

Landwirtschaftliches  
Unternehmer - Seminar  
Gut Schlüterhof

---

Heft 11

1988

Schleppertechnik,  
Markt- und Betriebsmanagement

**Veranstalter:**  
**Firma** Anton Schlüter München  
**Werk** Freising

**Beratung:**  
Landtechnik Weihenstephan  
Institut für Landtechnik  
Bayerische Landesanstalt für Landtechnik  
Landtechnischer Verein in Bayern e.V.

Eine Zusammenfassung landtechnischer Fachvorträge, die von ihren Verfassern anlässlich der Landwirtschaftlichen Unternehmer-Seminare auf Gut Schlüterhof im Februar 1988 gehalten wurden

	Seite
1. Entwicklungstendenzen im Schlepperbau; von Prof. Dr.-Ing. Karl-Theodor Renius, Leiter des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität München	7 - 37
2. Bereifung und Bodendruck; von Universitätsprofessor Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	38 - 55
3. Verbindung von Traktor und Gerät. "Anbau-/Anhängesysteme und Leistungsübertragung"; von Dipl.-Ing. Clemens Nienhaus, Firma Jean Walterscheid GmbH, Lohmar	56 - 89
4. Schlepperelektronik und Bordcomputer; von Dr. Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	90 - 114
5. Buchführung und Schlagkartei auf dem PC; von Dipl.-Ing. agr. Helmut Oevermann, Geschäftsführer des Arbeitskreises für Betriebsführung, Minden	115 - 123
6. Der mobile Agrar-Computer zur automatisierten Datenerfassung; von Franz Kirchberger, Firma Biotronic GmbH, Staffelstein	124 - 131
7. Kleinwetterstationen für den landwirtschaftlichen Betrieb; von Dr. Hans Stanzel, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	132 - 145
8. EDV-gestützte Modelle zur Bestandesführung und Ertragsprognose; von Dr. Susanne Otter-Nacke, Gütersloh	146 - 163
9. Btx in der Landwirtschaft; von Dipl.-Ing. Manfred Christiansen, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel	164 - 191
10. Hardware-Ausrüstungen für den landwirtschaftlichen Betrieb; von Dr. Georg Wendl, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	192 - 218

	Seite
11. Energie aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen; von Ministerialrat Dr. Alois Weidinger, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München	219 - 231
12. Energiepflanzen aus züchterischer Sicht; von Prof. Dr. Gerhard Fischbeck, Direktor des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	232 - 254
1. Bestimmung und Bodenbruch; von Prof. Dr. habil. Manfred Eitel, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	25 - 38
2. Verbindung von Traktor und Getriebe "Anbau- systeme und Leistungsübertragung"; von Dipl.-Ing. Eugen Wiesner, Firma Jean Walter GmbH, Göttingen	39 - 52
3. Schaltungs- und Bordcomputer; von Dr. Hermann Auerhammer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising- Weihenstephan	53 - 66
4. Buchführung und Schlagkartei auf dem PC; von Dipl.-Ing. agr. Helmut Geyer, Geschäftsführer des Arbeitskreises für Betriebsführung, München	67 - 80
5. Der mobile Agri-Computer zur automatisierten Datenfassung; von Franz Kirchberger, Firma Biotronic GmbH, Staffelding	81 - 94
6. Kleinrechner für den landwirtschaftlichen Bereich; von Dr. Hans Stenzel, Institut für Land- technik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	95 - 108
7. EDV-gestützte Modelle zur Bestandüberwachung und Ertragsprognose; von Dr. Susanne Gieseler, Gütersloh	109 - 122
8. Bsp. in der Landwirtschaft; von Dipl.-Ing. Manfred Christmann, Landwirtschaftszentrum Schleswig-Holstein, Kiel	123 - 136
9. Hardware-Ausstattung für den landwirtschaftlichen Bereich; von Dr. Georg Kopp, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan	137 - 150

## Entwicklungstendenzen im Schlepperbau

von Prof. Dr.-Ing. Karl-Theodor Renius, Leiter des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität München

### 1. Einleitung

Während die klassische Landmaschine in der Hauptsache auf eine technische Umsetzung und Kombination landtechnischer Grundverfahren zielt, kann der Traktor diesbezüglich fast nichts. Ohne Geräte ist er so gut wie wertlos. Dabei muß man ihn zu den kompliziertesten Fahrzeugen rechnen, die überhaupt in Serie hergestellt werden. Sowohl auf dem Acker als auch auf der Straße und schließlich auf dem Hof hat er eine breite Palette verschiedenartigster Arbeiten zu bewältigen. Eine ganzheitliche Weiterentwicklung muß deshalb einerseits von den "äußeren" Anforderungen aller wichtigen Geräte (einschließlich Transportanhängern) ausgehen, andererseits aber auch eine Fülle maschinenbaulicher "innerer" Gesichtspunkte und Tendenzen berücksichtigen. Hinzu kommen vielfältige Anforderungen durch Gesetze und Vorschriften. Von Landwirten wird zuweilen beklagt, daß die Entwicklung der Traktorkonzepte hinter derjenigen der Geräte "hinterherhinke", die Traktortechnik nicht speziell genug auf die Praxiswünsche zugeschnitten sei und man überhaupt viel zu konservativ am Standardtraktorkonzept festhalte.

Dem möchte ich im Interesse einer ausgewogenen Betrachtungsweise folgendes entgegenstellen:

- a) Der Standardtraktor ist und bleibt im Hauptstückzahlbereich die wirtschaftlichste Bauform.
- b) Der zunehmenden Spezialisierung der Landwirtschaft begegnete die Traktorindustrie mit einer grundlegenden Wandlung von der Massenproduktion weniger Standardtypen zur Erzeugung eines außerordentlich breiten Variantenbaukastens - vielfach kann man ohne Übertreibung von programmierter Einzelmontage sprechen.

- c) Technische Veränderungen erfordern beim Traktor viel aufwendigere, schwierigere und langwierigere Aktivitäten als bei jeder anderen Landmaschine. Neuerungen müssen daher - wenn irgend möglich - stufenweise einfließen, wobei es auf einen möglichst flexiblen Baukasten ankommt, der beispielsweise den Einbau eines neuen Motors oder den Aufbau einer neuen Kabine ermöglicht, ohne alles ändern zu müssen.
- d) Die Technik deutscher Traktoren nimmt international eine herausragende Spitzenposition ein und ist weltweit gefragt.

## 2. Landwirtschaft und Traktorenmarkt

### 2.1 Allgemeine Situation

Die im Inland zugelassenen Stückzahlen sind langfristig rückläufig Tafel 1. Der Inlandsumsatz aller Firmen (incl. Importeure) blieb jedoch wegen zunehmender Motorleistungen und Traktorfunktionen seit einem Jahrzehnt mit etwa 1,5 Mrd. DM konstant. Importe hatten bei den Neuzulassungen der letzten Jahre einen Stückzahl-Anteil von etwa 23 %. Große Markteinbrüche ergaben sich auf dem Weltmarkt als Folge der durch die landwirtschaftliche Überproduktion verursachten Agrarkrise. Zwar steigerte die Bundesrepublik hier ihren relativen Umsatzanteil (vor allem auf Kosten der USA) von ca. 14 % (1980) auf 19,3 % (1986) - die absoluten Exportumsätze gingen jedoch nach langjährigem Wachstum 1986 erstmals zurück. In den USA führte vor allem der zusammengebrochene Inlandsmarkt zu spektakulären Fabrikschließungen.

### 2.2 Traktoren in der Bundesrepublik

Die Traktorenleistungen sind auch in neuerer Zeit entgegen manchen Prognosen weiter gestiegen, die Durchschnittsleistung der Inlandszulassungen erreichte 1987 etwa 55 kW (75 PS). Bild 1 zeigt die Summenhäufigkeit der Stückzahlen über der Motornennleistung /1/.

Jahr	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Neuzulassungen gesamt	41.098	41.380	45.567	34.773	34.770	32.962
davon Importe	7.982	8.298	9.075	7.865	7.978	7.521
Exporte (LAV-Firmen)	62.484	59.410	61.444	56.039	58.358	50.260
Besitzumschreibungen	63.394	63.376	66.211	64.572	65.235	65.671

Tafel 1: Einige charakteristische Stückzahlen des Traktorenmarktes aus der Sicht der Bundesrepublik Deutschland (nach KBA und LAV). Das vorläufige Ergebnis der Neuzulassungen im Jahre 1987 beträgt 33.142.

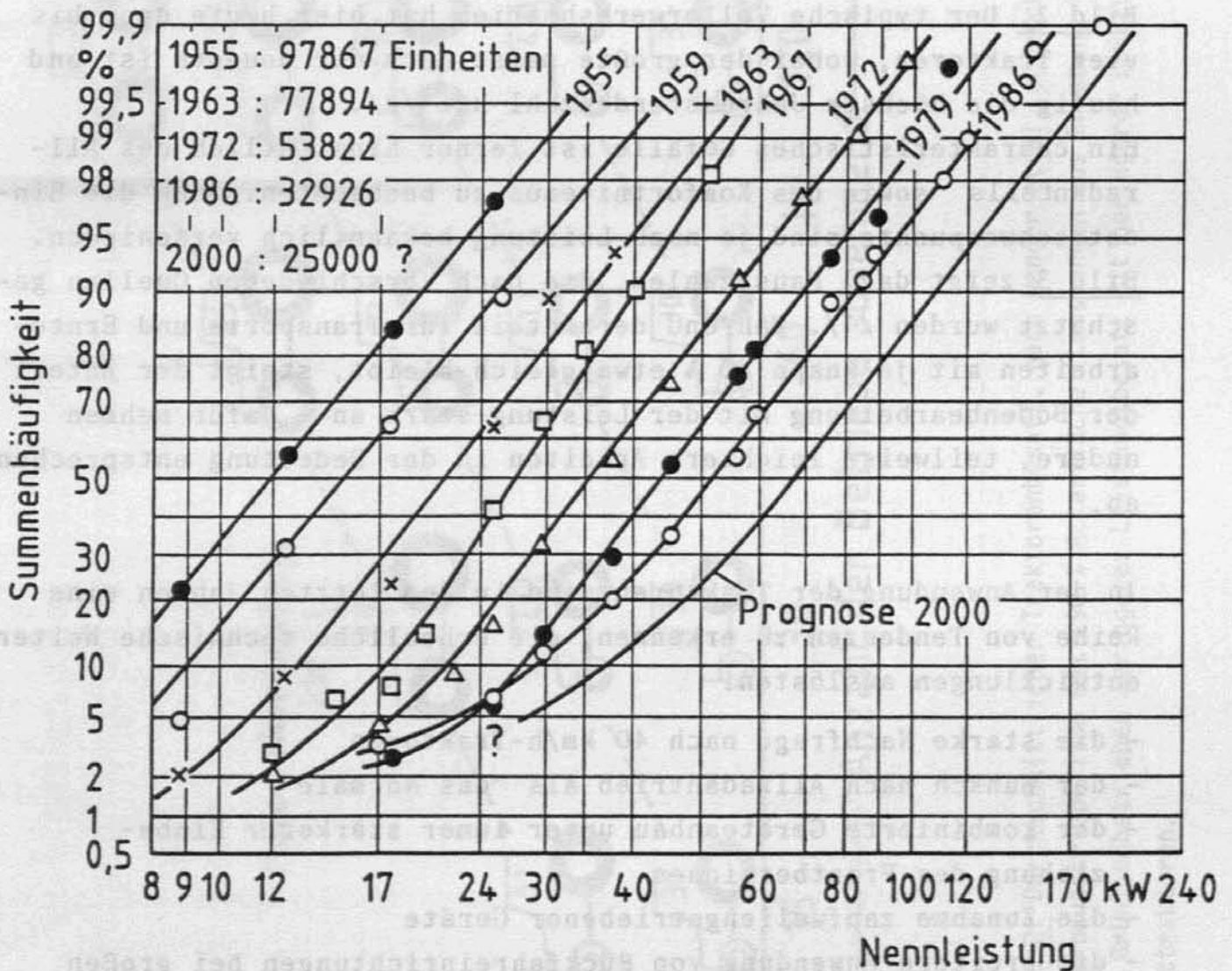


Bild 1: Verteilung der Stückzahl neu zugelassener Traktoren in der Bundesrepublik Deutschland für ausgewählte Jahrgänge. Gute Modellierbarkeit durch die sog. logarithmische Normalverteilung (Summenkurven werden Geraden in diesem Netz).

Die weitgehend als gerade "Perlenschnüre" abgebildeten Verteilungen weisen auf statistische Gesetzmäßigkeiten hin (hier auf die sog. "logarithmische Normalverteilung") und erlauben vor allem für die Randbereiche gute Prognosen. Danach ist z.B. für das Jahr 2000 damit zu rechnen, daß etwa 40 % der im Inland zugelassenen Traktoren eine Nennleistung von 74 kW (100 PS) oder darüber haben werden.

Der Traktorenbestand wird auf ein Durchschnittsalter von etwas über 17 Jahren geschätzt (1.1.88). Mit zunehmender Betriebsgröße steigt auch der Bestand je Betrieb sowie die Nennleistung der größten Maschine, besonders ausgeprägt bei Ackerbaubetrieben, Bild 2. Der typische Vollerwerbsbetrieb hat hier heute drei bis vier Traktoren, wobei der größte meist auch der neueste ist und häufig die höchste Jahresstundenzahl hat /2/.

Ein charakteristisches Gefälle ist ferner hinsichtlich des Allradanteils sowie des Komfortniveaus zu beobachten. Auch die Einsatzschwerpunkte sind je nach Leistung bekanntlich verschieden. Bild 3 zeigt dazu Faustzahlen, die nach verschiedenen Quellen geschätzt wurden /1/. Während der Anteil für Transporte und Erntearbeiten mit je knapp 20 % etwa gleich bleibt, steigt der Anteil der Bodenbearbeitung mit der Leistung stark an - dafür nehmen andere, teilweise leichtere Arbeiten in der Bedeutung entsprechen ab.

In der Anwendung der Traktoren sind in den letzten Jahren eine Reihe von Tendenzen zu erkennen, die erhebliche technische Weiterentwicklungen auslösten:

- die starke Nachfrage nach 40 km/h-Traktoren
- der Wunsch nach Allradantrieb als "das Normale"
- der kombinierte Geräteanbau unter immer stärkerer Einbeziehung des Frontbereiches
- die Zunahme zapfwellengetriebener Geräte
- die breitere Anwendung von Rückfahreinrichtungen bei großen Traktoren

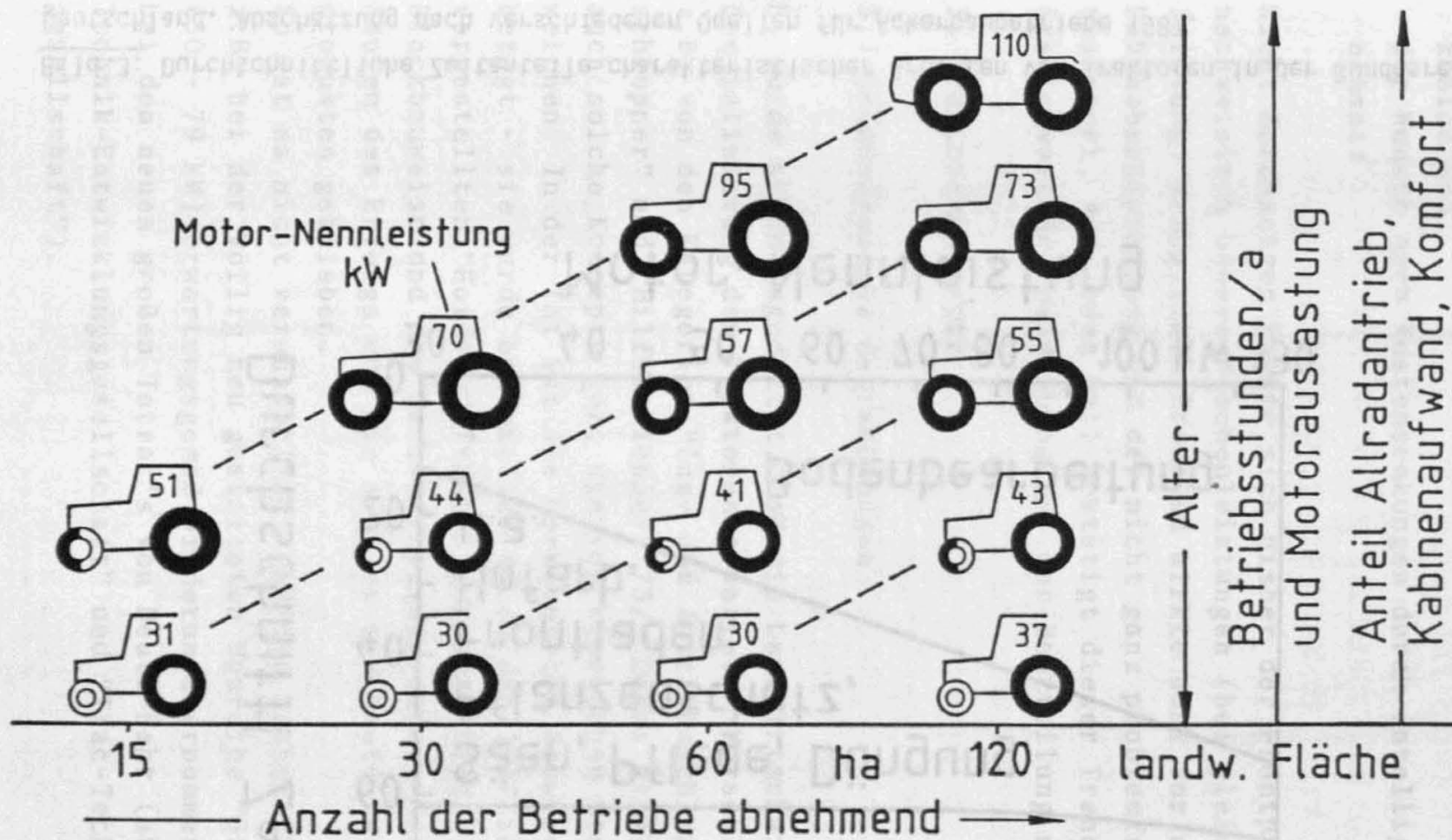


Bild 2: Durchschnittlicher Traktorenbesatz, nach Wenner et al. abgeschätzt für bayerische Ackerbaubetriebe 1986 mit >90 % Ackerfläche. (Leistungen aus Erhebung 1982 um 8 % erhöht). Bei Grünlandbetrieben geringerer Leistungsbesatz mit geringerer Leistung vor allem bei den Ersttraktoren.



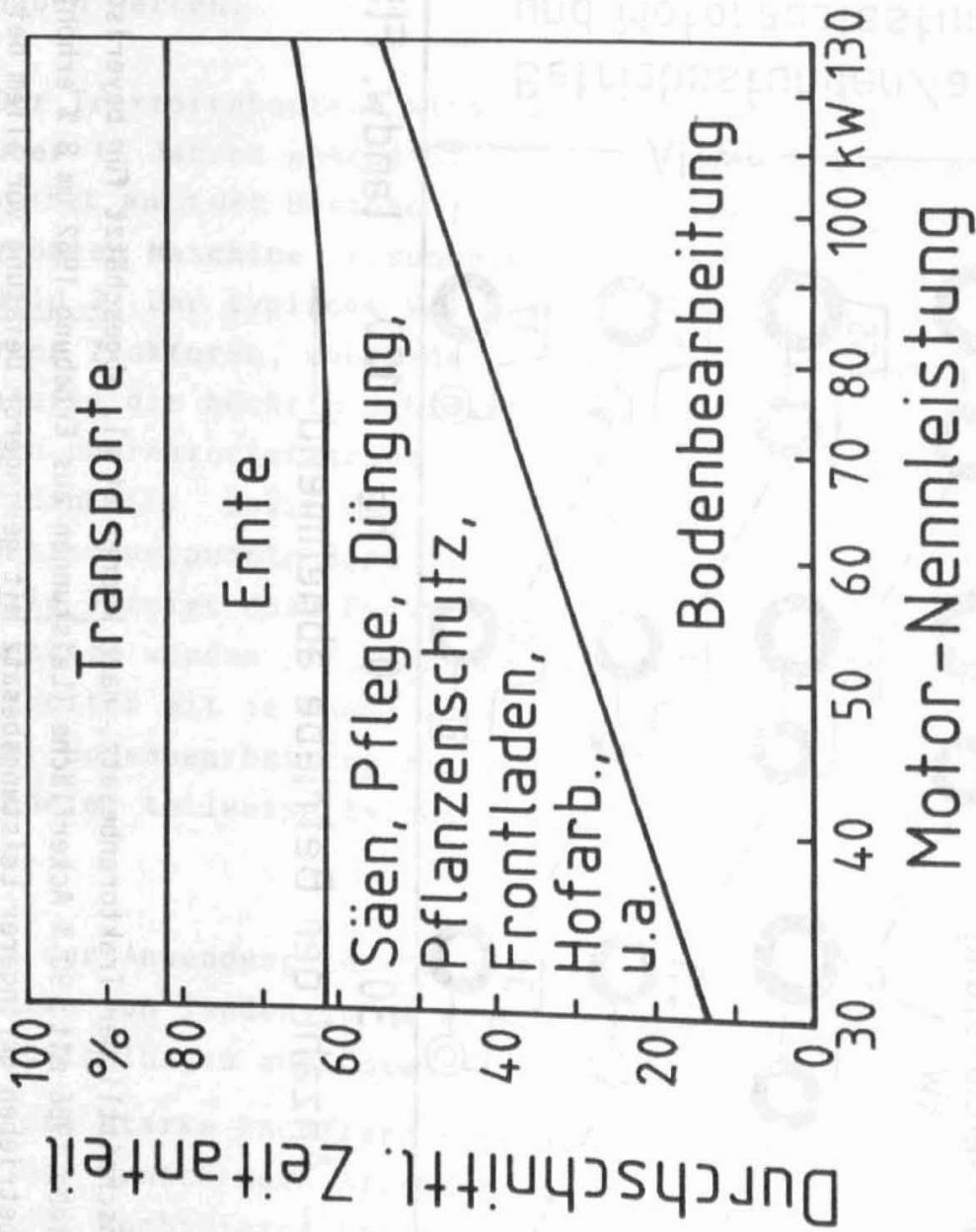


Bild 3: Durchschnittliche Zeitanteile charakteristischer Arbeiten von Traktoren in der Bundesrepublik Deutschland. Abschätzung nach verschiedenen Quellen für Ackerbaubetriebe 1987.

- das verstärkte Bewußtsein für bodenschonende Verfahren
- die inzwischen zum Standard gewordene "Ein-Mann-Arbeitsweise" mit bequemeren Kontrollmöglichkeiten von der Fahrerkabine aus
- der Wunsch nach Kostensenkungen durch intelligenteren Maschineneinsatz

Nicht durchsetzen konnte sich bisher der Frontpflug, obwohl er nachweislich höhere Flächenleistungen (bei gleicher Traktor-Nennleistung) ermöglicht. Bremsend wirkte wohl vor allem die hohe Fahrerbeanspruchung und der nicht ganz problemfreie Straßentransport. Auf jeden Fall bestätigt dieser Trend den sehr hohen Stellenwert der Handhabung bei der Beurteilung neuer Verfahren.

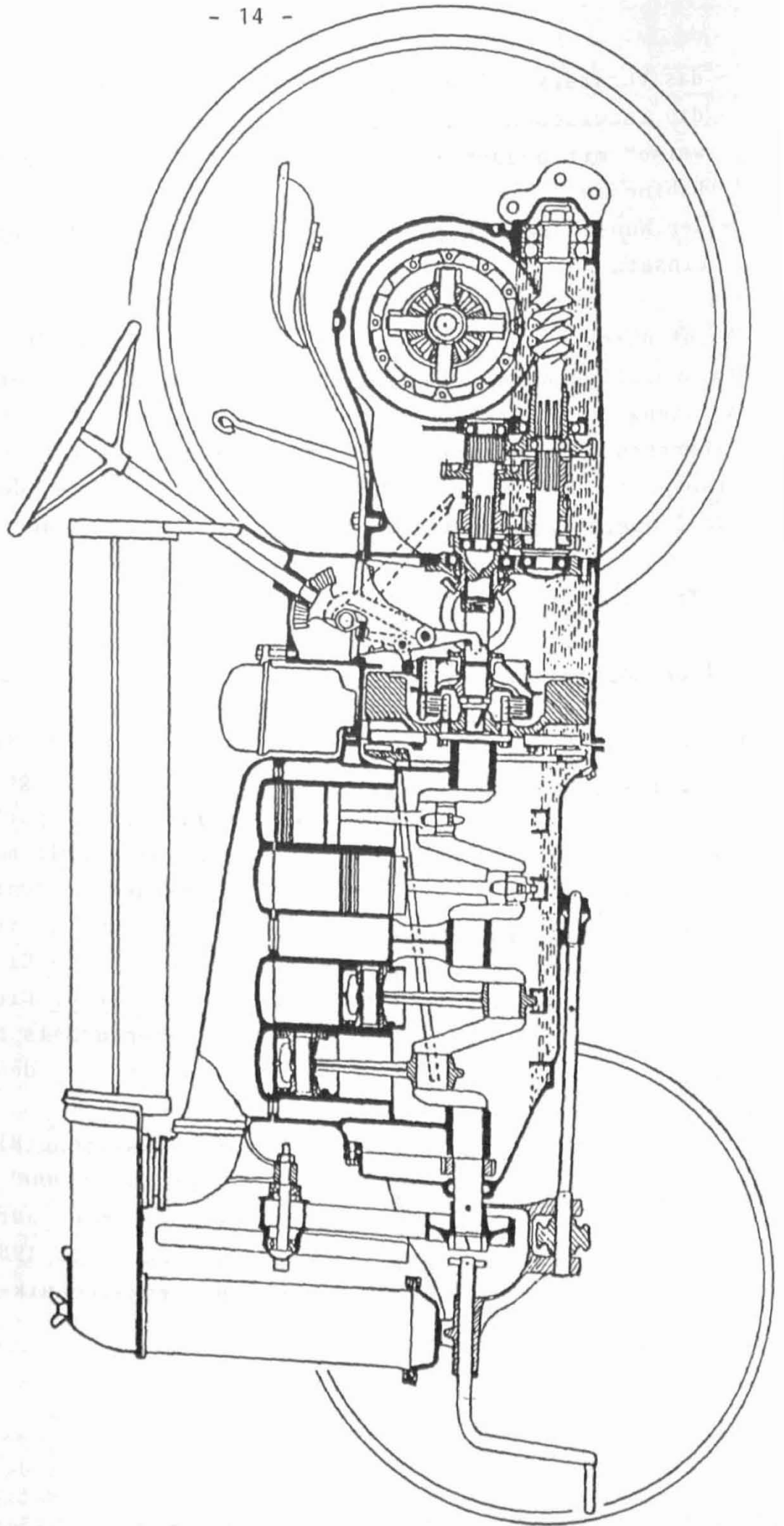
### 3. Traktorenkonzepte

#### 3.1 Grundsätzliche Betrachtungen

Es wurde schon angedeutet, daß die Landwirtschaft insgesamt eine Spezialisierung der Traktoren erwartet - Vorschläge sprechen z.B. von den Kategorien "Zug- und Antriebsschlepper", "Tragschlepper" und "Hilfsschlepper" /3/. Dabei stellt man sich u.a. auch solche Konzepte vor, die vom klassischen Standardtraktor abweichen. In der Tat ist die herkömmliche Bauweise inzwischen sehr betagt - sie wurde bekanntlich durch den 1917 in Blockbauweise vorgestellten "Fordson"-Traktor geprägt, Bild 4. Die konsequente Blockbauweise und die Serienfertigung waren damals bedeutende Säulen des Erfolgs und sie sind es bis heute bei den Großserienprodukten geblieben.

So ist es nicht verwunderlich, daß die klassische Blockbauweise z.B. bei der völlig neu gestalteten Baureihe "3000" von MF (50 - 79 kW) erwartungsgemäß wiederum übernommen wurde - ebenso bei den neuen großen Intrac's von Deutz-Fahr (ab 1987 "Trac-Technik-Entwicklungsgesellschaft" und "Trac-Technik-Vertriebsgesellschaft").

Bild 4: Grundaufbau des berühmten "Fordson"-Traktors, USA 1917, der als Begründer der heute immer noch angewendeten Blockbauweise bei Standardtraktoren gilt.



Die gleich großen Reifen der Trac-Fahrzeuge werden überigens auch immer wieder für herkömmliche Traktoren vorgeschlagen und sie haben ja auch bedeutende Vorteile. Jedoch würden Standard-Traktoren mit derartiger Bereifung erheblich teurer und gleichzeitig im unteren Bereich der einstellbaren Spuren weniger wenig sein. Da andererseits der Heckanbau noch stark überwiegt (mit im übrigen auch schwereren Geräten), wird man vorerst überwiegend bei unterschiedlichen Reifen bleiben.

Die Rahmenbauweise hat ihre stärksten Repräsentanten in den bekannten Unimog's und MB-trac's, wobei die Mehrkosten durch die geschickte Verwendung leichter Nutzfahrzeugkomponenten begrenzt wurden. Ein systematischer Vergleich der Vor- und Nachteile dieses Prinzips weist nach Tafel 2 aus, daß die Zeit wahrscheinlich wegen der Geräuschvorteile und der größeren Konstruktionsflexibilität eher für als gegen die Rahmenbauweise arbeitet. Wenn auch eine Einführung bei Standardtraktoren des Hauptstückzahlbereichs in der nächsten Generation wegen zu hoher Kosten nicht infrage kommt, bieten sich doch in den Randbereichen und für Sonderfahrzeuge gewisse Chancen.

#### Vorteile

- Flexibilität bezügl. Gesamtkonzept, Komponentenwahl und Änderungen
- Geräuschsenkungspotential durch körperschallisolierte Aggregate
- Vereinfachte Frontkraftheber- und Frontladeranbindung
- Holme nutzbar für Leitungen u.a.
- Einfache Reparatur und Wartung
- Schweißroboter einsetzbar

#### Nachteile

- Mehr Teile im System
- RumpfstEIFigkeit sorgsam zu konstruieren (nicht "gratis")
- Sehr einschneidender Entwicklungsschritt, vorhandene Komponenten z.T. nicht weiterverwendbar, weil z.B. zu schwer (Motor, Getriebe, Frontachs-anbindung)
- Mehraufwand f. Korrosionsschutz

Tafel 2: Vor- und Nachteile der Rahmenbauweise bei Traktoren

Hierzu wurde vom Institut für Landmaschinen der TU München ein 30 kW-Forschungstraktor entwickelt, Bild 5.



Bild 5: Leiser 30 kW - Forschungstraktor mit stufenlosem Getriebe. Prototyp des Institutes für Landmaschinen der Technischen Universität München (Renius/Kirste), Stand 1988.

Die in Rahmenbauweise mit elastisch aufgehängtem Dieselmotor ausgeführte Konstruktion soll dazu dienen, die möglichen Geräuschabsenkungen zu untersuchen, aber auch neue technische Möglichkeiten zu bewerten, wie z.B. die Anwendung eines stufenlosen mechanischen Kettenwandlers. Dabei nutzt das in 4 1/2-jähriger Arbeit entwickelte Fahrzeug u.a. die kostengünstige Verfügbarkeit von Automobilkomponenten aus.

Vor allem in den USA werden seit einigen Jahren erhebliche Forschungsmittel für sogenannte "Breitspurgeräteträger" mit Spurweiten um 8 bis 10 m ausgegeben. Diese sollen zwischen präparierten Fahrdämmen alle Arbeiten ohne jedes Befahren des "Beetes" ausführen /4/. Ein wirtschaftlicher Einsatz wird ggf. zuerst im Gemüsebau gesehen. Als Hauptschwierigkeit sieht man die hohen Investitionskosten für den Maschinenpark an.

### 3.2 Zur aktuellen Entwicklung

Die neuen Traktoren "3000" von MF wurden bereits erwähnt. Bei den übrigen Baureihen hat man im wesentlichen die vorhandenen Konzepte weiterentwickelt bzw. durch neue Funktionen ergänzt (siehe Kap. 4).

Mehrere Firmen stellten 1987 kleine, kompakte Standardtraktoren vor, wobei man ein erheblich vermindertes Leistungsgewicht vor allem durch verringerten Radstand, kleinere Bereifung und relativ kleine Spurweiten erreicht. Dieses wird technisch durch einen gemeinsamen Baukasten mit Schmalspur- und Plantagentraktoren dargestellt. Wegen der kleineren Reifen kann man relativ leichte Getriebe einsetzen, die mit Drei- und Vierzylindermotoren bis zu etwa 55 kW Nennleistung übertragen. Dabei erweist sich die Luftkühlung zum Einsparen von Baulänge als besonders vorteilhaft (Kühler entfällt). Zwei besonders gelungene Baureihen dieser Philosophie wurden von Fendt und Deutz-Fahr 1987 vorgestellt - aber auch andere Firmen entwickelten interessante Traktoren dieser Art, teilweise auch in Kooperation mit italienischen Herstellern.

Trotz der Vielfalt der Bauarten und Funktionen /5/ erleichtert eine Einteilung der Traktoren in Grundfamilien nach wie vor die Strukturierung, Tafel 3. Die Leistungsgrenzen haben sich vor allem durch Aufladung bei 3-Zylindertraktoren weiter nach oben verschoben. Mehrere Hersteller haben ihre mittlere Familie II durch 6-Zylindermotoren kostengünstig zu einer Familie IIa aufgestockt. Unterhalb von Familie I könnte in nächster Zeit eine neue eigenständige "Familie 0" Bedeutung gewinnen. Darauf deuten Einzelheiten der in Bild 1 gezeigten Stückzahlenentwicklung hin (zurückbleiben der "Perlenschnur" im unteren Bereich), die u.a. mit dem Ersatzbedarf der außerordentlich großen Zahl sehr alter Maschinen dieses Leistungsbereichs zusammenhängen. Ebenso gibt es oberhalb von Familie III bei einigen Firmen Großtraktoren, die man mit speziellen, in den Hauptfamilien nicht vorkommenden Komponenten ausstattet. Eine besondere Rolle spielen derartige Konzepte bei der Firma Schlüter, die sich darauf spezialisiert hat.

Zuweilen las man in neueren Berichten der Tagespresse, daß die Zeit der leistungsstarken großen Traktoren vorbei sei. Diese Auffassung kann ich nicht teilen und möchte dazu ein paar Zahlen nennen. Im Jahre 1981 hatten Traktoren über 90 kW (122 PS) im Inland einen Marktanteil von 4,4 %, der über 4,7 % (1983) auf 6,4 % (1985) anstieg. 1986 und 1987 stagnierten die Neuzulassungen zwar auf diesem Niveau, eine Abkehr fand aber nicht statt. Natürlich sind die Stückzahlen über 148 kW (200 PS) sehr klein und es ist deswegen zu verstehen, daß z.B. Fendt seinen Großtraktor Favorit 626 LSA (185 kW) auf der Agritechnica nicht mehr ausstellte (aber auf Wunsch noch liefert), weil auch der hier besonders wichtige Export schwach blieb.

Auf dem Weltmarkt der Großtraktoren gab es trotz der Rezession der Großflächenmärkte eine vielbeachtete Innovation, Bild 6. Das von Caterpillar/USA 1987 vorgestellte Konzept arbeitet mit armierten Gummigleisketten, erreicht eine Höchstgeschwindigkeit

Familie	(0) ↓			(G) ↓		
	I	II	IIa	III		
Nennleistg.kW	25-50	45-70	(75-85)	70-130		
Motor *)	3 Zyl. teilw. ATL	4 Zyl. teilw. ATL	(6 Zyl.)	6 Zyl. oft ATL teilw. LLK		
Traktor- technik	einfach bis mittel	vielfältig		vielfältig		
Komfort	mittel	mittel	groß	sehr groß		
Stückzahl	mittel	mittel	groß	mittel		

\*) ATL = Abgasturbolader, LLK = Ladeluftkühlung

Tafel 3: Typische Grundstruktur für das Gesamtangebot Europäischer Hersteller (Model 11)



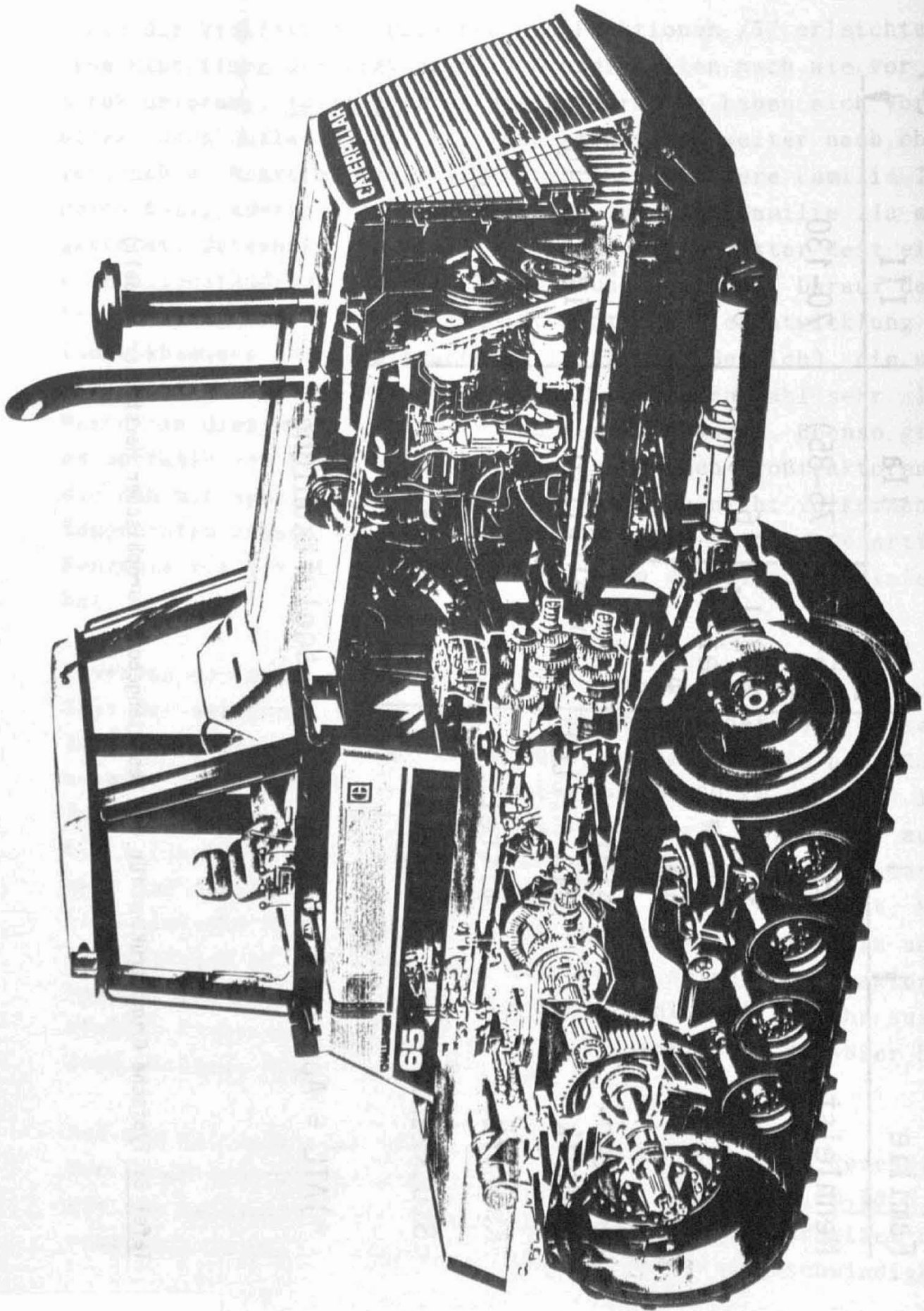


Bild 6 : Neuer Großtraktor mit armierter Gummi-Gleiskette, Bauart Caterpillar (USA, 1987)  
Nennleistung 189 kW, Gewicht 13,5 t, Höchstgeschwindigkeit 29,3 km/h.

von 29,3 km/h - ist allerdings mit 13,5 t Leergewicht bei 189 kW (257 PS) Nennleistung relativ schwer. Konstruktive Auswirkungen sind auf mitteleuropäische Traktoren vorerst nicht zu erwarten, könnten sich aber für Spezialmaschinen ergeben (herkömmliche Gleiskettentraktoren, Reismähdrescher u.a.).

#### 4. Entwicklung der Traktorenkomponenten

##### 4.1 Fahrwerk (mit Bremsen und Lenkung)

Die Reifen von Traktoren haben vor allem aus folgenden Gründen eine beachtliche Entwicklung hinter sich: Anstieg der Maschinengewichte und -leistungen seit etwa 1956, Übergang zum Allradantrieb vor allem in den 70er und 80er Jahren, Erhöhung der maximalen Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h über 25, 30 auf heute im Inland überwiegend 40 km/h sowie gestiegene Anforderungen an Traktion und Bodenschonung. Was wenig bekannt ist: Bei "vergrößerten" Traktoren müssen die Reifenabmessungen aus physikalischen Gründen überproportional anwachsen, damit der Kontaktflächendruck konstant bleibt. Radialreifen setzten sich wegen der etwas besseren Betriebseigenschaften in neuerer Zeit auf breiter Basis durch und erreichten 1987 ca. 60 % Anteil bei der Erstausrüstung bzw. 41 % im Ersatzgeschäft /6/. Zur Verminderung des Bodendruckes sind Universaltreibradreifen in Zwillingsanordnung mit herabgesetzten Innendrücken von z.B. 0,8 bar gut geeignet, führen jedoch zur Überschreitung der zulässigen Maschinenbreite im Straßenverkehr und sind mühsam an- und abzubauen bzw. wiederaufzupumpen (mit Gitterrädern etwas leichter). Weiter verbreiterte Universaltreibradreifen, wie z.B. der Typ 650/60-38 "Twin" der Firma Trelleborg, sollen bei vereinfachter Handhabung etwa den gleichen Effekt wie konventionelle Zwillingsreifen erreichen. Schon seit etwa 30 Jahren bietet die Firma Goodyear ihre "Terrareifen" an, deren Innendrücke nur noch knapp halb so groß sind wie bei konventionellen Reifen. Geringere Spurtiefen und Bodenverdichtungen sowie die Schonung eines evtl. Bewuchses (Grasnabe, junge Saat)

sind die Hauptvorteile. Wegen der hohen Kosten, der begrenzten Straßentauglichkeit, der großen Baubreiten (Sondergenehmigungen) und der weniger guten Eignung für schwere Zugarbeiten blieben die Stückzahlen jedoch sehr gering. Um die Nachteile abzumildern, arbeitet die österreichische Firma Lim an der Einführung eines weiterentwickelten Konzeptes aus Kunststoff (beabsichtigter Vertrieb über Metallbau Grasdorf). Zur Verringerung der Bodenbeanspruchung wird von der Wissenschaft schon seit Jahren eine verbesserte Luftdruckverstellung, insbesondere beim Übergang zwischen Acker und Straße empfohlen. Eine entsprechende Vorrichtung wurde auf der Agritechnica 1987 von MF als Prototyp vorgestellt.

Die Traktorlenkung wird heute nur noch bei sehr kleinen Maschinen mit Hinterradantrieb mechanisch ausgeführt (vor allem für den Export). Schon bei mittleren Leistungen arbeitet man durchwegs mit Hilfskraftlenkung, für die zunehmend eine eigene Ölpumpe vorgesehen wird. Diese Entwicklung wurde durch die rasche Einführung des Allradantriebes und ebenso durch die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Kabinen unterstützt (körperschallarme Übertragung der Energie durch Schläuche). Noch nicht befriedigend sind bei den Lenksystemen die relativ hohen Energieverluste, insbesondere bei den vorherrschenden Konstantstromanlagen (Zahnradpumpen). Die Pumpengröße muß dabei so ausgewählt werden, daß bei Motorleerlaufdrehzahl schon ein ausreichender Lenkölstrom verfügbar ist. Für die höheren Arbeitsdrehzahlen produziert die Pumpe dann bei den meisten Systemen einen unnötig hohen Ölstrom mit entsprechenden Verlusten. Zur Vermeidung dieses Nachteils setzt die Firma Schlüter bei mehreren großen Traktoren Verstellpumpen mit Stromregelung ein und erreichte nach eigenen Angaben bedeutende Energieeinsparungen.

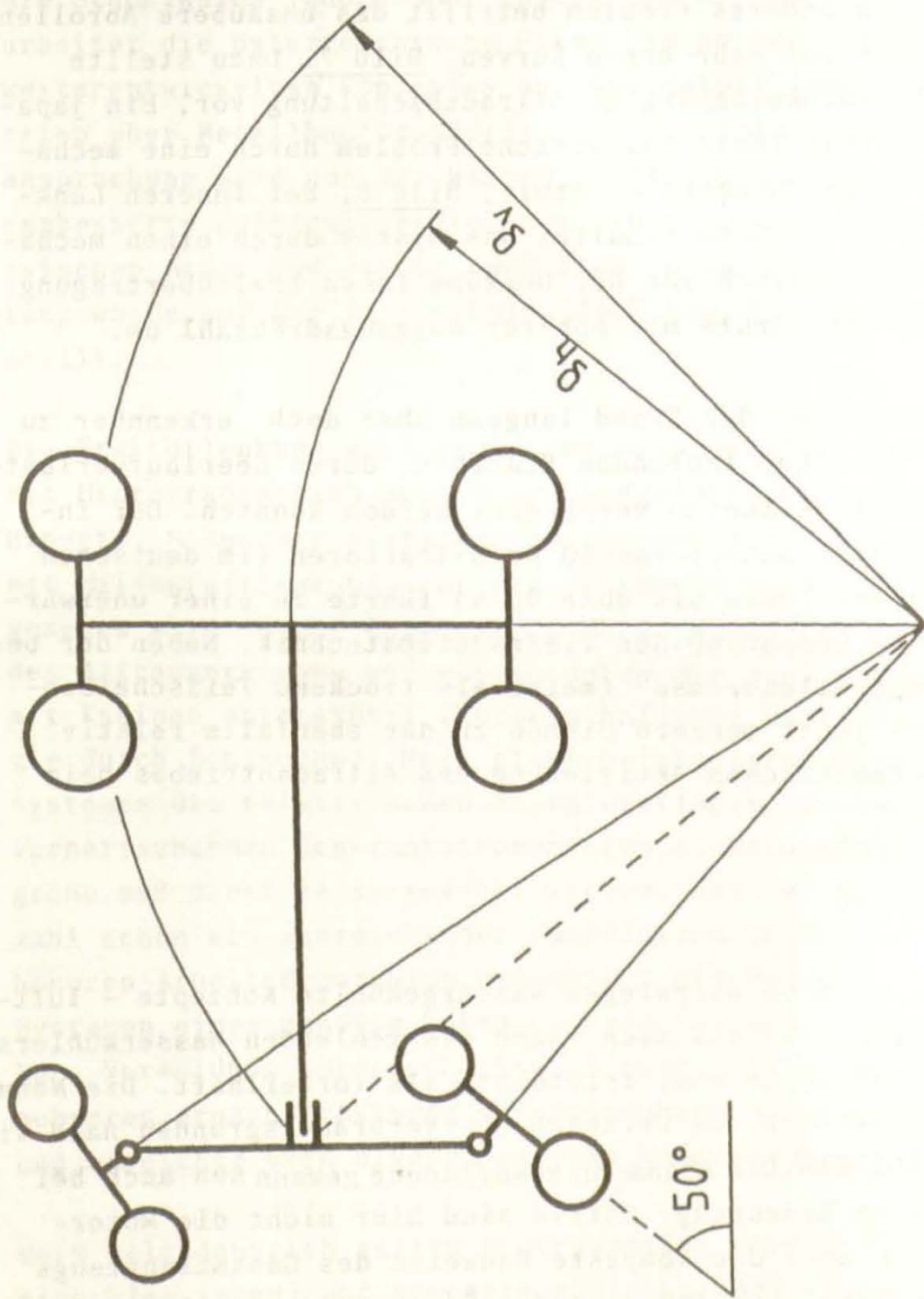
Beim Allradantrieb gelten Zentralwelle, Wendigkeit (50 Grad Radeinschlag innen) und kompakte schlanke Bauweise als Stand der Technik. Um unnötige Verspannungen bei Straßenfahrt (mit entsprechend hohen Energieverlusten) zu vermeiden, stellten mehrere

Firmen auf der Agritechnica elektronische Steuerungen des Allradantriebes vor, die für eine automatische Abschaltung oberhalb einer bestimmten Fahrgeschwindigkeit sorgen (bei Bedarf übersteuerbar). Ein anderes Problem betrifft das unsaubere Abrollen der Frontreifen bei sehr engen Kurven, Bild 7. Dazu stellte Fendt eine lenkwinkelabhängige Allradabschaltung vor. Ein japanischer Hersteller löste das gleiche Problem durch eine mechanisch geschaltete "Overdrive"-Stufe, Bild 8. Bei inneren Lenkwinkeln von über 40 Grad schaltet das System durch einen mechanischen Zug automatisch von der herkömmlichen Kraftübertragung auf eine parallele Stufe mit höherer Ausgangsdrehzahl um.

Bei den Bremsen geht der Trend langsam aber doch erkennbar zu nassen, d.h. im Ölbad laufenden Scheiben, deren Leerlaufverluste bei Straßenfahrt teilweise verringert werden konnten. Der inzwischen sehr hohe Anteil von 40 km/h-Traktoren (im deutschen Markt bei einigen Typen bis über 95 %) führte zu einer unerwartet gestiegenen Bedeutung der Vierradbremstechnik. Neben der bewährten "Kardanwellenbremse" (meist als trockene Teilscheibenbremse) gingen jetzt mehrere Firmen zu der ebenfalls relativ einfachen automatischen Aktivierung des Allradantriebes beim Bremsen über.

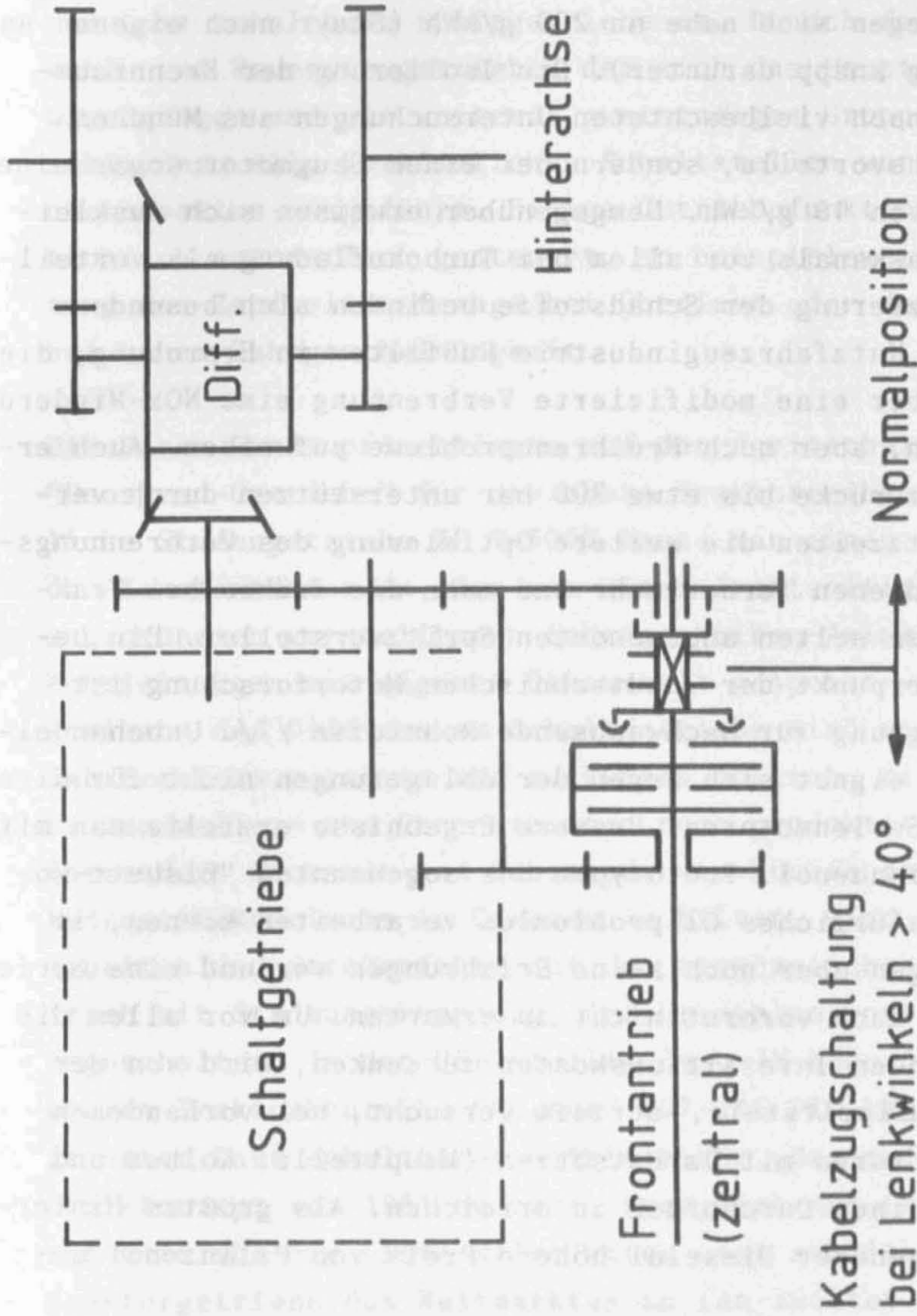
#### 4.2 Dieselmotoren

Bei den Dieselmotoren überwiegen wassergekühlte Konzepte - luftgekühlte Motoren erweisen sich wegen des fehlenden Wasserkühlers für kompakte Fahrzeuge bzw. Triebsätze als vorteilhaft. Die Nenn-drehzahlen stagnieren aus Geräusch- und Verbrauchsgründen nach wie vor um 2000-2500/min. Die Abgas-Turboaufladung gewann nun auch bei Dreizylindern an Bedeutung. Motive sind hier nicht die Motor-kosten, sondern eher die kompakte Bauweise des Gesamtfahrzeugs (Leistungsanhebung ohne Änderung der Grundabmessungen). Die bei Sechszylindern vereinzelt (z.B. bei J. Deere und Schlüter) angewendete Ladeluftkühlung scheitert bei Vierzylindermotoren bisher



**Bild 7:** Vorlaufbedarf (Drehzahl) angetriebener Frontachsen mit Achsschenkellenkung bei der Kurvenfahrt von Traktoren, zu ermitteln aus dem Verhältnis  $\beta v/\beta h$ . Für einen gängigen Mittelklassetraktor ergibt sich bei 50 Grad Radeinschlag ein Wert von 1,29. "Eingebaute" Vorlaufzahlen betragen demgegenüber mit Rücksicht auf Geradeausfahrt nur ca 1,01 bis 1,05, so daß die Frontreifen bei engen Kurven radieren.

LD 4151



**Bild 8:** Allrad-Overdrive, Bauart "Double Speed Turn (DST)" des japanischen Herstellers Kubota.  
Das System dient zur Lösung des in Bild 7 dargestellten Problems und wurde ab Juli 1986 bis Ende 1987 bei allen Kubota-Allradtraktoren von 10 bis 77 kW eingeführt.

am fehlenden Bauraum unter der Motorhaube. Für den sogenannten Drehmomentanstieg wird inzwischen ein Standardwert um 15 % gefordert. Bei höheren Werten strebt man zunehmend einen kleinen oberen Drehzahlbereich konstanter Leistung an (etwa von 2000 - 2300 /min). Im unteren Drehzahlbereich konnte der Vollastdrehmomentverlauf aufgeladener Motoren in den letzten Jahren deutlich verbessert werden. Die günstigsten spezifischen Kraftstoffverbräuche bewegen sich nahe an 200 g/kWh (Steyr nach eigenen Angaben erstmalig knapp darunter). Die Isolierung der Brennraumwände brachte nach vielbeachteten Untersuchungen aus München keine Verbrauchsvorteile, sondern bei einem Saugmotor sogar einen Mehrverbrauch von 15 g/kWh. Demgegenüber erweisen sich Auskleidungen des Abgaskanals vor allem bei Turboaufladung als vorteilhaft. Zur Reduzierung der Schadstoffe befinden sich besonders von Seiten der Nutzfahrzeugindustrie Rußfilter in Erprobung, die gleichzeitig über eine modifizierte Verbrennung eine NOx-Minderung erlauben würden, aber noch Freibrennprobleme aufweisen. Auch erhöhte Einspritzdrücke bis etwa 700 bar unterstützen durch verkürzte Einspritzzeiten die weitere Optimierung des Verbrennungsanlaufs. Dazu dienen ferner mehr und mehr die früher bei Traktordieselmotoren selten angewendeten Spritzversteller. Ein bedeutender Schwerpunkt der landtechnischen Motorforschung ist derzeit die Eignung für nachwachsende Rohstoffe /7/. Unbehandeltes Pflanzenöl eignet sich wegen der Ablagerungen nicht für direkt einspritzende Serienmotoren. Bessere Ergebnisse erzielte man mit verestertem Pflanzenöl. Prototypen des sogenannten "Elsbett-Motors" sollen natürliches Öl problemlos verarbeiten können, im Traktorbau liegen aber noch keine Erfahrungen vor und eine Serienproduktion ist auch vorerst nicht zu erwarten. Um vor allem die dabei entstehenden Investitionskosten zu senken, wird von der Firma Elsbett Hilpoltstein, derzeit versucht, bei vorhandenen Serien-Dieselmotoren mit Umrüstsätzen (Hauptteile: Kolben und Zylinderkopf) einen Durchbruch zu erreichen. Als größtes Hindernis ist der gegenüber Dieselöl höhere Preis von Pflanzenöl anzusehen.

#### 4.3 Traktorgetriebe

Eine Reihe anwendungsorientierter Grundlagen wurde an dieser Stelle vor 4 Jahren behandelt /8/. Trotz desschwierigen Marktes gab es inzwischen beachtliche Neuheiten. Ende 1986 stellte Massey-Ferguson für die obere Mittelklasse (50-79 kW) ein in Frankreich neuentwickeltes Getriebe mit 32 Vorwärts- und ebensovielen Rückwärtsgängen vor. Der Dieselmotor treibt über eine herkömmliche trockene Fahrkupplung zunächst das zweistufige unter Last schaltbare Splitgetriebe an. Danach folgt das Gruppenwahl- und Reversiergetriebe, dem sich das Hauptgetriebe mit vier Grundgängen und ein weiteres zweistufiges Gruppenwahlgetriebe anschließen. Alle herkömmlichen Schaltstellen wurden mit Sperrsynchroisation ausgeführt. Einige Getriebefunktionen werden elektronisch automatisch gesteuert, so beispielsweise die Ausschaltung des Zapfwellenstrangs bei Überlast oder des Frontantriebs bei hoher Fahrgeschwindigkeit.

Die Firma Fendt präsentierte auf der Agritechnica das sogenannte "Duospeed-Getriebe" für die obere Traktorreihe. An das herkömmliche Stufengetriebe ZP T-3000 baute man einen zusätzlichen Hydro-Konstantmotor an, der von einer frontseitig am Dieselmotor angeordneten verstellbaren Schrägscheiben-Axialkolbenpumpe über Rohrleitungen mit eigenem Ölhaushalt gespeist wird. Durch die Position des Ölmotors am Schaltgetriebe sind vier stufenlose Fahrbereiche vorwärts und rückwärts möglich, die vor allem schwere Zapfwellen- und Erntearbeiten noch produktiver machen sollen (besonders Häckseln und Rübenroden im Rückfahrbetrieb). Um die Hydrostatikverluste in Grenzen zu halten, wird bei schweren Zugarbeiten und Straßenfahrt auf den herkömmlichen verlustarmen Antrieb mit Strömungskupplung, Anfahrkupplung und Stufengetriebe umgeschaltet. In den USA stellte Case-IH Ende 1987 mit der neuen oberen Traktorbaureihe "Magnum" (97-145 PTO-kW) ein durch 18 Gänge unter Last schaltbares Getriebe vor, das auf dem "Synchro-Tri-Six"-Konzept von 1981 aufbaut. Bezüglich der Gangzahl führt dieses Getriebe die Liste aller unter Last schaltbaren Standardtraktorgetriebe des Weltmarktes an (an zweiter Stelle John Deere mit 15 Stufen).



Die Firma Fiat stellte auf der Agritechnica eine Zweistufenlastschaltung mit kombinierter synchronisierter Vorwärts- Rückwärtschaltung für ihre Mittelklassetraktoren vor. Für weniger hohe Ansprüche bzw. andere Anwendungen bietet man für den gleichen Bauraum nicht weniger als drei weitere Funktionspakete an, ein besonders gutes Beispiel für den allgemeinen Trend der weiter zunehmenden Variantenvielfalt. Im oberen Leistungsbereich arbeitet Fiat bereits seit mehreren Jahren mit Vierfachlastschaltung.

Das elektronisch geschaltete und seit 1984 bekannte T-6500 /8/ der Zahnradfabrik Passau wird in kleinen Stückzahlen für die Firma Schlüter produziert. Zur Aufwertung der Getriebebaureihe T-3000 hat Schlüter eine eigene Zweistufenlastschaltung entwickelt, Bild 9. Zur Umschaltung dient die herkömmliche Doppelkupplung in Verbindung mit einem Freilauf, während man die Zapfwelle mit separater Lamellenkupplung schaltet. Eine Elektronik sorgt dafür, daß beim Motorbremsen die Freilaufstufe ggf. automatisch verlassen wird.

Fast alle Firmen haben ihre Getriebe inzwischen für 40 km/h Höchstgeschwindigkeit modifiziert. Die zunehmende Bedeutung von Zapfwellenarbeiten löste eine aufwendigere Technik aus mit bis zu vier Drehzahlen an einem Stummel. Vorreiter sind vor allem Fendt, Steyr, MF sowie japanische Firmen. Hauptmotive bestehen im Kraftstoffsparen und Geräuschabsenken (Zusatzstufen erreichen die Normdrehzahl 540 und 1000 /min bei erheblich reduzierten Motordrehzahlen).

Trotz der vielen neuen Funktionen gelang es, die Getriebeverluste unter Kontrolle zu halten, wobei man vor allem bei Neukonstruktionen (z.B. dem ZP T 6500) die herkömmliche Tauchschmierung immer mehr in Richtung Trockensumpfschmierung mit Feinfilterung ersetzt.

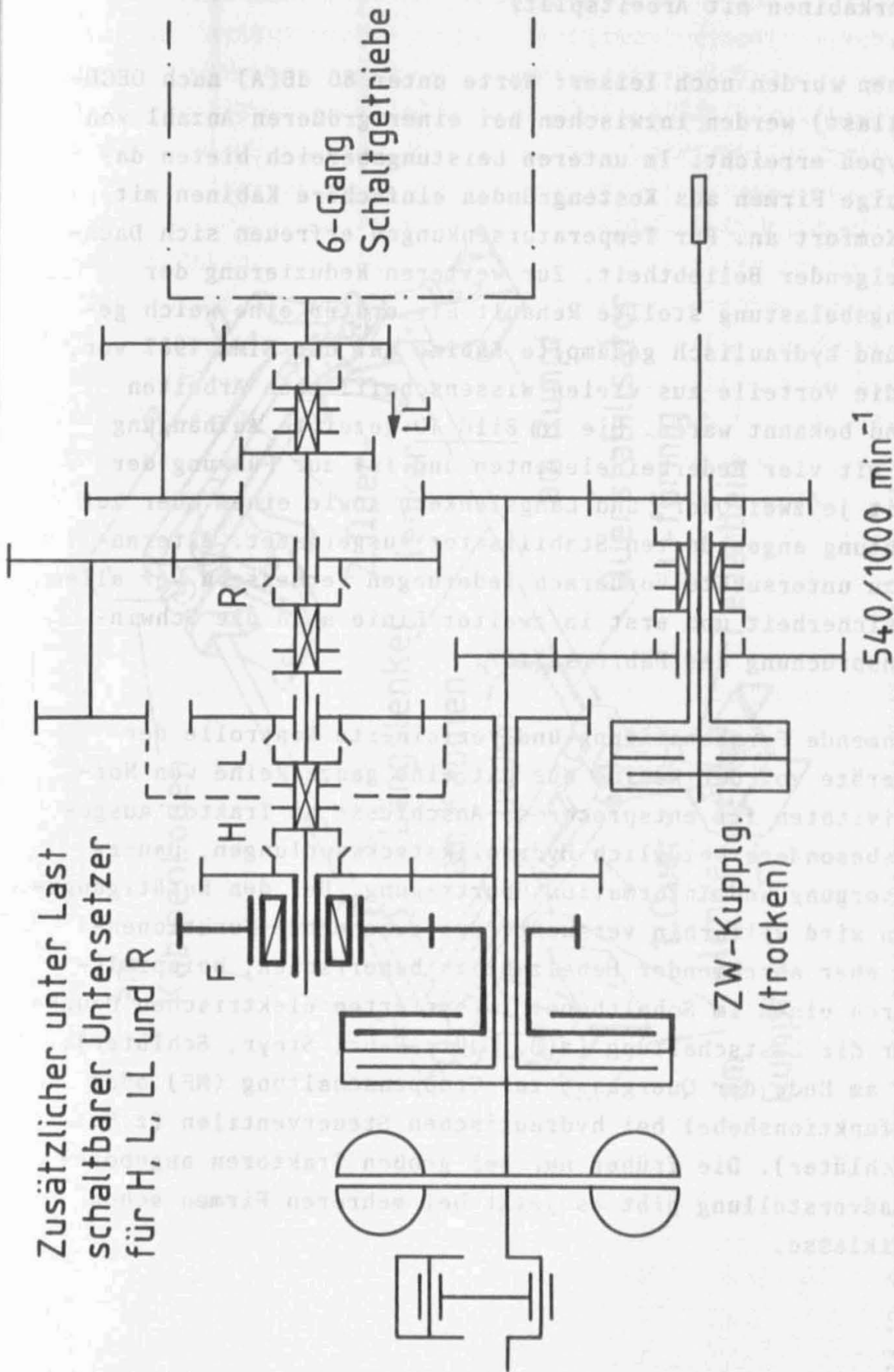
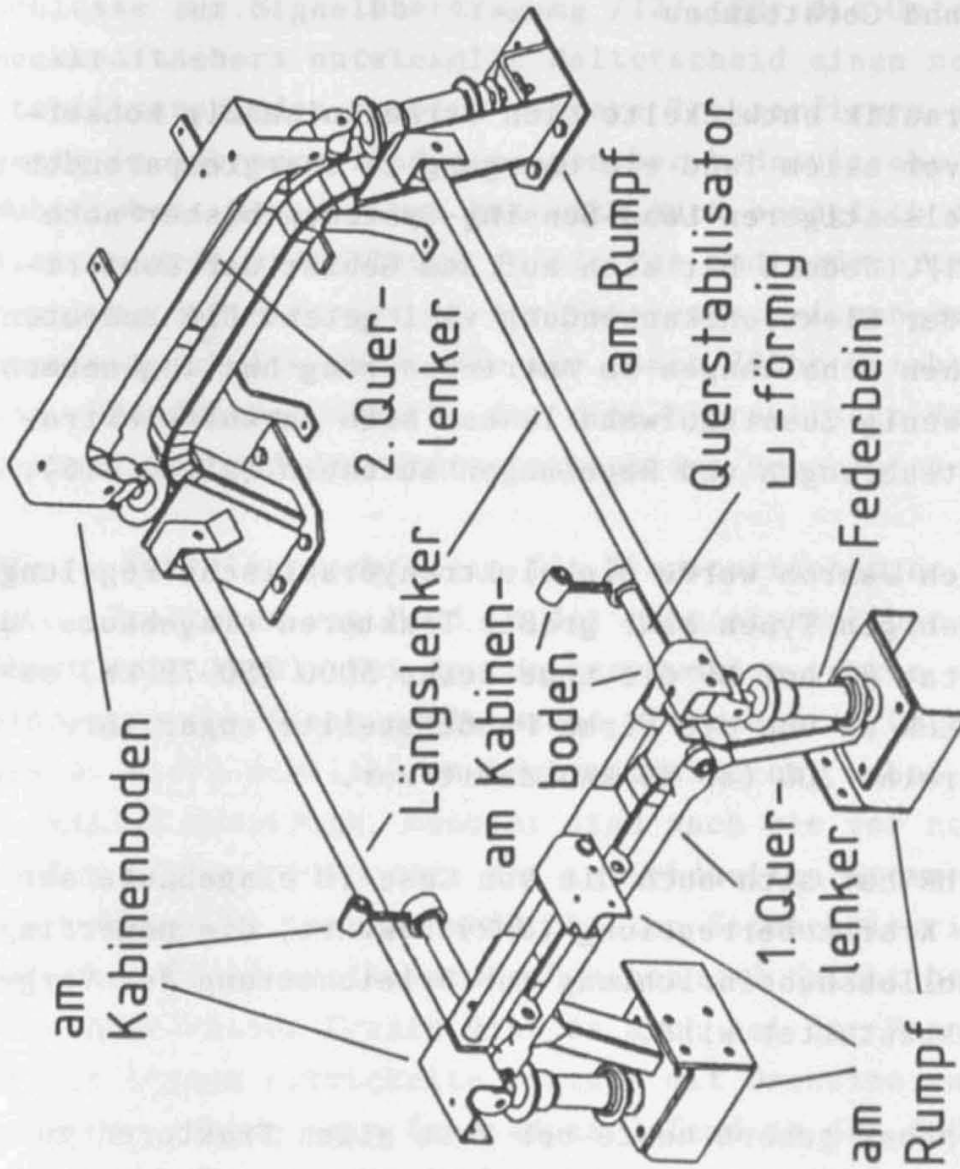


Bild 9: Zweistufenlastschaltung, Bauart ZP-Schlüter, für Getriebe der ZP-Baureihe T 3000 von Schlüter entwickelt. Vorgestellt 1987, Serie geplant für 1988.

#### 4.4 Fahrererkabinen mit Arbeitsplatz

Die Kabinen wurden noch leiser: Werte unter 80 dB(A) nach OECD-Test (Vollast) werden inzwischen bei einer größeren Anzahl von Traktortypen erreicht. Im unteren Leistungsbereich bieten daneben einige Firmen aus Kostengründen einfachere Kabinen mit weniger Komfort an. Für Temperatursenkungen erfreuen sich Dachluken steigender Beliebtheit. Zur weiteren Reduzierung der Schwingungsbelastung stellte Renault als erster eine weich gefederte und hydraulisch gedämpfte Kabine auf der SIMA 1987 vor, nachdem die Vorteile aus vielen wissenschaftlichen Arbeiten weitgehend bekannt waren. Die in Bild 10 gezeigte Aufhängung arbeitet mit vier Federbeinelementen und ist zur Führung der Kabine mit je zwei Quer- und Längslenkern sowie einem quer zur Fahrtrichtung angeordneten Stabilisator ausgerüstet. Alternativ hierzu untersuchte Vorderachsfederungen verbessern vor allem die Fahrsicherheit und erst in zweiter Linie auch die Schwingungsbeanspruchung des Fahrers /10/.

Die zunehmende Fernbetätigung und verfeinerte Kontrolle der Traktorgeräte von der Kabine aus hat eine ganze Reihe von Normungsaktivitäten für entsprechende Anschlüsse am Traktor ausgelöst, insbesondere bezüglich Hydrauliksteckkupplungen, Dauerstromversorgung und Informationsübertragung. Bei den Betätigungselementen wird weiterhin versucht, die zunehmende Funktionszahl mit eher abnehmender Hebelzahl zu beherrschen, beispielsweise durch einen im Schalthebel integrierten elektrischen Druckknopf für die Lastschaltung (z.B. Deutz-Fahr, Steyr, Schlüter), Kontakte am Ende der Quergasse zur Gruppenschaltung (MF) oder Mehrfachfunktionshebel bei hydraulischen Steuerventilen (z.B. Fendt, Schlüter). Die früher nur bei großen Traktoren angebotene Lenkradverstellung gibt es jetzt bei mehreren Firmen schon ab Mittelklasse.



**Bild 10:** Aufhängung der ersten serienmäßigen Traktorkabine mit langhubiger Federung und Dämpfung, Bauart Renault. Vorstellung auf der SIMA 1987 für die obere Reihe TZ 16 (81/90/99 kW bzw. 110/122/135 PS).

Rückfahreinrichtungen für große Traktoren (z.B. zum Feldhäckseln oder Zuckerrübenerten) konnten eine zunehmende Verbreitung erfahren, wobei man frühere Nachteile gegenüber Selbstfahrern inzwischen behoben oder abgemildert hat. Pioniere dieser Entwicklung waren vor allem die Firmen Schlüter, Daimler-Benz und Fendt.

#### 4.5 Hydraulik und Geräteanbau

Die Arbeitshydraulik entwickelte sich verhältnismäßig konservativ weiter, vor allem fand ein Übergang zu energiesparenden und funktionell vielseitigeren Load-Sensing-Systemen bisher noch nicht statt /11/. Jedoch hat sich auf dem Gebiet der Komforthydraulik und der Elektronikanwendung viel getan: Die Bedeutung von hydraulischen Schaltungen im Antriebsstrang hat zugenommen - mit relativ wenig Zusatzaufwand lassen sich darauf elektrohydraulische Steuerungen und Regelungen aufbauen (siehe 4.6).

Noch vor wenigen Jahren wurde die elektrohydraulische Regelung (EHR) nur in wenigen Typen sehr großer Traktoren eingebaut. Auf der Agritechnica '87 bot MF die neue Reihe 3000 (50-79 kW) serienmäßig mit EHR an und die Firma Fendt stellte sogar ihre neue kleine Baureihe 200 (ab 30 kW) damit vor.

Parallel zur EHR hat sich auch die von Case-IH eingebaute servohydraulische Kraftheberregelung (SHR) bewährt, die neuerdings mit einer Schnellaushubeinrichtung zur Erleichterung der Vorgehewendearbeit ausgestattet wird.

Der Frontkraftheber gehört heute bei fast allen Traktoren zu einer integrierten auf Wunsch gelieferten Baugruppe. Regelsysteme beschränken sich bisher auf den Zylinderdruck (bei Deutz-Fahr in Verbindung mit EHR). Bei den Frontladern geht der Trend zu hydraulischen Werkzeugbetätigungen; ebenso steigt die Nachfrage nach Parallelführungen.

Die Verbindungsstellen zwischen Traktor und Gerät müssen heute Energie (mechanisch, hydrostatisch, pneumatisch, elektrisch), Stoffe (Hydrauliköl, Luft) und Signale übertragen. Dazu dienen vor allem Dreipunktanbau (Heck, Front), Anhängerkupplung, Zapfwellen (Heck, Front), hydraulische Steckdosen, pneumatische Anschlüsse (Bremsnetz), elektrische Bordnetzsteckdosen sowie Anschlüsse zur Signalübertragung /12/. Für die Unterlenker des Heckkrafthebers entwickelte Walterscheid einen neuen Seitenstabilisator, den bereits mehrere Traktorfirmer einbauen. Noch wenig in Gebrauch sind demgegenüber hydraulische Oberlenker und Hubstreben. Wenig getan hat sich auch bezüglich der von der Wissenschaft empfohlenen gefederten und gedämpften Gerätean-kopplung zur Reduzierung der Fahrzeugschwingungen. Demgegenüber entwickelte Fendt für die neuen 200er Weinbautraktoren den sog. "Pendelkraftheber", der eine hydraulische Verstellung der Querneigung und des Querversatzes des angebauten Gerätes erlaubt.

Die Kuppelvorrichtungen für Transportanhänger sind heute bei vielen Traktoren von Hand in der Höhe einstellbar (Serie bei Fendt seit 1980). Bei den Heckzapfwellen setzte sich in Europa eindeutig das Einstummelkonzept mit mehreren (z.B. bei Steyr bis zu vier) schaltbaren Drehzahlen durch, wobei man ISO-Form 1 (6 Keile) bevorzugt. Genormt sind nach wie vor nur die Drehzahlen 540 und 1000 /min mit individuellen Stummelprofilen. Die von manchen Fachleuten befürchteten Sicherheitsrisiken des "europäischen Einstummelkonzeptes" haben sich nicht bewahrheitet. Eine abweichende Praxis gibt es auch bei der Frontzapfwelle: Das in Europa entwickelte Konzept mit Drehsinn entgegen der Motordrehrichtung (ein Zahnradpaar) fand in der ISO keine Mehrheit - die entgegengesetzte Drehrichtung ist seit Ende 1985 gültige internationale Norm. Teure Konzepte mit Schaltbarkeit beider Drehrichtungen könnten bald die Folge sein.

Neben der Vereinheitlichung der Hydraulikförderströme und -drücke begann man mit der Normung einer elektrischen Arbeitsstromsteckdose und ebenso einer Elektroniksteckdose für die Kommunikation zwischen Traktor und Gerät.

#### 4.6 Elektronikanwendung

Wie in anderen Bereichen der Technik hat sich auch beim Traktor die Elektronik weiter durchgesetzt /13/. Die Motive dafür bestehen in der besseren Ausnutzung der vorhandenen Funktionen und Leistungen durch optimierte Regelsysteme, der Entlastung des Fahrers durch automatisierte Schalt- und Steuerfunktionen, der besseren Information des Fahrers über den aktuellen Arbeitsprozess sowie in der Speicherung von Daten für eine spätere Nutzung. Die bereits seit längerem bekannten Regelsysteme EHR und ASR (Antriebs-Schlupf-Regelung) konnten weiterentwickelt werden. Einige Hersteller nutzen die Elektronik auch zur automatischen Schaltung verschiedener Funktionen - Tafel 4 faßt hierzu einige Beispiele zusammen.

Bei nahezu allen Traktoren des oberen Leistungsbereiches bietet man auf Wunsch einen Bordcomputer zum Speichern und Verarbeiten von Meßdaten an, die dem Fahrer jederzeit als Entscheidungshilfe zur Verfügung stehen. Dabei handelt es sich z.B. um Drehzahlen (für Motor, Zapfwelle und Antriebsräder), die tatsächliche Fahrgeschwindigkeit (Messung mit Radar), den Kraftstoffverbrauch, die Motorauslastung, den Schlupf, die Flächenleistung, die Zählung von Ballen und anderen Ereignissen, die Ausbringungsmenge usw. Neueste Systeme sind auch in der Lage, die Informationen auf einen Datenträger zu übertragen, der dann z.B. vom Betriebsrechner übernommen werden kann.

Schließlich wird die Elektronik auch als Hilfsmittel bei der Wartung und Reparatur eingesetzt. So wurde beispielsweise von Deutz-Fahr ein Diagnosesystem für die Fehlersuche an Hydraulikanlagen vorgestellt.

- **Zapfwelle** ———(MF): Steuerung des Kuppelvorgangs (leichtes/schweres Gerät)  
Abschalten bei Oberlast, bei Rutschen der Kupplung und bei zu hoher Drehzahl (Sparzapfwelle)
- **Allradantrieb** —(MF): Zuschalten bei eingelegter Differentialsperre  
Zu- und Abschalten in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und beim Bremsen
- **Diff.-Sperre**—(Fendt): Zuschalten bei Drehzahldifferenz der Räder  
vo./hint. Ausschalten bei größeren Lenkwinkeln, bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und beim Bremsen  
—(MF): Aus- und Einschalten beim Ausheben und Absenken der hint. Dreipunkthydraulik  
Ausschalten bei höheren Fahrgeschwindigkeiten und beim Bremsen
- **Lastschaltung (Steyr):** Gangwechsel in Abhängigkeit von der Motorauslastung

Tafel 4: Beispiele für automatische Schaltungen bei Traktoren mit Hilfe elektronischer Systeme. Stand: Agritechnica 1987.

- Wirtschaftlichkeit in 2-3 Jahren (Kosten - Nutzen)
- Konzept nicht zu aufdringlich (Erklärungsbedarf)
- Fahrer möglichst weiter zu entlasten (Automatisierung)
- Erprobte, ausgereifte Technik (Hauptnutz.-Phase 8-10 J.)
- Bei event. Ausfall (auch im Straßenverkehr!): Kein Unfallrisiko - angemess. Notbetrieb - rasche Reparatur

Tafel 5: Praxisbezogene Grundsätze zur Anwendung elektronischer Systeme bei Traktoren



Im Interesse einer guten Akzeptanz der neuen Technik wurden vom Verfasser einige Grundsätze erarbeitet und in Tafel 5 zusammengefaßt.

## 5. Ausblick

Die Herausforderungen der Zukunft an die Traktorenindustrie sind ungewöhnlich: Sinkende Stückzahlen, immer noch mehr Varianten, weiter zunehmende Funktionszahl, verschärfte Umweltauflagen, erhöhtes Sicherheitsbedürfnis, weiter steigende Komfortansprüche und zunehmende Bedeutung internationaler Regelwerke. Gerade die letzten Jahre haben aber gezeigt, daß nicht etwa konservatives Verharren die Probleme löst, sondern flexibler, praxisnaher technischer Fortschritt mit wirtschaftlichem Augenmaß zum Erfolg verhilft, den unser Land nicht nur national, sondern auch international gut gebrauchen kann.

## Schrifttum

- (1) Renius, K.Th.: The Agricultural Tractor in the Year 2000. Vortrag Simposio Internazionale Sulla Meccanizzazione Agricola, Bologna 13./14.11.1987.
- (2) Renius, K.Th.: Der Traktor: Schlüsselmaschine in der Landwirtschaft. VDI-Tagung "100 Jahre Automobil", Fellbach 18.4.1986, VDI-Berichte 595 (1986), S. 227 - 248
- (3) Schön, H.: Landtechnik für die Landwirtschaft der Zukunft. Vortrag MEG-Abend Frankfurt/M. 24.11.1987. Abdruck als Beilage DLG-Mitt. 103 (1988) Nr. 1
- (4) Tillet, N.D. und E. Audsley: The Potential Economic Benefits of Gantries for Leaf Vegetable Production. J.agric.Engn.Res. 26 (1987) Nr. 1, S. 31 - 44

- (5) Renius, K.-Th.: Traktoren. 2. Auflage. München: BLV-Verlag 1987
- (6) Schwanghart, H.: Traktorreifen und Traktor-Boden-Wirkungen. Jahrbuch der Landtechnik 1988 (LAV) Frankfurt/M.: Maschinenbauverlag (in Vorbereitung).
- (7) Renius, K.Th.: Die Entwicklung von Motor und Getriebe bei Traktoren (in Vorbereitung, sie (6)).
- (8) Renius, K.Th.: Moderne Schleppergetriebe. Landwirtsch. Unternehmer-Seminar Gut Schlüterhof, Freising, 21. und 28.2.1984 (mit Abdruck)
- (9) Söhne, W. und K.Th. Renius: Ackerschlepper 1984, ATZ 86 (1984) Nr. 12, S. 563-575
- (10) Weigelt, H.: Vorderachsfederung für landwirtschaftliche Schlepper. Grndl.Landt. 36 (1986) Nr. 2, S.54-59 (siehe auch Fortschritt-Ber. VDI, Reihe 14, Nr. 33, Düsseldorf 1987)
- (11) Friedrichsen, W. und T. van Hamme: Hydrostatische Antriebe und Steuerungen in Landmaschinen und Ackerschleppern. o + p 32 (1988) Nr. 2, S. 124-130
- (12) Nienhaus, C.: Schnittstellen und Freiräume bei System Ackerschlepper/Gerät. Grndl.Landt. 36 (1986) Nr. 2, S. 50-54
- (13) Meiners, H.H. und K.-H. Mertins: Elektronik in Landmaschinen, Teil 1 bis 3. Agrartechnik (Landmaschinen-Markt) 67 (1988) Nr. 1 - 3

## Bereifung und Bodendruck

von Universitätsprofessor Dr. habil. Manfred Estler, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan

Seit einiger Zeit werden Fragen und Lösungsansätze einer schonenderen Bodenbewirtschaftung sehr intensiv diskutiert.

Die Überlegungen über Möglichkeiten und Maßnahmen setzen dabei in der Regel bei der Bereifung von Schleppern, Landmaschinen und Fahrzeugen an. Denn hiervon wird einerseits ein besonders gravierender Einfluß auf Boden und Pflanze erwartet, andererseits bestehen direkte Ansatzpunkte zu einer raschen und positiven Modifikation.

Bei näherem Auseinandersetzen mit diesen Fragen zeigt sich jedoch, daß Überlegungen zu "Bereifung und Bodendruck" ein sehr komplexes Gebiet umfassen, da neben technisch-konstruktiven Fragen auch die Wechselwirkungen zwischen der Bereifung einerseits, sowie den Auswirkungen auf Boden und Pflanze, Einordnung in vorhandene oder künftig geplante Arbeitsverfahren sowie eine ökonomische Beurteilung berücksichtigen müssen. Nicht zu allen dieser Fragen lassen sich heute bereits abgesicherte Aussagen treffen.

Wenn im Rahmen dieses Referates Fragen und Wechselwirkungen von Bereifung und Bodendruck diskutiert werden sollen, erscheinen drei Bereiche besonders vorrangig und wichtig:

1. Welche Auswirkungen sind von Bodenverdichtungen zu erwarten
2. Welche maschinen- und gerätetechnischen Aspekte beeinflussen das Entstehen von Bodenverdichtungen

3. Welche Ansatzpunkte bestehen, um das Auftreten von Bodenverdichtungen zu verhindern oder zumindest auf ein tolerierbares Maß zurückzuschrauben.

Diese drei Bereiche bilden auch die Gliederung für die Abhandlung des Themas.

### Auswirkungen von Bodenverdichtungen

Wenn man die Zusammenhänge beim Entstehen von Bodenverdichtungen aufzeigen will, erscheint es zweckmäßig, vorab die Kausalkette zu veranschaulichen, in welcher derartige Vorgänge ablaufen (siehe Abbildung 1).

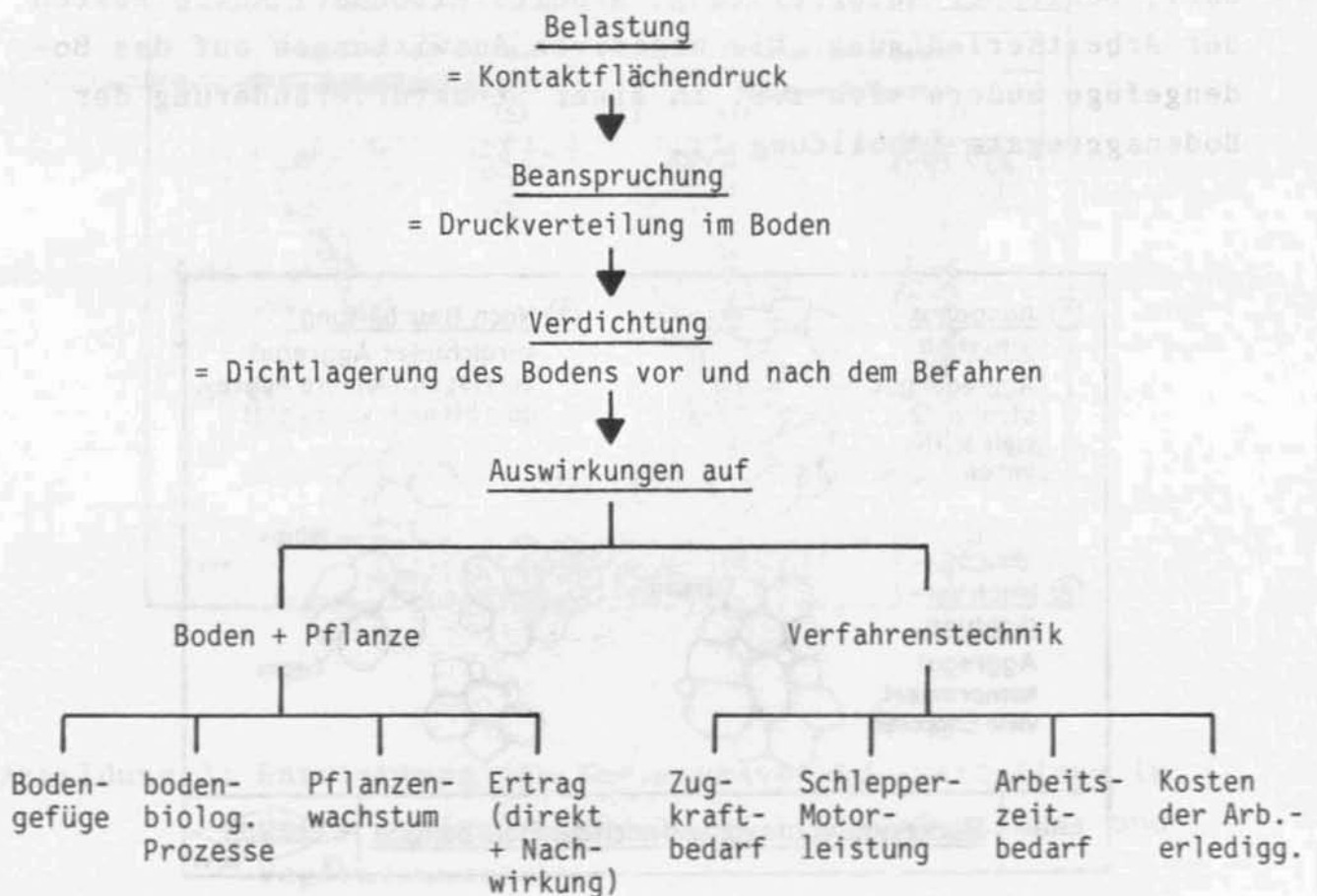


Abbildung 1

Durch Belastung, Beanspruchung und Verdichtung werden demnach Veränderungen im Bodengefüge hervorgerufen. Im wesentlichen handelt es sich dabei um eine Veränderung des Gesamtporenvolumens und des Anteils an Grob- und Feinporen. Ganz generell verursacht Bodenverdichtung eine Abnahme der luftführenden Grob- und Mittelporen sowie eine Zunahme der wasserführenden Feinporen.

Wenn aber das für den jeweiligen Boden optimale Porenvolumen und -verhältnis gestört wird, sind nicht nur gravierende negative Auswirkungen auf das Bodengefüge, das Abfließen der bodenbiologischen Prozesse, auf Pflanzenwachstum und Ernteertrag zu befürchten. Hinzu kommen auch verfahrenstechnische Nachteile im Hinblick auf z.B. ein erhebliches Ansteigen von Zugkraftbedarf, Schlepper-Motorleistung, Arbeitszeitbedarf sowie Kosten der Arbeitserledigung. Die negativen Auswirkungen auf das Bodengefüge äußern sich z.B. in einer Strukturveränderung der Bodenaggregate (Abbildung 2).

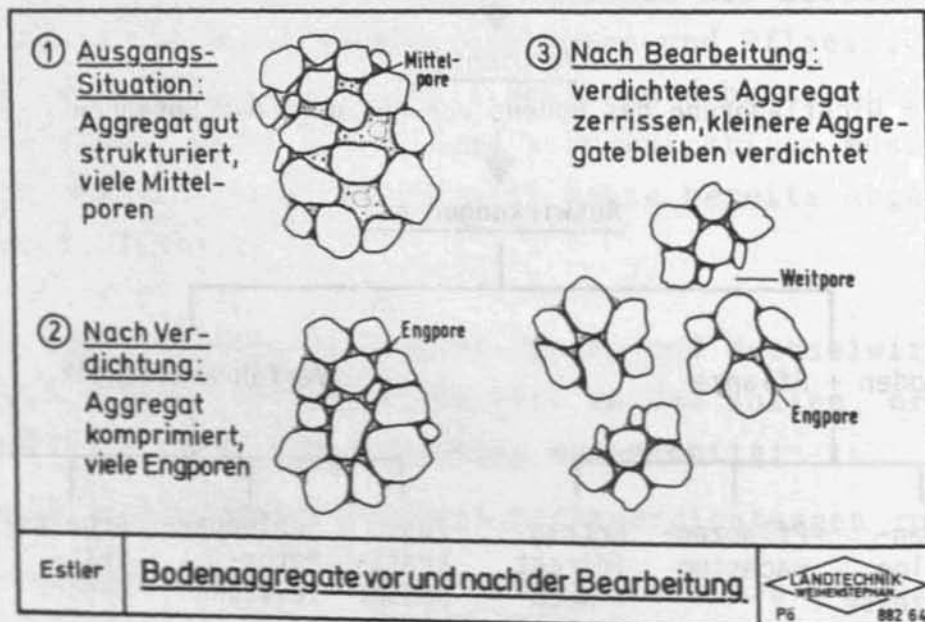


Abbildung 2: Aufbau und Struktur der Bodenaggregate vor und nach der Bearbeitung

Eine Verdichtung der ursprünglich gut strukturierten und mit vielen Mittelporen ausgestatteten Bodenaggregate führt zu einem Komprimierungseffekt, wodurch der Anteil an Engporen erheblich ansteigt. Auf verdichtungsgefährdeten Böden kann eine mechanische Bodenbearbeitung diese Aggregate nicht wieder in den Ursprungszustand versetzen, die auseinandergerissenen, kleineren Aggregate bleiben weiterhin verdichtet, lediglich zwischen den Aggregatstrümmern entstehen in erheblichem Umfang Weitporen.

Die Pflanzen reagieren z.T. sehr empfindlich auf Veränderungen der Bodendichte. Dies kann am Beispiel der Wurzelmasse und -verteilung im Boden bei Winterweizen und Sommergerste veranschaulicht werden.

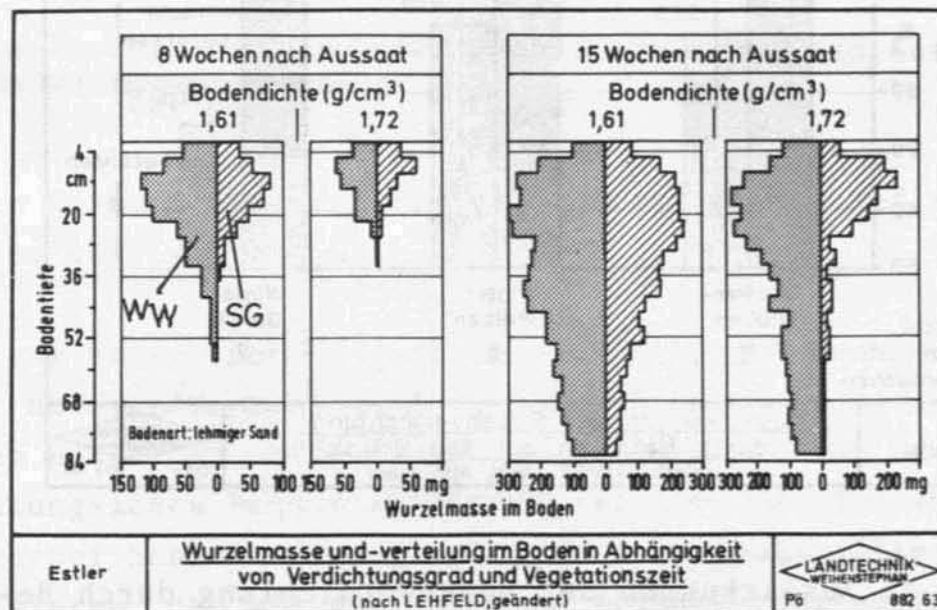


Abbildung 3: Entwicklung von Wurzelmasse und -verteilung im Boden in Abhängigkeit von Verdichtungsgrad und Vegetationszeit

Bereits 8 Wochen nach der Aussaat läßt sich auf dem Boden mit der höheren Bodendichte ein deutlich gehemmtetes Wurzelwachstum erkennen. Die gleiche Tendenz zeigt sich auch bei Messungen 15 Wochen nach der Aussaat. Die Versuchsergebnisse veranschaulichen außerdem sehr deutlich, daß das Wurzelsystem von Sommergerste auf Bodenverdichtungen deutlich empfindlicher reagiert, als dies bei Winterweizen der Fall ist.

Für den Praktiker ist selbstverständlich besonders interessant, wie der Ernteertrag bei wichtigen Kulturpflanzen auf Bodenverdichtungen reagiert.

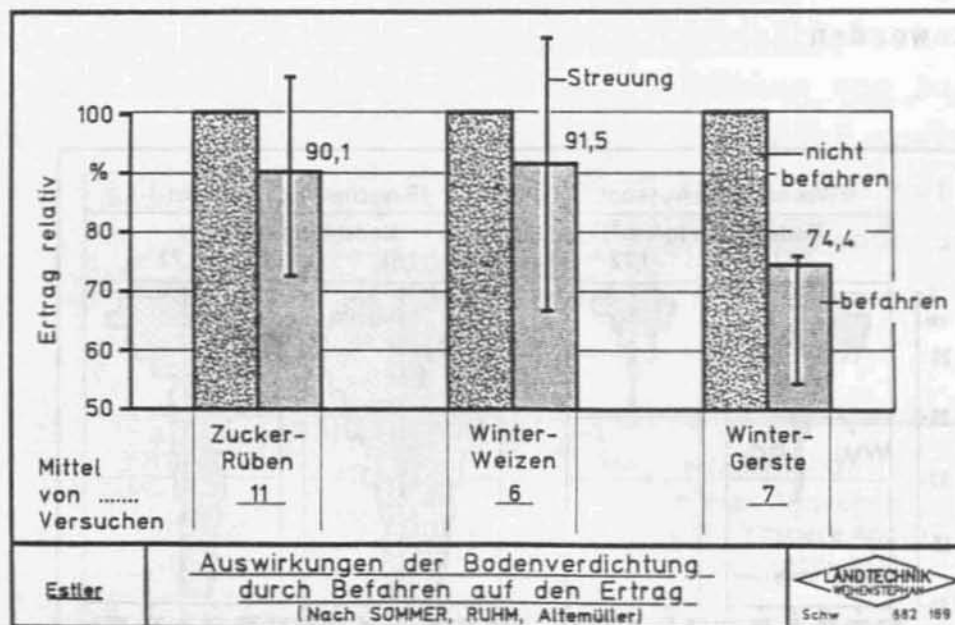


Abbildung 4: Auswirkungen der Bodenverdichtung durch Befahren auf den Ertrag

Diese Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß bei Zuckerrüben und Winterweizen die Bodenverdichtung zu einem nahezu übereinstimmenden Ertragsrückgang von 9 - 10 % geführt hat, während Wintergerste wesentlich empfindlicher reagierte.

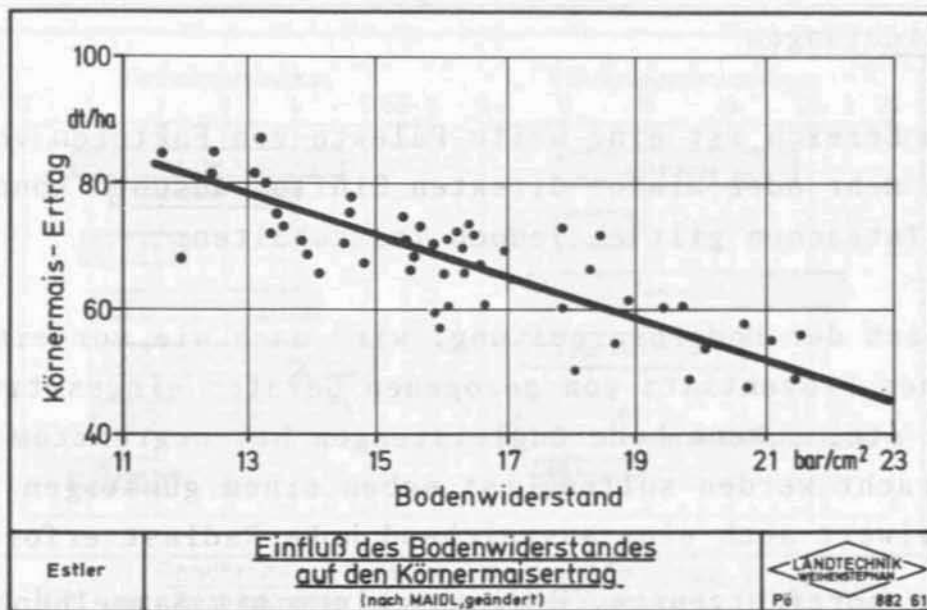


Abbildung 5: Einfluß des Bodenwiderstandes auf den Körnermaisertrag

Auch der Körnermaisertrag reagiert nahezu linear auf eine Zunahme des Bodenwiderstandes.

Über diese überwiegend negativen Erscheinungen kann auch nicht darüber hinwegtäuschen, wenn z.B. in Trockenzeiten und auf leichten Böden die Getreidebestände im Bereich von Radspur-Verdichtungszone besser auflaufen, als bei unbefahrenem Boden. Hierbei handelt es sich lediglich um Sonderfälle, die signalisieren, daß mit den üblichen Bodenbearbeitungsmaßnahmen nicht der angestrebte Rückverfestigungseffekt erreicht werden konnte. Meist handelt es sich auch nur um einen Kurzzeiteffekt. Wenn die wachsenden Pflanzenwurzeln auf verdichtete Bodenzonen auftreffen, wird in der Regel die Wurzelentwicklung gebremst, so daß schlechtere Pflanzenentwicklung und Mindererträge bereits vorprogrammiert sind.



### Maschinen- und gerätetechnische Aspekte beim Entstehen von Bodenverdichtungen

In diesem Bereich ist eine weite Palette von Faktoren vorhanden, die einen mehr oder minder direkten Einfluß ausüben können. Folgende Tatsachen gilt es jedoch festzuhalten:

- Im Bereich der Bodenbearbeitung, wird nach wie vor ein relativ hoher Prozentsatz von gezogenen Geräten eingesetzt (Pflüge Grubber etc.). Wenn hohe Zugleistungen bei begrenztem Schlupf aufgebracht werden sollen, ist neben einem günstigen Triebkraftbeiwert auch eine ausreichend hohe Radlast erforderlich.
- Bei Transportfahrzeugen, Erntemaschinen mit Sammelbunker, Gülletankwagen etc. ist in den letzten Jahren die Nutzmasse und damit auch die Gesamtmasse drastisch gesteigert worden. Dadurch sollen vor allen Dingen günstige arbeitswirtschaftliche und ökonomische Effekte erzielt werden.
- Nach wie vor ist die Intensität im Bereich der Bodenbearbeitung sehr hoch. Vielfach wird eine Vielzahl von Arbeitsgängen angewandt, um optimale Arbeitsergebnisse zu erzielen. Ein umfangreicher Fahrverkehr auf den Feldern ist jedoch gleichbedeutend mit einer Fülle unkontrollierbarer Verdichtungshorizonte und damit sektoral sehr unterschiedlichen Entwicklungsbedingungen für die Kulturpflanzen.

Diese Situation soll anhand einiger Übersichten veranschaulicht werden.

Aus Abbildung 6 ist ersichtlich, daß bei Traktoren, Ladewagen und selbstfahrenden Feldhäckslern eine vergleichsweise relativ geringe Fahrzeuggesamtmasse vorhanden ist. Diese Massen können, zumindest bei Traktoren und selbstfahrenden Feldhäckslern, mit einem begrenzten Reifeninnendruck auf dem Boden abgestützt werden. Demgegenüber ist bei Transportfahrzeugen und selbstfahrenden

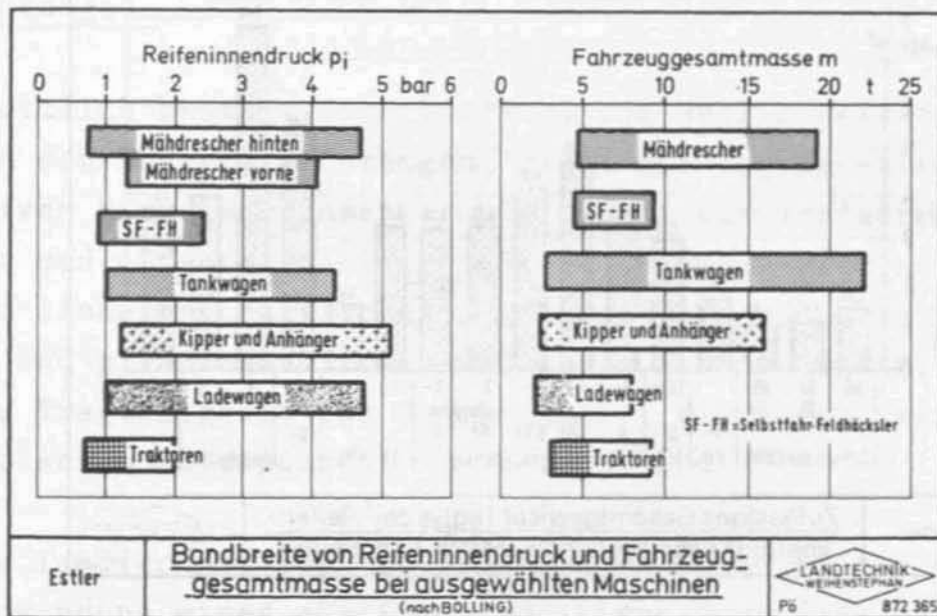


Abbildung 6: Bandbreite von Reifeninnendruck und Fahrzeuggesamtmasse bei ausgewählten Maschinen

den Mähreschern eine ungünstige Faktoren-Kombination zu verzeichnen, da hohe Fahrzeuggesamtmassen und gleichzeitig hohe Reifeninnendrucke vorhanden sind. Erfahrungsgemäß ist ein hoher Reifeninnendruck mit dafür verantwortlich, daß Verdichtungs-zonen auch in tieferen Bodenschichten hervorgerufen werden.

Ähnliches ergibt sich bei einem Vergleich von zulässigem Gesamtgewicht und Reifen-Kontaktfläche. Mankann davon ausgehen, daß in der Regel aus einsatztechnischen Gründen versucht wird, das zulässige Gesamtgewicht bei Schleppern, Transportfahrzeugen, selbstfahrenden Bunker-Erntemaschinen etc. voll auszu-schöpfen (Abbildung 7).

Errechnet man das zulässige Gesamtgewicht (kg) je  $\text{cm}^2$  Reifenkontaktfläche (bei üblicherweise angebotenen Reifenabmessungen), ergeben sich bei den ausgewählten Fahrzeugen erhebliche Unter-

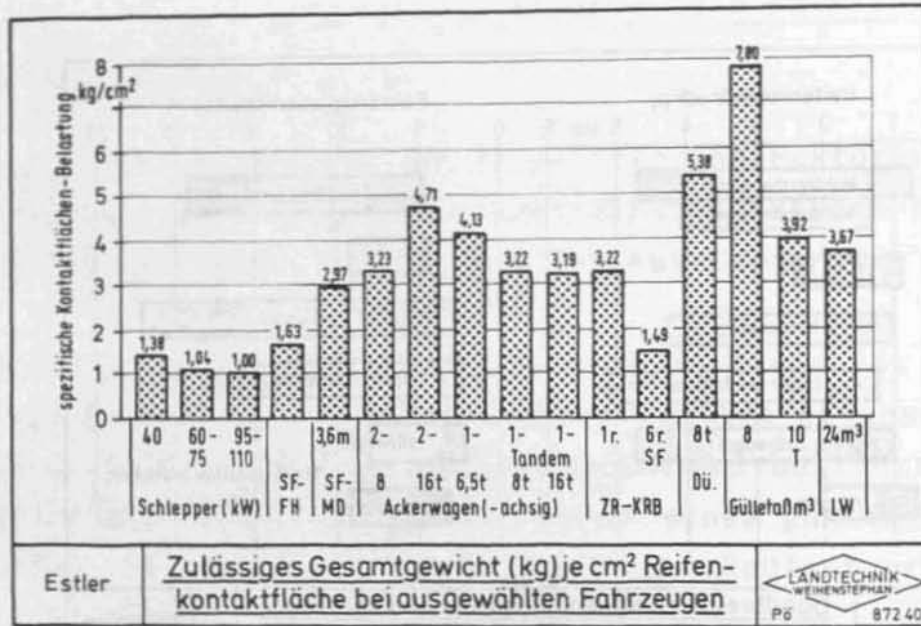


Abbildung 7: Spezifische Kontaktflächen-Belastung bei ausgewählten Fahrzeugen

schiede. Während bei Schleppern, selbstfahrenden Feldhäckslern und 6-reihigen selbstfahrenden Köpfrödebunkern für Zuckerrüben spezifische Kontaktflächen-Belastungen von ca. 1,0 bis 1,6 kg/cm² vorliegen, sind bei Transportfahrzeugen überwiegend wesentlich höhere Werte zu verzeichnen. Besonders ungünstig schneiden Transportfahrzeuge ab, bei denen eine hohe Nutzlast vorhanden ist, aber relativ kleindimensionierte Bereifungen verwendet werden. Damit bestätigt sich die in der Praxis bereits seit längerer Zeit deutlich erkennbare Situation, daß bei Schleppern mit steigender Motorleistung auch die Bereifung "mitgewachsen" ist, während bei Transportfahrzeugen vielfach noch ein sehr erheblicher Nachholbedarf in der Anpassung der Reifenabmessungen an die vorhandenen Gesamtmassen erforderlich ist.

LÄNDTECHNIK  
WEIHNSTETPHAN  
P6 872 401

## Ansatzpunkte zum Verhindern oder Reduzieren von Bodenverdichtungen

Grundsätzlich besteht eine Vielzahl von Möglichkeiten zum Verhindern von Bodenverdichtungen, nicht nur bei technisch-konstruktiven Einzelmaßnahmen, sondern auch aus verfahrenstechnischer und einsatztechnischer Sicht. Daneben wird es im praktischen landwirtschaftlichen Betrieb erforderlich sein, alle acker- und pflanzenbaulichen Maßnahmen auszuschöpfen, um eine bessere Tragfähigkeit und Befahrbarkeit der Böden, vor allem in kritischen Zeitspannen, sicherzustellen.

Bei den landtechnischen Einzelmaßnahmen steht in der Regel die Verwendung einer möglichst günstigen Bereifung an vorderster Stelle des Maßnahmenkataloges. Der Begriff "günstig" ist jedoch immer im Zusammenhang mit dem vorgesehenen Einsatzbereich zu sehen, wobei erhebliche Unterschiede zu verzeichnen sind, ob der Reifen zur Übertragung hoher Zugkräfte, zum Abstützen hoher Lasten oder zu einem kulturschonenden Abrollen auf der Feldoberfläche verwendet werden soll.

Der Bereich "Zugarbeit" wirft dabei in der Regel die größten Probleme auf, da hohe Zugleistungen bei weitestgehender Schonung der Bodenstruktur aufgebracht werden sollen. Eine Reifenverbreiterung ist nicht immer in dem angestrebten Umfang möglich, da z.B. beim Pflügen (Fahren in der Furche) Reifenbreite und Schnittbreite des Pflugkörpers sorgfältig aufeinander abzustimmen sind. Hier gilt es, alle Möglichkeiten einer Vergrößerung des Reifendurchmessers konsequent zu nutzen, um eine Vergrößerung der Auflagefläche und damit eine günstigere Zugkraftübertragung zu erreichen.

Bei Arbeitsvorgängen, die nicht dieser Einschränkung unterliegen, wird meist eine Reifenverbreiterung als besonders zweckmäßig und nutzbringend angesehen. Neben den traditionellen Lö-

sungsformen wie z.B. Zwillingsbereifung, Verwendung von Gitterrädern etc. stehen derzeit neue Reifenbauformen wie z.B. verbreiterte Normalreifen oder "echte" Breitreifen im Mittelpunkt der Diskussion. Nachfolgend soll ein vergleichende Betrachtung dieser unterschiedlichen Reifenbauformen anhand einiger ausgewählter Kriterien vorgenommen werden.

Eine Verbreiterung der Bereifung führt direkt zu einer Vergrößerung der Reifenaufstandsfläche (Abbildung 8). Große Aufstandsflächen sind gleichbedeutend mit einer geringen relativen Spurtiefe (Abbildung 9) und einem deutlich günstigeren Kontaktflächendruck (bei gleicher Radlast), vor allem im Vergleich zur Normalbereifung (Abbildung 10).

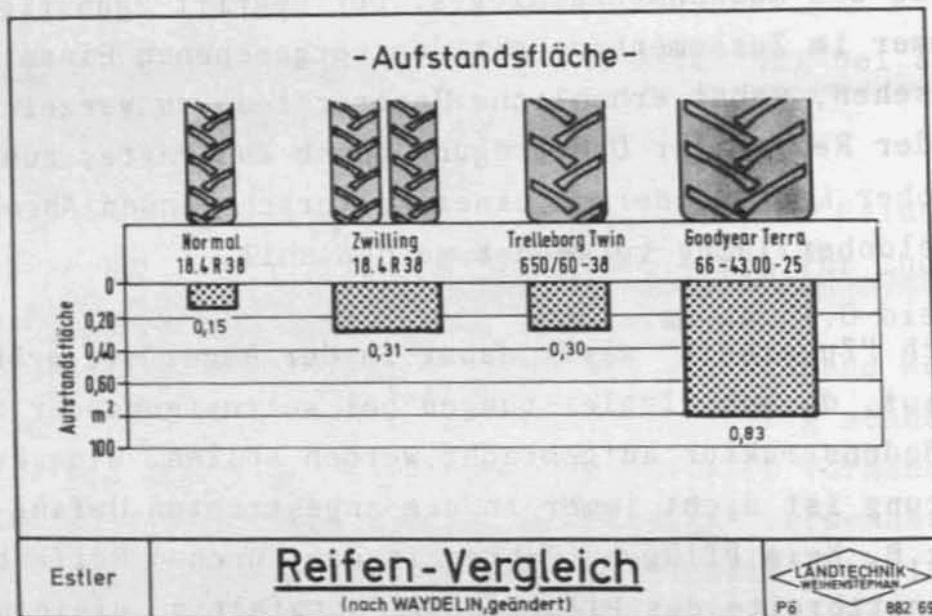


Abbildung 8: Aufstandsfläche bei verschiedenen Reifenbauformen

Günstige Reifendimensionen sollen jedoch nicht nur ein möglichst schonendes Abrollen der Reifen auf der Ackeroberfläche ermöglichen, sondern in anderen Anwendungsbereichen auch in der Lage sein, ausreichend hohe Zugkräfte zu übertragen. Ein

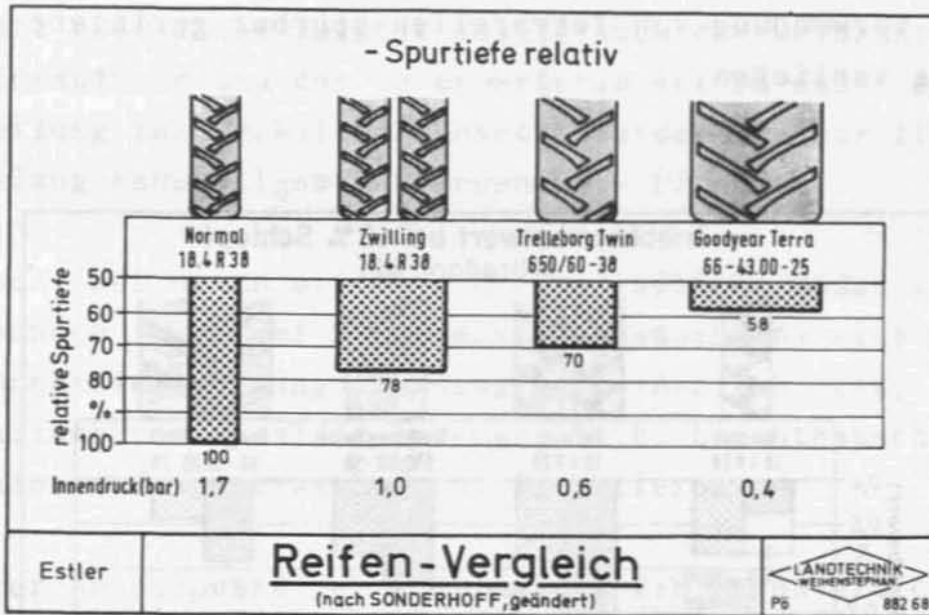


Abbildung 9: Relative Spurtiefe bei ausgewählten Reifenbauformen

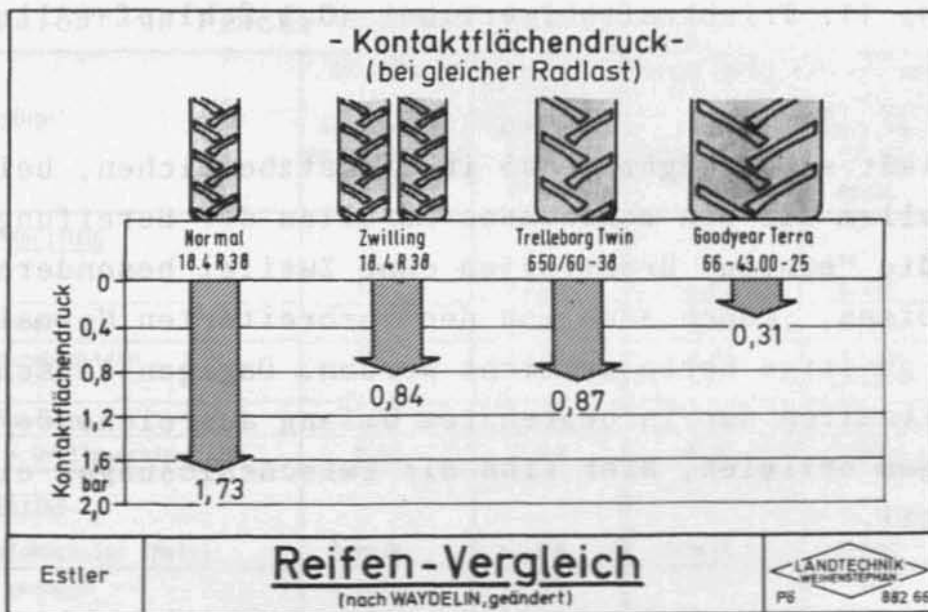


Abbildung 10: Kontaktflächendruck bei gleicher Radlast

Vergleich der Triebkraftbeiwerte (Abbildung 11) läßt erkennen, daß bei Verwendung von Terrareifen spürbar geringere Triebkraftbeiwerte vorliegen.

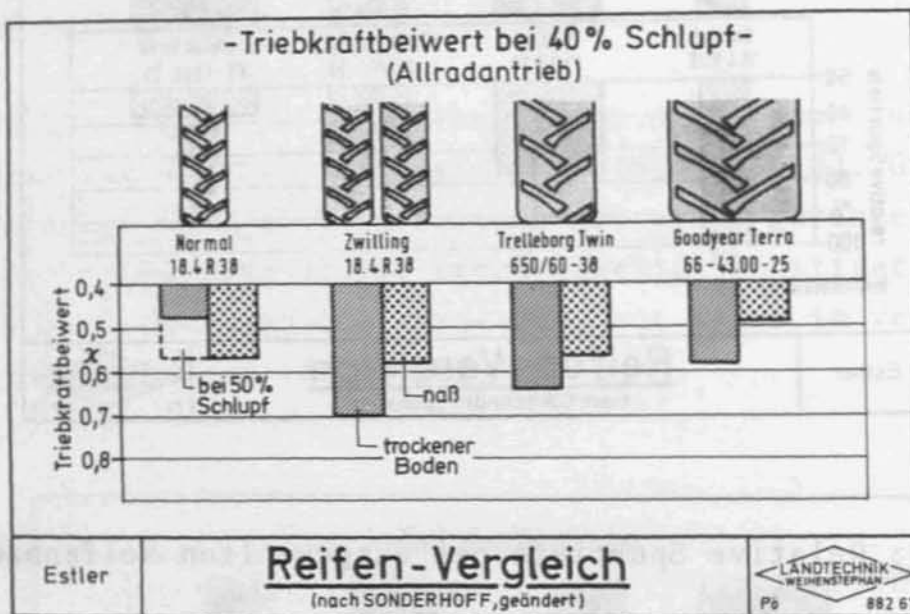


Abbildung 11: Triebkraftbeiwert bei 40 % Schlupf (Allradantrieb)

Daraus läßt sich folgern, daß in Einsatzbereichen, bei denen es vor allem auf ein schonendes Abrollen der Bereifung ankommt, die "echten" Breitreifen ohne Zweifel besondere Vorteile aufweisen, jedoch auch von den verbreiterten Normalreifen relativ günstige Werte erreicht werden. Dagegen lassen sich mit Breitreifen nur in begrenztem Umfang ausreichende Zugleistungen erzielen, hier sind die Zwischenlösungen eindeutig im Vorteil.

Für die praktische Nutzenanwendung gilt es darüber hinaus noch weitere Einsatzbereiche zu berücksichtigen, z.B. Abstimmung der Bereifung auf bestimmte Reihenabstände und Fahrgassenbreiten, Einschränkungen durch die Straßenverkehrs-Zulassungsordnung,

rasche Änderung des Reifen-Innendruckes bei Feldeinsatz bzw. Straßenfahrt etc. Nicht zuletzt sollte auch der erforderliche Investitionsaufwand und der zu erwartende Nutzen einer breiteren Bereifung ins Verhältnis gesetzt werden, leider liegen hierzu bislang kaum allgemein verwendbare Daten vor.

In Betrieben, bei denen extrem druckempfindliche Böden vorliegen und dennoch (z.B. bei Pflanzenschutzmaßnahmen) eine termingerechte Arbeitserledigung unbedingt erforderlich ist, wäre die Anschaffung von Spezialfahrzeugen (z.B. Leichtbauschleppern mit Spezialbereifung) ernsthaft zu diskutieren.

Ein weiterer Ansatzpunkt zur Reduzierung der Bodenverdichtungen ist im Bereich der Optimierung des jeweiligen Produktionsverfahrens zu sehen. Hier sind besonders aussichtsreiche Ansatzpunkte in einer Reduzierung des Fahrverkehrs zu erkennen, z.B. durch einen Übergang von Arbeitsverfahren mit einzeln und nacheinander ablaufenden Arbeitsgängen hin zu einer verstärkten Anwendung von Gerätekombinationen. Damit ließe sich die von den Reifen verdichtete Fläche spürbar reduzieren.

Arbeitsgänge	60 kW/80 PS-Schlepper		132 kW/180 PS-Schlepper	
	Arb.-Breite Reihenabstand m	von Reifen verdichtete Fläche m <sup>2</sup> /ha	Reihenabstand m	von Reifen verdichtete Fläche m <sup>2</sup> /ha
<b><u>BODENBEARBEITUNG</u></b>				
Pflug	1.05	8.818	2.40	4.750
Schälgrubber	2.20	4.364	5.00	2.280
Saatbettkombination	3.50	2.646	7.50	1.520 (3.040)
Zapfwellen-Egge	3.00	3.086	6.00	1.899
ZW-Egge + Drillmaschine	2.50	3.704	4.50	2.533
<b><u>ERNTARBEITEN</u></b>				
Exakt-Feldhäcksler (Mais)	1-reih.	12.346	3-reih.	5.066
ZR-KRB, gezogen	1-reih.	18.520	--	--
Köpfroder + Lader (2-phasig)	--	--	6-reih.	7.600
Hinterradbereifung: Breite/Reifenpaar 92,6 cm bei 60 kW-Schlepper 114,0 cm bei 132 kW-Schlepper				
<b>BODENBELASTUNG BEI AUSGEWÄHLTEN ARBEITSGÄNGEN</b>				

Abbildung 12: Verdichtete Bodenfläche bei ausgewählten Arbeitsgängen



Ordnet man einem 60 kW-/80 PS-Schlepper entsprechende Geräte-Arbeitsbreiten zu, errechnet daraus die erforderliche Fahrstrecke/ha und multipliziert dies mit der Breite je Reifenpaar des Schleppers, erhält man die von den Reifen verdichtete Fläche (qm/ha). Dabei zeigt sich, daß beim Pflugeinsatz von den 10.000 qm eines Hektars Ackerfläche mehr als 8.800 qm von den Schlepperreifen befahren und damit verdichtet werden. Bei Geräten mit größerer Arbeitsbreite reduziert sich dieser Wert, steigt jedoch bei Erntearbeiten mit einreihigen Exakt-Feldhäckseln oder Zuckerrüben-Köpfrodebunkern auf extreme Werte an.

Immerhin wird bei den Erntearbeiten jeder qm Feld mehr als 1,2 bzw. 1,8 mal von den Schlepperreifen überrollt.

Der Übergang auf Schlepper mit höherer Motorleistung und entsprechend größerer Arbeitsbreite der Geräte führt zu einer deutlichen Verringerung der von den Reifen verdichteten Fläche.

Ein gleicher Effekt läßt sich erzielen, wenn anstelle von Arbeitsverfahren mit getrennt und nacheinander ablaufenden Arbeitsgängen konsequent Gerätekombinationen oder Verfahren mit reduziertem Bearbeitungsaufwand angewandt werden. (Abb. 13)

Oftmals stimmen die Zeitpunkte, in denen aus betriebsorganisatorischer Sicht ein Geräteeinsatz zwingend erforderlich ist und der Zeitraum, in dem eine hohe Tragfähigkeit des Bodens vorliegt, nicht überein. Am Beispiel des Produktionssystems "Mais nach Getreide" ist zu erkennen, daß zur Zeit der Herbst- und Grundbodenbearbeitung, während der Ausbringung von Gülle und mineralischem Dünger im Frühjahr sowie zur Zeit der Maisernte und -abfuhr eine hohe Bodenbelastung einhergeht mit einer hohen Druckempfindlichkeit des Bodens (Abbildung 14).

Bearbeitungsgänge		Arbeitsgänge Anzahl	von Reifen verdichtete Fläche m <sup>2</sup> /ha
Volldrehpflug	1,4 m	4	13.248
2x Saatbettkombination	5,0 m		
Drillmaschine	5,0 m		
Volldrehpflug	1,4 m	2	10.286
ZW-Egge + Drillmaschine	3,0 m		
Flügelschargrubber + ZW-Egge + Drillmaschine	3,0	1	3.360
Fräse mit Breitsaatschiene	4,0 m	1	2.520
Hinterradbereifung 18,4 R 38, Breite/Reifenpaar 100,8 cm			
BODENBELASTUNG BEI GERATEKOMBINATION MIT 74 KW/100 PS-SCHLEPPER			

Abbildung 13: Von Reifen verdichtete Flächen bei absätzigen und kombinierten Verfahren von Bodenbearbeitung und Bestellung

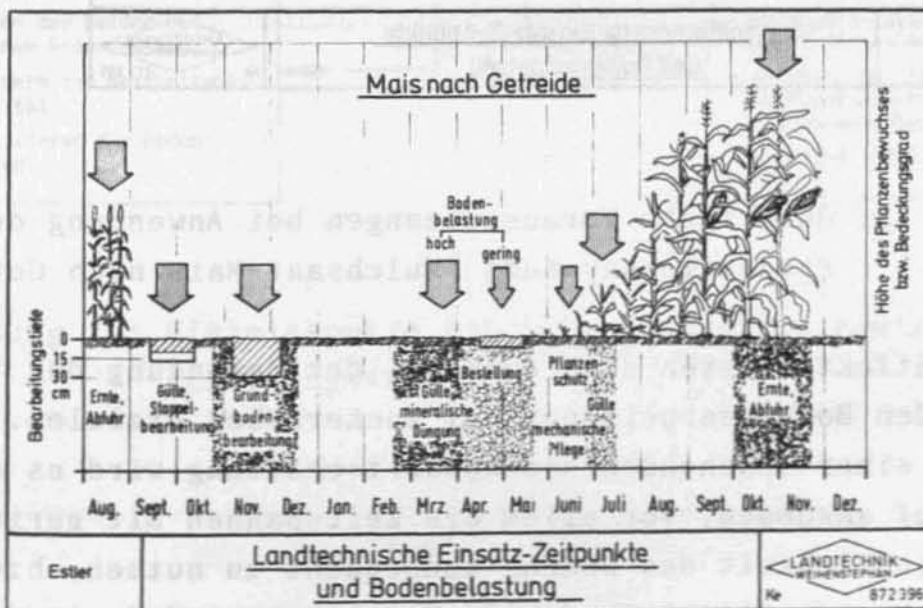


Abbildung 14: Bodenbelastung und -empfindlichkeit im Produktionssystem "Mais nach Getreide"

Durch die Anwendung des Mulchsaat-Verfahrens bei der Maisbestellung lassen sich Vorteile in mehreren Richtungen ausnutzen. Die Grundbodenbearbeitung wird als tiefe Sommerfurche in eine günstige Zeitspanne nach der Getreideernte vorverlegt. Der für die Mulchsaat bestimmte Zwischenfruchtbestand fördert durch eine intensive Durchwurzelung der Krume die Tragfähigkeit des Bodens und verbessert durch die Pflanzenaufgabe die Befahrbarkeit der Felder im Frühjahr (Abbildung 15).

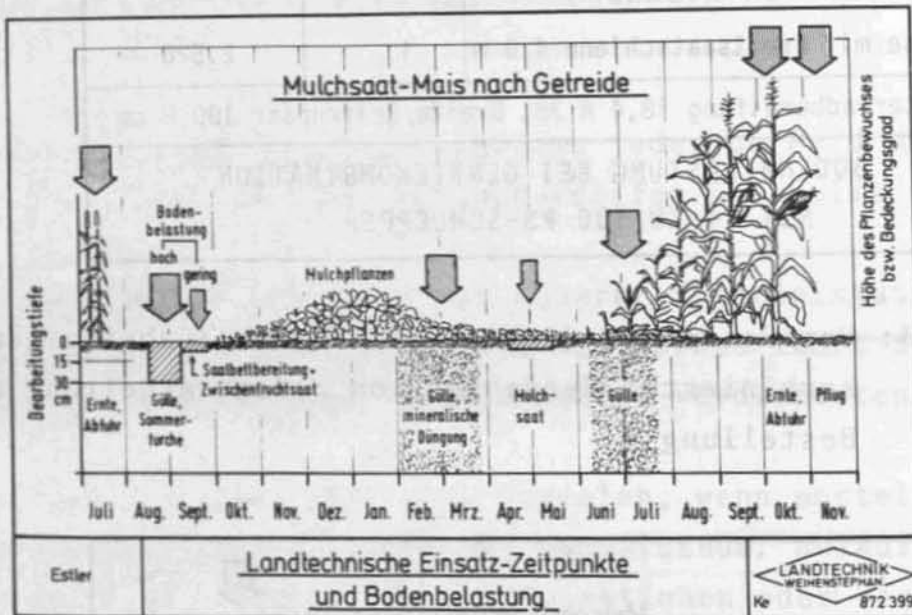


Abbildung 15: Günstigere Voraussetzungen bei Anwendung des Produktionssystems "Mulchsaat-Mais nach Getreide"

Ähnliche Effekte lassen sich auch bei der Anwendung der "konservierenden Bodenbearbeitung" bei Zuckerrüben erzielen. Aus der Sicht einer schonenden Bodenbewirtschaftung wird es deshalb darauf ankommen, vor allem die Zeitspannen mit geringer Druckempfindlichkeit des Bodens konsequent zu nutzen, bzw. bei hoher Druckempfindlichkeit den Geräteeinsatz und damit die Bodenbelastung weitgehendst zu reduzieren, gegebenenfalls auch Mulchsaatverfahren anzuwenden.

## Zusammenfassend

kann festgehalten werden, daß eine Vielzahl von Ansatzpunkten besteht, eine Reduzierung der Bodenverdichtung und damit günstige Voraussetzungen für ungehindertes Pflanzenwachstum sowie hohe und sichere Ernteerträge zu schaffen. Neben der Wahl einer aus verschiedenen Gesichtspunkten günstigen Bereifung wird es darauf ankommen, auch andere Maßnahmen für eine schonende Bodenbewirtschaftung konsequent anzuwenden (Abbildung 16).

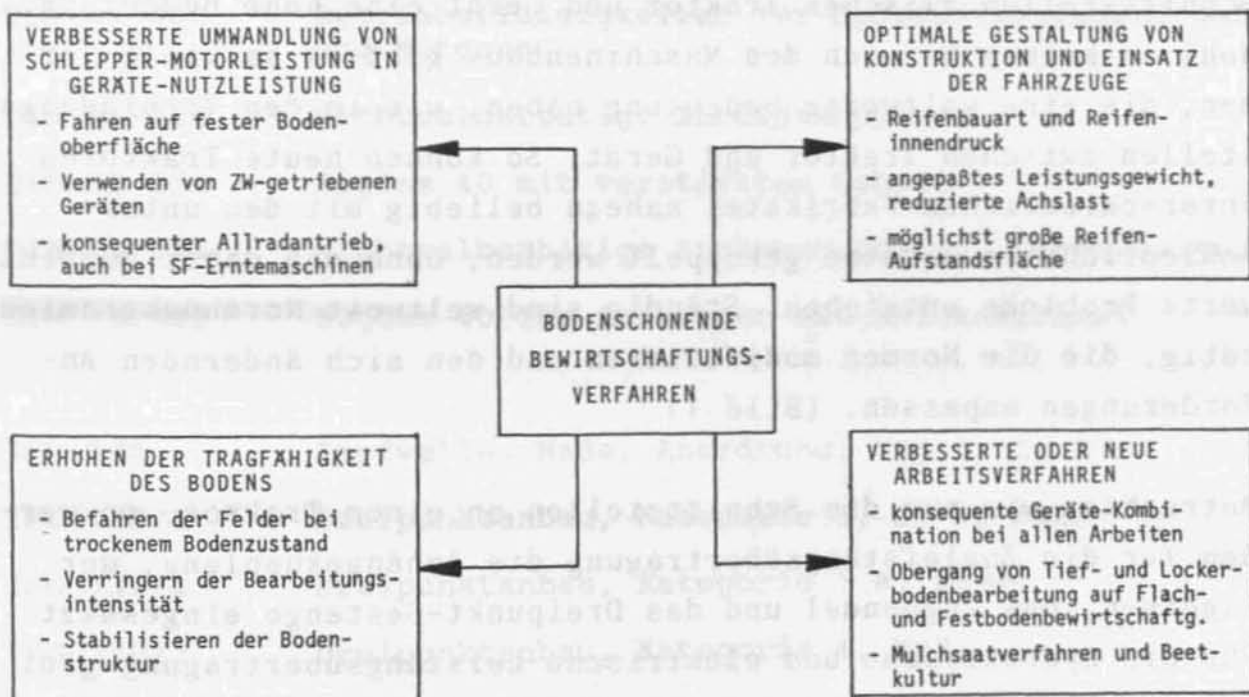


Abbildung 16: Einzelaspekte von bodenschonenden Bewirtschaftungsverfahren

## Verbindung von Traktor und Gerät

### "Anbau-/Anhängesysteme und Leistungsübertragung"

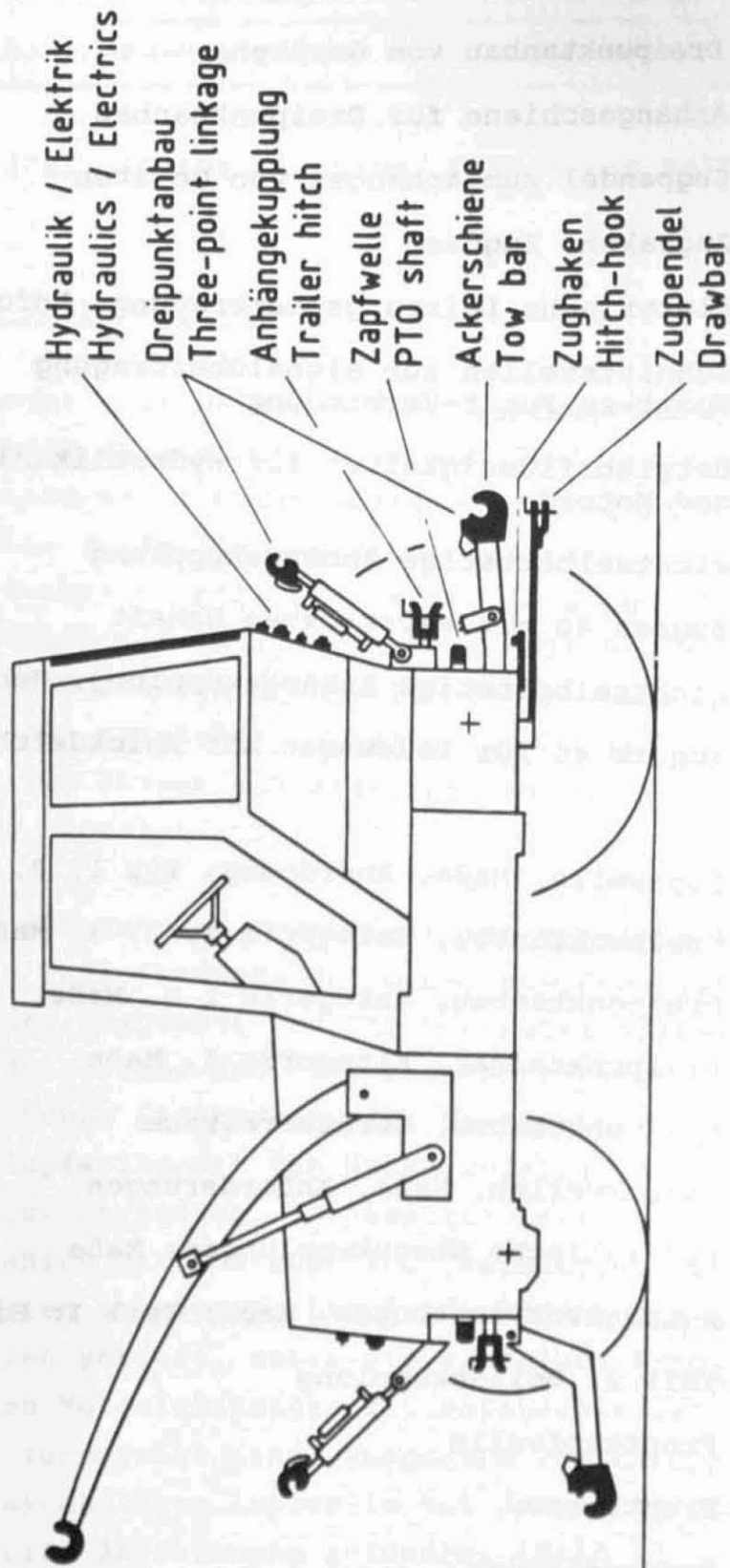
von Dipl. Ing. Clemens Nienhaus, Firma Jean Walterscheid GmbH,  
Lohmar

#### Verbindung Traktor/Gerät

Da der Traktor eine universelle Arbeitsmaschine ist, haben die Schnittstellen zwischen Traktor und Gerät eine hohe Bedeutung. Wohl in keinem Bereich des Maschinenbaus gibt es so viele Normen, die eine weltweite Bedeutung haben, wie in den Verbindungsstellen zwischen Traktor und Gerät. So können heute Traktoren unterschiedlichen Fabrikates nahezu beliebig mit den unterschiedlichsten Geräten gekoppelt werden, ohne daß dabei nennenswerte Probleme entstehen. Ständig sind weltweit Normungsgremien tätig, die die Normen modifizieren und den sich ändernden Anforderungen anpassen. (Bild 1)

Betrachten wir nun die Schnittstellen an einem Traktor, so werden für die Zugleistungsübertragung die Anhängerkupplung, der Zughaken, das Zuppendel und das Dreipunkt-Gestänge eingesetzt. Für die hydraulische und elektrische Leistungsübertragung gibt es entsprechende Steckdosen. Zur Übertragung der Drehleistung kommt die Zapfwelle mit den Normdrehzahlen 540 und 1000 Umdrehungen zur Anwendung. In jüngster Zeit werden dem Markt weitere Drehzahlen wie 750 und 1400 Umdrehungen als sogenannte Sparzapfwellen angeboten. Die Zapfwellenprofile sind weltweit in Kategorien gestuft, wobei die einzelnen Kategorien unterschiedlichen Motorleistungen mit unterschiedlichen Zapfwelldrehzahlen zugeordnet sind. Ausgehend von Europa hat die in der Drehzahl umschaltbare Zapfwelle mit dem Normprofil 1 3/8" (6) eine weltweite Anerkennung gefunden. (Bild 2)

DIN 9611	Zapfwellen für den Geräteantrieb am Schlepperheck
DIN 9674	Dreipunktanbau von Geräten
DIN 9676	Anhängeschiene für Dreipunktanbau
DIN 9677	Zugpendel zum Anhängen von Geräten
DIN 9678	Zughaken, Zugöse
DIN 9680	Elektrische Leistungsübertragung, Anforderungen
DIN 9684	Schnittstellen zur Signalübertragung Punkt-zu-Punkt-Verbindung
DIN 11 002	Betriebsflüssigkeiten für Hydraulikanlagen, Getriebe und Motoren
DIN 11 025	Nichtselbsttätige Anhängerkupplung
DIN 11 026	Zugöse 40 mit verstärktem Schaft
DIN 11 029	Nichtselbsttätige Anhängerkupplung, Mehrzweckkupplung
DIN 11 043	Zugöse 40 für Ladewagen mit Knickdeichsel
ISO 500	Zapfwelle, Maße, Anordnung; Typ 1, 2, 3
ISO 730/1	Dreipunktanbau, Kategorie 1, 2, 3, Maße
ISO 730/2	Dreipunktanbau, Kategorie 1 N, Maße
ISO 730/3	Dreipunktanbau, Kategorie 4, Maße
ISO 2332	Dreipunktanbau, Gerätefreiraum
ISO 5673	Gelenkwellen, Maße, Anforderungen
ISO 5675	Hydraulische Steckkupplungen; Maße
ISO 6489/1	Anhängevorrichtungen, Maße; Teil 1: Hitch-Haken
ISO 6489/2	Teil 2: Bolzenkupplung
ISO 8759/1	Frontzapfwelle
ISO 8759/2	Frontanbau
ISO 8935	Fernbedienung



Schnittstellen an einem Ackerschlepper  
Interfaces on an agricultural tractor

WALTERSCHEID

1.2.02.040

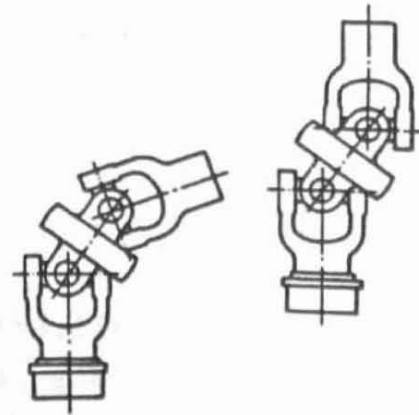
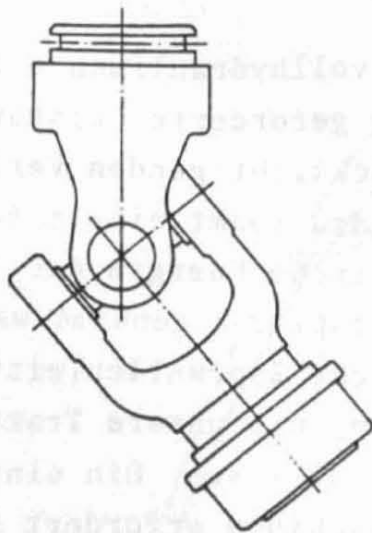
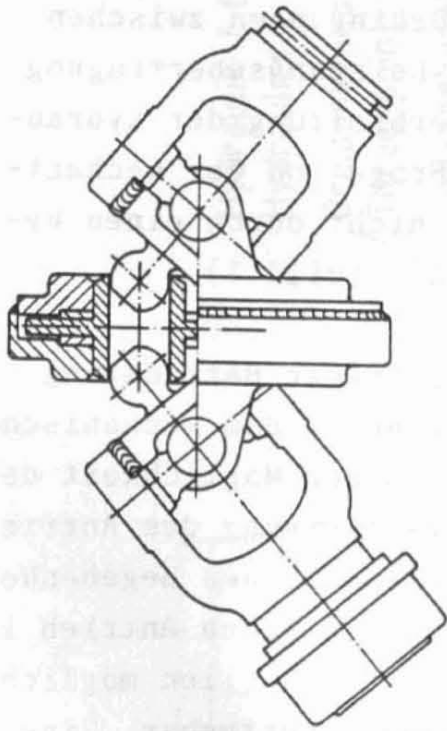
Bild 2

Die Übertragung der Drehleistung vom Traktor zur Maschine erfolgt in aller Regel mittels einer Gelenkwelle auf Basis von Kreuzgelenken. Je nach Anbausituation kommen hier die unterschiedlichsten Gelenkwellen zum Einsatz. Jede Gelenkwellenbauform erfordert besondere kinematische Bedingungen zwischen Traktor und Gerät, um eine gleichmäßige Leistungsübertragung gewährleisten zu können. Mit weiterer Verbreitung der hydraulischen Antriebe stellt sich somit die Frage, ob der mechanische Antrieb zwischen Traktor und Gerät nicht durch einen hydrostatischen Antrieb ersetzt werden kann. (Bild 3)

Der hydrostatische Antrieb bildet bei einseitiger Betrachtung eine Reihe hervorstechender Merkmale gegenüber dem mechanischen Antrieb. Die Vorzüge bestehen vor allem in der Möglichkeit der freien Gestaltung bezogen auf Lage und Verzweigung des Antriebes ohne weitere Berücksichtigung von kinematischen Gegebenheiten oder Erfordernissen. Gegenüber dem mechanischen Antrieb ist ein Überlastungsschutz mit verschleißfreien Bauteilen möglich. Schon im Stillstand ist das volle Drehmoment verfügbar. Eine Reversierbarkeit unter voller Last durch Umsteuern ist gegeben. Ein besonderer Vorteil ist die stufenlose Regelung über große Regelbereiche.

Will man jedoch gezogene Landmaschinen vollhydraulisch antreiben, so muß die von der Arbeitsmaschine geforderte Leistung als Hydraulikleistung zuzüglich der zu berücksichtigenden Verluste in die Traktoren installiert werden. Hinzu kommt eine erforderliche Überdimensionierung, da die kinetische Energie des Traktorschwungrades nicht für die Drehmomentspitzen genutzt werden kann. Betrachten wir nun die erforderliche Zapfwellenleistung von Landmaschinen, so sehen wir deutlich, daß unsere Traktoren die nötige hydraulische Leistung nicht aufweisen. Ein sinnvoller vollhydraulischer Antrieb der Arbeitsmaschinen erfordert eine gänzlich anders konzipierte Hydraulikanlage auf dem Traktor. Es





Gelenk-Bauformen  
Joint designs

1.2.04.033  
2



Bild 3

müßten Pumpen anderer Bauart und anderer Leistung ausgelegt auf den Dauerbetrieb, Ölkühler, Öltank und weitere Ventile vorgesehen werden. Ein Ansatzpunkt einer solchen Entwicklung ist bisher nicht erkennbar. Dies bestätigen neue Schleppergenerationen, die weiterhin mit mechanischen Antrieben versehen sind. (Bild 4)


Ein Kostenvergleich zwischen einem hydraulischen und einem mechanischen Antrieb läßt deutliche Vorteile des mechanischen Antriebs erkennen. Bei differenzierten Antrieben wird heute bereits häufig ein gemischt mechanisch-hydraulischer Antrieb eingesetzt. Dabei sind die Hydraulikaggregate der Arbeitsmaschine zugeordnet. Die Hauptantriebsleistung innerhalb der Arbeitsmaschine wird mechanisch erbracht, um neben den geringen Kosten den besseren Wirkungsgrad nutzen zu können. (Bild 5)

Bei konsequenter Weiterentwicklung und ständiger Nutzung der gegebenen Möglichkeiten ist der mechanische Antrieb zwischen Traktor und Gerät und an vielen Stellen innerhalb des Gerätes auch in Zukunft der sichere und wirtschaftliche Antrieb.

Welche Forderungen werden nun an den Antrieb zwischen Traktor und Gerät gestellt? (Bild 6)

1. volle Leistungsübertragung von der Schlepperzapfwelle zum Gerät
2. Ausgleich von Lageänderungen zwischen Traktor und Gerät, verursacht durch Geländeformationen und durch den Dreipunkt-Anbau
3. volle Manövrierfähigkeit in Kurven und Vorgewenden
4. einfache Handhabung
5. robuste Ausführung ausgelegt auf den landwirtschaftlichen Einsatz
6. Wartungsfreudigkeit für Pflege und Reparatur

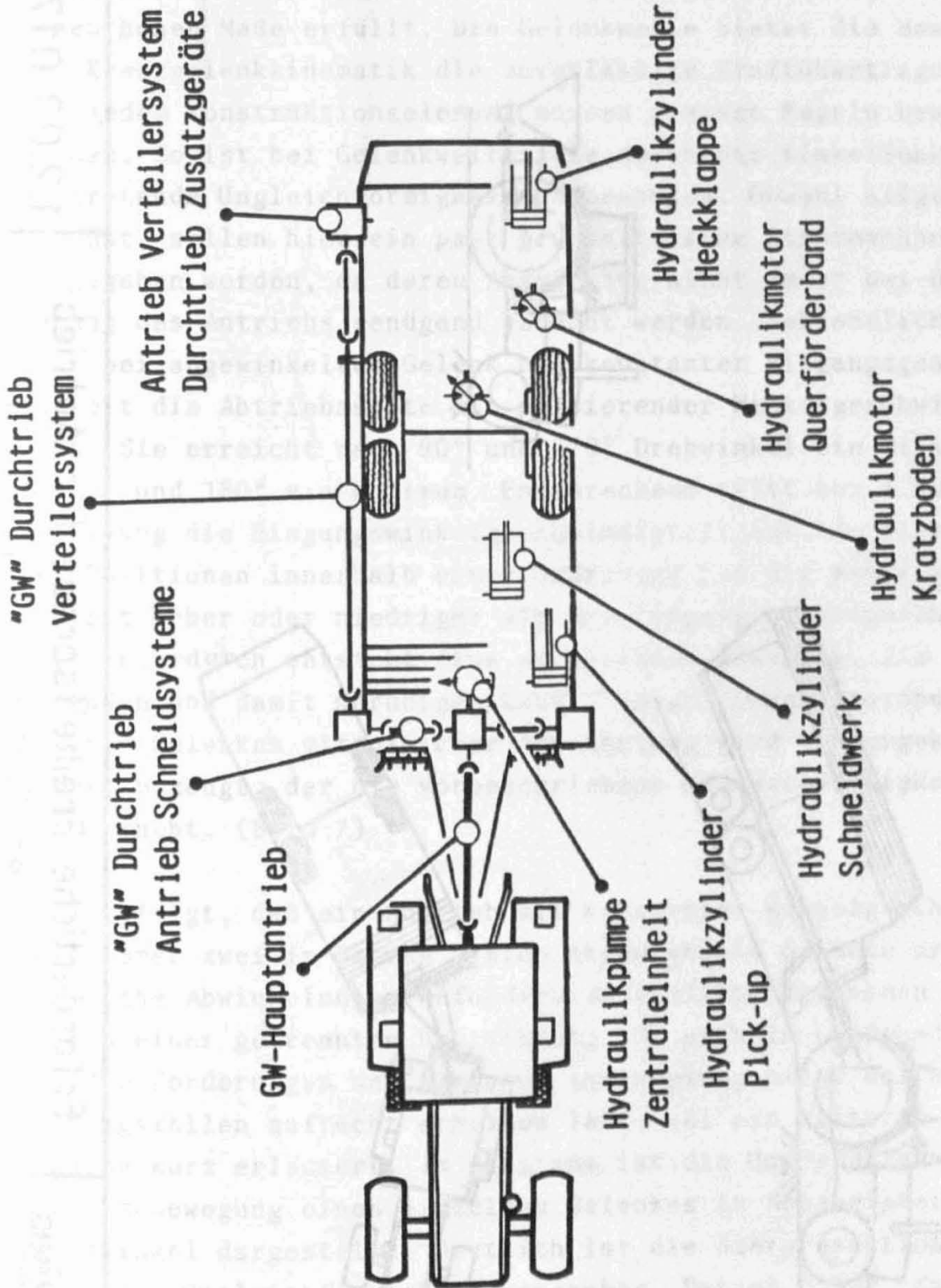
Arbeitsmaschine	Leistungsbedarf KW Zapfwelle	Erforderl. Förderstrom Q L/min. 200 bar
Düngerstreuer	2 - 10	6 - 31
Heuwerbegeräte	8 - 15	25 - 46
Spritzen	5 - 35	15 - 102
Stallungstreuer Ladewagen Vollerntemaschinen	15 - 70	46 - 215
Kreiselmäher	25 - 80	76 - 245
Bodenbearbeitung	25 - 120	76 - 370
Maishäcksler	30 - 120	92 - 370



Leistungsbedarf von  
Landmaschinen

12.02.010

Bild 4

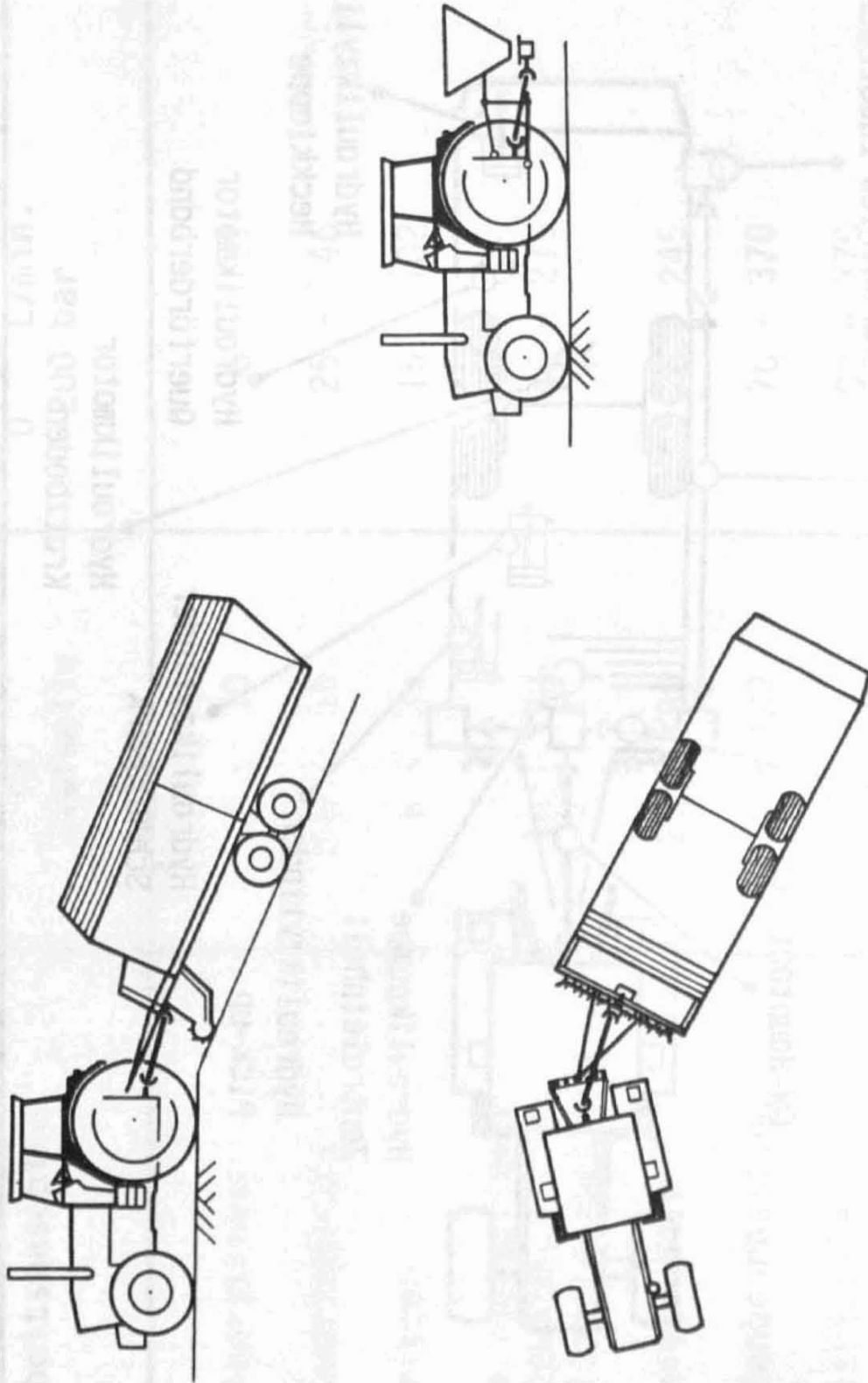


12.02.010  
2

mechanisch-hydraulisches  
Antriebssystem



Bild 5



Erforderliche Freiheitsgrade für Antrieb  
zwischen Schlepper und Gerät

**WALTERSCHEID**

1.2.03.017

Bild 6

Alle diese Forderungen werden von der modernen Gelenkwelle in einem hohen Maße erfüllt. Die Gelenkwelle bietet die Beachtung der Kreuzgelenkkinematik die zuverlässige Kraftübertragung. Wie bei jedem Konstruktionselement müssen gewisse Regeln beachtet werden. So ist bei Gelenkwellen die durch die Winkelfunktion auftretende Ungleichförmigkeit zu beachten. Obwohl allgemein bekannt, sollen hier ein paar grundsätzliche Zusammenhänge wiedergegeben werden, da deren Auswirkung nicht immer bei der Festlegung des Antriebs genügend bedacht werden. Bekanntlich dreht sich bei angewinkeltem Gelenk bei konstanter Eingangsgeschwindigkeit die Abtriebsseite mit pulsierender Winkelgeschwindigkeit. Sie erreicht nach  $90^\circ$  und  $270^\circ$  Drehwinkel ein Minimum und bei  $0^\circ$  und  $180^\circ$  ein Maximum. Entsprechend tritt nur 4 mal je Umdrehung die Eingangswinkelgeschwindigkeit auf. An allen anderen Positionen innerhalb einer Umdrehung ist die Winkelgeschwindigkeit höher oder niedriger als die Eingangswinkelgeschwindigkeit. Hierdurch entsteht eine pulsierende Bewegung, die einen unruhigen und damit unruhigen Lauf erzeugt. Durch Anordnung eines zweiten Gelenkes mit gleicher Abwinkelung wird ein umgekehrter Effekt erzeugt, der die vorbeschriebene Ungleichförmigkeit wieder aufhebt. (Bild 7)

Daraus folgt, daß ein Antrieb mit konstanter Winkelgeschwindigkeit immer zwei im Betrag gleich abgewinkelte Gelenke erfordert. Räumliche Abwinkelungen erfordern zusätzliche Maßnahmen und bedürfen einer getrennten Betrachtung. Da sich im Landmaschinenbau die Forderungen der gleichen Abwinkelung nicht bei allen Anwendungsfällen aufrecht erhalten läßt, sei ein weiterer Zusammenhang kurz erläutert. Im Diagramm ist die Ungleichförmigkeit der Drehbewegung eines einzelnen Gelenkes in Abhängigkeit vom Beugewinkel dargestellt. Deutlich ist die überproportionale Zunahme der Ungleichförmigkeit erkennbar. Daraus folgt, daß Winkeldifferenzen bei sehr kleinen Winkeln vernachlässigt werden können. (Bild 8 und 9)

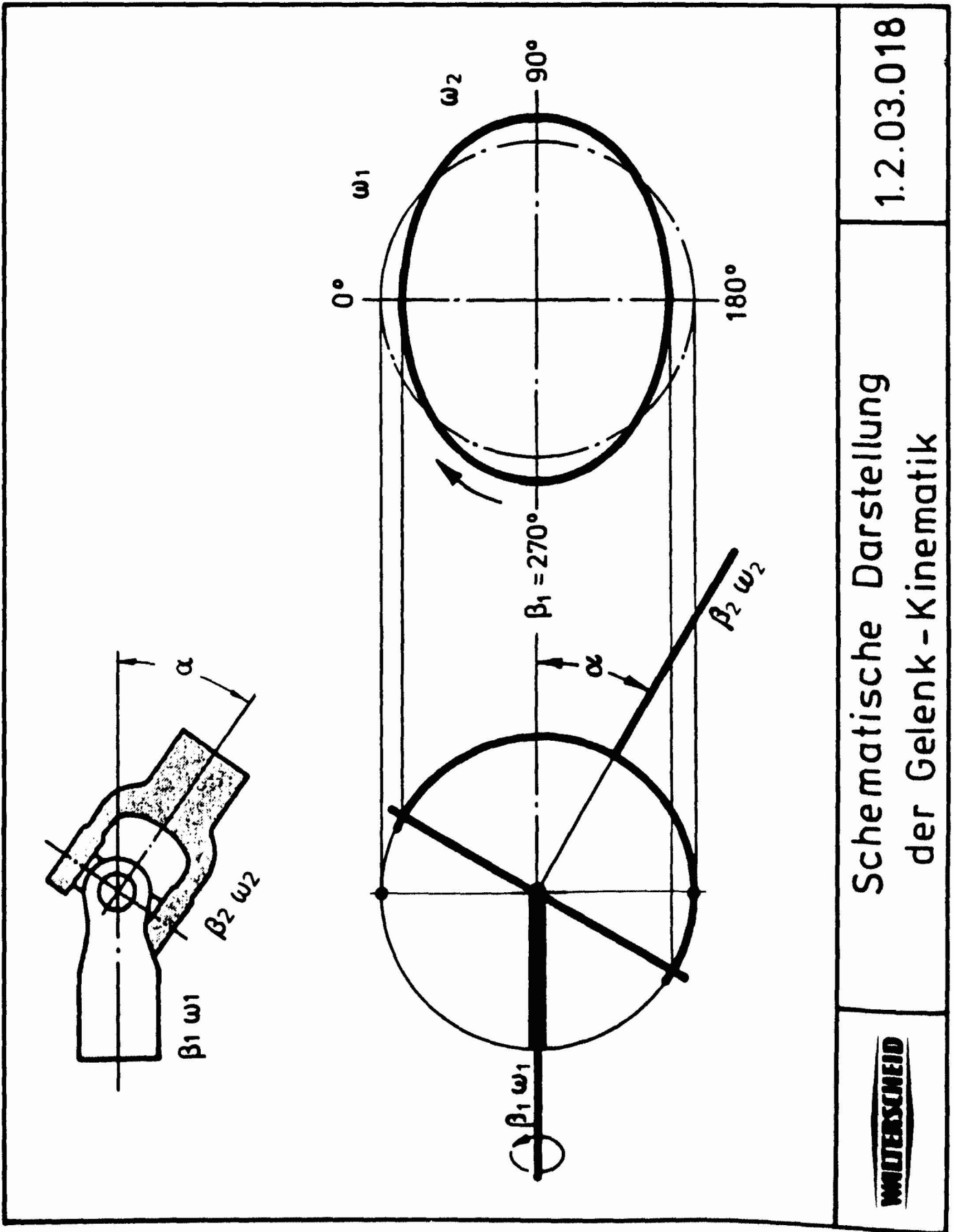


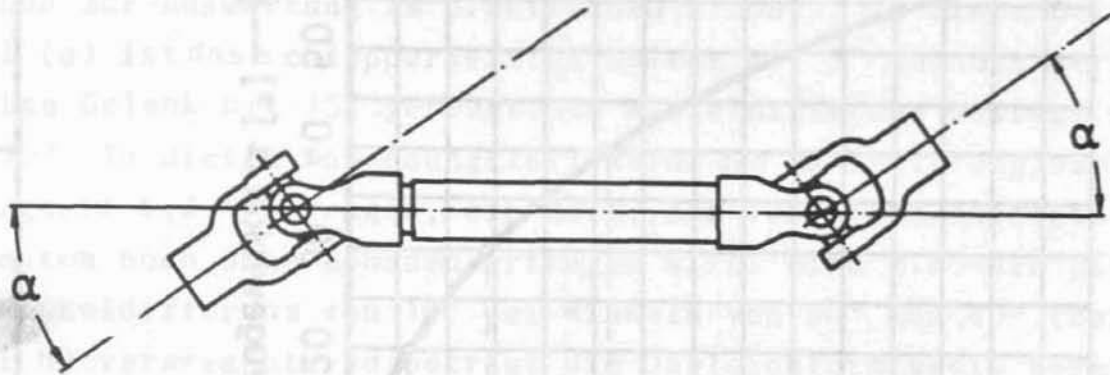
Bild 7

Schematische Darstellung  
der Gelenk - Kinematik

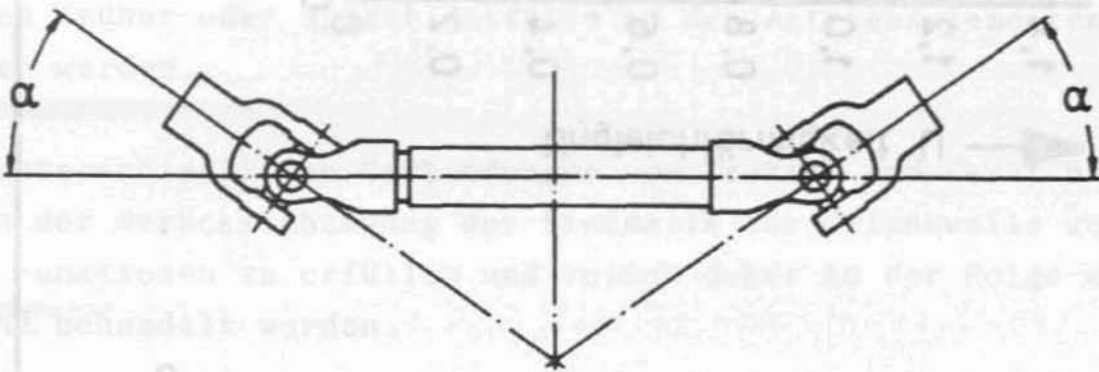


1.2.03.018

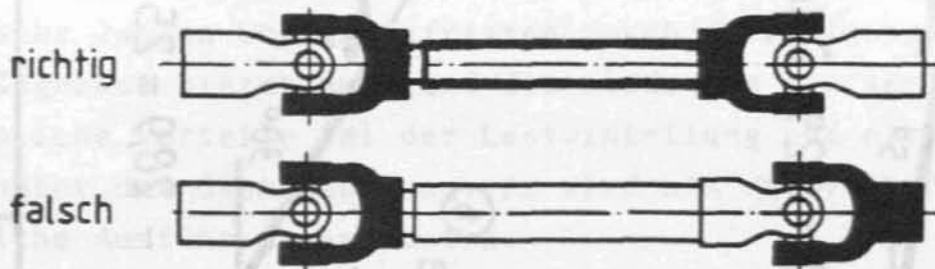
Z-Beuge



W-Beuge



Gelenkebenenstellung



**WALTERSCHEID**

Kinematik der Gelenkwelle

1.2.03.122

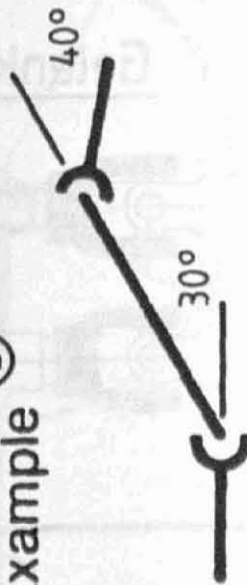


Beispiel (a)  
Example

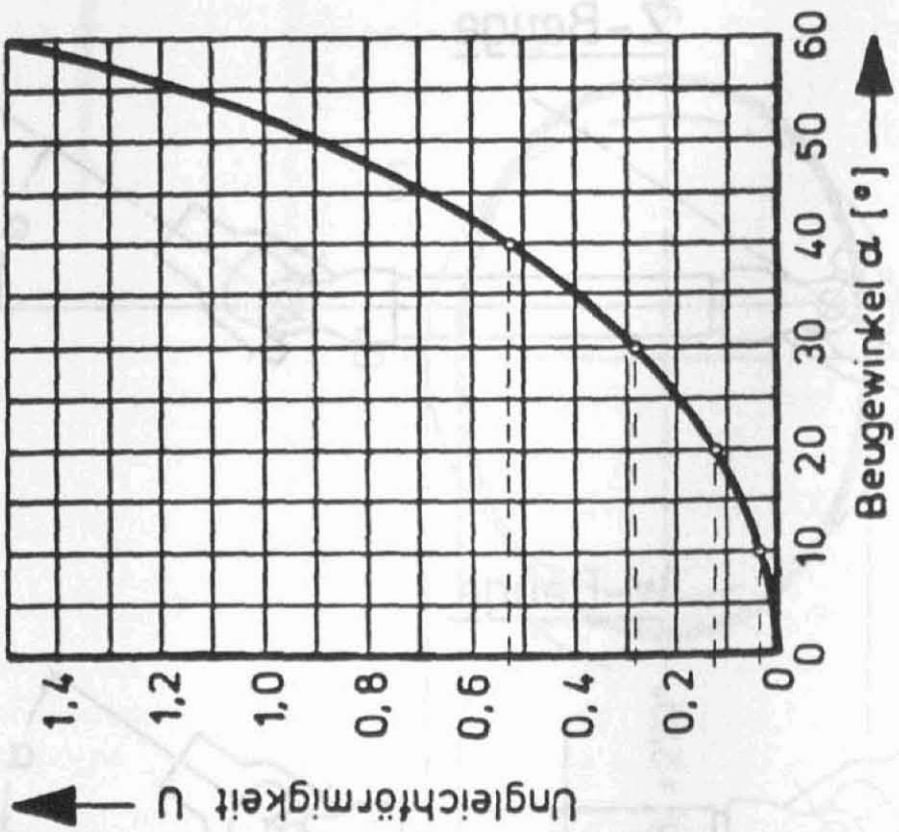


$$U = 7 - 0,8 = 6,2\% \hat{=} 14^\circ$$

Beispiel (b)  
Example



$$U = 53,9 - 28,9 = 25\% \hat{=} 28^\circ$$



WALTERSCHEID

Ungleichförmigkeit

1.2.03.136

Bild 9

Von hoher Bedeutung sind die Winkeldifferenzen bei größeren Gelenkwinkeln.

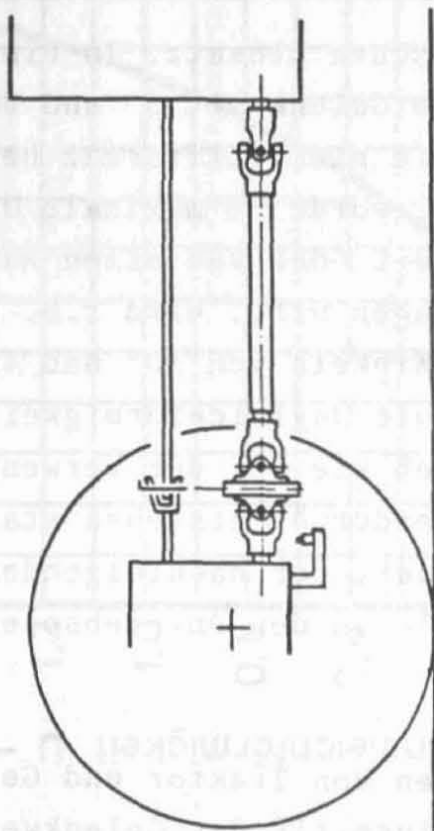
Und nun zur Auswertung im praktischen Einsatz. In einem Beispiel (a) ist das schlepperseitige Gelenk mit  $5^\circ$  und das geräte-seitige Gelenk mit  $15^\circ$  gebeugt. Die Winkeldifferenz beträgt somit  $10^\circ$ . In diesem Anwendungsfall würde die maximale Ungleichförmigkeit 6,2 % betragen, ein Wert, der von allen Antriebs-elementen noch ohne Schaden ertragen wird. Wird z.B. die gleiche Winkeldifferenz von  $10^\circ$  bei Winkeln von  $30^\circ$  und  $40^\circ$  (Beispiel b) verursacht, so beträgt die Ungleichförmigkeit bereits 25%. Damit verhält sich der Antrieb wie bei der Verwendung nur eines Einzelgelenkes mit  $28^\circ$ . Hierdurch entstehen starke Dreh-schwingungen, so daß in Abhängigkeit der nachfolgenden Rotations-massen früher oder später Ausfälle an den Antriebselementen auf-treten werden.

Die unterschiedlichen Verbindungen von Traktor und Gerät haben neben der Berücksichtigung der Kinematik der Gelenkwelle wei-tere Funktionen zu erfüllen und sollen daher in der Folge ein-gehend behandelt werden.

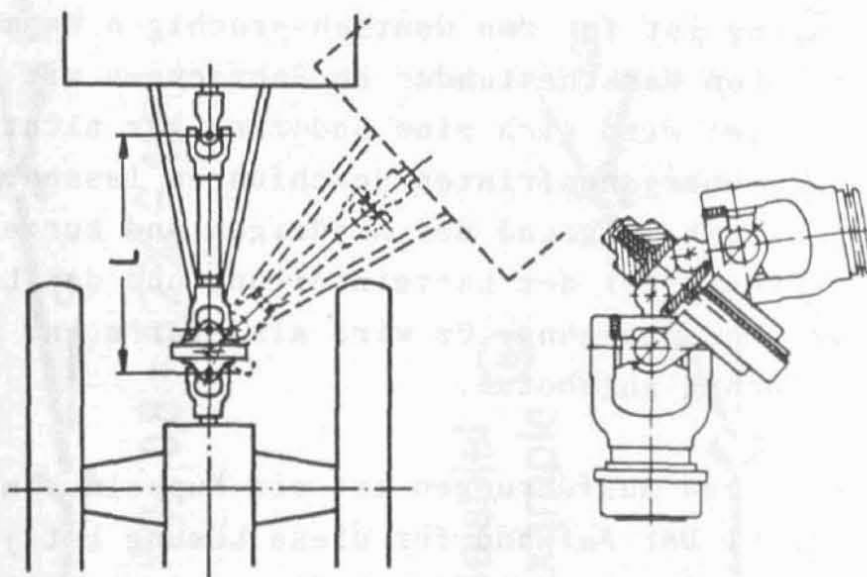
Die Obenanhängung ist für den deutschsprachigen Raum typisch. Aufgrund des hohen Marktbestandes an Fahrzeugen mit oben lie-gender Zugdeichsel wird sich eine Änderung gar nicht oder nur mit sehr langen Übergangsfristen durchführen lassen. (Bild 10) Der Zughaken bietet aufgrund der niedrigen und kurzen Anhängung erhebliche Vorteile bei der Lastenteilung und der Lastabstützung gegenüber der Obenanhängung. Er wird als starre und auch als be-wegliche Ausführung angeboten.

Bei den beweglichen Ausführungen ist ein Kuppeln vom Fahrer-sitz aus möglich. Der Aufwand für diese Lösung ist jedoch be-trächtlich und stößt zum Teil durch die unterschiedlichen Ge-setzgebungen auf Schwierigkeiten bei der Verkehrszulassung.

Seitenansicht  
Side view



Draufsicht  
Top view



Beugung nur eines Gelenkes  
Only one joint bent

Kurzanhängung Zugmaul  
Short hitch short drawbar

**WALTERSCHEID**

1.2.02.042

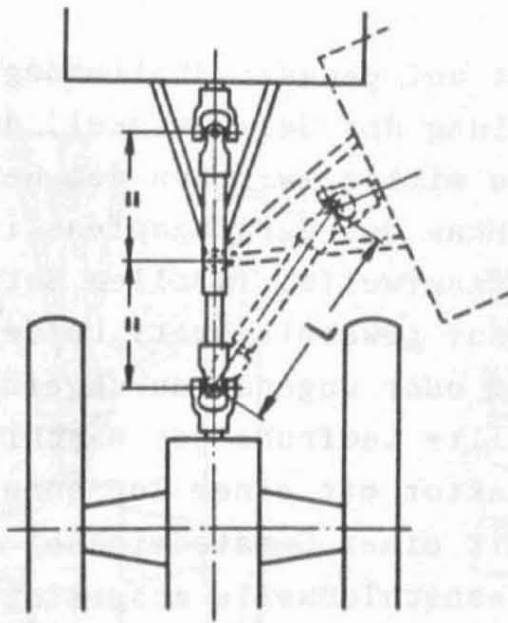
Bild 10

Bei der Nutzung der Kurzanhängung durch die Anhängerkupplung oder den Zughaken findet bei Kurvenfahrt nur eine Abwinkelung im Bereich des auf der Zapfwelle aufgeschobenen Gelenkes statt. Das geräteseitig angeordnete Gelenk wird nur wenig gebeugt. Die Größe der Beugung wird von der Anordnung der Anschlußwellen bestimmt. Da bei Kurvenfahrt eine einseitige Abwinkelung erfolgt, kann eine gleichförmige Übertragung der Drehbewegung nur mit einem Weitwinkel-Gleichlaufgelenk erreicht werden. Wird das geräteseitige Gelenk mehr als  $15^\circ$  gebeugt, ist der Einsatz eines zweiten Weitwinkel-Gelenkes erforderlich. Die Längenänderung, die in der Gelenkwelle während der Kurvenfahrt vorgeht, ist gering. Bei Auflaufbremsen ist der Teleskopweg des Bremsystems zusätzlich zu berücksichtigen, da sonst die Bremswirkung durch Stauchen der Gelenkwelle aufgehoben werden kann.

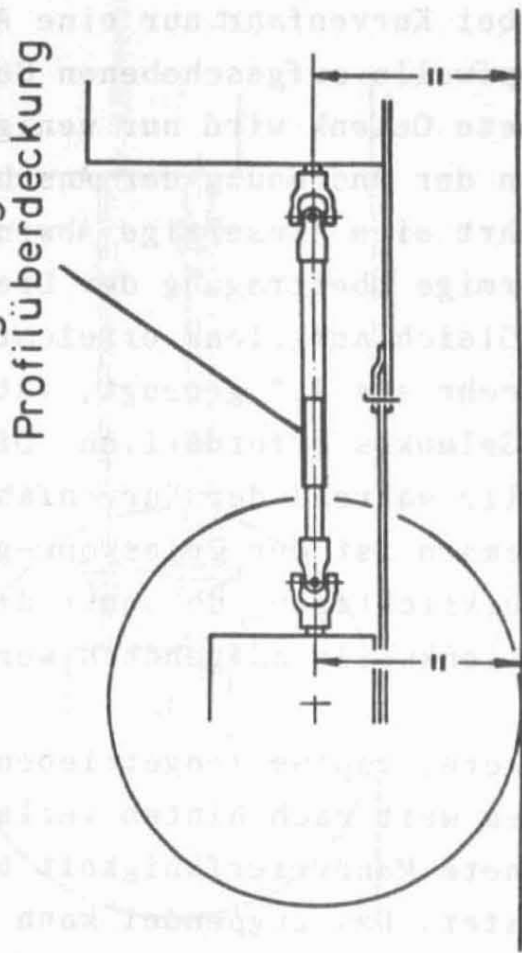
Das Zugpendel ist für schwere, zapfwellengetriebene Geräte eine typische Anhängung. Mit dem weit nach hinten verlagerten Koppelpunkt ist eine ausgezeichnete Manövrierfähigkeit bei allen Einsatzbedingungen gewährleistet. Das Zugpendel kann jedoch keine hohen Abstützkräfte aufnehmen und ist daher für den Transport von Gütern nicht geeignet und nicht zugelassen. (Bild 11)

Beim Zugpendel erfolgt bei genauer Abstimmung vom System Traktor/Gerät eine Aufteilung der Gelenkwinkel, d.h., daß hierbei der Anhängepunkt genau mittig zwischen den Gelenken der Gelenkwelle liegt. Die Höhe des Gerätezapfens ist identisch mit der Höhe der Schlepperzapfwelle. In allen Betriebsstellungen ist damit ein Gleichlauf gewährleistet. Leider wird diese Abstimmung oft gar nicht oder ungenau durchgeführt, so daß die vom Konstrukteur gewollte Laufruhe der Maschine nicht erreicht wird. Ist z.B. der Traktor mit einem Zugpendel von 350 mm Länge und die Maschine mit einer Gerätedeichsel von 500 mm bis zum Koppelpunkt der Geräteanschlußwelle ausgestattet, so werden bei Kurvenfahrt die Winkel nicht gleichmäßig aufgeteilt und bei einer Schlepper-/Gerätestellung von  $45^\circ$  treten bereits Ungleichförmigkeiten auf, die nicht vertretbar sind. (Bild 12)

**Draufsicht**  
**Top view**



**Seitenansicht**  
**Side view**



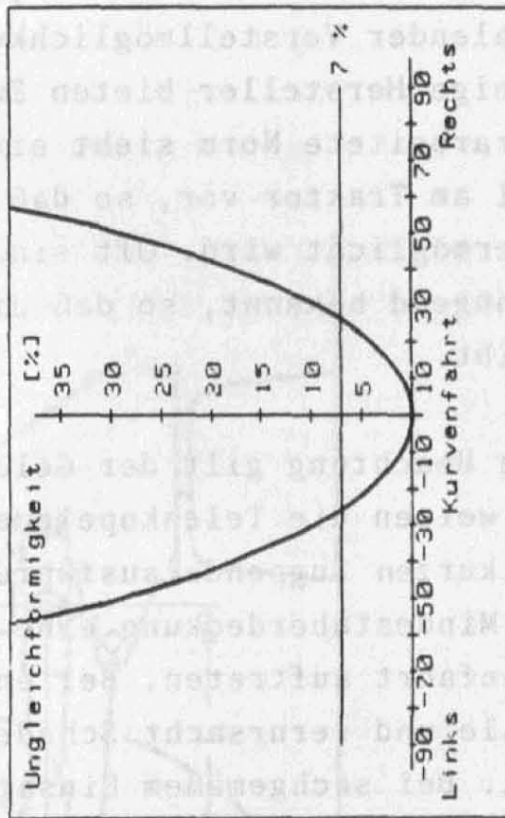
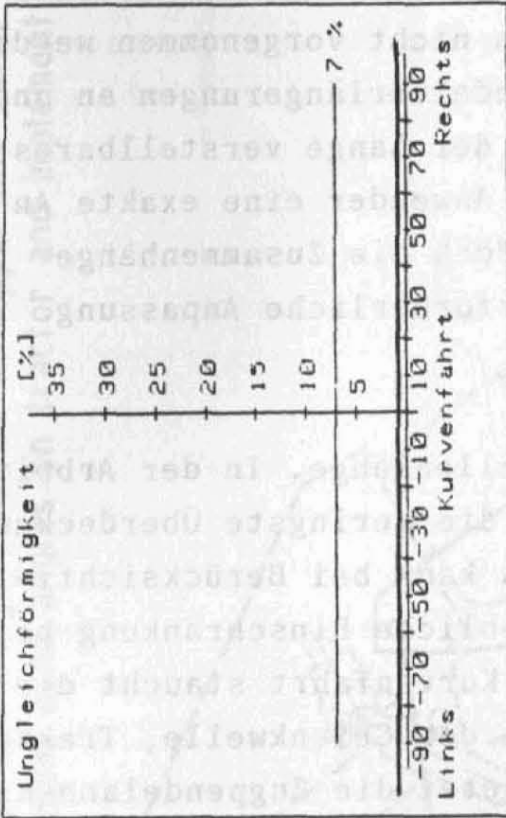
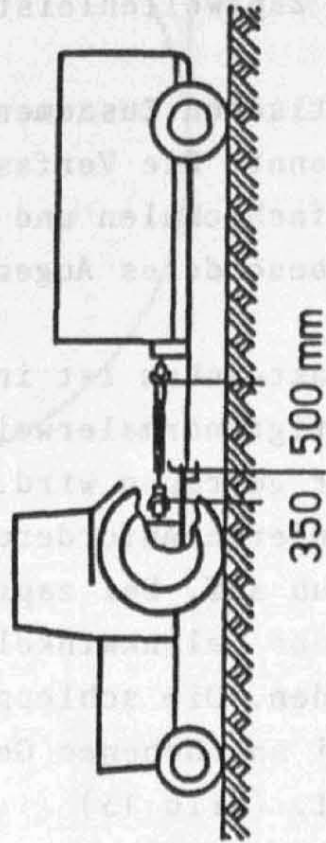
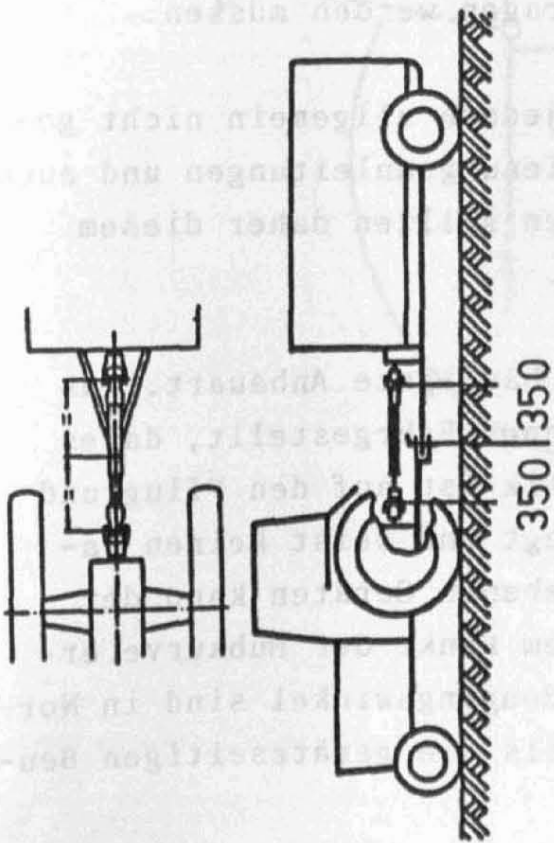
**Gleiche Beugung beider Gelenke**  
**Same bend angle of both joints**

**Zugpendelanhängung**  
**Drawbar hitch-standard**

**1.2.02.043**



Bild 11



Standard (W)  
 Ungleichförmigkeit in der Anhängung  
 Velocity variation for drawbar hitch

1.2.03.097  
 2



Bild 12

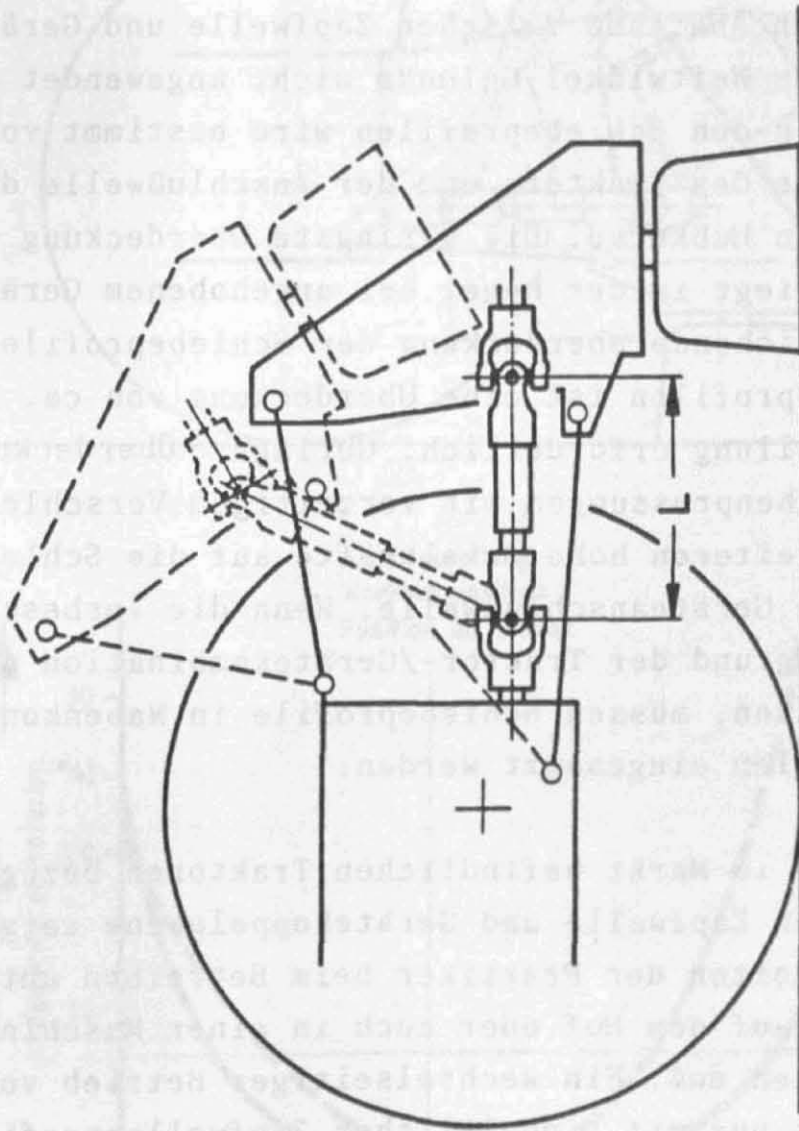
Häufig werden nun Maschinen und Schlepper unterschiedlicher Leistung wechselweise betrieben, so daß eine exakte Abstimmung wegen fehlender Verstellmöglichkeiten nicht vorgenommen werden kann. Einige Hersteller bieten Zugpendelverlängerungen an und eine überarbeitete Norm sieht ein in der Länge verstellbares Zugpendel am Traktor vor, so daß dem Anwender eine exakte Anpassung ermöglicht wird. Oft sind jedoch die Zusammenhänge nicht genügend bekannt, so daß die erforderliche Anpassung unterbleibt.

Besondere Beachtung gilt der Gelenkwellenlänge. In der Arbeitsstellung weisen die Teleskopelemente die geringste Überdeckung auf. Bei kurzen Zugpendelausführungen kann bei Berücksichtigung der Mindestüberdeckung eine erhebliche Einschränkung bei der Kurvenfahrt auftreten. Bei enger Kurvenfahrt staucht die Gelenkwelle und verursacht Schäden an der Gelenkwelle, Traktor und Gerät. Bei sachgemäßem Einsatz bietet die Zugpendelanhängung die größte Manövrierfähigkeit von Maschinen, vor allem, wenn große Zapfwellenleistungen übertragen werden müssen.

Die kinematischen Zusammenhänge sind jedoch allgemein nicht genügend bekannt. Die Verfasser von Bedienungsanleitungen und auch die Berufsfachschulen und Deula-Schulen sollten daher diesem Punkt ein besonderes Augenmerk widmen.

Der Dreipunkt-Anbau ist in Europa die häufigste Anbauart. Das Gerät benötigt normalerweise kein eigenes Fahrgestell, da es vom Traktor getragen wird. Die Kinematik ist auf den Pflug und seine besonderen Anforderungen ausgelegt und weist keinen Parallelaushub auf. Bei zapfwellengetriebenen Geräten kann der Ausgleich der Gelenkwinkel nur in einem Punkt der Hubkurve erreicht werden. Die schlepperseitigen Beugungswinkel sind in Normalfall bei angehobenem Gerät größer als die geräteseitigen Beugungswinkel. (Bild 13)

Ungleiche Beugwinkel an Schlepper und Gerät  
 Unequal bend angles on tractor and implement



Dreipunktanbau  
 Three-point linkage



1.2.02.041

11.10.1985 *SLK*

Bild 13

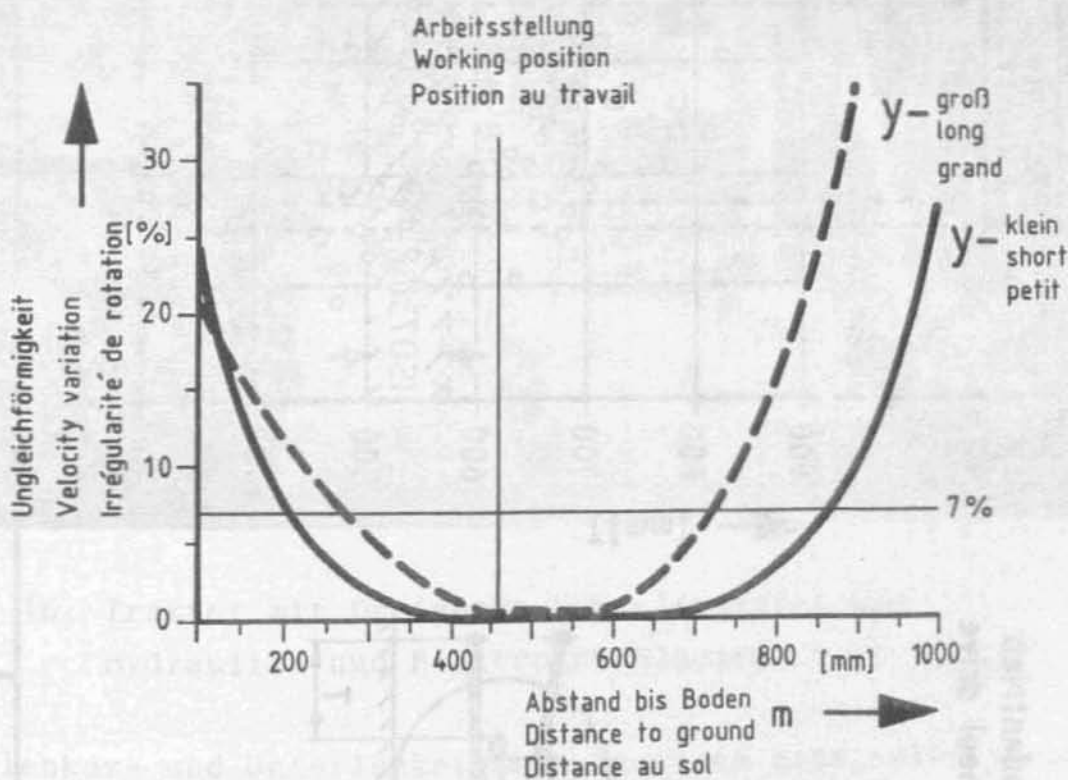
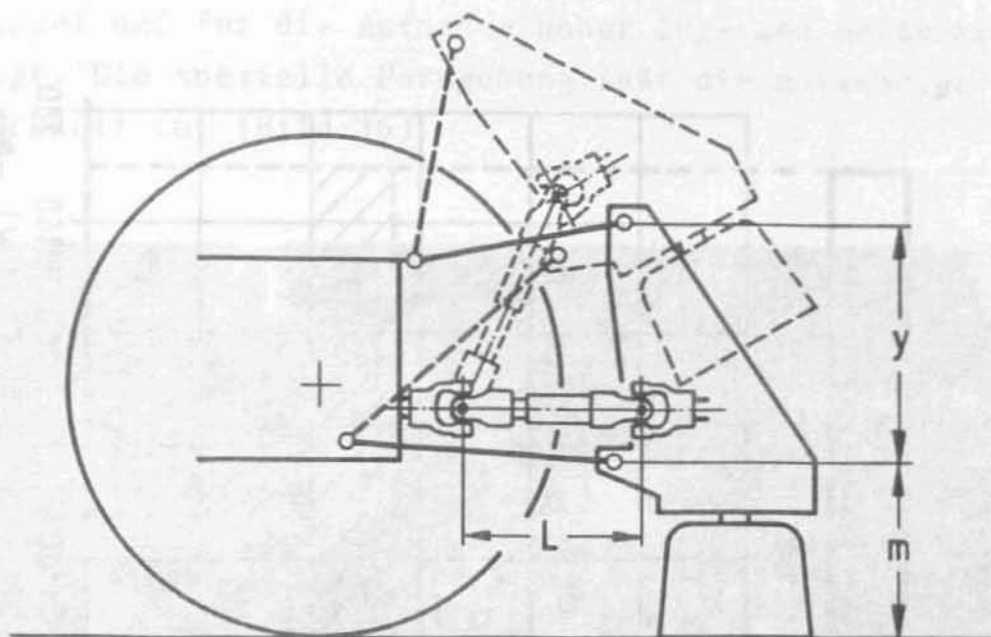


Vor allem bei großen drehenden Massen können daher erhebliche Drehschwingungen auftreten, die ein Ausschalten der Zapfwelle erfordern. Mit langen Oberlenkereinstellungen und niedrigem Anlenkpunkt des Oberlenkers am Gerät kann man eine deutliche Verbesserung der Laufruhe erreichen. (Bild 14)

Wegen der geringen Abstände zwischen Zapfwelle und Geräteanschlußwelle können Weitwinkel-Gelenke nicht angewendet werden. Die Überdeckung in den Schiebeprofilen wird bestimmt von der Lage der Zapfwelle des Traktors und der Anschlußwelle des Gerätes sowie dessen Hubkurve. Die geringste Überdeckung in den Schiebeprofilen liegt in der Regel bei angehobenem Gerät vor. Es ist eine ausreichende Überdeckung der Schiebepprofile anzustreben. Bei Rohrprofilen ist eine Überdeckung von ca. 200 mm in der Arbeitsstellung erforderlich. Geringere Überdeckungen führen zu hohen Flächenpressungen mit vorzeitigem Verschleiß und verursachen des weiteren hohe Axialkräfte auf die Schlepperzapfwelle und auf die Geräteanschlußwelle. Wenn die vorbeschriebenen Überdeckungen aufgrund der Traktor-/Gerätekombination nicht erreicht werden können, müssen Schiebepprofile in Nabenkonstruktion mit Vielkeilprofilen eingesetzt werden.

Eine Erhebung der im Markt befindlichen Traktoren bezüglich des Abstandes zwischen Zapfwelle und Gerätekoppelebene zeigt auf, welche Schwierigkeiten der Praktiker beim Betreiben unterschiedlicher Traktoren auf dem Hof oder auch in einer Maschinengemeinschaft erwarten muß. Ein wechselseitiger Betrieb von Traktor und Gerät ist nur mit einheitlichen Zapfwellenprofilen und einheitlichen Abständen zwischen den Koppelpunkten gewährleistet. (Bild 15)

Für das Kuppeln von Geräten haben sich die Dreipunkt-Hakenkupppler im Markt bestens bewährt. Hierdurch ist ein Kuppeln im Einmann-Verfahren vom Schleppersitz aus gegeben. Entsprechend der



**WALTERSCHEID**

Ungleichförmigkeit im Dreipunktanbau  
Velocity variation for three-point hitch  
Irrégularité de rotation avec l'attelage trois points

1.2.03.087

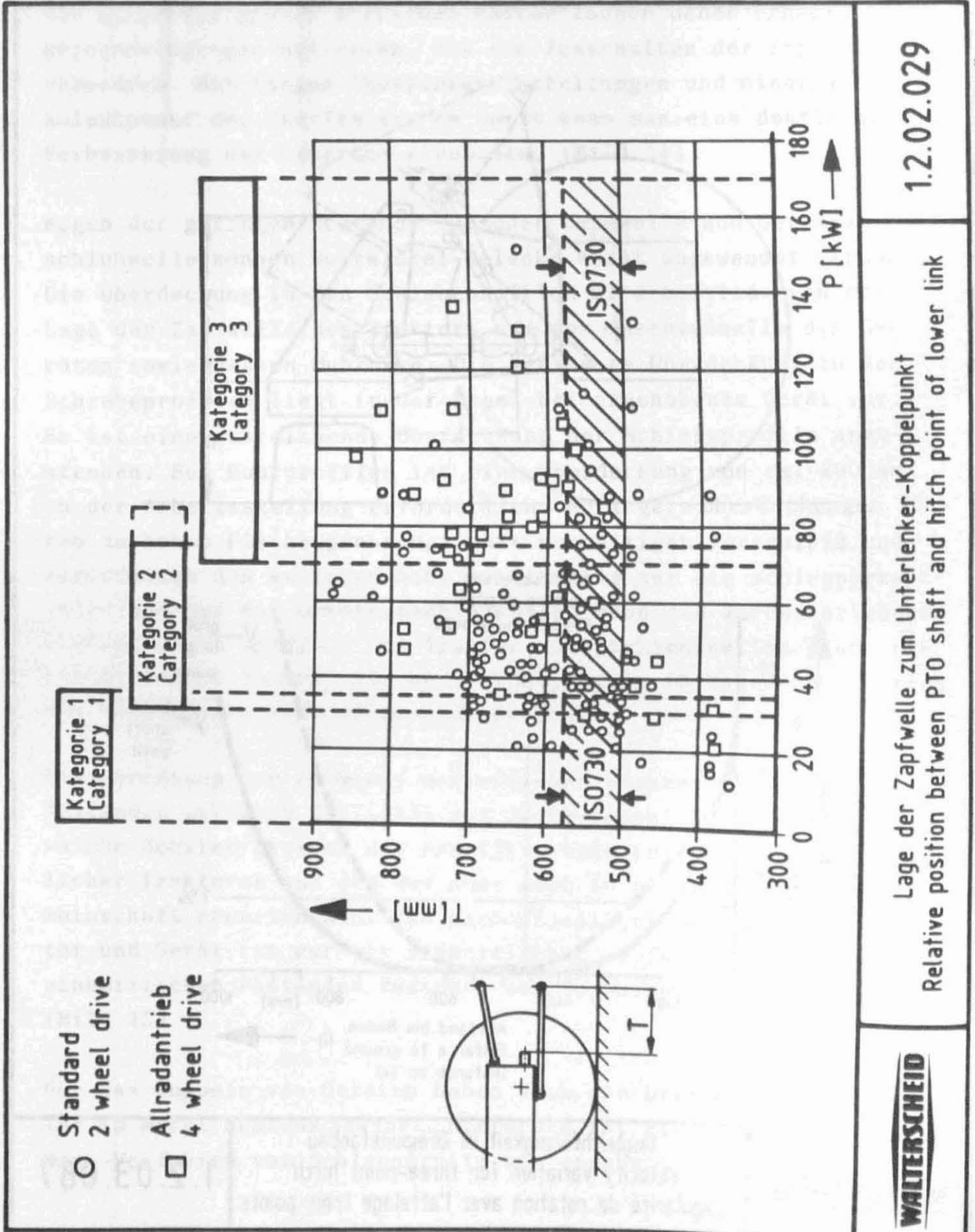


Bild 15

unterschiedlichen Schlepperleistungen stehen drei Kategorien zur Verfügung. Die Dreipunkt-Kuppelhaken sind aus hochfestem Stahl geschmiedet und für die Aufnahme hoher Zug- und Seitenkräfte ausgelegt. Die spezielle Formgebung läßt die notwendige Winkelbeweglichkeit zu. (Bild 16)

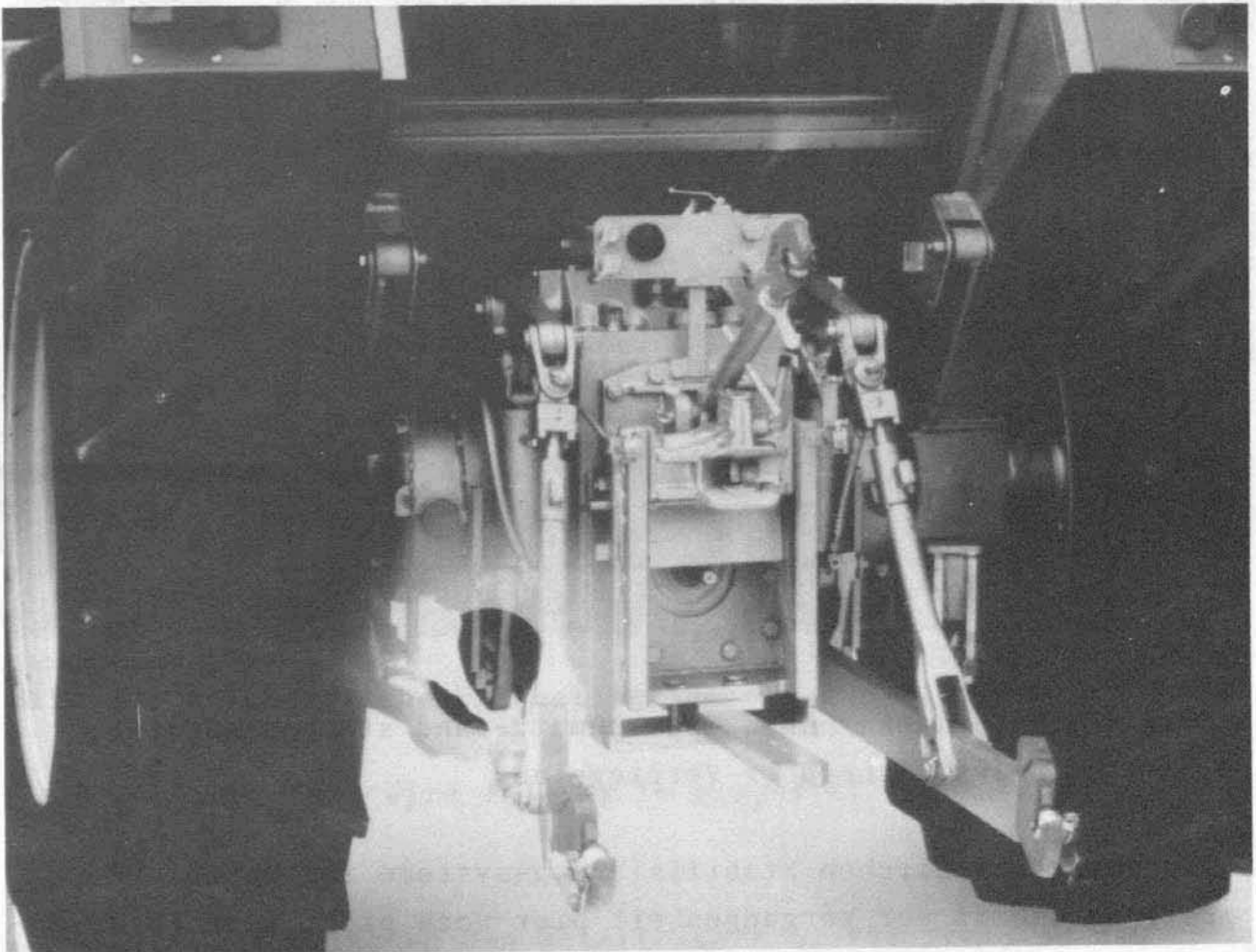


Bild 16: Traktor mit Dreipunkt-Schnellkuppler und  
Hydraulik- und Elektroanschlüssen

Oberlenker- und Unterlenkerhaken besitzen eine selbstsichernde Verriegelung, die stoß- und schmutzgeschützt im Hakeninneren untergebracht ist. Ein Öffnen der Verriegelung kann nur über die Öffnungshebel erfolgen, ein selbsttätiges Entriegeln ist ausgeschlossen. (Bild 17)

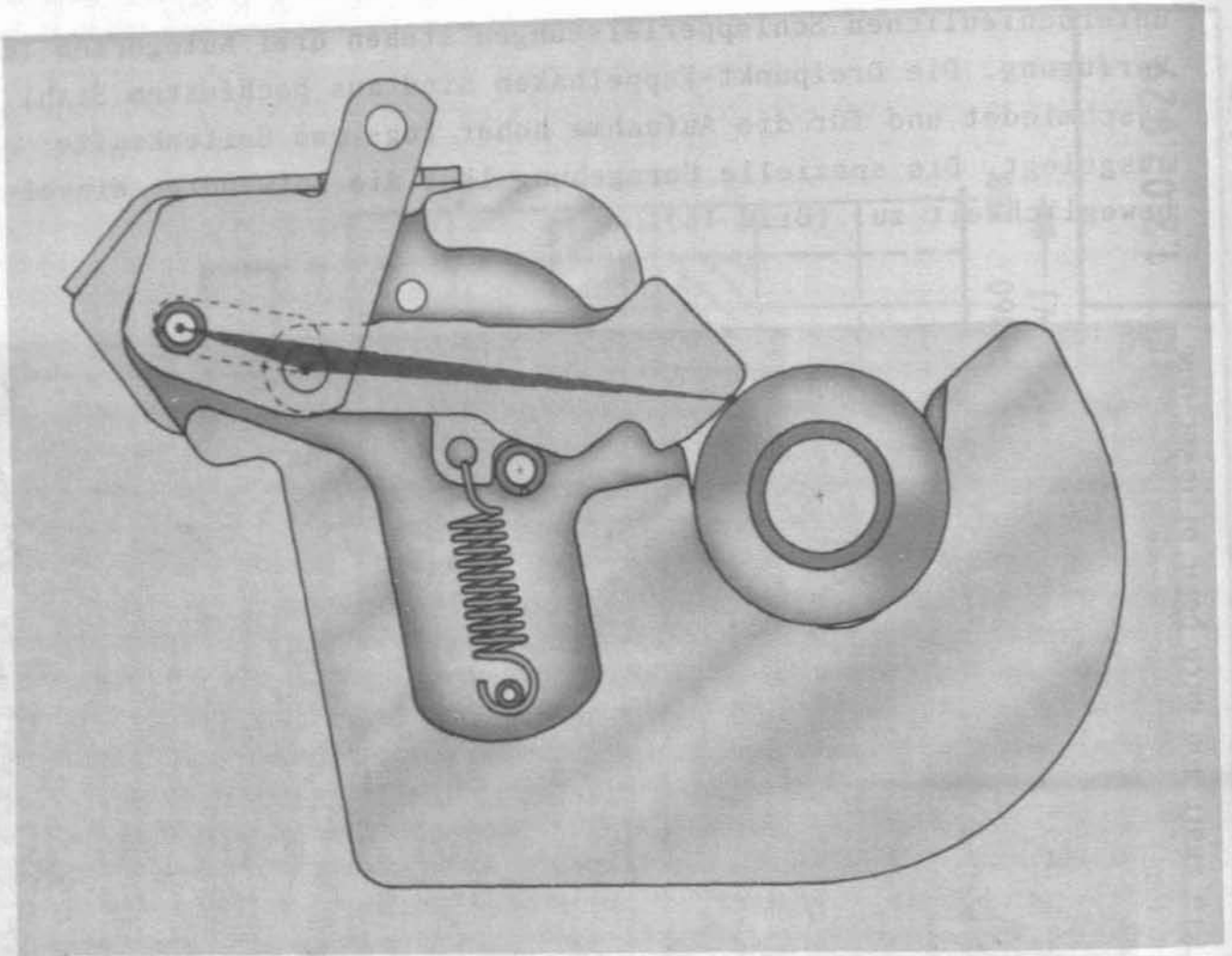


Bild 17: Unterlenkerhaken mit schmutz- und stoßgeschützter, selbstsichernder Verriegelung

Die unterschiedlichen Stabilisierungssysteme für Unterlenker zeigen, daß in der Vergangenheit hier noch nicht alle Forderungen der Praxis erfüllt wurden. Die im Bild gezeigte Ausführung einer automatischen Unterlenkerführung und -stabilisierung übernimmt mehrere Funktionen. (Bild 18)

- Bei nicht gekuppeltem Gerät werden die Unterlenker automatisch in jeder Position der Hubbahn, auch am Hang, zentrisch zur Traktorlängsachse federnd geführt. (Bild 19) Hierdurch wird ein Schlagen der Unterlenker und eine Berührung der Reifen oder anderer Bauteile am Traktor oder am Gerät vermieden.



Bild 18: Erforderliche Freiheitsgrade bei Unterlenkern

- Das Koppelmaß wird federnd im eingestellten Abstand gehalten.
- Der Raum zwischen den Unterlenkern bleibt frei, so daß keine Behinderung bei Zugarbeiten und für den Gelenkwellenantrieb auftritt.
- Die Stabilisierung erfolgt durch eine Zug-/Druckstrebe an nur einem Unterlenker. Hierdurch wird eine Überbestimmung bei nicht exakt eingehaltenen Abständen der Gerätekoppel­punkte vermieden. Eine Zusatzbelastung oder gar ein Ver-

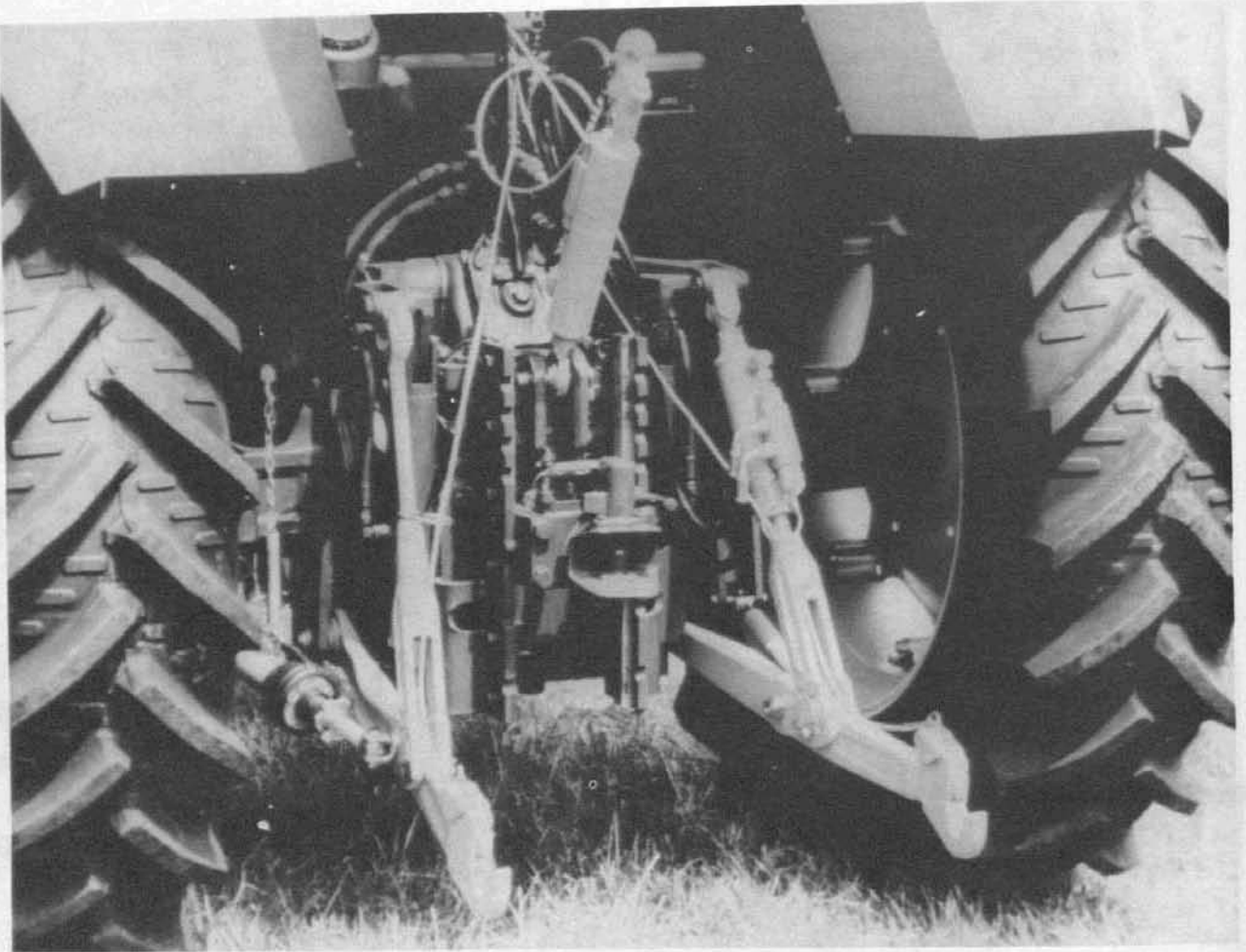


Bild 19: Neuartiges Stabilisierungs- und Führungssystem für Unterlenker

biegen der Unterlenker bzw. ein Abscheren der Sicherungselemente kann nicht auftreten. Die Einstellung unterschiedlicher Kategorieabstände ist ohne Montageaufwand möglich. (Bild 20)

- Die Positionen "Schwimmstellung" oder "Arretierstellung" können in einem Handgriff vorgewählt werden. Hierdurch ergeben sich bei einer Vielzahl von Geräten Vorteile. So werden z.B. Düngerstreuer oder Pflanzenschutzspritzen und Kreiselmäher nur in der Arretierstellung betrieben. Beim

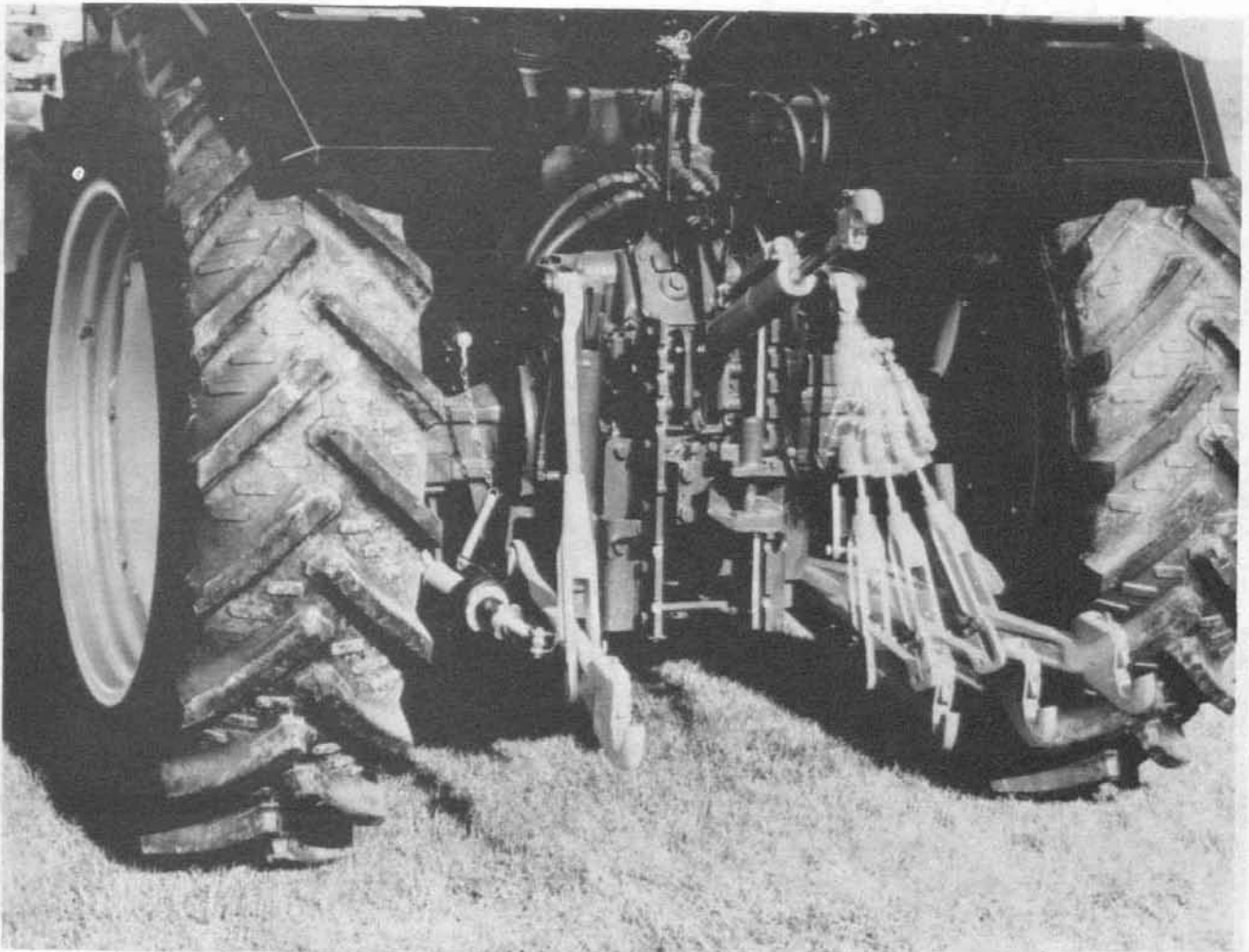


Bild 20: Stabilisierungssystem in Arretierstellung

Übergang von der Arretierstellung zur Schwimmstellung kommt ein besonderer Effekt zur Wirkung. Beim Absenken des Gerätes wird die Arretierstellung erst dann aufgehoben, wenn die Seitenstrebe kurzzeitig entlastet wird. Hierdurch ist beim Pflügen gewährleistet, daß der Pflug immer mittig zur Traktorlängsachse einsetzt und nicht seitlich wegpendelt. Dies ist besonders vorteilhaft beim Pflügen am Hang und bei unebenen Vorgewenden. Beim Pflegearbeiten in Hackfrüchten werden die Geräte ebenfalls exakt auf die zu bearbeitende Position abgesetzt. Das schwierige Spurvorhalten mit dem Traktor muß nicht mehr erfolgen. (Bild 21)





Bild 21: Stabilisierungssystem im Übergang zwischen Arretier- und Schwimmstellung

- Neben der Arbeitsoptimierung wird durch das neue Führungs- und Arretiersystem die Funktion der Schnellkuppler durch die einzeln federnd angelenkten Unterlenker vor allem bei Schräglagen wesentlich verbessert.

Ein weiterer sinnvoller Ausbau des Dreipunktsystems wird durch den hydraulischen Oberlenker und durch die hydraulische Hubstrebe vorgenommen. Sie basiert auf doppelt wirkenden Hydrozylindern mit Zwillingsrückschlagventilen. Das Zwillingsrückschlagventil blockiert die eingestellte Oberlenker- und Hubstrebenlänge und verhindert die Übertragung von Stoßbelastungen auf die Schlepperhydraulik. Die Bedienung erfolgt über die Steuerventile des Traktors. (Bild 22)

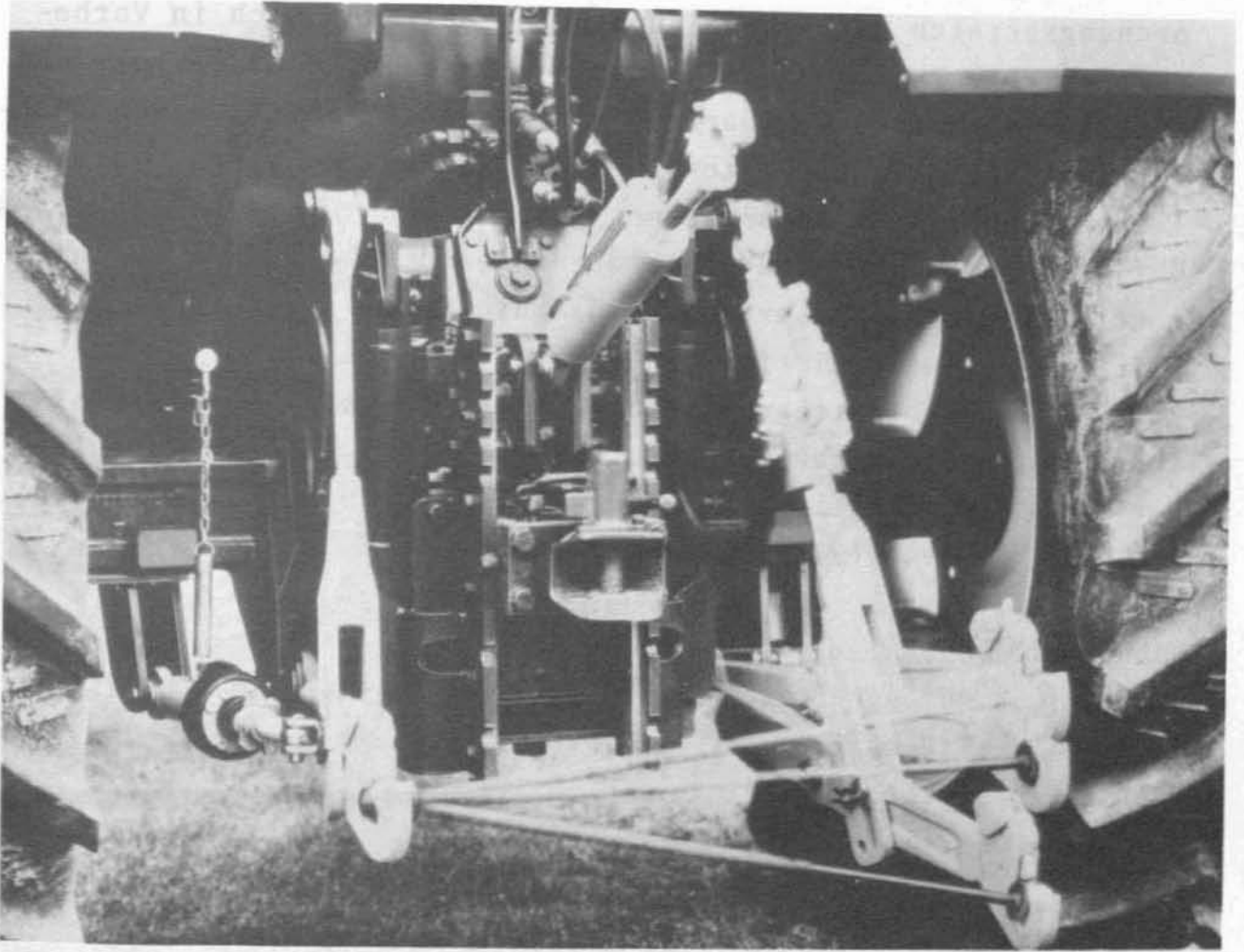


Bild 22: Hydraulischer Oberlenker und hydraulische Seitenstrebe mit Zwillingsrückschlagventil

Eine weitere Verbindungsstelle zwischen Traktor und Gerät bilden die Hydraulikanschlüsse. Die Hydraulik zwischen Traktor und Gerät wird vorwiegend zur Durchführung von Linearbewegungen und für Steuer- und Regelfunktionen eingesetzt. Wie eingangs erwähnt, können mit den im Traktor installierten Hydraulikaggregaten keine Maschinen mit hoher Drehleistungsaufnahme betrieben werden.

Die bestehenden Normen der hydraulischen Anschlüsse beziehen sich ausschließlich auf die Steckverbindungen und auf die Leitungsquerschnitte. Normen über Förderstrom, Druck und den An-

ordnungsbereich der Schnellkupplungen befinden sich in Vorbereitung. Die Anordnung der einzelnen Anschlüsse sowie Vor- und Rücklauf sind frei wählbar und einer großen Variation von Traktor zu Traktor unterworfen. Ein Kuppeln von mehreren hydraulischen Funktionen bedarf einer genauen Kenntnis des Betreibers. Bei Verwechslungen sind Fehlbedienungen die Folge. Das Problem unterschiedlicher Ölsorten und die hierdurch auftretende Vermischung bei wechselseitigem Gebrauch von verschiedenen Traktor-/Gerätekombinationen ist noch nicht gelöst. Ein Normungsvorhaben konnte wegen der breiten Problematik und der noch hohen Entwicklungstätigkeit bei den Druckmedien nicht zum Abschluß gebracht werden. (siehe auch Bild 16)

Zunehmend werden auf den Geräten Steuer- und Regelfunktionen elektrisch durchgeführt. Hierzu ist eine Norm einer elektrischen Dauerstromsteckdose in Vorbereitung. Eine weitere Norm über eine elektronische Schnittstelle zwischen Traktor und Gerät wird derzeit von einem Normungsausschuß erarbeitet.

Die Bedienung der Anbau- und Anhängegeräte muß in der Regel vom Traktorsitz aus erfolgen. Hierzu werden Fernbedienungen zur Kabine geführt. Die Bedienungsfunktionen sind mechanisch, hydraulisch, elektrisch aber auch in der Kombination der vorgenannten Systeme ausgeführt. Die Befestigung der Bedienungselemente in der Kabine ist vielfach nur schwierig möglich. Die Fernbedienung wird häufig mit den zugehörigen Schläuchen und Leitungen durch das geöffnete Heckfenster geführt. Die Schutzwirkung der Kabine wird hierdurch stark beeinträchtigt. Die Übersichtlichkeit wird eingeschränkt. Ein universeller, schneller Wechsel von Traktor und Maschine ist nicht ohne weiteres möglich. (Bild 23)

Auch hier sind Normen in Vorbereitung, die die Befestigungseinrichtungen in der Kabine vorsehen.



Bild 23: Hydraulische Fernbedienung von Anbaugeräten durch das geöffnete Heckfenster

Eine Vereinfachung der Bedienungssysteme und eine Reduzierung der Stellfunktionen ist hier erforderlich. Die Zugänglichkeit der Freiräume muß verbessert bzw. erhalten werden.

Eine weitere Verbindungsstelle zwischen Traktor und Gerät bildet der Frontanbau. Hier hat der Dreieck-Rahmenkuppler eine breite Anwendung gefunden. Die Kinematik des Frontanbaus sollte noch weiter entwickelt werden. Die Geräte werden durch den Schubetrieb anders am Boden geführt, als im Zugbetrieb am Heck. Bei zapfwellengetriebenen Geräten ist der erforderliche Freiraum für



Bild 24: Traktor ausgerüstet mit Front- und Heckanbau

die Gelenkwelle nicht immer gegeben. Die Sichtverhältnisse für den Koppelvorgang und auch während der Arbeit sind je nach Traktorbauart nicht zufriedenstellend gelöst. Die Sicherheitsanforderungen im Straßenverkehr stellen eine besondere Problematik des Frontanbaus dar.

Zur besseren Ausnutzung des Traktors und zur Vermeidung von Feldüberfahrten wird der Frontanbau künftig noch an Bedeutung gewinnen.

Zusammenfassung:

Bei zunehmendem Kostendruck in der Landwirtschaft wird die künftige Mechanisierung sich weniger auf eine Erhöhung der Flächenleistung als vielmehr auf eine Senkung der Betriebskosten konzentrieren. Die aufzuwendenden Kosten für die Maschinen werden hier eine noch größere Bedeutung bekommen. Dies trifft vor allem auf die Kombination Traktor-Gerät zu. Diese Kombination kann jedoch nur dann sinnvoll betrieben werden, wenn eine möglichst große Gerätepalette universell genutzt werden kann.

Alle Maßnahmen der Optimierung des Systems Traktor-Gerät werden nur dann von der Praxis angenommen und akzeptiert, wenn diese dazu beitragen, die Kosten der landwirtschaftlichen Produktion zu senken und die wachsende Forderung nach mehr Ökologie zu berücksichtigen. Die Normung auf nationaler und internationaler Ebene wird künftig eine noch höhere Bedeutung bekommen als in der Vergangenheit.

## Schlepperelektronik und Bordcomputer

von Dr. Hermann Auernhammer, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weißenstephan

### 1. Elektronik auch im Schlepper im kommen

Die Elektronik hält in unser tägliches Leben immer stärkeren Einzug. Über Digitaluhren (mit eigener Philosophie für das Ein- und Verstellen), billigste Taschenrechner als Beigabe beim Kaffeekauf und vielen anderen nützlichen oder mehr spielerischen Dingen wird auch im Schlepper derzeit nur noch

- elektronisch digital angezeigt
- elektronisch die Dreipunkthydraulik geregelt und
- elektronisch der Allradantrieb gemanagt.

Auch wenn dies noch nicht für alle Schlepper und Schlepperhersteller gilt, so zeigt es doch schon einen deutlichen Trend, und Beispiele aus der PKW-Fertigung lassen heute schon erahnen, in welche Richtung der Elektronikeinsatz schon in naher Zukunft gehen wird.

### 2. Elektronik ist nicht gleich Bordcomputer

Elektronik ist aber nicht gleich Bordcomputer. Vielmehr müssen wir an dieser Stelle versuchen, systematisch die Elektronik am Ackerschlepper einzuordnen (Abbildung 1).

Elektronik übernimmt im Schlepper unterschiedliche Aufgaben. Allen voran sind es Steuer- und Regelvorgänge im Fahrzeug. Daneben dient Elektronik der Information und Bedienung. Sehr oft wird auch der Bereich der Diagnose weitgehend vergessen, obwohl er alleine für einen problemlosen Einsatz der Elektronik verant-

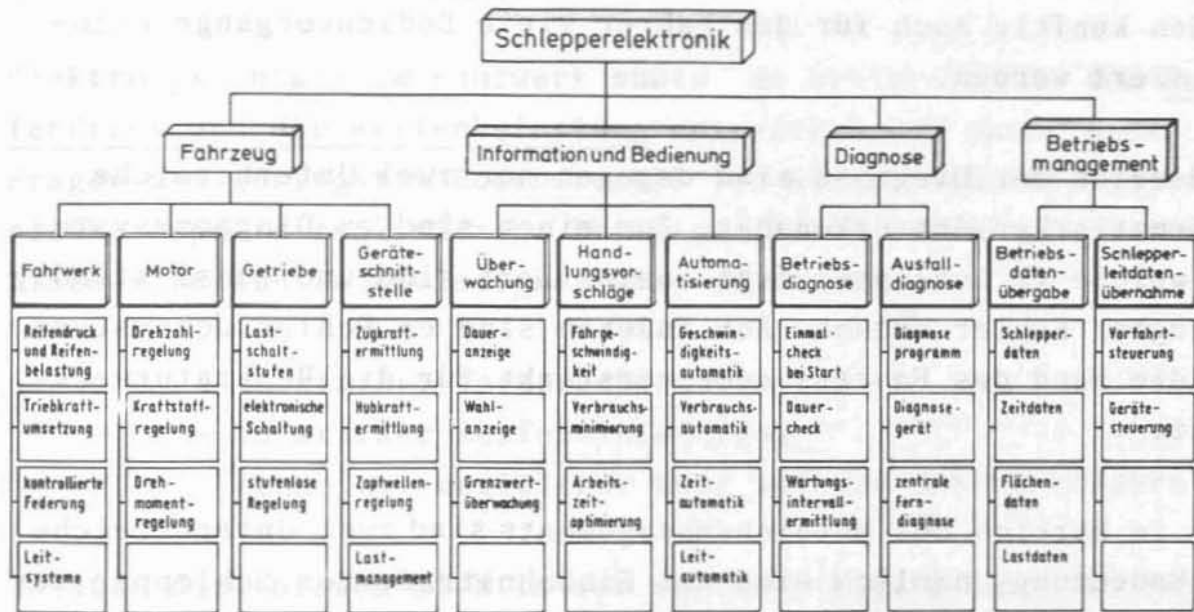


Abbildung 1: Systematik der Schlepperelektronik

wortlich ist. Darüberhinaus darf die Schlepperelektronik nicht isoliert betrachtet werden, sondern sie muß eine Anbindung an das Betriebsmanagement erhalten.

Innerhalb dieser Bereiche sind dann einzelne, meist spezifische Aufgaben zu erfüllen. Im Fahrzeug muß Elektronik Steuer- und Regelaufgaben übernehmen. Sie ist als sogenannte Nutzelektronik in den verschiedenen Baugruppen des Schleppers anzutreffen, also im

- Fahrwerk
- Motor
- Getriebe und an
- der Geräteschnittstelle.

Die Fahrerinformation erfolgt durch Überwachung. Elektronik kann zudem - und hier sehr sinnvoll - als Hilfsmittel bei der Entscheidungsfindung eingesetzt werden und erzeugt dann echte



Handlungsvorschläge bzw. Handlungsalternativen. Schließlich werden künftig auch für den Fahrer viele Bedienvorgänge automatisiert werden.

Im Bereich der Diagnose sind dagegen nur zwei Unterbereiche systematischer Art erkennbar. Zum einen sind es Diagnosesysteme, welche im Schlepper fest installiert sind und quasi ständig verfügbar Fehler suchen. Zum anderen sind es Fehlersuchsysteme für die Hand des Fahrers oder verstärkt für die Reparaturwerkstatt.

Auch im Bereich des Betriebsmanagements sind zwei Unterbereiche von Bedeutung, nämlich eine Art Einbahnstraße vom Schlepper zur Betriebsführung und in einer integrierenden Form als Gegenverkehrsweg.

### 3. Elektronik im Fahrzeug

Elektronische Steuerung und Regelung zeichnet sich gegenüber der mechanischen Steuerung und Regelung durch vielfältige Vorteile aus. Insbesondere sind dies:

- schnellste Reaktion
- kleinste Bauteile
- Einschluß der Zeit als Stell- und Regelgröße
- Steuerung über elektrische Signale oder als Summe bzw. Auswahl mehrerer elektr. Signale.

Alle diese Gründe - und es gibt sicher noch viel mehr - fordern den Konstrukteur geradezu heraus, immer mehr Steuer- und Regelvorgänge in elektronischer Schaltung zu realisieren.

### 3.1 Elektronik im Fahrwerk

Elektronikeinsatz im Fahrwerk müßte an erster Stelle den Reifendruck und die Reifenbelastung ansprechen und damit neben Fragen des geringsten Bodendruckes vor allem sicherheitstechnische Aspekte realisieren. Beispiele dafür wären z.B. automatisch wirksame Geschwindigkeitsbegrenzungen bei

- zu starker Vorderachsentlastung
- zu starker Reifeneinfederung
- einseitig ungleicher Last auf den Antriebsrädern

Ansätze dazu bieten sich in der weiteren Entwicklung von Reifenfüllanlagen zu Regelkreisen mit entsprechenden Sensoren (Abbildung 2).

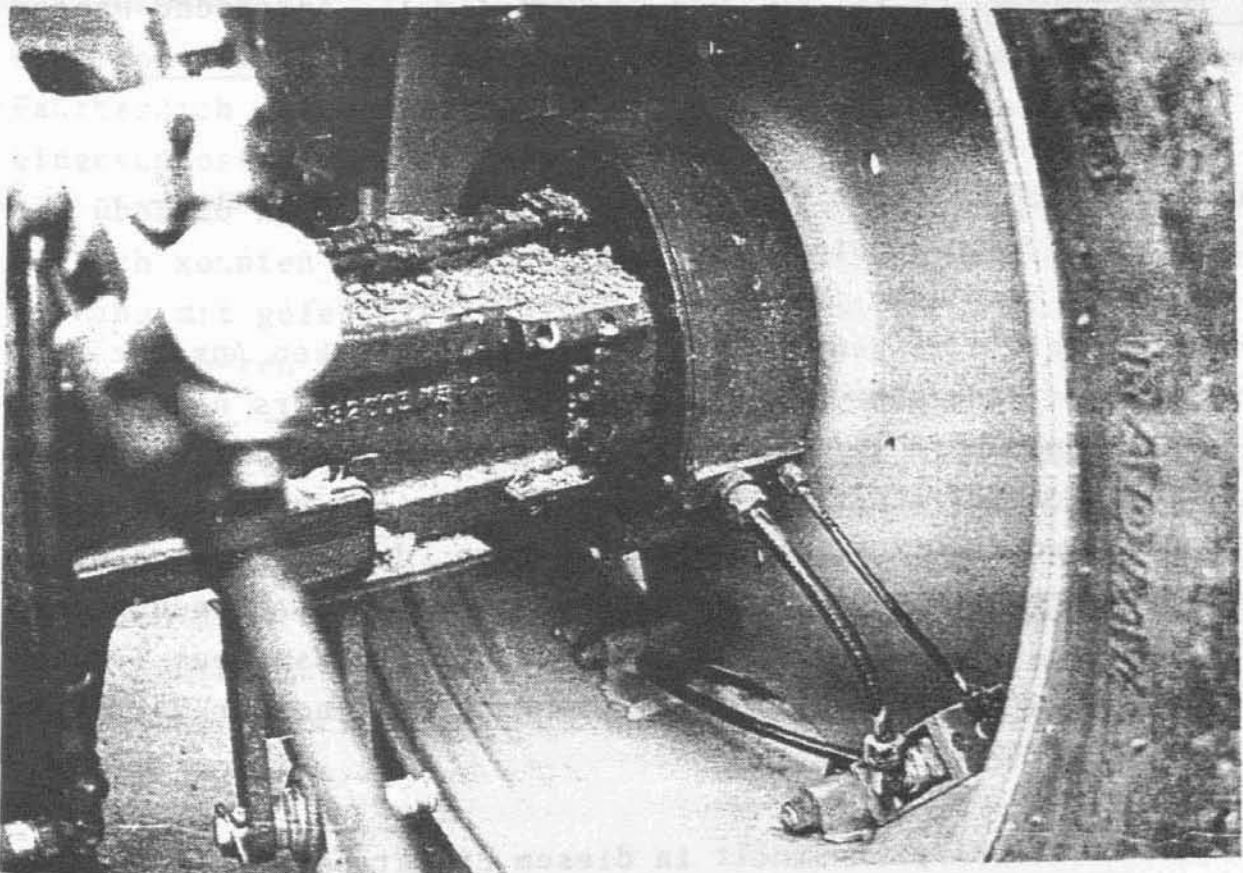


Abbildung 2: Reifenfüllanlage (Foto Steinkampf)

Schwerpunktmäßig findet dagegen Elektronik derzeit im Fahrwerk vor allem zur optimierten Triebkraftumsetzung Eingang. Firmenbegriffe wie "AUTOTRONIK" und "ALLTRONIK" sind solche Lösungen (Abbildung 3).

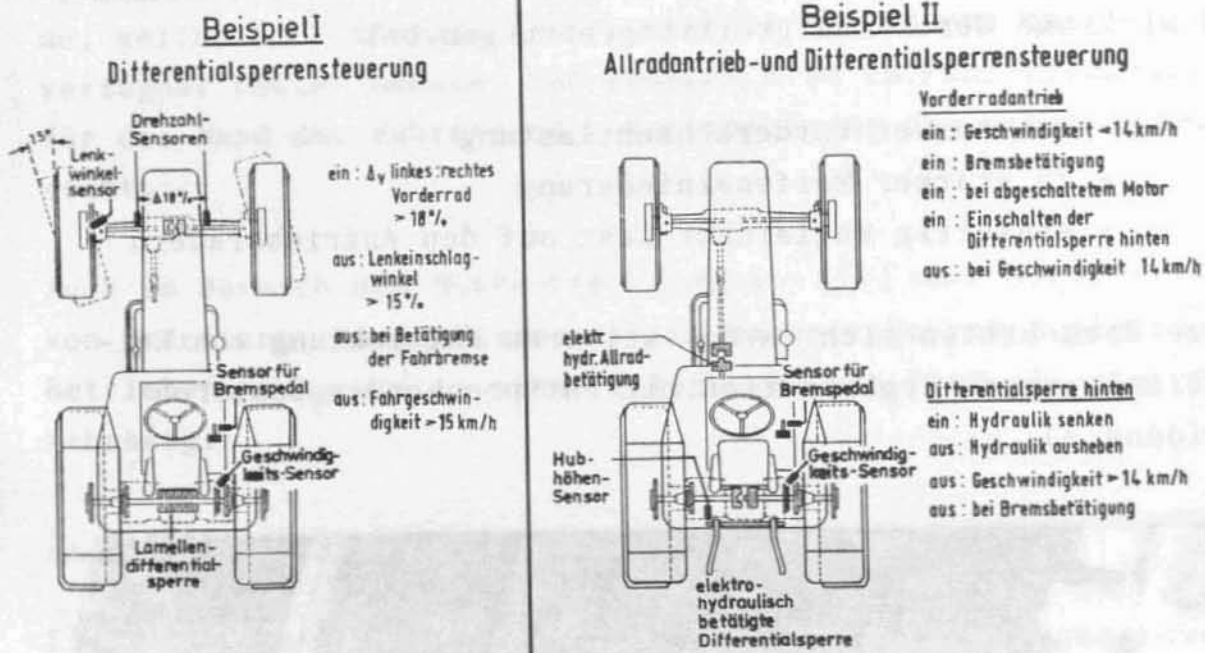


Abbildung 3: Beispiele für die Allrad- und Differentialsperrsteuerung

Diese Beispiele zeigen schon die unterschiedlichen Ansätze zur optimierten und dabei aus der Bedienung des Fahrers herausgelösten Steuerung des Allradantriebes und/oder der Differentialsperrungen. Verblüffend ist, daß schon mit wenigen und zudem einfachen Sensoren Dinge realisierbar werden, die im Bereich des Elektronikeinsatzes derzeit wohl die sinnvollste Anwendung darstellen und damit bewahrt sich auch für diese neue Technik, daß sehr oft in der einfachsten Anwendung ein enormer Nutzen zu erreichen ist.

Ein weiteres Beispiel stellt in diesem Einsatzbereich die elektronische Hubwerksregelung dar. Drei Sensoren geben die Steuer-

impulse für die Regelung. Sowohl an den Sensoren, wie auch an den Aktoren entfallen dadurch mechanische Bauteile und vor allem starre mechanische Verbindungen. Neben rein fertigungstechnischen Vorteilen der einfachen Arbeitsteilung eröffnet dies insbesondere neue Möglichkeiten, wie z.B. die Fernbedienung, die einigermaßen problemlose Signaldämpfung (sprich einfach änderbare Empfindlichkeit), die simple Aushubbegrenzung und auch die einfach einstellbare Absenkgeschwindigkeit.

Daß in Verbindung mit der Schlupfermittlung damit ein neuer Regelkreis in der sog. Schlupfregelung relativ einfach zu erreichen ist, wird nun sehr schnell ersichtlich und daß weitere Vernetzungen im Ackerschlepper mit der EHR relativ einfach zu erstellen sind bis hin zum elektronisch geschalteten Getriebe wird nun ebenso leicht verständlich.

Nahezu unbekannt ist dagegen die Nutzung der Elektronik für eine kontrollierte Federung. Dabei müßte sowohl der schnelle Fahrbereich auf der Straße, wie auch die schwere Ackerarbeit eingeschlossen werden. Federung "ein" bei Fahrgeschwindigkeiten über 20 km/h und Federung "aus" im darunterliegenden Fahrbereich könnten Anwendungsbeispiele sein und dadurch z.B. auch am Hang mit gefederten Schleppern und schweren Anbaugeräten einen sicheren Einsatz ermöglichen.

Nicht zuletzt fällt in den Bereich des Fahrwerkes aber auch der Begriff der Leitsysteme. Angefangen mit einfachen Tastsensoren an Pflanzenreihen zur automatischen Spurführung bis hin zum Einsatz von Radar auf großen Flächen sind eine Vielzahl von Techniken denkbar und werden je nach Agrarstruktur und möglichen Absatzzahlen auch schnell zu verwirklichen sein.

### 3.2 Elektronik im Motor

Elektronik im Motor muß sich in der Schleppertechnik zwangsläufig an erster Stelle mit der Einspritzung von Diesel beschäftigen. An elektronisch gesteuerten Einspritzpumpen wird weltweit gearbeitet, und die Markteinführung dürfte nur noch eine Frage von Monaten sein. Neue Möglichkeiten eröffnen sich dann in

- der exakten Regelung der Einspritzmenge  
(Mechanik ist träge)
- der Steuerung der Einspritzmenge nach unterschiedlichen Strategien, wie z.B.
  - nach Drehzahl
  - nach minimalem Kraftstoffeinsatz  
(Zeit spielt keine Rolle)
  - nach dem optimalen Drehmoment.

Da durch eine derartige neue Technik die gesamte Motorsteuerung verändert werden wird, spricht man heute schon vom elektronischen Motormanagement.

### 3.3 Elektronik im Getriebe

Ausgehend von den Möglichkeiten der schnellen Erfassung der Zugkräfte und der elektronischen Ansteuerung der Dreipunkthydraulik müssen die Entwicklungen der Einsatzmöglichkeiten zwangsläufig in Richtung elektronisch schaltbarer Getriebe gehen, denn was nützt die feinste Regelung am Schlepperheck, womöglich mit Hinweisen auf optimalere Einsatzbedingungen, wenn im schweren Zug durch das manuelle Schalten die optimaleren Betriebszustände nicht erreicht werden können. Längerfristig wird sich dabei der Regelkreis in zwei Anwendungsbereichen abspielen. Auf der einen Seite werden die Stufengetriebe insbesondere für hohe Zugkräfte bleiben (mit elektronischer Lastschaltung oder elektro-

nischer Schaltung) und andererseits werden stufenlose Getriebe bei geringem Zugkraftbedarf (evtl. auch als Hybridlösung) ebenfalls elektronisch gesteuert werden.

### 3.4 Elektronik an der Geräteschnittstelle

Auf die Dominanz der elektronischen Hubwerksregelung wurde bei der Triebkraftumsetzung schon hingewiesen. Elektronische Lage-  
regelung ist eine eigentlich vorgegebene Zusatzentwicklung. Hinzu müßte jedoch die weitere Nutzung der Zugkraftsignale kommen. Sie könnten sowohl Hinweise auf die Geräteeinstellung, wie auch auf Bodenzustände (Verdichtungen) geben.

Weitere Zusatzeinrichtungen elektronischer Bauart sind z.B. in der Erfassung von Gewichten in Aufbaubehältern möglich oder aber in einer direkten Wiegeeinrichtung in der Dreipunkthydraulik (Abbildung 4).

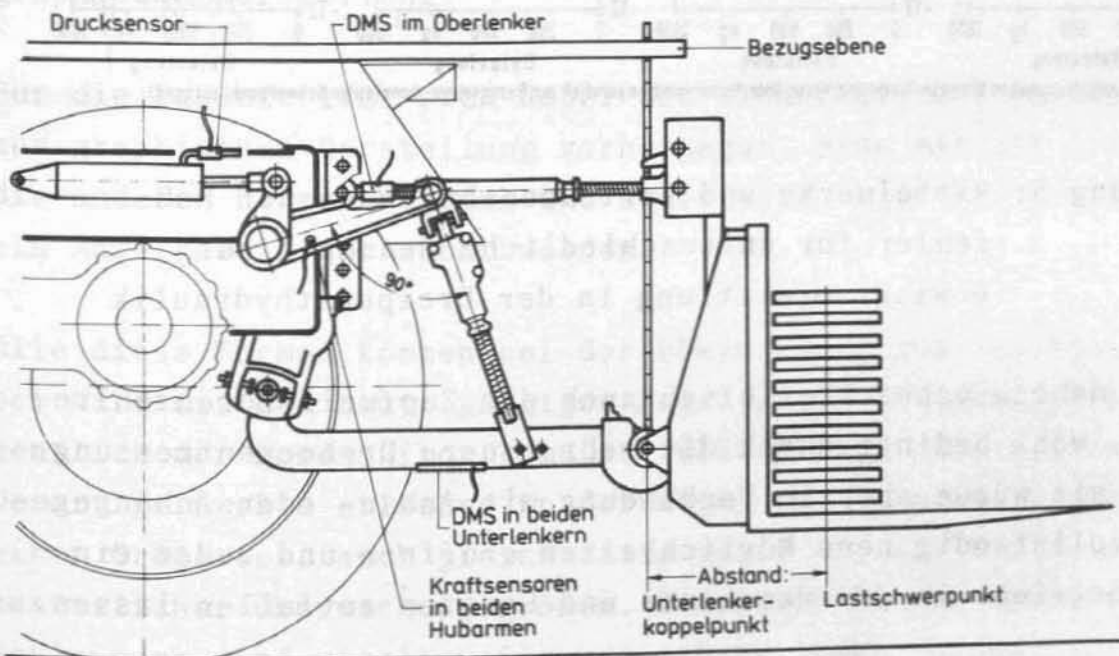
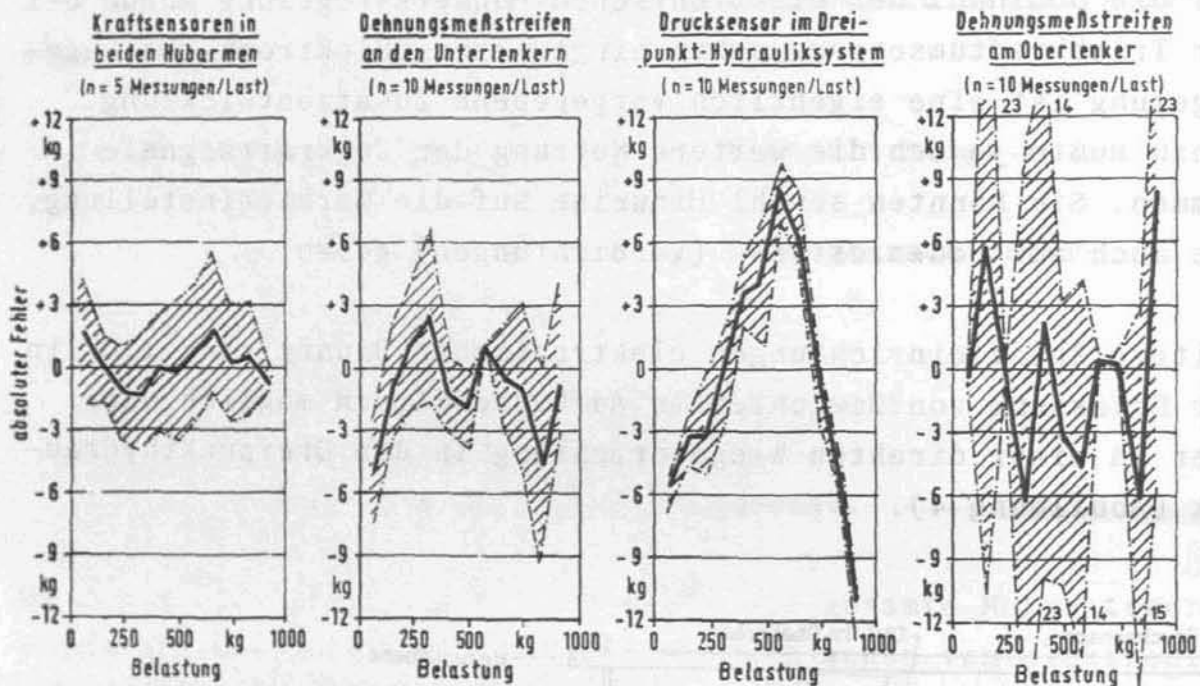


Abbildung 4: Sensoren für die Verwiegung in der Dreipunkt-  
hydraulik

Derartige Sensoren sind durchaus heute schon in der Lage, Lasten mit hoher Präzision zu erfassen und somit in Verbindung mit dem Düngerstreuer, dem Siloblocksneider oder von Rundballen endlich exakte Daten über die Ausbring- bzw. Erntemengen bereitzustellen (Abbildung 5).



(Schlepper mit 63 kW; Messungen im Stand bei lautendem Motor; Unterlenkerposition parallel zur Bezugsebene; konstanter Schwerpunktabstand)

Abbildung 5: Mittelwerte und Vertrauensbereiche der Meßfehler für unterschiedliche Sensoren zur Gewichtsermittlung in der Dreipunkthydraulik

Bisher nahezu unbeachtet blieb auch die Zapfwelldrehzahlregelung, wohl bedingt durch die sehr teure Drehmomentmessung. Gerade sie würde aber in Verbindung mit Anbau- oder Anhängegeräten vollständig neue Möglichkeiten eröffnen und zudem einzelne Getriebe in den Maschinen und Geräten entfallen lassen.

Die Kombination von Zugkraft- und Hubkraftmessung wäre schließlich die Ausgangssituation für ein echtes Lastmanagement. Darunter sind alle Maßnahmen einer gleichen Lastverteilung auf

die Achsen in Verbindung mit Anhängе- oder Anbaugeräten zu verstehen.

#### 4. Elektronik für Information und Bedienung

Elektronik in der Information wird heute meist gleichgesetzt mit dem Begriff "Bordcomputer". Dies ist auf der einen Seite richtig, weil in der Tat Computer eingesetzt werden. Zum anderen ist es aber falsch, weil Elektronik in unterschiedlichen Anwendungen und Funktionen eingesetzt wird.

##### 4.1 Überwachung

Heute wird die Anzeige mehr und mehr elektronisch realisiert. Wesentliche Unterschiede ergeben sich dabei in der Form der Darstellung. Möglich sind die digitale Darstellung in Zahlen und Buchstaben, die analoge Darstellung in Form von Zeigerinstrumenten, die jedoch auf Digitaltechnik aufbauen, und die graphische Darstellung.

Für die Zukunft läßt sich dabei mit Sicherheit der Übergang zur graphischen Darstellung vorhersagen, denn mit ihr sind auch die anderen Formen möglich und somit wird letztlich nur noch ein Anzeigefeld gebraucht werden.

Alle diese Formen kommen bei der Überwachung zum Einsatz. Dabei wird mit dem heute gängigen Begriff des Bordcomputers eigentlich der Bordmonitor gemeint (monitoring = überwachen). Derartige Geräte erlauben in der Regel die Dauerüberwachung einer Größe (ev. auch gleichzeitig zwei) und die Wahlanzeige zusätzlicher Überwachungsgrößen. Besonders in den schwereren Schleppern wird mittlerweile von nahezu jedem Hersteller ein derartiger Bordmonitor angeboten (Abbildung 6).



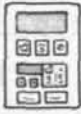

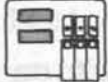


Ausführung					
Hersteller	DEUTZ-FAHR	MF	RENAULT	FENDT	FIATAGRI
Fahrgeschwindigkeit	+	+	+	+	+
Motordrehzahl	+	+	+	-	+
Zapfwellendrehzahl	+(2)	+	+	-	+
Weg	+	+	+	+	+
Zeit	+	+	-	+	+
Fläche	+	+	-	+	+
Kraftstoff	-	+	+	+	-
Zusatzfunktionen	Betriebsstunden Uhrzeit	Zähler Wartung	Betriebsstunden wirtschaftl. Gang	Feldgröße (9)	Zähler
	Flächenleistung	Schlupf Schlupfgrenze	optimale Motor- drehzahl	Kraftstoffvorrat Arbeitszeitvorrat	Teilbreiten Kalkulator
Normsignaldose	+	-	-	+	-
Preis (a.MWSt) ~ DM	1500	3000	1000	1000	1300

Abbildung 6: Kenngrößen für ausgewählte Bordmonitore  
(Bordcomputer)

Alle diese Geräte besitzen Grundüberwachungsfunktionen, wie z.B.

- Fahrgeschwindigkeit
- Motordrehzahl
- Zapfwellendrehzahl

Diese werden entweder auf Wunsch auf nur einem Display dargestellt, maximal stehen zwei Displays zur Verfügung. Restliche Größen werden per Tastendruck abgerufen oder per Tastendruck wird in Form einer Dauerüberwachung dessen Wert dargestellt.

Neben diesen Grundgrößen werden wahlweise weitere Überwachungsgrößen geliefert. Allen voran der zurückgelegte Weg (km-Zähler), die Arbeitszeit (nunmehr als Zeitstunde und nicht mehr als Umdrehungssumme), die bearbeitete Fläche und der Kraftstoffverbrauch.

Problematisch ist dabei vor allem die Fläche. Sie muß ja, um sauber bestimmt zu werden, aus der wahren Fahrgeschwindigkeit und der tatsächlichen Arbeitsbreite abgeleitet werden. Erstere kann über Radargeräte recht zuverlässig ermittelt werden, wenn die Anbringung des Sensors richtig vorgenommen wird (Abbildung 7).

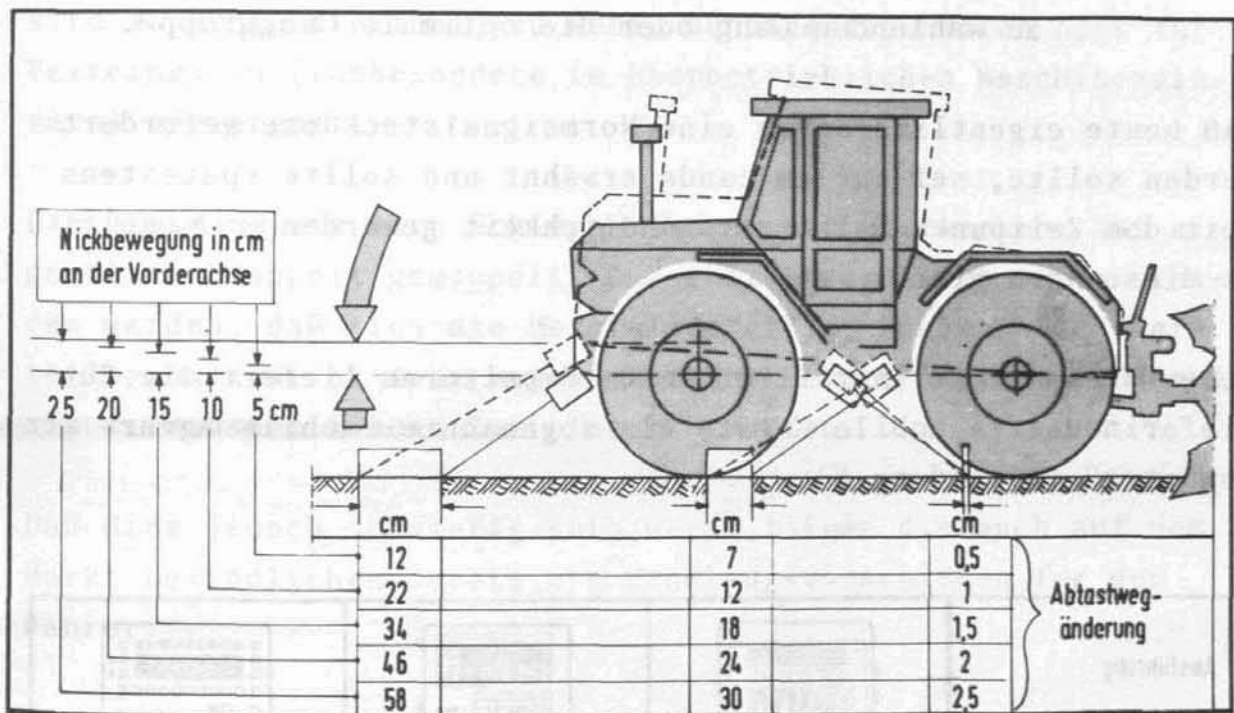


Abbildung 7: Wegänderungen bei unterschiedlicher Anbringung des Radarsensors

Hingegen wird die Bestimmung der Arbeitsbreite auch weiterhin aufgrund der Einstellung erfolgen und somit vom Fahrer fix vorgegeben. Geringe Probleme sind dabei vor allem bei Arbeit in Reihenkulturen zu erwarten. Größere Probleme ergeben sich aber aus der reihenunabhängigen Arbeit in Verbindung mit übergroßen Arbeitsbreiten.

Zusatzfunktionen in Bordmonitoren sind

- Betriebsstunden
- Uhrzeit
- Flächenleistung
- Teilbreitenberücksichtigung
- Zuordnung einzelner Werte zu Schlägen
- gezielte Handlungsvorschläge in bezug auf den zu wählenden Gang oder die optimale Ganggruppe.

Daß heute eigentlich schon eine Normsignalsteckdose gefordert werden sollte, sei nur am Rande erwähnt und sollte spätestens seit dem Zeitpunkt Selbstverständlichkeit geworden sein, seit es diese Norm gibt.

Neben diesen fest installierten Bordmonitoren liefert die Zulieferindustrie mobile Geräte als sogenannte "Mobile Agrarcomputer" (Abbildung 8).

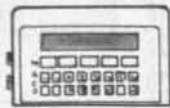
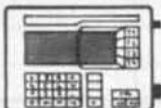
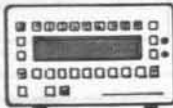
Ausführung			
Hersteller	<b>BIOTRONIC</b>	<b>MÜLLER</b>	<b>MULTITRON</b>
Konzept	dezentral	zentral	zentral
Ein/Ausgabe	digital	+	+
	Grafik	+	+
	Text	(+)	+
Schlepperfunktionen	+	+	+
Gerätesteuerung	mähdreschen	mähdreschen	mähdreschen
	wiegen	wiegen	wiegen
	spritzen	spritzen	spritzen
	düngen	düngen	düngen
	drillen	Flüssigmist verteilen	
Datenübertragung zum PC	RAM-BOX	Chipkarte	-
Normsignaldose	-	+	-
Preis (a.MWSt) ~DM	2500 (+Montage 1500)	2600	4000

Abbildung 8: Kenngrößen für ausgewählte "Mobile Agrarcomputer"

Hauptkennzeichen ist dabei der konzeptionelle Aufbau dieser Geräte. Neben zentralen Geräten kommt dabei auch ein dezentrales Gerät zum Einsatz, welches in den Geräten installierte Elektronik verbindet und damit das wohl am weitesten in die Zukunft gerichtete Konzept darstellt.

Entscheidend ist jedoch für alle Geräte die Ein-/Ausgabe. Ausschließlich auf eine Darstellungsform ausgerichtete Geräte sind zu wenig flexibel, zu wenig benutzerfreundlich oder für Texteingaben (insbesondere im überbetrieblichen Maschineneinsatz) ungeeignet.

Daß diese Geräte auch Schlepperfunktionen überwachen, ist eigentlich "doppelt gemoppelt" und sollte vor allem so verstanden werden, daß sich die Hersteller dieser heute in der Verteiltechnik nicht mehr wegzudenkenden Geräte u.U. einen Markt als firmenspezifische Zulieferer erwarten.

Daß dies jedoch schwierig sein wird, zeigen die auch auf dem Markt befindlichen Geräte mit Handlungsvorschlägen für den Fahrer.

#### 4.2 Handlungsbezogene Bordcomputer und Fahrerinformationssysteme

Immer größer werdende Schlepper bedürfen durch den höheren Preis eines mehr gezielten Einsatzes. Kostensätze je Einsatzstunde von 40 und mehr DM sollten eigentlich Grund genug sein, derartige Maschinen nur dann einzusetzen, wenn dies unbedingt notwendig ist und dabei jeweils den optimalen Betriebspunkt wählen. Daß dies für den Fahrer nahezu unmöglich ist, bedarf keiner besonderen Hinweise, denn wer besitzt schon einen Sensor für den Schlupf und wer kennt das Muscheldiagramm seines Schleppers?

Beide Größen sind deshalb die zentralen Teile von handlungsbezogenen Fahrerinformationssystemen. Sie sind dabei alleinige Zusatzgeräte oder sie sind Teile von Bordmonitoren. In ihrer Arbeitsweise nutzen sie die schlepperspezifischen Kenndaten und verknüpfen sie mit Drehzahl, Kraftstoffverbrauch (und leider noch nicht dem Schlupf) und errechnen daraus optimale Betriebszustände. Diese werden dem Fahrer optisch angezeigt und können von diesem in die Realität umgesetzt werden (in der Regel nur, wenn z.B. Lastschaltstufen vorhanden sind). Sehr vereinfachend sind diese Fahrerhilfen die Vorstufen für elektronisch geschaltete Getriebe und als solche heute vielfach noch zu teure oder zu wenig nutzbare elektronische Hilfen (Abbildung 9).

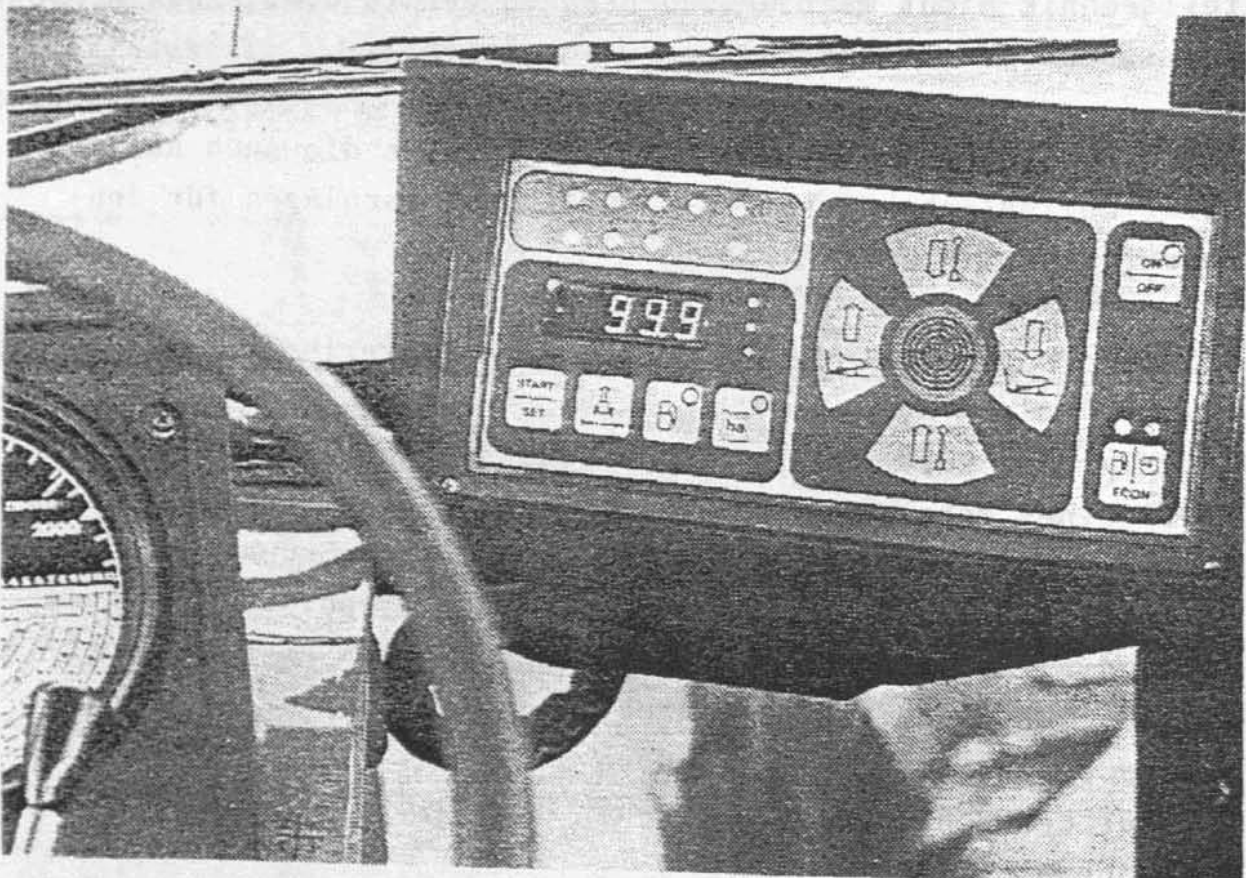


Abbildung 9: Fahrerinformationssystem von STEYR (Foto STEYR)

### 4.3 Automatisierung

Elektronik wird in konsequenter Weiterentwicklung die Bedienung automatisieren. Darunter ist nicht der fahrerlose Schlep- per zu verstehen, sondern ähnlich wie im PKW das automatisch geschaltete Getriebe, die automatisch geregelte Steuerung des Kratzbodenvorschubes durch die Drehmomentmessung in der Zapf- welle und vielen anderen Möglichkeiten.

Hauptgebiete der Automatisierung sind schon heute abzusehen in

- der Fahrgeschwindigkeitsregelung per Getriebe oder per Drehzahlregelung bei übergroßen Motoren
- der Verbrauchsminimierung durch die Drehzahlregelung und/oder der Fahrgeschwindigkeitsregelung
- einer Zeitautomatik, wobei eine vorgegebene verfügbare Arbeitszeit Drehzahl im Motor, Drehmoment und Fahrgeschwindigkeit in Einklang gibt und
- in einer Leitautomatik, die vor allem die Lenkaufgaben weitgehend oder vollständig übernimmt.

Weitere Ansätze sind durchaus denkbar. Sie bedürfen jedoch einer sehr kritischen Einordnung, weil gerade durch derartige Automaten u.U. relativ hohe Kosten entstehen können (Verbindung vieler, ev. sehr teurerer Sensoren und entsprechend zuverlässiger Aktoren).

### 5. Elektronik für Diagnose und Service

Elektronik ist "Denkzeug" !

Elektronik kann dadurch abgespeicherte Informationen zu vorgegebenen Zeitpunkten verarbeiten und ist damit prädestiniert für Diagnose- und Serviceaufgaben.

## 5.1 Betriebsdiagnose und Wartung

Schon heute werden auf diese Art und Weise Diagnoseabläufe ausgeführt. Einfachste Systeme initiieren dies beim jeweiligen Schlepperstart und geben entsprechende Meldungen in Form von Signalen oder als Sprachausgabe.

Verfeinerte Systeme haben ein Dauerdiagnosesystem eingebaut und prüfen in bestimmten Intervallen oder ständig in der freien CPU-Zeit

- die Sensoren
- die Aktoren
- die in Mikroprogrammen gespeicherten Informationen
- Temperaturen an empfindlichen Stellen

und vieles andere mehr.

Dadurch eröffnen Elektronik mit den genannten "Fähigkeiten" vollständig neue Möglichkeiten. Nicht der Mechaniker oder Techniker sucht den Fehler, sondern die Technik teilt dem Nutzer mit, wo Fehler vorhanden sind. Über den Austausch von Teilen können dann vom Nutzer die Fehler beseitigt werden, wodurch ganze Berufsstände u.U. infrage gestellt werden müssen.

Neben dieser, z.T. umfassenden "Eigendiagnose" kann Elektronik selbstverständlich auch die Ermittlung der Serviceintervalle auf eine neue Basis stellen, wobei nun an Stelle der Prophylaxe in festen Zeitabständen der auf die Belastung angelegte kurative Service die Regel werden wird.

## 5.2 Ausfalldiagnose

Interne Diagnose und Ermittlung erforderlicher Servicemaßnahmen ist aber nur ein Teil eines Diagnosesystems. Es muß er-

gänzt werden durch aktive Möglichkeiten der Fehlersuche, wobei wiederum Elektronik unterstützend einzusetzen ist.

Zum einen können schon in der Elektronik vorhandene, jedoch gesondert zu startende Diagnoseprogramme ausführlichere Tests durchführen.

Zum anderen stehen dabei Diagnosegeräte in der Hand des Landwirts und vor allem des Landmaschinenmechanikers zur Verfügung. Derartige Geräte dienen mit weit umfangreicheren Diagnoseprogrammen als die internen Diagnosehilfen bei auftretenden Fehlern zur Lokalisierung fehlerhaft arbeitender Bauteile. Lokalisierung bedeutet auch dann Austausch und erneuten Test.

Schwierigere Fälle können dagegen nur über umfassende Diagnoseeinheiten in der Hand des Spezialisten behandelt werden. Dazu wird künftig ein verstärktes Umdenken im Einsatz stattfinden müssen, denn jegliche Inanspruchnahme derartiger Dienste erfordert lange Fahrzeiten, die in der Regel mit gleich hohen Stundensätzen zu begleichen sind, wie die echten Arbeitszeiten. Schon heute ist deshalb zu prüfen, ob nicht Ferndiagnose (wie es bei größeren Computern und auch schon bei der Schweineflüssigfütterung Stand der Technik ist) die bessere, weil billigere Form ist.

## 6. Elektronik und Betriebsmanagement

Elektronik im Ackerschlepper und in den Geräten erfaßt mit den Sensoren eine Vielzahl von Steuer- und Regelgrößen und dies gleichwohl umsonst für die Betriebsführung. Deshalb muß diese Elektronik im Sinne einer verbesserten Betriebsführung mit dem Betriebscomputer kommunizieren können.



## 6.1 Datenübergabe zum Betriebscomputer

Die ersten Ansätze in dieser Richtung basieren auf der "Chipkarte" oder auf der "RAM-Box" (Abbildung 10).

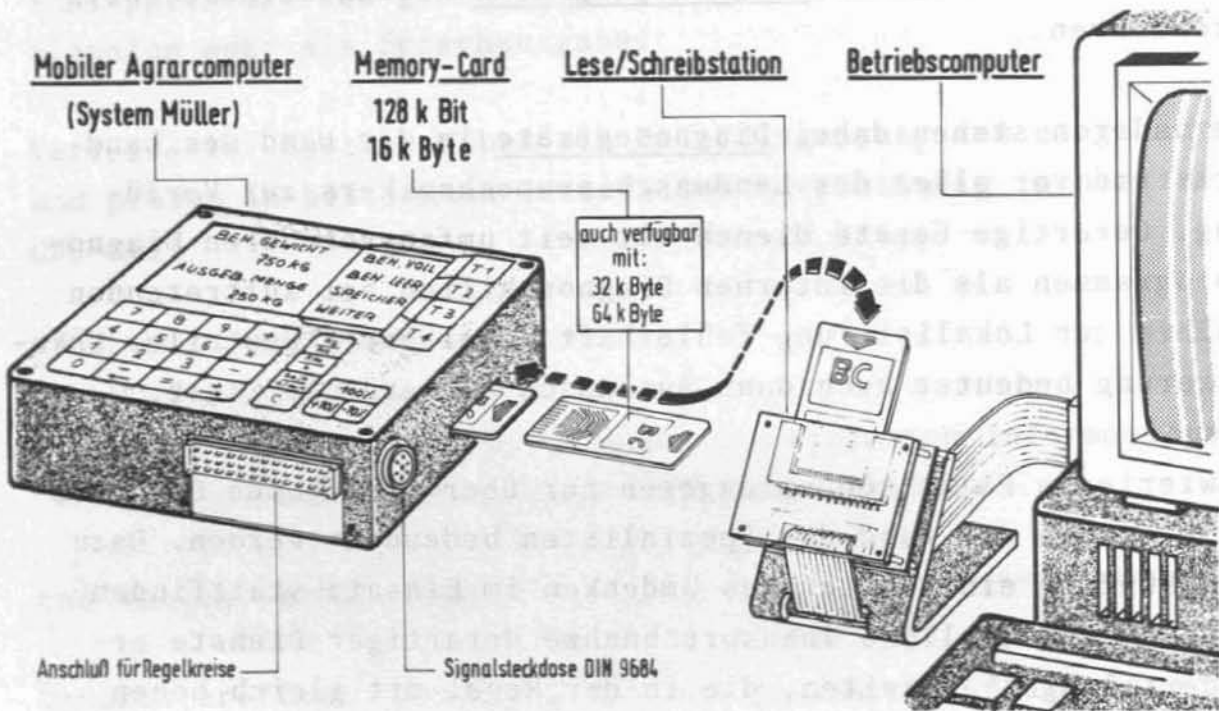


Abbildung 10: Chipkarte als Datenträgermedium zwischen mobiler Prozeßtechnik und Betriebscomputer

Beide Ansätze weisen in die richtige Richtung, wenngleich die Chipkarte mit offenliegenden Kontakten Probleme bereiten könnte. Da jedoch derzeit schon kontaktlose Chipkarten im Einsatz getestet werden, dürfte dieses Problem nur einen temporären Charakter besitzen und schon zum Jahresende durch die neue Chipkartengeneration gelöst sein.

Allerdings sollte bei der Datenübergabe nicht auf den prüfungslosen Weg gesetzt werden. Vor einer Einfügung automatisch erfaßter Daten, z.B. in die Schlagkartei, muß eine Überprüfung durch den Landwirt (sprich Manager) stattfinden. Nur so werden

- einwandfreie
- zutreffende
- von Fehlern beseitigte
- und notfalls durch Schätzung ergänzte

Betriebsdaten zu erzielen sein.

## 6.2 Schlepperleitdaten

Auch wenn derzeit noch futuristisch anmutend, wird insbesondere auf den Großbetrieben Norddeutschlands ähnlich den USA die interne Schleppersteuerung aus dem Betriebscomputer kommen. Ob dabei Radar als Leitmittel eingesetzt wird oder ob vereinfachend der linearisierte Schlag abgearbeitet wird, mag heute noch zweitrangig sein.

Wichtiger ist in diesem Zusammenhang die ortsbezogene Datenermittlung (Zugkraftbedarf, Ertrag) und die darauf aufbauende, an den Ort angepaßte Betriebsmitteldosierung. Dafür muß der Datenweg in beiden Richtungen funktionieren und dazu müssen weit detailliertere Schlagkarteien erstellt und gepflegt werden, als dies heute der Fall ist. Nur so wird aber die Umweltbelastung zu verringern und die Versorgung der Pflanzen bedarfsgerecht zu erledigen sein.

## 7. Integrierte Bordelektronik und Normung

Diese Vielfalt an schon vorhandener und an zu erwartender Elektronik im Schlepper mag den einen oder anderen verwirren, verunsichern oder derzeit vielleicht noch zum Lachen verleiten. Nichtsdestotrotz wird die Entwicklung in diese Richtung gehen, und sie wird dies wesentlich schneller tun, als dies bei allen bisherigen Techniken der Fall war.

Dadurch wird ersichtlich, daß alle aufgezeigten Teilelektroniken nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Vielmehr muß auch im Schlepper schon sehr bald das Systemdenken einsetzen. Es wird dadurch geprägt werden, daß die einzelne Elektronik alleine nicht lebensfähig und vor allem nie optimal zu nutzen sein wird. Hinzu kommt die unterschiedliche Nutzung nach Schlepereinsatz (Abbildung 11).

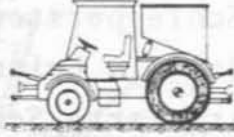
Schlepperbauart	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">Zugschlepper</div> 	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 2px;">Pflugeschlepper</div> 
Einsatzziel	optimierte Zugkraftübertragung	optimierter Geräteeinsatz
Anforderungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlupfminimierung</li> <li>• gleichmäßige Lastverteilung</li> <li>• Geschwindigkeitsanpassung</li> <li>• Kraftstoffminimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gleichbleibende Fahrgeschwindigkeit</li> <li>• Zapfwellendrehzahlanpassung</li> <li>• Spurführung (Leitsystem)</li> <li>• Konturanpassung</li> <li>• Umfeldanalyse</li> <li>• Vorrats-/Mengenermittlung</li> </ul>
Ausführungsschritte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dezentrale Regelkreise für Hydraulikanlage Kraftstoffverbrauch Allradmanagement</li> <li>• Kopplung dezentraler Regelkreise (Radar, Schlupfminimierung)</li> <li>• Kopplung zur Fahroptimierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zentraler Regelkreis für Verteilungsaufgaben mit realer Fahrgeschwindigkeit, Vorratsmengenermittlung</li> <li>• Kopplung zu Schlepperregelkreisen (Drehzahl, Geschwindigkeit)</li> <li>• Kopplung zur Fahroptimierung</li> </ul>

Abbildung 11: Elektronikeinsatz beim Zug- und Pflugeschlepper

Integrierte Elektronik muß deshalb das Schlagwort der Zukunft sein. Dazu wird im Schlepper der Datenbus die zentrale Verbindung sein. Er kann unabhängig von einer Norm vom Hersteller selbst gestaltet werden. Er muß aber eine Normschnittstelle zur Umwelt, sprich zur Geräteelektronik besitzen. In diesem Sinne sind die derzeitigen Bemühungen nach einer Normung dieser Schnittstelle zu verstehen.

## 7.1 Normsignalsteckdose

In einer Art Kurzfristlösung wurde deshalb vom LAV ein Normenentwurf für eine Normsignalsteckdose erarbeitet (Abbildung 12).

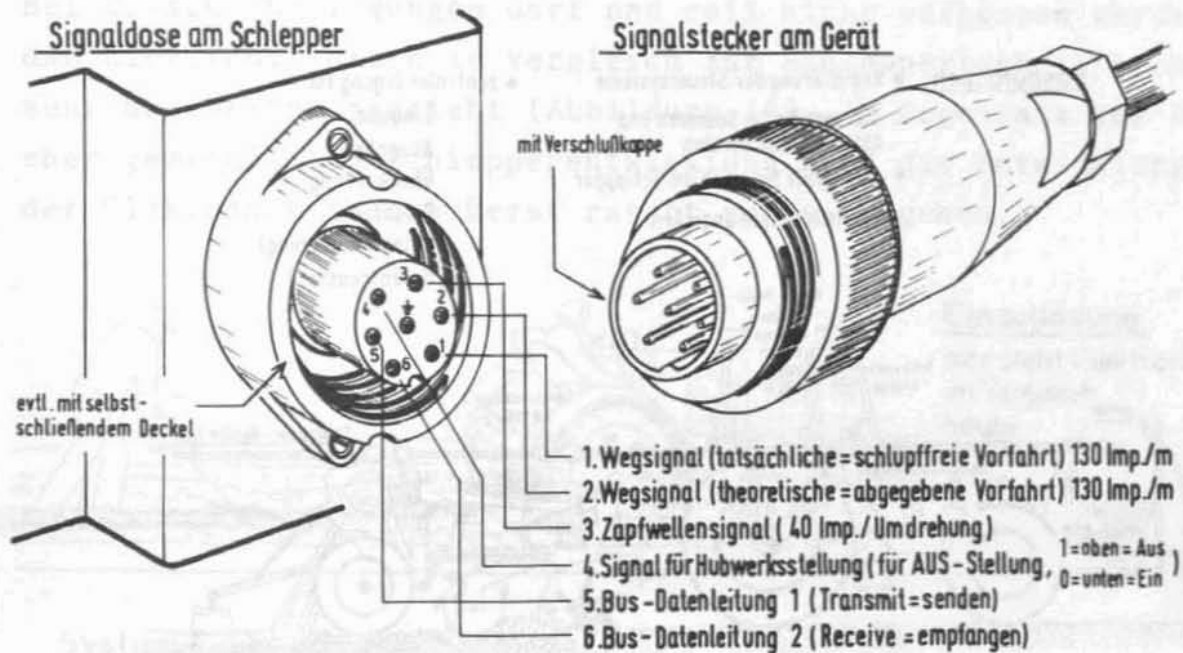


Abbildung 12: Normsignalsteckdose

Diese Steckdose soll garantieren, daß schon heute im Schlepper eingebaute Sensoren für die Gerätesteuerung benutzt werden können und daß damit schon heute

- firmenunabhängige
- sichere
- und preisgünstige

Elektronik installiert werden kann. Daß auf der Agritechnica '87 mehrere Hersteller diese Steckdose an ihren Schleppern montiert hatten beweist, daß damit der erste Durchbruch bereits gelungen ist.

## 7.2 Der AGRO-Bus

Längerfristig muß jedoch weit stärker in die Normung eingestiegen werden. Dazu dienen die derzeitigen Aktivitäten zur Normung eines Bus-Systems für die mobile Prozeßtechnik (Abb. 13).

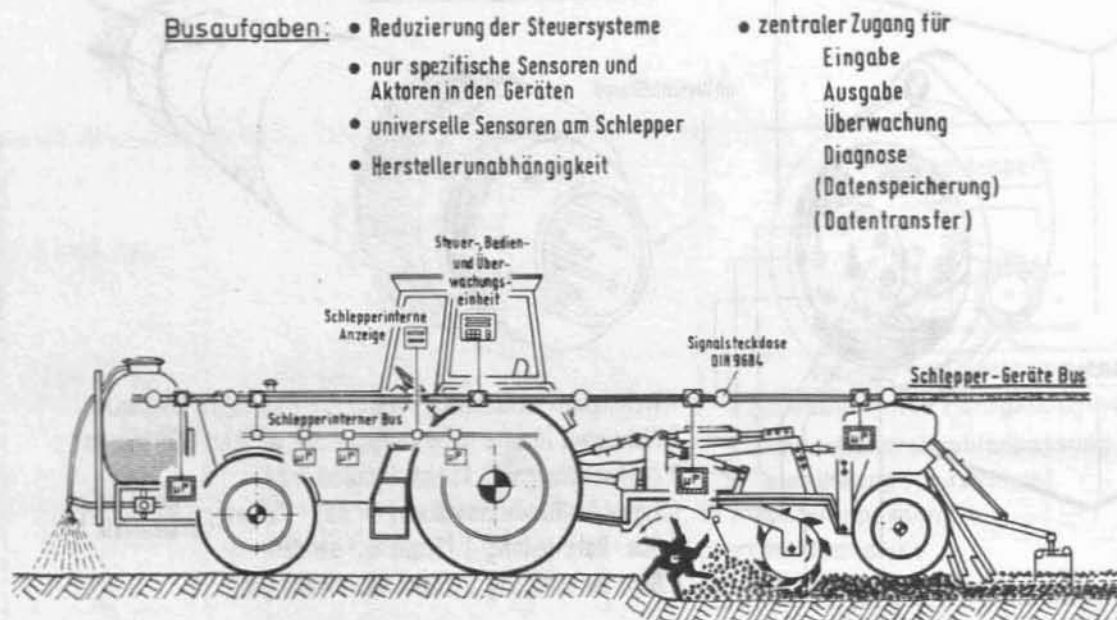


Abbildung 13: Bus-System für die mobile Prozeßtechnik

Dieses Bussystem wird als eine Art Datenschiene Schlepper und Gerät verbinden. Unabhängig vom Hersteller sind damit über genormte Steckdosen (die auf Seite 111 erwähnte Signalsteckdose) alle Daten zwischen Schlepper und Gerät auszutauschen. So wird es möglich sein, auch gerätespezifische Daten in den Betriebscomputer zu übergeben, oder aber die Geräteeinstellung am Betriebscomputer zu errechnen, zu testen und direkt an das Gerät zu übergeben.

## 8. Heute schon in Elektronik investieren ?

Somit stellt sich zum Abschluß die Frage: Soll oder muß vielleicht der Landwirt schon heute in die Schlepperelektronik einsteigen ?

Bei diesen Überlegungen darf und soll nicht vergessen werden, daß Elektronik heute im Vergleich zur Schleppertechnik noch sehr bescheiden aussieht (Abbildung 14). Im Gegensatz zur doch eher gemächlichen Schlepperentwicklung wird die Entwicklung in der Elektronik aber äußerst rasant vor sich gehen.



**Einzellösung**  
hier steht Elektronik  
im Vergleich  
heute

**System**  
in diese Richtung  
muß sich Elektronik  
im Vergleich entwickeln



Abbildung 14: Elektronik heute im Vergleich zum Schlepper 1955

Vielleicht sollte deshalb zuerst eine Antwort für die "Zögernden" oder die "Zweifler" gegeben werden. Elektronik wird sehr schnell in die Landtechnik Einzug halten. Elektronik hat in den ersten Ausführungen mit Sicherheit auch Probleme. Aber Elektronik wird spätestens in der zweiten Fertigungsgeneration (und

die läuft schon) ähnlich sicher und zuverlässig arbeiten, wie wir dies von der technischen Mechanik gewohnt sind. Deshalb kann derzeit jeder noch zuwarten. Lehrgeld werden dann die Anderen bezahlen müssen, sie werden aber auch schon den Nutzen wahrnehmen und unter Umständen Produktionsvorteile erlangen.

Hingegen kann für den "profimäßigen Landwirt" die Devise nur lauten: Ein vorsichtiger Einstieg in die Elektronik sollte sofort erfolgen. Aber:

- Elektronik verlangt die Integration
- Elektronik im Ackerschlepper fordert zum Betriebscomputer heraus
- Der Betriebscomputer ist sinnvoll nur dann einzusetzen, wenn die Schlagkartei und die Buchführung eine Selbstverständlichkeit sind und
- Elektronik auf dem Betrieb darf ebenfalls nicht isoliert bleiben. Die Anbindung an die Außenwelt muß zwangsläufig folgen und nur so wird Elektronik das leisten können, wozu sie sicher prädestiniert ist:

"Verbesserte Betriebsführung bei verringerten Produktionskosten und minimierter Umweltbelastung".

## Buchführung und Schlagkartei auf dem PC

von Dipl.-Ing. agr. Helmut Oevermann, Geschäftsführer des Arbeitskreises für Betriebsführung, Minden

Während der Schlepper seit langem zur Standardausrüstung der Landwirtschaft gehört und dieser Berufsgruppe einen enormen Aufschwung gebracht hat, steht der Computer oder besser die Elektronik gerade am Anfang einer Entwicklung die m.E. sehr große Auswirkungen auf den Berufsstand haben wird.

Die sich aus dieser zweiten technischen Agrarrevolution ergebenden Folgen werden gravierende Konsequenzen für die Automation der Agrarproduktion haben.

Der ökonomische Druck wird in der Folge größer. Höchstens ein viertel der bisherigen Landwirte werden in 10 Jahren noch an der Nahrungsmittelproduktion beteiligt sein. Da wird die deutsche Politik nicht viel ändern können - allenfalls könnten notwendige Prozesse verzögert werden, und das würde den verbleibenden Landwirten letztlich zum Nachteil erwachsen.

Dieser Exkurs sei erlaubt, um die Überlegungen eines Beraters zu verstehen, der größeren, unternehmerisch denkenden und handelnden Landwirten die Anschaffung eines PC empfohlen hat.

Der Arbeitskreis für Betriebsführung Westfalen besteht seit 20 Jahren. Es handelt sich um ca. 40 Betriebe von  $\varnothing$  230 ha Ackerfläche. Fast alle größeren Betriebe sind viehlos. Die jährlichen Betriebsanalysen und Vergleiche haben sehr schnell die Bedeutung des Ackerbaues und der Gesamtbetriebsorganisation herausgestellt.

Als Folge aus den Betriebsanalysen wurden nur noch Früchte angebaut, die höchstwirtschaftlich waren und auch in den Betriebs-



ablauf paßten. Die Kosten wurden gesenkt.

Grundlagen für die ersten Betriebsanalysen waren schriftliche Aufzeichnungen des Betriebsleiters

- Finanzbuchführung
- Naturalaufzeichnungen
- Schlagkarteien

Das Verfahren der manuellen Aufzeichnungen wurde ständig weiterentwickelt (z.B. Schlagkarteien) es litt aber darunter, daß die vielen Aufzeichnungen aufgrund der Datenmengen nicht ordnungsgemäß ausgewertet werden konnten. Deshalb wurde vor etwa 3 Jahren über die Anschaffung von PC und entsprechenden Programmen nachgedacht. Der Markt für Programme und Technik wurde untersucht.

Das MSDOS-System war gerade kreierte und die PC Preise purzelten. Die Entscheidung fiel zugunsten eines mittleren Anbieters in Westfalen, der Technik und Programme aus einer Hand anbot. Wir sind auch heute überzeugt, daß es Vorteile hat, wenn ein Programmanbieter gleichzeitig die notwendige Technik kennt und weiterentwickelt. Fast alle Mitgliedsbetriebe und der Ring eines Kollegen beschafften die gleiche Technik mit Programmen. Grundlage des Einstiegs war die Schlagkartei. Ferner entschieden sich die meisten Betriebe für die Erledigung der Buchführung mit dem PC. Da absehbar war, daß 40 Betriebsleiter nicht von heute auf morgen mit einem PC umgehen können, wurde eine arbeitslose junge Agraringenieurin eingestellt, die die Einführung dieser elektronischen Datenverarbeitung in den Betrieben organisierte. Das war im Nachhinein sehr wichtig. Ansonsten wäre die Maßnahme viel schwieriger gelaufen oder gar gescheitert. Man kann unterstellen, daß etwa 25 % der Mitmenschen nicht das größte Verständnis für derartige Techniken aufbringen. Alle anderen sind von vornherein sehr lernfähig - unabhängig vom Alter.

Hinzu kam, daß die ersten Programme inhaltlich nicht ausreichend waren und auch die Bedienerfreundlichkeit sehr zu wünschen übrig ließ.

Die Weiterentwicklung der Programme war eine wichtige Arbeit in den ersten beiden Jahren.

Die Wünsche wurden mehr und spezieller. Insbesondere die Zusammenarbeit von PC-Anwendern in einer Gruppe ist als besonderer Vorteil herauszustellen. Dabei werden Wünsche von allen Seiten diskutiert und weiterentwickelt. Aus größeren Gruppen herausentwickelte Wünsche werden zudem vom Programmanbieter und Programmpfleger ernster genommen und schneller umgesetzt.

Einzelkämpfer werden nicht so ernst genommen.

Eine Zusammenarbeit in Gruppen hat zudem den Vorteil, daß man Betriebsergebnisse gemeinsam auswerten kann und somit Betriebsvergleiche möglich werden. Das ist überhaupt der größte Vorteil des PC gegenüber der Handschlagkartei. Ein überbetriebliches Auswertungsprogramm war für uns ein weiterer Schritt der PC-Nutzung. Nach der Ernte werden die eingegebenen Daten von jedem Betrieb per Diskette in einem Auswertungsprogramm zusammengetragen und nach verschiedenen Kriterien analysiert (auch mehrfaktoriell)

- Sorteneigenschaften
- Standortunterschiede
- Behandlungsunterschiede etc.

Wie sieht die von uns verwendete Hof-Kartei heute aus ?  
Im Grunde soll sie auch das alte Betriebsleitertagebuch ersetzen. Das Programm hat deshalb folgende Unterabschnitte:

- Ackerbauaufzeichnungen
- Witterungsdaten
- Arbeitstagebuch
- Naturalverzeichnis (Zu- und Abgänge).

Es hat keine direkte Verknüpfung zur Buchführung - die Schwierigkeiten für den Anwender erscheinen zu hoch.

Witterungsdaten können auch automatisch von einer Wetterstation einfließen. Das ist notwendig für künftige Programmentwicklungen, die der genauen Planung von Düngungs- und Spritzmaßnahmen dienen.

Das Arbeitstagebuch soll es ermöglichen, Rückschlüsse aus dem Arbeitsablauf der Vergangenheit zu ziehen, um für künftige Organisationsänderungen Unterlagen zu haben.

Im Naturalverzeichnis soll letztlich jederzeit der aktuelle Stand der Vorräte und des Verbrauchs aufgezeigt werden.

Die eigentliche Schlagkartei beinhaltet:

- alle Grund- und Stammdaten des Betriebes und aller Schläge. Diese werden in der Regel einmal eingegeben und selten verändert.
- einen Eingabeteil, der die laufenden und erledigten Arbeiten und Veränderungen aufnimmt.

Im Grunde ist die präzise Datenübergabe nach der Arbeitserledigung das Problem von elektr. Schlagkarteien. Insbesondere in Betrieben mit mehreren Arbeitskräften fällt es häufig schwer, Vorgänge präzise zu erfassen.

Was muß präzise erfaßt werden ?

- 1) Die Arbeitszeiten auf Arbeitsorte verteilt.
- 2) Verwendete Techniken und die Einstellung

- 3) Verwendete Mittelmengen und Kombinationen.
- 4) Zustand des Pflanzenwachstums.
- 5) Besonderheiten des Wetters und Bodens.

Diese Eingaben erfolgten bisher per Hand und Eingabetastatur in den PC. Inzwischen ist es allerdings auch möglich, Daten von einigen Maschinen - Feldspritze und Düngerstreuer - automatisch per Chip zu übernehmen.

Dieser Weg muß weiter verfolgt werden. Es sollten mobile Eingabegeräte in der Größe eines Notizbuches entwickelt werden, die von Mitarbeitern ständig bedient und auch mit den Techniken gekoppelt werden können.

Bis das Wirklichkeit wird, gilt es die schriftlichen Aufzeichnungssysteme zu verbessern.

Im Arbeitskreis Westfalen werden z.Zt. unterschiedliche Formulare genutzt. Standard ist bei vielen Betriebsleitern ein kleines Aufzeichnungstaschenbuch. Ferner benutzen Betriebe unterschiedliche DIN A 4 Formblätter. Diese sind so aufgebaut, daß die Eingabe in den PC fließend erfolgen kann. Die Eingabe erfolgt täglich oder auch wöchentlich.

Ziel sollte die tägliche Eingabe sein. Insbesondere wenn die planerischen Elemente des PC weiter ausgebaut werden. Wenn Wetterdaten und entsprechende Behandlungs- und Simulationsmodelle Vorschläge erarbeiten, sowie Mengen und Applikationshinweise ausgedruckt werden, ergibt sich die tägliche Nutzung - vor dem Frühstück - von allein.

Da jeder Schlag künftig in seinem Profil und seinen Unterschieden aufgeführt ist, wird der Schlepperfahrer künftig morgens eine Chipkarte zur Arbeitserledigung bekommen, der die Feldspritze, den Düngerstreuer oder die Drille so steuert, daß bei

unterschiedlichen Bodenarten etc. gezielte Mittelmengen zur Anwendung kommen. In Teilbereichen werden Maschinen künftig selbständig arbeiten. Im PC wird der Plan dazu festgelegt.

Der Fahrer wird Kontrollfunktionen ausüben - die Arbeitsleistung und Effizienz der Technik wird enorm gesteigert. Hier schließt sich der Kreis zur Eingangsthese, wer diese Technik nicht nutzt oder nutzen kann, wird erhebliche Wettbewerbsnachteile haben. In Teilbereichen der Tierhaltung sind solche Techniken inzwischen weit verbreitet.

Ein häufiges Argument von Betriebsleitern, mit der Einführung des PC solange zu warten, bis Systeme perfekt sind, ist m.E. nicht haltbar.

Der grundsätzliche Lernprozeß der Handhabung eines PC bleibt letztlich immer notwendig. Natürlich wäre es wünschenswert, wenn die kommenden Techniken und Programme auf vorhandene abgestimmt, d.h. kompartibel sind und bleiben.

Nachzutragen bleibt, daß neben den Stammdaten und Eingabeteilen für Bewegungsdaten noch ein betrieblicher Auswertungsteil vorhanden ist.

Dieser Teil ermöglicht die Auswertung nach verschiedenen Kriterien wie:

- Rentabilität (DB) verschiedener Früchte/Jahre
- Ertragsfähigkeit einzelner Schläge/Betriebsteile
- Sortenunterschiede etc.
- Arbeitsorte, Maschinen und Leuteauslastung
- Die Düngerbilanz hält allen Nährstoffbewegungen fest

Konkret geplant und in Arbeit sind bei uns Stickstoff und Pilzsimulationsprogramme.

## Buchführung mit dem PC

Mehr als die Hälfte der Beratungsbetriebe erledigt die Finanzbuchhaltung mit dem PC. Die andere Hälfte ist bei verschiedenen Buchstellen verblieben.

Wir verwenden leider zwei unterschiedliche PC-Buchführungsprogramme, weil ein Teil der Landwirte von den Buchstellen des NLB geliefert bekamen und die weiteren Betreuungen von dort aus erfolgen. Zur Zeit geben diese Betriebe nur die laufenden Buchungen ein und haben somit eigene, regelmäßige Geldrückberichte. Alle Unterlagen bleiben im Haus. Die Buchstelle holt sich am Jahresende die Diskette mit den Daten aus dem Betrieb und läßt im Großrechner den Abschluß erstellen. Man hat weiterhin alle Vorteile einer Buchstelle und des Großrechners für Vergleiche etc.

Das wiederum wollte ein Teil der Landwirte nicht. Dieser wollte künftig völlig unabhängig von einer Buchstelle sein und sich lediglich die Steuerberatung bei Bedarf einkaufen. Die Entscheidung dieser Gruppe fiel auf das PAUR-System. Es war eines der ersten sogenannten "Insellösungen" die einen kompletten Abschluß mit integriertem Anlagenverzeichnis erstellen konnte.

Bei der PAUR-Buchführung wird ebenfalls wie beim NLB-System der Bundeskontenrahmen verwendet.

Das hat enorme Vorteile - zumal beide Systeme über einen ähnlichen Komfort verfügen. Während das NLB-System jährlich für ca. DM 200.-- geleast wird, kostet das PAUR-System ca. DM 2.000.--.

Die Erfahrungen mit beiden Systemen sind ausgesprochen gut. Es gehört allerdings auch der Wille zur Einarbeitung und Genauigkeit dazu. - Damen sind dafür häufig besser geeignet. Man benö-

tigt in der Regel ein Jahr um alles zu verstehen. In dieser Zeit benötigt man einen Ansprechpartner der sowohl das System, die Technik, aber auch die normalen buchtechnischen Tricks kennt. Natürlich hatten wir es leichter, weil wir eine ausgezeichnete Hilfe zur Verfügung hatten. Der Zeitaufwand beträgt ca. 3 Stunden monatlich nach der Einarbeitung.

Ich weise an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich auf die außerordentlich fruchtbare Zusammenarbeit in einer Anwendergruppe hin. Man braucht im Grunde für alle Fragen gelegentlich einen Erfahrungsaustausch.

Man ist sehr erstaunt, wenn man künftig selbst bucht, wie sich das Verhältnis zu Zahlen verändert. Außerdem ändert sich das Verhältnis zum Steuerberater. Die Gespräche werden effizienter und ergiebiger.

#### Resümée

1. Die Buchführung gehört, wenn ein PC vorhanden ist, in den Betrieb.
2. Das Buchführungssystem sollte den Bundeskontenrahmen verwenden (nicht gewerblich).
3. Es muß sichergestellt sein, daß ein fachkundiger Ansprechpartner im Hintergrund vorhanden ist.
4. Agrarökonomische Entwicklungen zwingen verbleibende Landwirte zu einer höchsteffizienten Agrarproduktion.
5. Arbeitszeit, Technik, Mittel und Kapital werden sparsam eingesetzt werden müssen.
6. Umweltbedingte Auflagen zwingen zum gezielten Einsatz der Agrarchemikalien.
7. Der Personalcomputer wird die Schlüsseltechnik sein, um diese Voraussetzungen zu erfüllen. Er übernimmt die notwendigen Steuerungs- und Überwachungsprozesse.





## Der mobile Agrar-Computer zur automatisierten Datenerfassung

von Franz Kirchberger, Firma Biotronic GmbH, Staffelstein

### 1.) Methodische Prinzipien der automatisierten Datenerfassung

#### 1.1 Einmalerfassung aller Daten

Dieses Rationalisierungsprinzip gilt generell für die maschinelle Datenverarbeitung. Es beherrscht alle erfolgreichen Anwendungsgebiete. Für die Landwirtschaft hat es besondere Bedeutung. Während der Einzug des Computers in das Büro zwangsläufig Schreibearbeit reduziert hat (schon die Eingabe an der Tastatur selbst läuft auf den Schreibtischen schneller ab, als das handschriftliche Aufzeichnen), muss die EDV in der Landwirtschaft nicht sofort und unmittelbar Arbeitserleichterung bringen. Auf vielen auch auf straff und professionell geführten Höfen gab es bislang außerhalb der Finanzbuchhaltung überhaupt keine, auch keine handgeführte Datenaufzeichnung. Diese Betriebe kommen nicht daran vorbei, daß der Computer ihnen erst einmal eine neue bislang nicht gekannte Mehrarbeit abverlangt: Die Datenerfassung - umso wichtiger, daß sie rationell abgewickelt wird, es wird geradezu abschreckend auf den Praktiker wirken, viele Daten mehrfach und an ganz verschiedenen Stellen eingeben zu müssen. Das aber ist tatsächlich und frustrierend heute Stand der Technik.

Warum soll z.B. die Verteildichte in kg/ha erst für verschiedene Schläge in die Erfassungsmasken des PC's getippt, und dann unter dem Arbeitsstreß des nächsten Tages auch noch in die Düngereinstreuersteuerung eingegeben werden?

#### 1.2 Zentrale Erfassung aller Daten

Dieser methodische Grundsatz ist die unmittelbare Konsequenz, ja geradezu die Kehrseite des eben formulierten Einmalerfassungsprinzips. Ein teurer Sensor, wie der Radaraufnehmer kann nicht

isoliert und mehrfach parallel in die Regelhydraulik, auf die Spritze und in andere Verteilgeräte eingebaut werden. Vielmehr: Er beobachtet einmal die Wegstrecke vom Traktor aus. Sein Signal wird dann über das Zentralkommunikationsnetz (Datenbus) in der Maschinenkombination an alle Verbraucher verteilt.

### 1.3 Die Echtzeit-Erfassung aller Daten

Grundsätzlich dürfen keine Stapel geduldet werden, weder handschriftliche Aufzeichnungen noch unnötige Zwischen-Dateien. Ziel ist die On-Line-Verbindung, die Standlinie zwischen vernetzten Prozessen, zwischen dem Datensammler und dem Speicherverwalter, oder wo diese direkte Kopplung nicht aufgebaut werden kann, die kurzfristig wiederholte und deshalb komfortabel einfache Stecker-Rein-Stecker-Raus-Datenübertragung z.B., wie weiter hinten beschrieben, der Logbuchdatentransfer, d.h. der Pendelverkehr einer Rambox, einer Nachrichtenkassette zwischen Traktorbordcomputer und Schreibtisch-PC. In ihrem Entstehungszeitpunkt werden alle Informationen verarbeitet, verzweigt und abgelegt.

### 1.4 Widerspruchsfreie und plausible Daten - die interne Systemabstimmung

Aktuell und inhaltlich richtig bleiben die Dateien nur, wenn neue Informationen oder Korrekturen, von ihrer Quelle sofort in alle Zieldateien gesendet werden. Wenn ein ursprünglich auf dem Schreibtisch-PC geplanter Sollwert für Saat- oder Pflegemittel auf dem Feld unter dem Eindruck neuer Beobachtungen geändert wurde, muß die Schlagdatei zu Hause nach der Rückkehr von der Arbeit automatisch in allen ihren Plansollwerten berichtigt werden - einfach durch Abstecken der Logbuch-Kassette vom Traktorbordnetzweg und durch Zusammenstecken mit dem PC. Nur solche automatische interne Selbstabstimmung hält das System jederzeit verlässlich aussagefähig. Wenn die Maschinensteuerung, die Finanzbuchhaltung, die Schlagdatei und unterschiedliche andere Verwaltungsbereiche jeweils für sich versorgt werden, sind Differenzen untereinander und vor allem

zu praktischen Arbeit vorprogrammiert: Eine widersprüchliche unglaubliche EDV.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, die Verfolgung der vier geschilderten Prinzipien führt zur sparsamsten, schnellsten und sichersten Erfassung der greifbaren Daten.

## 2. Organisatorische Prinzipien der automatisierten Datenerfassung

### 2.1 Systemvernetzung-Schnittstellen

Es ist einleuchtend, daß die Zentrale Erfassung aller Daten, ihre augenblickliche Verteilung und ihre ständige Vergleichung und Abstimmung automatisch nur in einem durchgängig zusammengeschlossenen EDV-Netz funktionieren kann.

Die wichtigsten Knoten, oder technisch gesprochen, Schnittstellen in diesem Netz sind:

Die Hecksteckdose am Traktor zur Verkoppelung aller elektronisch geführten Geräte in einer Kombination. Dort genügt selbstverständlich nicht eine einfache elektrische Dose. Dahinter verbirgt sich ein intelligentes elektronisches System: Die Verständigungsbrücke für alle Prozessoren, die Regelungen auf den Maschinen abwickeln, Signale und Kommandos auf dem Traktor verwalten und die Kommunikation zwischen der Maschinensteuerung und dem Anwender auf der Oberfläche (Anzeige und Tastatur) des Terminals organisieren. Alle diese intelligenten Partner sind wie die Teilnehmer im öffentlichen Verkehr in einem Bus, hier in einem Kommunikationsbus versammelt. Ihre Beteiligung muß bestimmte Regeln, das Busprotokoll befolgen. Das sind teils Programmvorschriften, teils physikalische (z.B. Spannung), teils geometrische (Steckerauslegung) Festlegungen. Wer sich daran hält ist angepaßt und kompatibel, um ein Wort aus der Fachsprache zu nehmen.

Das Kommunikationsnetz darf aber nicht auf das Gespann begrenzt bleiben. Nach den Ausführungen vorher sollen auch Doppeleingaben zwischen Hofverwaltung und Maschinensteuerung erspart werden. Folglich muß zwischen innen und außen, eine Koppelung, eine weitere Schnittstelle gelegt werden: Die Verbindung zwischen dem Gespann-Bus-System und dem Schreibtisch-PC. Sie wird zweckmäßig im Pendelverkehr durch eine Nachrichten-Träger-Kassette (Rambox) abgewickelt. Jedesmal wenn sie über Stecker an den PC oder den Traktorbus angeschlossen wird, bringt sie den kompletten Informationsstand der Gegenseite mit.

Alle mitgebrachten neuen Daten werden in einer Zwischendatei, auf dem Schreibtisch im PC-Laufwerk oder in der Übertragungskassette selbst abgelegt und können von dort in die entsprechenden Felder der Anwenderprogramme geschrieben werden. Es empfiehlt sich dringend die beiden wesentlichen Schnittstellen, die eben dargestellte Schnittstelle zum Managementsystem und den Gespann-Bus zu harmonisieren. Viele Regeln können an beiden Orten befolgt werden. z.B. die Meldungsprägung, also das Programmierverfahren mit dem bestimmte Informationen kenntlich gemacht werden. Solche Überschneidungen reduzieren den Gesamtregelumfang, den Protokollaufwand. Die selbe Regel an beiden Stellen hat mehr Durchsetzungschancen als zwei voneinander abweichende. In der LAV wird gegenwärtig eine Bus-DIN-Norm vorbereitet.

## 2.2 Datenbanksystem

Die künftig zahlreich und an unterschiedlicher Position automatisch erfaßten Daten laufen wie vorher geschildert zur universellen Nutzung in einem Schnittstellennetz zusammen.

Diese Vernetzung zur Nutzenverbetterung bei der Meßwertverwendung ist eine Wirtschaftlichkeitsverbetterung. Die andere entspricht aus der Nutzzeitverlängerung bei der Meßdatenauswertung.

Jeder gesammelte Meßwert muß in einem Datenbanksystem geordnet abgelegt und für den Anwender auf einer übersichtlichen Bedieneroberfläche in einfach aufzubauenden mehrstufigen Suchbegriff-Selektierkriterien leicht zugreifbar sein (welche Maßnahme in welcher Vegetation, auf welchen Schlag hat wann welche Erfolge gebracht? Welche Bodenbeobachtung bei welchen Arbeitsgängen hat den Erfolg welcher Vorarbeit wie gut bestätigt?, und welche Nacharbeit in welcher Zeit auf welchem Schlag ausgelöst?). Nur wenn aus der mehrjährigen in der Datenbank abgelegten Anbauschichte gezielt und flexibel solche Erfahrungen sortiert und auf den Bildschirm geholt werden können, lernt der Betriebsleiter unter seinen spezifischen Bedingungen (Boden, Kleinklima, Standort, Absatzchancen, Kapitalausstattung) sein Optimum im Mehrjahresvergleich anzusteuern. Über den Datenbus und die Logbuch-Nachrichten-Kassette läuft jeder automatisch gesammelte Meßwert in dieses geschilderte Datenbanksystem.

### 2.3 Systemfortschreibung - Baukastenorganisation

Ein solches hier ausgefaltetes komplexes System kann der Landwirt auf seinem Betrieb mit seinem begrenzten Kapital und Lernvermögen nur in einer Zeitstrecke von mehreren Jahren aufbauen. Zwischenzeitlich wird sich der Generationswechsel der schnelllebigen EDV-Technik weit fortentwickelt haben. Diese Entwicklungszeitdifferenzen müssen in der fortlebenden Betriebs-EDV-Organisation integriert werden. Der Baukasten, der dieses System aufbaut, muß Bausteine aus vielen Technologie-Epochen assimilieren. Das schafft er nur, wenn die künftig entwickelten Module sich an heute definierte Schnittstellenvorschriften anlehnen. Die geforderte hohe Flexibilität und Variabilität wird auch erreicht durch einen weiten Einstellbereich aller elektronischen Ein- und Ausgänge, die grundsätzlich durch parameterfeststellung, d.h. durch bloße Programmänderung auf unterschiedliche physikalische (digitale, analoge, frequenz-) Prägung der Meßwerte und änderbare Dimensionierung (dt,kg,g) angepaßt werden können müssen.

## 2.4 Systemgerechter Ablauf der praktischen Arbeit

Auch komfortable und bedienerfreundliche Auslegung des Systems und hoher Automatisierungsgrad entbindet den Landwirt nicht von der Verpflichtung, sich auf die Anforderungen und Einschränkungen seiner neuen Anlagen einzustellen. Die wenigsten Meßwerte können direkt beobachtet werden. Viele existieren nur als physikalische kg-Einheiten, lassen sich nicht anschauen.

## 3. Die wichtigsten Meßwerte

### 3.1 Sensordaten

#### 3.1.1 Der Weg und seine Ableitungen

Die Erfassung der theoretischen Wegstrecke (= Fahrwegstrecke gemäß Antriebsarbeit des Traktors ohne Schlupf) über zunehmend angebotene serienmäßige Abgriffe im Traktorgetriebe und die Sensorisierung der wahren Wegstrecke über Radar sind nach dem Stand der Technik mit hinreichender Praxis gelöst. Von wesentlicher Bedeutung ist die Verzweigung dieser Meßwerte über das geschilderte Bus-Netz an folgenden Funktionen:

- Geschwindigkeitsanzeige
- Mehrfachflächenzählung (Schlag-, Tages-, Klienten-Speicher, Restfläche, Treibstoff-Flächenreichweite)
- Regelhydraulik - Schlupfübersteuerung
- Spezifischer Treibstoffverbrauch
- sämtliche Verteilgeräte (Spritze, Streuer, Drillmaschine)
- Schlagdatei

#### 3.1.2 Drehzahlen

Hier gilt wie bei der Wegstreckenbeobachtung das Mehrfachnutzenprinzip. Der relativ zuverlässig auf dem Traktor erfaßte Wert muß weitergegeben werden:

- an den Düngerstreuer für die Streubreitenanzeige
- an die Überwachung von drehzahlenempfindlichen Zapfwellen-geräten
- an das Programm für die Treibstoffverbrauchsoptimierung

### 3.1.3 Flüssigkeitsmengen

Für die Feldspritze erfassen Durchflußturbinen die Dosierung hinreichend genau. Für die ebenfalls wirtschaftlich relevante Beobachtung der Gülleausbringungs-Durchsatzleistung sind präzise Aufnehmer wie etwa magnetischinduktive Feldstörungssensoren zu teuer.

### 3.1.4 Feststoffmassen

Nicht arbeitsbegleitend kontinuierlich, wohl aber mit der neuerdings über mehrere Anbieter verfügbaren Traktordreipunktwaage kann die Materialabfuhr in Intervallkontrollen erfaßt, auf die Fläche umgelegt und in den Dosierregelkreis bei Soll-Ist-Abweichungen rückgekoppelt werden.

### 3.1.5 Wetterdaten

Es muß sich zeigen, ob die Beobachtung der regionalen Kleinklimazonen über die geplanten Satellitenwetteraufklärung oder über Anwenderstationen wirtschaftlicher realisiert werden kann. Im letzteren Fall könnten die Daten von der Außenstation in das eben beschriebene mobile Außenwirtschafts-Computer-Erfassungssystem eingespeist und an den Schlagdatei-PC übergeben werden.

### 3.1.6 Kulturtechnische Daten (Kommentar-Beobachtungs-Daten)

Die Boden- und Vegetationsbeobachtung kann gegenwärtig nur ungenügend automatisiert werden. Eine wesentliche Rationalisierung, höheren Arbeitskomfort und verbesserte Zuverlässigkeit (kein Datenverlust) bringt aber schon die Möglichkeit, Beobachtungen während der Arbeit sofort in das Traktorterminalgerät eintragen zu können. Die Übergabe an den PC läuft, wie geschildert.

#### 4. Die Beherrschbarkeit komplexer Systeme in der Praxis

##### 4.1 Standardisierte Bedieneroberfläche

Höhere Komplexität des Systems bedeutet keinesfalls größere Kompliziertheit in der Bedienung. Umgekehrt: Ein leistungsfähiges System unterstützt den Anwender durch Bedienerführung mit Text, Grafik, vielen Plausibilitätskontrollen und großer Toleranz bei Fehleingaben. Es kann seine verzweigte Struktur durch klare Menühierarchie überschaubar machen.

##### 4.2 Auch der Service wird durch leistungsfähige Systeme vereinfacht:

- durch Ferndiagnose, die dem Anwender Defekte im Klartext anzeigt und lokalisiert und
- durch ein konsequentes Baukastenprinzip. Zwei unterschiedliche Bausteine, ein Traktorterminal und eine identische Maschinenrechnerkassette für alle Geräte, können die gesamte Außenwirtschaft abdecken. Die Lagerführung wird ebenso einfach, wie die Technik für den Kundendienstmonteur überschaubar.



## Kleinwetterstationen für den landwirtschaftlichen Betrieb

von Dr. Hans Stanzel, Institut für Landtechnik der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan

Wetterbeobachtungen und Klimadatenerfassung sind Aufgabe des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach, der in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Organisationen das Wettergeschehen erfaßt. Er bedient sich dabei globaler Satellitenbilder und eines Netzes von 77 synoptischen Meßstationen, die regelmäßig Meldungen an den Rechner in Offenbach senden. In jüngster Zeit ist noch ein sehr effektives Wetterradarnetz dazugekommen. In der Zentrale werden die Informationen gesammelt und vorverdichtet an die regionalen Wetterämter hinausgegeben, die damit regionale Prognosen erstellen, sowie allgemeine und auch branchenspezifische Berichte.

Da die 77 Meßstationen sehr locker über das Bundesgebiet verstreut sind, deckt jede Station eine große Fläche von 300.000 bis 500.000 ha ab und ist deshalb nur pauschal in der Lage, die aktuelle Witterung eines Standortes wiederzugeben. Ein Bezug zu regionalen Ackerbaubezirken ist daher nur mit Einschränkungen möglich (Bild 1). Der Deutsche Wetterdienst unterhält darüberhinaus noch spezialisierte Beobachtungsnetze z.B. die agrarmeteorologischen Dienststellen, die alle für Landwirtschaft und Gartenbau relevanten Meßgrößen erfassen, jedoch keine täglichen Meldungen abgeben. Die Informationen sind nur mit großer zeitlicher Verzögerung zu bekommen. Fazit: betriebsspezifische und aktuelle Klimainformationen in der nötigen Dichte kann der Deutsche Wetterdienst nicht liefern.

Diese Situation ist für landwirtschaftliche Betriebe unbefriedigend, die Tag für Tag betriebliche Entscheidungen von großer Reichweite zu treffen haben. Aktuelle regionale und sogar be-

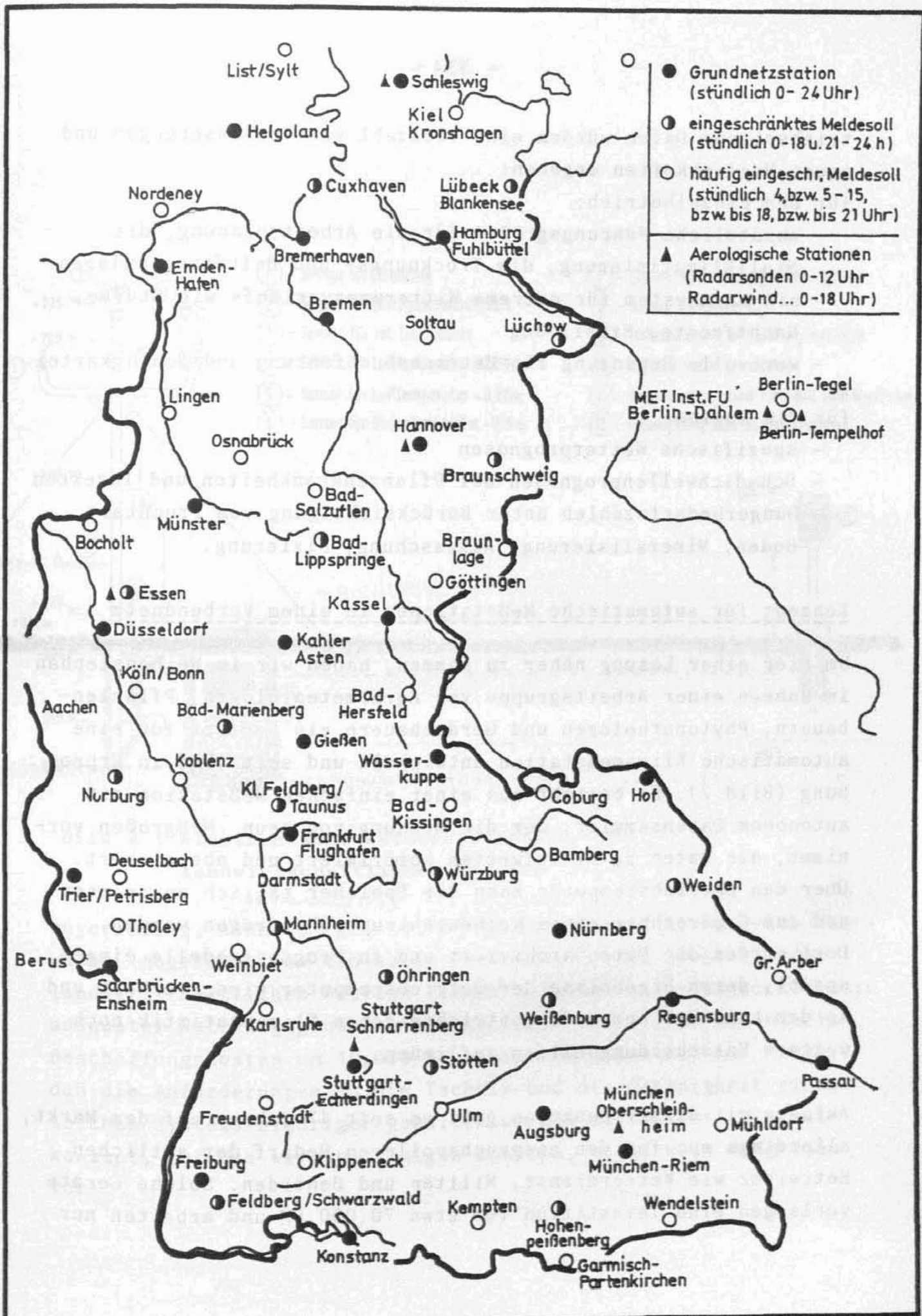


Bild 1 : Synoptisches Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes  
(AUERNHAMMER 1987) Stanzel/88

triebseigene Daten würden eine Vielzahl von Verbesserungen und neuen Möglichkeiten ergeben:

für den Einzelbetrieb:

- zusätzliche Führungsgrößen für die Arbeitsplanung, die Stallklimatisierung, die Trocknungs- und Belüftungsanlagen
- ein Warnsystem für extreme Witterungsverläufe wie Stürme, Nachtfröste, Eisbildung
- wertvolle Ergänzung für Betriebsbuchführung und Schlagkartei

für die Region:

- spezifische Wetterprognosen
- Schadschwellenprognosen bei Pflanzenkrankheiten und Insekten
- Düngerbedarfszahlen unter Berücksichtigung von Fruchtart, Boden, Mineralisierung, Auswaschung, Fixierung.

#### Konzept für automatische Meßstationen in einem Verbundnetz

Um hier einer Lösung näher zu kommen, haben wir in Weihenstephan im Rahmen einer Arbeitsgruppe von Agrarmeteorologen, Pflanzenbauern, Phytopathologen und Gerätebauern ein Konzept für eine automatische Klimameßstation entwickelt und seit 1985 in Erprobung (Bild 2). Es besteht aus einer einfachen Meßstation mit autonomem Datensammler, der die Messung von neun Meßgrößen vornimmt, die Daten zu Mittelwerten komprimiert und abspeichert. Über den Betriebscomputer kann der Speicher täglich ausgelesen und zum Großrechner eines Rechenzentrums übertragen werden. Dort werden die Daten archiviert und in Prognosemodelle eingespeist, deren Ergebnisse der Betriebscomputer wieder erhält und so dem Landwirt neben der betriebseigenen Klimastatistik noch weitere Entscheidungshilfen zufließen.

Anlagen mit dieser Funktion gibt es seit 17 Jahren auf dem Markt, allerdings nur für den anspruchsvolleren Bedarf der amtlichen Betreiber wie Wetterdienst, Militär und Behörden. Solche Geräte verlangen eine Investition von etwa 70.000 DM und arbeiten nur

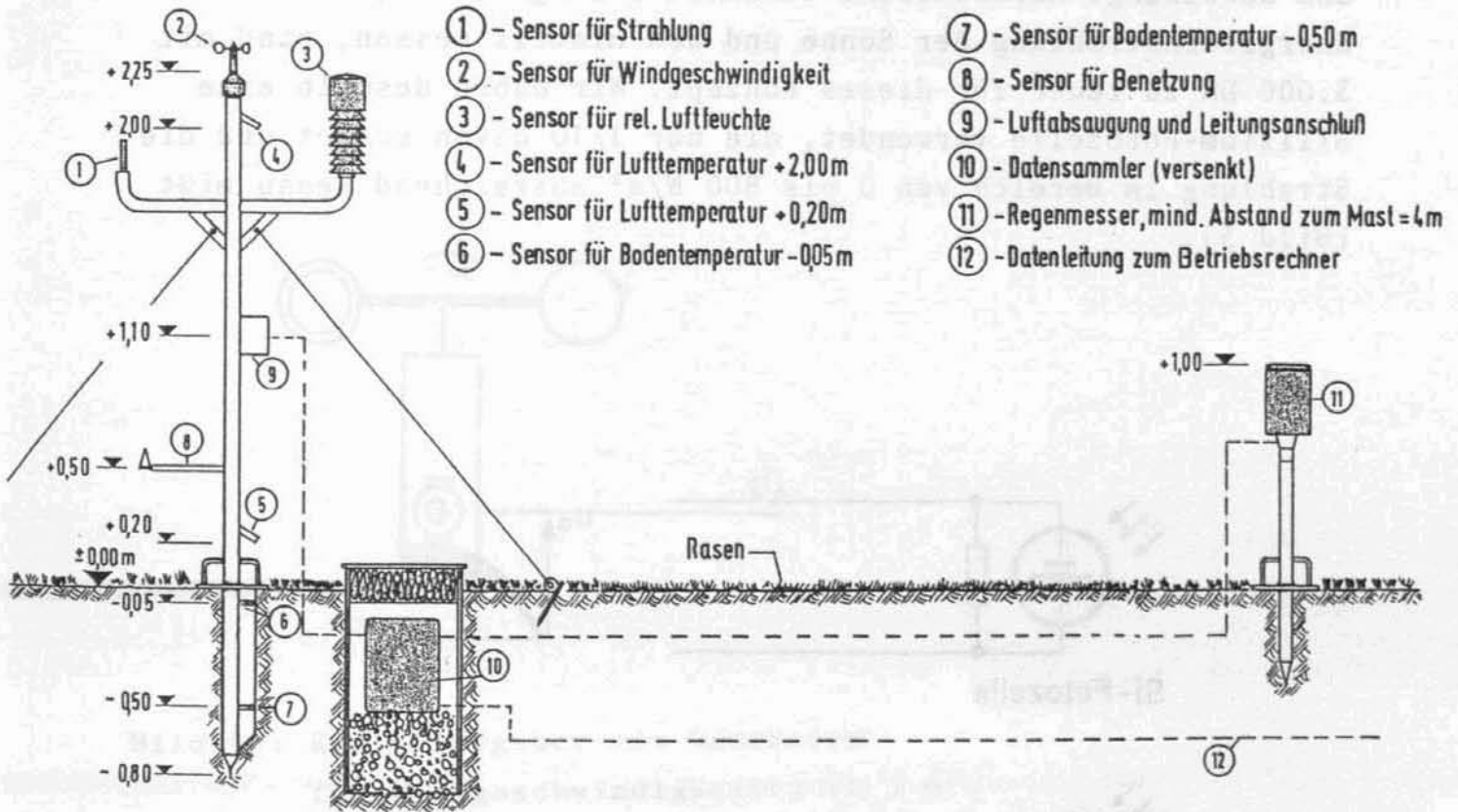


Bild 2 : Elektronische Wetterstation für den landwirtschaftlichen Betrieb

zuverlässig, wenn ein geschulter Wartungsdienst den Betrieb überwacht. Abgesehen von den hohen laufenden Kosten steht für den landwirtschaftlichen Betrieb dieser hohen Investition sicher kein adäquater Nutzen gegenüber. Aus heutiger Sicht sind allenfalls Beschaffungskosten um 10.000 DM akzeptabel. Das hat zur Folge, daß die Anforderungen an die Technik und die Genauigkeit eines solchen Systems niedriger gehalten werden müssen. Das Minimal-konzept, auf das wir uns einigen konnten, sieht neun Meßgrößen vor:

### 1. Strahlung in 2 m Höhe

Sie dient der Aussage über die Energie, die dem Boden und den Pflanzen zugeführt wird, sowie die Zeitspannen von Sonnenschein und Bewölkung. Herkömmliche Gesamtstrahlungsmesser, die die Energieeinstrahlung der Sonne und des Himmels messen, sind mit 3.000 DM zu teuer für dieses Konzept. Wir haben deshalb eine Silizium-Fotozelle verwendet, die nur 1/10 davon kostet und die Strahlung im Bereich von 0 bis  $800 \text{ W/m}^2$  ausreichend genau mißt (Bild 3).

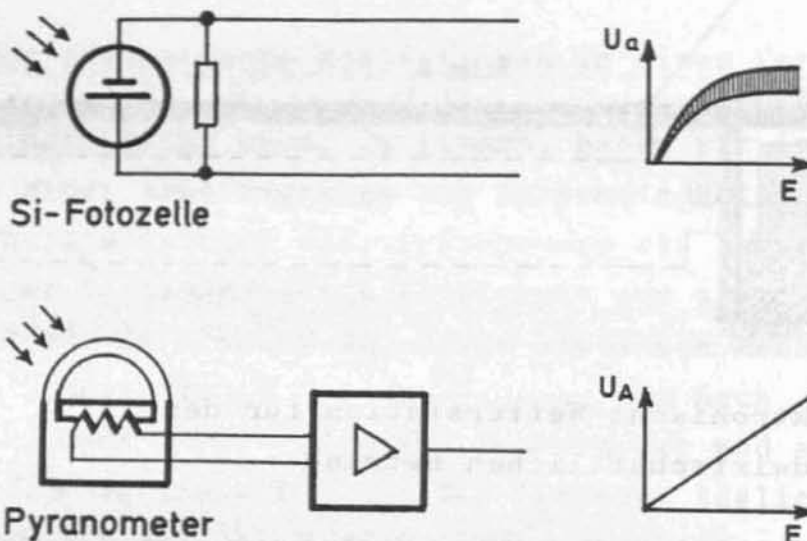
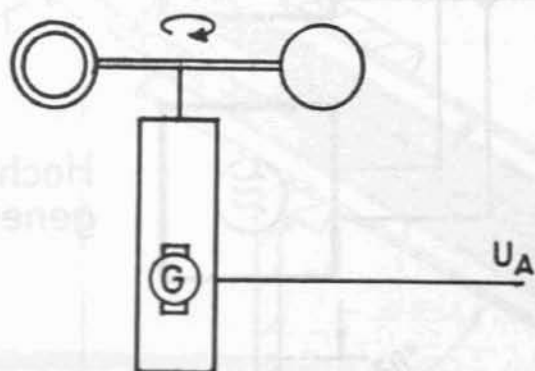


Bild 3 : Zwei Prinzipien zur Gesamtstrahlungsmessung

### 2. Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe

Sie ist bei der Ausbreitung von Pilzsporen sowie bei der Stallklimaführung von Interesse. Sie kann mit kleinen Schalenanemometern gemessen werden, wie sie für Sportboote Verwendung finden.

Diese liefern im Bereich von 1 bis 30 m/s eine ausreichende Genauigkeit; auf die Quantifizierung von Sturmböen können wir verzichten (Bild 4).



**Bild 4 : Kleinwindgeber mit Generator  
für Windgeschwindigkeiten ab 1 m/s**

### 3. Relative Luftfeuchte in 2 m Höhe

Sie ist die entscheidende Größe für die Ausbreitungsmöglichkeiten und Infektionschancen von Pilzsporen, sowie für die Effektivität der Zuluft bei Trocknungsanlagen und Stalllüftungen. Geeignete Meßwertgeber hierfür sind Haarhygrometer und kapazitive Feuchte-sensoren. Beim ersten verändert sich mit der Luftfeuchte die Einspannlänge eines Haarstrangs, beim zweiten die Dielektrizität von Kunststoff- oder Feststoffmembranen. Beides läßt sich in ein elektrisches Signal umformen; welches Prinzip sich durchsetzt, ist noch unklar, der Trend geht zu kapazitiven Meßsystemen (Bild 5).

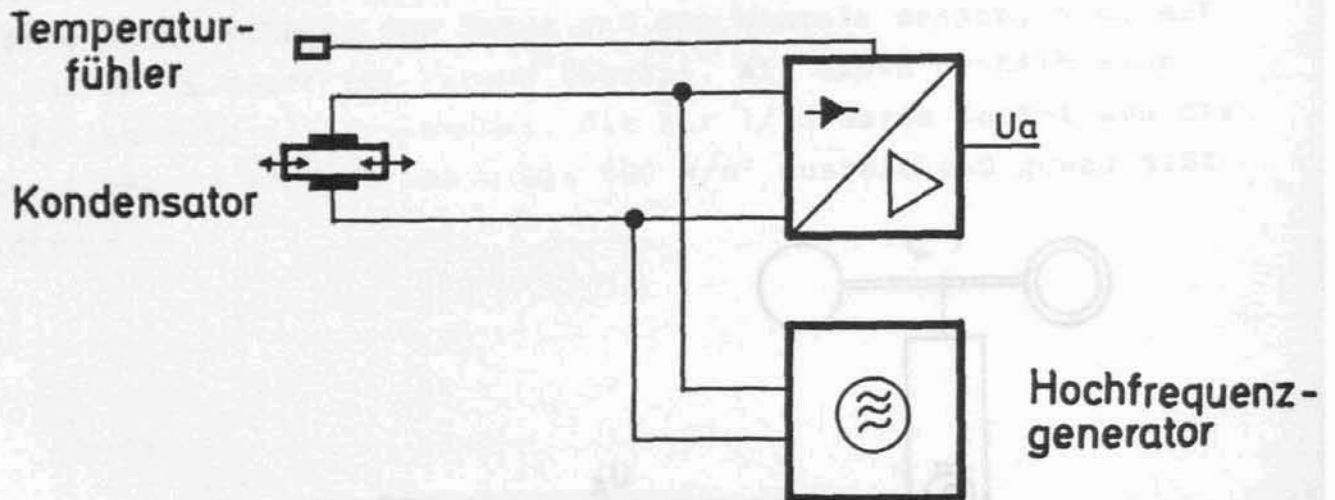


Bild 5 : Prinzip der kapazitiven Luftfeuchtemessung

#### 4. Lufttemperatur in 2 m Höhe

Sie ist in dem Programm enthalten, weil sie eine offizielle Meßgröße ist, mit der alle Modellrechnungen arbeiten.

#### 5. Lufttemperatur in 20 cm Höhe

Für pflanzenbauliche Fragen ist diese Meßgröße eigentlich wichtiger, weil sie erheblich von der Messung in 2 m Höhe abweichen kann. Sie ist für temperaturkritische Jungpflanzen relevant, aber auch für die Schädlingsentwicklung in dieser Wuchshöhe.

Bei beiden Temperaturmeßstellen hängt die korrekte Messung wesentlich von einem guten Strahlenschutz für die Temperaturfühler ab. Einfache Schattendächer helfen nicht viel. Deshalb ist hier der ventilierter Fühler in einem doppelten Strahlenschutzrohr obligat (Bild 6).

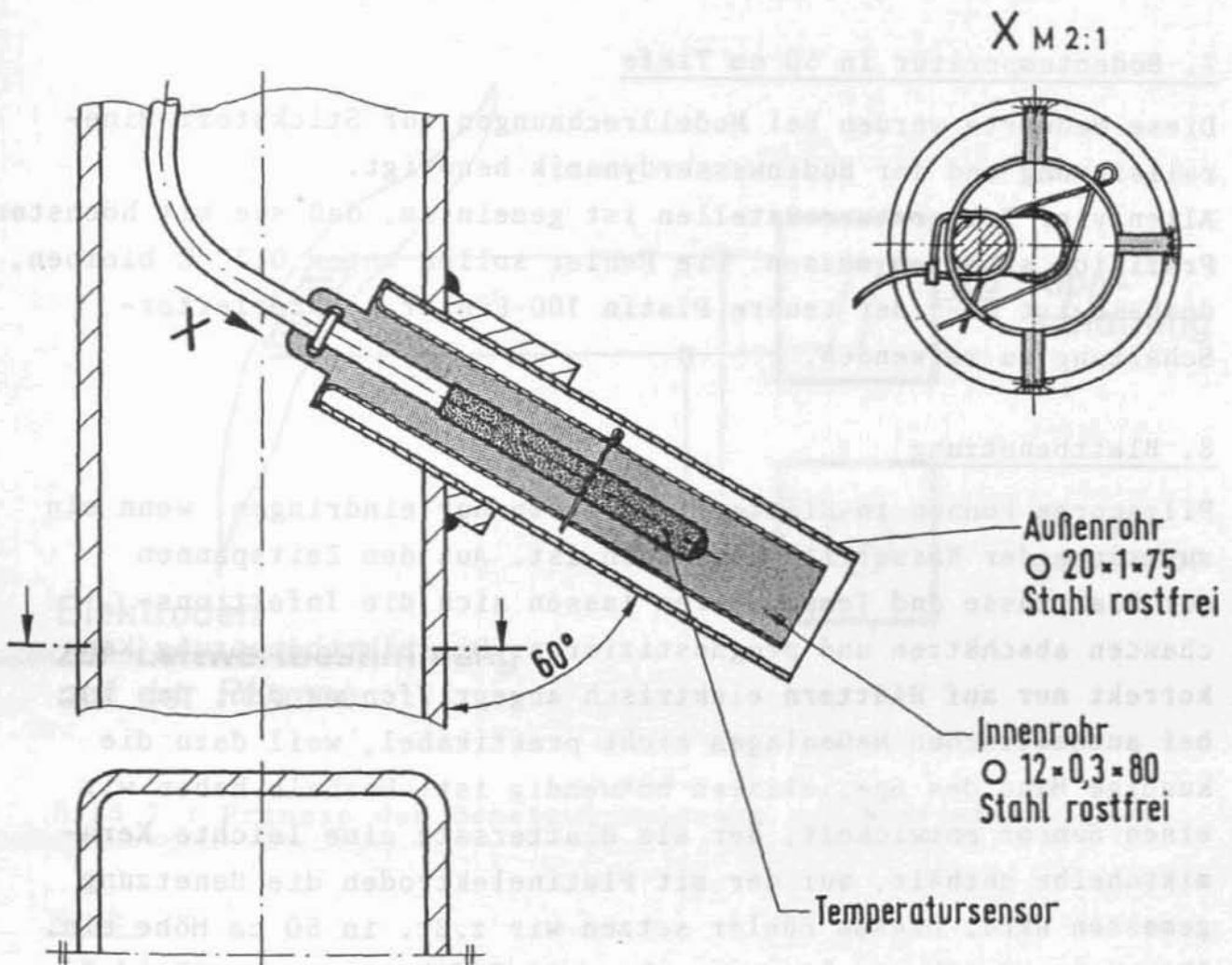


Bild 6 : Lufttemperatur-Meßstelle mit Pt100-Sensor  
und doppeltem Strahlenschutzrohr

#### 6. Bodentemperatur in 5 cm Tiefe

Große Bedeutung für alle Wachstumsvorgänge, die Mineralstofffreisetzung und den Maschineneinsatz haben die Bodentemperaturen. Trends und Zeitreihen geben wichtige Hinweise für die Arbeitsplanung. Auch in 5 cm Tiefe treten noch strahlungsbedingte Meßfehler aus, sodaß bei der Plazierung des Fühlers Sorgfalt angebracht ist. Wir haben uns entschieden, die Bodentemperaturen



unter einer Rasenschicht zu messen; auf die Temperaturen unter blanken Oberflächen kann notfalls umgerechnet werden.

### 7. Bodentemperatur in 50 cm Tiefe

Diese Meßwerte werden bei Modellrechnungen zur Stickstoff-Mineralisierung und der Bodenwasserdynamik benötigt.

Allen vier Temperaturmeßstellen ist gemeinsam, daß sie mit höchster Präzision arbeiten müssen. Die Fehler sollen unter  $0,3^{\circ}\text{C}$  bleiben, deshalb ist hier der teure Platin 100-Fühler in Vierleiter-Schaltung zu verwenden.

### 8. Blattbenetzung

Pilzsporen können in Blätter und Halme nur eindringen, wenn ein ausreichender Wasserfilm vorhanden ist. Aus den Zeitspannen der Blattnässe und Temperaturen lassen sich die Infektionschancen abschätzen und prognostizieren. Die Blattbenetzung kann korrekt nur auf Blättern elektrisch abgegriffen werden; das ist bei automatischen Meßanlagen nicht praktikabel, weil dazu die kundige Hand des Spezialisten notwendig ist. Deshalb haben wir einen Sensor entwickelt, der als Blattersatz eine leichte Keramikscheibe enthält, auf der mit Platinelektroden die Benetzung gemessen wird. Diesen Fühler setzen wir z.Zt. in 50 cm Höhe ein, über seine Bewährung liegen noch wenig Erfahrungen vor (Bild 7).

### 9. Niederschlag in 1 m Höhe

Diese Größe ist für sehr viele pflanzenbaulichen Fragen relevant aber auch für Beregnungsbedarf, Mineralstoffentzug, Bodenerosion, Befahrbarkeit. Meßgeräte für den Sommer- und Winterbetrieb bestehen aus Auffangtrichter, Tropfenzähler, Kippwaage und Heizung; sie kosten zwischen 3000 und 4000 DM und sind damit die teuerste Komponente einer Meßstation (Bild 8).

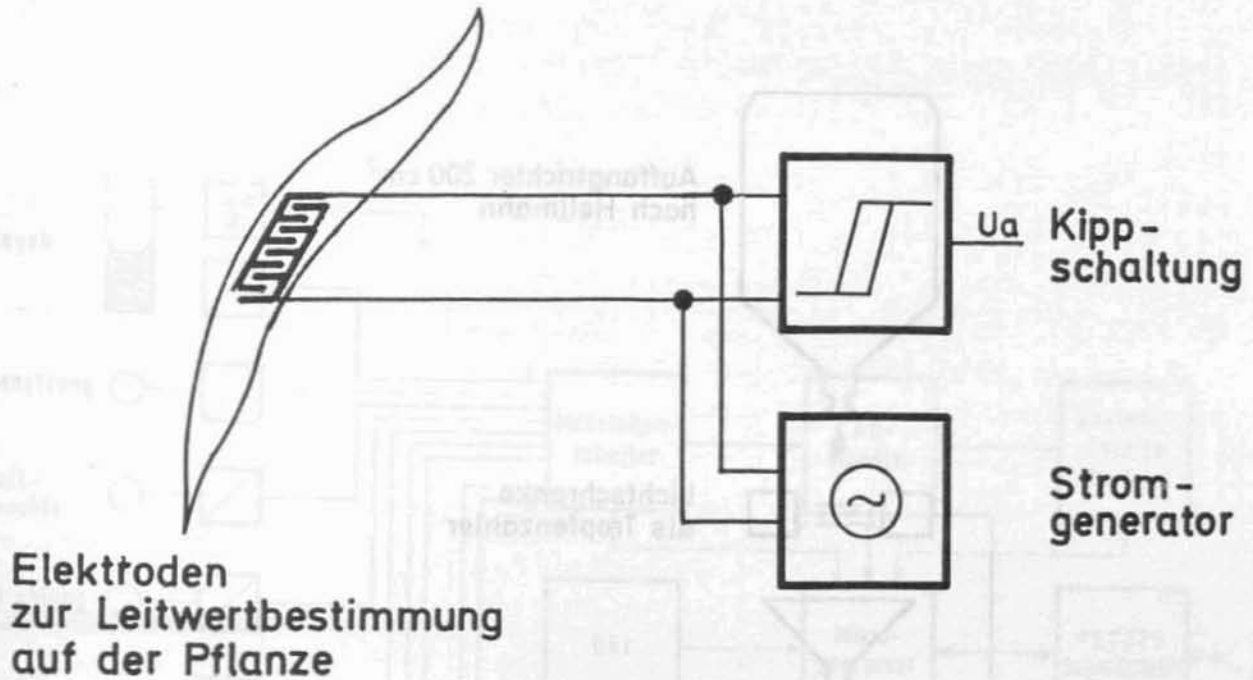


Bild 7 : Prinzip der Benetzungsmessung auf Blattoberflächen

#### Mast

Mit Ausnahme des Niederschlagsmessers sind alle Meßwertgeber in einen Mast integriert, der vorinstalliert zum Aufstellort kommt. Dort wird er mit der Frontladerschaufel in ein vorgebohrtes Loch gedrückt, sodaß die im Fuß untergebrachten Bodentemperaturfühler Kontakt zum gewachsenen Boden erhalten. Eine Seilabspannung sorgt für die senkrechte Ausrichtung.

#### Datensammler

Der Datensammler speist die Meßfühler und übernimmt deren elektrische Signale über Meßwertumformer auf einen Meßstellenschalter, der sie nacheinander auf den Analog-Digital-Wandler übergibt. Die Momentanwerte werden zunächst zu Mittelwerten über

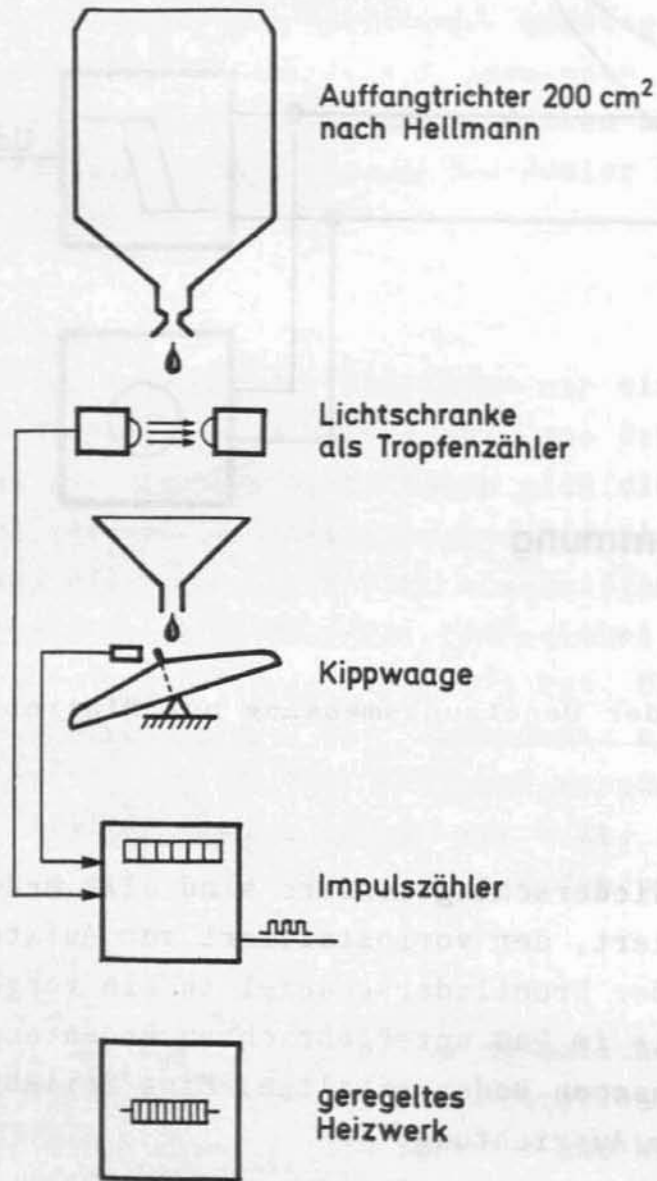


Bild 8 : Prinzip der Niederschlagsmessung nach JOSS/TOGNINI

5 Minuten verdichtet und gelangen zusammen mit Datum und Uhrzeit in den Schreib-Lese-Speicher. Den Ablauf dieser Routinen steuert ein festprogrammierter Mikroprozessor, der auch nach einem Netzausfall korrekt weiterarbeiten muß (Bild 9).

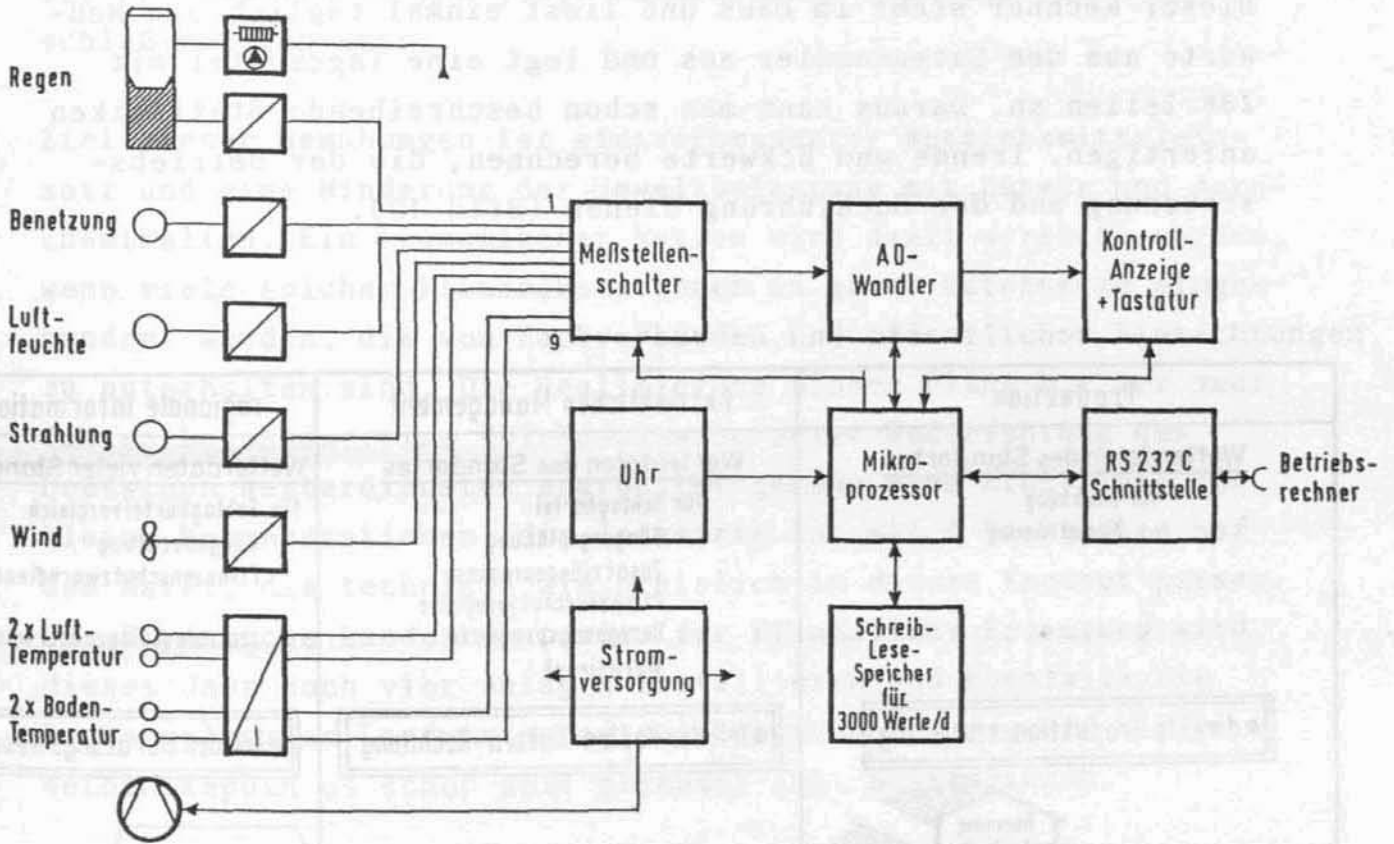


Bild 9 : Blockschaltbild des Datensammlers für 9 meteorologische Größen

Der Datensammler ist bei einigen Fabrikaten am Mast befestigt, was die Wartung erleichtert. Wir halten jedoch die Aufstellung in einem Erdloch für vorteilhaft, weil hier eine frostfreie und temperaturstabile Unterbringung möglich ist.

Anbindung an Betriebscomputer und Datennetz

Da wegen der wintertauglichen Ausrüstung und der ventilerten Lufttemperaturfühler ohnehin eine Netzstromversorgung nötig ist, kommt nur eine hofnahe Aufstellung der Meßstation in Frage. Dann ist auch die billige Anbindung des Betriebscomputers über ein Datenkabel zulässig.

Dieser Rechner steht im Haus und liest einmal täglich die Meßwerte aus dem Datensammler aus und legt eine Tagesdatei mit 288 Zeilen an. Daraus kann man schon beschreibende Statistiken anfertigen. Trends und Eckwerte berechnen, die der Betriebssteuerung und der Buchführung dienen (Bild 10).

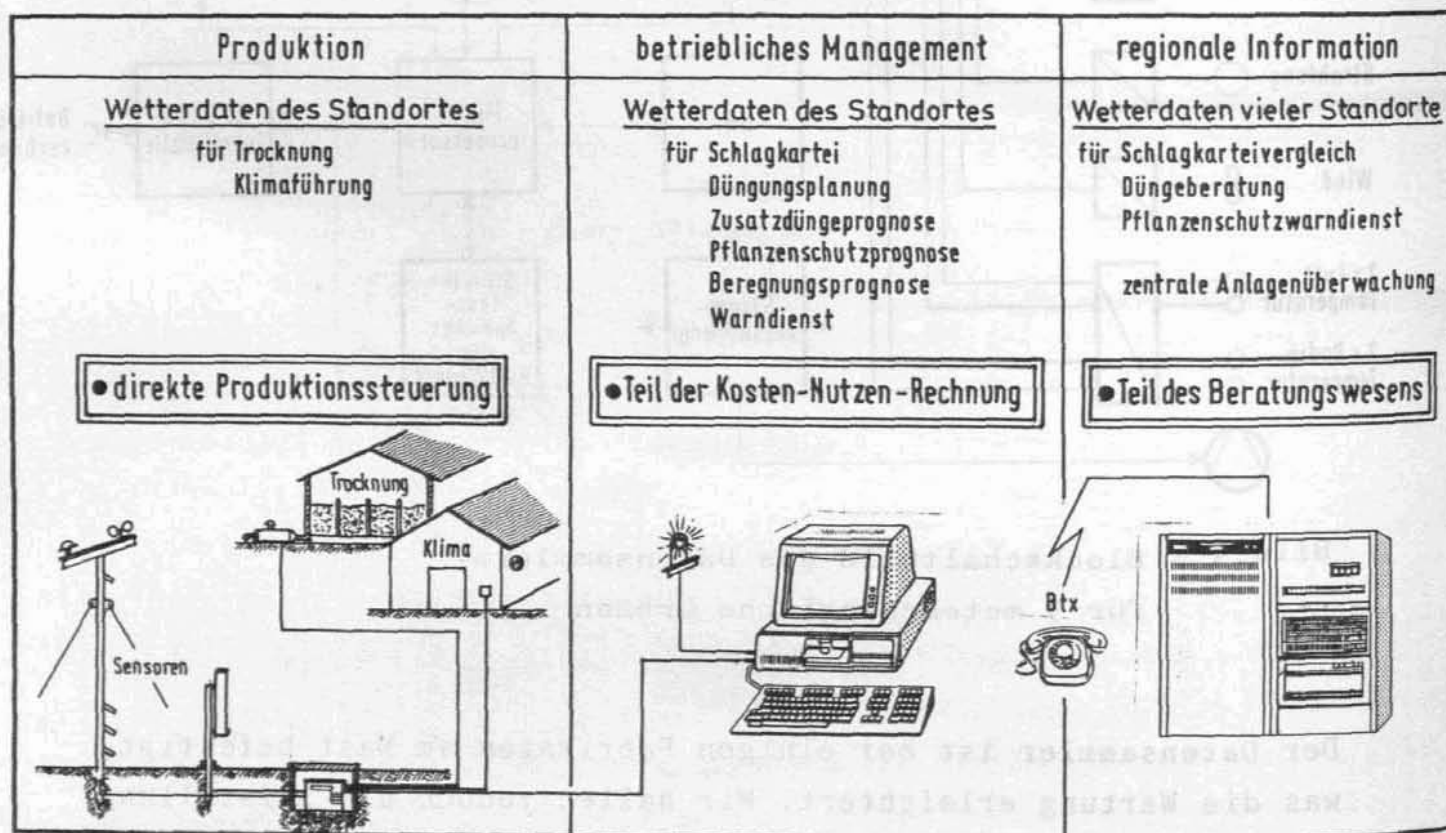


Bild 10 : die betriebseigene Wetterstation als Werkzeug für Produktion, Betriebsmanagement und Beratungswesen (AUERNHAMMER 1986)

Nachts gehen diese Tagesdateien dann weiter an Großrechner, wo sie zu den eingangs erwähnten regionalen Aussagen herangezogen werden. In der Testphase laufen unsere eigenen Daten z.B. in das Berechnungsmodell nach BREUCH/HÄCKEL (1987) und das Nmin-Programm nach BRENNER (1985), die beide am Großrechner des Bayerischen Landwirtschaftsministeriums installiert sind. Dort werden damit die betreffenden BTX-Seiten regional aktualisiert, die am nächsten Morgen jeder Landwirt mit Bildschirmtext-Anschluß abrufen kann.

Ziel dieser Bemühungen ist ein verbesserter Betriebsmitteleinsatz und eine Minderung der Umweltbelastung mit Dünger und Agrochemikalien. Ein ökonomischer Nutzen wird damit erreicht werden, wenn viele solcher Klimameßstationen in große Datennetze eingebunden werden, die von Fachverbänden und öffentlichen Einrichtungen zu unterhalten sind. Die Realisierung dieser Pläne hat vor zwei Jahren begonnen: eine VDI-Kommission unter Federführung des Deutschen Wetterdienstes erarbeitet gerade eine Richtlinie für kleine Wetterstationen, die Industrie ist mit 4 Fabrikaten auf dem Markt, die technisch wie preislich in dieses Konzept passen. Das Bayerische Landeskuratorium für Pflanzliche Erzeugung wird dieses Jahr noch vier Anlagen installieren und ebenfalls die Rechenanlage am Landwirtschaftsministerium nützen, wie wir in Weihenstephan es schon seit geraumer Zeit praktizieren.

## EDV-gestützte Modelle zur Bestandesführung und Ertragsprognose

von Dr. Susanne Otter-Nacke, Gütersloh

### Was ist ein Modell?

Ein Modell ist ein Abbild der Wirklichkeit. Um die Welt um uns herum zu verstehen, entwickeln wir ständig Modelle z.B. von unseren Mitmenschen, unseren Aufgaben oder in Form einer Modelleisenbahn.

Mit der Erlangung von neuem Wissen, neuen Fakten müssen wir diese Modelle ständig überprüfen und korrigieren. Auf diese Weise kommunizieren wir mit unserer Umwelt und ordnen unser Wissen und unsere Kenntnisse. Dies sind konzeptionelle Modelle.

Bezieht man den Zeitaspekt mit ein, muß unser Gehirn auch Beobachtungen von zeitlichen Veränderungen, deren Richtung, Größe und Bandbreite, also rechnerische Größen, verarbeiten. In Verbindung mit einem konzeptionellen Modell können wir - so ausgestattet - gewisse Prozesse nachvollziehen und gelegentlich vorausschätzen. Diese quantifizierte Form nennen wir ein Simulationsmodell.

Vor jeder Entscheidung läuft in unserem Kopf ein Simulationsprozeß ab und die Qualität der Entscheidung hängt von der Größe unseres Wissens ab, der Genauigkeit unserer Beobachtungen und dem Beobachtungszeitraum (das, was man auch unter Erfahrung versteht). Die Zahl der veränderlichen Größen, die das menschliche Gehirn verarbeiten kann, ist begrenzt. Außerdem ist es menschlich, sich zu irren oder etwas zu vergessen. Umgekehrt fehlt dem Rechner, was man Intuition nennt. Ein Computer kann also wohl Entscheidungen herbeiführen, fällen sollte man sie trotzdem selbst.

Im Grunde läuft bei der Betreuung jedes einzelnen Schlages in einem Betrieb der eben beschriebene Vorgang ab. Jeder Landwirt hat sozusagen die normale oder optimale Entwicklung z.B. eines Weizenbestandes im Kopf. Aufgrund der Witterung und anderer äußerer Einflüsse weicht die aktuelle Entwicklung in einem bestimmten Jahr mehr oder weniger stark von der Norm ab, wie das auch heuer wieder zu beobachten ist. Gutes Management zeichnet sich dadurch aus, daß die vom Betriebsleiter beeinflussbaren Faktoren so gewählt werden, daß das unter den gegebenen Umständen beste Ergebnis erzielt wird. Dazu gehört auch, daß Düngemittel und Pflanzenschutzmittel so effektiv wie möglich eingesetzt werden, da hier am ehesten Einsparungen möglich sind.

Beim Einsatz von Düngemitteln und Pflanzenschutzmitteln herrscht daher vielfach ein gewisses Versicherungsdenken vor, womit die Unsicherheit, unter der viele Entscheidungen getroffen werden, ausgeglichen werden soll, die jedoch Kosten verursacht.

Erfolgreiche Pflanzenproduktion kann man als die optimale Kombination von Einzelentscheidungen zur Bestandesführung im Verlauf der Vegetation betrachten. EDV-gestützte Modelle könnten einen Beitrag leisten, die jeweils aktuell anstehenden Entscheidungen zu erleichtern bzw. die Restunsicherheit, die im Moment der Entscheidung immer noch besteht, zu verringern.

Abbildung 1 gibt eine Übersicht über die verschiedenen Typen von Modellen. Auf der einen Seite gibt es die statischen Regressionsmodelle, die den gesamten Prozess zu einem einzigen Zeitpunkt betrachten, an dem alle wichtigen Einflußfaktoren bekannt sind. Sie werden typischerweise zur Ertragsprognose kurz vor der Ernte eventuell für eine größere Region eingesetzt.

Auf der anderen Seite stehen dynamische Simulationsmodelle, die einen Prozess über einen längeren Zeitraum hinweg nachvollziehen, indem Teilaspekte immer wieder z.B. täglich neu berechnet werden.



Abb. 1 M O D E L L T Y P E N

Typ	statisches Regressionsmodell	Feld	dynamisches Simulationsmodell
Reichweite	Region	Feld	Einzelpflanze
Zeitbasis	Vegetationsperiode	täglich	stündlich
Funktionen	empirisch = aus Versuchen abgeleitet	----->	mechanistisch
Eigen- schaften	Ertragsdaten aus vielen Jahren sind erforderlich zur Ableitung von Parametern zur Ertragsprognose	Pflanzenbauliche Kenntnisse über er- tragsbeeinflussende Faktoren werden mit örtlichen Wetter- daten verknüpft.	Zusammenstellung wissenschaftlicher Erkenntnisse, um pflanzliche Prozesse so exakt wie möglich zu beschreiben
Anwendung	Prognose	Beratung, Landwirt	Forschung

Sie versuchen beschreibend zu erklären, was passiert oder passieren könnte. Im Extremfall sind diese Modelle nur für wissenschaftliche Zwecke brauchbar. Vielfach bestand die Zielsetzung bei den zahlreichen bisher entwickelten Modellen dieser Art darin, alles bis dato verfügbare Wissen zusammenzutragen und zu verknüpfen.

Ein für den Landwirt oder den Berater nützliches Modell wäre im Zwischenbereich angesiedelt, sowohl was die Reichweite, die Zeitbasis als auch die Komplexität anbetrifft. Es sollte alles pflanzenbaulich relevante Wissen kombinieren und daraus Funktionen ableiten, die auf einen einzelnen Schlag in einem bestimmten Jahr übertragen werden können, welcher durch die Eingabedaten hinreichend genau beschrieben wird.

Modelle können und müssen sehr unterschiedlich sein, je nach dem was und auf welchem Niveau nachgebildet wird und welches Ergebnis beabsichtigt ist. Es wäre sicher wünschenswert, in einem System alles praxisrelevante pflanzenbauliche Wissen zusammenzufassen. Die meisten bisher verfügbaren Modelle konzentrieren sich jedoch auf einen einzelnen Aspekt, das ist in der Regel die Stickstoffdüngung.

### Welche Modelle gibt es und was können sie leisten?

#### Anbauverfahren Bonn (BONAGRAR)

Eines der bekanntesten Systeme ist das Anbauverfahren Bonn, BONAGRAR. Dieses Beratungssystem wird von seinen Verfassern (Heyland und Kochs) als Expertensystem bezeichnet. Es gibt Empfehlungen zur Saatstärke und später zur N-Düngung und zu Wachstumsregulatoren. Die Pflanzenentwicklung wird in mehrere Abschnitte unterteilt, in denen bestimmten Faktoren eine Schlüsselrolle zukommt.

Die Saatstärke wird optimiert ausgehend von der optimalen Bestandesdichte und unter Berücksichtigung der Ertragserwartung und Witterungsbedingungen des Standortes. Der nicht bekannte Nährstoffkoeffizient wird aus mittlerer Pflanzenzahl, Saatzeit, Vegetationsdauer und erwarteter N-Nachlieferung geschätzt. Einfache Division von Bestandesdichte und Nährstoffkoeffizient soll die optimale Pflanzenzahl ergeben. Da die Pflanzenzahl aber Teil der eingegebenen Informationen ist, muß diese Berechnung sofort wiederholt werden, bis eingegebene und errechnete Pflanzenzahl identisch sind.

Ebenso werden Feldaufgang und Überwinterung berechnet, so daß schließlich eine Empfehlung zur optimalen Saatstärke gegeben werden kann. Da man schon vor der Saat den möglichen Ertrag und das Wetter während der Reife bedacht hat, wird der Bestandaufbau gleichsam von hinten aufgerollt. Bei den Empfehlungen zur

Höhe der N-Düngungen findet das gleiche Prinzip Anwendung, wobei der Schwerpunkt auf dem während der Vegetationszeit mobilisierten Stickstoff liegt.

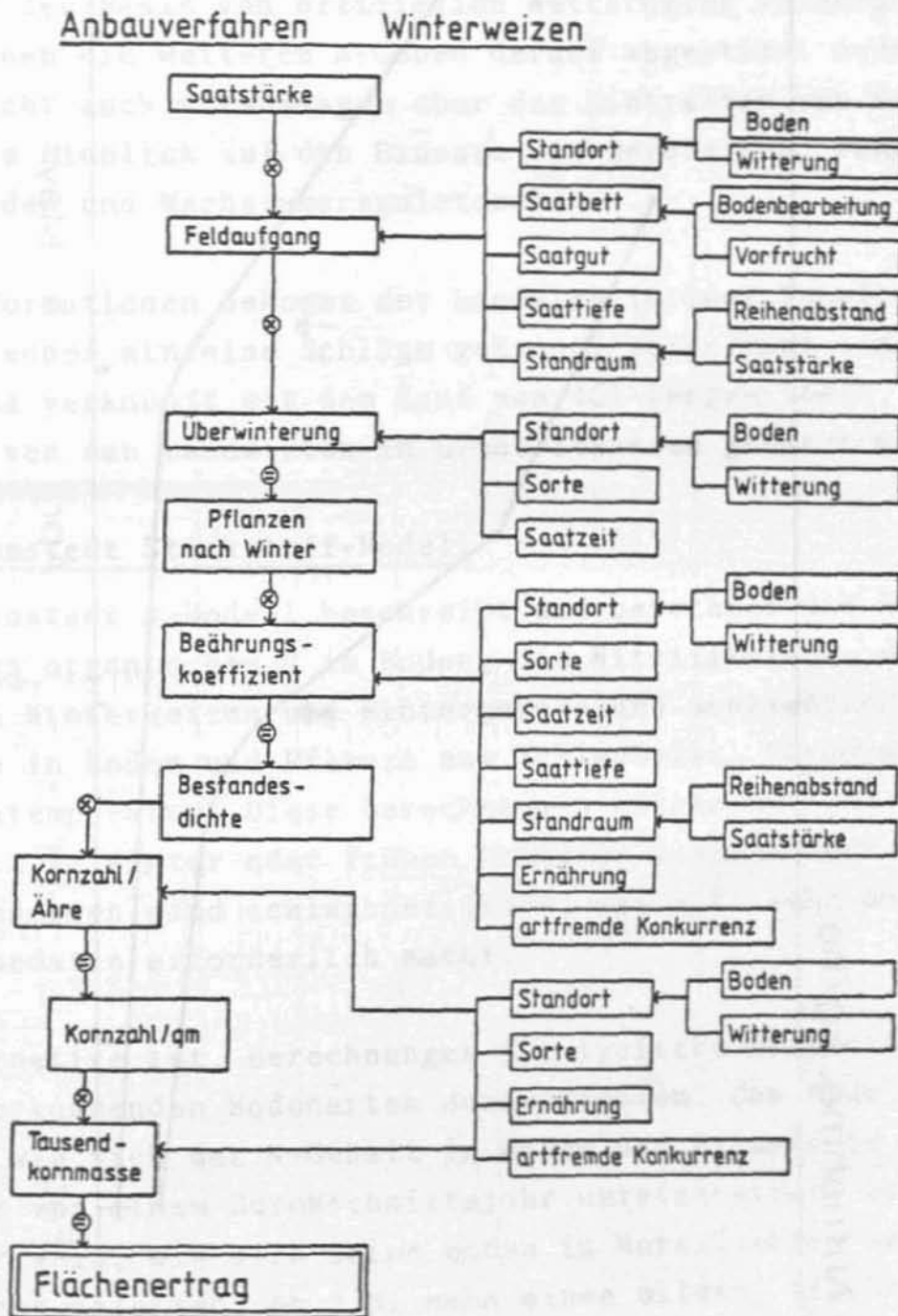
Der Landwirt erhält kurz vor der Saat bzw. den Düngungszeitpunkten einen Fragebogen, der die als Eingabe notwendigen Informationen zusammenträgt. Die Übermittlung erfolgt telefonisch oder postalisch. Während eines Telefonats können die aktuellen Daten direkt in den Rechner eingegeben werden. Innerhalb von Sekunden erhält der Landwirt eine konkrete Empfehlung, sei es zur Saatstärke, zur N-Düngung oder zur Halmstabilisierung. In jedem Fall wird das Ergebnis zusätzlich schriftlich übermittelt. Dabei werden die Eingabedaten zur erneuten Kontrolle wiederholt, die Berechnungsgrundlage dargelegt und die Empfehlung ausgesprochen. Diese kann, wie die Schossergabe N2, einen Toleranzbereich haben, der vom Landwirt auch genutzt werden soll, jedoch nicht über- oder unterschritten werden darf.

Das System BONAGRAR soll nur als System genutzt werden, d.h. es ist nicht möglich, erst zur 2. N-Gabe einzusteigen. Die Beratung erfolgt für alle teilnehmenden Landwirte zu bestimmten Zeitpunkten von einem zentralen Rechner aus und nicht, wenn der Landwirt seinen Bestand inspiziert hat und sich akut die Frage stellt: muß gedüngt werden und wenn ja, wieviel? BONAGRAR ist seit ca. 1983 im praktischen Einsatz und wird von Landwirten im gesamten Bundesgebiet genutzt. Da der Benutzerkreis sich ständig vergrößert, scheint bei den Landwirten ein Bedürfnis für diese Art von Beratung zu bestehen.

#### N-SURE von der Firma ICI, England

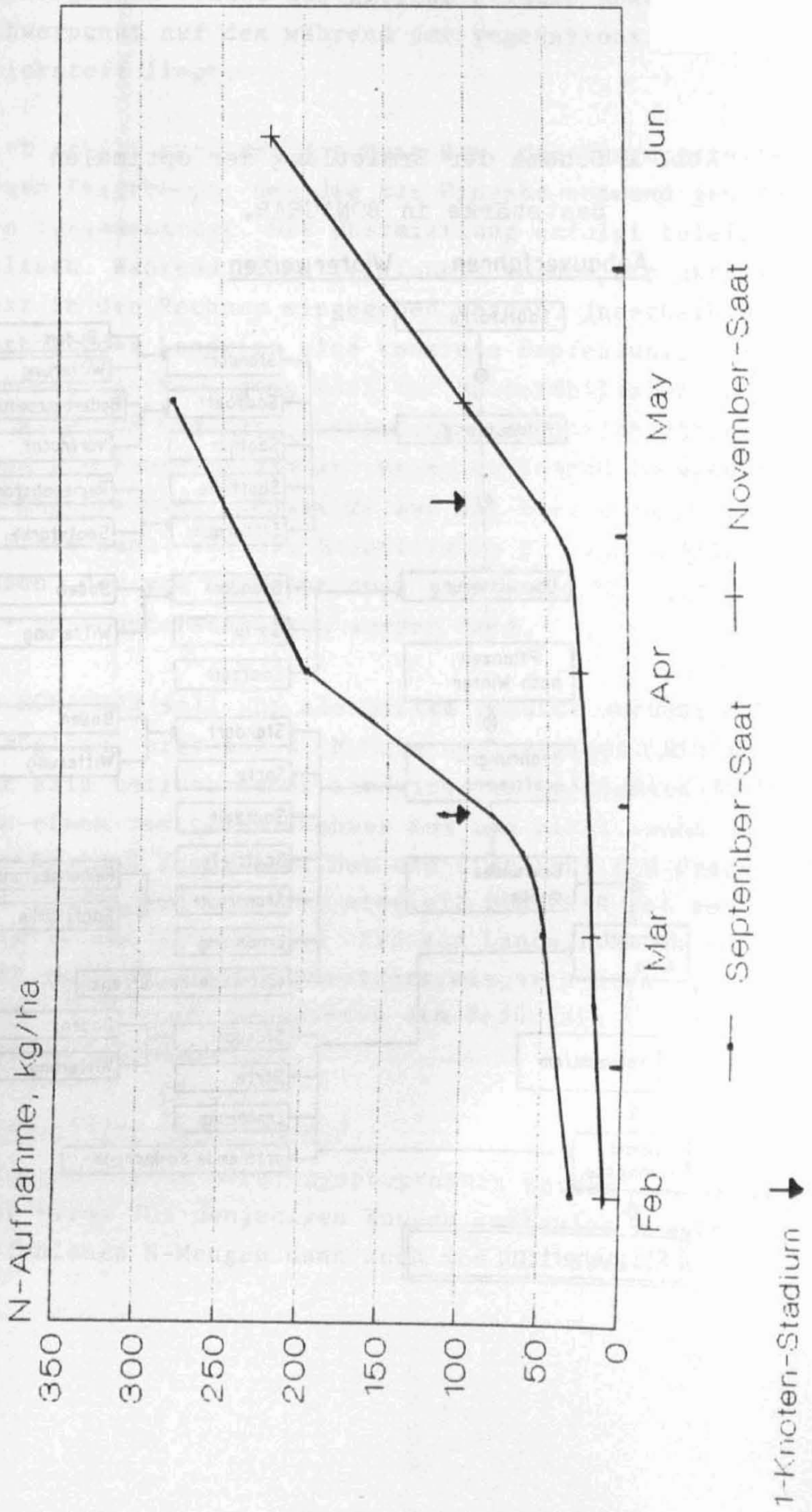
Die Empfehlungen dieses Beratungsprogrammes werden als Serviceleistung der Firma ICI denjenigen Kunden kostenlos angeboten, die die empfohlenen N-Mengen dann auch von ICI beziehen.

Abb. 2 Schema der Ermittlung der optimalen Saatstärke in BONAGRAR.



# N-Aufnahme in Winterweizen

Abb. 3



1-Knoten-Stadium ↓

Unter Berücksichtigung der Vorfrucht, des Saatdatums, der Sorte und des Zielertrags wird die weitere Entwicklung des Bestandes projiziert und bereits frühzeitig die Empfehlung zur Höhe und zur Verteilung der N-Gaben ausgesprochen. Die zentrale Idee ist, daß vor dem 1-Knoten-Stadium kaum Stickstoff von der Weizenpflanze aufgenommen wird. Da das Eintreten dieses Stadiums vom Modell auf der Basis von offiziellen Wetterdaten vorhergesagt wird, können die weiteren N-Gaben darauf abgestimmt werden. Das Modell macht auch Voraussagen über das Eintreffen von kritischen Stadien im Hinblick auf den Einsatz von Herbiziden, Fungiziden, Insektiziden und Wachstumsregulatoren.

Diese Informationen bekommt der Landwirt in zwei Tabellen übermittelt, wobei einzelne Schläge getrennt aufgeführt sind. Dieses System, da verknüpft mit dem Kauf von ICI-Düngemitteln, kann zur Zeit nur von den Landwirten in Großbritannien genutzt werden.

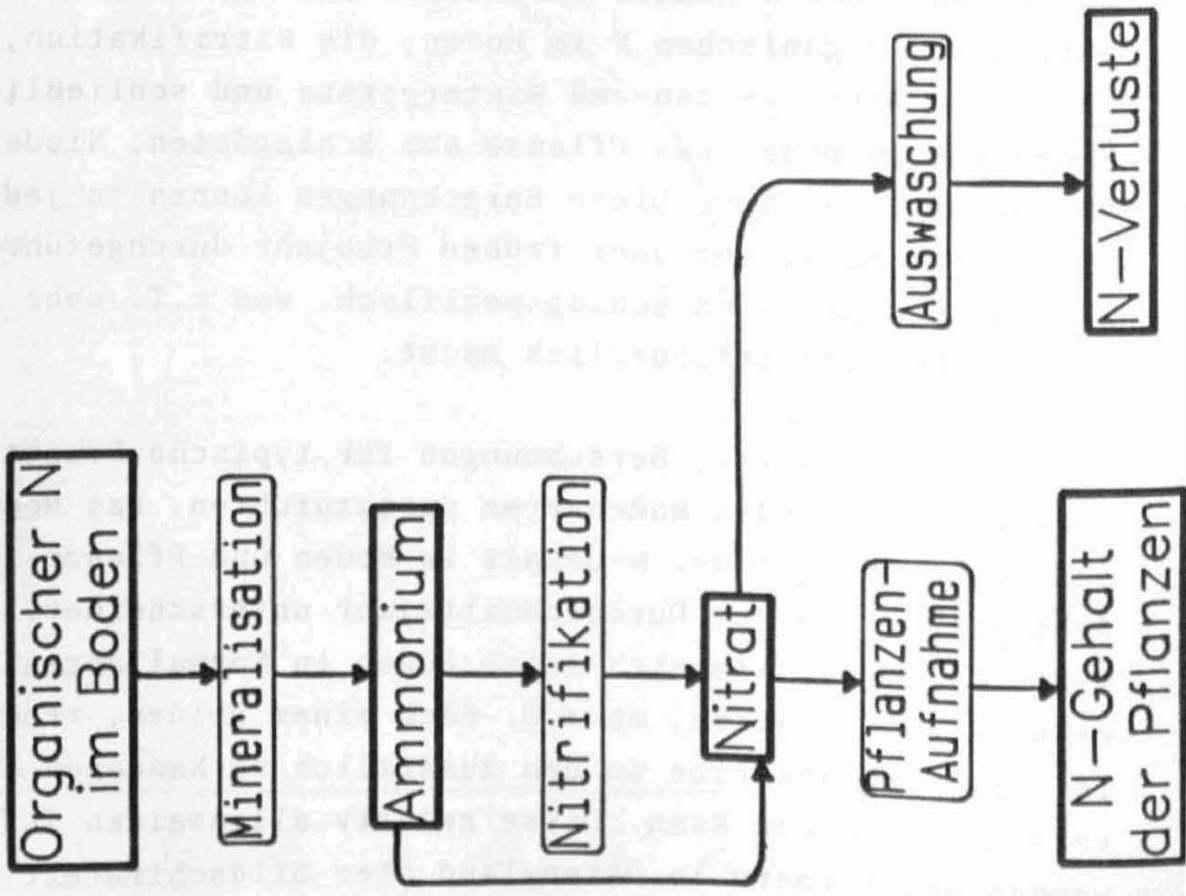
#### Das Rothamstedt Stickstoff-Modell

Das Rothamstedt N-Modell beschreibt und berechnet die Mineralisation des organischen N im Boden, die Nitrifikation, die N-Aufnahme von Winterweizen und Wintergerste und schließlich die N-Gehalte in Boden und Pflanze aus Schlagdaten, Niederschlag und Bodentemperatur. Diese Berechnungen können zu jeder beliebigen Zeit im Winter oder frühen Frühjahr durchgeführt werden. Die Voraussagen sind schlagspezifisch, was z.T. sehr detaillierte Eingabedaten erforderlich macht.

Die Alternative ist, Berechnungen für typische Fruchtfolgen auf häufig vorkommenden Bodenarten durchzuführen. Das Modell beschreibt, wie sich der N-Gehalt in Boden und Pflanze im aktuellen Anbaujahr von einem Durchschnittsjahr unterscheidet. Der Landwirt, der weiß, wie sich seine Böden in Normaljahren verhalten, kann daraus ableiten, ob z.B. nach einem milden, trockenen Winter die Frühjahrsgabe um den zusätzlich vorhandenen Stickstoff vermindert werden kann. Diese relativ allgemeinen Informationen werden den Farmern in Ostengland über Bildschirmtext (PRESTEL, AGVISER) angeboten.

# Abb.4 Rothamsted N - Modell

Ablauf



Bedeutung

**Mineralisation:**  
Abbau von organischem N im Boden durch Mikroorganismen zu NH<sub>4</sub>  
**Faktoren:** Bodenart, Bodentemperatur, Vorfrucht

**Nitrifikation:**  
Umwandlung von NH<sub>4</sub> zu NO<sub>3</sub> durch Bakterien  
**Faktoren:** Menge NH<sub>4</sub>, Bodentemperatur

**Auswaschung durch Regen**  
**Faktoren:** Niederschlagsmenge, Evaporation, Bodenart  
**N-Aufnahme durch Pflanzen in Form von NH<sub>4</sub> oder NO<sub>3</sub>**  
**Faktoren:** Saatdatum, Bodenwasser, Bodentemperatur

Das Modell vollzieht nach, was mit dem ausgebrachten N geschieht. In einem nassen Frühjahr kann N in tiefere Bodenschichten ausgewaschen werden, wo es speziell für die Wurzeln von Sommergetreide unerreichbar ist. Eine wöchentliche Bilanz dieser N-Verlagerungen wird über das gleiche Medium veröffentlicht.

In 72% der untersuchten Fälle betrug die Abweichung des errechneten  $N_{min}$ -Gehaltes im Boden vom gemessenen weniger als 20 kg/ha. Die Erfahrungen mit diesem Modell waren jedoch nicht nur positiver Art, so daß man zu einem komplexeren Modell als Berechnungsgrundlage übergegangen ist. Außerdem hat man in England die Erfahrung gemacht, daß der Verteilung der N-Gaben eine weniger große Bedeutung zukommt als der Höhe der Stickstoffgabe. In der Tat ist es in England praxisüblich, die gesamte Menge in einer Gabe zu verabreichen.

#### Kartoffel-Simulationsmodell aus Haren, Niederlande

Auch das in Holland entwickelte Kartoffel-Modell zielt auf die Bemessung der optimalen N-Gaben ab. Gleichzeitig wird aber auch die Ertragsbildung modellhaft nachvollzogen. Eine Schwachstelle dieses Modells ist die ungenaue Erfassung der unterschiedlichen Mineralisationsraten auf verschiedenen Standorten.

#### Richter-Modell

Das von Richter und Mitarbeitern in Hannover entwickelte N-Simulationsmodell besteht im wesentlichen aus einem sogenannten "Wintermodell", das durch ein Sommermodell für Winterweizen ergänzt werden soll. In der vorliegenden Form berechnet es die  $NO_3$ -Verlagerung, die N-Mineralisation und die N-Aufnahme durch die Pflanzen vom Herbst bis zum Frühjahr. Das Modell ist in der Lage, die  $N_{min}$ -Gehalte im Boden zu Vegetationsbeginn zu schätzen. Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten  $N_{min}$ -Werten ist gut, wenn die  $N_{min}$ -Gehalte in der Bodenkrume nach der Ernte der Vorfrucht bekannt sind. In einem breit angelegten Feldtest waren diese Differenzen in zwei Drittel der Fälle nicht größer als 10 kg/ha.



## Stickstoff-Düngungsmodell der Universität Kiel

In Kiel entwickelt und testet man ein Modell, mit dem die in Anbausystemversuchen gewonnenen Erfahrungen in Verbindung mit Wetterdaten zur Prognose der optimalen N-Düngung genutzt werden. Die entworfene Düngerstrategie wird im Verlauf der Vegetationszeit aufgrund der regionalen Witterungsabweichungen des Anbaujahres nach oben oder unten korrigiert.

### Düngeplanung

Programme zur Düngeplanung bieten einen Entwurf für die gesamte Nährstoffversorgung einer Fruchtart auf einem beliebigen Schlag auf der Basis von Nährstoffversorgung, Entzug des erwarteten Ertrages, organischer Düngung, Vorfrucht etc. Diese Art der Düngerplanung wird im Auswertungsteil von Schlagkarteien angeboten wie z.B. ACKERDAT von Klöpffer & Wiege oder als Teil von BALIS. Die Düngeplanung ist wie die Deckungsbeitragsrechnung eine Rechenmethode, die dem Computer übergeben wird mit dem Vorteil, daß die dafür benötigten Daten aus der Schlagkartei abgezogen werden und daß nichts vergessen wird. Durch die Einbeziehung der organischen Düngemittel in die schlagbezogene Düngeempfehlung können die Kosteneinsparungen in viehstarken Betrieben 100 - 200 DM/ha betragen.

### Wie sind diese Modelle zu beurteilen?

Aus dem Überblick, der bei weitem nicht vollständig ist, wird deutlich, daß hierzulande die Auswahl insbesondere im PC-Bereich nicht besonders groß ist, denn die überwiegende Zahl von Programmen läuft an einem zentralen Rechner. Der Landwirt erhält die Empfehlungen auf unterschiedliche Weise. Die Ergebnisse, die BONAGRAR liefert, gewinnen an Zuverlässigkeit, da sie vor der Herausgabe einer Plausibilitätsprüfung durch den Berater unterzogen werden. Der Benutzer muß sich allerdings an die Spielregeln des Systems halten und ist dadurch in der Nutzung etwas einge-

schränkt. Gegenwärtig erfolgen Empfehlungen nur für Weizen. Für Wintergerste und Zuckerrüben müssen die Programme erst angepaßt werden, was aber wohl zur Zeit erfolgt. Auch N-sure läuft zur Zeit nur für Weizen; Gerste ist in Vorbereitung. Die Düngeplanung gibt wohl Empfehlungen zu allen Fruchtarten und berücksichtigt auch die Nährstoffe aus organischen Düngemitteln, enthält aber keine Hinweise auf andere kritische Situationen im Verlauf der Vegetation.

Diese erhält der Landwirt, der an dem N-Sure Programm teilnimmt, jedoch werden für diese Empfehlungen möglicherweise wenig relevante Wetterdaten verwendet. Außerdem können alle Informationen zu einem Bestand zwischen Saat und Ährenschieben beispielsweise im Hinblick auf die Bemessung der N-Spätdüngung nicht verwertet werden. Der Landwirt begibt sich außerdem in eine gewisse Abhängigkeit von einem bestimmten Hersteller. Es ist auch fraglich, ob ein englisches Modell ohne weiteres übertragbar ist, da die Verteilung der Düngegaben unter hiesigen klimatischen Verhältnissen durchaus entscheidend sein kann. Dennoch liefern diese Systeme wertvolle Anregungen.

Der Vorteil aller eben genannten Programme liegt darin, daß sie Informationen verarbeiten, die dem Landwirt leicht zugänglich sind, während die Beschaffung der Daten für die eher wissenschaftlich orientierten Modelle ein wenig Mühe bereitet. Allerdings stehen diese auf einer soliden Basis aus Fakten und können großenteils in eine benutzerfreundliche Form überführt werden.

#### Was kann man daraus ableiten?

Die beschriebenen Programme finden in den vorgesehenen Bereichen ihre Anwendung, aber nur wenig ist für einen Landwirt oder Berater praktisch nutzbar. Die Entwicklung geht jedoch weiter und die Vorstellung, daß der Mikrocomputer zur selbstverständlichen Ausstattung eines landwirtschaftlichen Betriebes gehört, ist keine Zukunftsvision. Den Vorteil, den Rechner jederzeit zur Verfügung zu haben, sollte man durch entsprechende Software, sprich Programme auch voll ausschöpfen können.

Was diese Programme leisten sollen, kann man am leichtesten anhand einiger Beispiele erläutern. Ein Programm, das in der Lage ist, aufgrund der Zusammenhänge zwischen Tageslänge, Temperatur und Entwicklungsgeschwindigkeit von Pflanzen das Eintreten dieser Stadien vorauszuschätzen, kann darauf aufbauend wichtige Hinweise auf kritische Situationen geben. Dies kann im Bereich der N-Düngung z.B. nach der Getreideernte sein, wenn zwischen August und Oktober aus der organischen Substanz erhebliche Nitratmengen mineralisiert werden können, die - wenn nicht genutzt - der Auswaschungsgefahr unterliegen. Oder z.B. die Vorausschätzung des Nmin-Gehaltes im Boden im Frühjahr, um die Gabe zu Vegetationsbeginn korrekt bemessen oder unter Umständen die Probenahme zur Nmin-Bestimmung einsparen zu können.

- Ziele: a) den N-Bedarf genau zu quantifizieren  
b) bei auswaschungsgefährdeten Böden die kritischen Zeitpunkte genauer eingrenzen zu können.

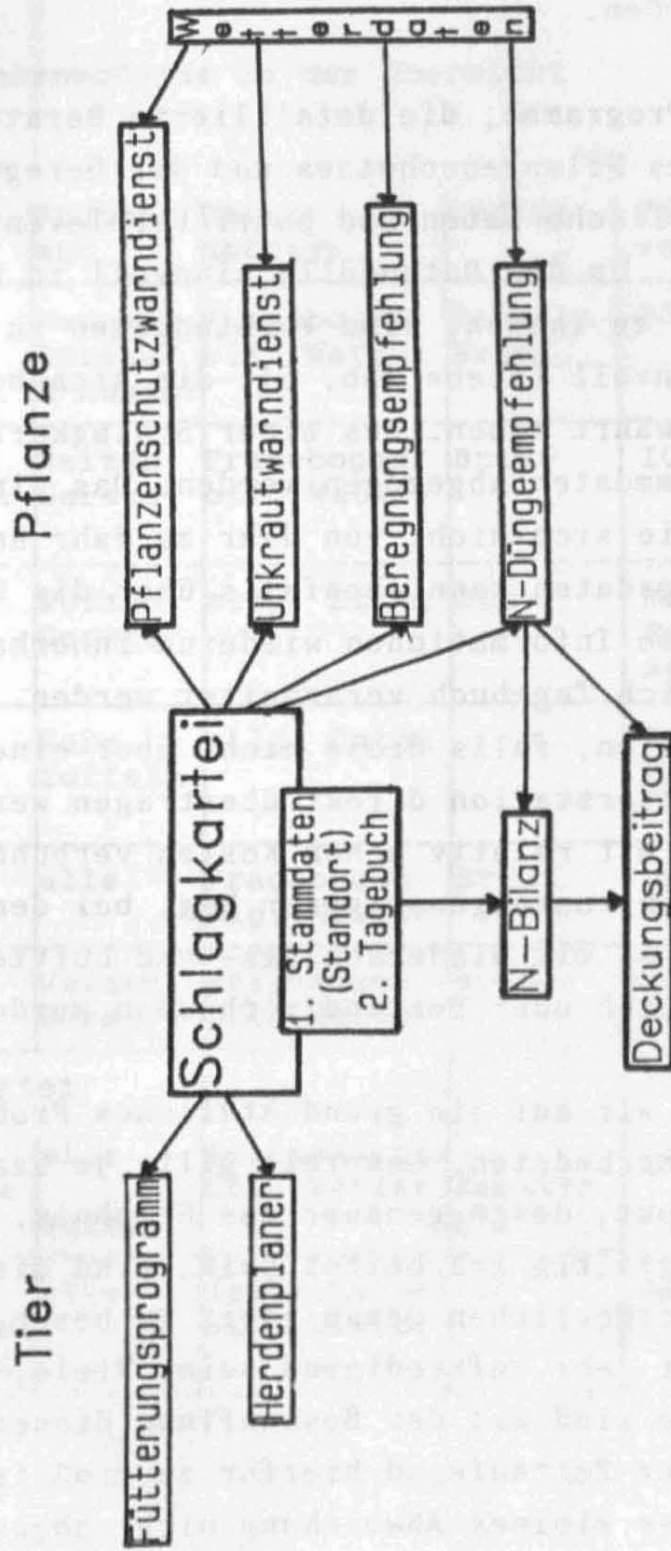
Im Bereich Pflanzenschutz könnten ähnliche Hilfen angeboten werden:

- a) als auf die spezifische Entwicklung des Bestandes abgestimmten Warndienst,  
b) als Hinweise zur korrekten Ausbringung eines Mittels.

Kurz vor Eintreten etwa des Stadiums 29 wird die Aufmerksamkeit des Benutzers auf die eventuell notwendige Bekämpfung von Fußkrankheiten, Mehltau und Septoria gelenkt. Aus den Schlagdaten können einige Fragen beantwortet werden, z.B. welche Vorfrucht auf dem Schlag gestanden hat, ob die angebaute Sorte als anfällig gilt und ob das 4-Blatt-Stadium vor Anfang April erreicht worden war. Aus den Wetteraufzeichnungen kann die Infektionswahrscheinlichkeit abgeleitet werden. Der Landwirt muß nun noch die Frage nach den beobachteten Symptomen beantworten. Auf der Basis dieser Informationen kann der Rechner abschätzen, ob eine Bekämpfung notwendig ist und - wenn ja - aufzeigen, welche Mittel

# Verknüpfung von Schlagkartei und Auswertungsprogrammen

Abb. 5:



eingesetzt werden können. Die Leistung des Benutzers besteht in der Inspektion des Feldes und dem Einschalten des Computers. In ähnlicher Weise kann der Bestand weiter bis zur Ernte begleitet werden.

Derartige Programme, die detaillierte Beratung zu Fragen der Düngung, des Pflanzenschutzes und der Berechnung geben, sollen schlagspezifische Daten und betriebsrelevante Wetterdaten mit einbeziehen. Um die Datenfülle sinnvoll zu nutzen und nicht zur Last werden zu lassen, sind Verbindungen zu Schlagkarteiprogrammen sinnvoll (siehe Abb. 6), die sich bereits auf vielen Betrieben bewährt haben. Aus einer Schlagkartei können die sogenannten Stammdaten abgezogen werden. Das sind Informationen zum Standort, die sich nicht von Jahr zu Jahr ändern. Die Erfassung von Jahrgangsdaten kann ebenfalls über die Schlagkartei erfolgen, da diese Informationen wiederum innerhalb der Schlagkartei in dem Bereich Tagebuch verarbeitet werden. Gleiches gilt für die Wetterdaten, falls diese nicht über eine betriebseigene automatische Wetterstation direkt übertragen werden, was jedoch momentan noch mit relativ hohen Kosten verbunden ist. Denkbar wäre aber auch ein kostengünstigerer Weg, bei dem Daten des Deutschen Wetterdienstes mit Niederschlags- und Luftfeuchtemessungen im eigenen Betrieb oder Bestand verbunden werden.

Hier stoßen wir auf ein grundsätzliches Problem: das der Genauigkeit der Eingabedaten. Generell gilt: je exakter und umfangreicher der Input, desto genauer das Ergebnis. Ein Programm kann noch so sorgfältig erarbeitet sein; sind die Ausgangsdaten nicht mit der erforderlichen Genauigkeit zu beschaffen, wird das Ergebnis nicht sehr befriedigend sein. Viele, auch gut ausgebildete Landwirte sind mit der Beschaffung dieser Daten überfordert, z.T. weil der Zeitaufwand hierfür zu groß ist, z.T. weil die Bedeutung einer kleinen Abweichung nicht abgeschätzt werden kann. Es wird also bei jedem Programm der Kompromiß gefunden werden müssen zwischen moderaten Datenanforderungen und relevanten und zuverlässigen Ergebnissen.

Abb. 5 Stickstoff-Prognosemodelle in der Übersicht

MODELL	Empfehlung zu:	Fruchtart	Datenabfrage	Medium	Verwaltet von:	Zugriff	PC-lauf-fähig
BONAGRAR	-Saattstärke -N-Düngung -Halmstabilisrg.	Weizen Gerste? Z-Rüben?	Fragebogen off. Wetter	Telefon Brief	BONAGRAR	nein	nein
N-Sure	-N-Düngung -kritische Stad. f. Pfl.-schutz	Weizen Gerste?	Fragebogen off. Wetter	Brief	ICI	nein	ja
Rothamsted N-Modell	-N-Düngung -Auswaschung -N-Mangel	Weizen Gerste	allg. Daten	Btx	Rotham. Experim. Station	nein	ja
Neeteson N-Modell	-N-Düngung -Auswaschung -N-Mangel	Kar- toffeln	allg. Daten		IvB, Haren	nein	ja
Richter N-Modell	-N-Düngung im Frühjahr	alle	Fragebogen eig. Wetter	Brief	Uni. Hannover	nein	ja
Hanus, Kiel	-N-Düngung	Weizen Gerste	Fragebogen off. Wetter	Brief	Uni. Kiel	nein	ja
Düngeplanung mit Schlagkartei							
a) BALIS	-kostengünstige Düngevorschläge -EIPRE	alle Weizen	Schlagkartei off. Wetter	Berater Btx	MinELF	nein	nein
b) PC-Pro- gramme	N-Bilanz incl. org. Düngemittel Deckungsbeitrag	alle	Schlagkartei eig. Wetter	PC	Benutzer	ja	ja

### Wie können die Ergebnisse überprüft werden?

Einen Vergleich der vom Rechner empfohlenen Strategie mit der eigenen hat man nur, wenn man den Schlag teilt und den Ertrag bzw. den Deckungsbeitrag am Ende vergleicht. Man kann es als Erfolg ansehen, wenn der Rechner so gut ist wie ein guter Berater. Das Resümee von BONAGRAR entspricht diesem Ziel: in der überwiegenden Zahl der Fälle ist die empfohlene Strategie gleich gut, in den übrigen Fällen jeweils ebensooft schlechter bzw. besser als die des Landwirts. Der Rechner übernimmt die Funktion eines allzeit verfügbaren guten Beraters. Geht man einen Schritt weiter und fordert, daß beispielsweise Stickstoff eingespart werden soll, um auch ökologische Ziele verfolgen zu können, sind Neetesons Ergebnisse von Interesse, der mit seinen Empfehlungen 14 kg/ha und Jahr sparen konnte, während die Düngung nach der Nmin-Methode um 40 kg/ha geringer war als die Standarddüngung von 300 kg/ha bei gleichem Ertrag.

### Zusammenfassung

Modelle im Pflanzenbau sind sicher eine interessante Neuentwicklung. Es gibt einige Programme, die aber fast alle auf zentralen Rechnern laufen. Das Konzept eines Programmes wird skizziert, das dem einzelnen Landwirt persönlich zur Verfügung steht und jederzeit aufgerufen werden kann.

Die Nutzung eines solchen Programmes setzt jedoch die Investition eines Mikrocomputers voraus. Die Verknüpfung mit einem Schlagkarteiprogramm empfiehlt sich aus vielen Gründen. Die Hinweise und Hilfen, die es geben kann, mögen für den Landwirt wertvoll sein.

Im Hinblick auf das Ziel sichere Entscheidungen zu treffen und eingesetzte Betriebsmittel effektiv zu nutzen. Der wirtschaftliche Nutzen muß jedoch in der Mehrzahl der Fälle gewährleistet sein, bevor sich Modelle als allgemeines Managementhilfsmittel durchsetzen werden. Die für den Einsatz von Modellen benötigten

Daten sind oft nur aufgrund sorgfältiger Bestandsbeobachtungen zu beschaffen. Dies kann einerseits ein Problem sein, könnte eventuell aber auch der eigentliche Nutzen sein, da man als Benutzer lernt, die entscheidenden Dinge zu beobachten. Ob Modelle praktikabel sind, kann nur der echte Einsatz beantworten. Grundsätzlich wären sie ein geeignetes Mittel, ökonomische und ökologische Grundsätze gleichermaßen zu verwirklichen und auf elegante Weise integrierten Pflanzenbau zu betreiben.

#### Literaturhinweise

Bergermeier, J., Mangstl, A., 1987

Mit "Düngeplan" Kosten sparen. Landtechnik 42(3), 100-101

Hanus, H., Schoop, P., 1987

N-Düngung mit dem Computer. DLG-Mitteilungen 4/1987, S. 200

Heyland, K.U., Kochs, H.J., 1984

Computerberatung zur schlagspezifischen Vorausschätzung der Stickstoffverfügbarkeit für Weizen. Vortrag d. 37. Hochschultages der Landw. Fakt. d. Universität Bonn, Sonderband, S.125-141

Kersebaum, K.C., Richter, J., Severin, K., 1985

Die Simulation der Stickstoffdynamik im Winterhalbjahr zur Berechnung des anorganischen N-Vorrats zu Vegetationsbeginn im Vergleich mit unterschiedlichen Meßverfahren. VDLUFA-Schriftenreihe, H. 14, S. 25-27

Pohlmann, J., et al., 1987

Bildschirmtext: Schlagkartei, Planungs- und Prognosemodelle im Ackerbau. Agrarinformatik Bd. 11, Verlag Ulmer, Stuttgart



## Btx in der Landwirtschaft

von Dipl.-Ing. Manfred Christiansen, Landwirtschaftskammer  
Schleswig-Holstein, Kiel

Informationen sind auch in der Landwirtschaft zu einem Produktionsfaktor geworden, neben den klassischen Produktionsfaktoren Boden, Arbeit und Kapital. Die Pythia vom Bodensee, Frau Dr. Noelle-Neumann, umschrieb nach meiner Auffassung einmal treffend den Bereich des Produktionsfaktors Information wie folgt: Wissen verlangt nach mehr Wissen und Wissen ist Macht.

Beim Bildschirmtextsystem handelt es sich um ein Informations- und Rechensystem.

### Technische Entwicklungsstufen zum ISDN-Netz

Die Deutsche Bundespost integriert die Dienste im Fernmeldebereich zunehmend. Über das einfache Telefonkabel werden eine Reihe von Diensten angeboten. Bildschirmtext ist der am weitesten entwickelte Dienst. Mit ihm können Informationen und Rechenleistungen abgefragt werden. Die multifunktionalen Endgeräte, wie sie heute bereits auf dem Markt sind, können die Telefonfunktion, die Bildschirmtextfunktion und die Telexfunktion ausführen. Die Stufe zum ISDN-Netz ist nicht mehr weit. Bei einer weiteren Verlegung von Glasfaserkabeln wird sich vor allem die Übertragungsgeschwindigkeit der bisherigen Dienste verbessern bzw. die Anzahl der Telefongespräche je Einheit kann erhöht werden.

Mit dem Bildschirmtextsystem verfügt der Landwirt schon heute über einen umfangreichen Informations- und Rechendienst.

### Systemmerkmale

Bildschirmtext in der einfachsten Funktion beinhaltet die Anschlußbox an die Telefonleitung, sowie ein Terminal mit Tastatur. Das Terminal muß über den sogenannten Bildschirmtextdecoder verfügen. An jedes Terminal kann ein entsprechender Drucker angeschlossen werden.

### Systemmerkmale vom Bildschirmtext

Vom Bildschirmtextendgerät des landwirtschaftlichen Betriebes aus ist man über die normale Telefonleitung an den Bildschirmtextrechner angeschlossen. Der Bildschirmtextrechner ist ein Vermittlungsrechner. Sie können aus dem Bildschirmtextrechner selbst Informationsseiten abrufen. Hierzu gibt es ein bestimmtes Suchsystem. Informationsanbieter speichern die erforderlichen Informationsseiten in das Bildschirmtextsystem ein. Sie besitzen eine Editiertastatur und beschreiben die einzelnen Bildschirmtextrechner in Seiten, die dann von den Bildschirmtextteilnehmern aufgerufen werden.

Die Besonderheit am deutschen Bildschirmtextsystem ist der Rechnerverbund. Sie können betriebseigene Daten in den Bildschirmtextrechner einstellen und können diese Daten verarbeiten lassen. Sie können weiter vorhandene Datenbestände, wie z.B. Konto der Bank, Postsparkonten und dergleichen mehr, über das Bildschirmtextsystem erreichen. Sie bekommen dazu eine entsprechende Benutzerkennung vom Btx-Anbieter, der den Rechner anschließen läßt.

### Btx-Endgeräte für den Landwirt

Dem Landwirt stehen als Btx-Nutzer folgende Endgerätekonfigurationen zur Verfügung. Einmal ist es der bekannte Fernseher. Die Fernseherlösung hat sich in den letzten Jahren nicht durchgesetzt, da sich das Medium verstärkt im kommerziellen Bereich etabliert hat. Kommerzielle Anwendungsgeräte für Bildschirmtext sind ein-

mal das multifunktionale Telefon, genannt Multitel. Diese Geräte ermöglichen, auf komfortable Weise den Bildschirmtextdienst zu nutzen. Sie haben in der Regel mehrere Hundert Nummernspeicher zum Abspeichern von Telefonnummern und Bildschirmtextnummern. Man kann mit diesem Bildschirmtexttelefon sehr komfortabel telefonieren. Das Aufrufen von Bildschirmtextseiten ist ebenfalls sehr einfach. Die Seiten werden alphabetisch in das Bildschirmtextregister eingeschrieben und werden dann per Knopfdruck abgerufen. Man braucht die häufig über 6-, 7-, 8-, 10- und 12-ziffrigen Btx-Nummern nicht mehr eigenhändig in das Bildschirmtextsystem einzugeben. Das Btx-Register ermöglicht eine schnelle Anwahl der Seiten.

Ein besonderes Komfortmerkmal ist das Makroregister. Will man z.B. vom eigenen Betrieb mehrere Datenseiten eingeben in ein bestimmtes Dialogprogramm, dann kann man das mit Hilfe des Makroregisters tun. Das Makroregister wählt automatisch zu der Stelle hin im Btx-Dialogprogramm, wo eine entsprechende Dateneingabe erforderlich ist. Diese Dateneingabe kann dann getätigt werden und das Rechenprogramm ist soweit abgeschlossen, und es kann ein anderes Verarbeitungsprogramm aufgerufen werden. Das Makroregister ermöglicht ein ähnliches Arbeiten wie mit einem Personal-Computer.

Nun zum Btx-Konzept in der Landwirtschaft. Wir finden im Bereich der Landwirtschaft folgende Ausgangssituationen vor. Eine Reihe von landwirtschaftlichen Informationsanbietern, wie Verbände, Fachzeitschriften, Berater, Industriefirmen, Agrargewerbe usw. bieten dem Landwirt heute in der Regel über die Fachzeitschriften eine Reihe von Informationen an. Hinzu kommt das persönliche Gespräch, das zwischen dem Landwirt, seinem Berater und seinem Handelspartner stattfindet. Aus diesem Bereich der Informationen ist nun herauszufinden, welche standardisierbaren Informationen in das Bildschirmtextsystem hinein übertragen werden können. Es ist nicht nur die Aufgabe, die Information herauszufinden, son-

dern auch die Kosten- und Nutzenrelation muß stimmen. Darüberhinaus, und dieser Punkt wurde in den letzten Jahren vernachlässigt, muß man mit diesem Medium auch Informationsbereiche erschließen, die sich bisher dem Landwirt noch nicht geöffnet haben. Der Landwirt wird Bildschirmtext dann sehr gerne nutzen, wenn er Informationen neuer Qualität in dem Informationsmedium vorfindet. Die Kosten-Nutzen-Relation für den Landwirt muß stimmen. Letztlich gibt es auch Kostenstellen, die über Bildschirmtext auflaufen, die der Nutzer zu tragen hat.

#### Zur Konzeption in der Landwirtschaft folgende Anmerkungen:

In vielen Bereichen der Landwirtschaft werden die landwirtschaftlichen Daten zunehmend von Mikroprozessoren verarbeitet. Diese Mikroprozessoren zählen, messen und wiegen. Diese Datenerfassungssysteme können gekoppelt werden mit einem betriebseigenen Klein-Computer. Dieser Klein-Computer wiederum hat über die Bildschirmtextleitung Verbindung zu landwirtschaftlichen Großrechenanlagen. Bildschirmtext ist in einem solchen Konzept lediglich billiges Übertragungsmedium. Hierzu muß man die Gebührenordnung der Deutschen Bundespost kennen. Für ein flächendeckendes Datenerfassungssystem ist Bildschirmtext z.Zt. die günstigste technische Grundlage. Keine andere Datenverbindung aus dem Bereich der Datenfernübertragung kann z.Zt. mit dem Bildschirmtextsystem konkurrieren. Der Bildschirmtextkleincomputer kann in diesem Bereich ersetzt werden, wenn keine Mikroprozessoren angeschlossen werden sollen, durch ein Bildschirmtexttelefon oder durch eine einfache Bildschirmtextabrufstation.

Die Lösung landwirtschaftlicher EDV-Probleme durch die Kombination von Mikroprozessor, Kleincomputer und Großrechner ist der BMW oder der Mercedes unter den landwirtschaftlichen EDV-Lösungen.

Nach diesem Vorgeplänkel der Technik nun zu den eigentlichen Programminhalten, die Sie als Landwirte interessieren. Lassen Sie

mich hier einige Schwerpunkte voranstellen. Der Landwirt als Bildschirmtextnutzer muß eine Technik vorfinden, die einfach und problemlos ist. Lange Einarbeitungszeiten und Eingewöhnungszeiten sind wenig beliebt. Der Btx-Informationskreis muß möglichst groß sein, damit mehrere Informationsbereiche bei einer Bildschirmtextabfrage miterledigt werden können.

Der Landwirt sollte nur die Daten in betriebseigene Rechenprogramme eingeben können, die er weitgehend aus dem Gedächtnis zur Verfügung hat. Das setzt voraus, daß eine relativ komfortable Programmstellung seitens der Programmanbieter gewährleistet wird.

Insgesamt soll der Landwirt beim Einsatz dieser modernen EDV-Systeme nicht zu einem EDV-Profi werden. Das EDV-System soll ihm bei seinen unternehmerischen Entscheidungen Entscheidungshilfen liefern. Die Position des Landwirts als Unternehmer muß durch EDV-Systeme gestärkt werden. Die EDV ist nur Mittel zum Zweck. Sie ist kein Selbstzweck.

Nach diesen allgemeinen Grundsätzen nun zum Konkreten. Ich habe Ihnen geschildert, daß man aus dem Bildschirmtextsystem Informationen abrufen kann. Wir haben eine Reihe von Tests laufen lassen. Es hat sich herausgestellt, daß die kurze, prägnante Information über Bildschirmtext sich hervorragend weitergeben läßt. Zu diesen kurzen, prägnanten Informationen gehören Markt- und Preisinformationen, Pflanzenschutztips, Sorteninformationen, Warentestergebnisse und dergleichen mehr.

Im Markt- und Preisbereich sieht es so aus, daß Sie alle landwirtschaftlichen Agrarmärkte mit den entsprechenden Preisnotierungen im Bildschirmtextsystem vorfinden. Das ermöglicht eine schnelle und kurze Abfrage der einzelnen Märkte. Dieses System ist im Grunde wegen seiner Komplexität ein bedeutender Fortschritt gegenüber den bisherigen unterschiedlichen Informationsquellen, wie Landfunk, Tageszeitung, Wochenzeitschriften, Monatszeitschriften usw.

Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein hat sich darüber hinaus Gedanken gemacht, wie die Preisinformation noch zusätzlich verbessert werden kann unter Nutzung der Vorteile des Dialogmediums Bildschirmtext.

Als landwirtschaftlicher Praktiker wissen Sie nur zu genau, daß es immer erhebliche Differenzen gibt zwischen den Notierungspreisen und den tatsächlich erzielten realen Marktpreisen. Für Sie ist es von großem Interesse, zu wissen, wie groß diese Unterschiede sind und wo tatsächlich die real erzielten Marktpreise liegen.

Wir gehen handwerklich nun sehr einfach vor. Der Landwirt gibt bei seinen Geschäftsabschlüssen im Bereich der ab-Hof-Preise und Betriebsmittelpreise seine real erzielten Marktkonditionen ein. Z.B. der Landwirt handelt eine bestimmte Düngermenge und Düngersorte zu einem bestimmten Zeitpunkt, zu bestimmten Qualitätskriterien, dann gibt er diese Einzeldaten in eine Meldemaske ein. Diese Meldemaske wird in der Landwirtschaftskammer verarbeitet, und es werden die sogenannten Preisinformationstabellen eingestellt. Der Btx-Nutzer innerhalb der geschlossenen Benutzergruppe weiß nun, zu welchen Konditionen welche Betriebsmittel in welcher Region wie gehandelt werden. Das eröffnet dem Landwirt beträchtliche Handelsvorteile. Die geschlossene Benutzergruppe bezieht sich auf die Bereiche Energie, Pflanzenschutz, Düngemittel, Mischfuttermittel, Saatgut und sonstiges. Im Bereich der ab-Hof-Preise werden erfaßt sämtliche Getreidearten, Raps, Milch, Kühe und Schweine. Damit ist das Gesamtableau der landwirtschaftlichen Betriebsmittelpreise und der ab-Hof-Preise in der geschlossenen Benutzergruppe erfaßt.

In der geschlossenen Benutzergruppe werden dann die täglich auflaufenden Meldungen auch zu Monatspreisen zusammengestellt. Hier erfährt der Nutzer, in welchem Monat welche von und bis Preise erzielt wurden.

Die Spitzenpreise ermöglichen einen schnellen Überblick, an welchem Tag Spitzenpreise erzielt wurden. Wir beschränken uns hier auf die wichtigsten landwirtschaftlichen Betriebsmittel und ab-Hof-Produkte. Der Landwirt erfährt hier schnell, in welcher Region welcher Spitzenpreis erzielt wurde.

Eine kurze Bewertung der geschlossenen Benutzergruppe Markt ist nach den ersten Monaten Laufzeit bzw. Probetrieb schon möglich. Die festgestellten Agrarpreise werden korrekt von den Landwirten eingegeben. Die Befürchtungen, daß Phantasiepreise eingegeben werden, hat sich nicht bewahrheitet. Der Landwirt unterschreibt, daß er lückenlos alle Preise zu den entsprechenden Betriebsmitteln und ab-Hof-Produkten eingibt. Die Landwirtschaftskammer hat ein Ausschlußrecht bei mißbräuchlicher Nutzung des Systems. Die Preise dürfen an Dritte nicht weitergegeben werden. Eine weitere Vervielfältigung der Preise über die Preisinformation der Landwirtschaftskammer im Bildschirmtextsystem hinaus ist rechtlich nicht zulässig.

Die ersten Erfahrungen mit der geschlossenen Benutzergruppe Markt sind insgesamt positiv. Es liegen uns eine Reihe von Meldungen aus dem Bereich der Benutzer vor, daß schon etliche Tausend Mark bei verschiedenen Handelsgeschäften verdient worden sind. Die bessere Marktinformation zählt in Zukunft für den Landwirt immer mehr. Insofern bewahrheitet sich der Spruch von Frau Dr. Noelle-Neumann, daß Wissen Macht ist.

Ich möchte jetzt auf einen weiteren Bereich eingehen. Zu den Schwerpunktbereichen im Bildschirmtextsystem gehören die Dialogprogramme. Eingangs zeigte ich Ihnen auf, daß Sie über das einfache Bildschirmtextterminal sich in eine private Großrechenanlage einwählen können und Rechnungen anstellen können, Abfragen durchführen können und insgesamt den Rechner vom Betrieb und vom Schreibtisch aus nutzen können wie ein professioneller EDV-Anwender.

Zu den wesentlichen EDV-Bereichen im außerlandwirtschaftlichen Bereich gehören die Postscheckkontodienste, Girodienste, Geldüberweisungen, Kontostandsabfragen im weitesten Sinne. Darüberhinaus können Außendienststeuerungsprogramme über Bildschirmtext angewandt werden. Firmen wie BMW und Bosch steuern die Ersatzteilversorgung ihrer Händler über Bildschirmtext.

Es ließen sich noch weitere interessante Anwendungsbereiche aufzählen. Die Entscheidung für Bildschirmtext in diesen Bereichen ist gefallen, weil Bildschirmtext aus reinen Kostengesichtspunkten das kostengünstigste Übertragungsmedium ist.

Wie sieht es nun im landwirtschaftlichen Bereich aus?

Die bisher bekannten landwirtschaftlichen EDV-Programme vom PC-Sektor, wie z.B. Düngungsberechnung, Futterkostenminimierung, Rationsberechnung, Maschinenkostenrechnung, Wirtschaftlichkeitsberechnung für einzelne landwirtschaftliche Betriebszweige sind über das Bildschirmtextsystem ebenso erreichbar. Für den Bereich Bildschirmtext eignen sich besonders Rechendialoge, die wenig Dateneingabe erfordern. Die langsame Datenübertragungsgeschwindigkeit von Bildschirmtext ist hier noch ein kleines Hindernis.

Darüberhinaus sind auch Datenbankarbeiten über Bildschirmtext möglich. So hat die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein beispielsweise die Einzelkuhdaten abgespeichert, und mit Hilfe dieser Einzelkuhdaten kann eine komplette Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Einzelkuh angestellt werden. Der Landwirt gibt vom Hofe aus dann nur noch die Betriebsdaten für die Wirtschaftlichkeitsberechnung ein; das sind die Molkereiauszahlungspreise, die Kuhschrotpreise und die Spezialkosten je Kuh. Als Ergebnis wird dann ausgewiesen der Deckungsbeitrag je Kuh bzw. die Milchquotenverwertung für die Einzelkuh.



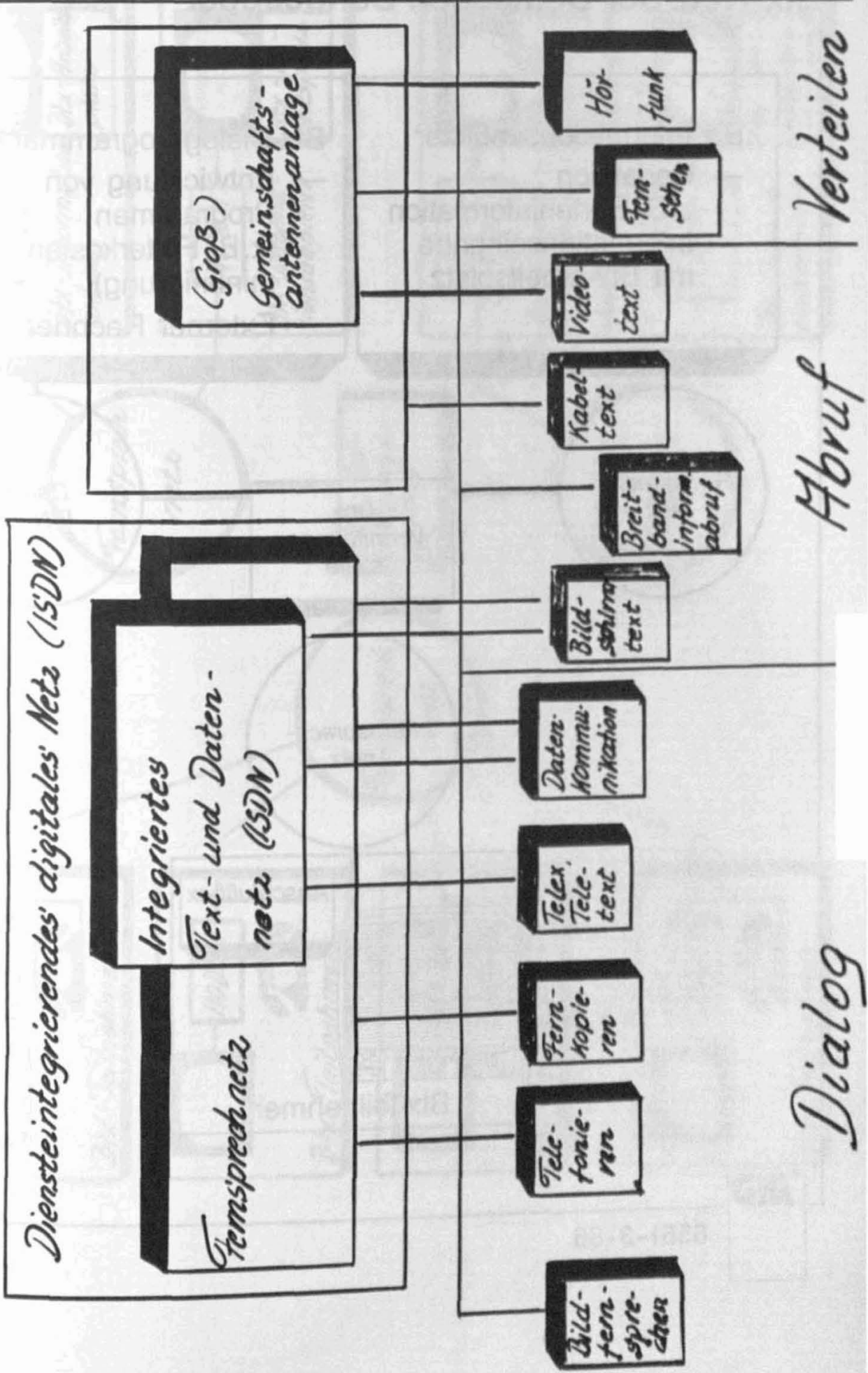
Im landwirtschaftlichen Bereich sind eine Reihe von landwirtschaftlichen Informationsanbietern vorhanden. Speziell für die Marktfruchtbetriebe sind die Informationsanbieter aus dem Bereich der chemischen Industrie besonders interessant. Ein interessantes Programm ist das Programm der BASF. Sie können in diesem Programm aktuelle Pflanzenschutzmittelhinweise ebenso erhalten wie eine detaillierte Produktinformation. Eine besondere Attraktivität ist z.Zt. das Programm zur Mischverträglichkeit von Düngungs- und Pflanzenschutzmitteln, das die BASF anbietet. Sie können hier in relativ kurzer Zeit erfahren, wie es um die Mischbarkeit von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln bestellt ist.

Erlauben Sie mir noch zum Abschluß eine Bewertung des Bildschirmtextsystems aus der Sicht eines regionalen Informationsanbieters, der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein. Bildschirmtext und Kleincomputer sind kein Gegensatz. Im Gegenteil, die Technik ergänzt sich. Was wir brauchen ist ein schnelles Informationssystem, das Informationen bereithält, die auf andere Art und Weise in der Schnelligkeit nicht zu erfragen sind. Die Entwicklung der Bildschirmtextanschlußzahlen ist in Schleswig-Holstein positiv. In eintägigen Seminaren schulen wir die Teilnehmer. Sie sind dann für den ersten Bildschirmtexteinsatz gerüstet.

Unser System von ca. 400 Bildschirmtextnutzern im Rechnerverbund wird täglich bis zu 250-mal angewählt. Das ist eine gute Nutzungsfrequenz. Das zeigt uns auch, daß unser Angebot ankommt. Wir sind bestrebt, auch in Zukunft ein interessantes Bildschirmtextangebot bereitzuhalten. Der Landwirt wird dann das Bildschirmtextsystem nutzen, wenn es ihm preisliche und betriebliche Vorteile eröffnet. Wenn wir diesen Grundsatz weiterhin beachten, wird sich Bildschirmtext schnell zu einem interessanten Informationsmedium für die landwirtschaftliche Praxis ausbreiten.

# Entwicklung von Diensten und Netzen

Dienstintegrierendes digitales Breitbandnetz (ISDN)



übermorgen

morgen

heute

Netze

Dienste

Schmalband

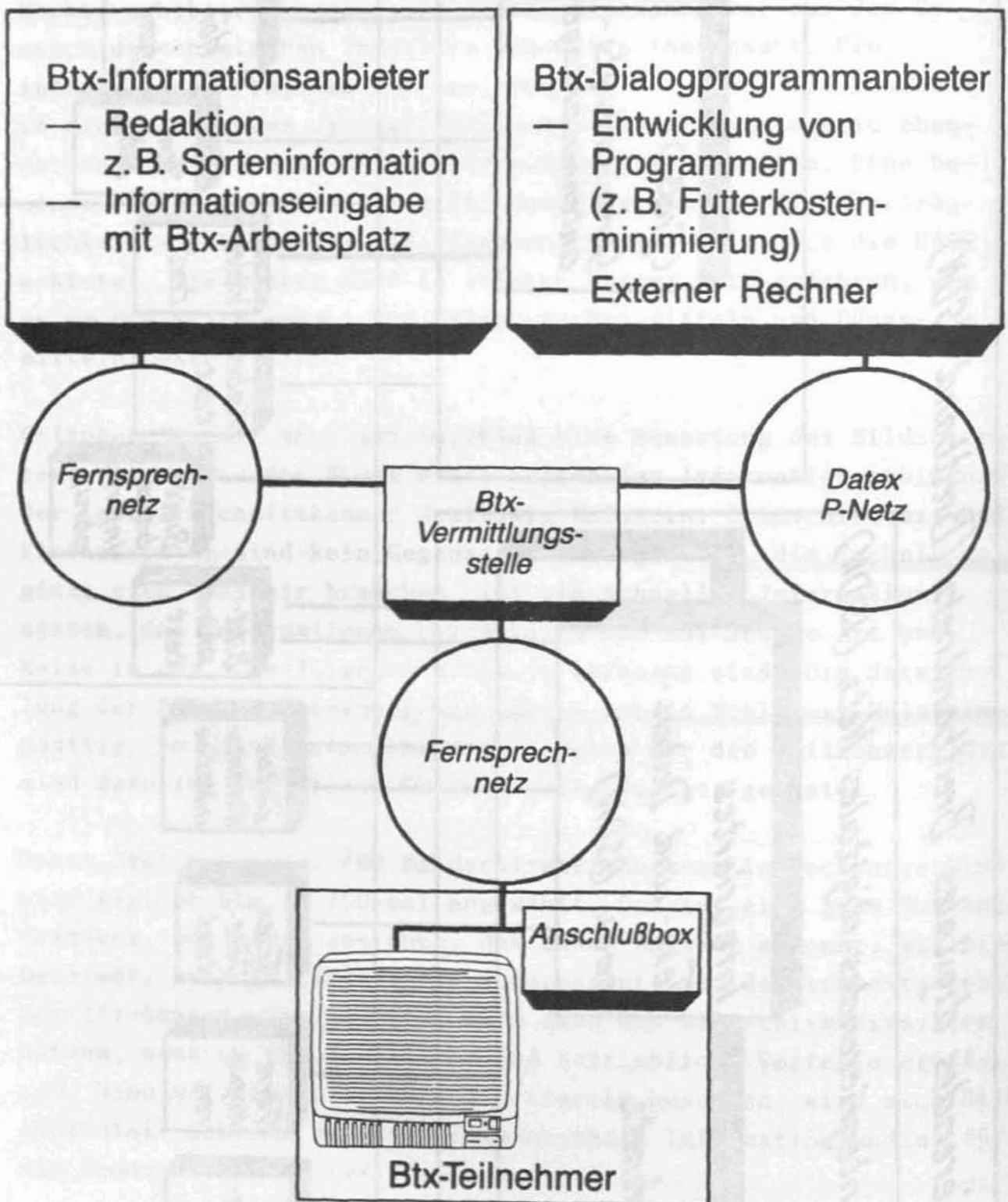
Breitband

Verteilen

Abruf

Dialog

## Btx-Netz der Deutschen Bundespost

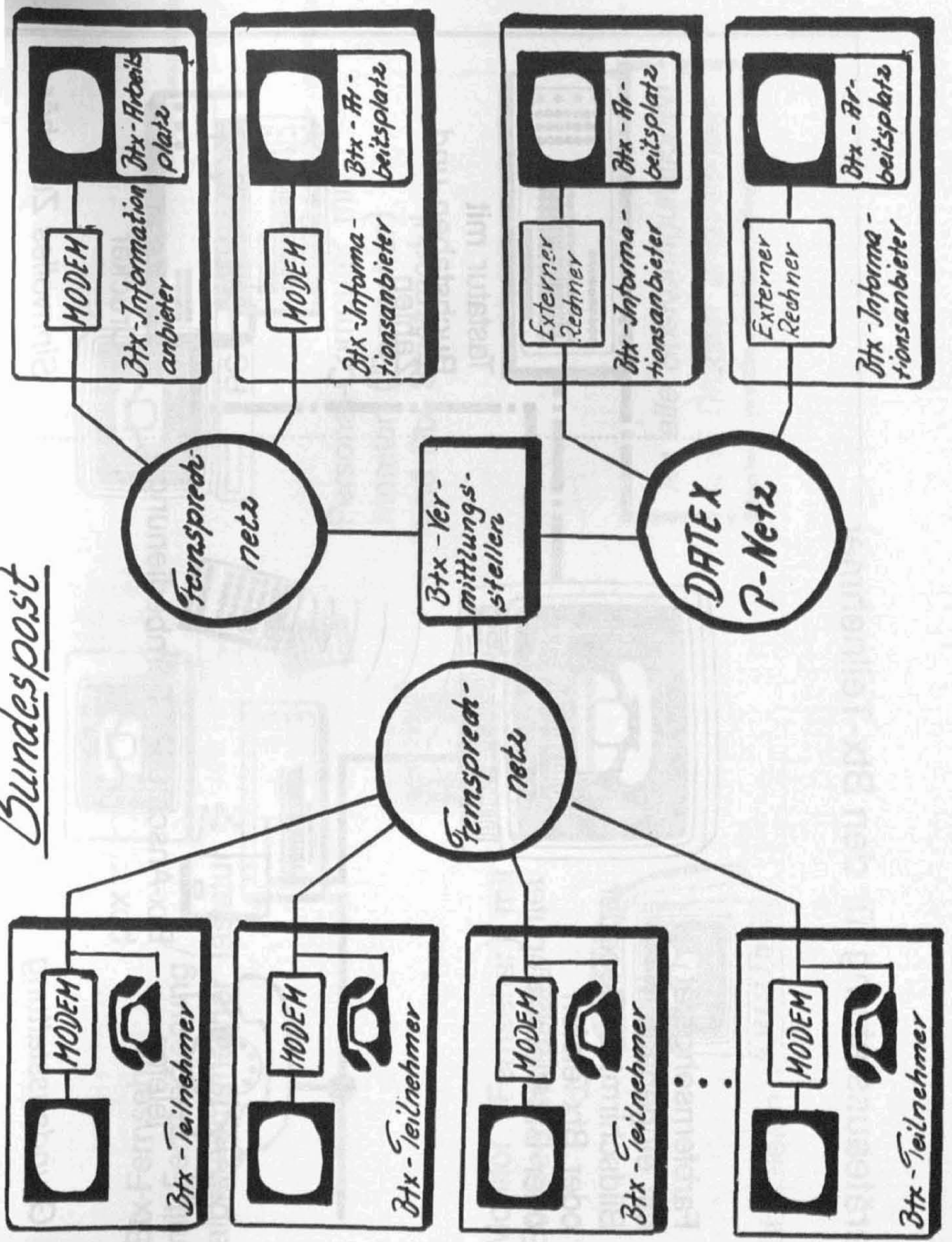


**AID**

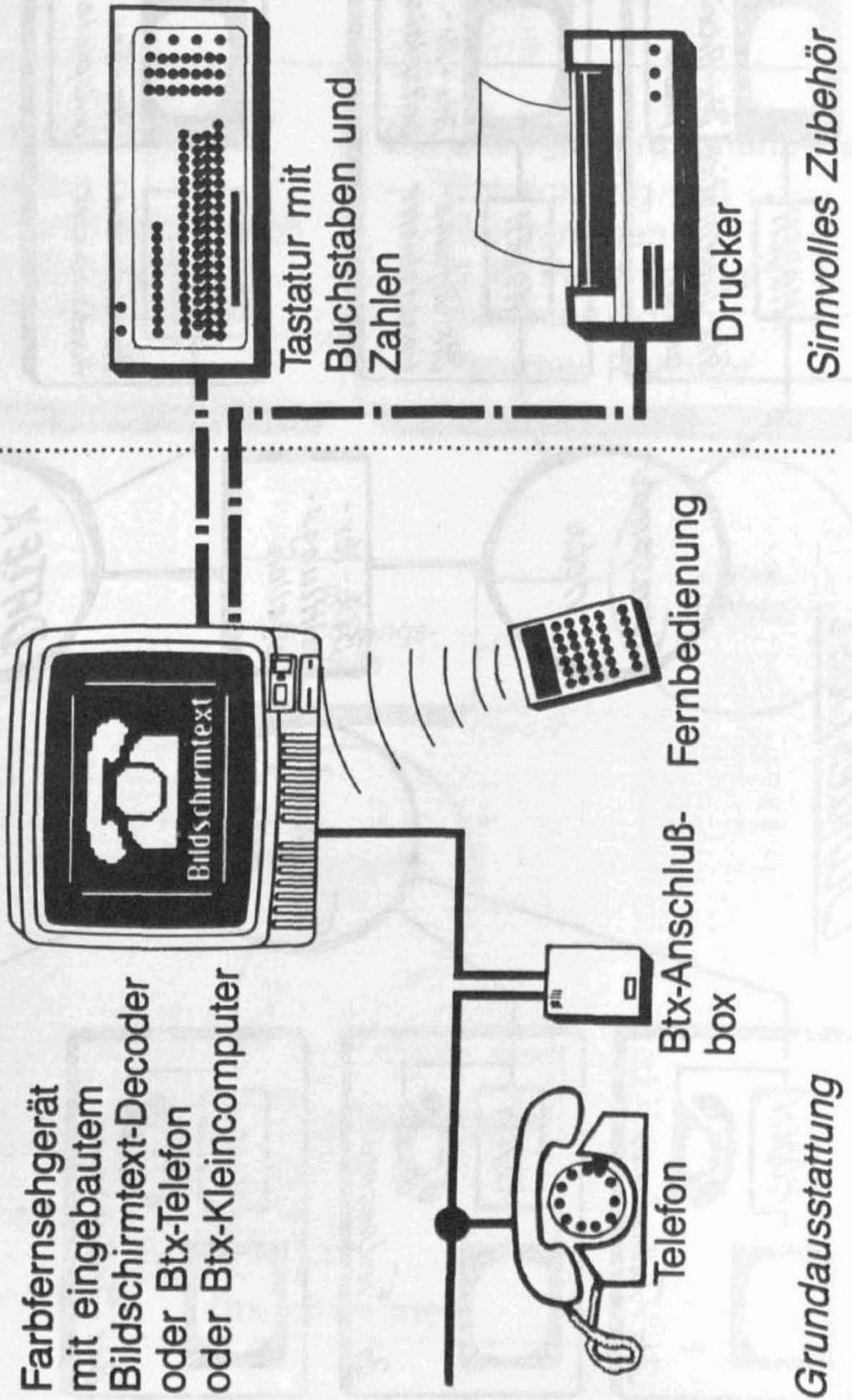
6551-3-86

# Systemstruktur des Btx-Dienstes der Deutschen Bundespost

## Bundespost



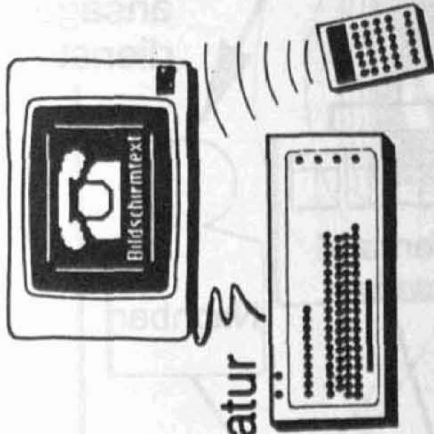
# Geräteausstattung für den Btx-Teilnehmer



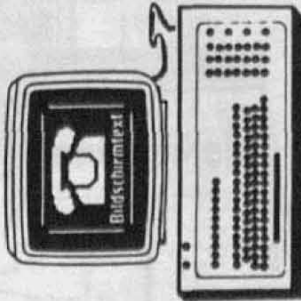
0581-3-02

# Mögliche Btx-Konfigurationen

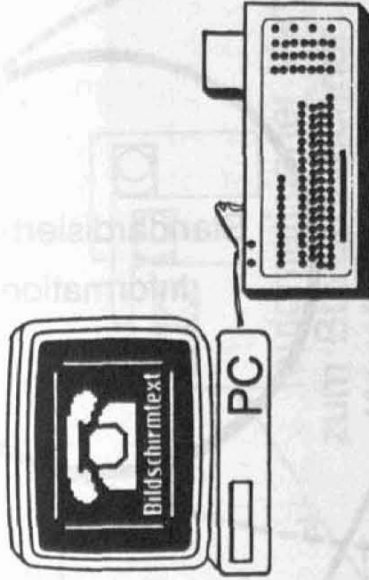
Btx-Fernseher  
mit Fernbedienung/  
alphanumerischer Tastatur



Monitor (Fernseher) mit  
Btx-Decoderastatur



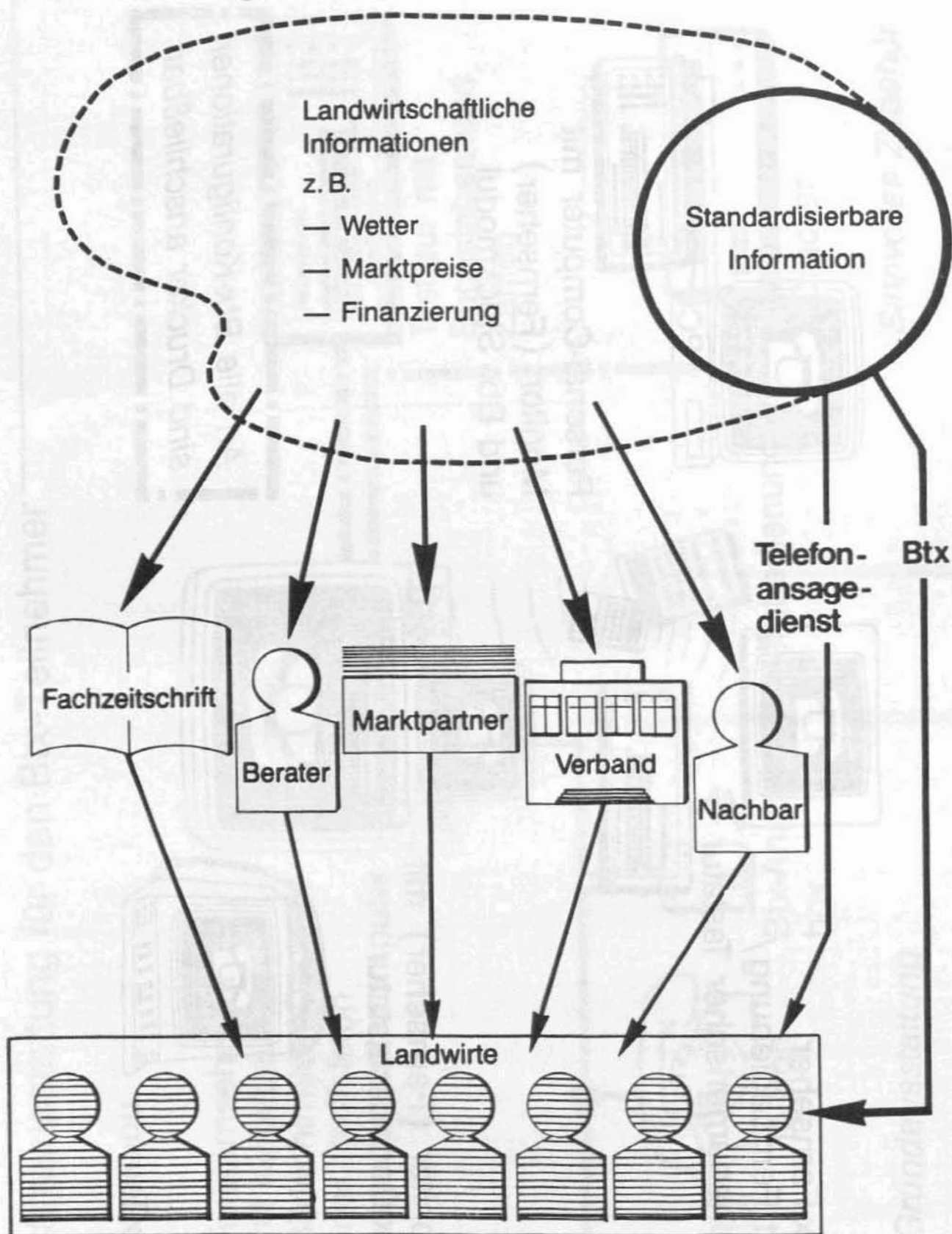
Btx-Telefon



Personal-Computer mit  
Monitor (Fernseher)  
und Btx-Steckmodul

**An alle Btx-Konfigurationen  
sind Drucker anschließbar**

# Informationswege des Landwirts

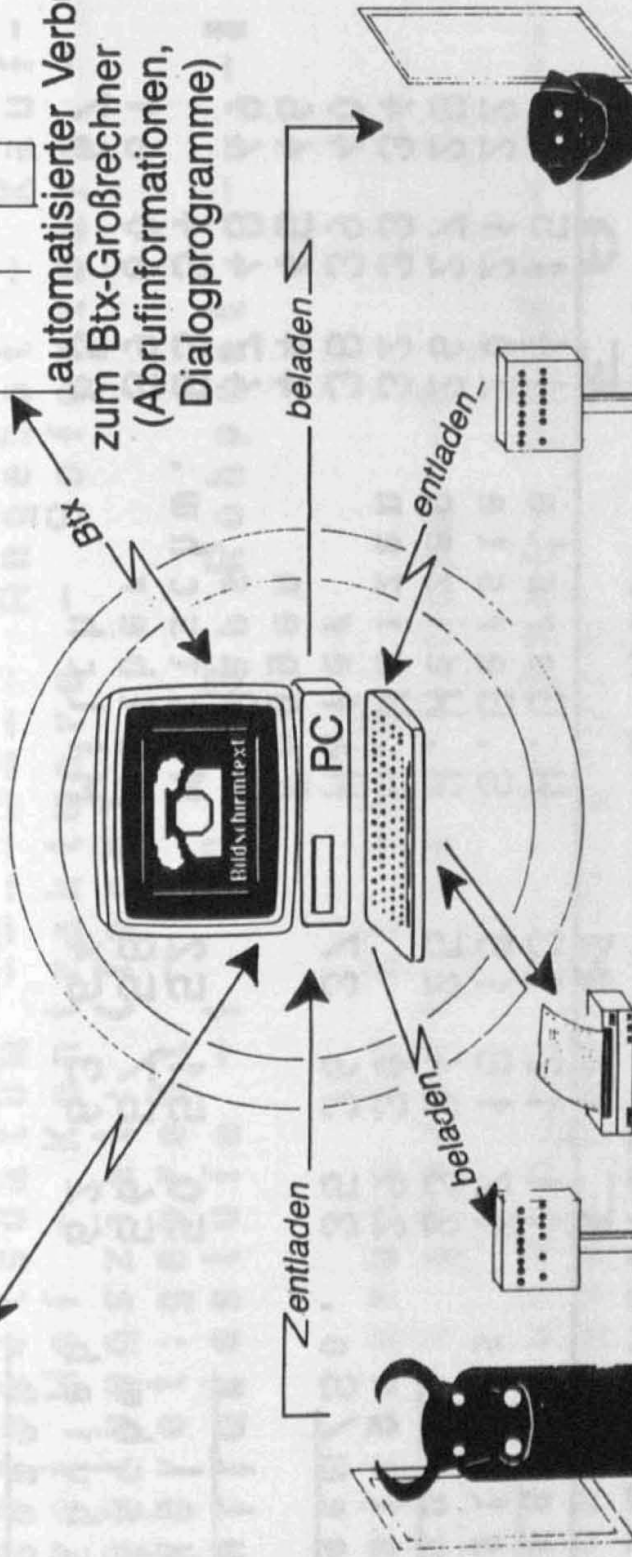


6551-7-86

# Btx-Kleincomputer – die Informationsmaschine

Buchführung, Planung,  
Schlagkartei usw.

automatisierter Verbund  
zum Btx-Großrechner  
(Abrufinformationen,  
Dialogprogramme)



Zentrale Prozesssteuerung über den  
Btx-Kleincomputer in der Milchvieh- und Schweinehaltung



Landwirtschaftsk. SH TELE AGRAR 0,00 DM

# GBG Marktplatz

E=Eingabe A=Abfrage

M=Monat Neu >66  
BETRIEBSMITTEL AB HOF

	E A M		E A M	
<u>Energie</u>	11	12	13	
<u>Sonstiges</u>	17	18	19	
<u>Pfl.sch.</u>	23	24	25	
<u>Sonstige</u>	29	30		
<u>Dungem/So.</u>	35	36	37	
<u>M.futter</u>				
<u>Ferkel</u>	50	51	52	
<u>Milchschw.</u>	56	57	58	
<u>Milchvieh</u>	62	63	64	
<u>Komponenten</u>				
<u>Soja</u>	71	72	73	
<u>Fischmehl</u>	75	76	77	
<u>Saatgut</u>	79	80	81	
<u>82 Spitzennoten</u>				
0<<				

W.Gerste	14	15	16
S.Gerste	20	21	22
W.Weizen	26	27	28
S.Weizen	32	33	34
Hafer	38	39	40
Roggen	44	45	46
W.Raps	47	48	49
Maltschw.	53	54	
Kalber	59	60	61
Milch	65		67

BBG-Anmeld./Info 74  
 Börsen/Ausschreib. 78  
 Märkte >#

Landwirtschaftsk.SH TELE AGRAR 0,00 DM

# Z u k a u f k o n d i t i o n e n

Milchviehmischfutter  
PLZ: 2300 Datum: 30.07.87  
Bitte ausfüllen: Uhrzeit: 10:59:23  
Geschäftsdatum: ---- Angebot - Kauf-  
Frei Hof - Kontraktware - Sofortware -  
Zahlungsziel: (Tage)  
Schrot: gepreßt -  
Energienstufe -1 -2 -3 Rohprot. --, -#

Anlieferung in dt ---#  
Gast geprüft ja - nein -#  
Abschlußmenge: ----dt Preis DM/dt ---, ---  
Sonstiges: Freie Angaben  
-----#

Preise bitte ohne Mwst. angeben !

920224123430238a

Landwirtschaftsk. SH TELE AGRAR 0,00 DM  
199

**M i l c h v i e h m i s c h f u t t e r**

Monat	A	Z.-ziel	Tg.	F	G	H	I	J	Preis
Angebot	B	gepreßt							DM/dl
Frei Hof	C	E-Stufe							
Kontraktware	D	Rohpreisin%							
Sofortware	E	Gastest							
	BCDE	F	GH	I	J				
Januar	x	x1-30	x2	a14	x				33,75-38,50
Februar	x	x1-30	x2	a14	x				31,20-36,00
März	x	x1-30	x2	a14	x				30,50-34,80
April	x	x1-30	x2	a14	x				30,50-32,25
Mai	xx	1-30	x2	a14	x				28,80-30,60
Juni	xx	1-30	x2	a14	x				28,00-32,00
Juli	xx	1-30	x2	a14	x				27,75-33,75
August	xx	1-30	x2	a14	x				28,20-33,75

Soia 43/44 % >> 12

SH-Notierung >> 11

0<<

tb

Landwirtschaftsk. SH TELE AGRAR 0,00 DM

*Pflanzenschutzmittelweise Frühjahr 1987*

AFU... ..18,72-19,14...DM/100kg

Vigil	
Derosal	
Cercobin fl.	21,83-23,41
Benomyl	
Custos	49,00
E 605	18,32-26,46
Pivimor	73,21-78,40
Metasystox	29,20-31,00
Dimethoat	14,99-19,30
Nata	
Temik 5 G	12,00
CCC	3,60-3,80
Terpal C	49,42
Dyrene+Bayfidan	17,00-17,44
Sportak alfa	39,87
Ripcord 10	47,63-49,10
Gropper	119,90-124,10

20 << zurück weiter >> #  
 9202246111c

Landwirtschaftsk. SH TELE AGRAR 0,00 DM  
i 99

**S p i t z e n n o t i e r u n g e n**

206 Diesel Zahlungsziel 14 Tage,  
 11 frei Hof, Sofortware  
04.09. Trend, l. fallend 8000 l / 77,9  
 230 Heizöl, Zahlungsziel 21 Tage  
 12 Sofortware  
27.08. Trend, l. fallend 20000 l / 27,8  
 221 Milchviehmischfutter Z.z: 8 Tage,  
 frei Hof, Kontraktw., gepreßt, E-St. 2,  
 13 14,5% Rpr., -- dt, Anl.  
27.08. Trend, stagnierend 600 dt / 27,93  
 230 Mastschweine All.futter, Z.z. 21 Tg.  
 frei Hof, Kontraktware, gepr. EZS 65,  
 14 0,9 Lysin, Anlief. 75 dt  
20.08. Trend, stagnierend 1000 dt / 38,50  
 Schweine vollfleischig Hamburg lebend.  
 15 14.09.87. 194/218 DM/kg LG. schlepp.  
 Sauen 156/166 DM/kg LG. mittel.

0 < < > > #  
 9202241201228a

...schaftskammer S.-H. 0,00

# Eingabe: Landmaschinen-Berechnung

Anschaffungswert	120000,00	DM
Nutzungsdauer	10,00	Jah
Restwert	032000,00	DM
Zinssanspruch	07,00	%
Nutzungsumfang/Jahr	0120,00	HA
Gebäudekosten vom AW	01,00	%
Vers.+ Steuern vom AW	02,00	%
Reparaturkosten vom AW	05,00	%
Treibstoff je Einheit	0032,00	Lit
Treibstoffpreis/Liter	00,45	DM
Öl/Treibstoff	02,00	%
Ölpreis/Liter	03,20	DM
Sonstige Kosten	00000,00	DM
Nutzungsleistung	00000,00	Std

9202249991

Landwirtschaftskammer SH 0,00

## Ergebnis: Landmaschinen-Berechnung

Festkosten/Jahr	17.720,00	DM
Festkosten/Einheit	147,66	DM
Variable Kosten/Einheit	66,44	DM
Variable Kosten/Jahr	7.972,80	DM
Ges.Kosten/Einheit	214,10	DM
Ges.Kosten/Jahr	25.692,80	DM
Ges.Kosten/Lebensdauer	256.928,00	DM

Soll fortgesetzt werden JA (JA/NEIN)

Landschaftskammer Schleswig-Holstein  
INKUS' RATIONSBERECHNUNG

0.00 DM

- 00 Programm beenden
- 01 Eingabe Grundfutterqualität
- 02 Eingabe Ausgleichsfutterqualität
- 03 Eingabe Grundfuttermenge
- Kraftfutter - Energiestufe
- Durchschnittsgewicht Kuh
- Durchschnittsfettgehalt Milch
- Ergebnis Rationsberechnung
- 04 Eingabe Ausgleichsfuttermenge
- Ergebnis Rationsberechnung
- 05 Gesamtfutterwerte eingeben
- Ergebnis Rationsberechnung
- 06 Werte auf Null setzen
- 07 Preiseingabe
- 08 Wirtschaftlichkeitsberechnung Einzelkuh
- 09 Hit - listen der Milchkuhe
- M Schrot - liste
- 01 Auswahl eingeben



Landwirtschaftskammer SH 0,00 DM

# I N K U S GRUNDFUTTER / KRAFTFUTTER

Ration für Milchkühe in kg

Heu	00,0
Weidegras	00,0
Stroh	00,0
Grassilage1	15,0
Grassilage2	00,0
Maissilage	18,0
Rüben	00,0
Rübenblatt	00,0

Kraftfutter-Energiestufe 1, 2, 3: 2 600  
 Durchschnittsgewicht einer Kuh: 600  
 Durchschnittsfettgehalt der Milch: 4,00

Absenden? Ja:19 Nein:2

SH044

Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

0,00 DM

INKUS KRAFTFUTTERBEDARF

MILCHKÜHE

Betriebsnr. : 000 000 11451

Kontrolldatum: 16. 12. 86

Herd b. - Nr. Milchb. letzter  
Pr. - tag in kg

Kraftfutter in kg  
soll ist

Diva	24.0	7.9	08.5
Dora	24.0	8.3	08.9
Dani	24.0	8.3	08.9
Dame	26.0	6.4	06.8
Flie	22.0	7.1	07.6
Gesa	20.0	5.9	06.3

0 < Ende Weiter > 1

Landwirtschaftskammer Schleswig - Holstein 0,00 DM  
INKUS HIT-LISTE II MILCHKÜHE

Betriebsnr.: 000 000 114 51

Kontrolldatum: 16. 12. 86

Herd-Nr. Vergleichswert in DM/kg  
Jahr 100 Tage 200 Tage Laktation

Diva 0,46 0,49 0,47 0,45

Dora 0,49 0,53 0,50 0,49

Dani 0,55 0,52 0,50 0,49

Dame 0,41 0,53 0,50 0,48

Flie 0,49 0,53 0,51 0,49

Gesam 0,49 0,53 0,51 0,49

1 0 < Ende Weiter > 1

NUR ZIFFERN ERIEBT

PR 070

Selektion zur Milchquotenzeit

Selektion falsch

Selektion richtig

Begrenzender Faktor

30.000 kg Milchquote

30.000 kg Milchquote

Selektion nach:

Milch-kg / Kuh

Überschuß / kg Milch

Kühe:

Buche

10.344

Gudrun

0.699

Gudrun

7.943

Ginster

0.671

Dina

7.837

Gitte

0.648

Gloria

7.577

Dina

0.612

0.16

Gloria

0.562

Sä. Milch-kg

30.000

30.000

Ø Fett %

4.64

5.13

Überschuß\* Sä. (DM)

17.961

19.609

Differenz

1.648

## Hardware-Ausrüstungen für den landwirtschaftlichen Betrieb

von Dr. Georg Wendl, Bayerische Landesanstalt für Landtechnik  
der Technischen Universität München, Freising-Weißenstephan

### 1. Einleitung

Die Mikroelektronik hat sich in den letzten 3 Jahrzehnten stürmisch entwickelt; sie ist zu einem Symbol für den technischen Fortschritt geworden und gilt als die Zukunftstechnologie schlechthin. Keine andere Technik, so wird behauptet, wird unser Leben im nächsten Jahrzehnt so verändern wie die Mikroelektronik. Der Computer hat nicht nur in der Fertigungsindustrie oder im Büro, sondern auch bereits im Haushalt seinen Einzug gehalten (Beispiele: CAD, NC-Maschinen, Textverarbeitung, Waschmaschine, u.a.). Deshalb wird die EDV-Branche als eine der zukunftsträchtigsten Wirtschaftszweige betrachtet, die mit jährlichen Zuwachsraten von über 10 % aufwarten kann.

Auch die Landwirtschaft konnte sich dem Vordringen der EDV nicht entziehen. Waren früher reine Anwendungen in der eigentlichen Informationsverarbeitung auf externen Großcomputer anzutreffen (z.B. Buchführung oder LKV-Auswertungen), so hat in den letzten 10 Jahren der Prozeßrechner und speziell in den letzten 4 Jahren der Personal-Computer auf dem einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb Einzug gehalten.

### 2. Stand des Computereinsatzes

#### 2.1 Einteilung in Computerklassen

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Computer lassen sich grundsätzlich in ein Schema einteilen, das in Tabelle 1 zu finden ist. Diese Einteilung ist jedoch nicht immer zweifelsfrei, weil die Übergänge zwischen den einzelnen Klassen fließend sind; dennoch kann diese Gruppierung die wesentlichsten Merkmale herausstellen.

Tabelle 1: Einteilung der Computer nach Produktklassen

Gruppe	Merkmale
Mainframe	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ große Universalrechner (24 MB Hauptspeicher)</li> <li>■ z.T. über 500 Bildschirme</li> <li>■ Einsatzgebiete (Rechenzentren z.B. Universitäten, Banken)</li> <li>■ Preis: &gt; 1 Mio. DM</li> </ul>
Minicomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ mittlere Datentechnik</li> <li>■ Computerleistung vor Ort (Abteilungsrechner)</li> <li>■ Mehrplatzsysteme (20 - 100 Bildschirme)</li> <li>■ Preis: &gt; 100.000 DM</li> </ul>
Microcomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Ein - Chip - Prozessor</li> <li>■ leistungsstarke Einplatzsysteme (Workstations)</li> <li>■ kleinere Mehrplatzsysteme</li> <li>■ Preis: 10.000 - 100.000 DM</li> </ul>
Personal Computer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Single-User- / Single-Tasking System (z. B. MS-DOS)</li> <li>■ große Zuwachszahlen seit 1983</li> <li>■ Preis: 2.000 - 15.000 DM</li> </ul>
Homecomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ weltweit größte Verbreitung</li> <li>■ Hobby- oder "Spielcomputer"</li> <li>■ Preis: 500 - 2.000 DM</li> </ul>
Prozeßcomputer	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ spezieller Computer zur Prozeßsteuerung</li> <li>■ kein Betriebssystem</li> <li>■ Preis: 4.000 - 8.000 DM (z.B. Fütterungscomputer)</li> </ul>

Großcomputer (Mainframes oder Hosts) sind große Universalrechner, die ausschließlich in Rechenzentren installiert allgemeine Informationsverarbeitung betreiben. Die zur Verfügung stehende Rechenkapazität wird von den verschiedensten Benutzern für die vielfältigsten Aufgaben an unterschiedlichen Orten verwendet. Demgegenüber befindet sich ein Minicomputer am Ort des Bedarfs, um spezifische Aufgaben in einer engeren Umgebung (Abteilung, Firma) zu lösen und die EDV-Leistung zu dezentralisieren.

Durch die zunehmende Miniaturisierung der elektronischen Bauteile wurde der Bau von Mikrocomputern möglich. Bei diesen ist die gesamte Funktionalität des Prozessors auf einem Chip in der Größe eines Daumennagels vereinigt. Als Mikrocomputer gelten sowohl kleinere Mehrplatzsysteme als auch leistungsstarke Einplatzsysteme (Workstations) und die sogenannten Personal-Computer, die als typische Single-User-/Single-Tasking-Systeme arbeiten. Gerade diese Computerklasse hatte in den letzten 5 Jahren große Verkaufszahlen bei stark sinkenden Preisen erreichen können. Homecomputer, zahlenmäßig die größte Gruppe, werden i.d.R. nicht kommerziell genutzt, sondern als Hobbycomputer oder Spielcomputer gerade bei Jugendlichen eingesetzt. Dagegen dienen Prozeßcomputer in Produktions- und/oder Überwachungsvorgängen spezifischen genau definierten Aufgaben und sind dafür auch ausgerüstet (Aktoren, Sensoren, rauhes Einsatzklima). Für den landwirtschaftlichen Betrieb sind insbesondere Personal-Computer und Prozeßcomputer von Interesse.

## 2.2 Stückzahlen in den landwirtschaftlichen Betrieben

Etwa seit Mitte der 70er Jahre werden auf dem einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb Prozeßrechner installiert. Über die derzeit in der landwirtschaftlichen Produktion vorhandenen Prozeßrechner gibt Tabelle 2 Auskunft. In der Tierhaltung sind Kraftfutterabruftautomaten und Flüssigfütterungsanlagen am weitesten verbreitet. Ebenfalls haben Kälbertränkeautomaten schon beachtliche

Stückzahlen erreichen können. Dagegen sind noch relativ wenig Milchmengenerfassungssysteme und Futterabrufautomaten für Zuchtschweine anzutreffen.

Tabelle 2: Stand des Einsatzes von Prozeßcomputern im landwirtschaftlichen Betrieb (Stand: I/88)

Produktionszweig	Anwendung	Stückzahl
Milchvieh	Kraftfutterabrufautomat	4000-5000
	Milchmengenerfassung	100 - 150
	Kälbertränkeautomat	1000
Schweine	Flüssigfütterungsanlage	6000-7000
	Futterabrufautomat	100
Pflanzenproduktion	elektr. Hubwerksregelung	20000
	Spritzcomputer	2500
	Düngecomputer	200
	Überwachungscomputer (Verluste, Maschinenüberwachung)	3000
	Fahrhinweissystem	100
	Schlupfregelung	100

In der Pflanzenproduktion ist beim Schlepper die elektronische Hubwerksregelung am stärksten verbreitet (z.T. schon Serienausrüstung). Fahrhinweissysteme und Schlupfregelsysteme sind dagegen noch sehr wenig zu finden. Häufig wird auch schon bei Verteilgeräten (Pflanzenschutzspritzen, Düngerstreuern) ein Prozeßrechner zur Regelung der Ausbringmenge in Abhängigkeit von der Vorfahrtgeschwindigkeit eingesetzt. Prozeßrechner zur Überwachung von Maschinen haben inzwischen auch größere Stückzahlen erreichen können (z.B. Maissägeräte, Körnerverlustmonitore, Bordinformatoren). Die zuletzt genannten Prozeßrechner sind vielfach als Insellösungen realisiert, doch gewinnen die zukunftssträchtigen Universalgeräte an Bedeutung.



Im Vergleich zu den vorhandenen Prozeßrechnern ist die Zahl der Betriebscomputer relativ gering (Tabelle 3). Etwa 1000 bis 1500 Landwirte setzen einen Personal-Computer als Betriebsrechner ein. Diese sind jedoch meist noch nicht mit einem Prozeßrechner gekoppelt und dienen ebenfalls noch kaum als Btx-Teilnehmergerät. Bisherige Haupteinsatzgebiete sind Programme für die Buchführung, die Schlagkartei und für das Management in der Zuchtsauenhaltung. Großen Eingang haben Personal-Computer auch in landwirtschaftlichen Behörden zur Beratung, Ausbildung und Schulung gefunden. Allein in den bayerischen Landwirtschaftsschulen werden z.Z. etwa 850 PC's für den Schulunterricht eingesetzt.

Tabelle 3: Stand des Einsatzes von Personal-Computern in der Landwirtschaft (Stand: I/88)

Personal Computer im landw. Betrieb	
Stückzahlen:	
PC als Betriebscomputer	1000 - 1500
PC mit Btx - Anschluß	100
PC mit Prozeßrechneranschluß	100
Einsatzgebiete:	
Rechnungswesen	Buchführung
Ackerbau	Schlagkartei, Düngeplanung
Schweine	Sauenplaner, Mastprogramm
Rinder	Kuhplaner, Bullenmastprogramm
PC in landw. Behörden (Beratung und Schule) ca. 1200 Stück (Bayern ca. 850)	

### 2.3 Preisentwicklung

Die Entwicklungsgeschwindigkeit in der Mikroelektronik ist sehr hoch und führt zu einem sich ständig verbessernden Preis-/Leistungsverhältnis. So kommt es bei konstantem Preis zu immer leistungsstärkeren integrierten Schaltkreisen (IC's) oder bei

konstanter Leistung zu immer preiswerteren Bauteilen. Beispielsweise lag der Preis für einen 256-Kilobit-Chip im 4. Quartal 1984 bei 22 Dollar, heute kostet der gleiche Chip nur mehr 2,10 Dollar (SZ 31/8.2.1988). Die Preisreduzierung bei den IC's schlägt auch auf die Computerpreise durch. Wie aus Tabelle 4 zu ersehen ist, ist der Anschaffungspreis für einen ausgewählten Personal-Computer (IBM XT) in den letzten 4 Jahren auf etwa 20 % des ursprünglichen Wertes gefallen. Der enorme Preisrückgang ist neben der rasanten Hardware- und Software-Entwicklung auch in der starken Konkurrenzsituation unter den Hardwareherstellern begründet.

Tabelle 4: Preisentwicklung auf dem PC-Sektor

Hardware: IBM PC XT, 8088 Prozessor 4,77 MHz, 512 KB Hauptspeicher, 360 KB Disketten- laufwerk, 10 MB Festplatte, serielle und parallele Schnittstelle, ohne Bildschirm		
ab 01.01.1987: 20 MB Festplatte, 640 KB Hauptspeicher		
Preisstand	Preis o. MWSt	relativ zu 12/83
01.12.1983	17.926,-	100
15.10.1985	12.570,-	70
01.01.1987	6.765,-	38
15.10.1987	4.010,-	22

In Abbildung 1 ist der Preisverfall für IBM PC-kompatible Geräte während des Jahres 1987 dargestellt. Sehr deutlich wird daran, daß die Ankündigung einer neuen PC-Familie (PS/2) durch die Firma IBM zum Monat April einen kräftigen Preisrückgang bewirkte. Ein Hauptgrund dafür ist sicherlich in der dadurch eingetretenen Marktverunsicherung zu sehen.

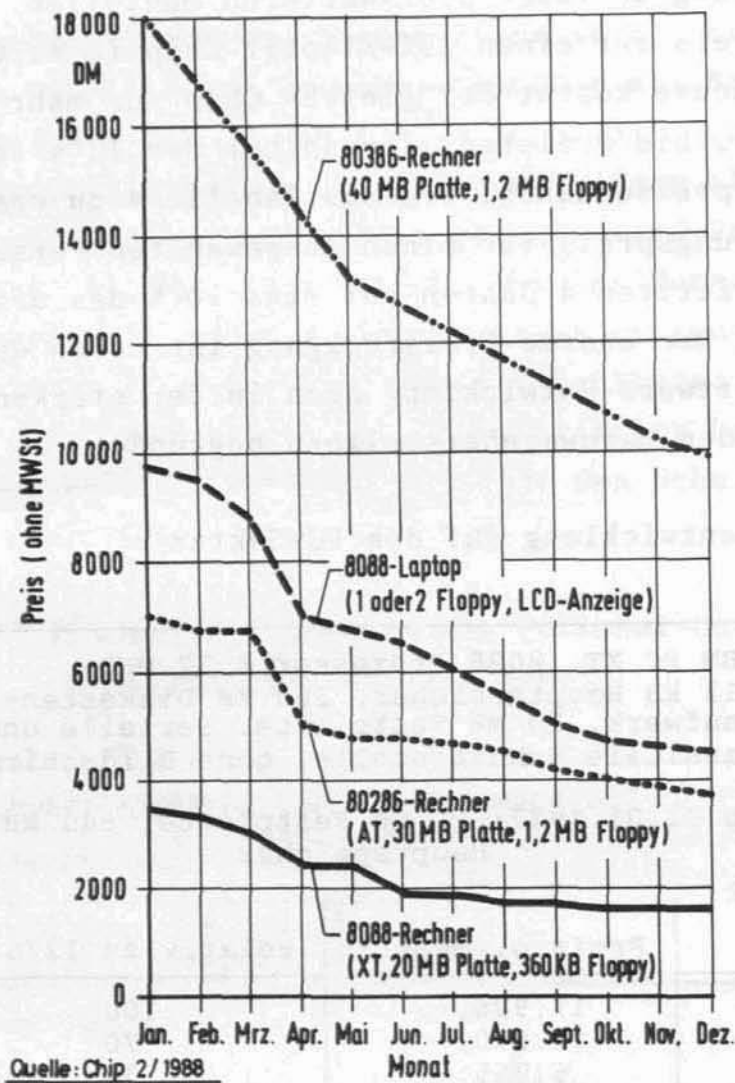


Abbildung 1: Preisentwicklung von IBM PC kompatiblen PC's 1987

### 3. Aufbau eines Computersystems

#### 3.1 Verwendete Prozessortypen

Das Herz eines Computers stellt der Prozessor (Rechenwerk, Steuerwerk, Register) dar. Die wichtigsten Prozessorhersteller mit ihren Prozessorfamilien sind in Tabelle 5 wiedergegeben. Je nach der Registergröße und Datenbusbreite werden sie in 8-, 16- oder 32-Bit-Prozessoren unterteilt. 8-Bit-Prozessoren haben in

den 70er Jahren bei den ersten Mikrocomputern unter dem Betriebssystem CP/M große Bedeutung erlangt. Heute werden sie vielfach noch bei Homecomputern, Prozeßrechnern, intelligenten Steuerungen und dergleichen eingesetzt. Die jetzigen Personal-Computer mit dem Betriebssystem MS-DOS sind fast ausschließlich mit 16-Bit-Prozessoren der Firma Intel bestückt. Künftig wird deren 32-Bit-Generation auch bei Personal-Computern eingesetzt werden. Diese Prozessoren werden heute schon in leistungsstarken Workstations und Minicomputern verwendet (hauptsächlich mit dem Betriebssystem UNIX).

Tabelle 5: Die wichtigsten Mikroprozessortypen und ihre Hersteller

Hersteller	Familie		
	8 Bit	16 Bit	32 Bit
Intel	8080 8085	8088/86 80286	80386
Motorola	6800 6805		68000 68020
Zilog	Z 80 Z 80 A	Z 8000	Z 80000 Z 80180

### 3.2 Aufbau eines Prozeßrechners

Ein Prozeßrechnersystem hat die Aufgabe, mit einem Produktionsprozeß einen Dialog zu führen. Dies bedeutet, daß der Prozeßrechner über entsprechende Einrichtungen (Sensoren) Daten erfassen muß, daraus Entscheidungen abzuleiten hat und die getroffenen Entscheidungen durch geeignete Hardware (Aktoren) in die Tat umzusetzen hat. Außerdem muß er mit dem Menschen über Bedien- und Anzeigeelemente kommunizieren können. Der Prozeßcomputer ist ein speziell auf eine bestimmte Arbeit hin konzi-

pierter Computer und kann nicht für andere Zwecke eingesetzt werden. In Abbildung 2 ist der schematische Aufbau eines Prozeßrechners dargestellt, so wie er in der Milchviehhaltung als Hauptprozeßrechner für die Kraftfutterzuteilung und die Milchmengenmessung eingesetzt wird. Er besteht im wesentlichen aus einer "Black Box" und verschiedenen Eingabe- und Ausgabevorrichtungen. Kernstück der Anlage ist die Black Box, in der die Stromversorgung und die sogenannten Steckkarten untergebracht sind. Die Stromversorgung (Filter, Sicherung, Gleichrichter, Transformator, Kondensator, Batterie, Netzkarte) stellt die entsprechenden Spannungen zur Verfügung, die von den verschiedenen Systemteilen benötigt werden. Der eigentliche Prozeßrechner besteht aus verschiedenen Steckkarten, die in eine Busplatine an der Rückseite gesteckt sind. Die einzelnen Steckkarten werden je nach ihrer Funktion unterteilt in

- die Prozessorkarte, auf der der Mikroprozessor und meist auch die Speicher für die Festprogramme (EPROM's) untergebracht ist,
- die Speicherkarten mit den Bausteinen (RAM's) zur Speicherung der flüchtigen Daten und
- die Ein-/Ausgabekarten, die den Prozeßrechner mit der Außenwelt verbinden (Sensoren, Aktoren, Display, Tastatur).

Der Einsatz der Mikroelektronik hat in den 70er Jahren mit einer einfachen Prozeßtechnik begonnen, die z.B. in der Milchviehhaltung nur das Kraftfutter auf Vorgabe durch den Menschen in gewissen Portionen zeitabhängig zuteilen konnte. Die Systeme waren vielfach ohne Drucker, Bildschirm und Tastatur ausgerüstet und hatten meist nur sehr begrenzte Eingabe- und Anzeigemöglichkeiten. Im Zuge der Entwicklung wurden aber diese Systeme ausgebaut und mit Aufgaben der Informationsverarbeitung betraut (in der Milchviehhaltung z.B. Milchmengenerfassung, Terminüberwachung, Datenfortschreibung, Stammdatenverwaltung, Futterplanung).

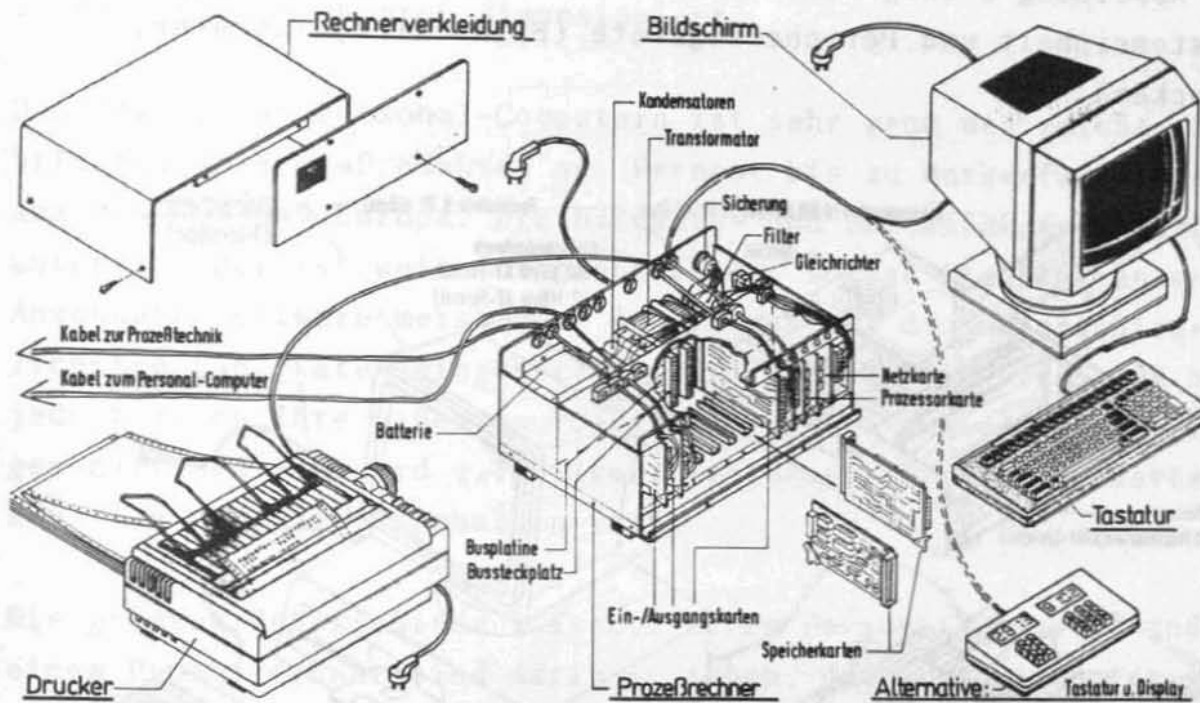


Abbildung 2: Schematischer Aufbau eines Prozeßrechners

Dieser Ausbau hatte zur Folge, daß bedingt durch den umfassenderen Dialog des Landwirts mit dem Computer komfortablere Eingabe- und Ausgabemöglichkeiten zu Verfügung gestellt wurden (EDV-Standardbildschirm mit voller Tastatur, Drucker und Menüführung durch das Programm). Dennoch stoßen auch diese ausgebauten Prozeßrechner an ihre Grenzen und können die wachsenden Bedürfnisse im Bereich des Managements nicht befriedigen (keine längerfristige Datenspeicherung möglich, nur aggregierte Daten, keine Einzeldaten, keine anderen Programme).

### 3.3 Aufbau eines Personal-Computers

Während der Prozeßrechner auf eine ganz spezielle Aufgabe hin ausgerüstet ist (Dialog mit einem bestimmten Produktionsprozeß), steht bei einem Personal-Computer die Universalität im Vordergrund. Auf dem Markt hat sich in den vergangenen Jahren nach dem Vorbild des IBM PC ein Standard PC herausgebildet, der schematisch

in Abbildung 3 dargestellt ist. Er besteht aus den Baugruppen Systemeinheit und Peripheriegeräte (Bildschirm, Tastatur, Drucker).

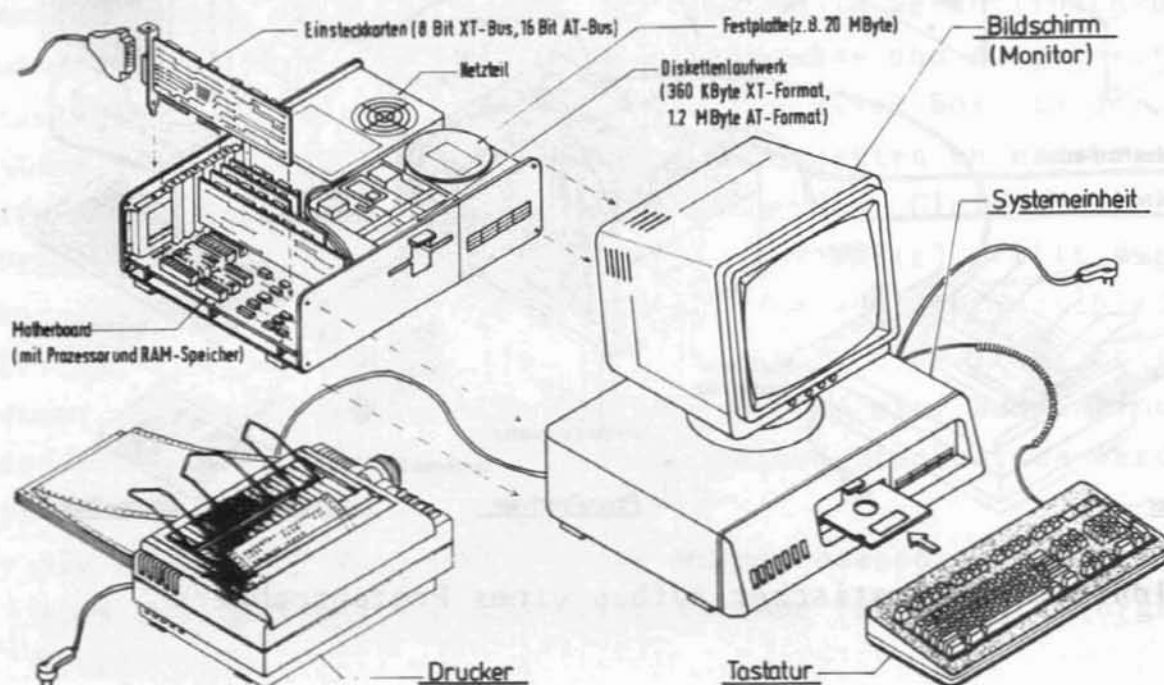


Abbildung 3: Schematischer Aufbau eines Personal-Computers

In der Systemeinheit befinden sich die Stromversorgung, das Motherboard mit der CPU und dem internen Speicher (ROM, RAM), der externe Speicher (Disketten- und Magnetplattenlaufwerk) und diverse Steckkarten zur Speichererweiterung oder zum Anschluß von Peripheriegeräten.

Entsprechend der Typenbezeichnung der IBM-Systeme wird allgemein von XT- und AT-Geräten gesprochen. XT-Geräte basieren auf dem langsameren 8088-Intel-Prozessor mit nur einem 8-Bit breiten Datenbus und werden zunehmend mehr von den AT-Geräten mit dem wesentlich leistungsfähigeren 80286-Intel-Prozessor und einem 16-Bit breiten Datenbus verdrängt. 32-Bit-Personal-Computer mit dem 80386-Intel-Prozessor werden zwar auch schon an-

geboten sind aber momentan für den einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb zu groß dimensioniert.

Das Angebot an Personal-Computern ist sehr groß und reicht von billigen No-Name-Produkten aus Fernost bis zu Markenfabrikaten aus den USA und Europa. Die Hardware- und Softwarekompatibilität untereinander ist weit fortgeschritten, so daß Steckkarten und Anwendungssoftware meist ohne Änderungen auf den unterschiedlichsten Fabrikaten eingesetzt werden können. Die Firma IBM hat jedoch durch ihre neuesten PC-Produkte (PS/2-Linie) den von ihr geschaffenen Standard z.T. wieder verlassen. Bleibt abzuwarten, wie sich der Markt verhalten wird.

Die größten Unterschiede zwischen einem Personal-Computer und einem Prozeßrechner sind darin zu sehen, daß Prozeßcomputer

- über kein Betriebssystem verfügen,
- im Dauerbetrieb mit einem bestimmten Festprogramm laufen,
- keine peripheren Speichermedien für längerfristige Datenspeicherung besitzen,
- und sehr spezialisierte Rechenanlagen sind, die im rauen Einsatzklima genau definierte eng begrenzte Aufgaben zu erfüllen haben.

#### 4. Einsatzkonzept Prozeßcomputer - Betriebscomputer

##### 4.1 Einsatzgebiete des Computers

Der Computer kann entsprechend seinen Fähigkeiten (hohe Rechenleistung, fehlerfreies Arbeiten, ständige Verfügbarkeit, schnelle Reaktionszeit, u.a.) allgemein im landwirtschaftlichen Betrieb

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



In Abbildung 4 sind schon realisierte Beispiele für die Tierproduktion und die Pflanzenproduktion zu finden.

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

Abbildung 4: Einsatzgebiete der Mikroelektronik in der Landwirtschaft

#### 4.2 Aufgabenverteilung

Wie aus dem Vorangegangenen hervorgeht, haben der Prozeßcomputer und der Personalcomputer unterschiedliche Fähigkeiten und Stärken. Diese gilt es so zu nutzen, daß sich beide Seiten bei geringsten Kosten optimal ergänzen. Der Prozeßrechner hat seine Stärken in der Datenerfassung und in der Steuerung, während der Personal-Computer als Betriebscomputer zur Speicherung umfangreicher Daten und zu deren Verarbeitung geeignet ist. Deshalb sollte der Prozeßcomputer von allen Arbeiten der Informationsverarbeitung weitgehend entbunden und diese Aufgabenstellung dem Betriebscomputer übertragen werden. Wie eine derartige Verbundlösung aussehen kann, zeigt Abbildung 5 am Beispiel der

Milchviehhaltung. Dabei wird davon ausgegangen, daß alle Arbeiten der reinen Informationsverarbeitung und der Datenspeicherung von einem Betriebscomputer übernommen werden, und alle Arbeiten, die direkt in den Produktionsprozeß eingreifen (Datenerfassung und Ansteuerung von bestimmten Aktoren), von spezifischen "abgemagerten" Prozessoren durchgeführt werden.

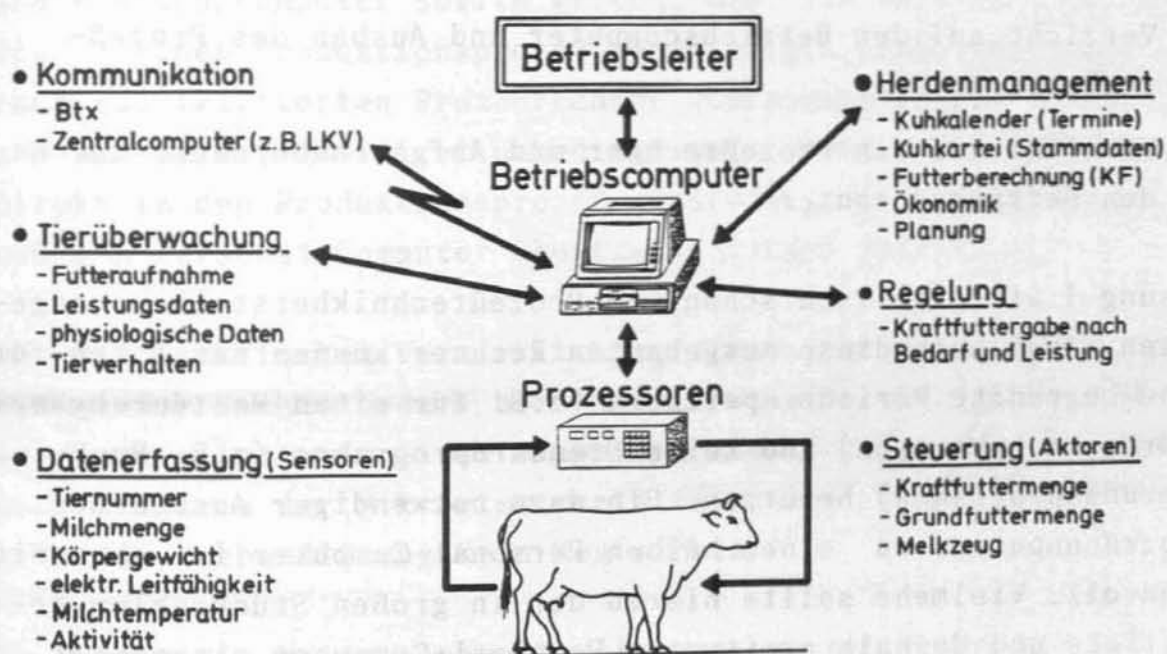


Abbildung 5: Rechnergestützte Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung

Die wesentlichsten Vorteile eines derartigen Konzeptes sind folgende:

- eindeutige Arbeitsteilung
- einfachere Hardware und Software für Prozeßrechner
- höherer Komfort auf Betriebsrechner (Bildschirm, Tastatur, Speicherplatz, höhere Programmiersprachen)
- zentrale Datenhaltung auf Betriebsrechner (zentraler Managementcomputer)

- immer gleiche Benutzeroberfläche auf PC
- bessere Benutzerführung (Menütechnik auf PC möglich)
- Personal-Computer preiswert

An dieser Verbundlösung zwischen Betriebscomputer und Prozeßcomputer wird vielfach bemängelt, daß zwei Computer notwendig sind; deshalb wird die Frage aufgeworfen, ob nicht auf einen verzichtet werden kann. Als Alternativen stehen zur Verfügung:

1. Verzicht auf den Betriebscomputer und Ausbau des Prozeßrechners
2. Verzicht auf den Prozeßrechner und Aufgabenübernahme durch den Betriebscomputer

Lösung 1 wird vielfach schon von Prozeßtechnikherstellern angeboten. Aber auch diese ausgebauten Rechner können nur Daten für eine begrenzte Periode speichern (z.B. für einen Mastdurchgang oder eine Laktation) und keine Standardprogramme (z.B. Buchführungsprogramme) benutzen. Ein dazu notwendiger Ausbau des Prozeßcomputers zu einem halben Personal-Computer ist aber nicht sinnvoll. Vielmehr sollte hierzu der in großen Stückzahlen gefertigte und deshalb preiswerte Personal-Computer eingesetzt werden. Der landwirtschaftliche Markt ist so eng, daß keine teureren Eigenentwicklungen zu finanzieren sind. Nur dort, wo auf keine Standardlösung zurückgegriffen werden kann, ist eine Eigenentwicklung zu rechtfertigen. Ansonsten sollten auf dem Markt erhältliche Standardprodukte eingesetzt werden.

Auch Lösung 2 ist zwar denkbar, aber mit dem derzeit verwendeten Betriebssystem MS-DOS kaum realisierbar; denn damit kann nur ein Programm abgearbeitet werden, so daß der Personal-Computer dauernd durch die Prozeßsteuerung blockiert und nicht für andere Programme verwendbar wäre. Ob der Personal-Computer außerdem dem Dauerbetrieb stand hält, ist zu bezweifeln. Weiter kommt hinzu, daß bei einem Ausfall des Betriebsrechners das gesamte Prozeßsteuerungs-

system stillsteht. Wird jedoch die eigentliche Prozeßsteuerung von spezifischen Prozeßrechnern durchgeführt, die für eine gewisse Zeit vollkommen autonom arbeiten können, so ist die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems wesentlich höher. Selbst bei Ausfall eines Prozeßrechners können die anderen in gewissen Grenzen ungestört weiterarbeiten.

Als Kriterium für die Aufgabenverteilung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer sollte gelten, daß alle Aufgaben, die ständig in einem Produktionsprozeß zu erledigen sind, von einem darauf spezialisierten Prozeßrechner übernommen werden sollten, und daß alles, was nicht unbedingt zeitgebunden ist und nicht direkt in den Produktionsprozeß eingreift, einem standardmäßigen Personal-Computer übertragen werden sollte.

Bei der praktischen Verwirklichung dieses Konzeptes herrscht noch ein großer Nachholbedarf bei landwirtschaftlichen Hard- und Softwareherstellern. Im Sinne eines leistungsfähigen und preisgünstigen Einsatzes der Mikroelektronik führt aber an dieser integrierten Verbundlösung kein Weg vorbei.

Es gibt somit keine sinnvolle Alternative zur vorgestellten integrierten Verbundlösung zwischen Betriebscomputer und Prozeßcomputer. Entsprechend diesem Konzept könnte der in Abbildung 2 dargestellte, marktgängige Prozeßrechner erheblich "abgespeckt" (Drucker, Bildschirm, Software) und damit wesentlich kostengünstiger angeboten werden.

Integrierte Verbundlösungen zwischen mehreren Prozeßrechnern und einem Betriebscomputer sind noch nicht Stand der Technik, sie befinden sich erst in der Entwicklungs- und Pilotphase. Momentan sind in der Praxis fast ausschließlich autarke Insellösungen installiert, bei denen die Prozeßrechner und der Betriebscomputer isoliert nebeneinander stehen. Von der Landtechnik Weihenstephan wird intensiv an dieser Problematik gearbeitet. In drei verschie-

denen praktischen Milchviehbetrieben mit unterschiedlicher Hardware wurde die Kopplung von Fütterungscomputer und Betriebscomputer durchgeführt und entsprechend unserem Konzept eine Arbeitsteilung zwischen Prozeßrechner und Betriebscomputer bereits teilweise vollzogen. Abbildung 6 zeigt als Beispiel dafür die Konfiguration auf einem Milchviehbetrieb.

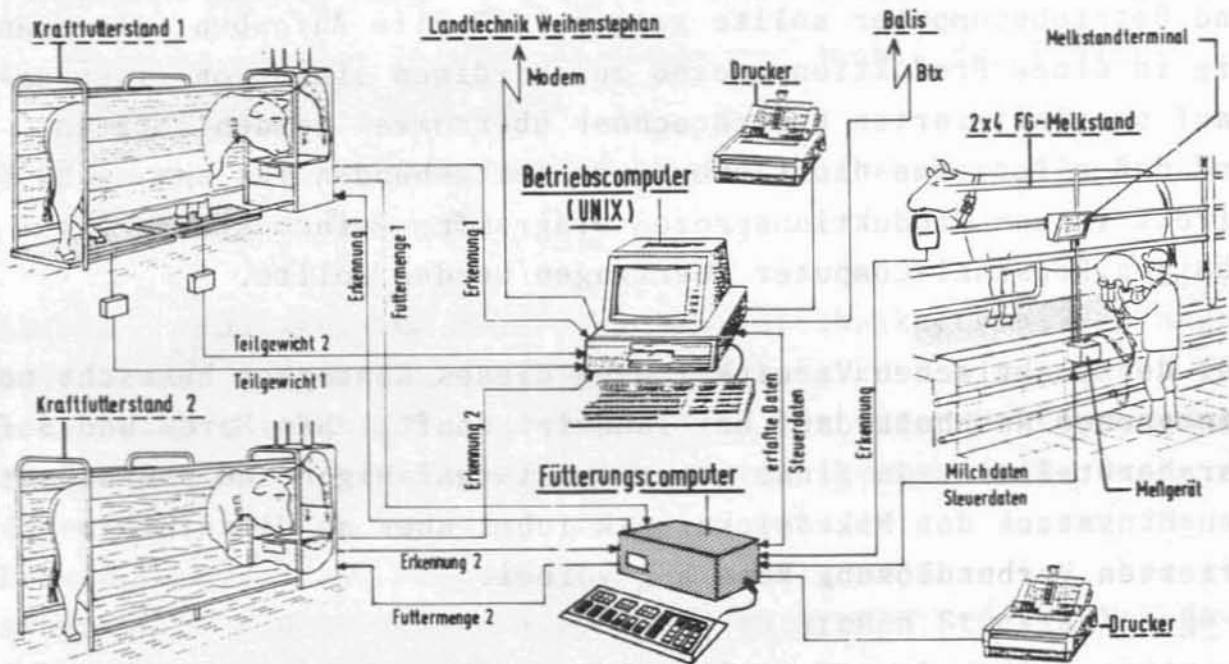


Abbildung 6: Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung  
(Installierte Technik auf einem Pilotbetrieb)

## 5. Kommunikation des Betriebscomputers mit der Außenwelt

### 5.1 Schnittstellen zwischen Betriebscomputer und Prozeßrechner

Soll der Betriebscomputer mit dem Prozeßrechner gekoppelt werden, so muß eine funktionierende Verbindung zwischen den Computern bestehen. Dies bedeutet, daß nicht nur ein Kabel gezogen werden muß, sondern daß auch die Regeln für den Datentransfer untereinander klar sein müssen. Es muß also geklärt sein, welche Computer zu welcher Zeit welche Daten in welcher Form senden bzw. empfangen darf.

Die derzeitige Praxis sieht so aus, daß jeder Prozeßtechnikhersteller seine "eigene Schnittstelle" hat, obwohl jeder Hersteller angibt, er halte sich streng an die genormte V. 24-Schnittstelle (RS 232-C). Die V.24-Norm legt aber nur die physikalische Ebene der Kommunikation fest (Zahl der Leitungen, Art und Höhe der Signale, usw.). Abbildung 7 verdeutlicht das derzeitige Durcheinander bei der Steckerbelegung.

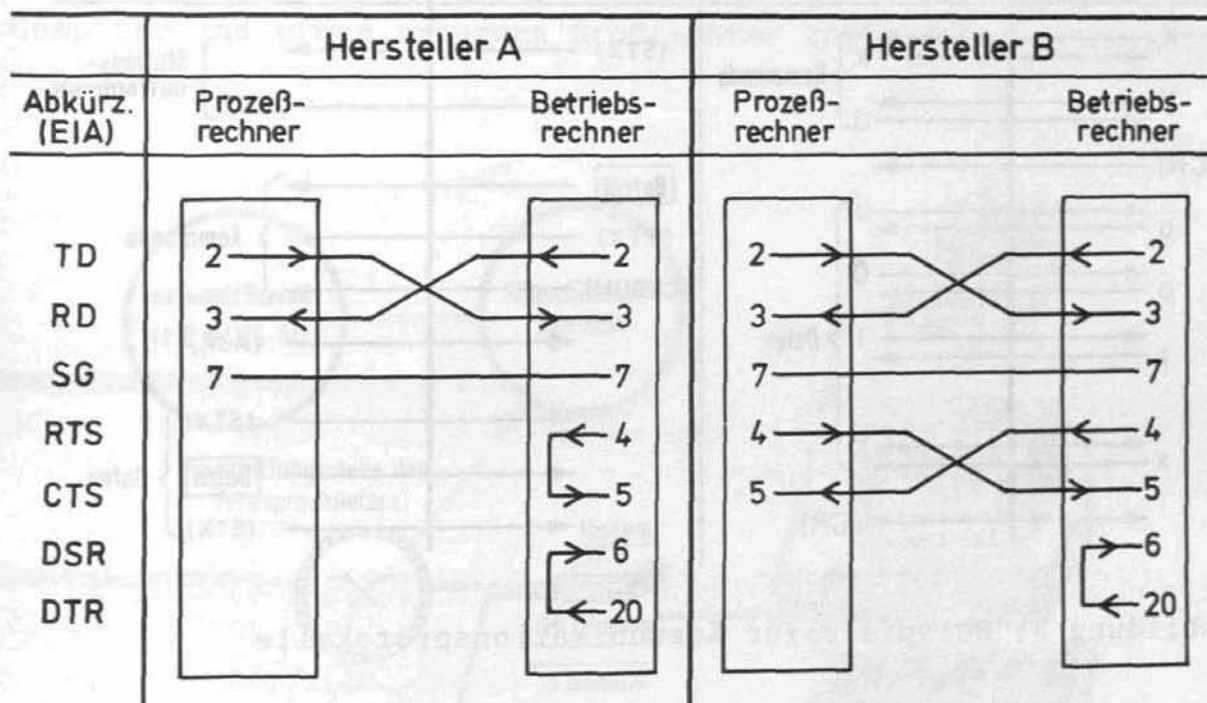


Abbildung 7: Beispiele für die Pin-Belegung der V.24-Schnittstelle

Gravierender als die unterschiedliche Steckerbelegung ist die fehlende Übereinstimmung auf der protokollarischen Ebene. Die protokollarische Ebene einer Schnittstelle beschreibt die Regeln, die beim Ablauf einer ordnungsgemäßen Datenübertragung einzuhalten sind. Ähnlich einem Telefongespräch müssen auch bei der Kommunikation zwischen Computern bestimmte Vorschriften beachtet werden. Wie bei der Steckerbelegung so gibt es auch beim Kommunikationsprotokoll derzeit in der Praxis wenig Gemeinsam-

keiten. Wie aus den in Abbildung 8 dargestellten Beispielen hervorgeht, werden sehr unterschiedliche, nicht miteinander vereinbare Verfahren angewandt. Dies führt dazu, daß für jeden Prozeßrechner ein eigenes Programm für die Datenübertragung geschrieben werden muß.

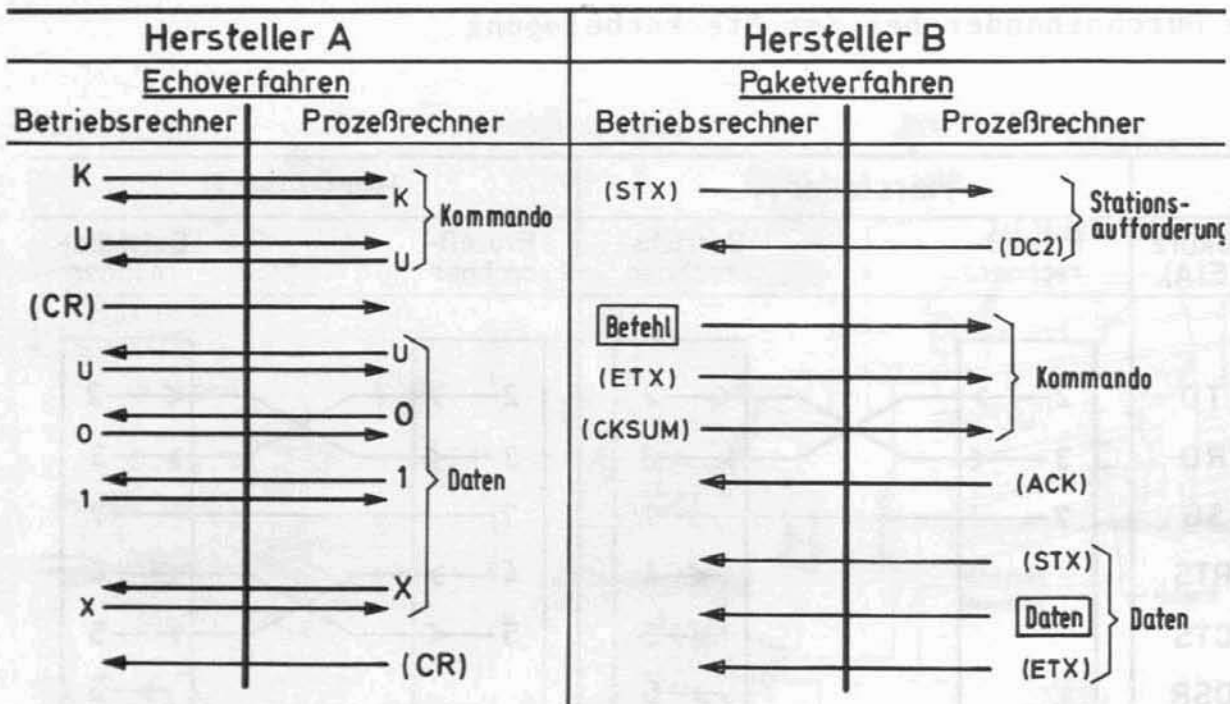


Abbildung 8: Beispiele für Kommunikationsprotokolle

im konkreten Fall heißt dies, daß am Prozeßrechner nicht nur eine V.24-Schnittstelle vorhanden sein muß, sondern daß auch die auf dem Betriebscomputer verwendete Managementsoftware in der Lage sein muß, mit den speziellen Prozeßcomputern eine sinnvolle Kommunikation zu führen. Eine Vereinheitlichung wäre hier von größtem Vorteil. Bleibt nur zu hoffen, daß die derzeitigen Bemühungen in diese Richtung auch möglichst bald Erfolg zeigen.

### 5.2 Datentransfer zu einem externen Großrechner

Vielfach wird es notwendig werden, daß nicht nur innerhalb des Betriebes Daten ausgetauscht werden, sondern daß auch mit einem ex-

ternen Großrechner ein Datenaustausch stattfinden muß (z.B. Leistungsdaten an die LKV's). Als Übertragungsmedium hierfür bietet sich Bildschirmtext (Btx) an. Obwohl die euphorischen Prognosen der Bundespost bei weitem nicht in Erfüllung gegangen sind, so ist Btx dennoch für die Übertragung kleinerer Datenmengen durchaus geeignet. Inzwischen sind auch preisgünstige Btx-Adapter und entsprechende Softwarepakete für Personal-Computer auf dem Markt, die einen Personal-Computer Btx-fähig machen und einen automatischen Dialog zwischen einem Personal-Computer und einem externen Großrechner ermöglichen (Abbildung 9).

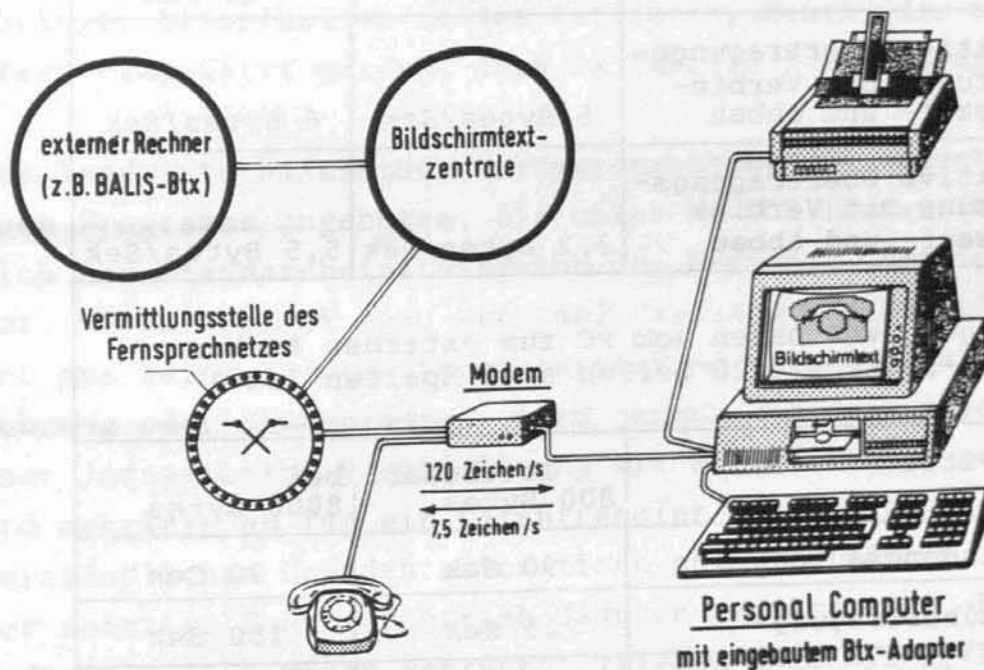


Abbildung 9: Personal-Computer als intelligentes Btx-Terminal

Das Leistungsvermögen von Btx als Übertragungsmedium von und zum externen Großrechner hängt entscheidend von der Übertragungsgeschwindigkeit ab. In Tabelle 6 sind die Übertragungszeiten bei unterschiedlichem Datenvolumen aufgetragen. Da zum Btx-Rechner hin theoretisch maximal nur 7,5 Zeichen/Sek. übertragen werden können, ist die effektive Übertragungsleistung mit 5 bis 6 Zeichen/Sek. relativ gering. In umgekehrter Richtung



kann etwa die 10-fache Datenmenge in der gleichen Zeiteinheit übermittelt werden.

Tabelle 6: Leistungsvermögen von Btx als Übertragungsmedium

Übertragung von Daten vom PC zum externen Rechner		
Aktivität	Zeitbedarf bei	
	900 Bytes	5800 Bytes
Verbindungsaufbau	90 Sek	90 Sek
Datenübertragung	180 Sek	960 Sek
Verbindungsabbau	10 Sek	10 Sek
effektive Übertragungsleistung ohne Verbindungsauf- und abbau	5 Bytes/Sek	6 Bytes/Sek
effektive Übertragungsleistung mit Verbindungsauf- und abbau	3,2 Bytes/Sek	5,5 Bytes/Sek
Übertragung von Daten vom PC zum externen Rechner (1 Btx-Seite mit 20 Zeilen a 40 Spalten Text)		
Aktivität	Zeitbedarf bei	
	800 Bytes	8000 Bytes
Verbindungsaufbau	90 Sek	90 Sek
Datenübertragung	15 Sek	150 Sek
Verbindungsabbau	10 Sek	10 Sek
effektive Übertragungsleistung ohne Verbindungsauf- und abbau	53 Bytes/Sek	53 Bytes/Sek
effektive Übertragungsleistung mit Verbindungsauf- und abbau	7 Bytes/Sek	32 Bytes/Sek

Daraus wird deutlich, daß Btx für die Übertragung von größeren Datenmengen zum externen Großrechner nicht empfehlenswert ist, jedoch für die Übertragung kleinerer Datenmengen eine kostengünstige Alternative darstellt. Um etwa 1000 Zeichen zu übermitteln, fallen nur Betriebskosten von einer Telefoneinheit (0,23 DM) bei einer monatlichen Grundgebühr von 8 DM an.

## 6. Betriebssysteme für Personal-Computer

Nachdem bisher ausschließlich auf die Hardware eingegangen wurde, soll nachfolgend kurz die Frage des Betriebssystems angesprochen werden, weil die Wahl der Hardware und Software entscheidend davon abhängt. Einzelheiten zu den Betriebssystemen, die auf Microcomputern eingesetzt werden, sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

Auf dem landwirtschaftlichen Softwaremarkt werden momentan fast nur noch Programme angeboten, die unter MS-DOS laufen. MS-DOS hat sich als Standardbetriebssystem für Personal-Computer durchgesetzt. MS-DOS reicht aus, wenn auf dem landwirtschaftlichen Betrieb nur reine Informationsverarbeitung betrieben wird (z.B. Buchführung oder Sauenplaner). Wird jedoch der Betriebscomputer in einer integrierten Verbundlösung mit Prozeßrechner gekoppelt, so wird mehrmals am Tag ein Datentransfer notwendig. Dieser muß aus verständlichen Gründen automatisch ablaufen können, ohne daß der sonstige Benutzerbetrieb dadurch gestört wird. Deshalb verwenden wir in einigen Versuchsbetrieben UNIX als Betriebssystem. Gegen UNIX wird berechtigterweise immer wieder angeführt, daß dafür keine landwirtschaftliche Software vorhanden ist. Aber es gibt inzwischen UNIX-Implementierungen für Personal-Computer, bei denen unter UNIX auch die bisherige MS-DOS-Software lauffähig ist.

An sich sollte aber die Frage des Betriebssystems für den Landwirt nur von untergeordneter Bedeutung sein; denn es wäre wünschenswert, wenn der Landwirt die Ebene des Betriebssystems

Tabelle 7: Beschreibung der für Microcomputer wichtigsten Betriebssysteme

Betriebs- system	Charakterisierung
CP/M	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entwickler: Digital Research</li> <li>■ ursprünglich auf Z80-Prozessoren entwickelt, auf andere Prozessoren übertragen</li> <li>■ sehr große Verbreitung bei 8-Bit-Mikrocomputern und Homecomputern</li> <li>■ auch Multi-User-/Multi-Tasking Versionen verfügbar</li> </ul>
MS-DOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entwickler: Microsoft</li> <li>■ lauffähig nur unter Intel-Prozessoren (entwickelt für 8088-CPU)</li> <li>■ fast ausschließlich bei Personal Computern verwendet</li> <li>■ sehr große Verbreitung</li> <li>■ Single-User-/Single-Tasking Betriebssystem</li> <li>■ Speicherbegrenzung 640 kB</li> <li>■ Leistungsfähigkeit eines 80286- bzw. 80386-Prozessors nicht ausschöpfbar</li> <li>■ Preis ca. 200 DM</li> </ul>
OS/2	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entwickler: Microsoft</li> <li>■ Nachfolgeprodukt für MS-DOS (entwickelt für 80286-CPU)</li> <li>■ Multi-Tasking-Fähigkeit</li> <li>■ erst in Teilen verfügbar ( z. Z. Standard Version 1.0, Preis ca. 670 DM)</li> <li>■ noch fast keine OS/2-Software vorhanden, aber MS-DOS-Software ablauffähig</li> </ul>
UNIX	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Entwickler: AT&amp;T</li> <li>■ große Verbreitung bei Mehrplatzsystemen und Workstations</li> <li>■ hersteller- und hardwareunabhängig</li> <li>■ große Standardisierungsbemühungen (künftiger Standard für Micros und Minis)</li> <li>■ sehr protabel, da Großteil in "C" geschrieben</li> <li>■ sehr umfangreiches Betriebssystem mit vielen Tools</li> <li>■ Multi-User-/Multi-Tasking Betriebssystem</li> </ul>

überhaupt nicht mehr benützen müßte. Vielmehr sollte ihm über eine geeignete Menü- und Fenstertechnik eine derartige Oberfläche angeboten werden, daß er sich nicht mehr auf die unteren Ebenen der EDV gegeben muß.

### 7. Überlegungen vor einem beabsichtigten Kauf

Wie vor jeder Investition sollte auch vor dem Kauf eines Personal-Computers kritisch geprüft werden, ob eine derartige Investition sinnvoll ist. Da bisher keine differenzierten Wirtschaftlichkeitsberechnungen verfügbar sind, können hier nur einige grundsätzliche Anmerkungen gemacht werden.

Gewinnbringend kann ein Betriebscomputer nur dann sein, wenn gewisse Voraussetzungen erfüllt sind. Im wesentlichen sind zu nennen:

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

Erst wenn diese Grundvoraussetzungen erfüllt sind, kann mit gutem Gewissen zum Kauf eines Betriebscomputers geraten werden.

Obwohl sich auf dem Hardwaresektor eine weitgehende Standardisierung vollzogen hat, sind dennoch einige Gesichtspunkte zu beachten, vor allem dann, wenn die Hardware auch mittelfristig sinnvoll eingesetzt werden soll und die Beschaffung auch zukunfts-trächtig sein soll. In Tabelle 8 sind einige wichtige Merkmale für die Hardware-Auswahl zusammengefaßt. Die erste Generation der Personal-Computer (XT-Generation) mit dem vergleichsweise langsamen 8088-Prozessor wurde vor etwa 2 Jahren um die AT-Genera-

Tabelle 8: Auswahlkriterien für den Hardwarekauf

Hardwareteil	Marktangebot	Auswahlkriterien
Rechnertyp	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ XT-Modelle mit 8088/86-CPU</li> <li>■ AT-Modelle mit 80286-CPU</li> <li>■ AT-Modelle mit 80386-CPU</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ alle 4 Jahre Generationswechsel</li> <li>■ XT-Generation 4 Jahre alt, AT-Generation 2 Jahre alt</li> <li>■ AT's wesentlich leistungs- und ausbaufähiger</li> <li>■ andere Betriebssysteme (OS/2 und UNIX) auf AT möglich</li> <li>■ Preisunterschied etwa 1500 und 2000 DM zwischen XT u. AT</li> <li>■ 80386-Rechner nicht notwendig</li> </ul>
Festplatte	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kapazität von 10 - 130 MB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ prinzipiell nicht notwendig</li> <li>■ aber sehr empfehlenswert</li> <li>■ Preis ca. 600 - 800 DM für 20 MB-Platte</li> </ul>
Arbeitspeicher	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Größe bis 640 kB</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ möglichst 512 kB, besser 640 kB</li> <li>■ sehr nützlich bei Tabellenkalkulationsprogrammen</li> </ul>
Bildschirm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ MGA 640x350 Punkte monochrom</li> <li>■ HGC 720x348 Punkte monochrom</li> <li>■ CGA 320x200 Punkte Farbe</li> <li>■ EGA 640x350 Punkte Farbe</li> <li>■ VGA 648x480 Punkte Farbe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ je höher die Punktezahl, desto schärferes Bild</li> <li>■ für normalen landw. Bedarf reicht HGC</li> <li>■ hohe Bildwiederholungsfrequenz (z. B. 60 Hz)</li> <li>■ Positivdarstellung (schwarze Schrift auf weißen Hintergrund) ergonomischer</li> </ul>
Drucker	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Nadeldrucker</li> <li>■ Typenraddrucker</li> <li>■ Thermodrucker</li> <li>■ Tintenstrahldrucker</li> <li>■ Laserdrucker</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Universaldrucker notwendig</li> <li>■ Schönschreibqualität gefordert</li> <li>■ ausreichende Druckgeschwindigkeit (z.B. 60 cps bei LQ)</li> <li>■ Nadeldrucker mit 24 Nadeln ausreichend</li> <li>■ Tintenstrahldrucker erheblich leiser, aber etwas teurer</li> </ul>

ration mit dem wesentlich leistungsfähigeren 80286-Prozessor ergänzt. Aus Gründen der Flexibilität und der Zukunftsträchtigkeit sollte der AT-Generation der Vorzug gegeben werden. Normalerweise reicht für den Einsatz der landwirtschaftlichen Software ein System mit einer 20 MB-Festplatte, einem Monochrom-Bildschirm mit Hercules-Graphikkarte und einem 24-Nadeldrucker aus.

Obwohl die Preise in der Elektronik sehr kurzlebig sind, sollen dennoch Anhaltswerte für in Betracht kommende Systeme genannt werden. Tabelle 9 gibt darüber Auskunft.

Tabelle 9: Derzeitiges Preisniveau für Personal Computer  
(Stand: Feb. 88, Händlerpreislisten jeweils o. MWSt)

■ XT - Modell, 256 KB RAM, 2 Floppies (360 KB), Hercules - Karte, Monitor (mono), Schnittstellen (seriell und parallel) Preis: 1500 - 2200 DM
■ XT - Modell, wie oben, jedoch 20 MB - Festplatte, 1 Floppy (360 KB), 512 KB RAM Preis: 2400 - 3000 DM
■ AT - Modell, wie oben, jedoch 640 KB RAM, 1 Floppy (1,2 MB) Preis: 3500 - 5000 DM
■ AT - Modell, wie oben, jedoch schnelle 40 MB - Festplatte Aufpreis ca. 600 - 1000 DM
■ Drucker, 24 Nadel, Endlospapier- und automatischer Einzelblatteinzug Preis: 1000 - 2000 DM

Eine Prognose über die zukünftige Preisentwicklung auf dem PC-Sektor ist sehr schwierig. Es scheint aber so, daß sich die Preise für XT- und AT-PC's im nächsten überschaubaren Zeitraum in etwa auf dem derzeitigen Niveau stabilisieren, und daß keine herausragenden Preissenkungen wie in der Vergangenheit zu erwarten sind.

## 8. Zusammenfassung

Zukünftig wird die Mikroelektronik in größerem Umfang auch auf dem einzelnen landwirtschaftlichen Betrieb Eingang finden. Im Vergleich zum Prozeßcomputer ist der Betriebscomputer heute noch sehr wenig verbreitet. Der Betriebscomputer kann sinnvoll hauptsächlich in der Informationsverarbeitung eingesetzt werden und wird somit den Prozeßcomputer von dieser Arbeit befreien. Integrierte Verbundsysteme zwischen einem Betriebscomputer und mehreren Prozeßcomputern sind jedoch erst in der Entwicklungsphase. Die Anforderungen, die in einem derartigen Verbund an den Betriebscomputer gestellt werden, gehen über die bisherige Realität hinaus. Dennoch sollte bei einer nahen Beschaffung auch bereits die zukünftige Entwicklungstendenz berücksichtigt werden. Grundvoraussetzung für integrierte Systeme ist, daß Hard- und Software-Hersteller zueinander finden, damit geeignete Lösungen angeboten werden können. Die Preise für die Hardware sind inzwischen soweit gesunken, daß im Preis nicht mehr der bedeutendste Hinderungsgrund zu sehen ist. Dennoch fehlen bisher differenzierte Wirtschaftlichkeitsberechnungen, die Kosten und Nutzen für die unterschiedlichsten Einsatz- und Betriebsformen zu klären im Stande sind.

## Energie aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen

von Ministerialrat Dr. Alois Weidinger, Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München

Das Thema wird inner- und außerhalb der Landwirtschaft seit vielen Jahren, besonders seit der sogenannten "Energiekrise" des Jahres 1973, leider von vielen nicht mit Sachverstand, sondern aus einem Wunschdenken heraus und teilweise mit irrationalen Argumenten diskutiert. Bis 1973 war Energie in der Landwirtschaft ein Betriebsmittel wie jedes andere, das nach der Preiswürdigkeit, der Verfügbarkeit, der Verwendbarkeit und dem erzielbaren Erfolg eingesetzt und bewertet wurde.

Nach 1973 glaubte sich die Landwirtschaft in eine günstige Situation versetzt, weil sie durch die Möglichkeit der Umwandlung von oder Umwidmung von Erzeugnissen oder Abfällen weniger von den "Ölscheichs" abhängig schien. Aber noch bevor dem Sicherheitsgefühl Taten folgten, kam die Erkenntnis, daß diese Unabhängigkeit ihren Preis hatte, der meist weit über dem lag, was die Zukaufsenergie kostete; die zudem nicht einen einzigen Tag wirklich knapp war.

Mit Beginn dieses Jahrhunderts wurde Energie aus der Landwirtschaft dann mehr aus der Überlegung ins Gespräch gebracht, einen zusätzlichen Markt für landwirtschaftliche Erzeugnisse zu erobern, um so einem durch Übererzeugung drohenden Preisverfall bzw. unbezahlbar werdenden Marktordnungskosten entgegenwirken zu können.

Nachwachsende Rohstoffe waren mit einem mal agrar- und verbandspolitischer Hoffnungsstern, der die traditionellen Ziele landwirtschaftlicher Tätigkeit fast zur Nebensache zurückzudrängen schien. In dieser Diskussion um die nachwachsenden Rohstoffe geht es nicht nur um Energie, sondern auch um Stärke, Fasern, Grundstoffe der chemischen Industrie, kurz um den Begriff "Rohstoffe" im weitesten Sinne.



Verständlicherweise konnte man sich auch hier dem Einmaleins der Volkswirtschaft und der damit verbundenen Erkenntnis nicht verschließen, daß jedem Angebot ein Bedarf gegenüber stehen muß. So wurde eingesehen, daß nur der Energiemarkt ein Absatzpotential eröffnen könnte, das über der durch den produktionstechnischen Fortschritt ohnehin bedingten jährlichen Mehrerzeugung liegt.

Mit dem Einstieg in die Energieproduktion werden folgende Ziele angestrebt:

- Schonung der fossilen Energieträger.
- Geschlossener CO<sub>2</sub>-Kreislauf bei nachwachsender Energie und damit weniger Umweltbelastung.
- Weiterproduzieren auf den erschlossenen Kulturflächen, statt Flächenstillegung.
- Einkommenssicherung durch eigene Arbeit.
- Erhaltung einer leistungsfähigen Bodenproduktion, des davon abhängigen Verarbeitungs- und Zuliefergewerbes und einer intakten Sozialstruktur im ländlichen Raum.
- Abbau von strukturellen Überschüssen im Nahrungsmittelbereich und Umleitung von Marktordnungsmitteln zur Herbeiführung der Wirtschaftlichkeit.
- Verbreitung der Angebotspalette und damit weniger Risikoanfälligkeit der landwirtschaftlichen Erzeugung.
- Verbesserung der Versorgungssicherheit.
- Verwertung von Rest- und Abfallstoffen verschiedener Herkunft.

Diese Ziele sind nicht nur agrarpolitische Vorgaben, sondern können auch aus gesellschaftspolitischer Sicht voll vertreten werden. Sie sind damit legitim, seriös, nicht gruppenegoistisch, ja sogar weitgehend realistisch.

Realität ist aber auch, daß trotz erkennbarer Endlichkeit der fossilen Energieträger und trotz deren Umweltfeindlichkeit (im Hinblick auf die zunehmende CO<sub>2</sub>-Anreicherung der Atmosphäre und andere spezifische Schadstoffe), Kohl, Erdöl und Erdgas weltweit noch viele Jahre die wichtigste Energie für das Überleben einer täglich wachsenden Menschheit sein müssen. Weitere Tatsache ist, daß in den europäischen Industriestaaten bei Priorität der Nahrungsmittelerzeugung die Landwirtschaft über nachwachsende Energieträger auch im Jahre 2000 noch nicht einmal 5 % des Primärenergiebedarfes liefern kann. Also ist das Argument der Erhöhung der Versorgungssicherheit mit dem tatsächlichen Energiebedarf der Industriegesellschaften in Beziehung zu setzen und - fast zu vergessen.

Schließlich drängt die Landwirtschaft mit ihrer Überproduktion in den Energiemarkt, der noch auf mehrere Jahrzehnte ebenso von Überschüssen geplagt sein wird, wie der Nahrungsmittelmarkt. Allerdings mit einem Auf und Ab der Preise. In diesem internationalen Markt herrscht ein Wettbewerb, in dem mit härtesten, nicht immer feinen Methoden um jedes Promille Anteil gekämpft wird. Ob die Landwirtschaft hier bestehen kann, hängt ausschließlich davon ab, ob ihr Angebot attraktiv und wettbewerbsfähig ist. Bei diesem Punkt beginnt das eigentliche Dilemma: Die einen sagen nie und nimmer, die anderen erwarten vom Staat durch administrative und finanzielle Hilfen eine Vorzugsstellung für landwirtschaftliche Energieträger.

Fest steht, daß es derzeit keine landwirtschaftliche Energievariante gibt, die mit dem preisgestaltenden Erdöl, schon gar nicht mit der nur halb so teuren Importkohle konkurrieren könnte. Also nie und nimmer?

Im Laufe der Jahre waren und sind viele Varianten ins Gespräch gekommen. Einige sind wieder in der Versenkung verschwunden. Nachhaltig in der Meinungsbildung und im Werben um Sympathien

sind die Treib- und Heizstoffe Äthanol aus Stärke und Rapsöl. Diese Erzeugnisse, mit ihren hohen Aufbreitungs- und Konversionskosten erfordern aber sehr wohlwollende Rechenkünste, wenn dafür unter derzeitigen Bedingungen die Wirtschaftlichkeit bzw. der für deren Herstellung notwendige Subventionsbedarf darzustellen sind.

Eine weitere Möglichkeit besteht, dies wird ja mit Holz schon seit Jahrtausenden praktiziert, im direkten Verheizen pflanzlichen Aufwuchses. Wenn bei der Energiegewinnung aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen das Hauptinteresse in der Fortführung der herkömmlichen Bodenproduktion und in der dazu notwendigen Erschließung neuer Märkte liegt, dann stellt sich die Frage, ob und ggf. welche Kulturpflanzen der Landwirtschaft, so wie sie gewachsen sind, ohne großen Aufwand direkt verheizt werden können. Dies ist zunächst eine vermeintlich sehr große Palette. Dazu können schnell wachsende Hölzer, ertragreiche Schilfpflanzen, Elefantengras oder auch die ganze Maispflanze zählen.

Bei den neuen, möglicherweise hochertragsfähigen Pflanzen fehlen jedoch jegliche Erfahrungen. Auch eine leistungsfähige Mechanisierung ist nicht absehbar. Beim Mais dürfte die hohe Erntefeuchtigkeit einem wirtschaftlichen und umweltfreundlichen Verheizen entgegenstehen.

Anders sieht es aus, wenn die ganze Getreidepflanze in Betracht gezogen wird. Sie ist eine Einjahresenergiepflanze, die im Wettbewerb der in Ertrag stehenden Pflanzen ein bedeutendes Mengenpotential abdecken könnte und insgesamt die wohl chancenreichste Variante darstellt. Die weiteren Betrachtungen beziehen sich daher nur mehr auf Äthanol, Rapsöl und Ganzpflanzenverbrennung.

Da Rapsöl und Äthanol jedoch Treibstoffe sein können, in aufbereiteter Form gut lager-, transportier- und verteilfähig sind, scheint ein unmittelbarer Vergleich mit der relativ schlecht

handhabbaren ganzen Getreidepflanze, die nur Wärmeenergie liefern kann, zunächst unzulässig. Wird jedoch der bundesdeutsche Verbrauch an Motorentreibstoff von derzeit rund 37 Mio t jährlich den 34 Mio t leichtem Heizöl gegenübergestellt, das auch nur Wärme liefert und sich vom Dieselkraftstoff lediglich durch die Höhe der Mineralölbesteuerung unterscheidet, dann wird es schwer, einen Treibstoffbedarf und damit eine größere Vordringlichkeit und höhere Wertigkeit von Rüböl und Äthanol zu begründen. Solange nicht der letzte Tropfen leichtes Heizöl als Motorentreibstoff benötigt und verwendet wird, kann der Wert eines mengenmäßig insgesamt unbedeutenden Ersatzproduktes sich ebenfalls nur am Wärmemarkt orientieren. Ein Beispiel mag dies verdeutlichen: Es ist eher wirtschaftlich, Rapsöl in einem Verhältnis 1 : 5 dem leichten Heizöl beizumischen und es in einer völlig unveränderten Heizungsanlage zu verheizen, als für den Liter DM 0,30 für das Verestern aufzuwenden oder herkömmliche Schlep-per mit einer Tankbeheizung, neuem Zylinderkopf usw. für DM 5000.-- nachzurüsten. Der Beweis, daß dies funktioniert, wurde in Versuchen des Bezirkslehrgutes Bayreuth bereits geliefert.

Was spricht nun besonders für die Einjahresenergiepflanzen in Form der ganzen Getreidepflanze:

Zur Stabilisierung der Agrarmärkte sind auf derzeitigem Ertragsniveau in der Bundesrepublik Deutschland rd. 1 Mio ha aus der Nahrungsmittelkette herauszunehmen. Bei der Flächenstillegung geht man davon aus, daß nur etwa 300 000 bis 400 000 ha aus der Nahrungsmittelproduktion ausscheiden.

Danach müssen weitere 600 000 bis 700 000 ha einer vernünftigen Alternative zugeführt werden. Durch Ausdehnung des Getreideanbaues zu Lasten anderer Überschubbereiche ließe sich so der Markt unter Verzicht auf weitere Intensivierung stabilisieren.

1 ha Getreide bringt bei 50 dt Kornertrag und 50 dt Stroh- und anderem Aufwuchs - eine Primärenergie von 41 250 kW - Stunden.

Dies entspricht einem Energieäquivalent von 4 125 l Heizöl EL. 1 Mio ha würden ca. 3,5 Mio t Heizöl oder 1,3 % des Primärenergieverbrauches der BR-Deutschland entsprechen.

### Verfahrenstechnik

Ernte, Ein- und Auslagern erfolgen mit bekannter und vorhandener Technologie wie in Darstellung 1 gezeigt. Aus der Vielzahl möglicher Verfahren seien zwei herausgegriffen:

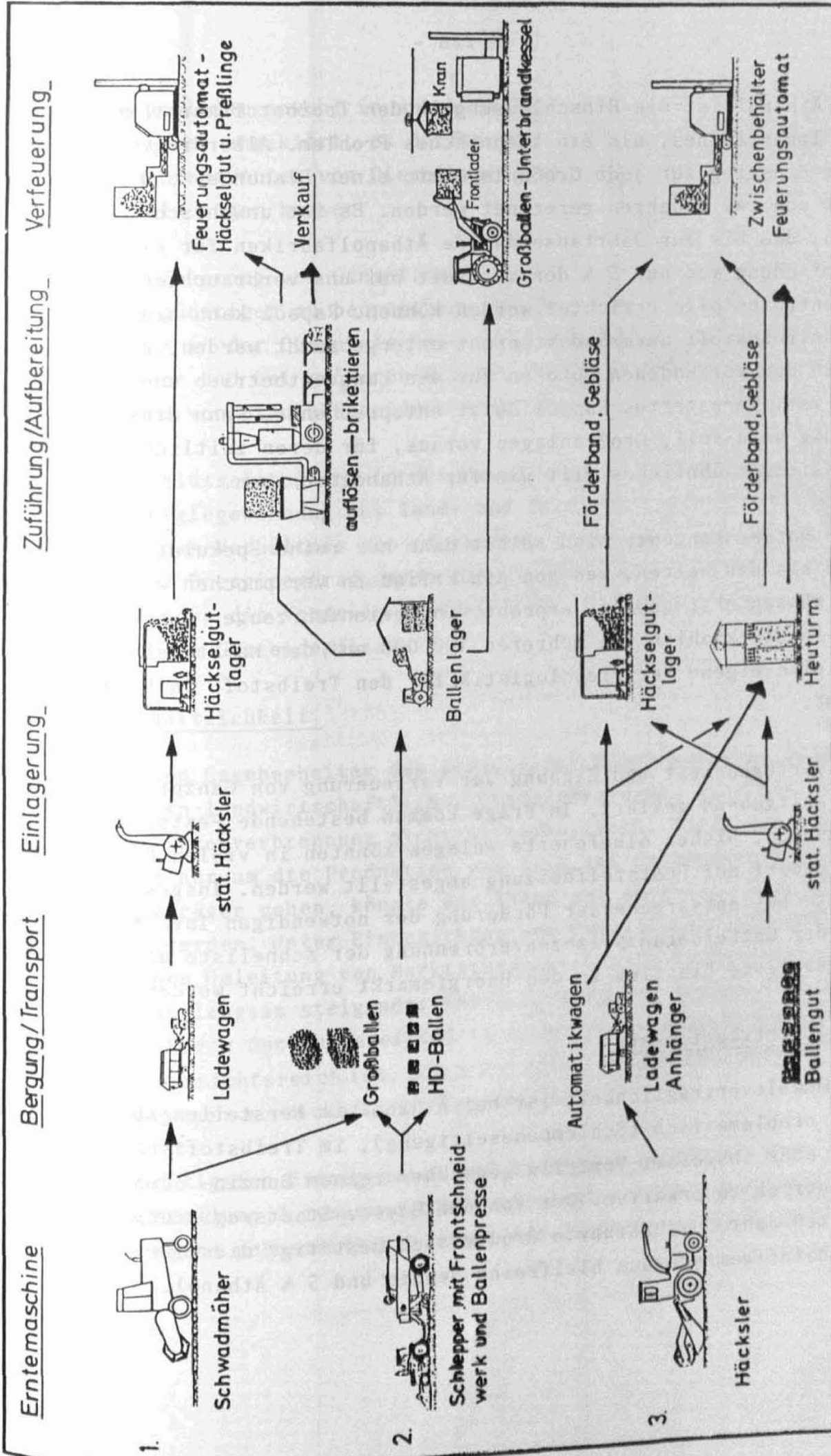
Für kleinere Verbraucher ab 30 000 - 200 000 l Heizöl jährlich lassen sich besondere Vorteile eines Verfahrens nach Ziff. 3 erkennen, bei dem mit dem Mähhäcksler geerntet, in einen Heuturm mit automatischer Verteil- und Entnahmeeinrichtung eingelagert, bei Bedarf belüftet, auf einen Ballenauflöser verzichtet und das Erntegut automatisch in Feststoffkesseln verfeuert werden kann.

In der Mehrzahl der Fälle wird jedoch ein Arbeitsverfahren, bestehend aus Schwadmäher, Großballenpresse, Ballenauflöser und automatischer Feuerungsanlage den Standard darstellen. Bei überregionaler Verwertung wäre eine weitere Verdichtung durch Brikkettierung vorteilhaft. Aber möglicherweise zu teuer, wenn die Erfahrungen der Strohbrikkettierung auch hier zutreffen.

Gegenüber ölbefeuerten Anlagen ist mit Zusatzinvestitionen, vergleichbar mit denen automatischer Holzfeuerungsanlagen zu rechnen. Ein Liter Öläquivalent aus Einjahresenergiepflanzen verteuert sich dadurch bei einem jährlichen Verbrauch von 20 000 l Öl um etwa 25 Pfg., bei einem Verbrauch von 100 000 l um 15 Pfg. und einem Verbrauch von 1 Mio l um 10 Pfg. je 1 Heizöläquivalent.

### Verfügbarkeit

Landwirtschaftliche Grundstoffe können für Äthanol und als Getreideganzpflanzen unter den gegebenen Erzeugungsbedingungen nachhaltig zur Verfügung gestellt werden. 1 Mio ha zusätzlicher Rapsanbau wären dagegen eine unrealistische Annahme.



**Verfahren zur Ganzpflanzenernte (EJP)**

A. Grimm  
A. Weidinger

Nie 87 03 30

LANDTECHNIK  
WEIHENSTEPHAN

Bei Äthanol ist die Einschleusung in den Treibstoffmarkt mehr ein logistisches, als ein technisches Problem. Allerdings muß beim Einstieg für jede Großanlage mit einer Planungs- und Bauzeit von ca. 5 Jahren gerechnet werden. Es ist unwahrscheinlich, daß bis zur Jahrtausendwende Äthanolfabriken für eine Beimischung von nur 5 % der zur Zeit bei uns verbrauchten Motortreibstoffe errichtet werden können. Rapsöl kann als Motortreibstoff unverändert nicht untergebracht werden, weil es in den vorhandenen Motoren für den Langzeitbetrieb ungeeignet ist. Verestertes Rapsöl setzt entsprechende, wenn dies preiswürdig sein soll, Großanlagen voraus, für deren zeitliche Verwirklichung ähnliches gilt wie für Äthanolfabriken.

Neue Motorenkonzepte sind selbst dann nur reine Spekulation, wenn sie das halten, was von den Erfindern versprochen wird: Sie müssen erst gebaut, erprobt, in Serienfahrzeuge eingebaut und in Stückzahlen von mehreren 100 000 auf den Markt sein, bevor eine eigene Vertriebslogistik für den Treibstoff in Frage kommt.

Die Verfügbarkeit und Eignung zur Verfeuerung von Ganzpflanzen ist weitgehend geklärt. In Frage kommen bestehende Feststoffheizungen. Bisher ölbefeuerte Anlagen könnten in vielen Fällen bei Bedarf auf Feststoffheizung umgestellt werden. Insgesamt könnte bei entsprechender Förderung der notwendigen Investitionen mit der Getreideganzpflanzenverbrennung der schnellste und wirkungsvollste Einstieg in den Energiemarkt erreicht werden.

#### Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit ist bei Äthanol im Herstellungsbereich sehr problematisch (Schlempebeseitigung), im Treibstoffsektor sind aber insgesamt Vorteile gegenüber reinem Benzin- oder Dieselmotorbetrieb zu erwarten. Der von der Bayer. Staatsregierung im letzten Jahr durchgeführte Großversuch bestätigt dies für ein Treibstoffgemisch aus bleifreiem Benzin und 5 % Äthanol.

Bei Rapsöl ist sowohl in unbehandelter wie in veresterter Form noch vieles ungeklärt, es dürfte aber zumindest als Rapsölester in den Grenzwerten von Dieselkraftstoff liegen, bei den Rußpartikeln sogar besser.

Die Verfeuerung von Ganzpflanzen ist hinsichtlich der Schadgasabgabe günstiger zu beurteilen, als Öl- und Kohlebetrieb. Erste Versuche in der Oberpfalz haben dies bestätigt. In geschlossenen Ortslagen und bei größeren Heizleistungen ist allerdings die Anbringung von Staubabscheidern notwendig.

Eine Schlüsselstellung in der Umweltverträglichkeit nimmt bei der Energiegewinnung aus land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen das Verhältnis von (fossilem) Energieaufwand zu (regenerativem) Energieertrag, also das Input:Output-Verhältnis ein. Hier liegen die Vorteile eindeutig bei der Wärmeerzeugung aus der ganzen Getreidepflanze.

#### Wirtschaftlichkeit

Unter den Gegebenheiten des derzeitigen Energiemarktes sind alle Varianten landwirtschaftlicher Energieerzeugung einschließlich Ganzpflanzenverbrennung nicht wirtschaftlich. Würde die Diskussion nur um die Produktion von sich aus wettbewerbsfähiger Energieträger gehen, könnte das Thema auf absehbare Zeit vergessen werden. Unter Einbeziehung von Umweltaspekten sowie der möglichen Umleitung von Marktstützungsmitteln und unter Zugrundelegung langsam steigender Energiepreise ist jedoch festzuhalten, daß von den aufgezeigten Varianten das Verheizen von Futtergetreide aussichtsreich ist. Schon bei 75Pfg. je l Heizöl wird es ohne Subventionen wirtschaftlich interessant.

Die wichtigsten Ertragsdaten und Bewertungskriterien dazu sind in Darstellung 2 zusammengefaßt. Sie entsprechen dem derzeit überwiegend unbestrittenen Stand der Technik und Erkenntnisse.



Energie aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen

Darstellung 2

1	2	3	4	5	6	7
Verwertung	Ertrag/ha	Markt- leistung DM/ha	Heizöl- äquivalent l/ha	Konversions- kosten DM/l Öläquivalent	DM Erlös aus Energieverkauf abzügl. Konversionskosten 0,35 DM/l Öl- 0,75 DM/l Öl- äquivalent	Energie Input : Output
Weizen zu	50 dt	2 200,-- (44,--DM/dt)	1130	< 0,50	- 170,--	1 : 2,3
Äthanol	1900 l				+ 280,--	
ZR zu	500 dt	4 800,-- (9,60 DM/dt)	2950	< 0,50	- 440,--	1 : 2,3
Äthanol	4900 l				+ 740,--	
Raps zu	30 dt	2 550,-- (85,-- DM/dt)	1230	< 0,30	+ 60,-- (+ 810,-- für Kuchen)	1 : 5
Rüböl	1300 l				+ 550,--	
Futterm- treide als Ganzpflan- ze verhei- zen	100 dt	2 200,--	4125	< 0,20 < 0,10	+ 620,-- + 1031,--	1 : 12

1 l Heizöl EL  $\hat{=}$  10 kwh  
 1 l Äthanol  $\hat{=}$  5,93 kwh  
 1 l Rapsöl  $\hat{=}$  9,5 kwh  
 1 kg Getreideganzpflanze  $\hat{=}$  4,125 kwh

Der nachhaltige Subventionsbedarf  
 errechnet sich aus Spalte 3 abzüglich  
 Spalte 6.

Auswirkungen der Produktion von Einjahresenergiepflanzen:

- Verfahren mit dem geringsten Eingriff in die bestehende landwirtschaftliche Produktionstechnik und Betriebsorganisation. Auch die Notwendigkeit spezieller Energiepflanzen oder eine Intensivierung des Anbaues besteht nicht.
- Nachhaltige, umweltschonende energiemarktunabhängige Heizenergieversorgung für Landwirte und Einrichtungen im ländlichen Raum.
- Schnelle Einführung und weite Verbreitung sind bei deutlich niedrigerem Subventionsbedarf gegenüber anderen Varianten möglich. Sie hängen nach der Klärung wahrscheinlich schnell und leichtlösbarer heiztechnischer Details ausschließlich von der nachhaltigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit ab.
- Getreide wäre bis zum Augenblick der Verheizung auch für andere Zwecke verfügbar. Die Heizungen könnten in Notzeiten mit anderen Brennstoffen betrieben werden. Die Probleme der Verwertungskontrolle und Subventionsabwicklung scheinen u.a. über Erzeugergemeinschaften lösbar.
- Durch Ernte und Bergung des gesamten Pflanzenbestandes einschließlich Unkraut ist eine Verminderung des Unkrautwuchses und damit von Pflanzenschutzmaßnahmen zu erwarten.
- Auf der Verbrennungsseite sind noch Versuche notwendig. Die Ergebnisse aus Pilotvorhaben zeigen aber nirgends größere Probleme auf. In Dänemark und Schweden gibt es schon erprobte heiztechnische Lösungen.
- Die Einführung des Verfahrens hängt ausschließlich davon ab, ob bei den derzeit niedrigen Energiepreisen investitionsbereiten Landwirten und Betrieben im ländlichen Raum eine nachhaltige, gleitende Subventionierung auf eine Heizölbasis von 0,75 DM je l in Aussicht gestellt wird.

- Die Einbeziehung der Getreideganzpflanzenverbrennung in das Flächenstillegungsprogramm hätte einen zügigen Einstieg sofort ermöglicht. Leider wurde diese Chance vertan.

### Ethische Probleme:

In Erinnerung an Notzeiten und Hungerbilder aus der Dritten Welt vor Augen, fällt es schwer, landwirtschaftliche Erzeugnisse in Treib- oder Heizstoffe umzuwandeln. Mittlerweise wissen wir aber, daß wir mit unseren Überschüssen der Dritten Welt nicht helfen können, sondern mit jeder Tonne verschenktem Getreide eine bäuerliche Existenz in diesen Ländern gefährden. Ferner wissen wir, daß auch Nahrung letztlich nichts anderem als Wärmeerzeugung dient. Es kann daher nicht sittenwidrig sein, das, was auf landwirtschaftlichen Flächen gewachsen und noch lange kein Brot ist, direkt in Wärme umzuwandeln.

Auch kann nichts schlechtes darin liegen, wenn z.B. zum Trocknen des Getreides, zu dessen Haltbarmachung und Verlustminderung weniger als 5 % des Aufwuchses für Wärmezwecke abgezweigt werden, statt dafür endliche fossile Energieträger mit ihrer Umweltproblematik zu verwenden.

### Schlußbemerkung

Weil Energieeinsatz immer der Forderung nach Verfügbarkeit, Umweltfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit unterworfen ist, kann auch die Verwendung nachwachsender Rohstoffe in diesem Bereich keiner anderen Bewertung unterliegen. Energie aus der Landwirtschaft wird, da sie aus eigener Vorzüglichkeit nicht wettbewerbsfähig ist, nur unter der Voraussetzung zur Diskussion gestellt, daß die Gesellschaft bereit ist, für die Weiterführung der landwirtschaftlichen Produktion Subventionen aufzubringen. Wenn dieser Wille umsetzbar ist, dann ist das Verheizen von Erzeugnissen der Land- und Forstwirtschaft vor den anderen Varianten geeignet, bei steigenden Energiepreisen bald in die Wirtschaftlichkeit hinein-

zuwachsen. Deswegen sollte diese Möglichkeit mit einer Vorzugstellung in die Überlegungen zur Energiegewinnung aus landwirtschaftlichen Erzeugnissen eingehen. Das bedeutet nicht, daß Forschungs- und Erprobungsvorhaben sich nicht auch mit Äthanol und Rapsöl befassen sollten. Schon unsere Einbindung ins internationale Geschäft gebietet das.

Das bedeutet aber auch die Herbeiführung rechtlicher und handelspolitischer Rahmenbedingungen, unter denen sichergestellt ist, daß energiewirtschaftlich genutzte land- und forstwirtschaftliche Erzeugnisse und deren Subventionierung tatsächlich und in vollem Umfang unmittelbar der inländischen Landwirtschaft zugute kommen.

Eines sollte Grundlage aller weiteren Überlegungen sein: Wenn die Gesellschaft bereit ist, für die Flächenstilllegung, also für das Nicht-Bauer-sein Geld auszugeben, dann sollte es ihr mehr Wert sein, in eine Erzeugung zu investieren, die umweltfreundlicher, mit größter Wahrscheinlichkeit (bei steigenden Energiepreisen) billiger und sozial verträglicher ist, als die Flächenstilllegung.

## Energiepflanzen aus züchterischer Sicht

von Prof. Dr. Gerhard Fischbeck, Direktor des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Technischen Universität München, Freising-Weihenstephan

Über Pflanzenproduktion zum Zweck der Energiegewinnung wird seit dem ersten Ölpreisschock diskutiert. In jedem Fall liegt dieser Diskussion die Vorstellung zu Grunde, daß die fossilen Ölreserven auf der Welt irgendwann zur Neige gehen müssen, der Energieverbrauch aber mit weiter zunehmender Bevölkerung ebenso wie mit steigendem Lebensstandard zunehmen wird. In Brasilien hat der Mangel an konvertierbaren Devisen dazu geführt, die riesigen Produktionsreserven dieses Landes zur Gewinnung von Kraftstoff auf Ethanolbasis heranzuziehen. In den westlichen Industrieländern sieht man den Anbau von Energiepflanzen mehr unter dem Aspekt möglicher Erleichterungen für die drückenden Überschußprobleme in der Landwirtschaft.

Man kann Energieträger aus landwirtschaftlicher Produktion in fester sowie in flüssiger oder auch in Form von Gasen gewinnen (Tabelle 1). Die Gewinnung von Festbrennstoffen aus pflanzlicher Biomasse ist die ursprüngliche Form, der sich die Menschen bedient haben. Sie führt zu einer nahezu vollständigen Verwertung der hierzu eingesetzten Biomasse, läßt aber wegen der damit verbundenen Transportprobleme keinen sehr hohen Zentralisationsgrad zu und kann die Verwendung von Öl nur im Heizungsbereich einsetzen. Flüssigbrennstoffe entstehen erst nach entsprechender Verarbeitung der hierzu einsetzbaren Ernteprodukte. Es sind daher in jedem Fall zusätzliche Investitionen zum Aufbau geeigneter Verarbeitungsanlagen nötig. Eine restlose Verarbeitung ist jedoch in keinem Fall möglich, so daß auch eine sinnvolle Verwertung der Rückstände überlegt werden muß. Die Endprodukte sind jedoch durch eine hohe Energiedichte charakterisiert und können Erdölprodukte in allen Bereichen des Kraftstoffsektors ersetzen.

Tab. 1:

Mögliche Energieträger aus landwirtschaftlicher Produktion

Festbrennstoffe

STROH + KORN

schnellwachsende HÖLZER

Flüssigbrennstoffe

pflanzliche ÖLE

ETHANOL

Gasförmige Brennstoffe

BIOGAS

Auch die Gewinnung von Biogas erfordert aufwendige Zusatzinvestitionen. Die Reststoffprobleme sind zwar bedeutend geringer als bei der Ethanolproduktion, aber auch die Verwendbarkeit ist stark eingeschränkt. Am günstigsten sieht es noch bei der Verarbeitung von Rückständen aus der Ethanolproduktion zu Biogas aus.

In Tabelle 2 sind die Öläquivalente für Festbrennstoffe und für pflanzliche Öle (Raps) angegeben. Sie könnten nach dem heutigen Stand der Entwicklung am schnellsten einsatzbereit sein, um auch nennenswerte Teile der heutigen Überschußproduktion aufzufangen. Die Zahlen machen aber auch deutlich, daß die Energieproduktion ein hohes Ertragsniveau erfordern und trotzdem nicht ohne eine Preisstützung auskommen würde, solange es bei niedrigen Energiepreisen bleibt. Die Tabelle macht weiterhin deutlich, daß in der energetischen Bewertung zwischen Korn und Stroh unserer Getreidearten kein nennenswerter Unterschied besteht. Es können daher ebenso andere für die Verbrennung geeignete Formen von

Tab. 2: Ertrag und energetischer Wert von Festbrennstoffen

	dt/ha Korn	dt/ha Stroh	dt/ha Biomasse	l/ha Öläquivalent	DM/ha (0,35 DM/l)
Korn	50	50	100	3 846	1 346
	70	70	140	5 385	1 885
	90	90	180	6 923	2 423
Schilf			250	9 615	3 365
			350	13 461	4 711
Raps	30 x 0,35 DM/l			1 141	399
	x 0,80 DM/l				913
				+ 1 950 kg Preßkuchen (0,45 DM/kg)	877
				Summe	600
					1 876/2 390

Zusammengestellt nach Angaben von Strehler (1987)

Biomasse hierzu herangezogen werden. Bei Raps ergibt sich die Möglichkeit, das Öl als Kraftstoff einzusetzen, die Preßrückstände zu verfüttern und das Stroh zu verbrennen oder es dem Boden zuzuführen.

Bei der Erzeugung von Energiepflanzen steht somit die Flächenleistung an verwertbarer Biomasse im Mittelpunkt des Interesses.

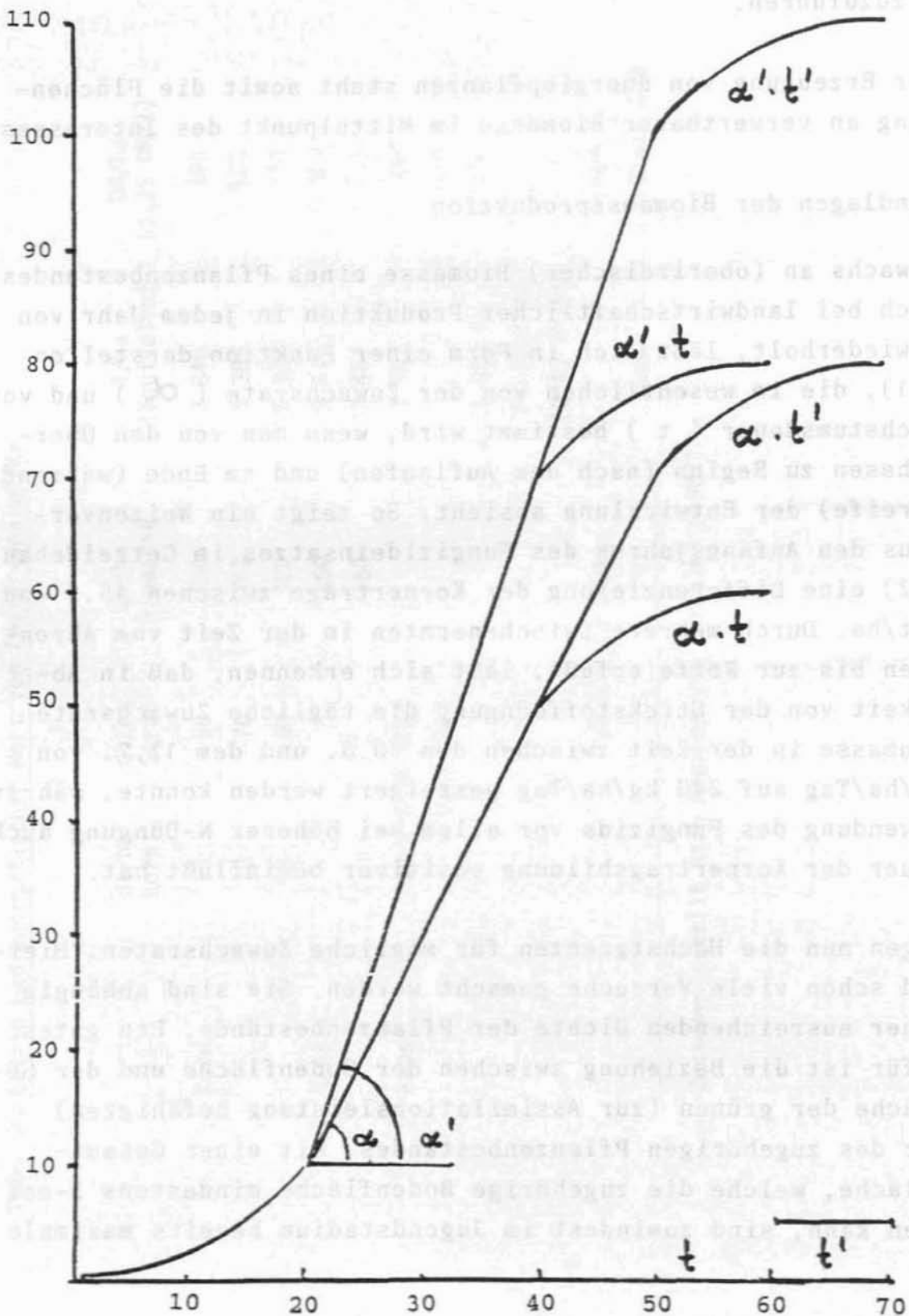
### 1. Grundlagen der Biomasseproduktion

Der Zuwachs an (oberirdischer) Biomasse eines Pflanzenbestandes, der sich bei landwirtschaftlicher Produktion in jedem Jahr von neuem wiederholt, läßt sich in Form einer Funktion darstellen (Abb. 1), die im wesentlichen von der Zuwachsrate ( $\alpha$ ) und von der Wachstumsdauer ( $t$ ) bestimmt wird, wenn man von den Übergangsphasen zu Beginn (nach dem Auflaufen) und am Ende (während der Abreife) der Entwicklung absieht. So zeigt ein Weizenversuch aus den Anfangsjahren des Fungizideinsatzes im Getreidebau (Abb. 2) eine Differenzierung der Kornerträge zwischen 45.9 und 73.1 dt/ha. Durch mehrere Zwischenernten in der Zeit vom Ährenschieben bis zur Reife erfaßt, läßt sich erkennen, daß in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung die tägliche Zuwachsrate an Kornmasse in der Zeit zwischen dem 20.6. und dem 17.7. von 180 kg/ha/Tag auf 240 kg/ha/Tag gesteigert werden konnte, während die Anwendung des Fungizids vor allem bei höherer N-Düngung auch die Dauer der Kornertragsbildung positiver beeinflusst hat.

Wo liegen nun die Höchstgrenzen für mögliche Zuwachsraten. Hierzu sind schon viele Versuche gemacht worden. Sie sind abhängig von einer ausreichenden Dichte der Pflanzenbestände. Ein gutes Maß dafür ist die Beziehung zwischen der Bodenfläche und der Gesamtfläche der grünen (zur Assimilationsleistung befähigten) Blätter des zugehörigen Pflanzenbestandes. Mit einer Gesamtblattfläche, welche die zugehörige Bodenfläche mindestens 3-mal bedecken kann, sind zumindest im Jugendstadium bereits maximale



Abb. 1: Verlauf von Wachstumskurven in Abhängigkeit von Zuwachsrate ( $\alpha$ ) und Zuwachsdauer ( $t$ )



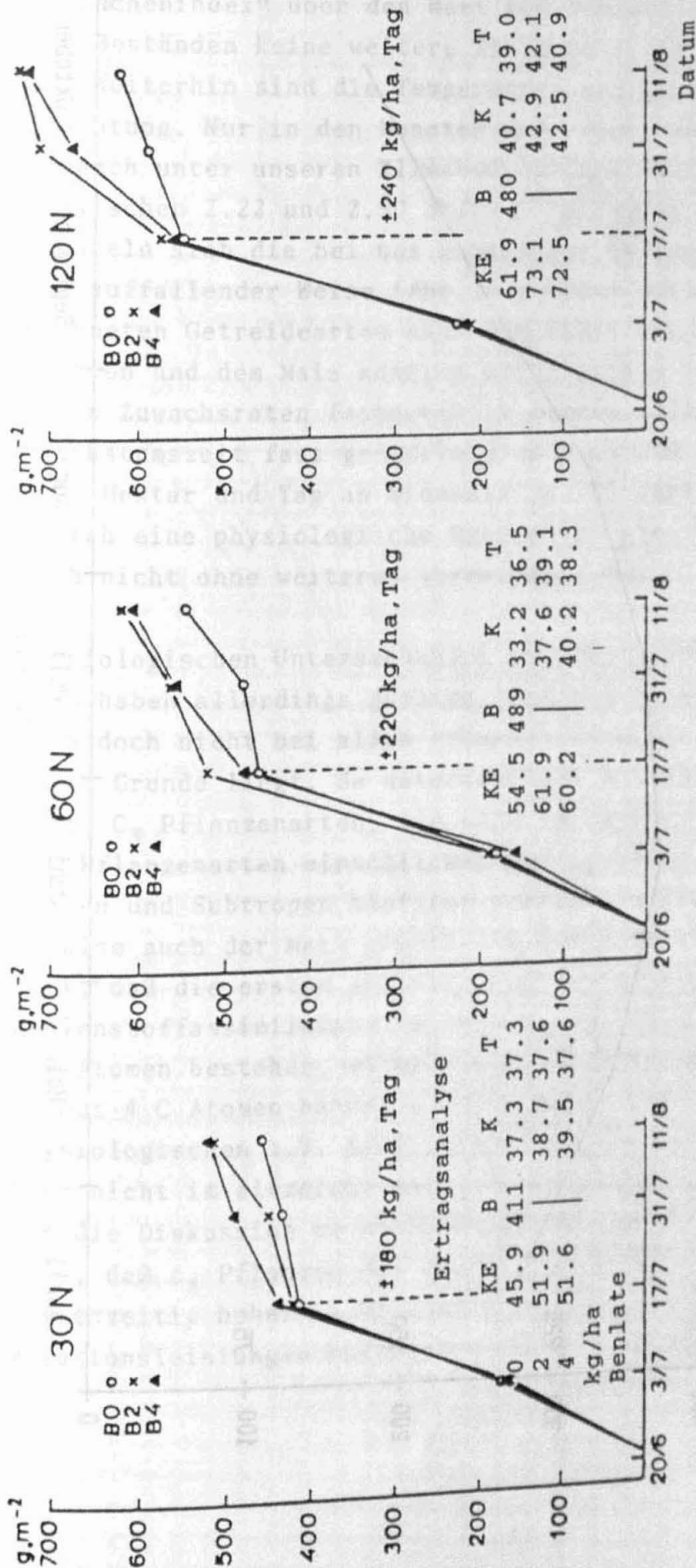
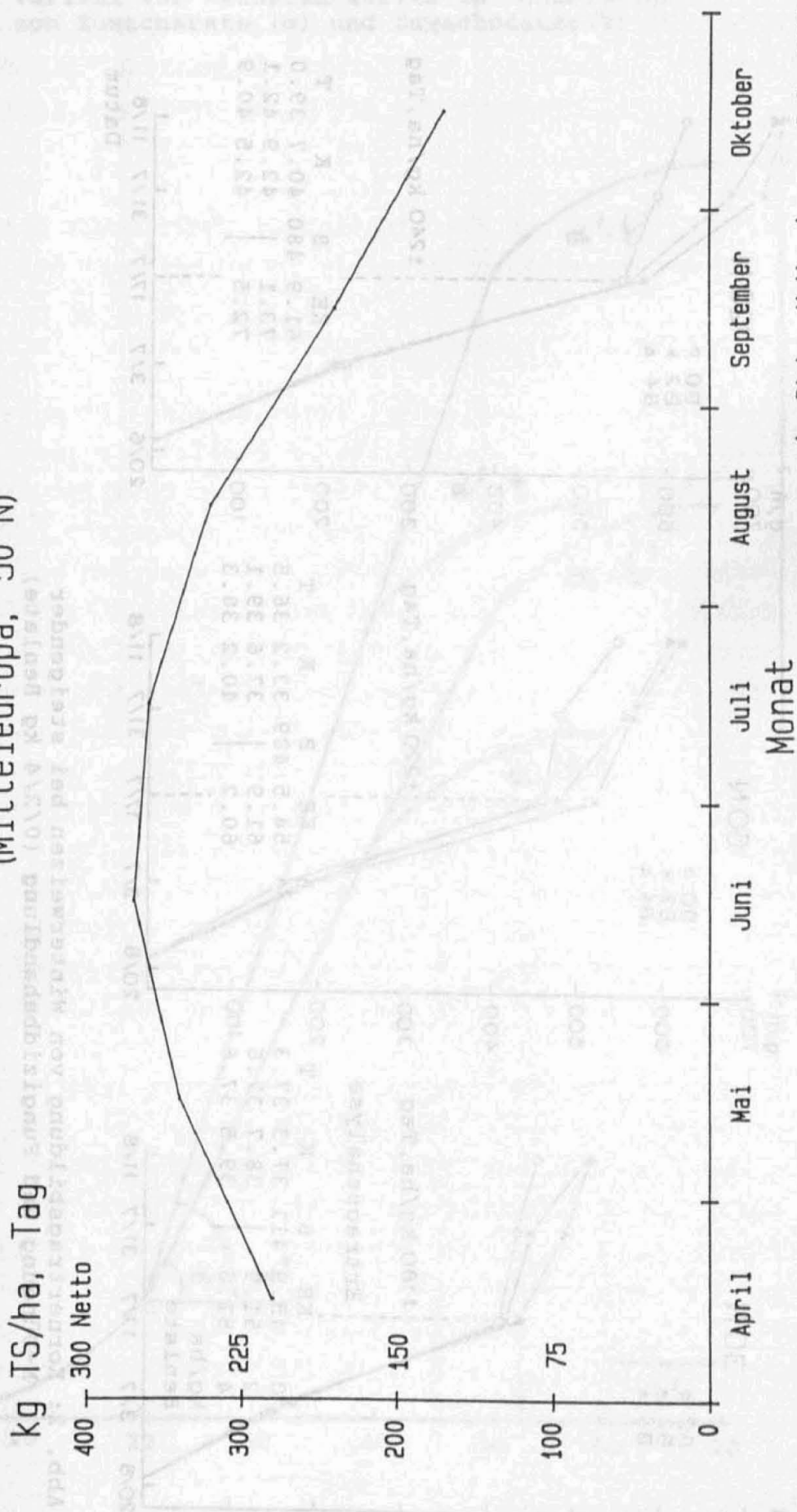


Abb. 2: Kornertragsbildung von Winterweizen bei steigender N-Düngung und Fungizidbehandlung (0/2/4 kg Benlate)

KE Kornertrag  
 B Bestandesdicke  
 K Körner/Ähre  
 T Tausendkorngewicht

Abb. 3: Potentielle Photosyntheserate (Gesamtleistung)  
(Mitteleuropa, 50°N)



L. Simba, Neth. J. agr. Sci. 1977

Zuwachslleistungen möglich. Der Anstieg des so berechneten "Blattflächenindex" über den Wert von 5 hinaus, kann auch bei älteren Beständen keine weitere Steigerung der Zuwachsraten bewirken. Weiterhin sind die Temperatur- und Lichtverhältnisse von Bedeutung. Nur in den Monaten Mai, Juni, Juli und August sind danach unter unseren Klimabedingungen maximale Zuwachsraten zwischen 2.22 und 2.50 dt/Tr.S/ha/Tag zu erwarten (Abb.3). Dabei ähneln sich die bei uns heimischen Kulturpflanzenarten in sehr auffallender Weise (Abb. 4). Weder zwischen den hier verzeichneten Getreidearten noch den damit verglichenen Hackfruchtarten und dem Mais konnten prinzipielle Unterschiede ihrer maximalen Zuwachsraten festgestellt werden. Alle nahmen in ihrer Hauptwachstumszeit fast geradlinig um etwa 200 kg Trockensubstanz je Hektar und Tag an Biomasse zu. Es gibt hier augenscheinlich eine physiologische Grenze von genereller Bedeutung, die sich nicht ohne weiteres überwinden läßt.

Die physiologischen Untersuchungen zur Photosynthese höherer Pflanzen haben allerdings gezeigt, daß dem Ablauf der Photosynthese doch nicht bei allen Pflanzenarten ein exakt gleiches Muster zu Grunde liegt. So unterscheidet man heute zwischen sogenannten  $C_3$  Pflanzenarten, die alle im gemäßigten Klima beheimateten Pflanzenarten einschließen und  $C_4$  Pflanzenarten, die in den Tropen und Subtropen häufiger verbreitet sind, zu denen beispielsweise auch der Mais gehört. In der Bezeichnung kommt zum Ausdruck, daß die ersten analytisch faßbaren Zwischenprodukte der Kohlenstoffassimilation bei den  $C_3$  Pflanzen aus einer Kette von 3 C Atomen bestehen, während es sich bei den  $C_4$  Pflanzen um Ketten aus 4 C Atomen handelt. Hinzu kommt eine Reihe von weiteren physiologischen z.T. auch morphologischen Besonderheiten, die hier nicht im einzelnen dargestellt werden brauchen. Wichtig ist für die Diskussion um hohe Biomasseproduktion vor allem die Tatsache, daß  $C_4$  Pflanzen bei ausreichender Temperatur ( $> 25^\circ C$ ) und gleichzeitig hoher Lichteinstrahlung zu deutlich höheren Assimilationsleistungen befähigt sind, als  $C_3$  Pflanzen (Abb.5).

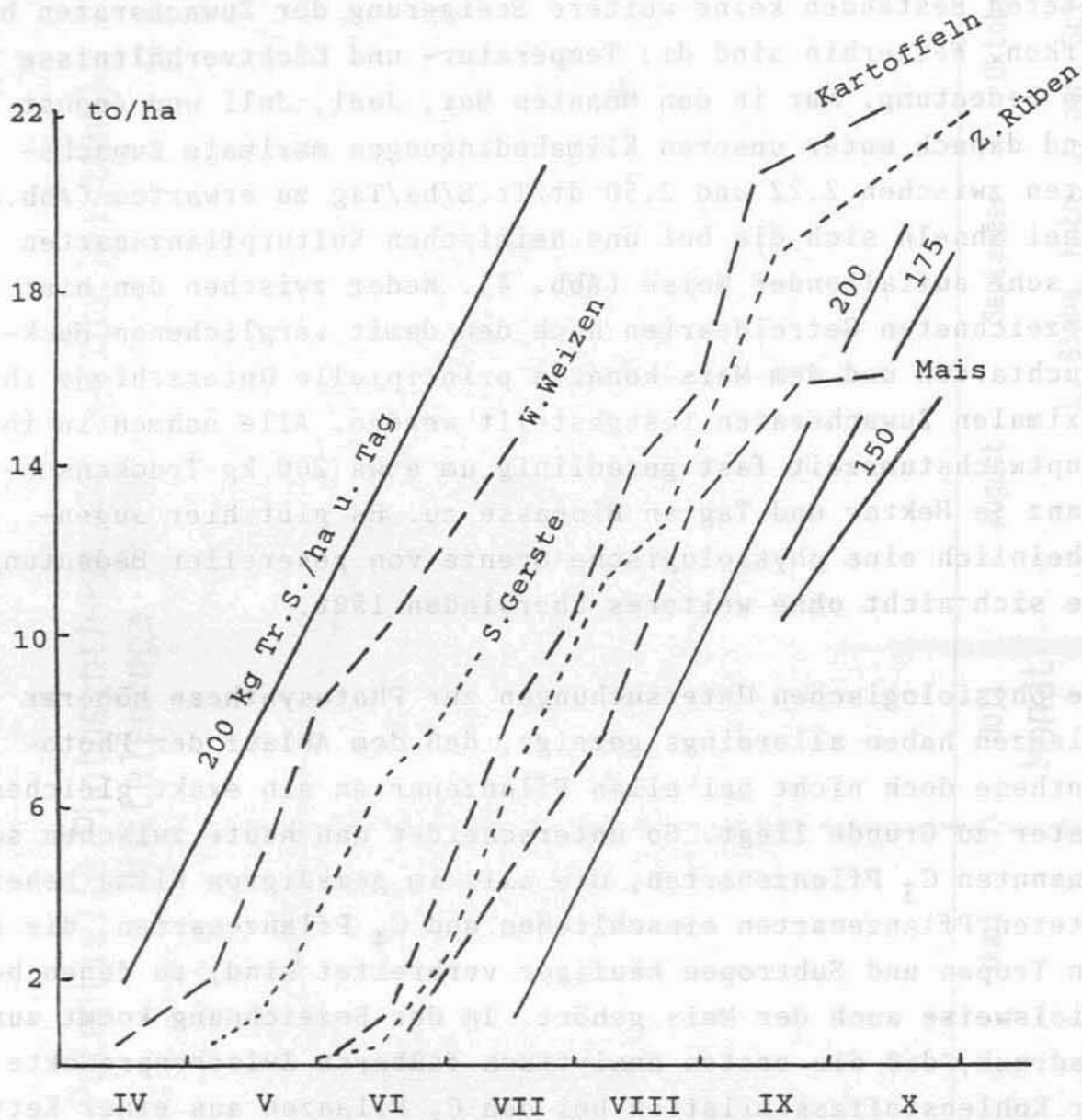
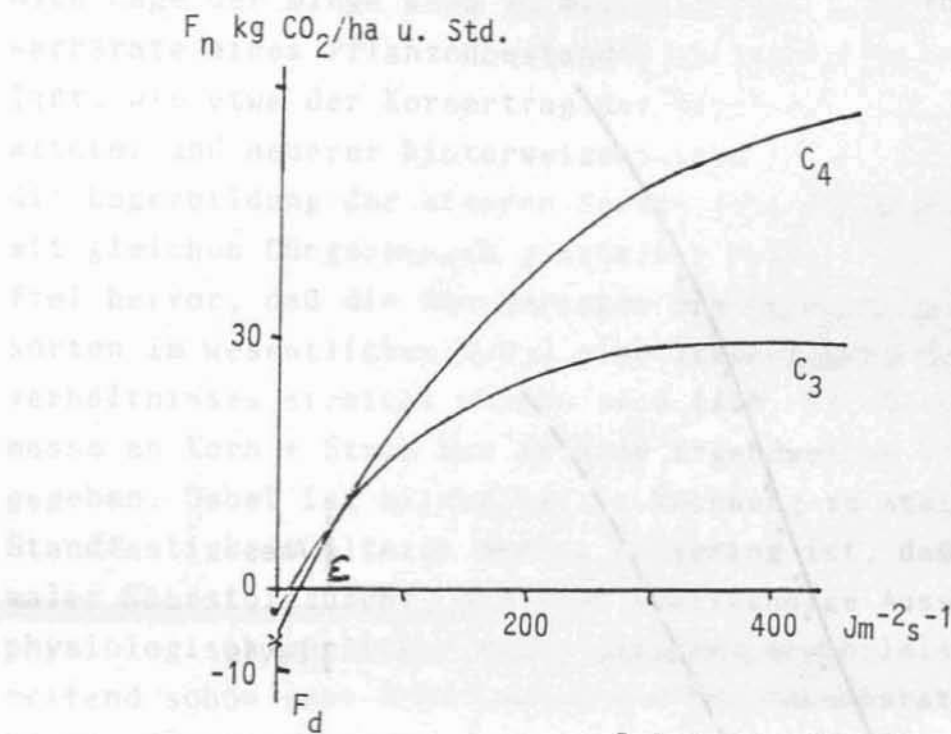


Abb. 4: Wachstumsraten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen unter (fast) optimalen Bedingungen in Holland. (de Wit et al 1979)

Abb. 5: Charakteristische Netto-CO<sub>2</sub>-Assimilations-Funktionen ( $F_n$ ) von einzelnen Blättern von C<sub>3</sub> und C<sub>4</sub> Pflanzen

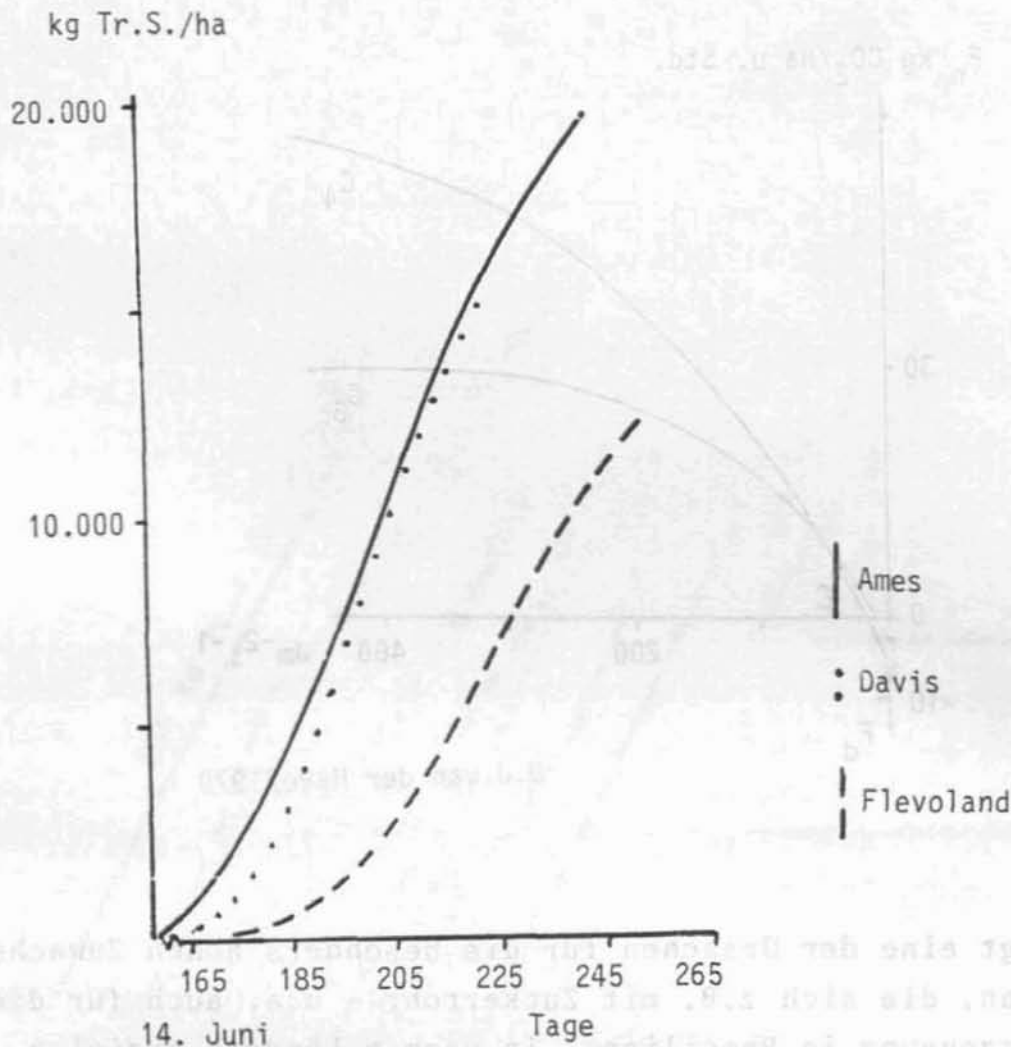


D.J.van der Have/1979

Hier liegt eine der Ursachen für die besonders hohen Zuwachsraten, die sich z.B. mit Zuckerrohr - u.a. auch für die Ethanolherzeugung in Brasilien - in warmen Ländern erzielen lassen.

Wie bereits aus Abbildung 4 zu erkennen war, erreichte der Mais unter unseren Klimabedingungen keine höheren Zuwachsraten als einheimische Pflanzenarten. Ein exakter Vergleich (Abbildung 6), der mit der gleichen Maissorte in Californien (Davis), Iowa (Ames) und in Holland (Flevoland) durchgeführt wurde, läßt keinen Zweifel daran, daß höhere Durchschnittstemperaturen im Verein mit hoher Einstrahlung als die entscheidende Voraussetzung für die höheren Zuwachsraten angesehen werden muß. Dies kommt

Abb. 6: Trockensubstanzproduktion (berechnet und gemessen) von Maisbeständen an drei Standorten



D.J.van der Have/1979

dem Mais noch am ehesten in den warmen und einstrahlungsreichen Föhnlagen Süddeutschlands zugute und hat sicher dazu beigetragen, daß sich die Maiserträge 1987 in den warmen Spätsommertagen Süddeutschlands noch deutlicher erholen konnten als vielfach befürchtet wurde.

## 2. Züchterische Aspekte der Biomasseproduktion

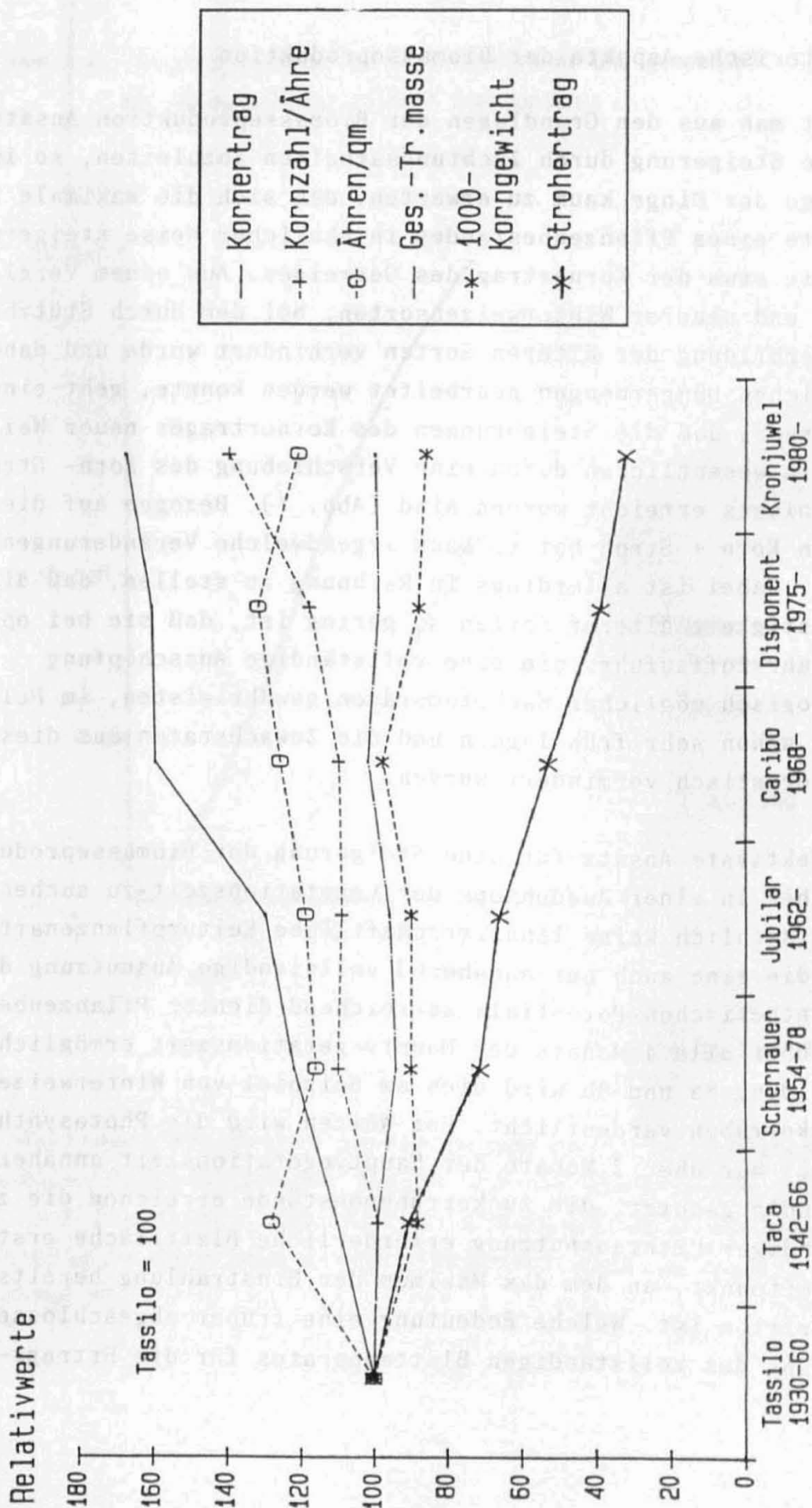
Versucht man aus den Grundlagen der Biomasseproduktion Ansätze für ihre Steigerung durch Züchtungsarbeiten abzuleiten, so ist nach Lage der Dinge kaum zu erwarten, daß sich die maximale Zuwachsrate eines Pflanzenbestandes in ähnlicher Weise steigern läßt, wie etwa der Kornertrag des Getreides. Aus einem Vergleich älterer und neuerer Winterweizensorten, bei dem durch Stützhilfen die Lagerbildung der älteren Sorten verhindert wurde und daher mit gleichen Düngermengen gearbeitet werden konnte, geht einwandfrei hervor, daß die Steigerungen des Kornertrages neuer Weizensorten im wesentlichen durch eine Verschiebung des Korn-Strohverhältnisses erreicht worden sind (Abb. 7). Bezogen auf die Biomasse an Korn + Stroh hat es kaum irgendwelche Veränderungen gegeben. Dabei ist allerdings in Rechnung zu stellen, daß die Standfestigkeit älterer Sorten so gering ist, daß sie bei optimaler Nährstoffzufuhr, die eine vollständige Ausschöpfung physiologisch möglicher Wachstumsraten gewährleisten, im Feldbestand schon sehr früh lagern und die Zuwachsraten aus diesem Grunde drastisch vermindert wurden.

Der effektivste Ansatz für eine Steigerung der Biomasseproduktion wäre daher in einer Ausdehnung der Vegetationszeit zu suchen. Es gibt tatsächlich keine landwirtschaftliche Kulturpflanzenart oder Sorte, die eine auch nur annähernd vollständige Ausnutzung des photosynthetischen Potentials ausreichend dichter Pflanzenbestände über alle 4 Monate der Hauptvegetationszeit ermöglicht. In Abbildung 8a und 8b wird dies am Beispiel von Winterweizen und Zuckerrüben verdeutlicht. Bei Weizen wird die Photosynthesekapazität nur über 2 Monate der Hauptvegetationszeit annähernd vollständig genutzt, die Zuckerrübenbestände erreichen die zu vollständiger Lichtausnutzung erforderliche Blattfläche erst zu einem Zeitpunkt, an dem das Maximum der Einstrahlung bereits überschritten ist. Welche Bedeutung eine früher abgeschlossene Ausbildung des vollständigen Blattapparates für die Ertrags-

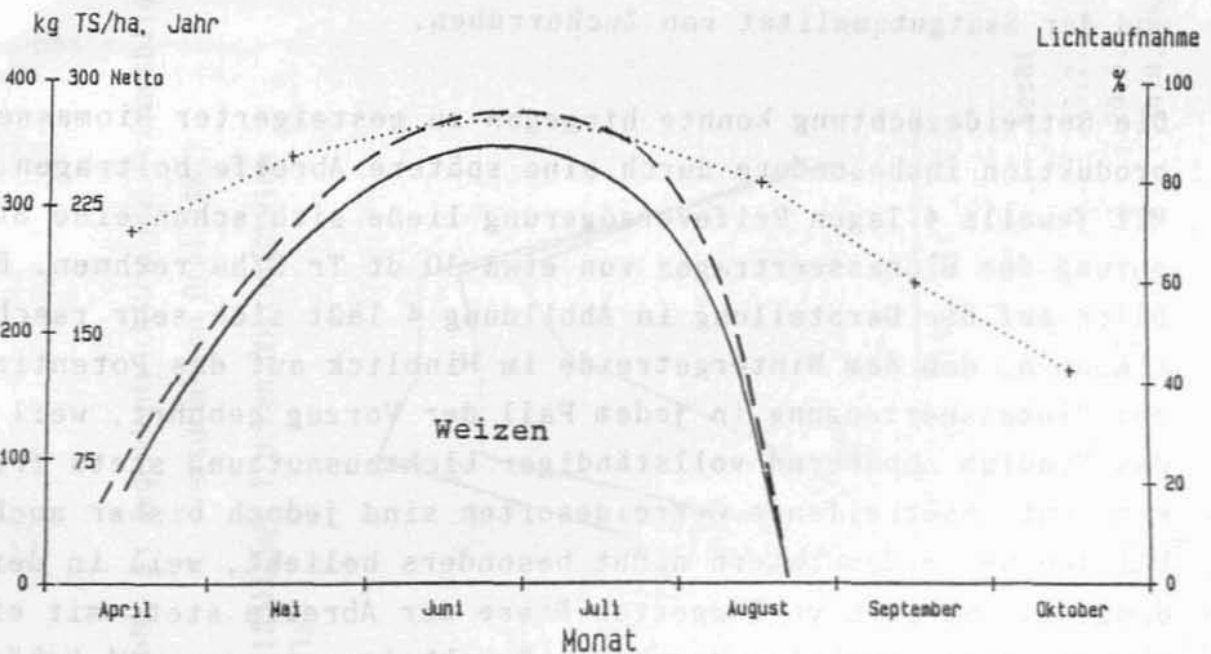
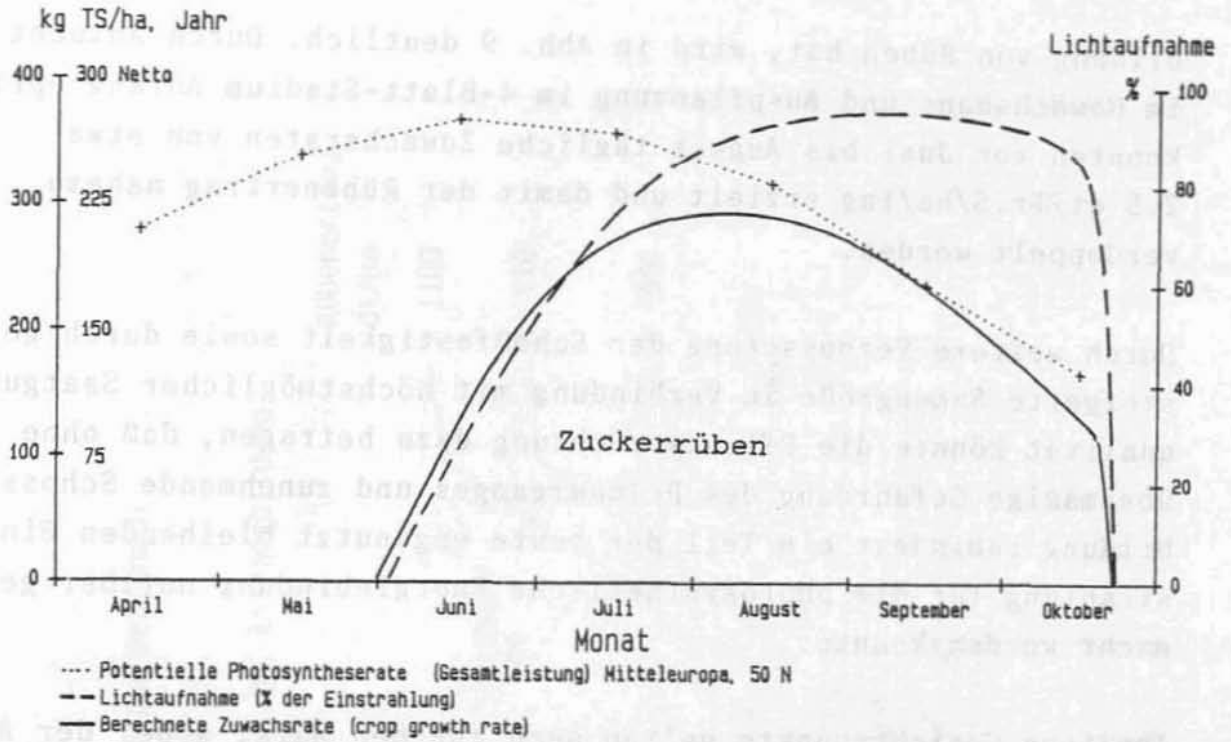
Abb. 8: Ausnutzung der Lichtausnutzung...



Abb. 7: Entwicklungslinien der Weizenzüchtung



Bayer. Landesanstalt f. Bodenkultur u. Pflanzenbau



L. Simba, Neth.J.agr.Sci. 1977

Abb. 8: Ausnutzung der Lichteinstrahlung und der potentiellen Photosyntheserate durch voll entwickelte Pflanzenbestände von Zuckerrüben und Winterweizen.

bildung von Rüben hat, wird in Abb. 9 deutlich. Durch Anzucht im Gewächshaus und Aupflanzung im 4-Blatt-Stadium Anfang April konnten von Juni bis August tägliche Zuwachsraten von etwa 2.5 dt/Tr.S/ha/Tag erzielt und damit der Rübenertrag nahezu verdoppelt werden.

Durch weitere Verbesserung der Schoßfestigkeit sowie durch gesteigerte Samengröße in Verbindung mit höchstmöglicher Saatgutqualität könnte die Pflanzenzüchtung dazu beitragen, daß ohne übermäßige Gefährdung des Feldaufganges und zunehmende Schosserbildung zumindest ein Teil der heute ungenutzt bleibenden Einstrahlung für die photosynthetische Energiebindung nutzbar gemacht werden könnte.

Ähnliche Gesichtspunkte gelten auch für den Mais, wobei der Abbau seiner Empfindlichkeit gegenüber niedrigen Wachstumstemperaturen besondere Aufmerksamkeit verdient. Es handelt sich dabei allerdings um ein Zuchtziel, das wahrscheinlich viel schwieriger zu erreichen ist, als die Verbesserung der Schoßfertigkeit und der Saatgutqualität von Zuckerrüben.

Die Getreidezüchtung konnte hingegen zu gesteigerter Biomasseproduktion insbesondere durch eine spätere Abreife beitragen. Mit jeweils 4 Tagen Reifeverzögerung ließe sich schon eine Steigerung des Biomasseertrages von etwa 10 dt Tr.S/ha rechnen. Ein Blick auf die Darstellung in Abbildung 4 läßt sich sehr rasch erkennen, daß dem Wintergetreide im Hinblick auf das Potential zur Biomasseerzeugung in jedem Fall der Vorzug gebührt, weil es das Stadium annähernd vollständiger Lichtausnutzung stets früher erreicht. Spätreifende Getreidesorten sind jedoch bisher auch bei den Getreidezüchtern nicht besonders beliebt, weil in der damit automatisch verlängerten Phase der Abreife stets mit einem ansteigenden Infektionsdruck von Krankheitserregern und Schädlingen zu rechnen ist, die mit verlängerter Vegetationszeit immer auch die Gelegenheit erhalten, eine größere Zahl von Ver-

Abb. 9: Jugendentwicklung und Ertragsbildung von Zuckerrübenbeständen  
(Versuche von Oral 1981)

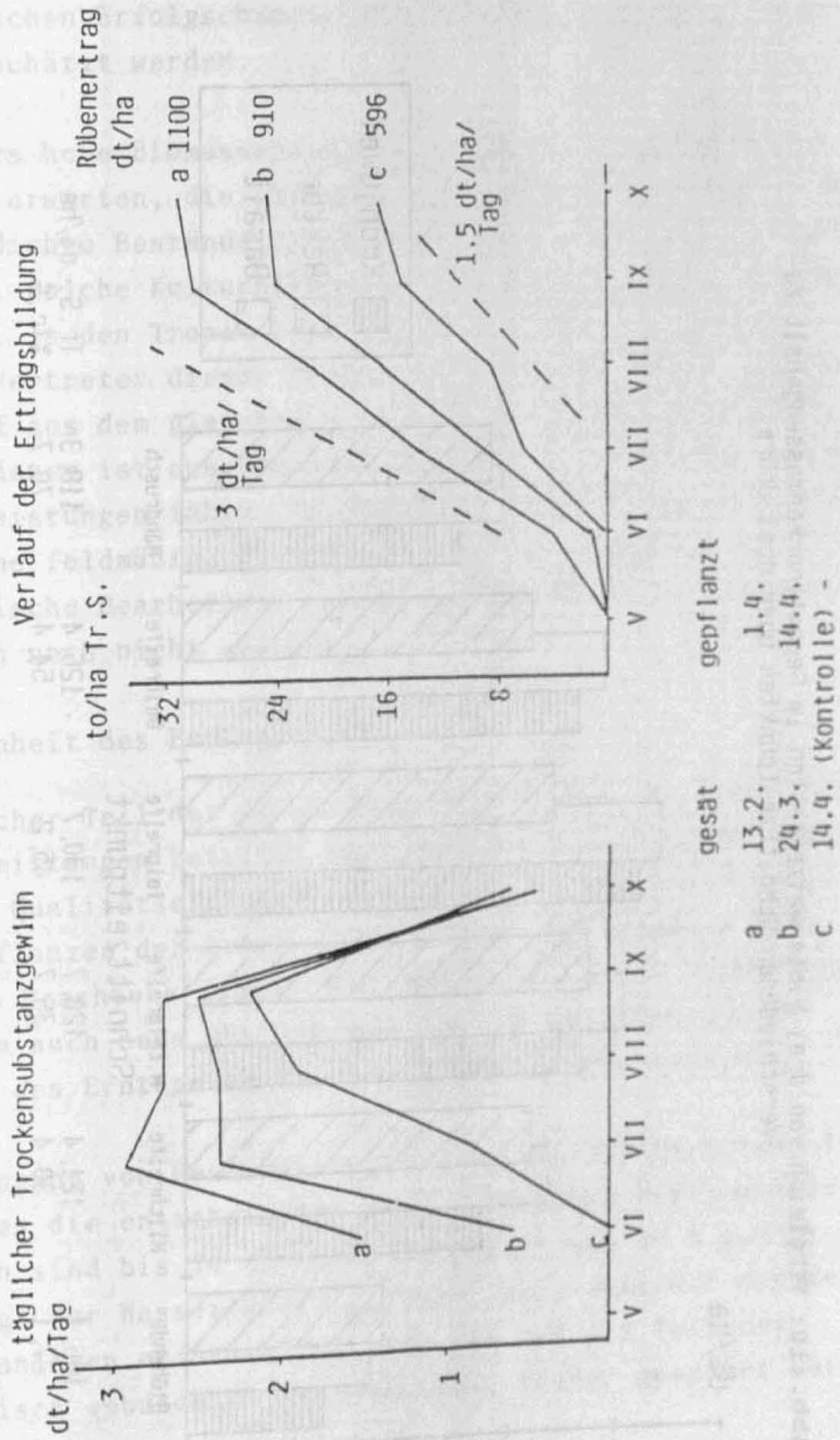
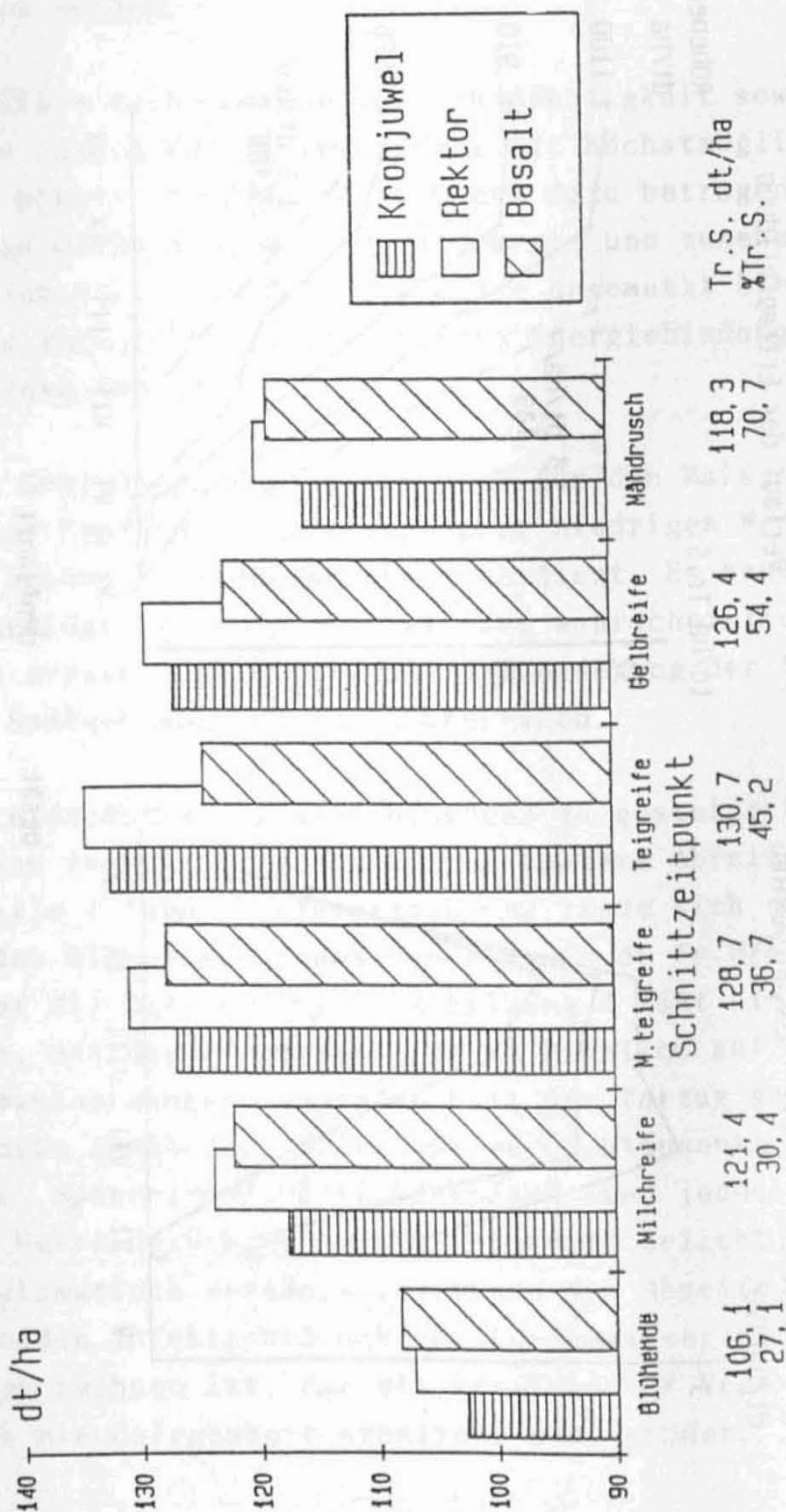


Abb. 10: Vergleich von drei Winterweizensorten im Gesamttrockenmassengehalt zu verschiedenen Schnittzeitpunkten über drei Jahre



Bayer. Landesanstalt f. Bod.kultur u. Pflz.bau, Meihenstephan

mehrungszyklen abzuschließen. Spätreifende Getreidesorten müssen daher in der Regel höheren Anforderungen an ihre Widerstandsfähigkeit gegen die vorherrschenden Krankheitserreger genügen. Die züchterischen Erfolgchancen müssen daher entsprechend geringer eingeschätzt werden.

Eine besonders hohe Biomasseproduktion kann man von ausdauernden Pflanzen erwarten, die aus ihren Wurzelreserven schon früh ausreichend dichte Bestände bilden und erst in den Herbstmonaten abreifen. Solche Kulturpflanzen sind bei uns bisher nicht gebräuchlich. In den Tropen kann man das Zuckerrohr als den wichtigsten Vertreter dieser Gruppe zuordnen. In Tabelle 2 wurde das Schilf aus dem gleichen Grund genannt. Der Schilfsaum seichter Gewässer ist aus den vorher dargelegten Gründen zu sehr hohen Wachstumsleistungen fähig. Ob derartige Pflanzenarten im Hinblick auf eine feldmäßige Produktion von Festbrennstoffen auch eine züchterische Bearbeitung lohnen werden, läßt sich gegenwärtig jedoch noch nicht absehen.

### 3. Beschaffenheit des Erntegutes

Ein wesentlicher Teil der durch züchterische Arbeit verbesserten Produktionsleistungen betrifft die Beschaffenheit des Erntegutes - kurz seine Qualitätseigenschaften. Auch wenn in der Produktion von Energiepflanzen der Ertrag an verwertbarer Biomasse stets vordringliche Beachtung finden muß, werden mit neuen Verwertungsmöglichkeiten auch neue Überlegungen zur Optimierung der Beschaffenheit des Erntegutes für diese Zwecke erforderlich.

Bei der Erzeugung von Festbrennstoffen spielt der Wassergehalt des Erntegutes die entscheidende Rolle. Günstige Verbrennungseigenschaften sind bis zu einem Wassergehalt von 20 % gewährleistet. Liegt der Wassergehalt darüber, sind entweder spezielle Verbrennungsanlagen erforderlich, oder es muß ein Teil der photosynthetisch gebundenen Sonnenenergie wieder geopfert wer-

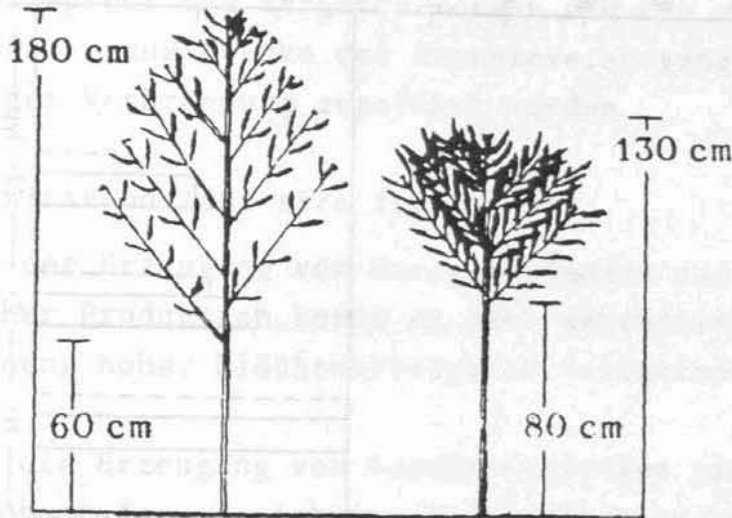
den, um überschüssige Feuchtigkeit zu entfernen und auch die Lagersicherheit zu gewährleisten. Aus einem Anbauversuch mit Winterweizen zum Zweck der Ganzpflanzensilage lassen sich auch einige Hinweise auf die Eignung des Weizens für die Erzeugung von Festbrennstoffen gewinnen (Abb. 10). Man erkennt, daß der Höchstmögliche Flächenertrag an Biomasse (Tr.S von Korn + Stroh) etwa zum Zeitpunkt der Teigreife erreicht ist, zum gleichen Zeitpunkt der Feuchtigkeitsgehalt des Erntegutes aber noch bei 55 % liegt. Bis zur Mähdruschreife geht durch Blattverluste und durch die Einwirkung saprophytischer Pilze ein nicht unerheblicher Anteil der vorher gebildeten Biomasse schon verloren, wobei es deutliche Jahrgangs- und Sortenunterschiede geben kann. Aber auch in der konventionellen Mähdruschreife, mit Kornfeuchten unter 20 % lag der mittlere Wassergehalt des gesamten Erntegutes bei 30 %, da insbesondere die bodennäheren Pflanzenteile weniger gut ausgetrocknet sind. Ein hoher Austrocknungsgrad der Restpflanze dürfte daher bei der Erzeugung von Festbrennstoffen aus landwirtschaftlichen Kulturpflanzen durchaus auch züchterische Beachtung verdienen.

Etwas anders stellen sich die Dinge bei der Gewinnung von Flüssigbrennstoffen aus landwirtschaftlichen Kulturpflanzen dar. Bei den Ölpflanzen würde die Kraftstoffgewinnung im Vordergrund stehen. Dabei wird eine Steigerung des Kornertrages auf Kosten des Strohertrages durchaus in Betracht zu ziehen sein (Abb. 11) und damit ein ähnlicher Weg verfolgt werden können, wie ihn die Getreidezüchtung bisher gegangen ist (siehe Abb. 7). Es kommt hinzu, daß auch an eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen den beiden Hauptinhaltsstoffen des Rapskornes (Öl und Eiweiß) gedacht werden kann, wenngleich dabei auf absehbare Zeit dem Eiweißanteil wohl die höhere Bewertung zukommen dürfte, als der Verwertung des Öls im Kraftstoffsektor.

Sollte die Erzeugung von Ethanol in größerem Maße eingeleitet werden, kommt es bei der Bereitstellung der Rohstoffe haupt-

Abb. 11:

Idealtyp einer Winterrapssorte  
nach LEITZKE 1973



sächlich auf hohe Anteile an vergärbbarer Substanz an. Es ist bekannt, daß Rübentypen, die an der Grenze zwischen den trockensubstanzreichen Futterrüben und im Zuckerrübenanbau gebräuchlichen EE-Typen stehen (Abb. 12), einen höheren Flächenertrag an vergärbarem Zucker erreichen als die heute gebräuchlichen Zuckerrübensorten, bei denen eine höhere Zuckerkonzentration auch aus verfahrenstechnischen Gründen vorteilhafter ist. Es würde der Rübenzüchtung keinerlei Schwierigkeiten bereiten, einen größeren Teil ihrer Arbeiten diesem bisher weniger beachteten Sektor aus dem Nutzungsspektrum der Beta Rüben zuzuwenden.

Ein anderer Aspekt der Ethanolproduktion liegt in der Verwertungsmöglichkeit für die nicht vergärbaren Reststoffe. Einerseits wird dabei an eine Kopplung mit Biogasanlagen gedacht, die zugleich die Energie bereitstellen können, welche zur Destillation des Ethanols eingesetzt werden muß. Eine andere Überlegung zielt auf die züchterische Anpassung von Zuckerhir-



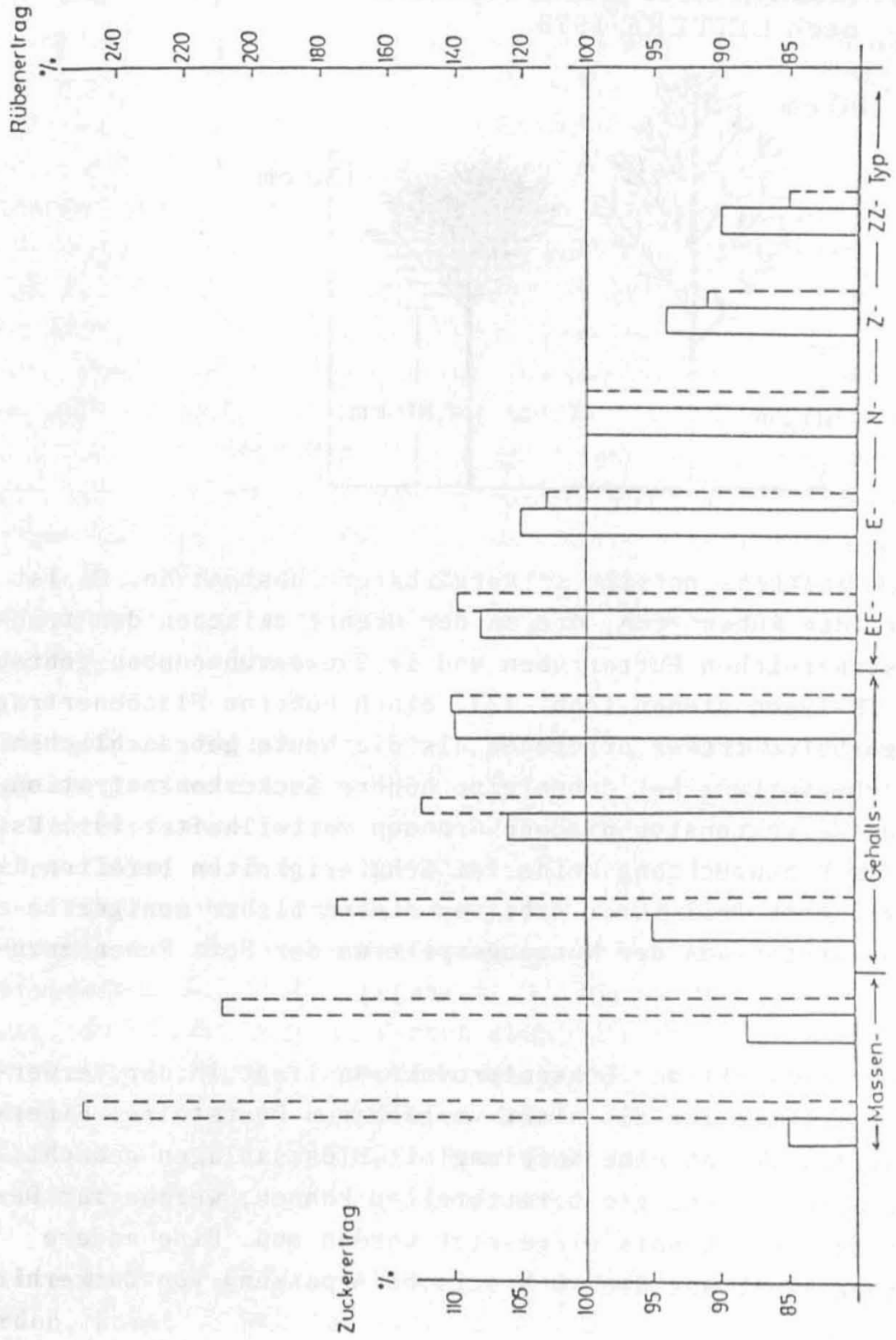


Abb. 12: Die Beziehung Zuckerertrag (»Trockensubstanzertrag«) und Rüben-ertrag in Abhängigkeit des Rüben-typus von Zucker- und Futterrüben

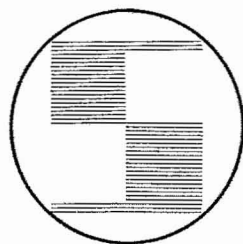
se, einer Pflanzenart mit ähnlich hohen Wärmeansprüchen wie bei Mais, die - ähnlich wie das Zuckerrohr - hohe Zuckergehalte in ihren Stengeln speichert. Dabei könnte der Zuckersaft ausgepreßt und vergoren werden und die zurückbleibende Stengelmasse zum Zwecke der Energieversorgung der gesamten Anlage der Verbrennung zugeführt werden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen:

- 1.) Bei der Erzeugung von Energiepflanzen aus landwirtschaftlicher Produktion kommt es sehr wesentlich auf die Gewinnung hoher Flächenerträge an verwertbarer Biomasse an.
- 2.) Für die Erzeugung von Festbrennstoffen sind dabei Korn- und Stroherträge als nahezu gleichwertig zu betrachten, während für die Erzeugung von Flüssigbrennstoffen der Anteil verwertbarer Substanzen (pflanzliche Öle bzw. vergärbarer Zucker) am Erntegut betrachtet werden muß.
- 3.) Da die Zuwachsraten dichter Pflanzenbestände sowohl im Vergleich verschiedener Arten als auch im Vergleich unterschiedlicher Sorten der gleichen Art weitgehend ähnlich sind, konzentrieren sich die züchterischen Aspekte der Erzeugung von Festbrennstoffen aus landwirtschaftlichen Kulturpflanzen hauptsächlich auf die Möglichkeiten einer besseren Ausnutzung der in der Hauptvegetationszeit eingestrahlteten Lichtenergie. Darüberhinaus kommt einer möglichst vollständigen Austrocknung des Erntegutes wesentliche Bedeutung für die Lagersicherheit und die beabsichtigte Verbrennung zu.
- 4.) Bei Erzeugung von Flüssigbrennstoffen kann durch züchterische Maßnahmen die Verteilung der Assimilate zugunsten der Energieträger (pflanzliche Öle bzw. vergärbarer Zucker) beeinflußt werden. Außerdem können die Verwendungsmöglichkeiten für die nicht zur Herstellung der Flüssigbrennstoffe ver-

wendbaren Reststoffe für das züchterisch bearbeitete Artenspektrum von Bedeutung sein.

5. Es ist nicht zu erwarten, daß die bisherigen Hindernisse einer Energiepflanzenproduktion aus dem Sektor der Preisentwicklung und der Agrarpolitik allein schon durch forcierte Zuchtfortschritte überwunden werden können. Sobald entsprechende Marktentwicklungen und/oder politische Entscheidungen der Energiepflanzenproduktion jedoch eine annähernd konkurrenzfähige Ausgangsposition verschaffen, gewinnen neue Zuchtziele für die Pflanzenzüchtung an Bedeutung, die maßgeblichen Einfluß auf das Arten- und Sortenspektrum der Energiepflanzenproduktion nehmen können.



**Motorenfabrik Anton Schlüter München · Werk Freising**