betrieb im Durchschnitt schon etwa 2,4 Schlepper vorhanden (Abb. 3).

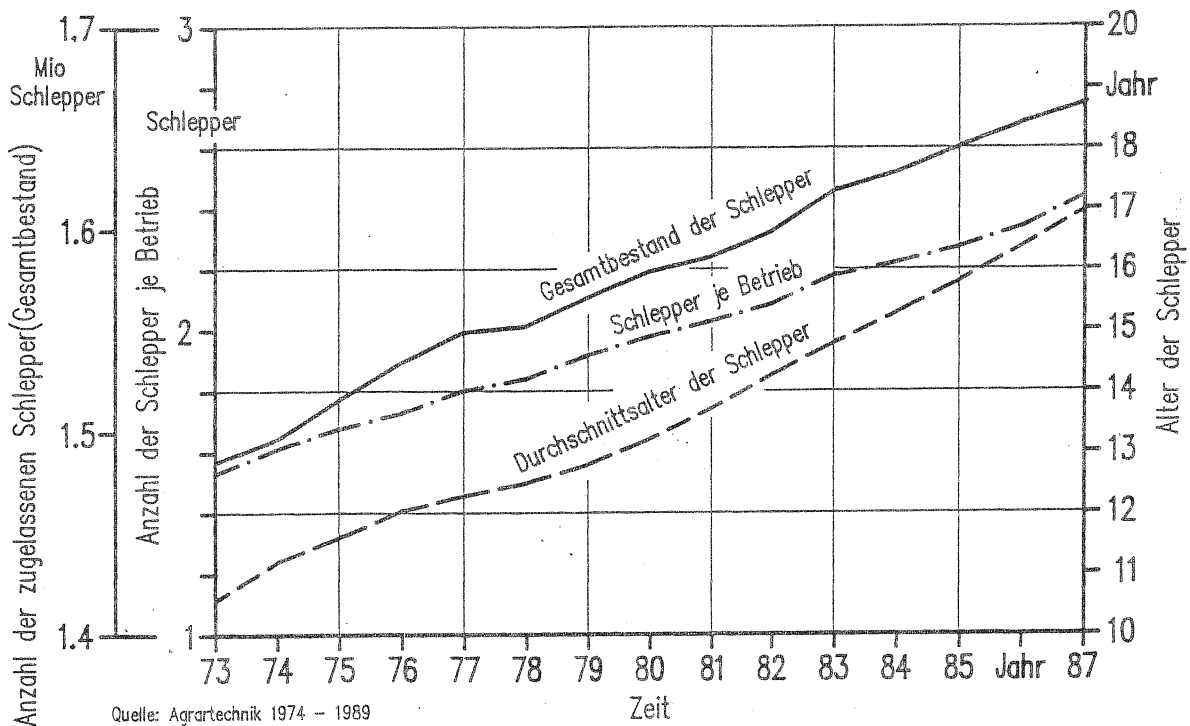


Abbildung 3: Gesamtschlepperbestand und mittleres Schlepperalter in der BR-Deutschland

Das hohe mittlere Schlepperalter (rund 50 % der Schlepper sind älter als der Mittelwert) trägt zu einem hohen Besatz an Schlepperleistung je 100 ha LF bei. Die BR-Deutschland wird dadurch zum Spitzenreiter im Schlepperbesatz in der EG, obwohl die entsprechenden Vergleichswerte mit Recht in ihrer Vergleichbarkeit angezweifelt werden müssen. Größere Betriebe mit vielen Fremdarbeitskräften wie in Großbritannien kommen nämlich zwangsläufig zu hohen Jahreseinsatzstunden je Schlepper und zu weniger "liebvoller" Pflege älterer Schlepper. Werden deshalb vergleichend auch für unser Land nur die Schlepper mit einem Alter kleiner gleich 10 in eine entsprechende Statistik einbezogen, dann ändert sich das negative Bild sehr stark (Tab. 1).

Tabelle 1: Schlepperbesatz in ausgewählten Ländern der EG

Land	Anzahl Schlepper	ha/Betrieb	kW/100 ha	mittlere kW-Zahl
Deutschland	1 479 000	16,9	399	32
Frankreich	1 485 000	29,2	226	44
England	510 000	69,4	141	46
Italien	1 227 000	8,0	271	33
Niederlande	183 000	16,7	345	38
Deutschland (nur die Baujahre 77 - 86)	455 000	15,6	182	49

Danach wird das Kaufverhalten deutscher Landwirte direkt den englischen Farmern vergleichbar. Die Diskussion um Überbesatz entpuppt sich als Seifenblase und es stellt sich nun die Frage, "Wie setzen denn die Landwirte ihre Schlepper ein?".

Werfen wir dazu einen Blick in die schon erwähnte Erhebung von 1980 und erstellen folgende Prämisse: Ein Schlepper wird universell oder spezialisiert dann eingesetzt, wenn je nach Detaillierung ein deutliches Übergewicht hinsichtlich eines Einsatzbereiches erfolgt. Bei zwei Bereichen wäre dies bei mehr als 50 % in einem Bereich, bei drei Bereichen trifft dies nach Überschreiten der 33 %-Grenze zu. Danach ergibt sich, für viele sicher überraschend, eine sehr deutliche Aussage (Abb. 4):

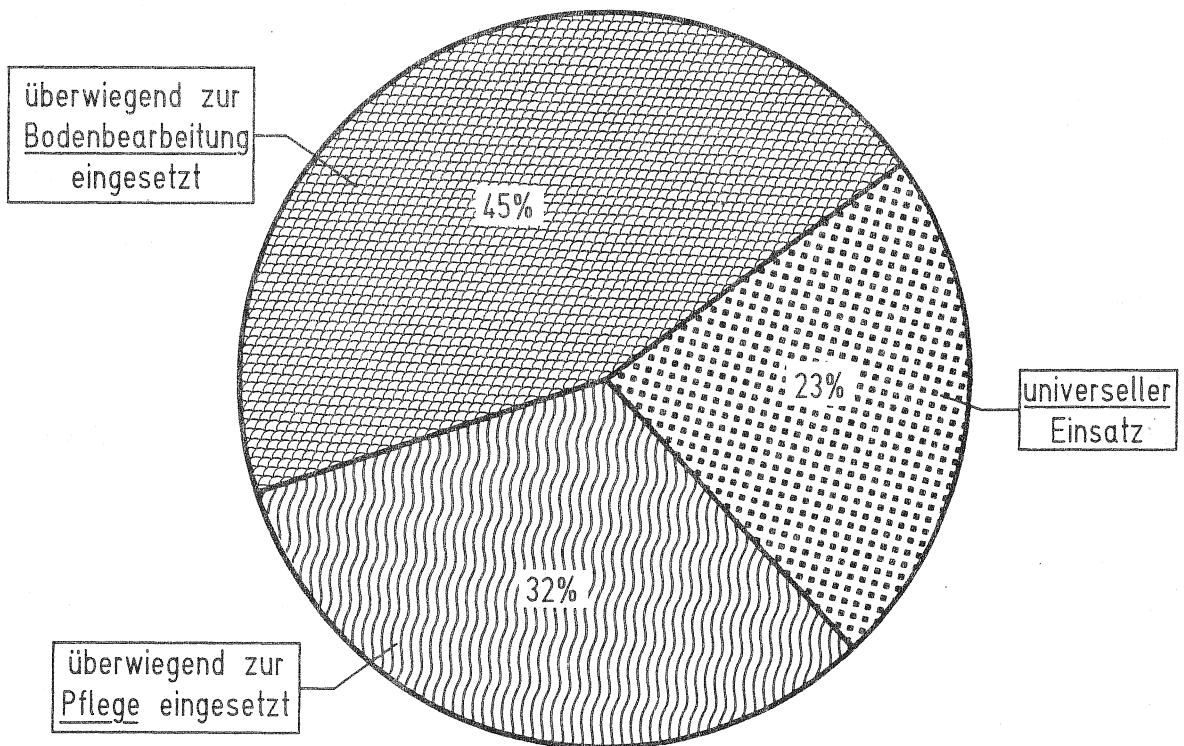


Abbildung 4: Einsatzbereiche der untersuchten Schlepper (Ergebnisse einer Erhebung 1980; n = 987 Schlepper)

Von den untersuchten Schleppern werden nahezu 80 % mehr oder weniger spezialisiert eingesetzt. Nahezu 50 % aller Schlepper sind unter dieser Prämisse als "Bodenbearbeitungsschlepper" zu bezeichnen. Ein Drittel aller Schlepper fällt in die Kategorie der "Pflegeslepper" und nur ein Fünftel erfüllt universelle Aufgaben. Geordnet nach der Schleppergröße im Betrieb ergeben sich deshalb zwei klare Bereiche (Abb. 5).

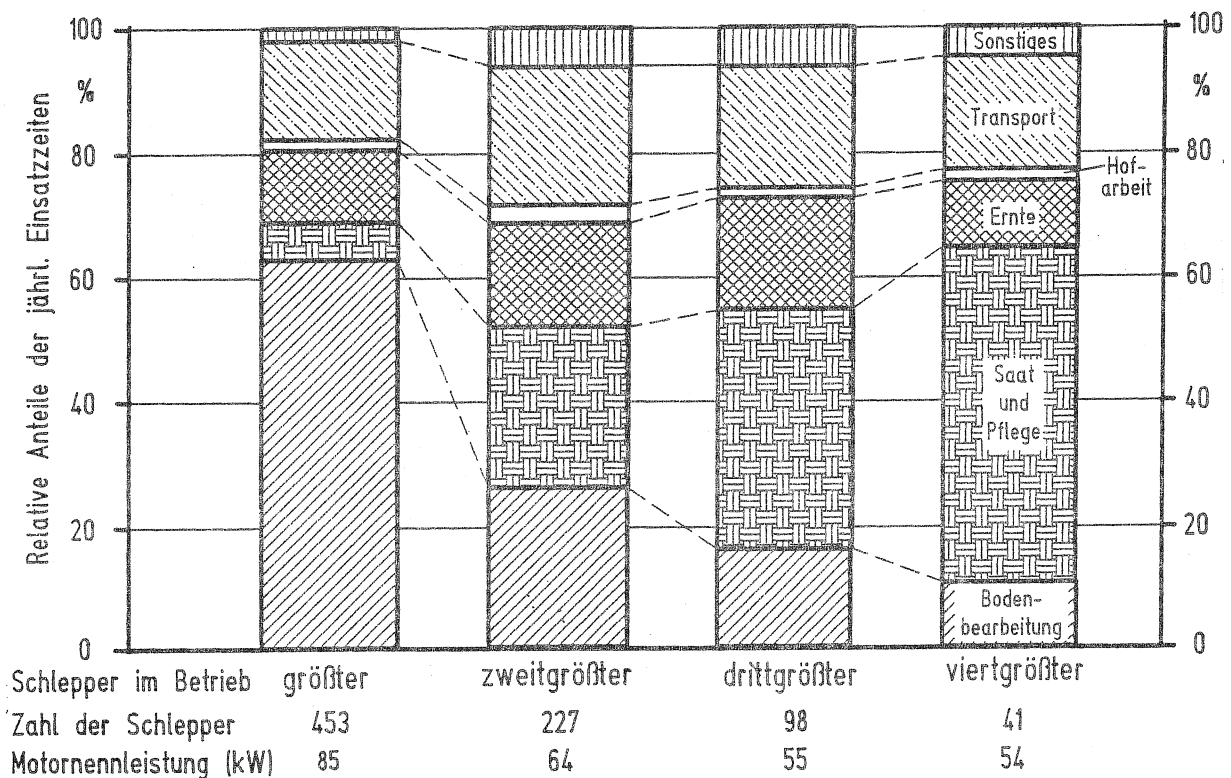


Abbildung 5: Einsatzprofile der Schlepper nach Rangfolge (Ergebnisse einer Erhebung 1980; n = 987 Schlepper)

Der größte Schlepper ist in mehr als 60 % seiner jährlichen Einsatzzeit in der Bodenbearbeitung beschäftigt, etwa 15 % sind Transportarbeiten. Der dritte und alle danach folgenden Schlepper erledigen überwiegend Pflegearbeiten und daneben noch etwa 20 % Transportarbeiten.

WENNER und Mitarbeiter entwickelten deshalb zu Recht eine Systematik für zwei (drei) unterschiedliche Schlepperkonzepte (Abb. 6).

Danach steht auf der einen Seite der schwere Zugschlepper und auf der anderen Seite der leichte Pflegeschlepper mit einer abgewandelten Form als "Grünländschlepper". Beide unterscheiden sich grundsätzlich, weshalb eine Umfunktionierung vor allem in Zukunft in der Praxis nicht mehr denkbar erscheint. Konsequenterweise müsste nach seiner Meinung die schon 1960 vorliegende Standardisierung in Zukunft noch wesentlich stärker verfolgt werden, zumal ja nun die Schlepper insgesamt immer größer wurden.

Allerdings steht diesen Gedanken aus fertigungstechnischer Sicht immer der Zwang zweier Produktlinien gegenüber. Auch Fragen, inwieweit ein solches Konzept bei einem veränderten Marktverhalten der Landwirte (siehe Abb. 2) Vor- oder Nachteile nach sich zieht, fallen hier herein. Letzendlich wird jedoch die Technik mit ihrem derzeitigen Stand und mit ihrer absehbaren Entwicklung den Hauptausschlag für eine Umsetzung liefern.



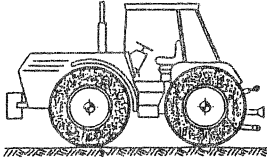
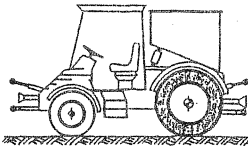
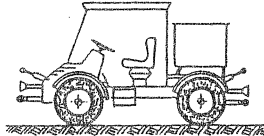
Bauarten	Zugschlepper	Pflegeschlepper	Grünlandschlepper
			
Wichtige Leistungsklassen	60 kW: 3-Schar-Pflug 80 kW: 3- od. 4-Schar-Pflug 110 kW: 5-Schar-Pflug 140 kW: 6-Schar-Pflug	40 kW 55 kW 70 kW	40 kW: Rotationsmäherwerk 55 kW: 2 Rotationsmäherwerke (70 kW: bei 2 Rotationsmäherwerken und Feldhäcksler)
Wichtige Arbeitsgeschwindigkeiten	(2,5 km/h) 4,0 km/h } Bodenbearbeitung 6,0 km/h } 8,0 km/h } 14,0 km/h } Transport 28,0 km/h } mit Lastschaltstufen jeweils etwa ± 10%	2,5 km/h 5,0 km/h } Pflegearbeiten 7,0 km/h } 9,0 km/h } 15,0 km/h } Transport 28,0 km/h } mit Lastschaltstufen jeweils etwa ± 10%	2,5 km/h 5,0 km/h 7,0 km/h 9,0 km/h 15,0 km/h 28,0 km/h mit Lastschaltstufen jeweils etwa ± 10%
Antrieb	Allrad, Achslastverteilung bei der Arbeit 1:1, Schnellballastierung Vorderachse	Hinterradantrieb	Hinterrad – Flachland Allrad – Bergland
Leistungsgewicht (leer)	65–55 kg/kW	60–50 kg/kW	50 kg/kW (evtl. Triebachse Ladewagen)
Bereifung	größtmöglicher Durchmesser und möglichst breit je nach Furchenräumung, mit Luftdruckschnellverstellung	Wechselreifen schmal (breit) für Pflege und Saat, normal für Transport und Frontlader	Breitstreifen mit Niederstellen
Spurweite	1,8 m, evtl. Schlupfregelung	1,5 m (verstellbar bis 1,8 m)	1,8 m (1,5 m)
Aufbauraum		Kippbehälter für Dünger und Saatgut etwa 4–8 m³ und Spritzmittelbehälter	klein, nur für Mineraldünger Schlepperhöhe bis 2,30 m
Kraftheber	Heck-Regelhydraulik	Fronthydraulik und Heck-Regelhydraulik (nur Lageregelung)	Fronthydraulik (Blockschn.) und Heck-Regelhydraulik (nur Lageregelung)
Zapfwelle	nur 1000 U/min	40 kW: 750 U/min 55 u. 70 kW: 750/1000 U/min	750 U/min; evtl. stufenlos für Heuwerbegeräte
Frontlader	60 und 80 kW: evtl. am Heck mit Drehsitz	Frontanbau	Frontanbau
Elektronikausrüstung	nur für bessere Zugkraftübertragung	umfangreich für Messung der Fahrgeschwindigkeit und Behälterinhalte; für Kontrolle und Regelung der Dosiermengen von Saatgut, Mineraldünger und Spritzmitteln (Bordcomputer)	umfangreich für Messung der Behälterinhalte und Futtermengen; für Kontrolle und Regelung der Dosiermengen und Heuwerbegeräte (Bordcomputer)
Kabine	Komfortkabine	Komfortkabine	Komfortkabine

Abbildung 6: Kenndaten spezialisierter Schlepperkonzepte (nach WENNER et al. 1986).

### 3. Neue Techniken

Schleppertechnik verursacht Fertigungskosten. Nach RENIUS läßt sich folgende Aufteilung vornehmen (Abb. 7):

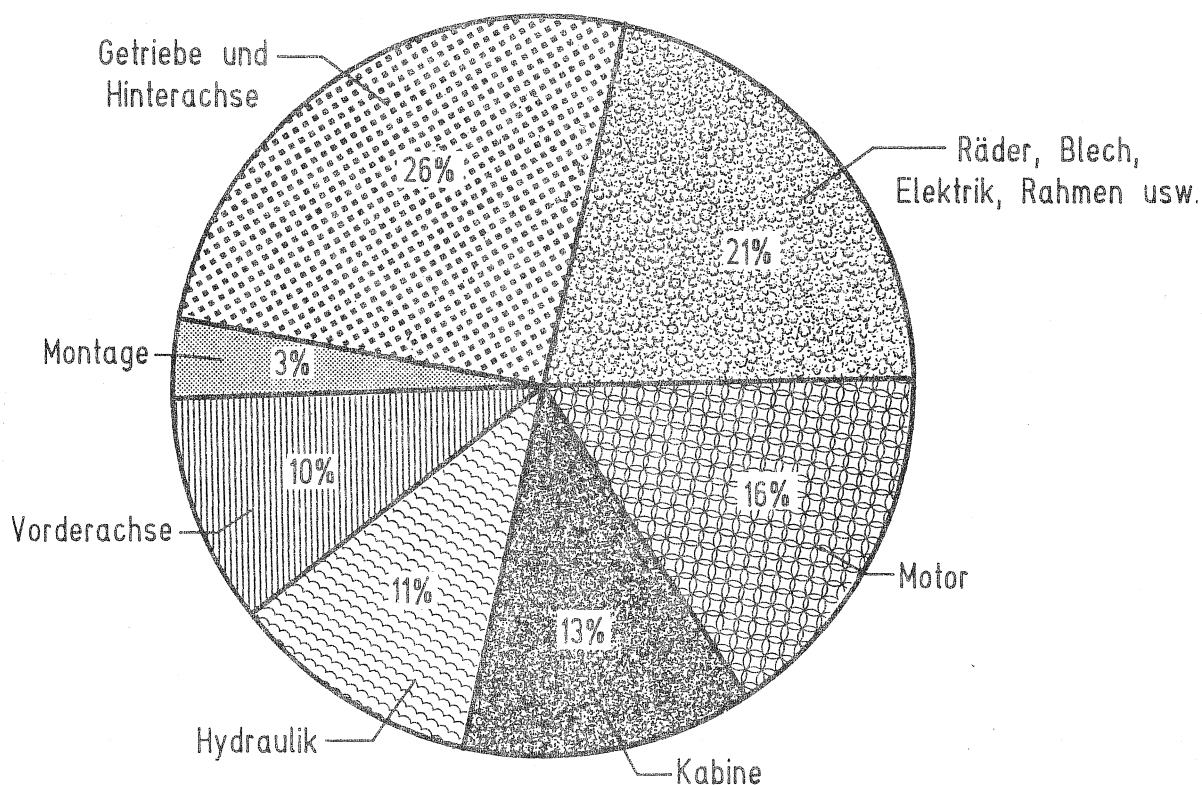


Abbildung 7: Relative Anteile an den Fertigungskosten von Ackerschleppern (nach RENIUS 1985)

Hauptkostenverursacher sind das Getriebe mit der Hinterachse, gefolgt von der Gruppe "Rahmen, Räder, Blech, Elektrik, Elektronik usw.", sowie dem Motor, der Kabine, der Hydraulik und der Vorderachse. Nahezu unbedeutend ist dagegen die Montage!

Ausgehend von dieser allgemeinen Situation ist deshalb abzuschätzen, wo derzeit und künftig die wesentlichen Änderungen erfolgen werden und welche Auswirkungen die veränderten relativen Preissituationen auf die künftige Schlepperentwicklung haben könnte.

### 3.1 Antriebsstrang

Werden Motor, Getriebe und Hinterachse zum Antriebsstrang zusammengefaßt, dann verursacht diese Baugruppe einen Kostenanteil von etwa 40 %. Selbst die geringste Verteuerung in diesem Bereich muß deshalb sehr stark auf den Gesamtpreis durchschlagen und ist somit als äußerst sensibel zu beurteilen. Hinzu kommen die immensen Entwicklungskosten für neue Getriebe, weshalb dabei die Entwicklung eher zurückhaltend verlaufen wird.

Beginnend beim Motor erscheinen generelle Änderungen derzeit nicht zu erwarten. Der Übergang zu sog. Konstantleistungsmotoren ist allenfalls eine reine technische Weiterentwicklung, konzeptionell neu und damit mit hohen Kosten verbunden ist er dagegen nicht.

Völlig anders ist dagegen die Situation auf dem Getriebesektor. Zwei generelle Entwicklungen sind erkennbar und werden schon bald in die Schlepper Eingang finden:

- Lastschaltgetriebe kommen vom US-Markt und drängen auch bei uns in die oberen Leistungsklassen vor. Ziel ist die Möglichkeit des Durchschaltens bis in den Transportbereich mit 30 km/h ohne Gruppenwechsel. Mindestens 12, besser 15 Schaltstufen (Abb. 8) sind dafür erforderlich und werden heute schon bei JOHN DEERE und bei CASE angeboten. Die beiden großen deutschen Schlepperhersteller müssen nachziehen, um einerseits im Inland konkurrenzfähig bleiben zu können und um andererseits auch eigene Exportchancen zu wahren.
- Stufenlose Getriebe scheinen nach ersten weniger erfolgreichen Versuchen in den 60er Jahren nunmehr Eingang in den Pkw-Bereich zu finden (Abb. 8). Ihr Vorteil liegt in den minimalen Baumaßen und den günstigen Preisen bei Großserienfertigung im Pkw-Sektor. Allerdings ist derzeit die Leistungsübertragung noch sehr stark begrenzt, so daß diese Getriebe allenfalls in die leichten Pflegeschlepper und in kostengünstige Kleinschlepper (KIRSTE 1988) Eingang finden werden.

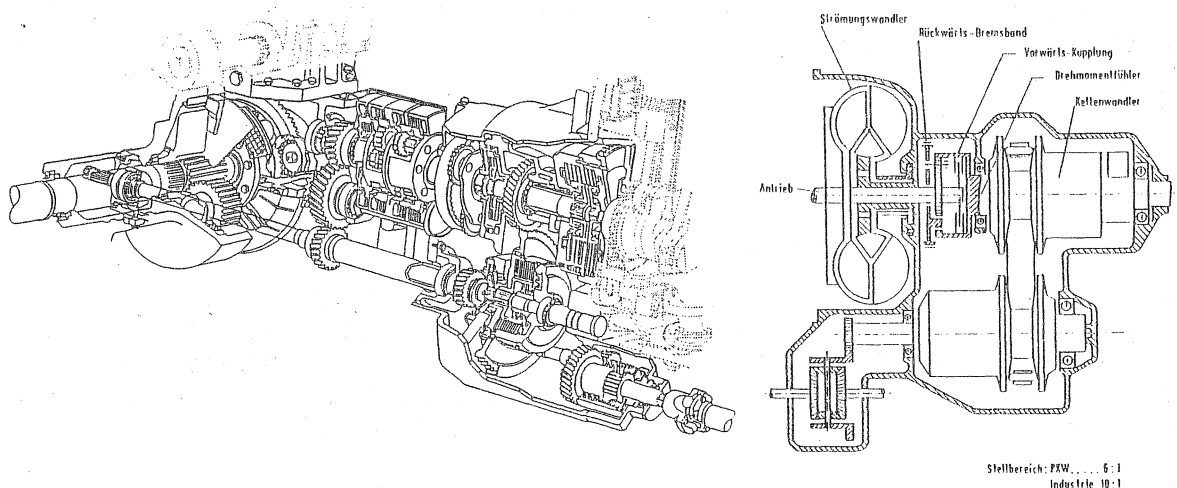


Abbildung 8: Lastschaltgetriebe "POWER SHIFT" von JOHN DEERE mit 15 Fahrstufen (links) und stufenloser Fahrtrieb (rechts).

### 3.2 Fahrwerk und Fahrgeschwindigkeit

Mittlerweile hat sich auf dem deutschen Markt die Fahrgeschwindigkeit für Ackerschlepper mit 40 km/h weitgehend durchgesetzt. Erste Schleppertypen werden schon mit 50 km/h angeboten und dringen damit in jenen Bereich vor, der ursprünglich ausschließlich vom UNIMOG abgedeckt wurde.

Für alle Schlepper mit diesen maximalen Fahrgeschwindigkeiten wird sich in Zukunft die Frage nach einer gefederten Vorderachse stellen. Um dabei keine zusätzlichen Nachteile bei der Arbeit mit der Regelhydraulik in Kaufnehmen zu müssen, wird eine Hybridlösung die Blockade der Federung im Ackerbereich ermöglichen. Sowohl Federung, wie auch Federwegeinengung oder Federwegblockade werden jedoch zusätzliche Kosten mit sich bringen.

### 3.3 Elektronik

Wohl die größten Veränderungen beim Schlepper sind im Hinblick auf die Elektronik zu erwarten. Dabei ist jedoch von einer unterschiedlichen Ausstattung je nach Schleppereinsatz auszugehen (Abb. 9).

Allen Schleppern gemeinsam wird eine Basisausstattung mit Elektronik sein. Diese wird die Kosten nur unwesentlich erhöhen, an einigen Stellen sogar zu Preisnachlässen führen, weil durch den Fortfall starrer Verbindungen die Fertigung vereinfacht werden kann (schlägt jedoch nach RENIUS in Abb. 7 nicht zu Buche). Basiselektronik bedeutet zugleich "verbesserte Information" und "Grenzwertüberwachung zur Arbeitsentlastung" bei erhöhter Sicherheit (Verminderung der Unfallgefahr).

Die Elektronikzusatzausstattung für den Zugschlepper betrifft dagegen vor allem die schlepperinterne Elektronik. Haupteinsatzgebiet ist die elektronische Regelung zur optimierten Zugkraftübertragung bis hin zur Schlupfminimierung.

Die Elektronikzusatzausstattung für den Pflegeschlepper wird dagegen durch die Gerätesteuerung und -regelung vorgegeben. Aufbauend auf die derzeitigen Bemühungen zur Normung der Datenkommunikation zwischen Schlepper und Gerät wird dadurch allenfalls der erforderliche Monitor kostenbelastend wirken. Schlepperintern ergeben sich lediglich elektronische Erweiterungen für eine Wiegeeinrichtung in der Dreipunkthydraulik oder längerfristig für eine Regelung des stufenlosen Fahr- und Zapfwellenantriebes.

### 3.4 Verringerung des spez. Leistungsgewichtes

Die Entwicklung der Schleppertechnik ging in den vergangenen 30 Jahren eindeutig in Richtung Regelhydraulik mit Gewichtsverlagerung während der Arbeit vom Anbaugerät auf die Schlepperhinterachse. Gleichzeitig setzte Mitte der 70er Jahre der verstärkte Übergang zum Allradantrieb ein, wodurch zwei widersprechende Konzepte vereinigt wurden (Abb. 10).

Wird mit der Freiganghydraulik gepflügt (gearbeitet) und ist entsprechend der Bereifung ein Schlepper richtig ballastiert, dann könnte von beiden Achsen die größtmögliche Zugleistung erbracht werden. Durch den Übergang zur Regelhydraulik ergab sich jedoch immer eine dynamische Entlastung der Vorderachse. Zusatzballastierung löst das Problem nur teilweise, weil durch die ständigen Regelvorgänge immer unterschiedliche Verhältnisse vorliegen. Sinnvollerweise muß deshalb als Ausgleich zur Regelhydraulik auch die Ballastierung dynamisch geregelt werden, wobei nun Gewicht vom Anbaugerät auf die Hinterachse und bewegliches Gewicht von der Hinterachse auf die Vorderachse übertragen wird. Eine höhere Zugleistung wird unter diesen Umständen nicht durch eine erhöhte Ballastierung, sondern durch eine dynamische Gewichtsverlagerung erreicht. Erste Versuche in den USA deuten auf Zugkraftsteigerungen von etwa 15 bis 20 % oder auf entsprechende Kraftstoffeinsparungen hin.

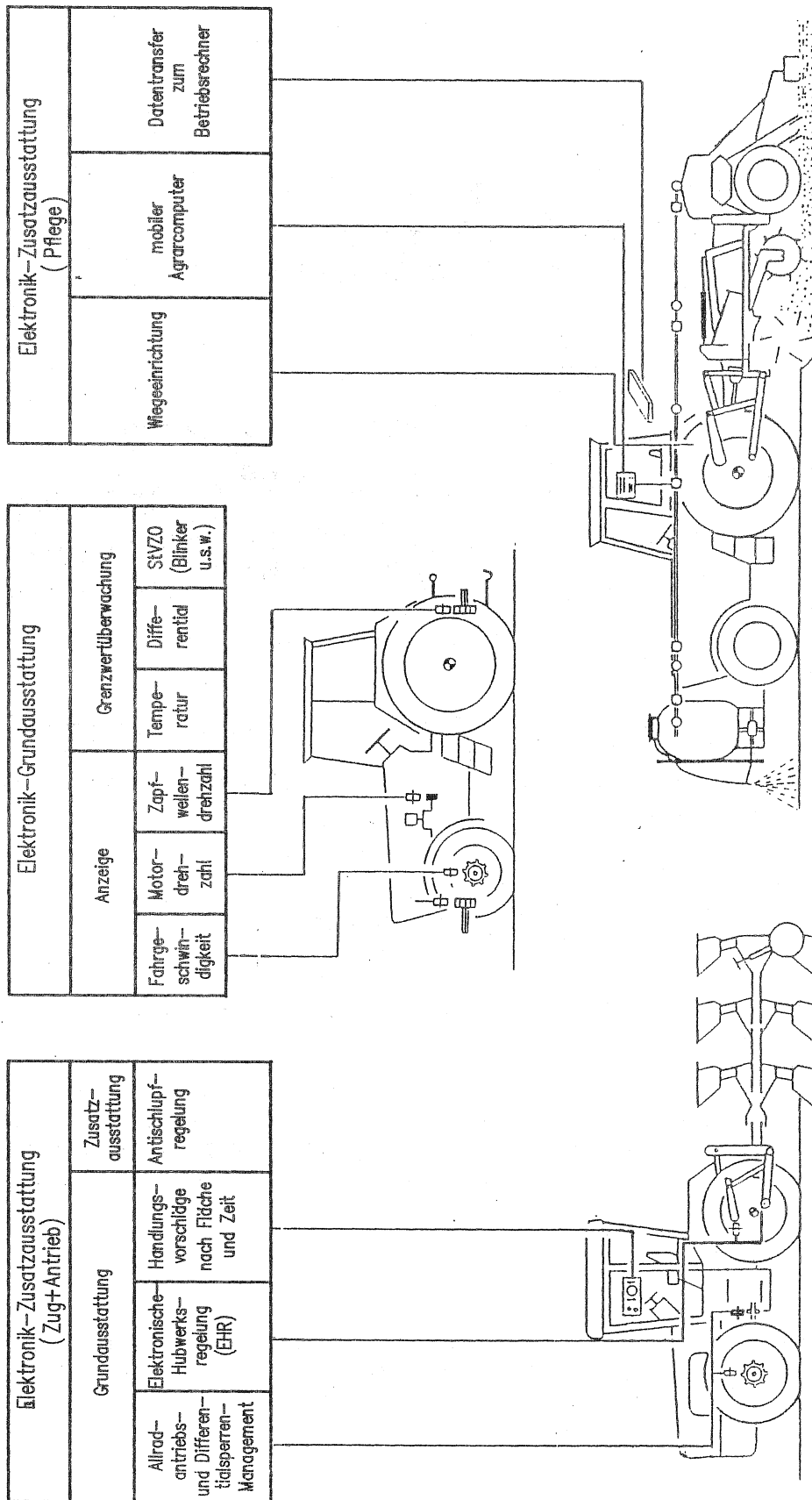


Abbildung 9: Formen der Elektronikausrüstung für Schlepper nach spezifischem Einsatz

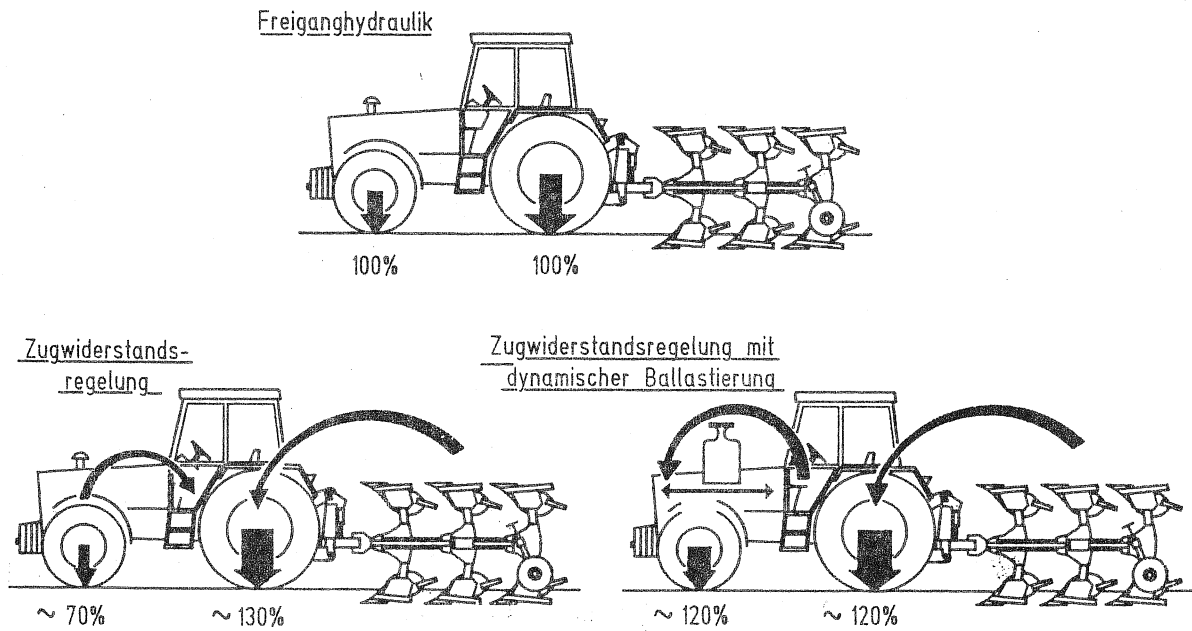


Abbildung 10: Achsbelastungen bei verschiedenen Regelungsarten des Schlepperheckkrafthebers beim Pflügen

Nur am Rande sei erwähnt, daß neben der Gewichtsverlagerung in Fahrtrichtung auch eine Verlagerung in Richtung Landrad erfolgen müßte. Nur dann können die von RENIUS ermittelten Leistungsverzweigungen bei ungünstigen Verhältnissen mit

49 %	Leistungsübertragung	durch hinteres	Furchenrad
23	"	"	Landrad
17	"	"	vorderes Furchenrad
11	"	"	Landrad

verbessert und insgesamt bei geringeren Schleppergewichten höhere Zugleistungen erbracht werden.

Auch neue Werkstoffe sind in diesem Zusammenhang anzusprechen. Leichtbau und aktive Ballastierung durch Gerätegewicht oder dynamisch beweglichen Ballast sind bei zunehmenden Motorleistungen absolute Voraussetzung für eine bodenschonende Bearbeitung.

#### 4. Neue Konzepte

In konsequenter Umsetzung der erwähnten neuen Techniken führt dies zwangsläufig zur erneuten Diskussion um neue Schlepperkonzepte. Mehrere Richtungen sind denk- und erkennbar:

#### 4.1 Veränderter Standardschlepper

Bedingt durch die aufgezeigte Entwicklung bei den Schleppergetrieben muß sich der Standardschlepper ebenfalls verändern. Dabei wird der größere Schlepper mit lastschaltbarem Getriebe noch stärker als bisher für Zug- und Zapfwellenarbeiten konzipiert werden. Bei fehlenden Möglichkeiten einer dynamischen Ballastierung führt dies zur Beibehaltung der bisherigen Leistungsgewichte.

In Erwartung der stufenlosen Getriebe eröffnet sich für die kleineren Standardschlepper die Möglichkeit eines Leichtbaues, wie es von RENIUS und KIRSTE erstmals umgesetzt wurde. Da auch bei diesem Konzept die dynamische Ballastierung nicht möglich ist, scheiden diese Schlepper zwangsläufig für die optimierte Zugleistung aus. Sie sind stärker den Pflege- und Transportarbeiten vorbehalten und können dabei mit überdimensionierten Motoren (relativ preisgünstiger Anteil an den Schlepper Gesamtkosten) und Elektronik neue Formen der Regelung erhalten (Abb. 11).

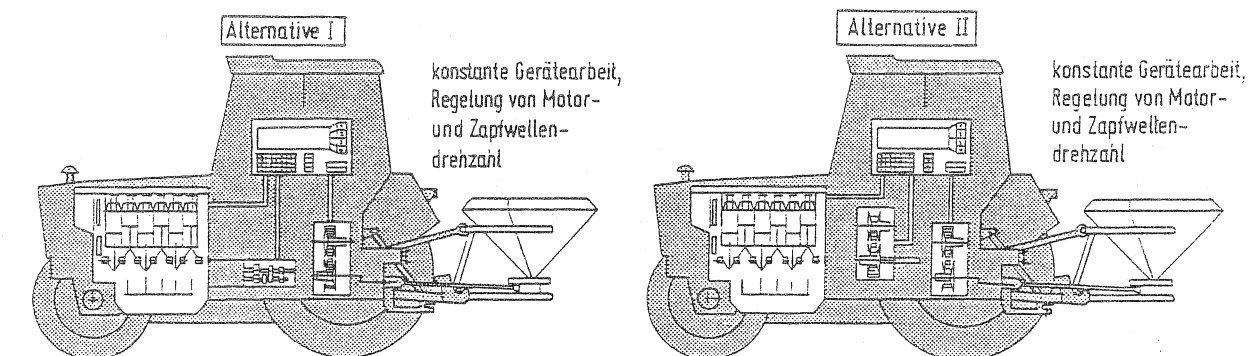


Abbildung 11: Alternativkonzepte für einen leichten Pflegeschlepper mit überdimensionierter Motorleistung

Alternative I würde über eine elektronische Motorregelung und über eine stufenlose Zapfwellenregelung in relativ träger Form eine Geräteregelung ermöglichen, bei der alle Regelvorgänge im Schlepper ablaufen.

Alternative II würde dagegen diesen Regelvorgang über einen zusätzlichen stufenlosen Fahrtrieb beschleunigen.

Beide Alternativen verlagern aber insgesamt die derzeit ausschließlich in den Geräten installierten Regelorgane in den Schlepper und stellen diese dort universell für alle Verteil- und Erntearbeiten in Verbindung mit angebauten und angehängten Maschinen und Geräten zur Verfügung.

#### 4.2 Systemschlepper

Auch bei den Systemschleppern (Trac's und Geräteträger) ist ein deutlicher Wandel zu erwarten.

Die sogenannten Trac's befinden sich derzeit durch die Zusammenfassung von Herstellung und Vertrieb der beiden Produzenten in einer Phase der Neukon-

zeption. Daneben hat das EURO-Trac-Konzept von SCHLÜTER gewisse neue Maßstäbe gesetzt. Mit der dabei erstmals möglich werdenden dynamischen Ballastierung und vier verfügbaren Arbeitsräumen wird noch stärker als bisher das System in den Vordergrund gestellt. Ein neuer Trac eines anderen Herstellers wird dadurch zwangsläufig auch an diesem Konzept gemessen werden und gleiche oder zumindestens ähnliche Leistungen erbringen müssen.

Ähnliches gilt für den Geräteträger, welcher wiederum nur von einem Hersteller produziert wird. Er eröffnet schon heute dem EURO-trac-Konzept vergleichbare Möglichkeiten und könnte deshalb seiner bisherigen Entwicklung folgend noch stärker in den Bereich der Zugschlepper mit höherer Motorleistung vorstoßen. Daß die Praxis diese Einsatzform akzeptiert, zeigt schon die Tatsache, daß derzeit der große Geräteträger mit Allradantrieb nach Typen geordnet an zweiter Stelle bei den verkauften Stückzahlen liegt. Der Landwirt schätzt demnach dieses Konzept und die damit verbundene "Freisicht".

#### 4.3 Portalschlepper

Portalschlepper treten aus zwei wesentlichen Gründen in die Diskussion um Schlepperkonzepte ein:

In schmaler Bauform haben sie mit entsprechenden Anbaumaschinen im Weinbau eine dominierende Stellung erreicht, wobei die Entwicklung sehr stark von Frankreich und Italien geprägt wurde. Einsatzgebiet im Gartenbau, im Zierpflanzen, Heil- und Gewürzpflanzenbau sind leicht vorstellbar und dürften für diese sehr leichten Fahrzeuge einen wachsenden Marktanteil erwarten lassen.

In breiter Form eröffnet der Portalschlepper im "kontrollierten Fahrspursystem" weitaus bessere Möglichkeiten als der Standard- und Systemschlepper. Die mögliche Weiterentwicklung und der denkbar mögliche Eingang in die Praxis hängt deshalb von dieser Bodenbearbeitungsform ab. Intensive Arbeiten in Großbritannien und auch in Kanada deuten auf den Stellenwert hin, den man diesem Konzept in diesen Ländern beimißt.

#### 5. Erwartungen und Ausblick

Und wie wird die weitere Entwicklung auf dem Schleppersektor verlaufen ? Zwangsläufig muß sie noch stärker als bisher aus der Sicht der Kosten betrachtet und entschieden werden (Abb. 12).

Landwirte mit geringem Einsatzumfang können Schlepper nur dann kostengünstig einsetzen, wenn diese billig zu erwerben sind. Da diese Forderung aber im Widerspruch zur fortschreitenden Technik steht, müssen diese Landwirte ihren Bedarf auf dem Gebrauchtschleppermarkt decken. Sollen deshalb diese Landwirte nicht vom technischen Fortschritt abgehängt werden, dann muß baldmöglichst eine Art Recycling "Gebrauchtschlepper veredeln", also dem neuesten Stand der Technik anpassen. Wer diese Aufgabe als erster gut und preiswert löst, hat die Nase vorn (vergleiche Zahl der Besitzumschreibungen in Abb. 2 !).



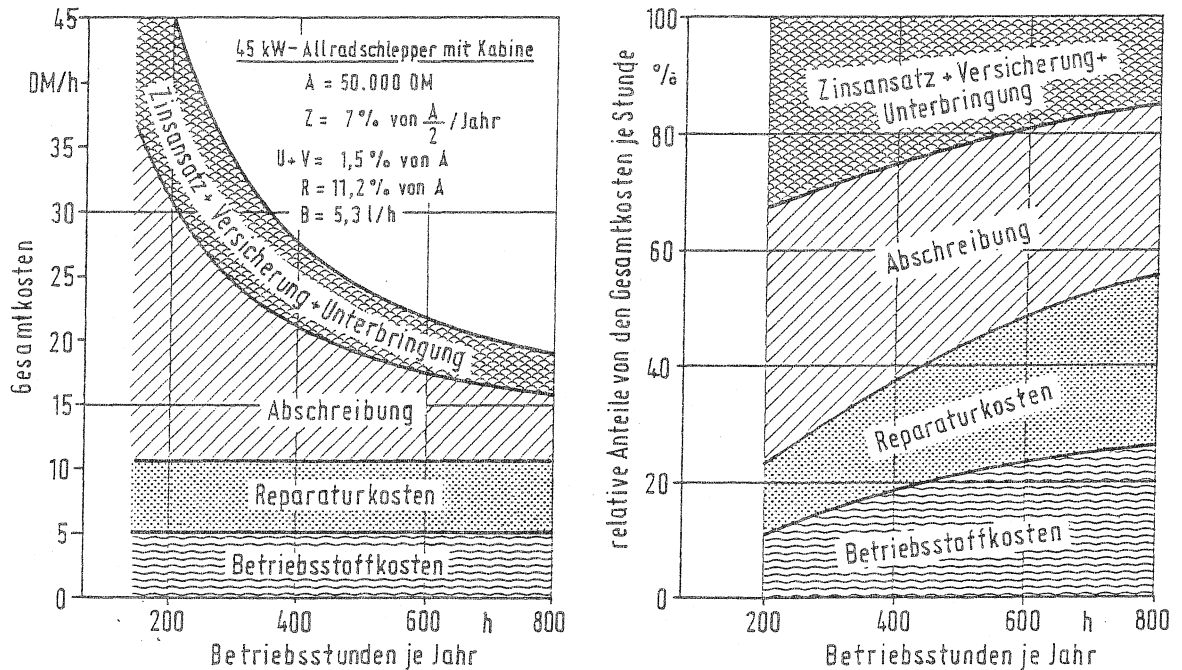


Abbildung 12: Absolute und relative Kosten einer Schlepperstunde in Abhängigkeit vom Einsatzumfang je Jahr.

Nur Landwirte mit großem Einsatzumfang können auch weiterhin neue Technik nutzen. Dafür wird sich der Markt noch stärker konzentrieren (Abb. 13 und 14).

Für die einzelnen Schlepperkonzepte ist folgende Entwicklung denkbar:

Der Standardschlepper wird auch weiterhin die dominierende Form sein. In den geschilderten zwei Baureihen eröffnet er durchaus Möglichkeiten eines kostengünstigen und bodenschonenden Einsatzes. Allerdings wird er der große Verlierer am Markt sein, denn alle neuen Schlepperkonzepte und alle selbstfahrenden Maschinen nehmen ihm Einsatzmöglichkeiten ab.

Der Systemschlepper (Freisichtschlepper) wird einen wachsenden Marktanteil einnehmen. Vor allem der dabei zu realisierende höhere Komfort, die bessere Anpassung an die einzelnen Arbeiten und die einfacheren Kombinationsmöglichkeiten sind als Hauptgründe für diese Prognose zu nennen.

Der Portalschlepper stellt eine neue, derzeit noch schwierig zu beurteilende Alternative dar. Er wiederum dürfte vor allem den Systemschleppern Konkurrenz bieten, wobei durchaus für Betriebe mit derartigen Schleppern eine Kombination aus Portalschlepper und mit schweren Zugschleppern mit Gummilaufwerken denkbar erscheint. Auch die Kombination Portalschlepper und Spezialkonzept (HORSCH, STEYR u.a.) könnte eine Alternative darstellen.

Generell aber wird sich in Zukunft der Trend zur überbetrieblichen, schlagkräftigen selbstfahrenden Maschine verstärken und damit allen Schlepperkonzepten Marktanteile abnehmen. Nach dem Mähdrescher und dem Feldhäcksler vollzieht sich diese Entwicklung derzeit in der Hachfrückternte. In Abhängigkeit von der Brisanz der Umweltbelastung könnte sie sich sehr rasch auf die Verteilarbeiten fortsetzen, sodaß für den Schlepper dann ohnehin nur noch vier wesentliche Einsatzgebiete blieben, nämlich

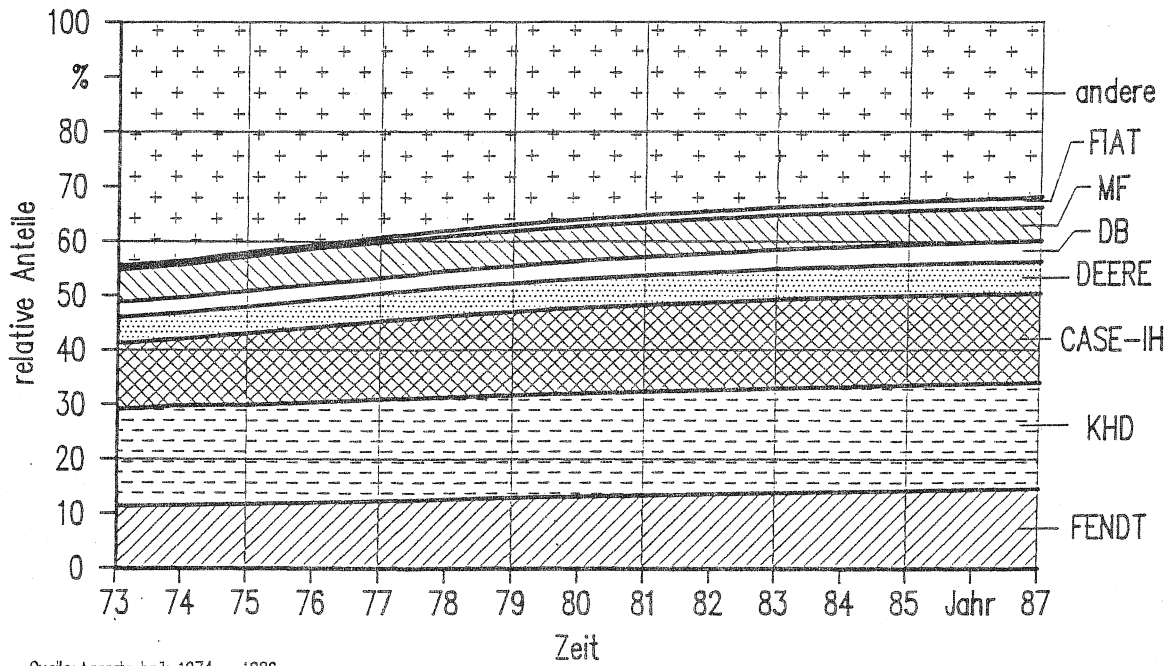


Abbildung 13: Relative Anteile der bedeutendsten Schlepperfabrikate am Gesamtschlepperbestand der BR-Deutschland ab 1973

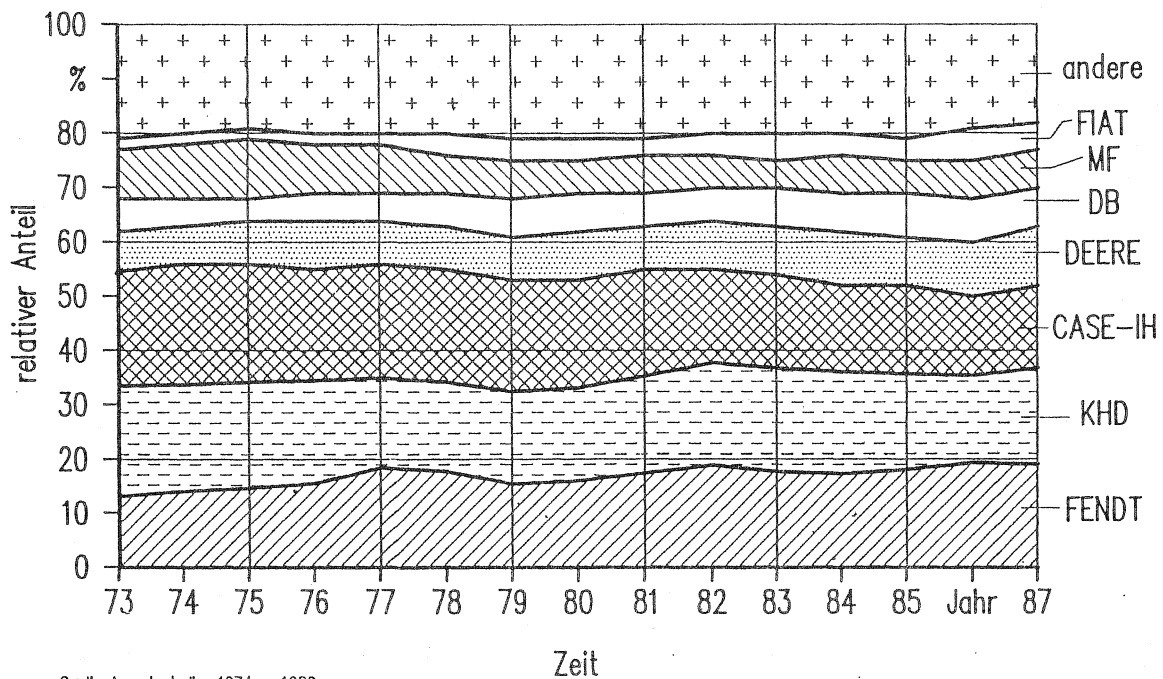


Abbildung 14: Relative Anteile der bedeutendsten Schlepperfabrikate an den Neuzulassungen der BR-Deutschland ab 1973

die Bodenbearbeitung (Pflug, Grubber, Fräse),  
der Transport,  
die Hackarbeiten und  
die Hofarbeiten.

Aber auch für diese Arbeiten stehen derzeit schon sehr leistungsfähige selbstfahrende Maschinen zur Verfügung, so daß eine Rückkehr zum Ausgang der Schlepperentwicklung durchaus als nicht mehr utopisch erscheinen mag.

## 6. Literatur

- Auernhammer, H.: Einsatz und Leistung größerer Ackerschlepper  
- derzeitiger Stand und Ausblick -  
b) Auslastung und Gerätezuordnung.  
Landtechnik von morgen, Schlüterwerke Freising 1983
- Auernhammer, H.: Spezial- oder Universalschlepper, das ist die Frage -  
10 Thesen zum Traktor der Zukunft.  
dlz 39 (1988), H. 10, S. 1470 - 1477
- Kirste, T.:           Forschungstraktor "Leiser Kleinschlepper"  
Kurzfassungen der Vorträge bei der VDI-Tagung "Landtechnik  
86" Ulm 1988, S. 5 - 7
- Renius, K. T.:       Traktoren. München: BLV-Verlag 1985
- Schön, H., G. Olfe und G. Jahns:  
Bordcomputer im Traktor spart Energie und entlastet den  
Fahrer. dlz 36 (1985), H. 5, S. 724 - 728
- Söhne, W.:           Schlepper noch leistungsstärker.  
DLG-Mitteilungen 1979, H. 21, S. 1184
- Söhne, W. und M. Steiner:  
Leistungsentwicklung der Ackerschlepper in der BR-Deutsch-  
land. Landtechnik 32 (1977), S. 141 - 145
- Wenner, H.-L.:       Einsatz und Leistung größerer Ackerschlepper - derzeitiger  
Stand und Ausblick -  
a) Schlepperleistung in Abhängigkeit von Betriebsgröße und  
Betriebstyp.  
Landtechnik von morgen, Schlüterwerke Freising 1983
- Wenner, H.-L.:       Konsequenzen geänderter landwirtschaftlicher Produktionsbe-  
dingungen für die Landtechnik.  
LAV Frankfurt, Sonderdruck Tagung Baden-Baden, 10. V. 1980
- Wenner, H.-L., H. Auernhammer und G. Wendl:  
Leistungssteigerung beim Geräteeinsatz.  
Landtechnik von morgen, Schlüterwerke Freising 1979
- Wenner, H.-L. und G. Wendl:  
Betriebsspezialisierung und Schlepperanpassung.  
Kurzfassungen der Vorträge bei der VDI-Tagung "Landtechnik  
86" Ulm        1986, S. 9 - 12



# Einsatzmöglichkeiten von Sensorsystemen in der Pflanzenproduktion

Dr. H. Stanzel

Sensoren stellen die Verbindung zwischen Umwelt und dem System her, in dem ein Prozeß abläuft und eine Produktion stattfindet. Sie liefern die grundlegenden Informationen, die für die Funktion sowohl der Pflanzen als auch der Arbeitsmaschinen nötig sind. Sensoren für den ersten Bereich sind chemischer Natur, Sensoren für die Arbeitsgeräte jedoch meist physikalischer Art.

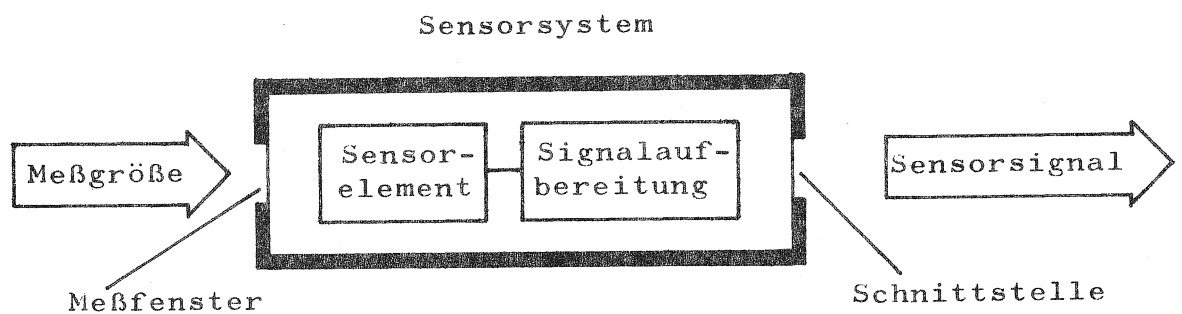


Abbildung 1: Begriffe

Die Meßgröße in- oder außerhalb der Pflanze, des Bodens oder der Maschine wirkt auf das Sensorelement, das vom Signalverarbeitungsbaustein so konditioniert wird, daß aus diesem Sensorsystem ein Sensorsignal kommt, das der Eingangsgröße proportional ist. Ein oder mehrere solcher Signale dienen in Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungsanlagen als Führungsgrößen.

Das vielgestaltige Gebiet der elektronischen Sensoren befindet sich in einer stürmischen Entwicklung, da mit der Einführung der Elektronik in allen Lebensbereichen der Bedarf sprunghaft ansteigt. Ein Trend geht dabei in Richtung billiger Massensensoren für den Konsumgüterbereich (Kfz, Haushalt, Heizung, Klima, Lüftung), an dem auch die Landmaschinenindustrie teilhaben kann. Ein anderer Weg geht in der industriellen Meßtechnik zu immer hochwertigeren Sensoren mit großer Zuverlässigkeit und zahlreichen Zusatzfunktionen wie Selbstüberwachung und automatischer Nachkalibrierung mit Hilfe von integrierten Mikrorechnern. Der dabei notwendige technische Aufwand führt aber vielfach zu Preisen, die für landwirtschaftliche Anwendungen inakzeptabel sind.

Aufgaben der Sensorsysteme in der Pflanzenproduktion sind:

1. der Bereich der Erfassung von Zustangsgrößen, deren Kenntnis für alle betrieblichen Entscheidungen und Eingriffe nötig ist;
2. der Bereich der Kontrolle der Arbeitsabläufe und der Steuerung und Regelung von Traktoren und Arbeitsmaschinen.

### Erfassung von Informationen für die Bestandsführung

Es gilt zunächst den Boden als Produktionsfaktor aktuell zu erkennen und zu beschreiben. Sensoren für diesen Bereich gibt es nur wenig, weil sich die relevanten Größen, wie z.B. Krumentiefe, Luft- und Wasserporenvolumen, Porengrößenverteilung, Nährstoffgehalte u.a. einer direkten Messung verschließen.

Hier ist die Probennahme und nachfolgende Laboruntersuchung angebracht, zu der unser Haus mit einem gut mechanisierten Bodenprober einen Beitrag geleistet hat. Damit lassen sich schnell und in großer Zahl repräsentative Bodenproben gewinnen, deren Untersuchung wichtige Daten für die Schlagkartei liefert. Eine Besonderheit an dieser Maschine ist der Probenmischer, der bei hoher Einstichzahl pro Hektar den Probenumfang drastisch reduziert.

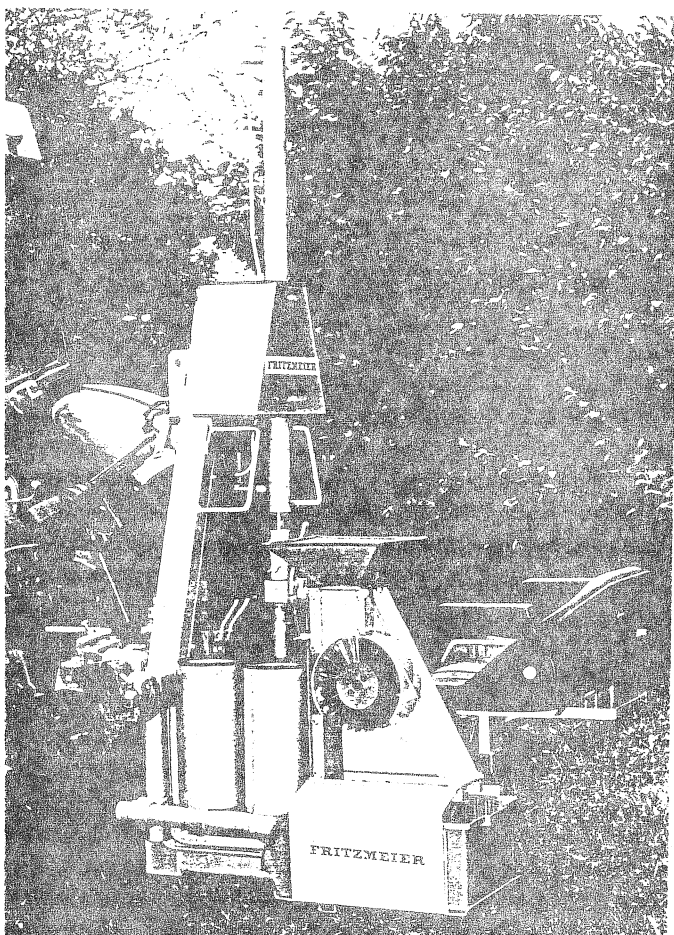


Abbildung 2: Bodenprobentnahmesystem

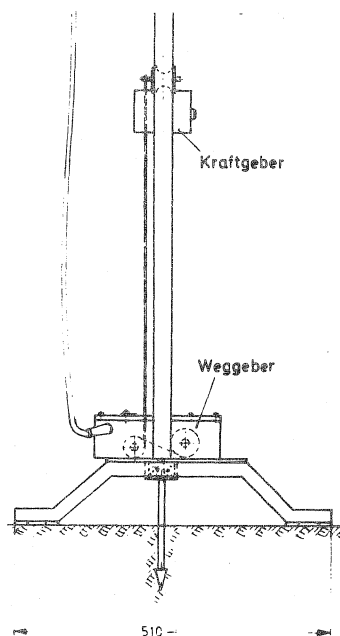


Abbildung 3: Penetrometer für Verdichtungsmessung

Eine weitere Ergänzung stellt ein Penetrometer dar: ein Sensorsystem für die Erfassung von Verdichtungszone, insbesondere im Pflugsohlenbereich. Es besteht aus einem Kegel, der mit einer Schubstange in den Boden gestoßen wird. Während des Eindringens in den Boden mißt ein Kraftsensor die Gegenkraft und ein Wegsensor die erreichte Tiefe. Diese beiden Sensorsignale werden in einem Rechner bewertet und gespeichert. Am Schlagende werden die Meßwerte zusammengefaßt zu einem Bericht über Tiefenlage und Mächtigkeit der Verdichtungshorizonte in einer Tiefe bis 60 cm.

Über den Bodenzustand hinaus braucht der Landwirt aber weitere Informationen über die Standortverhältnisse in seinen Kulturen. Wichtigste Meßgrößen sind dabei die meteorologischen, wie Luft- und Bodentemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchte, Globalstrahlung und Niederschlag. Will man sich die mühselige Ablesung und Aufzeichnung von Thermometern, Haarhygrometern und Regensammlern ersparen, dann kann man zu elektronischen Wetterstationen mit vollautomatischer Registrierung greifen, die seit einigen Jahren auf dem Markt sind. Diese Anlagen gehen in der Zielsetzung deutlich über das hinaus, was meteorologische Dienste geben wollen und sind deshalb spezifisch für landwirtschaftliche Anforderungen ausgelegt.

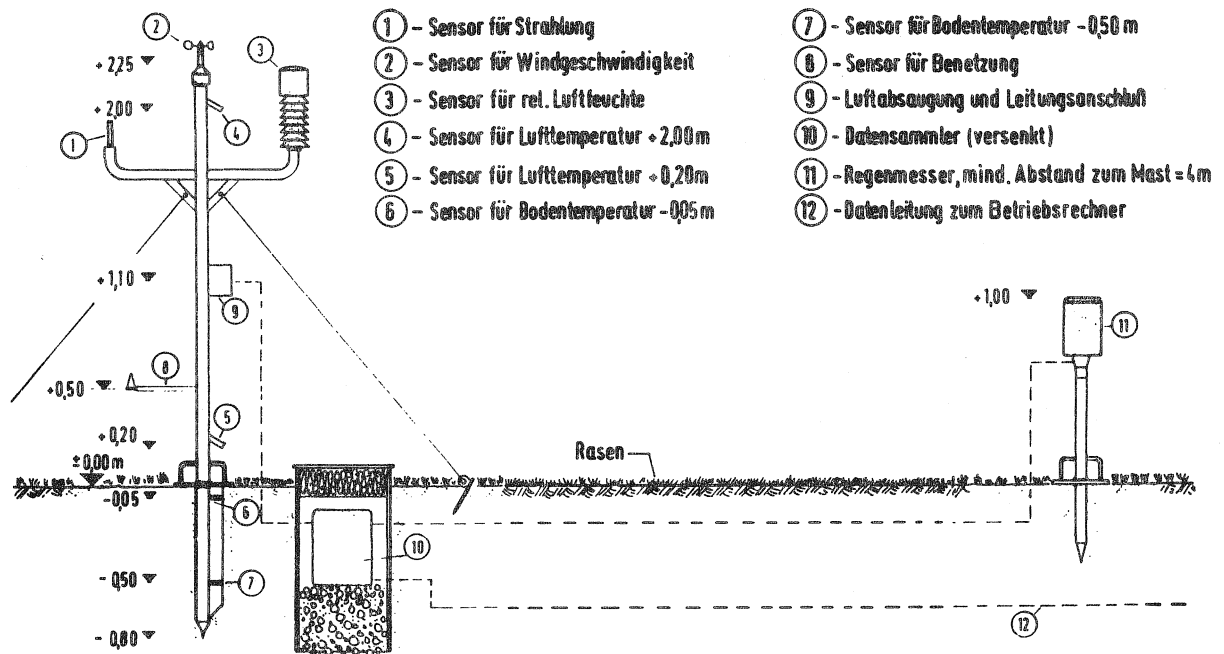


Abbildung 4: Elektronische Wetterstation für den landwirtschaftlichen Betrieb

Zur Temperaturmessung dienen winzige temperaturempfindliche Widerstände, die nach der Signalverarbeitung ein temperaturproportionales Spannungssignal abgeben. Bedingung für eine korrekte Messung ist der Einbau dieser Sensoren in robuste, vor Strahlung schützende Gehäuse, die im Falle der Lufttemperatur sogar ventiliert sein müssen. Für die Bodentemperatur ist der sorgfältige Einbau in eine ungestörte Bodenschicht erforderlich.

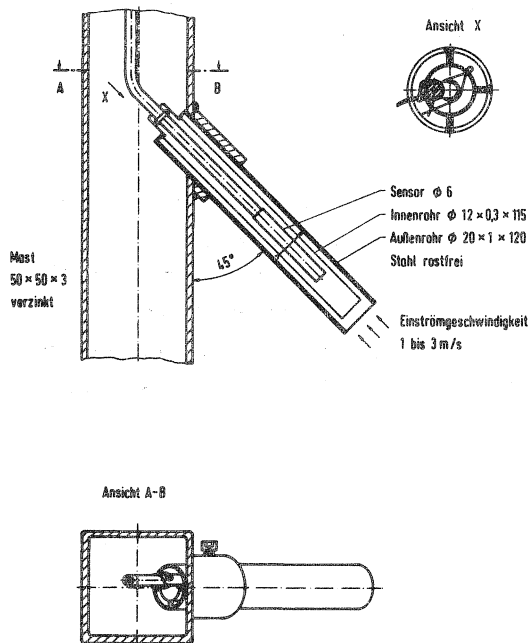


Abbildung 5: Lufttemperatur-Meßstelle

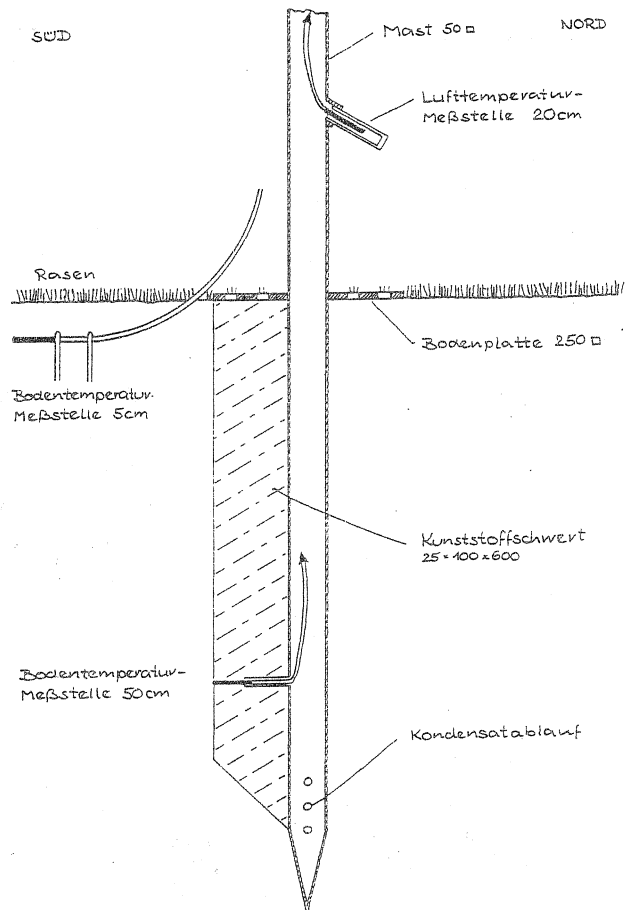


Abbildung 6: Bodentemperatur-Meßstellen

Die elektrische Luftfeuchtemessung geschieht heute nicht mehr mit dem Haarhygrometer, dessen Längenänderung ein Maß für die relative Feuchte der Umgebungsluft ist, sondern mit kapazitiven Feuchtesensoren. Hier ist das Sensorelement ein Plattenkondensator, dessen Dielektrikum - also das Medium zwischen den Platten - seine elektrischen Eigenschaften mit der relativen Luftfeuchte ändert. Dieses Sensorsystem erfordert immer eine aufwendige Signalverarbeitung mit einer hochfrequenten Wechselspannung zur Speisung des Kondensators und einem Temperatursensor zur Kompensation von Temperatureffekten.

Eine spezifisch landwirtschaftliche Komponente ist der Benetzungsmesser, der die Zeitspannen mit Blattnässe melden soll; eine Information, die für den Pflanzenschutz bedeutsam ist. Das Sensorelement ist eine Kunststoff- oder

Keramikfläche, die der Beregnung und Betauung ausgesetzt wird wie ein Pflanzenblatt. Wasserfilme, die sich hier über kurze oder lange Zeitspannen einstellen, können mit Platinelektroden oder auch kapazitiv festgestellt werden, wozu eine Signalverarbeitungsstufe dient, ähnlich der beim Luftfeuchtesensor.



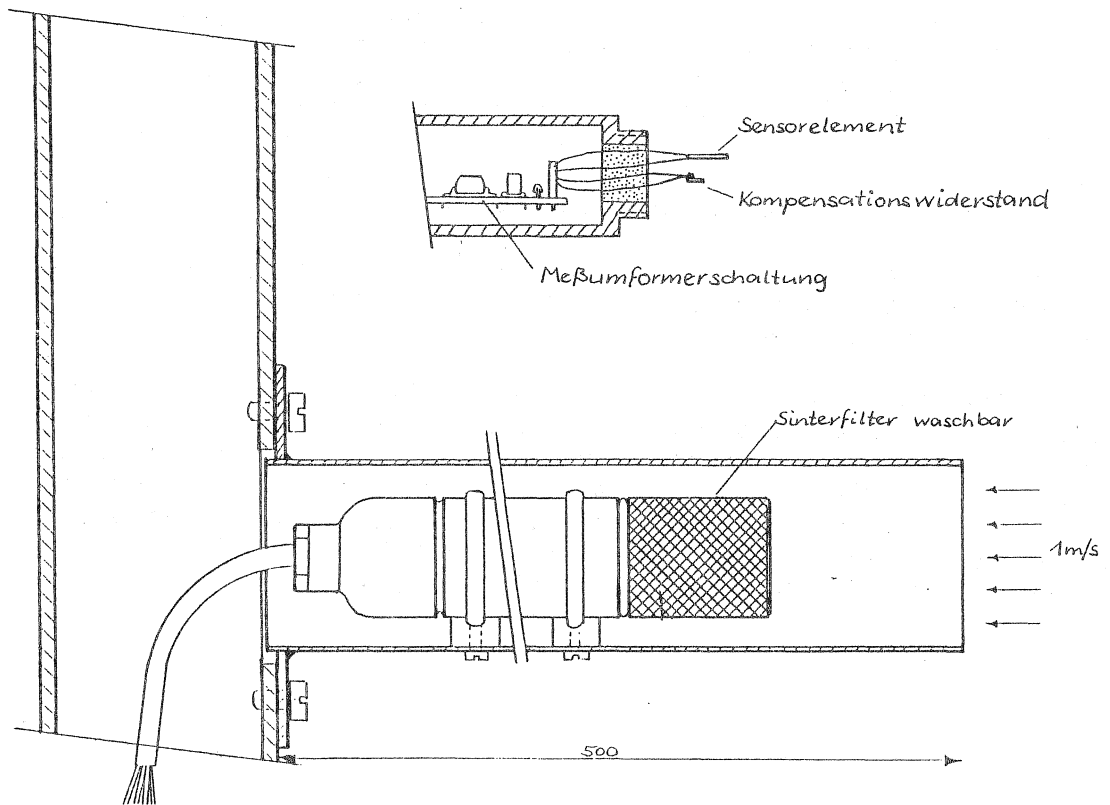


Abbildung 7: Kapazitives Sensorsystem für die Messung der Luftfeuchte

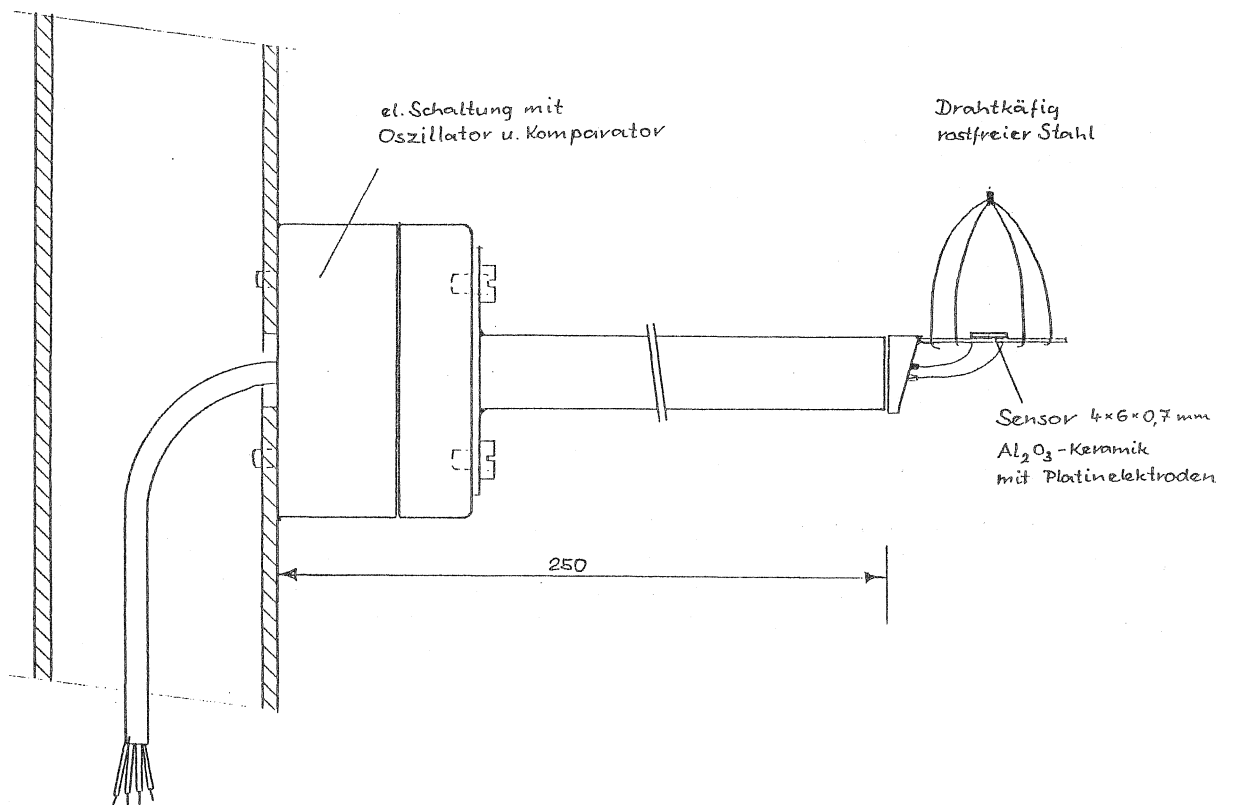


Abbildung 8: Sensorsystem für Benetzungsmessung

Die für Photosynthese und Energiehaushalt von Boden und Pflanze wichtigste Größe ist die Sonnenstrahlung, die man in Form der Gesamtstrahlung von Sonne und Himmel mißt. Sensorelement ist ein schwarzer Körper, in dem die absorptionsbedingte Temperaturerhöhung mit Thermoelementen gemessen wird. Wichtig ist dabei der Einbau in aufwendige Schutzgehäuse, die Störgrößen wie Wind und Niederschlag fernhalten. Durch Verwendung von Filtergläsern läßt sich auch der fotosynthetisch wirksame Teil der Gesamtstrahlung allein messen, was für pflanzenbauliche Spezialfragen gelegentlich von Bedeutung ist.

Ergänzt wird die meteorologische Meßstation noch um ein Schalenanemometer in 2,5 m Höhe, das über einen Tachogenerator ein Sensorsignal erzeugt analog zu dem Geschwindigkeitsverlauf.

Eine besondere Meßgröße mit vielschichtigen Wirkungen ist der Niederschlag. Er läßt sich in den klassischen Sammelgefäßen nach HELLMANN auch kontinuierlich elektrisch messen, wenn dort Wippen oder Tropfer als Sensorsysteme installiert sind. Hierbei wird das Niederschlagswasser in gleichen Quanten von 1 ml bzw. 1 Tropfen gesammelt und diese Quanten über Impulsgeber elektrisch gezählt. Im Registriergerät stehen dann Informationen über die Mengen, die Intensität und die Zeitspannen der Niederschläge.

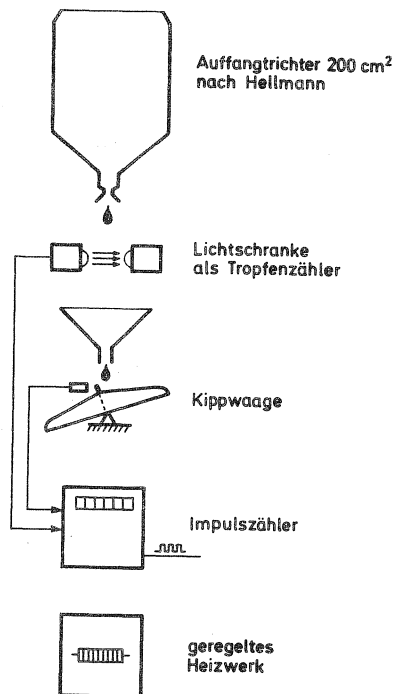


Abbildung 9: Automatischer Niederschlagsmesser nach JOSS-TOGNINI

Mit der geschilderten meteorologischen Station auf dem landwirtschaftlichen Betrieb steht ein umfassendes Informationssystem über die Verhältnisse im Feld zur Verfügung, das eine Fülle von Verbesserungen bei der Bestandsführung bringt, auf die im folgenden Beitrag eingegangen wird.

## Sensoren für die Kontrolle von Arbeitsverfahren und Maschinen

Hier sind die Anwendungsmöglichkeiten für Sensoren unendlich groß, so daß es besonders notwendig ist, Nutzen und Kosten kritisch abzuwägen. Das fällt zunächst noch leicht bei Überwachungseinrichtungen, deren elektrische Sensoren nur Zustände ermitteln müssen. Sensorsysteme für Stellung, Drehzahl, Bewegungen, Ströme u.a. sind sehr billig und können in allen Arbeitsverfahren den betriebssicheren Verlauf gewährleisten. Zusammen mit elektrischen und hydraulischen Steuerungen tragen sie wesentlich zur Schlagkraft und Arbeitserleichterung bei. Typische Sensorelemente sind Berührungsschalter, magnetbetätigte Reedkontakte und Hallelemente, kapazitive und induktive Schalter, Thermostate, die in angepaßter Verpackung zum problemlosen Einsatz kommen. Seit langem bekannt sind die vielfältigen Steuer-, Überwachungs- und Überlastsicherungen an Traktoren und selbstfahrenden Arbeitsmaschinen.

Neuestes Beispiel ist eine verbesserte Pflanzenschutzspritze, die mit umfangreichen Steuer- und Regeleinrichtungen sowohl die Qualität der Pflanzenschutzmittelapplikation verbessert als auch die neueren Forderungen nach Sicherheit für Fahrer und Umwelt berücksichtigt.

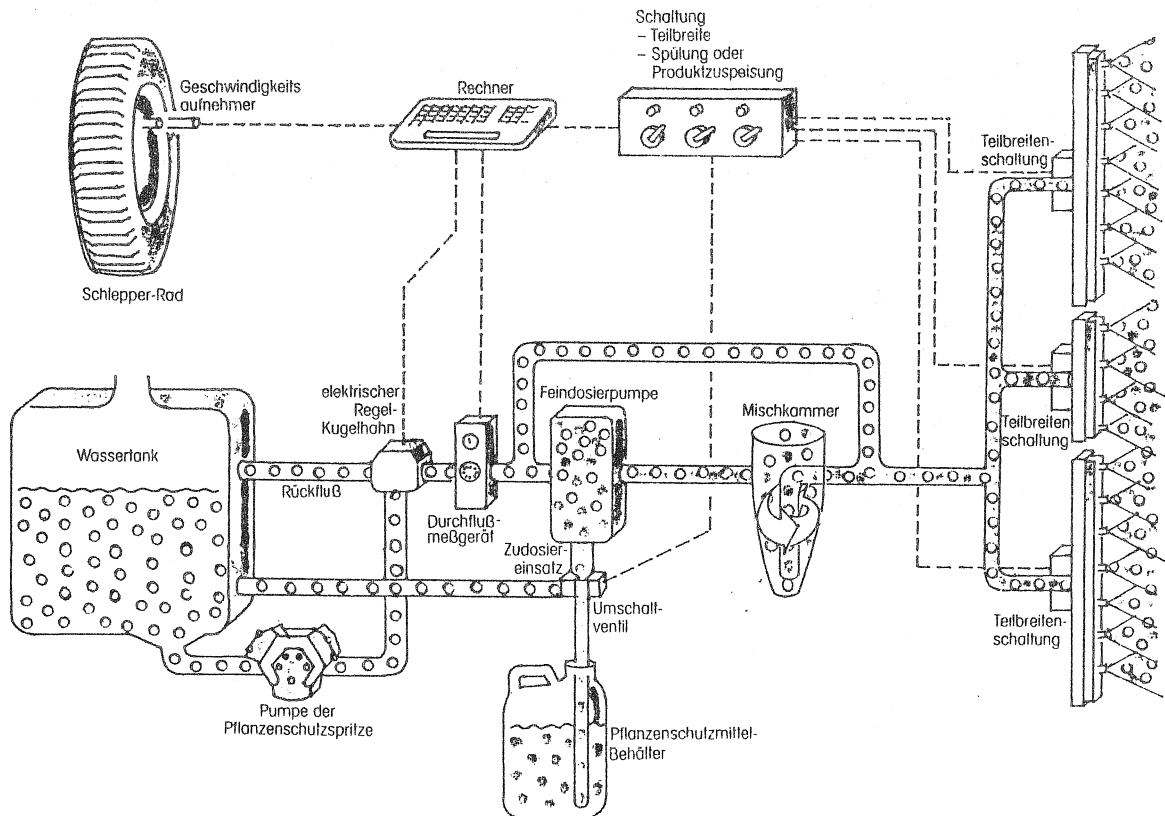


Abbildung 10: Pflanzenschutzspritze mit Direkteinspeisung und Computersteuerung (Werkbild CIBA-GEIGY)

Prinzip ist die Direkteinspeisung von ein bis vier Pflanzenschutzmitteln in den Wasserstrom kurz vor den Spritzdüsen mit Hilfe einer Dosierpumpe, die durchflußproportional arbeitet. Ein Geschwindigkeitssensor mißt die effektive Fahrgeschwindigkeit und gibt die Führungsgröße vor, nach der der Durchfluß mit einem Kugelhahn geregelt wird. Den Vorgang überwacht ein Durchflußmeßgerät, das den Computer informiert. Weitere Strömungssensoren sind in die Saugleitungen eingefügt, womit auch der Dosiervorgang überwacht ist. Der

Betrieb der Spritze erfolgt weitgehend über die Spritzcomputertastatur: Dosierung, Teilbreitenschaltung, Spritzmittelwechsel für Randstreifen und Unkrautnester und sogar die Spülung und Restmittelausbringung, die in 15 s erledigt ist. Das Kontaminationsrisiko für den Anwender und die Umgebung wird damit entscheidend vermindert. Ähnliche Konzepte, die auf die verschärften Umweltschutzauflagen zurückzuführen sind, werden auch bei der Gülleausbringung verfolgt.

Wie bei dieser anspruchsvollen Dosierungsaufgabe sind auch bei vielen anderen Regelproblemen die Fahrgeschwindigkeit und der zurückgelegte Weg wichtige Führungsgrößen. Um diese in den Griff zu bekommen, ist zunächst die Kenntnis der Effektivgeschwindigkeit nötig, die sich aus Raddrehzahlen nur sehr fehlerhaft ableiten läßt. Das ergibt sich einmal aus den schwankenden Abrollradien als Funktion von Radlasten, Reifendrücken, Spurtiefen, aber auch aus dem großen Schlupfbereich, mit dem alle Räder auf dem Feld abrollen. Der berührungslosen Messung der wahren Fahrgeschwindigkeit kommt deshalb fundamentale Bedeutung zu.

Hier haben sich mittlerweile Radargeschwindigkeitssensoren bewährt, die den Dopplereffekt verwenden. Dabei sendet ein Mikrowellenstrahler kontinuierlich eine Strahlung aus, die im konstanten Winkel auf den Fahrgrund trifft; ein Teil wird an der Erdoberfläche reflektiert und gelangt zur Antenne zurück. Wenn der Sensor über Grund steht, dann stimmt die Sendefrequenz mit der Empfangsfrequenz überein. Bewegt sich der Sensor jedoch in gerader Richtung, dann ergibt sich nach dem Dopplerprinzip eine Frequenzverschiebung, die der Fahrgeschwindigkeit proportional ist. Diese Frequenz ist ein Maß für die Geschwindigkeit und jede Periode entspricht einem Stück Weg von z.B. 1 cm.

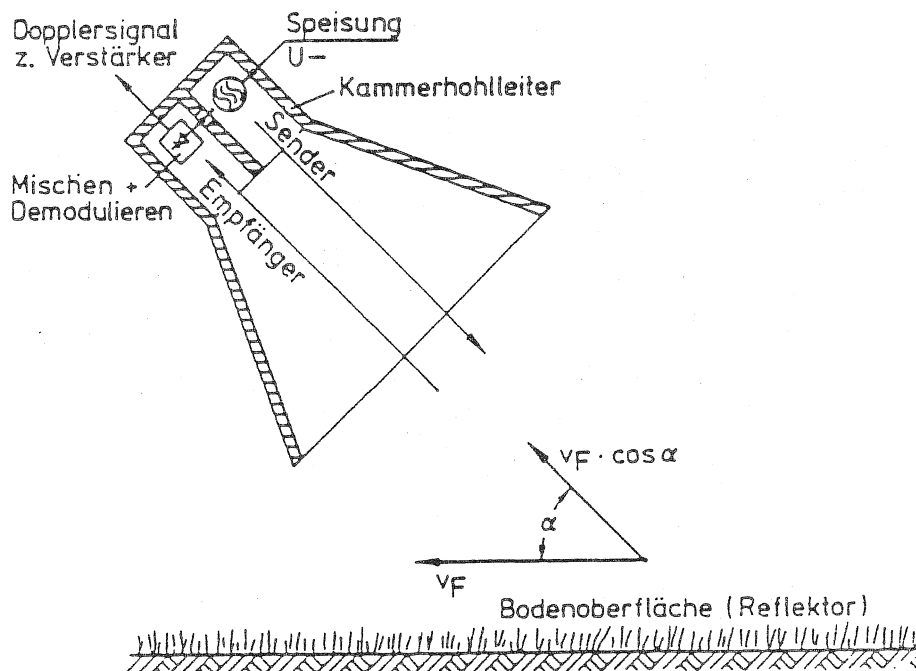


Abbildung 11: Radar-Sensorsystem zur Geschwindigkeitsmessung (FICHTEL et al.)

Radarsensoren gibt es zwar seit 10 Jahren auf dem Markt, sie werden jedoch von Praxis und Wissenschaft immer noch als unzuverlässig hingestellt. Typische Schwächen waren Fehlanzeigen bei Stillstand, Signalausfälle bei glatten Straßen und Wasserpfützen und riesige Fehler beim Fahren über Pflanzenbestän-

den, wo das Radarecho an bewegten Flächen entsteht. Nach unseren Beobachtungen sind viele dieser Mängel bei den neuesten Geräteversionen nicht mehr anzutreffen. Die Empfindlichkeit gegenüber bewegten Echoflächen bleibt jedoch und läßt sich nur durch optimale Anbringung am Fahrzeug ausschalten. Unser Haus hat sich deshalb in der letzten Zeit mit der Plazierung beschäftigt und ist dabei zu einer sehr tiefen Stellung zwischen den Rädern der rechten Traktorseite gekommen (40 bis 60 cm über Grund, Anstellwinkel 45 bis 70 ° nach hinten). Hier ist noch die größte Gewähr gegeben, daß der Sendestrahl auf den festen Grund der Radspur trifft.

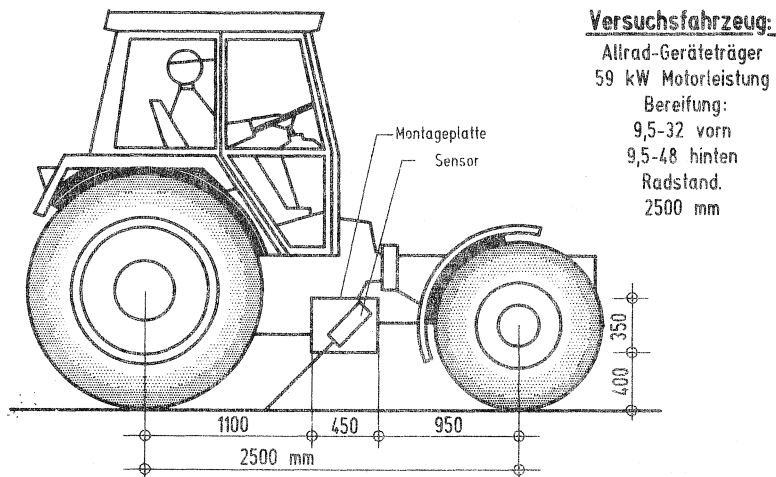


Abbildung 12: Anbauort für diverse Geschwindigkeitssensoren zur Messung in der Radspur (nach AUERNHAMMER, DEMMEL)

Ein Vergleich von zwei Radargeräten und zwei Ultraschallgeräten zeigt die Tabelle, die alle Messungen auf fünf verschiedenen Untergründen wiedergibt. Wesentlich ist, daß mit diesen Sensoren Fehler unter 5 % sicher erreichbar sind, was die Überlegenheit gegenüber allen schlupfbehafteten Geschwindigkeitssensoren bedeutet.

Untergrund/ Bestand Geschwindigkeit	Wiederholungen je Sensor	Mittlere Impulsrate und relativer Fehler <sup>x)</sup>							
		Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3		Sensor 4	
		m <sup>-1</sup>	%	m <sup>-1</sup>	%	m <sup>-1</sup>	%	m <sup>-1</sup>	%
Asphalt, trocken ~1,7ms <sup>-1</sup> , ~2,5ms <sup>-1</sup> , ~3,5ms <sup>-1</sup>	24	Keine Funktion	Keine Funktion	116,0	± 2,2	108,1	± 1,6	123,7	± 1,1
Kleegrass, kurz ~1,7ms <sup>-1</sup> , ~2,5ms <sup>-1</sup>	16	126,0	± 2,0	117,9	± 1,2	107,1	± 1,0	124,7	± 2,0
Kartoffeln ~1,7ms <sup>-1</sup> , ~2,7ms <sup>-1</sup>	16	125,9	± 4,7	118,2	± 2,2	108,6	± 1,8	125,2	± 2,2
Getreidestoppeln ~0,7ms <sup>-1</sup> , ~1,7ms <sup>-1</sup> , ~2,7ms <sup>-1</sup>	30	126,2	± 2,9	116,4	± 1,9	106,1	± 1,6	123,8	± 2,3
Winterweizen stehend ~1,1ms <sup>-1</sup> , ~1,7ms <sup>-1</sup> , ~2,5ms <sup>-1</sup> , ~3,4ms <sup>-1</sup>	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

<sup>x)</sup>Spannweite der relativen Fehler =  $\pm \frac{\text{Vertrauensbereich (p=95\%)} \text{ aller Messwerte} - \text{Mittelwert}}{\text{Mittelwert}}$

Abbildung 13: Meßergebnisse von 4 Sensoren auf unterschiedlichen Fahrgründen (nach AUERNHAMMER, DEMMEL)

Größeren Eingang haben diese Sensorsysteme bereits bei großen Traktoren zur Schlupfregelung bei der Pflugarbeit gefunden und - wie schon erwähnt - bei größeren Pflanzenschutzspritzen, die mit Computern arbeiten.

Bei der Schlupfregelung über die Hubwerkssteuerung wird die gemessene Fahrgeschwindigkeit mit der theoretischen Fahrgeschwindigkeit verglichen, die Sensoren am Tellerrad der hintere Traktorachse melden. Aus der Differenz dieser Geschwindigkeiten ergibt sich der Schlupf. Wenn der Schlupf kleiner ist als ein vorgegebener Sollwert, dann arbeitet das System wie eine Zugkraftregelung. Nur wenn der Schlupf den Sollwert überschreitet, wird Zugkraft automatisch zurückgenommen. Die Steuerung dieser Regelkreise übernimmt, wie bei den Pflanzenschutzspritzen, ein Bordcomputer.

### Sensorsysteme für die Kraftmessung und Gewichtsbestimmung

Eine andere Überwachungsaufgabe in der Außenwirtschaft läßt sich ebenfalls auf den Traktor übertragen, das ist die Gewichtsermittlung von Betriebsstoffen bei der Ausbringung z.B. Saatgut und Mineraldünger. Hier liegt ein totales Defizit an Kenntnis der ausgebrachten Mengen für Teilschläge und kurze Behandlungen vor.

Die Betriebsstoffe werden vorwiegend mit Maschinen ausgebracht, die im Dreipunktkraftheber hängen (Sämaschine und Schleuderstreuer). Hier können Wiegesysteme, die in den Traktor integriert sind, beliebige Zwischenwägungen vor Ort durchführen, die zusammen mit anderen Größen im Bordcomputer für die spätere Auswertung aufgezeichnet werden. Drei Sensorsysteme bieten sich für diese Aufgabe an:

1. der Wiegerahmen, der zwischen Traktor und Anbaugerät montiert wird und den Schwerpunkt um etwa 30 cm nach hinten verlagert;
2. die mechanische Kraftmessung im Krafthebergestänge (Hubarm);
3. die hydraulische Druckmessung im Krafthebersystem.

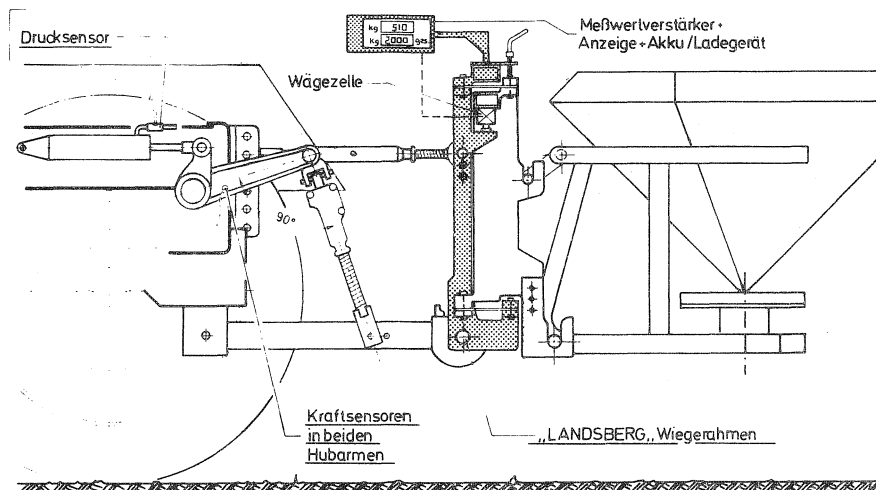


Abbildung 14: Wiegesysteme zur Gewichtsermittlung am Kraftheber (nach AUERNHAMMER, DEMMEL)

Das Prinzip dieser drei Alternativen ist ähnlich. Immer wird mit der zu messenden Kraft ein sehr kleines Federelement beaufschlagt, das ein elektrisches Analogsignal erzeugt. In der Signalverarbeitung wird die Hilfsenergie für das Sensorelement gebildet und das Signal verstärkt, für die Übernahme in den Bordcomputer ist noch eine Digitalisierungsstufe erforderlich.

An Prototypen hat unser Haus versucht, die Handhabung und die metrologischen Eigenschaften zu evaluieren. Die Erprobung der beiden kompakten Systeme in 21 verschiedenen Traktoren zeigt einmal die Möglichkeit zur Nachrüstung auf, zum anderen, daß die Wiegefehler sich in engen Grenzen halten.

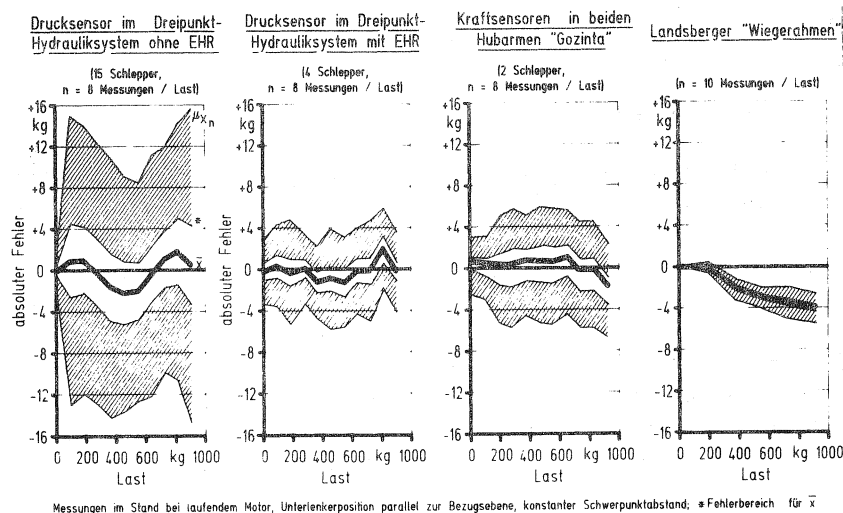


Abbildung 15: Mittelwert- und Vertrauensbereiche der Fehler bei der Gewichtsermittlung an 21 Traktoren (nach AUERNHAMMER, DEMMEL)

Alle drei Systeme wurden auch in der Praxis mit einem 63 kW-Traktor bei der Ausbringung von 41 t Mineraldünger mit dem Schleuderstreuer erprobt. Der Wiegerahmen brachte die besten Ergebnisse mit Fehlern unter 1 %, das Sensorsystem mit den Kraftsensoren in den beiden Hubarmen blieb unter 2 % und der Drucksensor in der Hydraulikleitung zum Kraftheber blieb unter 5 %. Der Praxisversuch zeigt, daß diese schnelle, ortsungebundene Wiegemethode bisher unmögliche innerbetriebliche Kontrollen mit guter Genauigkeit eröffnet. Zusammen mit der Radarwegmessung kann der Bordcomputer nämlich die Dosierung aus Teilflächen, bei Berg- und Talfahrt und unterschiedlichen Schlupfbedingungen registrieren und damit den tatsächlichen Saatgutaufwand oder Nährstoffeintrag aufzeichnen. Genaue Zuteilung und Erkennung von Störungen werden damit erleichtert.

Speziell die genannten Kraftsensoren sind geeignet, auch an anderen Stellen im Traktor und der Arbeitsmaschine Kräfte zu messen, die für Steuer- und Regelzwecke benötigt werden. Zu denken ist dabei an die Reifenfüllsteuerung, wenn man den Reifendruck automatisch an die jeweiligen Forderungen bei Acker-, Vorgewende- und Straßenfahrt anpassen wird.

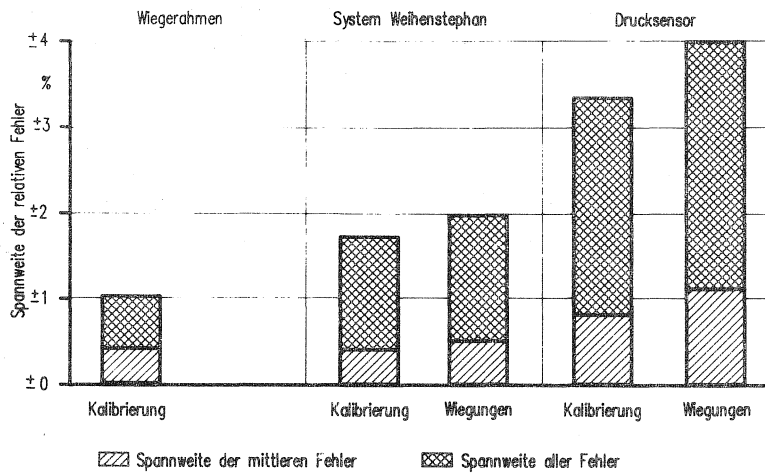


Abbildung 16: Fehler von 3 Wiegesystemen beim Einsatz mit dem Mineraldüngerstreuer (nach AUERNHAMMER, DEMMEL)

Solche Entwicklungen brauchen aber Zeit und gründliche Erprobung. Da die Landwirtschaft bei den derzeitigen Randbedingungen gezwungen ist, mit minimalen Kosten zu produzieren, muß sich die Betriebstechnik mit Sensoren zufrieden geben, die dem Konsumgüterbereich entstammen und deshalb preiswert den spezifischen Betriebsbedingungen angepaßt werden können. Die Landmaschinenteknik kann dabei auf das Geschehen bei den Sensoren für PKW und Nutzfahrzeuge zurückgreifen. In diesen Industriezweigen vollzieht sich heute die Entwicklung am intensivsten, weil hier für den Sensorentwickler verlockend hohe Stückzahlen winken. Andererseits ist das Anforderungsprofil hinsichtlich Genauigkeit, Robustheit und Preis mit dem der Landmaschine vergleichbar.

Gute Sensorsysteme brauchen auch eine erhebliche Reifezeit von etwa zehn Jahren von der Prototypenherstellung bis zur breiten Marktakzeptanz. Beispiele sind das EHR-System, aber auch die Radargeräte, die nun in der dritten Generation vorliegen und befriedigende Ergebnisse bringen.

Die Entwicklung ist im vollen Fluß, weil die Automatisierungsbestrebungen ungebrochen sind und Kontrollaufgaben rasch zunehmen. Bei den Sensoren werden immer wieder neue Techniken und Effekte eingesetzt, um besser Systemeigenschaften zu verwirklichen und kostengünstigere Lösungen zu erreichen. Miniaturisierung und Integration der Signalverarbeitung mit dem Sensorelement sind die Werkzeuge des Fortschritts.



# Das Netz der agrarmeteorologischen Meßstationen in Bayern - Stand und Entwicklung -

Dr. J. Haimerl<sup>1)</sup>  
Dr. J. Bergermeier<sup>2)</sup>

## 1. Einleitung

Die ökologischen Auswirkungen der organischen und der mineralischen Düngung sowie des Pflanzenschutzes werden in der Öffentlichkeit verstärkt diskutiert. Bei der Düngung wurde die Diskussion vor allem durch den Nitrateintrag in das Grundwasser ausgelöst. Eine, der Nitratbelastung vergleichbare Situation, ergibt sich auch bei der Belastung mit Pflanzenbehandlungsmitteln. Pressemeldungen über den Eintrag von Pflanzenbehandlungsmitteln ins Trinkwasser sind regelmäßig mit kritischen Anmerkungen zu lesen.

Vor diesem Hintergrund hat das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Auftrag von Herrn Staatsminister Nüssel das Programm "Umweltgerechter Pflanzenbau" entwickelt.

## 2. "Umweltgerechter Pflanzenbau" - ein neuer Begriff

Das Programm "Umweltgerechter Pflanzenbau" ergänzt und verfeinert das seit 1977 von der bayerischen Landwirtschaftsberatung verfolgte Konzept des "Integrierten Pflanzenbaues" insbesondere in den Bereichen Düngung und Pflanzenschutz durch eine erweiterte Datenerfassung, ein modernes Beratungssystem und rechnergestützte Entscheidungshilfen. Erstmals wird in der Bundesrepublik Deutschland mit dem "Umweltgerechten Pflanzenbau" ein System vorgestellt, das basierend auf exakter Datenerhebung und -verwaltung in einer Schlagkartei, durch Laboruntersuchungen und automatisch erfasste Wetterdaten dem Landwirt EDV-gestützte Entscheidungshilfen anbietet (siehe Abbildung 1 ).

## 3. Voraussetzungen

Die praktische Umsetzung des Programmes "Umweltgerechter Pflanzenbau" setzt aktuelle Wetter- und detaillierte Schlagaufzeichnungen voraus, die Grundlage für Entscheidungsmodelle und damit für betriebspezifische Empfehlungen in Düngung und Pflanzenschutz sind. Dazu wird ein flächendeckendes Netz von rund 100 agrarmeteorologischen Meßstationen in Bayern aufgebaut. Davon waren Ende Juni 1989 bereits 38 dieser agrarmeteorologischen Meßstationen installiert und über Btx an das BALIS angebunden. Die Installation von weiteren 50 Meßsta-

---

1) Ltd MR im Bayer. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

2) Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur

tionen wird demnächst abgeschlossen sein. Der Rest wird 1990 aufgebaut und in Betrieb genommen.

Wie erwähnt, sind neben Wetterdaten aktuelle Schlagaufzeichnungen für den "Umweltgerechten Pflanzenbau" eine wichtige Grundlage. Deshalb wird der EDV-gestützte Schlagkarteieinsatz in Schule und Beratung sowie in landwirtschaftlichen Betrieben verstärkt gefördert. PC-Schlagkarteien werden in Bayern derzeit bereits bei ca. 200 landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt.

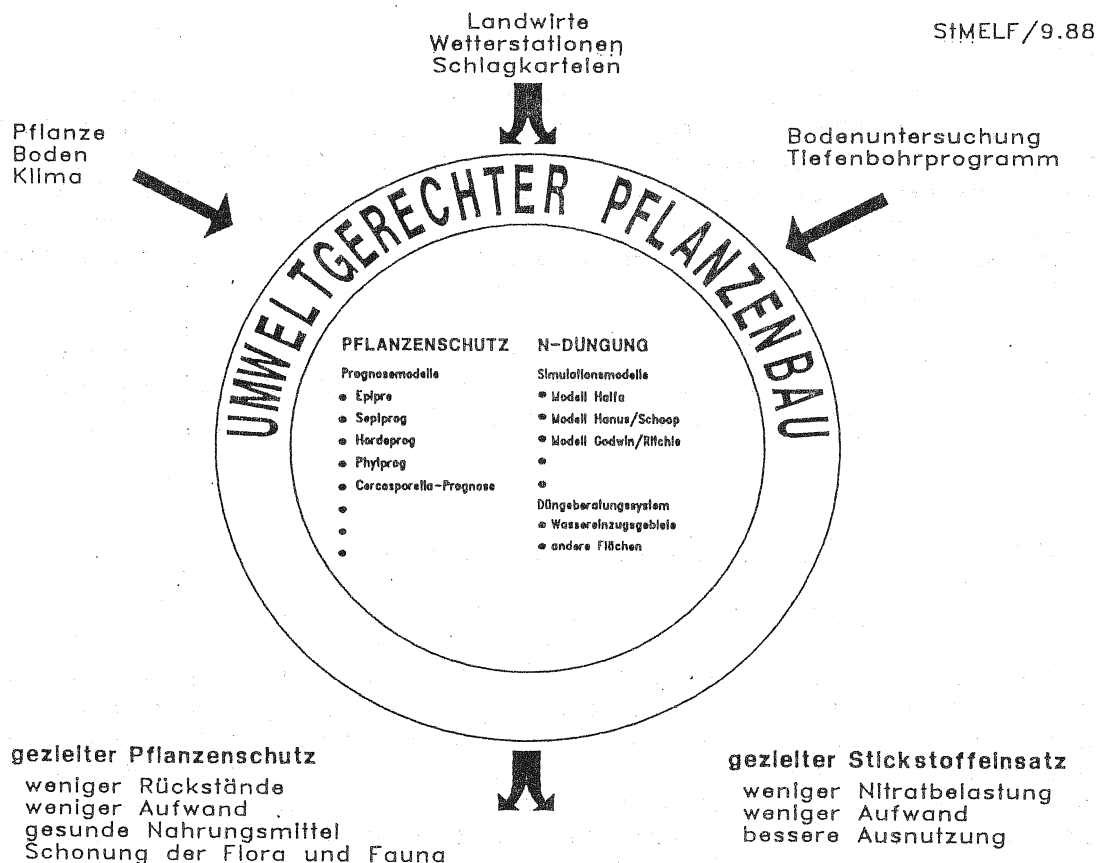


Abbildung 1. "Umweltgerechter Pflanzenbau"

#### 4. Instrumente des umweltgerechten Pflanzenbaues

Neben dem flächendeckenden Netz von agrarmeteorologischen Meßstationen sind EDV-gestützte Prognose- und Simulationsmodelle zur gezielten Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln und Optimierung des Stickstoffeinsatzes das Kernstück des Programmes "Umweltgerechter Pflanzenbau". Ausgehend von aktuellen Wetterdaten und Schlagaufzeichnungen können sie das Auftreten und den Verlauf von Pflanzenkrankheiten prognostizieren und die Stickstoffdynamik im Boden nachvollziehen. Solche Modelle werden in enger Zusammenarbeit mit der Wissenschaft erarbeitet.

Folgende Modelle werden zur Zeit getestet, an bayerische Verhältnisse angepaßt und über BALIS-Btx zugänglich gemacht:

1. N-Modell nach Schoop/Hanus und Kersebaum/Richter,
2. Weizensystem Bayern von Prof. Hoffman und Dr.Verrret,
3. Expertensystem "Gerste" von der Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau,
4. Expertensystem "Raps" von A.Bergermeier und Prof. Kuhlmann,
5. PHYTPROG-Negativprognose von Ullrich und Schröder,
6. Bedaln-Modell zur Bekämpfung des falschen Gurkenmehltaus und das
7. P.R.O-Modell (Plasmopara-Risikoprognose-Oppenheim) für den Weinbau.

#### 5. Agrarmeteorologisches Meßnetz

Das Ziel des agrarmeteorologischen Netzes ist die flächendeckende Bereitstellung exakter Wetterdaten für die genannten Prognoseprogramme. Deshalb wurde auf der Grundlage der standortlichen Landschaftsgliederung unter Berücksichtigung der Erzeugungsschwerpunkte, von Leitböden, der verschiedenen Bodenarten und regional unterschiedlichen klimatischen Verhältnissen eine Verteilung der Stationen für Bayern erarbeitet.

Die Verteilung orientiert sich damit an der naturräumlichen Gliederung von Bayern, wobei im Durchschnitt etwa zwei Meßstationen in jedem Naturraum aufgestellt werden. Weitere Stationen werden gezielt nach Erzeugungsschwerpunkten in Gebieten mit Sonderkulturen betrieben.

Die Meßstationen werden bei Landwirten, Winzern und Gärtnern installiert, die bereit sind, diese auch zu betreuen. Eigentümer der Meßstation ist der Staat. Mit dem Landwirt wird eine Vereinbarung geschlossen, in der die Bedingungen für das Aufstellen und die Betreuung festgelegt sind. Den erforderlichen Personal Computer und den Btx-Anschluß muß der Landwirt selbst beschaffen. Für den Btx-Anschluß und die Nutzung des PC zur Datenübertragung von Wetterdaten von der Meßstation zum PC und von dort zum Großrechner im Staatsministerium erhält der Landwirt eine pauschale Kostenerstattung.

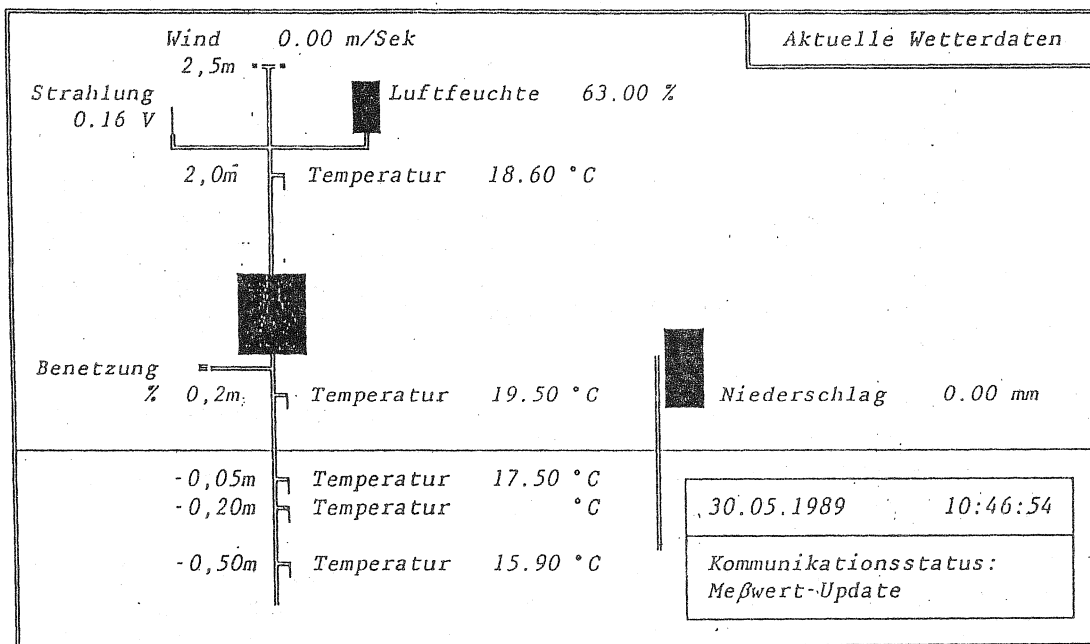
Durch die Einbindung von Landwirten soll auch eine schnellere Umsetzung des Programmes "Umweltgerechter Pflanzenbau" in der Praxis erreicht werden. Das enge räumliche Zusammenwirken von Meßdaten und Prognosemodell liefert eine optimale Entwicklungs- und Erprobungssituation, außerdem ermöglicht es später problemlos die ständige Überprüfung dieser Prognosemodelle.

#### 5.1 Meßstationen

Als Ergebnis einer Ausschreibung werden Meßstationen der Firma Lambrecht beschafft. (siehe Abbildung 2). Diese wurden von der "Landtechnik Weihenstephan" speziell für den Einsatz in der Pflanzenproduktion konzipiert.

Die Meßstationen sind mit folgenden Sensoren ausgerüstet zur Messung der

- Lufttemperatur in 2 m und in 20 cm über Erdboden in Grad Celsius,
- Bodentemperatur in 20 cm Tiefe in Grad Celsius,
- Windgeschwindigkeit in 2,5 m über Erdboden in m/sec,
- Globalstrahlung in 2 m über dem Erdboden in Watt/qm,
- relativen Luftfeuchte in 2 m über dem Erdboden in % und
- Niederschlagsmenge (beheizt) in mm/qm.



ESC = Ende

Abbildung 2. Schema der agrarmeteorologischen Meßstation

Der witterungsgeschützte Datalogger verfügt über 10 Meßeingänge, davon sind 2 digital und 8 analog ausgelegt. Eine spätere Erweiterung auf 25 Meßeingänge ist möglich.

Der Datalogger greift die Sensoren in Sekundenintervallen ab, speichert diese Werte zwischen, bildet über jeweils 10 Minuten einen Mittelwert und legt diesen in seinem Ringspeicher ab. Dieser Speicherplatz reicht aus, die 10 Minuten-Mittelwerte für 3 Tage zu halten. Im Normalbetrieb werden jedoch täglich die 10-Minuten-Mittelwerte vom PC automatisch von der Meßstation abgerufen und auf der Festplatte des PC abgespeichert.

## 5.2 Datenaufbereitung vor Ort und -übertragung

Täglich in den frühen Morgenstunden oder vorgegebenen Abrufintervallen wird, gesteuert über eine Zeitschaltuhr, die Datenübertragung vom PC des Betreibers der Meßstation automatisch gestartet. Das Programm auf dem Personal Computer führt dabei folgende Funktionen bei der Datenübertragung aus:

- Abruf der 10 Minuten-Mittelwerte von der Wetterstation und Speicherung auf der Festplatte des PC,
- Bildung von Stundenmittelwerten aus den 10 Minutenwerten,
- Herstellung der Btx-Verbindung zum BALIS-Rechner im Staatsministerium,
- Übertragen der Stundenmittelwerte des vergangenen Tages oder Abrufintervalles in die BALIS-Datenbank,
- Befehle von BALIS für die Station in Empfang nehmen und an diese weitergeben sowie
- Ausführen eines sogenannten "Autocheck" der Station und des Personal Computers und Abschicken des Protokolls dieses Check über Btx an BALIS.

(siehe Abbildung 3).

Darüberhinaus sind in dem PC-Programm Funktionen enthalten, die dem Landwirt graphische und tabellarische Auswertungen der auf der Festplatte gespeicherten Wetterdaten seiner Station für einen frei wählbaren Zeitraum ermöglichen. Es werden je nach Wunsch Linien bzw. Balkendiagramme erstellt. Damit wird den Betreibern der Meßstation ein zusätzlicher Service angeboten, der anderen Landwirten nicht zur Verfügung steht.

## 5.3 Datenaufbereitung im Balis

Die übertragenen Wetterdaten werden im Rahmen der Tagesverarbeitung im Rechenzentrum des Staatsministeriums geprüft, aufbereitet und für weitere Anwendungen in der Witterungsdatenbank zum Abruf über Btx bereitgestellt.

In einzelnen laufen täglich folgende Programme ab.

### 1. Übernahme der Wetterdaten der einzelnen Stationen in das BALIS.

Die in BALIS eingelaufenen Wetterdaten werden vom einem Plausibilitätsprogramm geprüft

- auf formale Fehler,
- auf zeitliche Konsistenz,
- auf klimatologische Grenzwerte,
- auf innere Konsistenz und
- auf räumliche Konsistenz.

DATEN - FLUSS

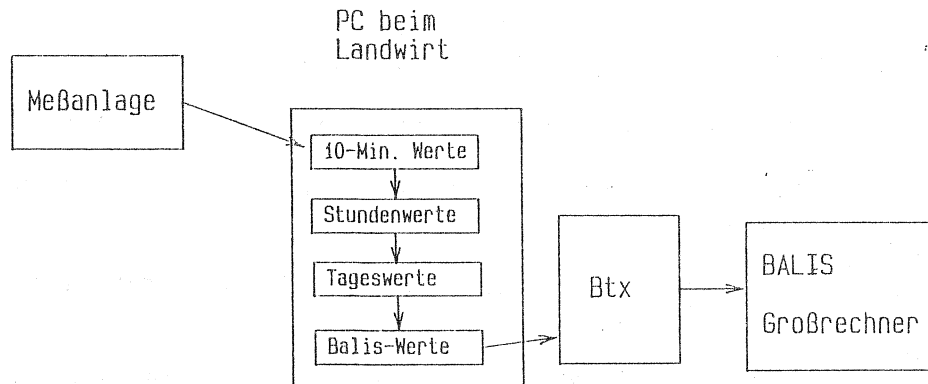


Abbildung 3. Datenfluß von der agrarmeteorologischen Meßstation bis BALIS

Die plausiblen Daten werden für weitere Auswertungen und Prognosen bereitgestellt, die unplausiblen Daten werden unter Angabe der Stationskennung der Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau zur weiteren Bearbeitung übermittelt.

## 2. Überwachung der Stationen

Auch die Stationen werden einzeln ständig hinsichtlich ihrer Betriebsbereitschaft überwacht. In einem Tagesbericht werden die agrarmeteorologischen Stationen nach drei Gruppen gegliedert aufgelistet:

- in Stationen, die aktuelle Wetterdaten senden,
- in Stationen, die länger als 2 Tage keine Daten mehr gesendet haben und
- in Stationen, die bislang noch keine Wetterdaten sandten.

Dieser Tagesbericht wird auf elektronischem Weg verteilt an das Staatsministerium, an die Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau und an die Wartungsfirma.

## 3. Logbuch

Die anfallenden Fehlermeldungen der einzelnen Stationen werden in ein elektronisches Logbuch eingetragen.

Das täglich eingelaufene Logbuch mit aktuellen Fehlermeldungen von Wetterstationen und Übertragungssoftware wird ebenfalls auf elektronischem Weg an das Staatsministerium, die Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau und die Wartungsfirma verteilt.

Die aktuellen Wetterdaten werden technisch auf folgende Weise zum Abruf bereitgestellt:

1. Sie werden in einer relationalen DB2-Datenbank gespeichert, die mit der SQL-Sprache von berechtigten Benutzern des Rechenzentrums abgefragt werden kann und zwar aus allen Subsystemen des Großrechners im Staatsministerium wie TSO, IMS und CICS,
2. Über ein IMS- und Btx-Dialogprogramm, das in BALIS-Btx von den Btx-Teilnehmer aufgerufen werden kann, können Wetterdaten abgefragt und mit Prognosemodellen verknüpft werden.
3. In sequentiellen Files können nachgeordnete Dienststellen Auszüge aus der Wetterdatenbank temporär zur Übertragung auf dortige Personal Computer abrufen.

#### 5.4 Durchführung der Wartung

Die Prüfung des agrarmeteorologischen Meßnetzes wird täglich, wie bereits ausgeführt, vor Ort durch den Autocheck des PC-Programmes und durch das Plausibilitätsprogramm im BALIS vorgenommen. Das Autocheckprogramm prüft:

- die Station selbst, die Meßfühler und den Datalogger,
- die Übertragung zwischen der Station und dem PC,
- die Parameter der Installation und
- die Übertragung mittels Btx an das BALIS.

Es erstellt nach durchgeführter Prüfung ein Logfile mit den Fehler- und Systemparametern, der an das BALIS gesandt wird.

Auf dem Großrechner sondert ein weiteres Plausibilitätsprogramm die unplausiblen Meßwerte aus und erstellt täglich ein Protokoll der durchgeführten Prüfung.

Täglich wird, wie bereits erwähnt, ein Tagesbericht des agrarmeteorologischen Netzes erstellt mit Auflistung der arbeitenden Stationen, der ausgefallenen Stationen und der nicht angeschlossenen Stationen. Dieser Bericht wird auch täglich an die beteiligten Stellen zur umgehenden Bearbeitung verteilt. Die ausgeführten Prüfungen dienen zur leichteren Lokalisierung und Behebung von Fehlern.

Die manuelle Überwachung des Betriebs der einzelnen Meßstationen ist dem Landwirt im Rahmen einer Vereinbarung übertragen worden, die fachliche und technische Betreuung liegt beim zuständigen Amt für Landwirtschaft. Tritt ein Fehler auf, dann wird automatisch nach den oben ausgeführten Prüfungen eine sogenannte elektronische BALIS-Nachricht an den EDV-Beauftragten des zuständigen Amtes für Landwirtschaft abgesandt, aus der hervorgeht, welche Station in seinem Amtsbezirk, ab welchem Zeitpunkt ausgefallen ist. Weiterhin erhält er einen Auszug aus dem Logfile mit den einzelnen Fehlercodes. Der EDV-Beauftragte hat nun seinerseits mit Hilfe der Fehlercodes und einer Checkliste die Station wieder in Gang zu setzen. Ist dies jedoch aus anderen Gründen nicht möglich, verständigt er über BALIS oder telephonisch die Wartungsfirma, die nun ihrerseits ebenfalls die Logfiles und die Ergebnisse

der Plausibilitätsprüfungen abrufen und so gezielt und schnell auf Fehler reagieren kann.

Dank dieser Vorgehensweise konnte mit einem geringen Personalaufwand seit Frühjahr 1989 ein Netz von 39 Stationen installiert und am Laufen gehalten werden. Außerdem konnte so die Wartungsfirma gezielt reagieren und unnötige Fahrten vermeiden.

#### 6. Nutzung des Systems "umweltgerechter Pflanzenbau"

Wesentliches Ziel des "Umweltgerechten Pflanzenbaues" ist, dem Landwirt ein Instrument für gezielte Pflanzenbehandlungsmaßnahmen und die Stickstoffdüngung anzubieten.

Der das System "Umweltgerechter Pflanzenbau" nutzende Landwirt wählt sich über Btx in den BALIS-Rechner ein, ruft dort ein gewünschtes Prognosemodell (z.B. PHYTPROG) auf. Der BALIS-Rechner kann aufgrund der Betriebsnummer des Landwirts die nächstgelegene Wetterstation feststellen, ruft aus der Datenbank die von dieser Meßstation aktuell gelieferten Wetterdaten ab, setzt sie in das Prognosemodell ein und errechnet aus Wetterdaten und zusätzlich erfaßten Schlagparametern einen Prognosewert für einen Schadorganismus oder den verfügbaren Stickstoff im Boden. Die so errechneten Prognosewerte werden auf das Btx-Gerät oder den Btx-fähigen Personal Computer auf dem landwirtschaftlichen Betrieb übertragen. Der Landwirt kann auf diesen Ergebnissen aufbauend gezielt die Pflanzenbehandlung und die Stickstoffdüngung durchführen.

Dieses System steht dem Landwirt im 24-Stundenbetrieb zur Verfügung, so daß er jederzeit das gewünschte Prognosemodell ausführen und gezielte Prognosewerte erhalten kann.

#### 7. Zusammenfassung

Das System "Umweltgerechter Pflanzenbau" als konsequente Weiterentwicklung des bewährten Konzeptes "Integrierter Pflanzenbau" verfolgt das Ziel durch Nutzung von regionalen, ständig aktualisierten Wetterdaten, von betrieblichen Schlagkarteiaufzeichnungen, von modellhaften Algorithmen unter konsequentem Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken den Aufwand von Pflanzenbehandlungsmitteln zu verringern und den Einsatz an Stickstoff unter Berücksichtigung der Stickstoffdynamik im Boden zu optimieren. Voraussetzung dafür ist die Entwicklung von Prognosemodellen für die einzelnen Schadorganismen sowie für eine optimale Stickstoffversorgung. Die Erarbeitung solcher Modelle ist daher Hauptaufgabe des "Umweltgerechten Pflanzenbaues". Erste Ansätze sind bereits in der Erprobung. Die Datengrundlage für die Prognosemodelle liefern u.a. das flächendeckende Netz von agrarmeteorologischen Meßstationen und Schlagkarteiaufzeichnungen in landwirtschaftlichen Betrieben.



# Aktuelle landtechnische Aspekte der Unkrautbekämpfung

Univ.-Prof. Dr. habil. Manfred Estler

Die Beurteilung und praktische Anwendung der verschiedenen Pflanzenbehandlungsmaßnahmen während der Vegetationsperiode befinden sich heute an einer Art Scheideweg. Einerseits sind (und werden auch künftig) ökonomische Maßstäbe wie z.B. Schutz der Kulturpflanzen vor negativen Einflüssen jeglicher Art, hohe Schlagkraft und niedrige Kosten der Arbeitserledigung einen hohen Stellenwert einnehmen. In steigendem und teilweise schon bestimmendem Umfang werden diese Maßnahmen aber auch von ökologischen Aspekten und Forderungen zur Erhaltung der Umwelt eingeengt, deren Ziele nicht immer mit den ökonomischen Aspekten konform gehen.

Es ist daher eine logische Folge dieser Entwicklung, daß sich bereits jetzt eine Pflanzenbehandlung auf der Basis ausschließlich von chemischen Wirkstoffen von einer Vielfalt von Beschränkungen konfrontiert sieht. Hinzukommt, daß die jahrelange Verwendung von sogenannten "Standard-Herbiziden" nicht nur zu einer Veränderung der Unkrautflora und einer stärkeren Ausbreitung schwer bekämpfbarer Unkräuter, sondern auch in zunehmendem Maße zu Resistenzerscheinungen bei verschiedenen Unkräutern gegenüber diesen Wirkstoffen geführt hat. Es ist daher zu prüfen, ob, in welchem Umfang und mit welchem Erfolg neuere mechanische Pflegemaßnahmen den chemischen Pflanzenschutz ergänzen oder künftig auch vollkommen ersetzen können.

Allerdings zeigen die Erfahrungen, daß es im Rahmen einer "integrierten Unkrautbekämpfung" darauf ankommt, das gesamte Spektrum an vorbeugenden und direkten Maßnahmen auszuschöpfen. In diesem Beitrag soll vor allem auf die Möglichkeiten und Grenzen der direkten Pflegemaßnahmen eingegangen werden.

Wenn heute im Bereich der Pflanzenproduktion von "Pflegemaßnahmen" gesprochen wird, gilt dies im wesentlichen für zwei Bereiche:

- die Notwendigkeit, auf dem Sektor "Unkrautbekämpfung" praktikable und erfolgversprechende Alternativen zu den ausschließlich chemischen Bekämpfungsmaßnahmen anzuwenden
- "Pflege" bedeutet aber auch Bodenpflege, d.h. die Bearbeitung der Bodenoberfläche während der Vegetationsperiode mit dem Ziel, den wachsenden Kulturpflanzen, auch im Hinblick auf den Bodenzustand, optimale Entwicklungsvoraussetzungen zu bieten. Eine verkrustete oder verschlammte Bodenoberfläche hat nicht nur einen gebremsten Gasaustausch und damit eine ungenügende Versorgung der Pflanzenwurzeln mit Sauerstoff etc. zur Folge, sondern nimmt auch direkten Einfluß auf die Pflanzenentwicklung und den Ernteertrag.

Aus diesen grundsätzlichen Überlegungen lassen sich einige wichtige Forderungen an die Pflegegeräte oder Gerätekombinationen für die Pflegemaßnahmen ableiten:

### Forderung Nr. 1: Doppelwirkung

Unkrautbekämpfung und Bodenpflege müssen in der gleichen Einsatzzeitspanne, im Zeitraum zwischen der Saat und dem Schließen der Bestände durchgeführt werden. Aus einsatztechnischen Gründen ist es erforderlich oder zumindest wünschenswert, daß beide Maßnahmen von einem einzigen Gerät durchgeführt werden können.

### Forderung Nr. 2: Gezielte Arbeitseffekte

Hauptursache für den bisher so konsequenten und oft ausschließlichen Einsatz chemischer Wirkstoffe für die Unkrautbekämpfung war nicht nur, daß eine optimale Bekämpfung der Zielpflanzen zu erreichen war, sondern daß bei geeigneter technischer Ausrüstung eine gezielte Wirkung auf der gesamten Fläche ohne unbehandelte Bereiche möglich war. Wenn Alternativen zur chemischen Unkrautbekämpfung die Chance haben sollen, auf breiter Basis von der Praxis akzeptiert und angewandt zu werden, muß annähernd der gleiche Erfolg zu erreichen sein.

Von mechanischen Maßnahmen und Geräten ist deshalb zu fordern, daß sie eine gezielte Bekämpfung der Unkräuter und Lockerung der Bodenoberfläche, aber eine möglichst geringe Schädigung der Kulturpflanzen (oberirdischer Sproß und Wurzelsystem) gewährleisten und keine negativen Auswirkungen auf den Ernteertrag ausüben.

Eine besonders aktuelle Forderung stellt die wirksame Bekämpfung der Restverunkrautung innerhalb der Pflanzenreihen dar. Eine weitere Forderung wäre die vollständige Wirkung, also bei der Unkrautbekämpfung das Erfassen des gesamten Spektrums an Samen- und Wurzelunkräutern.

### Forderung Nr. 3: Ausnutzen der optimalen Einsatzzeitpunkte durch hohe Schlagkraft

Bei der Unkrautbekämpfung besitzt die hohe Schlagkraft eine besondere Priorität, denn eine termingerechte Arbeitserledigung (Bekämpfung der Unkräuter zum optimalen Zeitpunkt) entscheidet ganz wesentlich über Erfolg oder Mißerfolg der durchgeführten Pflanzenbehandlungsmaßnahmen.

Bei den technischen Lösungen für den chemischen Pflanzenschutz wurde in letzter Zeit im Zuge der technischen Entwicklung vor allem die Arbeitsbreite erheblich gesteigert. Zwar wird bei Dreipunkt-Anbauspritzen nach wie vor eine Arbeitsbreite von ca. 12 m bevorzugt, bei überbetrieblich eingesetzten Pflanzenschutzspritzen besteht jedoch erhebliches Interesse an größeren Arbeitsbreiten bis ca. 24 m.

Geräte für die mechanische Pflanzenpflege müssen deshalb ebenfalls und in besonderem Maße eine hohe Schlagkraft gewährleisten, da die möglichen Einsatzzeitspannen vom optimalen Zeitraum für die Unkrautbekämpfung und für die Bodenpflege bestimmt und gegebenenfalls eingeengt werden.

Aus gerätetechnischer Sicht wäre darüber hinaus zu fordern, daß möglichst keine oder nur sehr knappe Zeitspannen vorliegen, in denen die Technik aus acker- oder pflanzenbaulichen Gründen nicht eingesetzt werden darf.

#### Forderung Nr. 4: Vielseitige Verwendung

Aus ökonomischer Sicht sind möglichst umfangreiche Einsatzflächen pro Saison zu fordern, um einen kostengünstigen Einsatz zu gewährleisten. Um diese Forderung zu erfüllen, sind zwei Wege denkbar:

- Universalgeräte für alle Einsatzbedingungen
- Spezialgeräte (z.B. getrennt für Unkrautbekämpfung und für Bodenpflege) mit so geringem Investitionsaufwand, daß die Kosten der Arbeitserledigung nicht höher und die Schlagkraft nicht geringer sind, als für ein Universalgerät.

#### Forderung Nr. 5: Kombinierbarkeit

Eine Kombination von Unkrautbekämpfung und Bodenpflege mit anderen produktionstechnischen oder Pflanzenbehandlungsmaßnahmen wird immer dann sinnvoll und zweckmäßig sein, wenn

- die jeweiligen Effekte sich ergänzen
- zusätzliche positive Effekte zu erreichen sind.

Ein typisches Beispiel hierfür wäre die Ausbringung von Stickstoff in Form einer geteilten Mineraldüngergabe in wachsende Bestände, um durch das sofortige Einarbeiten in den Boden Stickstoffverluste zu minimieren.

#### Gerätetechnik

In Anlehnung an die zuvor aufgestellten Hauptforderungen stellt sich die Frage, welche Alternativen sich zur chemischen Pflanzenbehandlung aus der Sicht von Unkrautbekämpfung und Bodenpflege anbieten.

Nach dem derzeitigen Stand der Technik steht eine relativ breite Palette von Gerätetechniken zur Verfügung:

#### Mechanisch

- verschiedene Bauarten von Zinkeneggen
- selbstführende oder gesteuerte Hackmaschinen
- abrollende Geräte (Hacksterne oder Hackscheiben)
- Geräte mit Zapfwellenantrieb (Reihenhackfräsen, umgebaute Zapfwelleneggen, Hackbürsten mit horizontal oder vertikal rotierenden Arbeitswerkzeugen).

#### Thermisch

- Abflammgerät

#### Elektrisch

- Mikrowellengerät

### Gerätebeurteilungen und Weiterentwicklungen

Für Auswahl und Anwendung der Geräte ist ausschlaggebend, wie die vorhandene Technik im Hinblick auf die vorher genannten Hauptforderungen zu beurteilen und einzuordnen ist und welche Ansatzpunkte sich für weitere Entwicklungen erkennen lassen.

Einschränkend ist festzuhalten, daß nach dem derzeitigen Stand der Entwicklung einer umfassenderen Verwendung von Mikrowellengeräten eine derartige Vielzahl von Sicherheitsauflagen und Einschränkungen entgegensteht, daß ein vergleichbar kostengünstiger Einsatz vorerst nicht zu erreichen ist.

Wichtige Beurteilungs- und Einordnungskriterien sind in Abbildung 1 dargestellt.

### Doppelwirkung bei Unkrautbekämpfung und Bodenpflege

Die unkrautbekämpfende Wirkung ist bei allen zur Diskussion stehenden Geräten im allgemeinen gewährleistet. Allerdings sind bei einigen Geräten gewisse Einschränkungen angebracht, bei denen eine befriedigender Effekt hauptsächlich gegen Samenunkräuter, nicht aber gegen Wurzelunkräuter erreicht wird.

Hinsichtlich der Eignung für die Bodenpflege zeigt sich dagegen ein deutlich differenzierteres Bild. Mit einem Teil der Geräte ist es überhaupt nicht möglich, den Boden zu lockern oder vorhandene Krusten zu brechen, mit einem weiteren Teil gelingt dies in befriedigender Weise nur auf leichteren, humosen Böden.

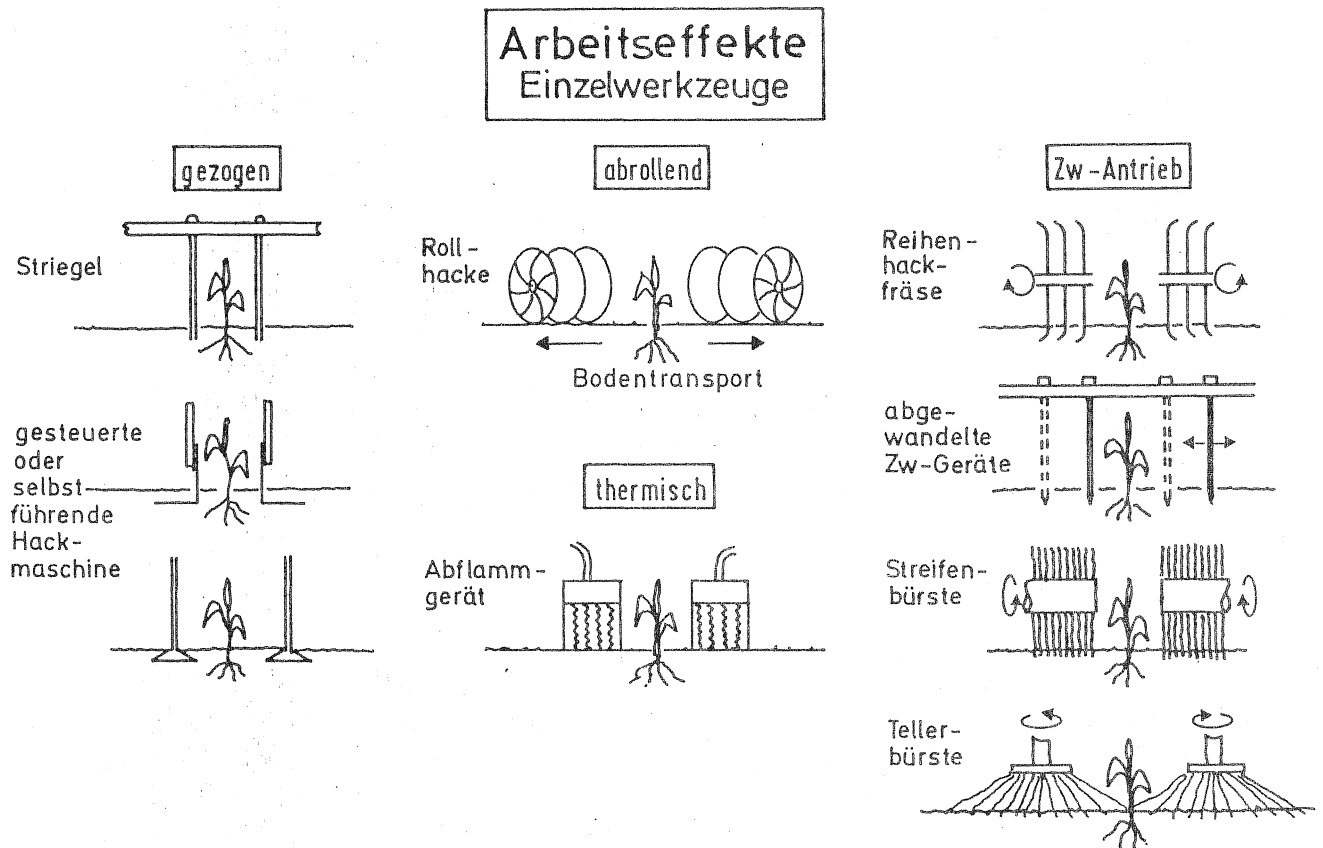
### Gezielte Arbeitseffekte auf der gesamten Fläche

Angesichts der Forderung "optimale Arbeitseffekte ohne nachteilige Auswirkungen auf die Kulturpflanzen und dies auf der gesamten Feldoberfläche" zeigen sich bei einem Großteil der Geräte die wohl am schwersten wiegenden Einschränkungen. Einige Geräte (z.B. Netzegge, Hackstriegel, Hackbürste) können die Unkrautpflanzen nur im sehr jungen Entwicklungsstadium erfolgreich bekämpfen. Außerdem müssen bestimmte Einsatzzeiträume ausgespart werden, in denen eine große Empfindlichkeit der Kulturpflanzen gegenüber dem Geräteeinsatz besteht.

Noch schwerwiegender ist die Tatsache, daß ein Teil der Geräte nicht nur keine Chance hat, direkt innerhalb der Pflanzenreihen zu arbeiten, sondern auch noch mehr oder minder breit bemessene Sicherheitsabstände zwischen Arbeitswerkzeug und Pflanzenreihe eingehalten werden müssen. Nur dann lassen sich Beschädigungen an Pflanzenmaterial und Wurzeln vermeiden. Dies bedeutet jedoch, daß eine Restverunkrautung und damit Konkurrenz der Unkräuter zu den Kulturpflanzen um Wasser, Nährstoffe und Licht, also sehr wichtigen ertragsbeeinflussenden Faktoren, nach wie vor erhalten bleibt.

Gerät	Einsatzmöglichkeit					Effekte in der Pflanzenreihe	Mindestreihenabstand 3) cm	günstige Arbeitsgeschw. km/h	derzeit mögliche AB m
	für Unkrautbekämpfung	für Bodenpflege	im Voraufverfahren	bis Pflanzenhöhe	7				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<u>Mechanisch</u>									
Netzegge	+ 1)	+ 2)	+	10	+	+	5 - 7	6	
Hackstriegele	+	+	+	50	+	+ bis 0	6 - 10	12	
Hackmaschine gesteuert	+	+	+	30	+	-	4 - 6	8	
maschine selbstführend	+	+	-	60 - 70	-	-	6 - 10	4,7	
abrollende Geräte	+ 1)	+ 2)	-	50 - 70	-	-	6 - 10	6	
Reihenhackfräse	+	+	-	40 - 50	-	-	3 - 6	4,5	
abgewandelte ZW-Egge	+	+	-	20 - 30	-	-	4 - 6	ca. 5	
Reihenhackbürste vertikal	+ 1)	-	+	40 - 50	+	-	2 - 4	3	
hackbürste horizontal	+ 1)	-	+	40 - 50	+	+	3 - 5	3	
<u>Thermisch</u>									
Abflamngerät	+	-	+	40 - 50	+	+	3 - 3,5	3	

- + = gut geeignet
- 0 = bedingt geeignet
- = nicht geeignet
- 1) = hauptsächlich gegen Samenunkräuter
- 2) = vor allem auf leichteren, humosen Böden
- 3) = bei Einsatz im Nachauflauf-Verfahren



Estler / Sch 892 522

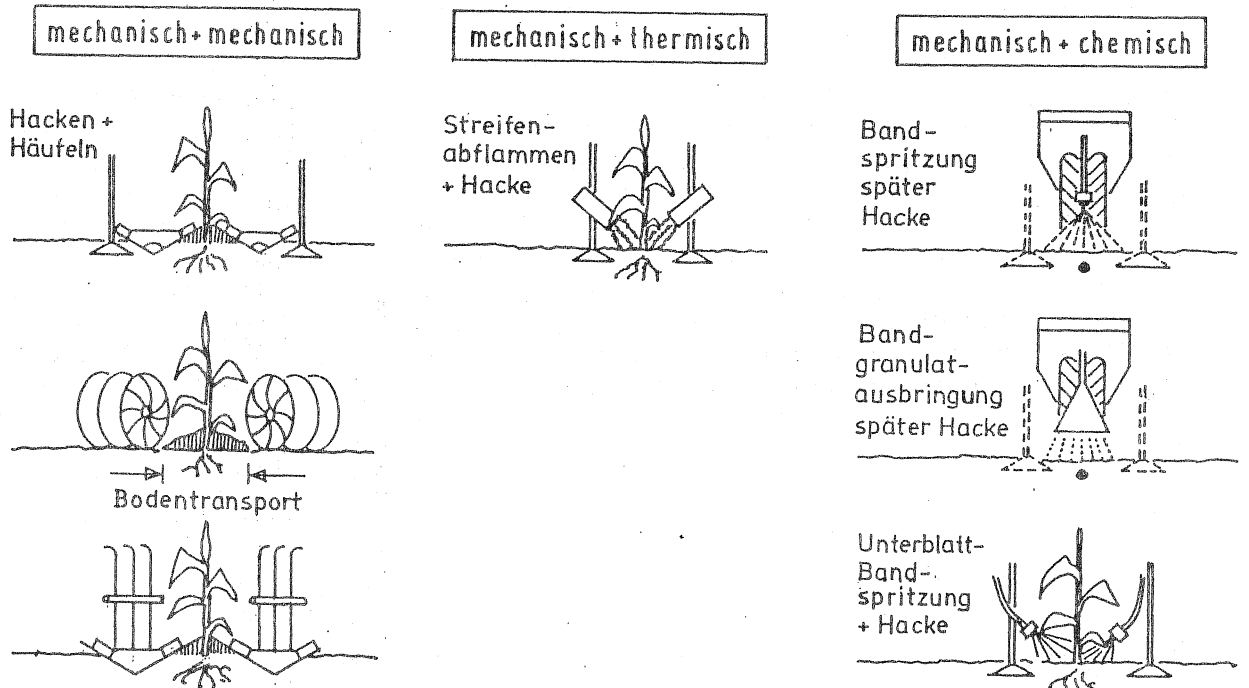
Abbildung 2: Arbeitseffekte bei Einzelwerkzeugen

Welche Lösungsansätze bieten sich für diese Probleme an? Vom Standpunkt der Bodenlockerung ist davon auszugehen, daß mit Zinkengeräten (z.B. Netzege, Federzinkenstriegel, Hackstriegel) die gewünschten Effekte sowohl zwischen, als auch innerhalb der Pflanzenreihen zu erreichen sind, allerdings nur in einem sehr frühen Entwicklungsstadium, in dem noch keine ertragsmindernden Schäden an den oberirdischen Pflanzenteilen zu erwarten sind. Beim überwiegenden Teil der Geräte ist kein bodenlockernder Effekt innerhalb der Pflanzenreihe möglich.

Aus der Sicht der Unkrautbekämpfung sind zwei Wege realisierbar:

- Reduzieren des unbearbeiteten und mit Restunkräutern besetzten Streifens durch exaktere Steuerung der Arbeitswerkzeuge entlang der Pflanzenreihen. Hierfür sind sowohl verbesserte mechanische Tastelemente als auch elektronische Sensoren denkbar, deren Verwendung jedoch nicht nur bei stengeligen (z.B. Mais), sondern auch bei blattreichem (z.B. Zuckerrüben) Pflanzenmaterial möglich sein müßte.
- Gezieltes Bekämpfen der Unkräuter innerhalb der Pflanzenreihen durch kombinierte Maßnahmen. In diesem Bereich sind verschiedene Kombinationsvarianten möglich (Abb. 3):

## Arbeitseffekte Kombinierte Geräte



Estler/Pö 892 523

Abbildung 3: Arbeitseffekte von kombinierten Maßnahmen

### Mechanisch + mechanisch:

Bei der Kombination von zwei mechanischen Maßnahmen läßt sich eine Unkrautunterdrückung innerhalb der Pflanzenreihen lediglich durch Anhäufeln, also Zudecken und Ersticken der Unkrautpflanzen erreichen. Lediglich das Verwenden von Tellerbürsten macht es möglich, auch innerhalb der Pflanzenreihen zu arbeiten, wobei bei größeren Unkrautpflanzen keine direkte Bekämpfung, sondern lediglich ein Abstreifen der Blattmasse und damit Vernichtung der Assimilationsfläche stattfindet.

### Mechanisch + thermisch:

Abflamngeräte lassen sich in wachsenden Pflanzenbeständen auch für eine Unterblatt-Abflammung einsetzen, der Streifen zwischen den Pflanzenreihen kann mit den üblichen mechanischen Geräten bearbeitet werden.

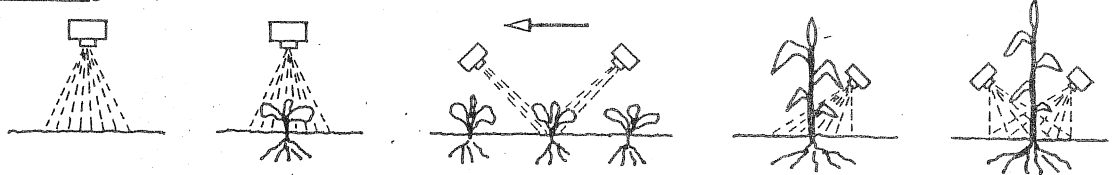
### Mechanisch + chemisch:

Hier sind zwei Varianten möglich: Bereits bei der Saat Herbizide oder Granulate bandförmig plazieren und später die üblichen mechanischen Pflegemaßnahmen durchführen oder Unterblatt-Bandspritzung zugleich mit den mechanischen Pflegemaßnahmen.

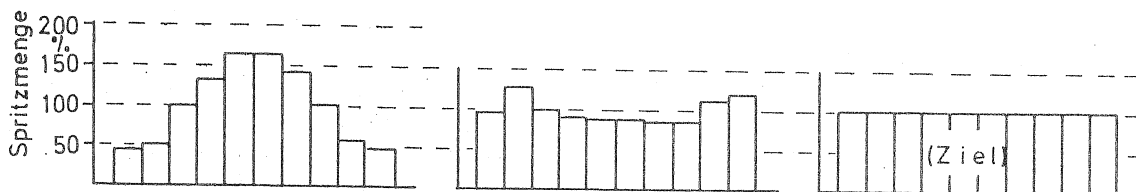
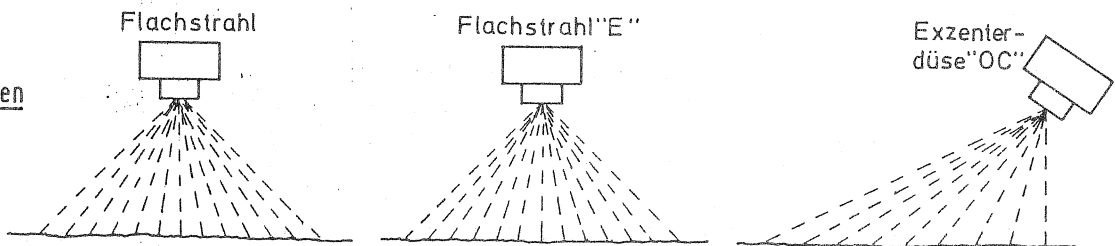
Unabhängig von der technischen Variante sollte prinzipiell davon ausgegangen werden, daß die Maßnahmen sich an einem Schadschwellenkonzept orientieren. Bei mechanisch/chemischen Verfahren mit Bandspritzung ist die Anwendung in wachsenden Beständen, angepaßt an die jeweilige Unkrautentwicklung, ohne Zweifel ökologisch und ökonomisch sinnvoller, als eine prophylaktische Bandspritzung bereits bei der Saat. Allerdings ist für den Bekämpfungserfolg ausschlaggebend, daß der optimale Anwendungszeitpunkt sicher eingehalten werden kann. Deshalb kann bei ungünstigen Klimabedingungen unter Umständen die vorbeugende Bandspritzung einen sichereren Schutz bieten.

Ziel sollte es aber sein, in den wachsenden Beständen eine gezielte Anwendung, abgestimmt auf den tatsächlich vorhandenen Unkrautbestand, vorzunehmen. Eine derart gesteuerte Ausbringung ist künftig denkbar, wenn entsprechende Sensoren zur Verfügung stehen. Derzeit konzentrieren sich die Weiterentwicklungen bei Bandspritzgeräten auf die Funktion und Anbringung der Düsen. Vorhandene Flachstrahldüsen zeigen nur in der "E"-Ausführung ein zufriedenstellendes Spritzbild. Eine eindeutig bessere Verteilung gewährleisten die OC-Exzenterdüsen mit vollständiger Überlappung des Spritzbandes. Bei Unterblattspritzung ist davon auszugehen, daß vor allem in größeren Pflanzenbeständen nur bei Anordnung von zwei Düsen beidseits der Pflanzenreihe eine zufriedenstellende Bandspritzung ohne Spritzschatten zu erreichen ist.

Düsenanordnung



Düsenbauformen



Spritzbild  
(Querverteilung, nach IRLA, geändert)

Spritzbandbreite 25 cm

Bandspritzsysteme



Estler / 892 524

Abbildung 4: Spritzmittelverteilung bei Düsen für die Bandspritzung



Insgesamt bietet die Kombination einer Bandspritzung in Kombination mit mechanischer Unkrautbekämpfung in den wachsenden Pflanzenbeständen mehrere Vorteile. Der wichtigste davon ist, daß sich bei einer bandförmigen Herbizidausbringung der Spritzmittelaufwand und damit die Mittelkosten auf etwa 25 bis 30 % im Vergleich zur Ganzflächenspritzung reduziert. Entsprechend verringert sich auch die Belastung von Boden, Pflanze und Umwelt durch die Pflanzenschutzmittel. Hinzu kommt, daß der unbearbeitete Streifen großzügiger bemessen werden kann, entsprechend geringer ist die Gefahr von Wurzel- und Pflanzenverletzungen und somit auch der negativen Einflüsse auf den Ernteertrag.

Im Hinblick auf die weiteren, zuvor genannten Forderungen zeichnen sich derzeit keine spektakulären Weiterentwicklungen ab.

Ein Großteil der vorhandenen Geräte ist in der Lage, die geforderte Schlagkraft und damit eine termingerechte Arbeitserledigung durch hohe Arbeitsgeschwindigkeiten und befriedigende Arbeitsbreiten sicherzustellen.

Ebenso verhält es sich mit der Kombinierbarkeit. Zumindest der Aufbau eines Reihendüngerstreuers bzw. der Anbau von Krümelwalzen oder Federzinkenrechen ist bei nahezu sämtlichen angebotenen Gerätetechniken möglich.

Dagegen kollidiert die Forderung nach vielseitiger Verwendbarkeit oftmals mit den aktuellen pflanzenbaulichen Forderungen. So wäre z.B. der Einsatz von gesteuerten Hackmaschinen zur Unkrautbekämpfung und Bodenlockerung bei Getreide möglich, wenn ausreichend große Reihenabstände (über ca. 15 cm) vorhanden sind. Der derzeitige Trend zur Engreihen-, Band- oder Breitsaat steht dem jedoch entgegen.

Es kristallisieren sich daher spezielle Maßnahmen und technische Lösungen heraus, die innerhalb der jeweiligen Anwendungsbereiche - Flächen- bzw. Reihenfrüchte - einen vielseitigen Einsatz ermöglichen.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Obwohl derzeit für Pflanzenbehandlung und Pflanzenschutz chemische Verfahren noch bevorzugt angewendet werden, besteht aus den verschiedensten Gründen ein erhebliches Interesse, den Aufwand an chemischen Wirkstoffen so weit wie möglich zu reduzieren. In dem Einsatz mechanischer oder kombinierter Verfahren werden aussichtsreiche Möglichkeiten gesehen, umweltschonende und kostensparende Arbeitseffekte zu erzielen. Weiterentwicklungen lassen erwarten, daß bisher noch vorhandene Probleme wie z.B. die Restverunkrautung innerhalb der Pflanzenreihen gelöst werden können.



# Einsatzmöglichkeiten von Rapsöl als Industrierohstoff, Schmierstoff und Energieträger

Dr. A. Strehler  
Dr. R. Apfelbeck  
B. A. Widmann, Dipl.-Ing.agr

## 1. Einleitung

Für die Europäische Gemeinschaft sollte der Einsatz von Rapsöl bzw. Pflanzenöl als Ersatz für fossile Ausgangsprodukte aus mehreren Gründen zur zwingenden Notwendigkeit werden. Es sind das:

1. Vermeidung bzw. Abmilderung des starken CO<sub>2</sub>-Anstiegs, bedingt durch den hohen Verbrauch fossiler Brennstoffe und den damit einhergehenden Folgen für das Weltklima.
2. Schonung fossiler Energieträger wie Erdgas, Erdöl und Kohle für spätere Generationen, sowie Minderung der Importabhängigkeit in Europa.
3. Entlastung des EG-Agrarmarktes durch Umlenkung der Produktion vom Nahrungsmittelsektor auf den Energiesektor.
4. Umweltfreundlichere Produkte durch schnelle biologische Abbaubarkeit.

Die Problematik und die Folgen aus den beiden ersten Argumenten werden - wenn überhaupt als solche erkannt - als langfristige Probleme den uns nachfolgenden Generationen aufgebürdet. Die Nahrungsmittelüberproduktion und die dafür notwendigen und im Ansteigen begriffenen Marktordnungskosten von derzeit 57 Mrd DM (27,5 Mrd ECU im Jahre 1988 pro Jahr [7]) und die Umweltrelevanz von Produkten sind sehr aktuelle Probleme, die kurzfristig bis mittelfristig einer Lösung bedürfen.

Eine von verschiedenen Lösungsmöglichkeiten für diese Problembereiche ist in dem Einsatz von Pflanzenölen als chemischen Rohstoff, als Schmierstoff und als Brenn- oder Kraftstoff zu sehen.

Für den Bereich der energetischen Verwertung von Pflanzenölen ergibt sich eine mengenmäßige Absatzbegrenzung nicht. Auch auf der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche der EG von 132 Mio. ha könnte bei einem Produktionspotential von 3 t OE/ha der jährliche Rohölbedarf nicht gedeckt werden. Auf der als "überschüssig" geltenden Agrarfläche von 10 Mio. ha [4] könnten nur 6,9 % des 1984 verbrauchten Rohöls [9] ersetzt werden. Andererseits wäre es möglich, den gesamten Rohölbedarf der Landwirtschaft selbst zu decken, wie aus Abbildung 1 hervorgeht.

Aufgrund ihres Chemismus und ihrer physikalischen Eigenschaften lassen sich Pflanzenöle als Rohstoffe für die chemische Industrie, als Schmierstoffe sowie als Kraftstoffersatz für Dieselöl und als Brennstoffersatz für Heizöl nutzen.

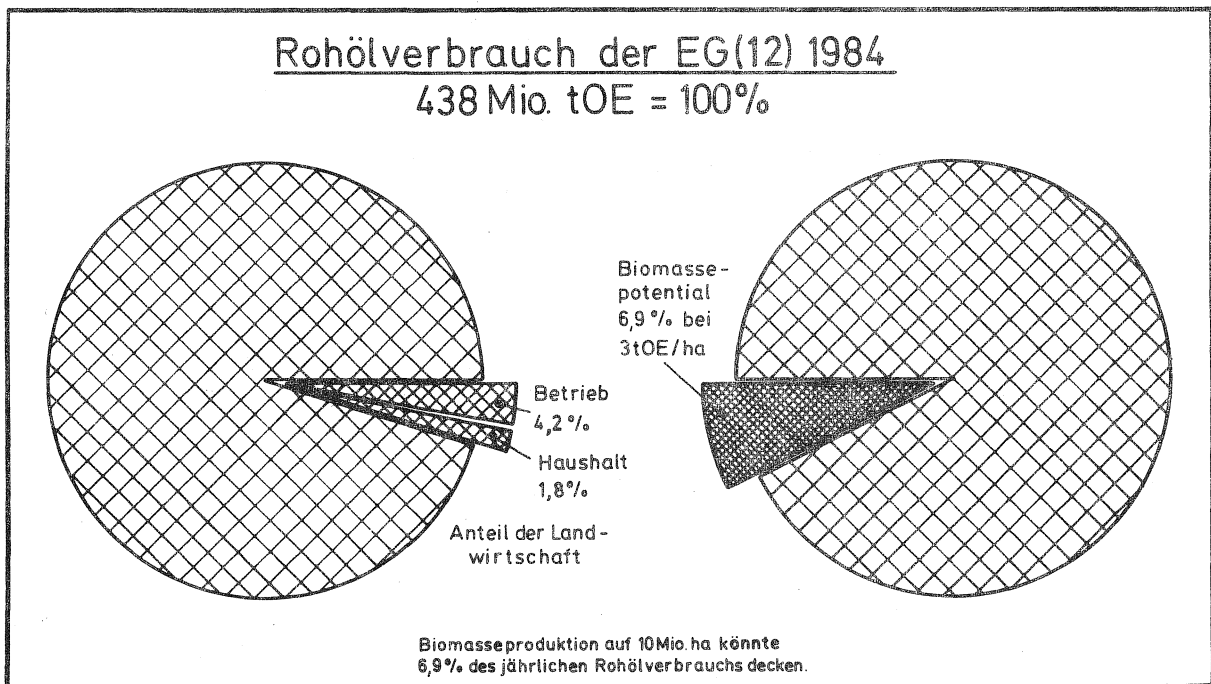


Abb. 1: Rohölverbrauch der EG(12) 1984 mit Anteil der Landwirtschaft und mögliches Biomasseproduktionspotential auf 10 Mio. ha

## 2. Bereitstellung und derzeitige Nutzung von Pflanzenöl in der Bundesrepublik Deutschland

### 2.1 Anbauflächen und Mengen

In der Bundesrepublik werden derzeit auf 437 000 ha Ölpflanzen angebaut; davon sind allein 420 000 ha mit Raps bestellt. Nur geringe Anteile haben Sonnenblumen (15 000 ha) und Sojabohnen (2 000 ha). Die Erträge liegen bei Raps im Durchschnitt bei ca. 31 dt/ha entsprechend einem Ölertrag von etwa 1 200 kg/ha. Die Gesamtmenge an Rapssaat von 1.3 Mio t liefert 525 000 t, entsprechend 571 Mio l Öl pro Jahr (Dichte:  $0,92 \text{ kg/dm}^3$ ).

Die Bundesrepublik steht dabei mit einem Anteil von ca. 26 % an der Europäischen Rapserzeugung nach Frankreich an zweiter Stelle innerhalb der EG [1].

### 2.2 Ölgewinnung

Die Ölgewinnung aus Rapssamen ist ein längst bekanntes Verfahren. Im großtechnischen Maßstab wird die Saat durch Dampferhitzung vorkonditioniert, das Öl zur Hälfte mechanisch abgepresst und der Preßkuchen mit Hexan (Lösungsbenzin) weiter extrahiert. Das Lösungsbenzin wird anschließend abdestilliert. Mit diesem Verfahren lassen sich bis zu 99 % des in der Saat enthaltenen Öls gewinnen (Abpreßgrad). Der Energieaufwand beträgt dabei rund 10 % der Energiemenge, die im Öl enthalten ist. Die Ölmühlen in der Bundesrepublik Deut-

schland haben Verarbeitungskapazitäten zwischen 1 000 und 3 000 t/Tag und eine gesamte Jahreskapazität von 3.7 Mio t.

Die Ölgewinnung ist jedoch auch in Kleinanlagen lediglich durch Pressung möglich. Eine kleine Ölpresse beispielsweise, die nur eine Stundenleistung von knapp 30 kg aufweist, kann bei einem Betrieb über das gesamte Jahr Raps von einer Anbaufläche von 60 bis 80 ha verarbeiten. Der Abpreßgrad solcher Anlagen liegt bei 75 bis 85 % bei einer Kapazität von 0.7 bis 2.5 t/Tag [10]. Der Energieaufwand beträgt 2 bis 5 % der im Öl enthaltenen Energie.

### 2.3 Derzeitige Nutzung von Pflanzenöl in der Bundesrepublik

Die stetige Anbauflächenausweitung in der Bundesrepublik Deutschland von ca. 140 000 ha Anfang der achtziger Jahre auf ca. 400 000 ha im Jahre 1988 ist zum einen durch den züchterischen Fortschritt bei der Steigerung der Rapserträge sowie bei der Erhöhung der Ertragssicherheit und zum anderen auf das hohe Erzeugerpreisniveau bis 1987 im Vergleich zu den Getreidepreisen zurückzuführen. Darüberhinaus lockert die Rapspflanze aufgrund ihres hohen Vorfruchtwertes vor allem getreidereiche Fruchtfolgen auf.

Mit der Flächenausweitung erhöhte sich auch der Absatz von Rapsöl von ca. 100 000 t Anfang der siebziger Jahre auf rund 263 000 t bis Mitte der achtziger Jahre (s. Abbildung 2).

Der Anteil der technischen Verwendung sank dabei von 72 % auf 4 %, während jener der Ernährungsindustrie von 28 auf 96 % zunahm [8]. Der Grund dafür war die Züchtung erucasäurearmer Rapsorten, die den verstärkten Einsatz im Ernährungsbereich zuließen, zu Ungunsten des Einsatzes in der chemischen Industrie, die gerade an der Erucasäure interessiert war.

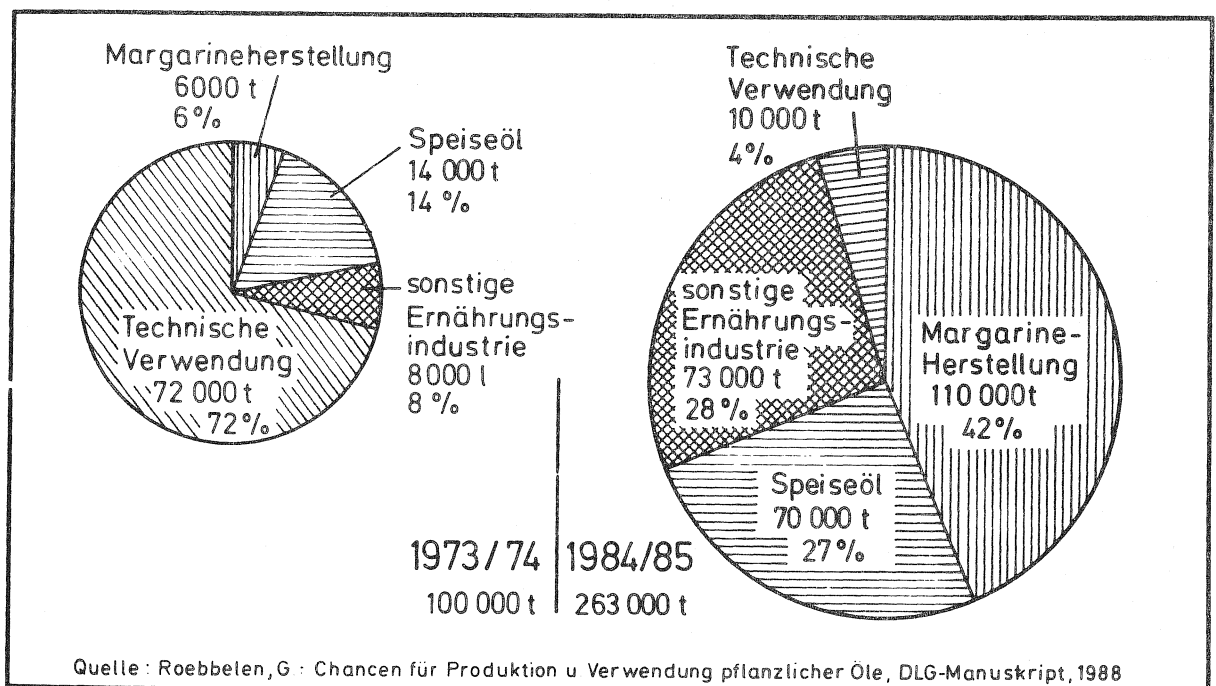


Abb. 2: Rapsölverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland

### 3. Pflanzenöl als Industrierohstoff und Schmierstoff

#### 3.1 Pflanzenöl als Industrierohstoff

Neuerdings wird versucht, in regional einzugrenzenden Gebieten wieder erucasäurereiche Rapsorten anzubauen, da diese derzeit in vollem Umfange importiert werden müssen. Im Rahmen eines Modellprojektes, bei dem Verträge zwischen Landwirten und der abnehmenden Industrie geschlossen werden sollen, förderte das Bundeslandwirtschaftsministerium die Erzeugung von bis zu 10 000 t erucasäurehaltigen Raps. In der EG wird der Bedarf auf ca. 20 000 t [6] bis 50 000 t [5] Öl geschätzt und in der BRD erwartet man einen Bedarf von 10 000 bis 12 000 t [6].

Der Verbrauch insgesamt an Ölen und Fetten aus nachwachsenden Rohstoffen für Chemierzeugnisse lag 1986 in der BRD bei 0.6 Mio t und in der EG bei 2.7 Mio t [11]. An Rapsöl werden zusammen mit den erucasäurehaltigen Sorten EG-weit ca. 100 000 t/Jahr eingesetzt. Für den gesamten Pflanzenölmarkt wird im nächsten Jahrzehnt mit einem Nachfragezuwachs von 0,3 bis 0,5 Mio. t Öl gerechnet.

Als Trägersubstanz und Benetzungsmedium bei Pflanzenbehandlungsmitteln und zur Staubunterdrückung in der Getreide- und Futtermittellagerung wird ein weiteres Absatzpotential von 0,1 Mio. t gesehen (vor allem Sojaöl) [5].

Aus pflanzlichen und tierischen Fetten lassen sich durch Aufspaltung, Modifizierung und Umbau des Moleküls die unterschiedlichsten chemischen Grundprodukte herstellen.

Produkte aus Pflanzenölen und tierischen Fetten werden in einer umfangreichen Palette als tensidische Hilfsmittel eingesetzt. Tenside verringern die Oberflächenspannung verschiedenster Stoffe.

Das mit Abstand größte Verwendungsgebiet der Industriefette ist der Bereich Seifen, Wasch- und Reinigungsmittel sowie Kosmetika mit nahezu 70 %. Der zweite Bereich, Kunststoffe, Weichmacher, Gummi und Textilhilfsmittel (12 %) dürfte zukünftig an Bedeutung gewinnen. Insbesondere die Produktion von leicht abbaubaren Kunststoffen sollte aus Umweltgesichtspunkten deutlich erhöht werden. Auch in den Bereichen Farben (7 %) und Metallbearbeitung (6 %) werden Pflanzenöle eingesetzt.

Die derzeit angebotenen Fette entsprechen in ihrer Zusammensetzung nicht immer den von der Industrie gewünschten Anforderungen. Häufig wird von einer bestimmten Fettsäure ein möglichst hoher Anteil im Öl gewünscht. Vor allem kurzkettige Fettsäuren sind gefragt, die zum Teil nur in exotischen Pflanzen, wie Euphorbia lathyris, Cuphea, Crambe usw. vorkommen. Über die Pflanzenzüchtung könnte jedoch das Potential einheimischer Ölpflanzen erweitert werden.

#### 3.2 Pflanzenöl als Schmierstoff

In vielen Bereichen ist heute bereits der Einsatz von Schmierstoffen auf Pflanzenölbasis möglich. Die Ausdehnung der Potentiale geht dabei zur Zeit sehr rasch von statten. Beginnend mit der Entwicklung von Haftöl für Sägeketten wurden in letzter Zeit immer mehr Produkte auf dieser Basis auf den Markt gebracht.

Dazu gehören

- Sägekettenöl
- Hydrauliköl
- Kompressorenöle
- Korrosionsschutzöle
- Schalungsöl
- Getriebeöle
- Melkmaschinenöl
- Kühl- und Schmieröle für die Metallverarbeitende Industrie
- Schmierfette

An Motorenölen auf Pflanzenbasis wird derzeit gearbeitet. Die herkömmlichen Öle auf mineralischer Grundlage sind technisch bis auf einzelne Ausnahmen (z.B. Getriebe-, Hydrauliköle im Hochtemperaturbereich) voll durch solche auf Pflanzenölbasis ersetzbar. Einige der genannten Öle erhielten bereits den Blauen Engel (z.B. Sägeketten-, Hydrauliköl), bei anderen laufen derzeit entsprechende Prüfverfahren.

Die gute Umweltverträglichkeit zeigt sich vor allem in der biologischen Abbaubarkeit; so wird z.B. Plantohyt 40, ein Hydrauliköl auf Rapsölbasis, gemäß der Testmethode CEC-L-33-T-82 innerhalb von 21 Tagen zu 96 % abgebaut, davon 93 % bereits in 7 Tagen. Für die Vergabe des Blauen Engels wird eine Abbaubarkeit von 70 % in 21 Tagen gefordert.

Dennoch müssen solche Öle nach dem Gebrauch ordnungsgemäß entsorgt werden (z.B. durch Verfeuerung in geeigneten Anlagen zur Energieerzeugung). Die Nutzungsdauer der pflanzlichen Öle liegt nur unwesentlich unter der von Mineralölen.

Im Bereich Sägekettenöle sind die umweltverträglichen Produkte regional bereits vorgeschrieben (z.B. Bayer. Staatsforst). Kettensägen arbeiten bekanntlich mit einer Verlustschmierung, d.h. das gesamte eingesetzte Öl (von Verdampfungsverlusten abgesehen) gelangt in den Boden.

In der Bundesrepublik werden jährlich etwa 6 000 t Sägekettenöl verbraucht; davon werden heute bereits 4 000 t auf Rapsölbasis eingesetzt. Ein vollständiger Ersatz ist durchaus möglich. Die daraus resultierende Ackerfläche beträgt rund 5 500 ha.

Der Verbrauch an Hydrauliköl auf Rapsölbasis steigt zur Zeit vor allem aus Wasserschutzgründen, da bei Betriebspannen, wie z.B. dem Platzen von Schläuchen im Forst- oder Baubetrieb oder anderen Leckagen die Umweltbelastung ungleich geringer ist. Regional sind diese Öle in Wasserschutzgebieten bereits vorgeschrieben. Sie sind technisch in nahezu allen Hydraulikaggregaten einsetzbar, lediglich bei extrem hohen Temperaturenbelastungen sind die mineralischen Produkte heute noch überlegen.

Der Gesamtverbrauch in der Bundesrepublik beläuft sich auf 145 000 t/Jahr. 480 t auf Rapsölbasis werden allein von einem Marktanbieter verkauft. Daten anderer Firmen sind nicht bekannt. Die Mineralölindustrie schätzt, daß etwa 25 % der Hydrauliköle durch Rapsöl ersetzbar sind. Für die Bereitstellung der Grundöle ist eine Ackerfläche von etwa 33 000 ha nötig.

Die physikalischen Eigenschaften von Rapsöl sind bei Verwendung als Hydrauliköl zum Teil sogar günstiger als bei Mineralölprodukten. Insbesondere die Änderung der Viskosität bei höheren Temperaturen (Viskositätsindex) ist günstiger als beim Mineralölprodukt. Die Brandgefahr ist durch den hohen Flammpunkt von 320 °C sehr gering. Der geforderte Erstarrungspunkt von -27°C wird durch Additive erreicht.

Die Erprobung in praktischen Maschinen, wie z.B. in einer Rindenpresse, ergab eine volle Einsatztauglichkeit über fast

9 000 Arbeitstunden. Bei diesen stationären Anlagen ist von Vorteil, daß meist konstante Betriebsverhältnisse und Temperaturen vorherrschen. Bezogen auf eine konstante Viskosität von 22 cSt ergibt sich sogar eine Wirkungsgradsteigerung der Hydraulikanlage von 3 - 4 %.

Ein weiteres Praxisbeispiel beim Einsatz in einem Gruben-Radlader zeigte ebenfalls günstigere Eigenschaften bezüglich der Viskositätsveränderung bei Rapsöl gegenüber einem Mineralölprodukt. Speziell für den landwirtschaftlichen Bereich müssen noch zusätzliche Erfahrungen durch Versuche gewonnen werden.

Die nach Herstellerangaben bis zu dreifach höhere Lebensdauer der auf Rapsöl basierenden Druckflüssigkeiten würden den rund 20 -30 % höheren Einkaufspreis mehr als wett machen. Die Angaben zur Lebensdauer bedürfen allerdings noch verstärkter Nachprüfung. Vor allem Freigaben von Maschinen- und Teileherstellern sind noch zusätzlich erforderlich.

**Melkmaschinenöl** auf Rapsölbasis kann ganzjährig verwendet werden. In der BRD werden von diesem Produkt rund 800 t/Jahr verbraucht. Von einem Hersteller werden zur Zeit 50 t/Jahr auf Rapsölbasis verkauft. Nach realistischer Schätzung könnten jedoch etwa 80 % des Bedarfs über das Rapsölprodukt gedeckt werden, was einer Ackerfläche von nur 580 ha entspräche.

Ein weiterer Markt für native Öle ist der Bereich **Korrosionsschutzöl**. 3 000 t werden pro Jahr benötigt. Auch hier steigt der Einsatz von Pflanzenöl. Etwa 50 % des Bedarfs könnten durch Rapsöl gedeckt werden, wobei rund 1 400 ha benötigt würden.

Das für Betonverschalungen benötigte **Schalungsöl** mit einem jährlichen Bedarf von 7 500 t könnte ebenfalls zu 50 % durch Rapsöl ersetzt werden (3 400 ha). Entsprechende Produkte sind erst kürzlich auf den Markt gekommen.

Bei **Schmierfett** beginnt ebenfalls ein Markt für Pflanzenöl zu wachsen. Von der jährlich benötigten Menge von 30 000 t könnten nach Schätzungen der Mineralölindustrie 10 % mit nativen Ölen bereitgestellt werden, was einer Anbaufläche von 2 700 ha entspräche.

**Kompressorenöle** auf Pflanzenölbasis bieten u.a. in Kompressorgülleffässern Vorteile, da hier pro Minute etwa 40 bis 60 Tropfen Ölverluste auftreten. Zahlen über Bedarf und ersetzte oder ersetzbare Mengen sind nicht bekannt.

Eine Zusammenstellung der benötigten und substituierbaren Mengen an Schmierstoffen in der Bundesrepublik Deutschland und der resultierenden Anbauflächen gibt Tabelle 1 wieder.

Würden die möglichen Potentiale für Rapsöl im Schmierstoffbereich ausgenutzt, so könnte auf insgesamt 41 100 ha Rapsöl für Schmierstoffzwecke erzeugt werden. Dies entspräche etwa 10 % der derzeitigen Rapsanbaufläche in der Bundesrepublik.



Tab. 1: Verbrauch an wichtigen Schmierstoffen in der BRD;  
derzeit ersetzte und künftig ersetzbare Mengen

Art der Verwendung	Gesamtverbrauch [t/a]	davon pflanzliche Öle		
		derzeit [t/a]	mögl. Potential [t/a]	[ha/a]
Sägekettenöl	6 000	4 000	6 000	5 500
Hydrauliköl	145 000	480 <sup>1)</sup>	36 250	33 000
Melkmaschinenöl	800	50 <sup>1)</sup>	640	580
Korrosions- schutzöl	3 000	50 <sup>1)</sup>	1 500	1 360
Schalungsöl	7 500	beginnend	3 750	3 410
Schmierfett	30 000	beginnend	3 000	2 730

1) nur Angaben eines einzelnen Herstellers berücksichtigt  
Quellen: vertrauliche Mitteilung aus der Mineralölindustrie,  
eigene Berechnungen

#### 4. Pflanzenöl als Energieträger

##### 4.1 Pflanzenöl als Kraftstoff

Rapsöl erfüllt in fünf Punkten die Anforderungen der DIN-Norm für Dieselkraftstoffe nicht, wie der Vergleich in Tabelle 3 verdeutlicht.

Tab. 3: Normanforderungen an Dieselöl und entsprechende Kennwerte von Rapsöl und Rapsölmethylester RME (aus [2])

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

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

Die um den Faktor 10 höhere Viskosität (schlechtere Kraftstoffzerstäubung), die 5 - 10 Punkte unter dem Mindestwert von 45 liegende Cetanzahl (Zündwilligkeit) und der zwei- bis dreifach höhere Koksrückstand (0,2 - 0,3 %) sind vermutlich für die Bildung von Ablagerungen im Bereich der Zylinderbuchse,

der Kolben und der Ventile in konventionellen direkteinspritzenden 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 (z.B. Methanol, Äthanol u.a.) können mit Ausnahme der Dichte die Normanforderungen erfüllt werden (s. Tab.3, Sp. 6). Der Grenzwert der Filtrierbarkeit wird jeweils nur für die Sommermonate eingehalten, kann jedoch durch Zusatz von Additiven verbessert werden. Die Geruchsneutralität des Kraftstoffs, die hohen Flammtemperaturen, die gute biologische Abbaubarkeit und der geringe Schwefelgehalt (10 - 500 ppm) sprechen für den Einsatz der Pflanzenölkraftstoffe.

Mit Vorkammer-Dieselmotoren größeren Hubvolumens ist ein problemloser Betrieb mit nicht umgesetztem Pflanzenöl über mehrere tausend Betriebsstunden nachgewiesen [3]. Leistungs- und Verbrauchsmessungen sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Tab. 4: Versuche mit Rapsöl und Dieselöl als Kraftstoff mit indirekt einspritzenden Dieselmotoren und dem Elsbett-Dieselmotor (aus [2])

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

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

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

geführt. Meßergebnisse eines umgebauten Motors sind in Tabelle 5 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 2 310 min<sup>-1</sup>. Der Motorumbau erfolgte aus Forschungsmitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten.

Tab. 5: Motorleistung und Kraftstoffverbrauch eines Dieselmotors (DB OM 352 ATL) vor und nach der Umrüstung durch die Fa. Elsbett, Hilpoltstein

Kraftstoff	Drehzahl min <sup>-1</sup>	Leistung kW	spez. Verbrauch		Verbrauch l/h
			g/kWh	ml/kWh	
Dieselöl (vor U.)	2 600	91,8	235	285	26,1
	1 600	70	218	264	18,5
Rapsöl (nach U.)	2 600	91,8	270	293	26,9
	1 600	70	218	237	16,6

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

Tab. 6: Versuche mit Rapsölmethylester und Dieselöl als Kraftstoff in Dieselmotoren (aus [2])

Hersteller/ Zylinderzahl/ Einspritzung	max. Motorleistung			min. spezifischer Verbrauch			
	R.-öl kW	D.-öl kW	$\Delta P_{max}^1$ %	R.-öl g/kWh	D.-öl g/kWh	$\Delta b_{emin}^1$ in % (Gew.) (Vol.)	
Spalte 1	2	3	4	5	6	7	
Hatz/1/DI <sup>2,3</sup>	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 <sup>4</sup>	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 Rapsethyl-  
ester; 3) Werte bei ca. 75 % der max. Motorleistung; 4) Werte beziehen sich  
auf gemessene Zapfwellenleistung; T = Abgasturbolader;

Umgeestertes Rapsöl kann in Dieselmotoren auch derzeit schon verwendet werden. Änderungen der maximalen Motorleistung bewegen sich 5 - 10 % über und unter den Vergleichswerten mit Dieselbetrieb. Trotz der Erhöhung des minimalen spezifischen Kraftstoffverbrauchs um bis zu 17 % bleibt der maximale

Motorwirkungsgrad unverändert bzw. erhöht sich geringfügig, wie aus Tabelle 6 ersichtlich wird.

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

#### 4.2 Pflanzenöl 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 - 37,4 MJ/kg einen 11 - 15 % zu geringen Heizwert auf. Die Viskosität und der Koksrückstand überschreiten bei Rapsöl als Brennstoff die vorgegebenen Grenzwerte um das zwölf- bzw. 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 Rapsölanteils bis auf 20 % notwendig werden. Ein Gemisch aus Rapsöl und Diesel- bzw. Heizöl bleibt homogen. In reiner Form konnte Rapsöl mit einem Brenner für "mittelschweres" Heizöl M und Brennstoffvorwärmung auf 90 - 100 °C verbrannt werden. Bei allen Versuchen waren mit 12 - 13 Vol.-% CO<sub>2</sub>-Gehalt gleichhohe Werte wie bei Heizöl zu messen und etwas geringere Schadstoffemissionen.

#### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen der Agrarmarktentlastung, aber auch als Beitrag zur Bereitstellung von Rohstoffen und Energieträgern sowie zur Abmilderung des CO<sub>2</sub>-Anstieges in der Erdatmosphäre sollten Pflanzenöle vermehrt in den Bereichen Industrierohstoffe, Schmierstoffe und Energieträger eingesetzt werden.

Die Bereitstellung der Öle ist aus der Lebensmitteltechnik weitgehend bekannt, für die Pressung spezieller Ölsaaten mit geringem Mengenaufkommen ist es jedoch erforderlich, adäquate Kleinanlagen zu entwickeln bzw. bestehende Techniken zu verbessern.

Die in der Bundesrepublik als Industrierohstoff benötigten Mengen dürften sich in nächster Zeit geringfügig ausdehnen.

Die größte Dynamik ist derzeit auf dem Markt für Schmierstoffe aus Pflanzenöl zu beobachten. Sowohl die Produktpalette als auch die abgesetzten Mengen wachsen stark an. Die hohe biologische Abbaubarkeit dieser Produkte führt vor allem in Wasserschutzgebieten zu einem stark zunehmenden Einsatz. Einhergehend mit Freigaben seitens der Aggregatehersteller wird die Akzeptanz dieser Öle und Fette und damit die abgesetzte Menge weiter ansteigen.

Der Einsatz von Pflanzenöl als Treibstoff für Dieselmotoren ist entweder im direkt einspritzenden Spezialmotor oder in großvolumigen Vorkammermotoren oder aber in umgeesterter Form in serienmäßigen Dieselmotoren möglich.

Auch als Heizölersatz ist Pflanzenöl geeignet. In Zerstäubungsbrennern für extra leichtes Heizöl können je nach Brennerbauart bis zu 20 bzw. 50 % Rapsöl dem Heizöl beigemischt werden. In Brennern für mittelschweres und für schweres Heizöl ist der Betrieb mit 100 % Rapsöl möglich.

Es bleibt zu hoffen, daß die Politik die agrar-, energie- und umweltpolitischen Gesichtspunkte erkennt und rechtzeitig entsprechende Maßnahmen ergreift.

6. Literatur

- 1 Agra Europe: Heft 22/89, 29. Mai 1989
- 2 Apfelbeck, R.: Raps als Energiepflanze - Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung. Dissertation, Institut für Landtechnik TU-München/Weihenstephan 1989
- 3 Fuls, J.; C.S. Hawkins; F.J.C. Hugo:  
Traktor Engine Performance on Sunflower Oil Fuel. - In:  
Journal of Agricultural Engineering Research, Vol. 30, p.  
20 - 35, 1984
- 4 Heidrich, E.; R. Schäfer:  
Einfluß und Nutzung von Biomasse als Energieträger auf  
die arbeitswirtschaftliche Lage, die Energiesituation  
und die Agrarmarktprobleme der Europäischen Gemein-  
schaften. Endbericht zum Vorhaben ESE-R-065-D (B) Studiel/1;  
Freising/Weihenstephan 1984
- 5 Henze, A.: Zukunft des Rapsmarktes; Vortrag anläßlich des 1.  
Semundo Rapssymposiums; 01. Juni 1988, Hamburg
- 6 Kleinhanss, W.: Alternative Landnutzung für die Produktion von Biomasse  
für Energieträger und chemisch technische Grundstoffe;  
FAST-Studie Nr. 187; EG-Kommission;  
Brüssel 1987
- 7 N.N.: Agrarbericht 1989. Agrar- und ernährungspolitischer  
Bericht der Bundesregierung.
- 8 Röbbelien G.: Chancen für Produktion und Verwendung pflanzlicher Öle;  
DLG-Manuskript Nr. 078; Frankfurt 1988
- 9 Vereinigung industrielle Kraftwirtschaft:  
Statistik der Energiewirtschaft 1986/87; Essen 1987
- 10 Widmann, B.: Gewinnung und Reinigung von Rapsöl - Untersuchungen an  
einer Kleinanlage;  
Diplomarbeit, Freising/Weihenstephan 1988
- 11 Zoebelien, H.: Stand und Perspektiven der nachwachsenden Rohstoffe; 1986



## Veröffentlichungen der Landtechnik Weihenstephan 1989

- APFELBECK, R.: Nutzungsmöglichkeiten von Biomasse als Energiequelle in der Welt und in Westeuropa - Verbrennung und Kraftstofferzeugung. In: PROCESNA TEHNIKA I ENERGETIKA U POLJOPRIVREDI, 28.01 - 04.02.1989 Donjo Milanovac, Jugoslawien, S. 57 - 65
- APFELBECK, R.: Dieses Öl läuft wie geschmiert. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, 179 (1989), H. 40 S. 21-22
- APFELBECK, R.: Energy Production from Rape. In: Proceedings zu "International Conference ALTERNATIVE ENERGY SOURCES TODAY AND FOR 21st CENTURY" 5. - 8. October 1988, Brioni (YU ISBN86-80991-02-3), S. 287 - 294
- APFELBECK, R.: Technical Improvement of Systems for Harvest, Transport, Storage and Dehydration of Wood and Straw for Energy under Consideration of Economical Aspects. In: Proceedings of the 5th European Conference Biomass for Energy and Industries. 9 - 13 Oktober 1989, Lissabon - Portugal -In Druck-
- AUERNHAMMER, H.: Schlepperelektronik und Bordcomputer In: Schleppertechnik, Markt- und Betriebsmanagement, Landwirtschaftliches Unternehmerseminar Gut Schlüterhof, Heft 11, Freising 1988, S. 90 - 114
- AUERNHAMMER, H.: Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft - Möglichkeiten und Grenzen. Landwirtschaftsblatt Weser-Ems 1988, Nr. 51, S. 14-18
- AUERNHAMMER, H.: "MB-trac im Dienste der Wissenschaft" - Weihenstephan trac aktuell, Trac-Technik Gaggenau, April 89, S. 3
- AUERNHAMMER, H.: Produktionstechnik in der Veredlungswirtschaft. Kontrollierte Produktion - Kontrolle durch Computer. Pressemitteilung der DLG zur Eröffnung der Ausstellung Huhn & Schwein am 21.6.89 in Hannover
- AUERNHAMMER, H.: Universaltraktor oder Spezialmaschine. Der Förderdienst 37 (1989), H. 8, S. 223 - 229
- AUERNHAMMER, H.: Methodische Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung und Beurteilung der Arbeitsbelastung. Bay. Landw. Jahrbuch 66 (1989), H.3, S. 321 - 330
- AUERNHAMMER, H.: The German Standard for Electronical Tractor Implement Data Communication. AGROTIQUE 89, proceedings of the second international conference, Bordeaux (Frankreich) 1989, S. 395 - 402
- AUERNHAMMER, H., M. DEMMEL, J. ROTTMEIER: Gewichtsermittlung und Wegmessung am Traktor für eine verbesserte Applikationstechnik bei Dünger und Pflanzenschutz. Proceedings of the eleventh International Congress on Agricultural Engineering, Dublin 1989, Vol. 3, S. 2143 - 2149
- AUERNHAMMER, H., H. PIRKELMANN: Verfahrenstechnische Einordnung der ganzjährigen Silagefütterung Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan, Weihenstephan 1988, Nr. 3, S. 73 - 81

- AUERNHAMMER, H., X. ZENGER: Möglichkeiten zur Überwachung der Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung. Proceedings of the eleventh International Congress on Agricultural Engineering, Dublin 1989, Vol. 2, S. 901 - 907
- AUERNHAMMER, H.: Der Schlepper in der Landwirtschaft - gestern, heute, morgen Landtechnik 44 (1989) Sonderheft S. 363-365
- AUERNHAMMER, H.: Stand der Normung bei der mobilen Agrarelektronik. VDI-Landtechnik, 1989, Köl, S. 109-111
- BLUDAU, D. A.: Sweet Sorghum for Ethanol Production, Proceedings zu "International Conference ALTERNATIVE ENERGY SOURCES TODAY AND FOR 21st CENTURY" 5. - 8. October 1988, Brioni (YU ISBN86-80991-02-3), S. 295-300
- BLUDAU, D. A.: Harvest and Storage of Sweet Sorghum. In: Proceedings of the 5th European Conference Biomass for Energy and Industries. 9 - 13 Oktober 1989, Lissabon Portugal
- BOXBERGER, J.: Auswirkungen von Abruffütterungsanlagen auf das Verhalten von tragenden Sauen und Milchkühen. Landtechnik 44 (1989), Sonderheft S. 390-393.
- BOXBERGER, J.: Steuerung für die Flüssigfütterung. Schwäbischer Bauer, 41, (1989) H., S. 22-23. Badisches Landw. Wochenblatt, 157, (1989) H. 5, S. 23-24. Württembergisches Wochenblatt für Landwirtschaft, 156, (1989) H. 5, S. 23-24. Badische Bauernzeitung, 42, (1989) H. 5, S. 24-25.
- BOXBERGER, J.: Computer in der Schweinefütterung - nur so gut wie das schwächste Glied. Bayer. Landw. Wochenblatt, (1989) 179, H. 15, S. 32-33.
- BOXBERGER, J., KEMPKENS, K.: Wie ist Komfort zu bewerten. DLG-Mitteilungen, 103, (1989) H. 21, S.1108-1110.
- BOXBERGER, J., LEHMANN, B.: Abruffütterung für tragende Sauen - eine tiergerechte Lösung? Bayer. Landw. Jahrbuch, 66, (1989) Sonderheft 1, S. 87-96.
- BOXBERGER, J., LEHMANN, B.: Signale (Tiererkennung bei der Sauenabruffütterung. Agrarpraxis, H. 6, (1989) S. 34-36.
- BOXBERGER, J.: Einfluß der Ausbringetechnik von Flüssigmist auf die Höhe der Ammoniakemissionen. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S. 96-98
- DEMMELE, M.: Das Mähwerk bestimmt die Schlepperleistung. Ergebnisse der Wochenblattumfrage zum Einsatz von Grünlandschleppern. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 179 (1989) H. 19, S. 44 - 45.
- DEMMELE, M., H.L. WENNER: Elektroenergiebedarfsgleichungen für landwirtschaftliche Produktionsverfahren. Proceedings of the 11. International Congress on Agricultural Engineering, Dublin, 4. - 8. September 1989, Band 4, S. 2325 - 2330



- DEMME, M., T. MUHR, H. AUERNHAMMER: Untersuchungen an Radar- und Ultraschallsensoren zum Einsatz für die berührungslose Wegemessung in der Landwirtschaft. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S. 180-182
- ENGLERT, G.: Silofolien und -abdeckungen sowie Schutzmaßnahmen bei Beton-Flachsilos. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan Nr. 3/1988 "Vorträge zur Jahrestagung 1988". Freising: Landtechnik Weihenstephan 1988, S. 53 - 63
- ENGLERT, G.: Im Silo zeigt Beton Schwächen. Bayer. Landw. Wochenblatt 179 (1989) Nr. 10, S. 45/46/88
- ENGLERT, G.: Praxisuntersuchungen zum Einsatz von zementgebundenen Holzspanplatten als Wandverkleidung von Ställen. Landtechnik 44, (1989) Sonderheft S. 397 - 398
- ENGLERT, G., J. NEUHAUSER: Korsett für die Silage. Bayer. Landw. Wochenblatt 179, (1989) Nr. 22, S. 15/16
- ENGLERT, G., J. NEUHAUSER: Lichtplatten aus Kunststoff. top agrar, (1989) Nr. 3, S. 146 - 151
- ESTLER, M.: Variable Arbeitsbreite beim Pflug - Werbeargument oder sinnvoll nutzbare Technik? - Landtechnik 44 (1989), H. 1, S. 28 - 30
- ESTLER, M.: Taugliche Geräte für die Mulchsaat. - Agrar-Übersicht 40, (1989) H. 2, S. 10 - 13
- ESTLER, M.: Mechanische Unkrautbekämpfung - wo, wann und wie? - Landwirtschaftsblatt Weser-Ems 136 (1989), H. 7, S. 24 - 27
- ESTLER, M.: Kombinierte mechanisch-chemische Unkrautbekämpfung bei Mais. Agrartrend (1989), H. 4, S. 29 - 31
- ESTLER, M.: Mais umweltgerecht anbauen. - DLG-Mitteilungen 104 (1989), H. 5, S. 219
- ESTLER, M.: Mechanische Unkrautpflege im Aufwind. - Landtechnik 44 (1989), H. 5, S. 189 - 190
- ESTLER, M.: Technik der Bodenbearbeitung - gezogene Geräte. RKL-Schriftenreihe 1989, Gruppe 4.1.1.1.0, S. 391 - 434
- ESTLER, M.: Mechanizacja uprawy kukurydzy. - Kukurydza (Polen) 1989, H. 1, S. 8 - 10
- ESTLER, M.: Erosionsmindernde Bestellverfahren für Reihenfrüchte. Proceedings CIGR-Kongreß Dublin/Irland 1989, Band 1, S. 749 - 756
- ESTLER, M., E. DOHNE: Technik der Bodenbearbeitung und Getreidebestellung. AID-Schriftenreihe 1989, H. 1026
- ESTLER, M., R. RINGEL: Durchsatz, Leistungsbedarf und Schrotfeinheit bei ausgewählten CCM-Zerkleinerungssystemen. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S.137-141

- GEYER, H., HÖRTER, T.: Naß- und Trockenreinigung von Gemüse.  
Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung, 74, (1989), Nr. 4, S.  
129 - 133
- Haidn, B., K. KEMPKENS: Spaltenböden für Rinder. - Bauen für die Landwirt-  
schaft (1989), H. 2, S. 4 - 6
- Haidn, B., H. AUERNHAMMER: Arbeitswirtschaftliche Beurteilung verschiedener  
Haltungs-, Fütterungs- und Entmistungsverfahren in der Zuchtsauenhal-  
tung. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S. 48-51
- KEMPKENS, K.: Die Folgen des Computereinsatzes für Mensch und Tier am Bei-  
spiel der Abruffütterung bei Kühen. In: Sommer, H. u. Anderson:  
Technische Entwicklungen in der Nutztierhaltung - Ihr Einfluß auf  
Verhalten, Leistung und Gesundheit. 7. Tagung der Internationalen  
Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN), 16./17. Feb. 1989, Bonn.
- LEHMANN, B.: The ban of permanent single housing of sows and its ethological  
effects. 40th Annual Meeting of the EAAP, Dublin, 27-31 August 1989,  
Summaries, Vol I, S. 469.
- LEHMANN, B., BOXBERGER J.: Abruffütterung für tragende Sauen, eine tierge-  
rechte Lösung? Aktuelle Arbeiten zur artgemäßen Tierhaltung 1988.  
KTBL-Schrift 336, Münster Hiltrup 1989, S.123-131.
- LEHMANN, B., KIRCHNER, M.: Selbstbedienung für Sauen. DLG-Mitteilungen 103  
(1988), H. 24, S. 1275-1276.
- LEHMANN, B., J. BOXBERGER: Verhalten von Sauen bei Abruffütterung  
VDI-Landtechnik, 1989, Köln. S. 127-130
- MITTERLEITNER, J.: Fast alle bieten Neuigkeiten - Bewegungen im Rundbal-  
lenpressen-Angebot. Agrar-Übersicht 40 (1989) H. 5, S. 14 - 17
- MITTERLEITNER, J.: Auf langen Strecken zu Hause - Großpacken für Heu, Stroh,  
Silage. Agrar-Übersicht 40 (1989) H 6, S. 10 - 12
- MITTERLEITNER, J., H. SCHULZ: Erhebung von Daten an Praxis-Biogasanlagen.  
Endbericht zum Forschungsvorhaben der Schweisfurth-Stiftung München,  
März 1989, 149 Seiten
- PIRKELMANN, H.: Fütterungsanlagen für Milchviehställe - mechanisiert und  
computergesteuert. agrar praxis 104 (1988), H. 11, S. 58 - 60
- PIRKELMANN, H.: Milch aus dem stählernen Euter. Mit dem Tränkeautomat Auf-  
zucht-kosten senken. Bayer. Landw. Wochenblatt 178 (1988), H. 49,  
S. 13 - 14
- PIRKELMANN, H.: Siliertechnische Maßnahmen zur Verbesserung der Silagequa-  
lität im Fahrsilo. Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan  
(1988), H. 3, S. 64 - 72
- PIRKELMANN, H.: Silageentnahme aus Flachsilos zur Rinderfütterung. DLG-Merk-  
blatt (1989), Nr. 269
- PIRKELMANN, H.: Neues Silierverfahren für Futterrüben mit Blatt. die milch-  
praxis 27 (1989), H. 1, S. 40 - 43

- PIRKELMANN, H.: Leistungsgerechte Fütterungstechnik für Grundfutter. die milchpraxis 27 (1989), H. 1, S. 36 - 39
- PIRKELMANN, H.: Neues Silierverfahren für Futterrüben. Badische Bauernzeitung 42 (1989), H. 13, S. 36 - 40
- PIRKELMANN, H.: Mehr Mut zum Laufstall. Reiter und Pferde in Westfalen 14 (1989), H. 4, S. 66 - 68
- PIRKELMANN, H.: Vergleich zwischen ganzjähriger Silagefütterung und Sommergrasfütterung im Stall. Schule und Beratung (1989), H. 2, S. IV - 7
- PIRKELMANN, H.: Mehr Auslauf für die Pferde - weniger Arbeit für die Reiter. top agrar, (1989) H. 4, S. 62 - 65
- PIRKELMANN, H.: Technik der Silagebereitung im Flachsilo. Schule und Beratung (1989), H. 5, S. II 17 - 21, H. 6, S. II 10 - 14, H. 7/8, S. II 17 - 18
- PIRKELMANN, H., S. MAURITZ: Hochwertiges Grundfutter - Futterrüben einsilieren. agrar praxis (1989), H. 9, S. 78 - 80
- PIRKELMANN, H.: Technik der Grundfuttermulde - Spart Zeit und Geld. agrar praxis (1989), H. 9, S. 82 - 83
- PIRKELMANN, H., G. WENDL: Ergebnisse zur computergesteuerten, leistungsabhängigen Gruppen- und Einzeltierfütterung in der Milchviehhaltung. Proceedings of the 11th CIGR-Congress in Dublin vom 4.-8.9.89, Band 2, S. 893 - 899
- PIRKELMANN, H., G. WENDL: Elektronikeinsatz zur leistungsbezogenen Milchviehfütterung. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 383 - 387
- REUSS, M.: Erfahrungen mit Kollektorabdeckungen aus verschiedenen Kunststoffen. KTBL-Arbeitspapier 134. Mit Kunststoffen auf neuen Wegen im Landbau. Hrsg.: KTBL Darmstadt (1989), S. 51 - 59
- REUSS, M.: ISES Solar World Congress 1989 Kobe, Japan. Ein Erfahrungsbericht. In: CCI Heft 13, Promoter Verlag Karlsruhe, Nov. 1989
- REUSS, M., LUYKEN, J., SCHULZ, H., B. WAGNER: Untersuchungen zur saisonalen Speicherung von Niedertemperaturwärme im Erdboden. In: Thermische Energiespeicherung, BMFT Statusbericht (1989), S. 345 - 359
- REUSS, M., SCHMALSCHLÄGER, T., U. LUBOSCHIK: Solar-Trockner mit natürlicher Konvektion. Sonnenenergie 14 (1989) H. 2, S. 2 - 6
- REUSS, M., SCHULZ, H., B. WAGNER: Design and Construction of a Solar Assisted Heat Pump and Ground Coupled Storage with Vertical Heat Exchangers for Space Heating of a Two-Family House with Adjoined Office Building and Factory Hall. Proceedings of the 3rd CEC-IEA Workshop on Solar Assisted Heat Pumps with Ground Coupled Storage. Hrsg.: Jan-Olof Dalenbäck, Chalmers University of Technology Göteborg, Schweden, (1989), 13 Seiten

- REUSS, M., SCHULZ, H., B. WAGNER: A Solar Assisted Heatpump with Ground Coupled Storage. Book of Abstracts, Clean and Safe Energy Forever. ISES Solar World Congress, Sept. 1989, Kobe, Japan, Seite 539
- REUSS, M., SCHUERZINGER, H., H. SCHULZ: Practical Applications of Photovoltaics in Agriculture and Horticulture. Book of Abstracts, Clean and Safe Energy Forever. ISES Solar World Congress, Sept. 1989, Kobe, Japan, Seite 88
- REUSS, M., H. SCHULZ: Combined Solar Air and Water Heating for Agricultural Applications. Book of Abstracts, Clean and Safe Energy Forever. ISES Solar World Congress Sept. 1989, Kobe, Japan, Seite 475
- REUSS, M., SCHULZ, H., BLUMENBERG, J., MAHR, M., LUBOSCHIK, U., P. SCHALAJDA: Investigation of a Solar Convection Dryer. Book of Abstracts, Clean and Safe Energy Forever. ISES Solar World Congress, Sept. 1989, Kobe, Japan, Seite 617
- RITTEL, L.: Getreideflachlager selbst gebaut. Top agrar, (1989), H. 4, S. 138 - 142
- RITTEL, L.: Kosten sparen bringt sofort Geld. DLG-Mitteilungen 104 (1989), H. 8, S. 402 - 409
- RITTEL, L.: Im August ist nicht Getreidezeit. Bayer. Landw. Wochenblatt 179 (1989), H. 23, S. 14 - 16
- RITTEL, L.: Ein Traktor zu viel, ein Stapler zu wenig. Top agrar, (1989), H. 6, S. 70 - 72
- RITTEL, L.: Der kleine Laufstall groß im Kommen? Bayer. Landw. Wochenblatt 179 (1989), H. 34., S. 26 - 29, H. 35, S. 26, H. 37, S. 13 - 15, H. 38, S. 24
- RITTEL, L.: Unterdachtrocknung in Heubergehallen, kostensparende Solarenergie. Agrar Praxis, (1989), H. 9, S. 36 - 38
- RITTEL, L.: Kleine Laufställe. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 398 - 400
- SCHULZ, H.: Luftkollektor aus Kunststoffgewebe für die Landwirtschaft. Sonnenergie und Wärmepumpe (1988), H. 4, S. 9 - 12, erschienen März 1989
- SCHULZ, H.: Der Savonius Rotor - eine Bauanleitung. Ökobuch Verlag Staufen 1989, 77 Seiten
- SCHULZ, H.: Neue Wege beim Silieren - das Folienwickelverfahren. KTBL-Arbeitspapier 134, Berichte der Jahrestagung der Gesellschaft für Kunststoffe in der Landwirtschaft 1988 in Triesdorf, erschienen Juli 1989, S. 41 - 50
- SCHULZ, H.: Einsatz der Photovoltaik im ländlichen Raum. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 402 - 405
- SCHULZ, H.: Sonnenenergie, Windkraft, Biogas. Sonderheft Landtechnik 44, (1989), S. 401 - 402

- SCHURIG, M.: Experimental Results on a Prototype Roller Macerator ASAE Paper-No. 89/1062, St. Joseph, Mi. USA
- SCHURIG, M.: Neuere Möglichkeiten der Mähgutaufbereitung. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 381 - 382
- SCHURIG, M.: Beurteilung von Mähdrescherschneidwerken zur Ernte von Erbsen. Veröffentlichung der Vorträge "Mechanisierung der Prozesse der Getreideproduktion". Martin-Luther-Universität Halle, Sektion Pflanzenproduktion, Okt. 1989
- SCHURIG, M., G. ROEDEL: Ein neues Bodenprobeentnahmesystem. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S. 177-179
- STREHLER, A.: Biomass Combustion Technologies, Heat from Straw and Wood. CNRE Guideline NO 1, FAO-Rom, 1989, 1485.
- STREHLER, A.: Kostengünstige Getreidelagerung auf dem landwirtschaftlichen Betrieb. Landtechnik 44, (1989), H.6 S. 221-223
- STREHLER, A.: Möglichkeiten landwirtschaftlicher Energieträgerproduktion. Landtechnik 44, (1989), H. 5, S. 178-180
- STREHLER, A.: Stroh- und Holzfeuerung zur Wärmeengewinnung BWK-Brennstoff, Wärme, Kraft 41, (1989), Nr. 3, S. 113-119
- STREHLER, A., R. APFELBECK, B. WIDMANN: Raps als Energieträger. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 406-410
- STREHLER, A., R. APFELBECK, D. A. BLUDAU, B. A. WIDMANN: Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre - Bereich nachwachsende Rohstoffe; Studie für die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages; Landtechnik Weihenstephan 1989
- STREHLER, A., R. APFELBECK, D. A. BLUDAU, A. GRIMM: Nachwachsende Rohstoffe: Elefantengras auf die Felder. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 178 (1988), H. 40 S. 32-33
- STREHLER, A., R. APFELBECK, D. A. BLUDAU A. GRIMM: Nachwachsende Rohstoffe: Diesel vom eigenen Acker. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt 178 (1988), H. 41 S. 32-33
- WAGNER, B., SEGAL, I., ARBEL, A. (1989): Feasibility Study of Long Term Storage of Low Enthalpy Energy in the Arid Zones of Israel. Proc. 2nd. World Congress on Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning-Clima 2000 in Sarajewo, 4, 152-159
- WENDL, G.: Hardware-Ausrüstungen für den landwirtschaftlichen Betrieb. Landwirtschaftliches Unternehmer-Seminar Gut Schlüterhof, Heft 11: Schleppertechnik, Markt- und Betriebsmanagement, Freising 1988, S. 192 - 218
- WENDL, G.: Reparaturkostenuntersuchungen an Ackerschleppern. Grundlagen der Landtechnik 39 (1989), Nr. 1, S. 17 -21
- WENNER, H.L., H. AUERNHAMMER, M. DEMMEL: Elektroenergiebedarf rechnergestützter Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft. Landtechnik 44 (1989), H. 2, S. 73 - 76

- WENNER, H.-L., H. AUERNHAMMER, M. DEMMEL: Elektroenergiebedarf rechnergestützter Produktionsverfahren in der Innenwirtschaft. Bay. Landw. Jahrbuch 66 (1989), H.3, S. 347 - 353
- WENNER, H.-L., LEHMANN, B.: Das Verhalten von Sauen bei Abruffütterung. Proceedings of the 11th international congress on agricultural engineering, Dublin, 4. bis 8. September 1989, Vol. 2, S. 831-836.
- WIDMANN, B. A.: Fundamental Research to develop a Standard for Fuel Quality of Rape Seed Oils and Esters; proceedings of 5th European Conference "Biomass for Energy and Industry"; Lissabon 1989 -in Druck-
- ZEISIG, H.D.: Nutzung von Solarenergie zur Unterdachtrocknung in Heubergehalten. Vorträge zur Jahrestagung 1988, Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan (Hrsg.), (1988), H. 3, S. 19 - 36
- ZEISIG, H.D.: Dimensionierungsgrundlagen der Porenlüftung. Referateband zum 1. internat. Symposium über Porenlüftung an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft. Landtechnische Schriftenreihe des ÖKL, Wien, (1989), H. 156, S. 107 - 126
- ZEISIG, H.D., L. RITTEL: Solare Trocknung von Heu in speziellen Heubergehalten. Abschlußbericht zum Vorhaben SE 091/84 der Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion Energie - in Druck -
- ZEISIG, H.D., L. RITTEL: Solar hay drying in specially constructed hay storage halls. Final Report on SE 091/84 of the Commission of the European Community - in Druck -
- ZEISIG, H.D.: Reduzierung von Emissionen, insbesondere Ammoniakemissionen aus der Abluft von Intensiv-Tierhaltungen. Landtechnik 44, (1989), Sonderheft S. 393 - 395
- ZEISIG, H.D.: Dimensionierungsgrundlagen der Porenlüftung. VDI-Landtechnik, 1989, Köln, S. 52
- ZENGER, X.: Der Computer-Arbeitsplatz im landwirtschaftlichen Betrieb. DLG-Merkblatt Nr. 270

## Disertationen 1989

- APFELBECK, R.: Raps als Energieträger - Verwertung von Rapsöl und Rapsstroh zur Energiegewinnung.
- KEMPKENS, K.: Der Einfluß von Kraftfutterabruffütterung und Grundfuttervorlage auf das Verhalten von Kühen im Liegeboxenlaufstall.
- RINGEL, R.: Zerkleinerungstechniken für Maiskorn-Spindel-Gemisch. Auswirkungen von ausgewählten Zerkleinerungssystemen und Stoffeigenschaften des Erntegutes auf Durchsatz, Leistungsbedarf und Schrotfeinheit.

## Diplomarbeiten 1989

- BEHR, T.: Einsatz eines Tabellenkalkulationsprogrammes zur Modellkalkulation des Elektroenergiebedarfes landwirtschaftlicher Arbeitsverfahren
- BURGER, T.: Der überbetriebliche Einsatz von Mähdreschern und Feldhäckslern in Bayern
- EDER, D.: Maßnahmen zur Verminderung der Bodenerosion beim Maisanbau durch Pflanzenmulch
- FÜHRMANN, M.: Untersuchung der Speicherung von Wärmeenergie in einem Wasser-Schichtspeicher
- HAIDER, J.: Vergleich eines an der Oberfläche belassenen und eingearbeiteten Weizenstrohmulches zur Kontrolle von Wassererosion
- HANK, K.: Einsatz der Netzplantechnik zur landwirtschaftlichen Verfahrensplanung mit dem Personalcomputer
- HELMSTREIT, B.: Ernteverfahren bei Kernobst
- KERN, Ch.: Elektronische Systeme zur Identifizierung von landwirtschaftlichen Nutztieren - gegenwärtiger Stand der Entwicklung und Einsatzmöglichkeiten in Westeuropa und Australien/Neuseeland
- MUHR, T.: Vergleich von berührungslos arbeitenden Geschwindigkeitsensoren für die Landwirtschaft
- PIENDL, F.: Arbeitsbelastung und Streß in der Landwirtschaft
- SCHNEIDER, J.: Verfahrenstechnik bei der Speisezwiebelproduktion

- STANGL, F.: Klimasteuerung in Broilerställen
- UFFINGER, R.: Ermittlung von Kenndaten der Stationsbelegung und des Arbeitsaufwands bei Abruffütterungsanlagen für Zuchtsauen
- WISER, F. von: Die Konzeption des Ackerschleppers aus dem Blickwinkel der Bodenbearbeitung

In Zusammenarbeit mit anderen Instituten von der Landtechnik Weihenstephan betreute Diplomarbeiten 1989

- Böttler, T. Konstruktion und Bau eines Herter-Rotor Prototypen mit schwenkbaren Rotorblättern und die anschließende Vermessung im Prüffeld
- Dietrich, I. Einsatzmöglichkeiten der Solartechnik in der Landwirtschaft Argentiniens
- Kiese, G. Aufbau und Inbetriebnahme einer Pilotanlage für die solare Trocknung mit natürlicher Konvektion
- Kordick, H.P. Konstruktion und Bau eines Herter-Rotor Prototypen mit schwenkbaren Rotorblättern und die anschließende Vermessung im Prüffeld
- Luyken, J. Projektierung eines energiesparenden Heizsystems mit Dieselmotorwärmepumpe, Dachabsorber und Erd-Wärmespeicher



In der Schriftenreihe der Landtechnik Weihenstephan sind  
bisher erschienen:  
(mit \* gekennzeichnete Hefte sind vergriffen)

- 1/1973\* Zeisig, H.D. und Kreitmeier, J.: Ablufthauben zur Verminderung der Immissionen aus der Stallluft; 9 Seiten
- 15/1973\* .....: Jahrestagung 1973; Vortragsmanuskripte, 213 Seiten
- 1/1974\* Stanzel, H.: Untersuchungen zur Verbesserung der Maisbestelltechnik; 128 Seiten
- 2/1974\* Whitaker, J. und Zeisig, H.D.: Collection of Samples of Odorous Air from Stables; 14 Seiten
- 3/1974\* Schön, H. und Pen, C.L.: Arbeitswirtschaftliche Simulation verschiedener Melkverfahren;
- 4/1974\* Hamm, A. und Scherb, K.: Biologisch aerober Abbau in Verbindung mit Mineralisierung des Kot-Harn-Gemisches; 25 Seiten
- 5/1974\* Pirkelmann, H.: Lagern von Flüssigkeit in abgedichteten Erdbecken; 10 Seiten
- 6/1974\* Strehler, A.: Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermaistrocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten; 235 Seiten, Dissertation
- 7/1974\* Schulz, H. und Perwanger, A.: Ergebnisprotokoll über Möglichkeiten und Probleme der Strohverwertung; 26 Seiten
- 8/1974\* .....: Jahrestagung 1974; Vortragsmanuskripte, 126 Seiten
- 1/1975\* Schulz, H. und Pirkelmann, H.: Flach- und Foliensilos, Strohverwertung; 101 Seiten
- 2/1975\* Zeisig, H.D. und Langenegger, G.: Geruchs-beseitigung bei der Förderung, Lagerung und Ausbringung von Flüssigmist; 59 Seiten
- 3/1975\* Langenegger, G. und Zeisig, H.D.: Die Pumpfähigkeit von Flüssigmist, 24 Seiten
- 4/1975\* .....: Jahrestagung 1975; Vortragsmanuskripte, 142 Seiten
- 1/1976\* Auernhammer, H. und Reinholz, J.: EDV-Programmbibliothek, 39 Seiten
- 2/1976\* Lasson, E.: Untersuchungen über die Anforderungen von Rindern an die Wärme- und Härteeigenschaften von Stand- und Liegeflächen; 180 Seiten, Dissertation
- 3/1976\* Metzner, R.: Kennwerte für tiergemäße Versorgungseinrichtungen des Kurzstandes für Fleckviehkühe; 213 Seiten, Dissertation
- 4/1976\* .....: Tätigkeitsbericht 1976; 158 Seiten
- 1/1977\* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Franzspeck, J.: Untersuchungen über Erdfilter zur Verringerung der Geruchsbelastigung aus Tierhaltungen; 50 Seiten
- 2/1977\* Strehler, A. und Hofstetter, E.M.: Untersuchungen über verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh; 193 Seiten
- 3/1977\* .....: Tätigkeitsbericht 1977; 139 Seiten
- 1/1978\* Strehler, A.: Studien über zur Hochdruckverdichtung geeignete pflanzliche Reststoffe aus der Landwirtschaft und dem Kommunalbereich, 73 Seiten
- 2/1978\* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Langenegger, G.: Ozonbehandlung von Gülle zur Verringerung der Geruchsbelastigung aus Tierhaltungen, 34 Seiten
- 3/1978\* Grimm, K., Rödel, G. und Beck, A.: Ein neues Verfahren zur Gewinnung und Verwertung des Maiskolbens in der Schweine- und Rinderhaltung, 2. Folge, 82 Seiten
- 4/1978\* Pirkelmann, H. und Wendling, F.: Untersuchungen zur Zuteilgenauigkeit des Volumendosierers bei Kraftfutter in der Milchviehfütterung, 33 Seiten
- 5/1978\* Schulz, H., Heins, F., Hofstetter, E.M., Koller, G. und Mittrach, B.: Energie; 64 Seiten
- 6/1978\* Perwanger, A. und Burgstaller, G.: Strohverwertung; 34 Seiten
- 7/1978\* .....: Tätigkeitsbericht 1978; 155 Seiten

- 1/1979\* Strehler, A., Perwanger, A., Mitterleitner, H. und Hofstetter, E.M.: Stroh- und Holzaufbereitung einschließlich Ermittlung geeigneter Trocknungsverfahren; 123 Seiten
- 2/1979\* Zeisig, H.D., Kreitmeier, J. und Holzer, A.: U-V-Bestrahlung von Stallluft in der Schweinemast; 39 Seiten
- 3/1979\* Strehler, A., Hofstetter, E.M.: Untersuchungen über verschiedene Möglichkeiten der Energiegewinnung aus Stroh; Endbericht zum Forschungsvorhaben ET 4117 A, 167 Seiten
- 4/1979\* .....: Tätigkeitsbericht 1979, 117 Seiten
- 1/1980\* Worstorff, H., Prediger, A., Stanzel, H. und Schulz D.: Ringelektrodengeber zur Milchmengenmessung; 22 Seiten
- 2/1980\* Zeisig, H.D., Holzer, A. und Kreitmeier, J.: Anwendung von biologischen Filtern zur Reduzierung von geruchsintensiven Emissionen; Forschungsbericht 80-1040 33 82 UBA, 100 Seiten
- 3/1980\* Hennlich, W.: Mikroflora in Flüssigmist als Parameter zur Beurteilung der Wirksamkeit desodorierender Maßnahmen; Dissertation Weihenstephan, 196 Seiten
- 4/1980\* Strehler, A., Hofstetter, E.M. und Heins, F.: Energiegewinnung aus Stroh; Forschungsbericht zum Vorhaben 408-77-10 ESD, 320 Seiten
- 1/1981\* .....: Tätigkeitsbericht 1980, 68 Seiten
- 2/1981\* Schulz, H., Boxberger, J., Hammer, K. und Perwanger, A.: Gülle-Biogas, 75 Seiten
- 3/1981\* .....: Tagungsbericht von der 2. LKS-Informationstagung, 06.10.1980, 92 Seiten
- 4/1981\* .....: Bericht über das Fachgespräch "Energiegewinnung aus Stroh und Holz unter besonderer Berücksichtigung der geltenden Vorschriften", 234 Seiten
- 5/1981 Zeisig, H.D., Holzer, A., Kreitmeier, J., Langenegger, G., Tastel, P. und Zirngibl, O.: Analyse des elektrischen Leistungs- und Energiebedarfes für einige ausgewählte Bereiche der Innenwirtschaft landwirtschaftlicher Betriebe, 62 Seiten
- 6/1981\* .....: Bericht über das Fachgespräch "Einsatz der Nahbereichsphotogrammetrie in der Tierbeobachtung", 91 Seiten
- 7/1981 Zeisig, H.D., Holzer, A. und Kreitmeier, J.: Anwendung von biologischen Filtern zur Reduzierung von geruchsintensiven Emissionen aus Tierkörper-Verwertungsanstalten; Forschungsbericht 81-1040 33 82 UBA, 79 Seiten
- 8/1981\* .....: Arbeitszeitkalkulation in der Landwirtschaft mit dialogfähigen EDV-Programmen an Groß- und Kleinrechnern. Tagungsband zum 3. Fachgespräch des Projektbereiches A im Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken in der Rinderhaltung" am 7./8.10.1981 in Weihenstephan, 180 Seiten
- 1/1982\* .....: Tätigkeitsbericht 1981 der Landtechnik Weihenstephan mit Vorträgen der "Landtechnischen Jahrestagung 1981", 134 Seiten
- 2/1982\* .....: Bericht über das Fachgespräch des Projektbereiches F im Sonderforschungsbereich 141 "Produktionstechniken der Rinderhaltung" - Fütterungstechnik in der Rinderhaltung, 125 Seiten
- 3/1982\* Grimm, K.: Tagungsbericht von der 3. LKS- und GPS-Informationstagung, 138 Seiten
- 1/1983\* .....: Tätigkeitsbericht 1982 der Landtechnik Weihenstephan
- 2/1983\* .....: Vortragstagung des Landtechnischen Vereins e.V., Weihenstephan "Güllebehandlung - Energietechnik - Futterkonservierung", 107 Seiten
- 3/1983\* Strehler, A.: Weiterentwicklung und praktischer Einsatz von Anlagen zur Energiegewinnung aus Holz und Stroh im landwirtschaftlichen Bereich (ländlicher Raum), Endbericht zum Forschungsvorhaben 03 E 5268 A, Förderung durch BMFT Bonn über KFA Jülich, 3/1983, 255 Seiten
- 4/1983\* Auernhammer, H.: Prozeßsteuerung in der Tierhaltung, 131 Seiten
- 1/1984\* .....: Tätigkeitsbericht 1983 der Landtechnik Weihenstephan, 110 Seiten
- 2/1984\* Grimm, K.: Tagungsbericht von der 4. LKS- und GPS-Informationstagung, 92 Seiten
- 3/1984\* .....: Vortragstagung des Landtechnischen Vereins e.V., Weihenstephan, Techniken zur Verbesserung der Grundfutterqualität im Grünlandbetrieb, 58 Seiten
- 1/1985 .....: Tätigkeitsbericht 1984, 187 Seiten

- 2/1985 Pirkelmann, H.: Prozeßsteuerung i.d. Tierhaltung, 114 Seiten
- 3/1985\* Grimm, K.: Informations- und Tagungsbericht der 5. LKS- und GPS-Tagung, 7. Folge, 103 Seiten
- 1/1986 Grimm, K.: Informations- und Tagungsbericht der LKS- und GPS-Tagung, 8. Folge, 60 Seiten
- 1/1987 Grimm, K. .... Abschlußbericht GPS- und LKS-Verfahren, 9. Folge, 110 Seiten
- 2/1987\* .....: Vorträge zur Jahrestagung, 160 Seiten
- /1987 Wenner, H.L., Böhm, W., Demmel, M. und Auernhammer, H.: Elektroenergiedaten für die Landwirtschaft, 169 Seiten
- /1988 Edelmann, H., Reuß, M., Schmalschläger, Th. und Schulz, H.: Leistungsmessungen an bestehenden Solaranlagen in der Landwirtschaft, 110 Seiten
- 2/1988 Zeisig, H.D., Kreitmeier, J.: Grundlagen der Dimensionierung und Ausführung von Porenlüftungsanlagen, 25 Seiten





Verfahren zur Tabakverarbeitung  
A 000 000 000  
Landwirtschaftlichen Ministeriums