

Hermann Auernhammer

Elektronik in Traktoren und Maschinen

Einsatzgebiete
Funktion
Entwicklungstendenzen



#2456

Hermann Auernhammer
Elektronik in Traktoren und Maschinen

Dr. H. Auernhammer

Hermann Auernhammer

Elektronik in Traktoren und Maschinen

Einsatzgebiete
Funktion
Entwicklungstendenzen

BLV Verlagsgesellschaft München
DLG-Verlag Frankfurt (Main)
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
Österreichischer Agrarverlag Wien
Bugra-Suisse Wabern-Bern



CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Auernhammer, Hermann:

Elektronik in Traktoren und Maschinen:
Einsatzgebiete, Funktion, Entwicklungstendenzen / Hermann Auernhammer –
München, Wien, Zürich: BLV Verl.-Ges.;
Frankfurt (Main): DLG-Verl.;
Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverl.;
Wien: Österr. Agrarverl.;
Wabern-Bern: BUGRA Suisse, 1989
ISBN 3-405-13618-0

Bildnachweis

Für die Erstellung der umfangreichen Abbildungen bedanke ich mich bei Frau Volmer, Herrn Keller und Herrn Pöhlmann. Herzlichen Dank auch an meine Mitarbeiter Dia(FH) Hemmen, Dia Demmel, Dia Peisl und Dia Rottmeier für die vielen Hinweise und Handreichungen.
Alle Abbildungen und Fotos, soweit nicht anderweitig gekennzeichnet, vom Autor.

BLV Verlagsgesellschaft
München Wien Zürich
8000 München 40

© 1989 BLV Verlagsgesellschaft mbH, München

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gestaltung: Friderun Thiel, Ismaning

Gesamtherstellung: Druckerei Sommer GmbH, Feuchtwangen

Printed in Germany · ISBN 3-405-13618-0

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen der Elektronik	9
1.1	Betriebsrechner	11
1.2	Prozeßrechner	13
1.2.1	Sensoren	13
1.2.2	Prozessoren	16
1.2.3	Aktoren	18
1.2.4	Kalibrierung	19
1.3	Überwachung, Steuerung, Regelung	20
1.3.1	Überwachung	20
1.3.2	Steuerung	22
1.3.3	Regelung	23
1.3.4	Sinnvolle Auswahl	24
1.4	Elektronik in der Anwendung	26
2	Elektronik im Traktor	28
2.1	Fahrzeugelektronik	28
2.1.1	Fahrwerkselektronik	28
2.1.2	Motorelektronik	41
2.1.3	Kupplungs- und Getriebeelektronik	42
2.1.4	Geräteschnittstelle	49
2.2	Information und Bedienung	56
2.2.1	Überwachung	57
2.2.2	Handlungsvorschläge	61
2.2.3	Automatisierung	65
2.2.4	Gegenüberstellung der Bordcomputer	66
2.3	Elektronik in der Diagnose	68
2.3.1	Betriebsdiagnose	68
2.3.2	Ausfalldiagnose	70
2.4	Elektronik und Betriebsmanagement	73
2.4.1	Betriebsdatenübergabe	74
2.4.2	Übernahme von Traktor-Geräteleitdaten	77
2.5	Elektronikauswahl beim Traktorkauf	79
2.5.1	Elektronikgrundausrüstung	79
2.5.2	Elektronik für den Zugtraktor	81
2.5.3	Elektronik für den Plegetraktor	82

3	Elektronik zur Maschinen- und Gerätesteuerung	84
3.1	Normsignalsteckdose	85
3.2	Prozeßsteuerungssysteme	86
3.2.1	Insellösungen	86
3.2.2	Mobiler Agrarcomputer	88
3.2.3	Landtechnik-Bus-System (LBS)	89
3.3	Sensoren für Geschwindigkeit und Position im Feld	95
3.3.1	Berührungsbestimmung	97
3.3.2	Positionsbestimmung	97
3.4	Datentransfer zwischen mobiler Elektronik und Betriebsrechner	99
3.4.1	Installierte Leitung	99
3.4.2	RAM-Box	100
3.4.3	Chipkarte	102
4	Elektronik in Geräten zur Bodenbearbeitung	103
4.1	Pflugsteuerung	103
4.2	Fräsensteuerung	105
5	Elektronik in Verteilgeräten	106
5.1	Sämaschinen	106
5.1.1	Drillmaschinen	106
5.1.2	Einzelkomsägeräte	111
5.2	Düngerstreuer	112
5.2.1	Überwachung der auszubringenden Düngermenge	113
5.2.2	Wegabhängige Düngerverteilung	119
5.2.3	Ausbaustufen der verfügbaren Elektronikanwendungen	123
5.2.4	Künftige Entwicklungen	126
5.3	Feldspritzen	128
5.3.1	Überwachung der Ausbringmenge	129
5.3.2	Überwachung und Teilbreitenschaltung	130
5.3.3	Automatische Regelung und Teilbreitenschaltung	131
5.3.4	Weitere Elektronikeinsätze	133
5.3.5	Ausbaustufen der verfügbaren Elektronikanwendungen	133
5.3.6	Ökonomische Beurteilung der Elektronik in Feldspritzen	136
5.3.7	Künftige Entwicklungen	137
5.4	Gülleverteilung	138
5.4.1	Elektronische Regelung der Ausbringmenge	139
5.4.2	Beurteilung der elektronisch geregelten Gülleverteilung	140

6	Elektronik in Erntemaschinen	141
6.1	Mähdrescher	141
6.1.1	Drehzahlüberwachung	142
6.1.2	Bordmonitore	144
6.1.3	Verlustmonitore	145
6.1.4	Ertragsermittlung	149
6.1.5	Weitere Entwicklungen	152
6.2	Feldhäcksler	154
6.2.1	Lenkautomat	155
6.2.2	Künftige Entwicklungen	156
6.3	Ballenpressen	158
6.3.1	Ablaufsteuerung beim Bindevorgang	158
6.3.2	Pressensteuerung für gleichmäßige Verdichtung	159
6.3.3	Künftige Entwicklungen	160
6.4	Ladewagen	161
6.4.1	Kratzbodensteuerung nach Belastung	161
6.4.2	Ertragsermittlung	162
6.5	Künftige Entwicklungen bei Erntemaschinen	163
6.5.1	Umfassende Überwachung	163
6.5.2	Verfeinerte Ablaufsteuerung	164
6.5.3	Elektronik zur Verlustminimierung	164
6.5.4	Elektronik zur Betriebsdatenerfassung	165
7	Elektronik im Verbund	166
7.1	Kommunikation	168
7.1.1	Kommunikation in den Prozeßrechnern	168
7.1.2	Prozeßtechnik und Betriebsrechner	169
7.1.3	Betriebsrechner und Rechenzentrum	170
7.2	Datenverarbeitung in der Betriebsführung	171
7.2.1	Programme für den eigenbetrieblichen Einsatz	172
7.2.2	Programme für den überbetrieblichen Einsatz	173
7.3	Regeln für den Gesamtsystemaufbau	174
7.3.1	Prozeßtechnik vor rechnerunterstützter Betriebsführung	174
7.3.2	Rechnerunterstützte Betriebsführung vor Prozeßtechnik	175
7.3.3	Regeln für den Kauf und den Umgang mit Elektronik	175
8	Auflistung wichtiger elektronischer Ausrüstungen für Traktoren und Maschinen	176
9	Literaturnachweis	185
	Stichwortverzeichnis	186

Vorwort

Elektronik wird mehr und mehr zu einem festen Bestandteil der Landtechnik. Sie ist heute aus den Produktionszweigen der Innenwirtschaft schon nicht mehr wegzudenken und sie erobert zunehmend den Traktor und die Maschinen der Außenwirtschaft. Insbesondere dabei treten jedoch vollständig neue Probleme auf.

Elektronik in der Außenwirtschaft ist immer eine mobile Elektronik. Sie unterliegt damit den rauen Einsatzbedingungen und sie hat große Einsatzpausen im Jahresablauf.

In Verbindung mit dem Geräteeinsatz verteilt sich die einzusetzende Elektronik vielfach auf den Traktor und die Maschine oder das Gerät. Die einzelnen Teile müssen deshalb problemlos koppelbar und immer vom Fahrersitz aus bedienbar sein.

Immer aber erfaßt Elektronik viele Daten für die Betriebsführung. Seien dies die Arbeitszeiten oder die bearbeiteten Flächen oder seien es die aufgewandten Betriebsmittel oder die geernteten Erträge. Alle diese Informationen müssen im Sinne der Arbeitsentlastung jedoch der Betriebsführung zugeführt und dort nach Möglichkeit problemlos und zeitsparend gespeichert und verarbeitet werden.

Elektronik zeigt dadurch ihre ureigenen Fähigkeiten und Möglichkeiten, denn Elektronik ist eine kommunikative Technik. Nur wenn sie in diesem Sinne eingesetzt wird, kann sie dem Anwender den höchsten Nutzen bringen.

Dieses Buch versucht den Stand und die absehbare Entwicklung der Elektronik im Traktor und in den Maschinen aufzuzeigen. Es richtet sich an den Landwirt und an den Auszubildenden, aber auch an den Ausbilder. Sie sollen erkennen können, wann und wo Elektronik im Betrieb eingesetzt werden kann und welche Vorteile und Nachteile dabei zu erwarten sind. Sie sollen aber auch erkennen, daß Elektronik zum Denken im System zwingt und deshalb schon die ersten Investitionen in die Elektronik einen klaren Entwicklungsweg nach sich ziehen.

Dr. Hermann Auernhammer

1 Grundlagen der Elektronik

Mehr und mehr wird unser Leben von der Elektronik beeinflusst. Dies geschieht im privaten wie im beruflichen Bereich gleichermaßen. Waren es zuerst nur veränderte Anzeigen in Form digitaler Darstellungen für die Programmwahl am Fernseher oder das digitale Traktormeter, so ist mittlerweile Elektronik in Verbindung mit dem Mikroprozessor die übliche Anwendungsform. Für jeden ist der Personalcomputer (PC) heute eine bekannte Technik. Fast jeder Landwirt weiß, daß es Spritzcomputer gibt. Vom Nachbarn kennt er die elektronische Kraffutterabruffütterung oder die elektronische Flüssigfütterungsanlage für Mastschweine. Auch von neuen Anwendungsgebieten wird mehr und mehr berichtet, seien es nun computergesteuerte Düngetechniken, elektronisch gesteuerte Allradzu- und -abschaltvorgänge am Traktor oder gar Melkroboter.

Bei all diesen Beispielen ist Elektronik beteiligt, auch wenn sie, wie im Beispiel der Fütterungsanlage, von der Größe und vom Gewicht her gesehen nur einen geringen Anteil hat. Was aber ist nun Elektronik wirklich? Allgemein gesprochen ist Elektronik verkleinerte Elektrik im Niederspannungsbereich. Durch die dabei immer weiter fortschreitende Miniaturisierung lassen sich Volumen und Gewicht sparen, wodurch auch die Kosten niedriger werden. Gleichzeitig können immer mehr Baugruppen auf oder in entsprechenden Trägern zu vollständigen Funktionseinheiten zusammengefaßt werden. Das Paradebeispiel dafür ist der Mikroprozessor, der je nach Verarbeitungstechnik tausende von Schaltungen auf einem etwa fingergroßen Bauteil (Chip) vereinigt. Allerdings ist auch dieser Baustein alleine wertlos. Er benötigt neben der Stromversorgung eine Eingabe und er muß die erzeugten Informationen ausgeben können. Damit werden die drei Grundbestandteile jeder Elektronik sichtbar (Abb. 1).

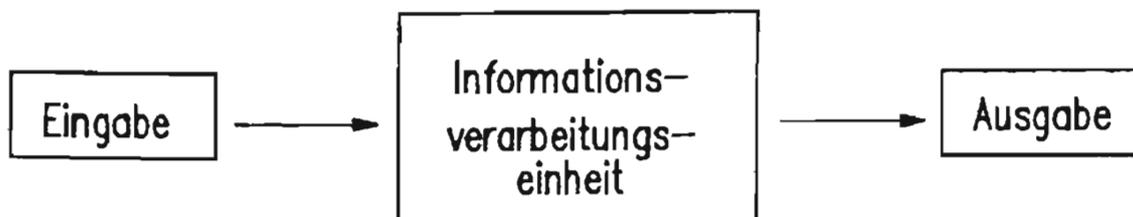


Abbildung 1: Grundbestandteile der Elektronik.

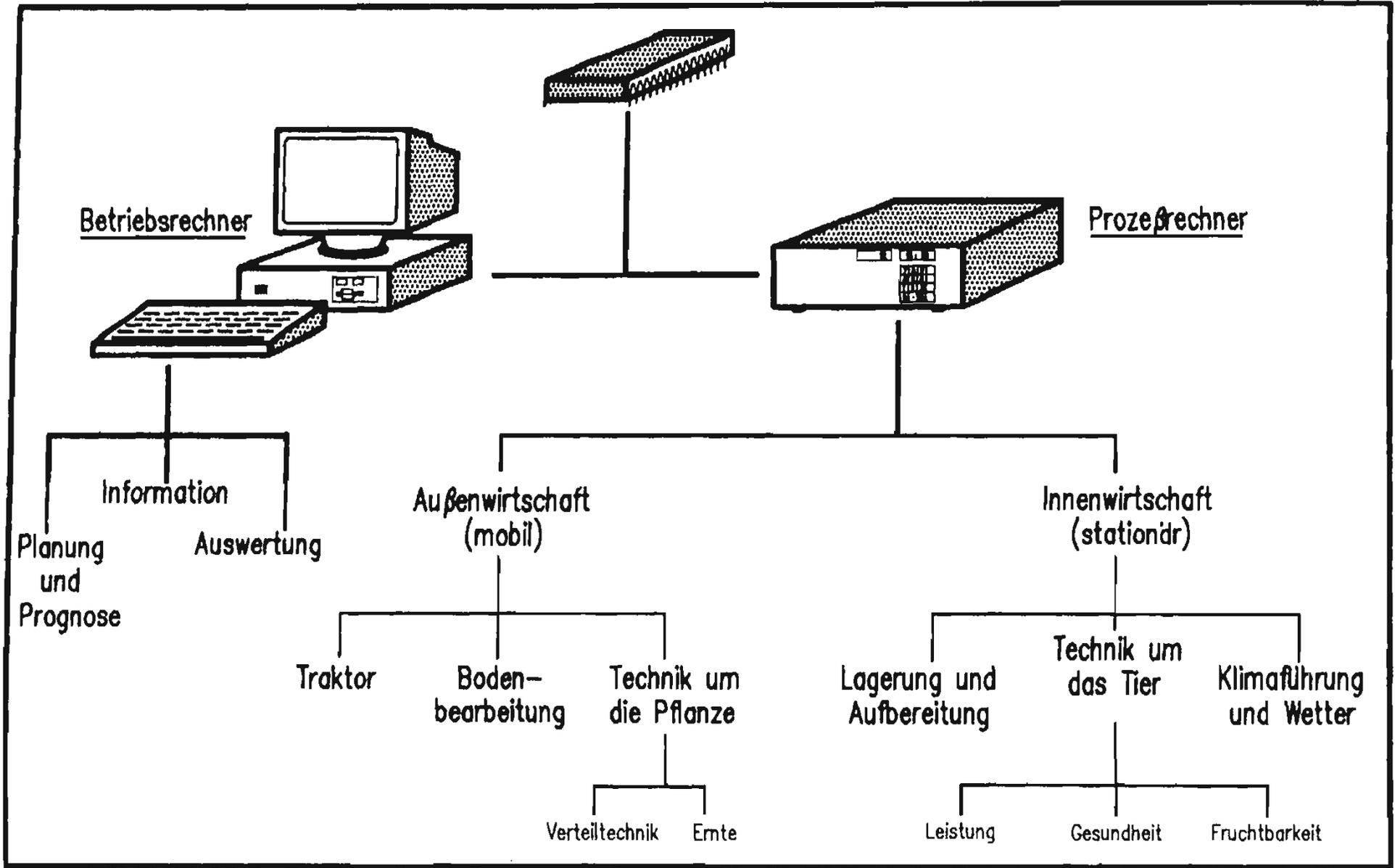


Abbildung 2: Einsatzformen der Mikroelektronik in der Landwirtschaft.

Trotz dieser immer gleichen Grundbestandteile der Elektronik ist Elektronik nicht gleich Elektronik. Vielmehr entscheidet das *Anwendungsziel* über die Form und den Einsatz. Im landwirtschaftlichen Betrieb geschieht dies in zwei wesentlichen Formen (Abb. 2).

Auf der einen Seite ist dies der **Betriebsrechner** oder kurz der PC (Personal-Computer) mit seinen drei wesentlichen Einsatzgebieten. Auf der anderen Seite ist es der **Prozeßrechner** mit seiner Anwendung in der Innen- und Außenwirtschaft und den dort vorhandenen Einsatzbereichen. Trotz nicht übersehbarer Ähnlichkeiten im Aussehen unterscheiden sich beide Anwendungsbereiche grundsätzlich.

1.1 Betriebsrechner

Ursprünglich diente Elektronik ausschließlich der Datenverarbeitung in der Computertechnik. Durch ständige Verkleinerung der Bausteine und durch hohe Stückzahlen entstanden aus den Großrechnern zuerst die Taschenrechner und später die Personal-Computer (PC). Vor allem letztere vereinigen heute große Leistung bei hoher Zuverlässigkeit und niedrigem Preis in sich.

Bei diesen Rechnern ist die Eingabe eine **Leseeinheit**, z.B. die Tastatur oder der Lesekopf in einem Diskettenlaufwerk, bzw. in einer Magnetplatte. Die eigentliche **Informationsverarbeitungseinheit** ist der Mikroprozessor mit dem zugeordneten Speicher. Die **Ausgabeeinheit** ist z.B. ein Sichtgerät (Bildschirm, Monitor) oder ein Drucker. Zur Organisation des Zusammenwirkens der drei Bauteile werden Regeln benötigt, die als Schrittfolge in einem Programm definiert werden.

In der einfachsten Form ist eine derartige Einheit ein Taschenrechner (Abb. 3).

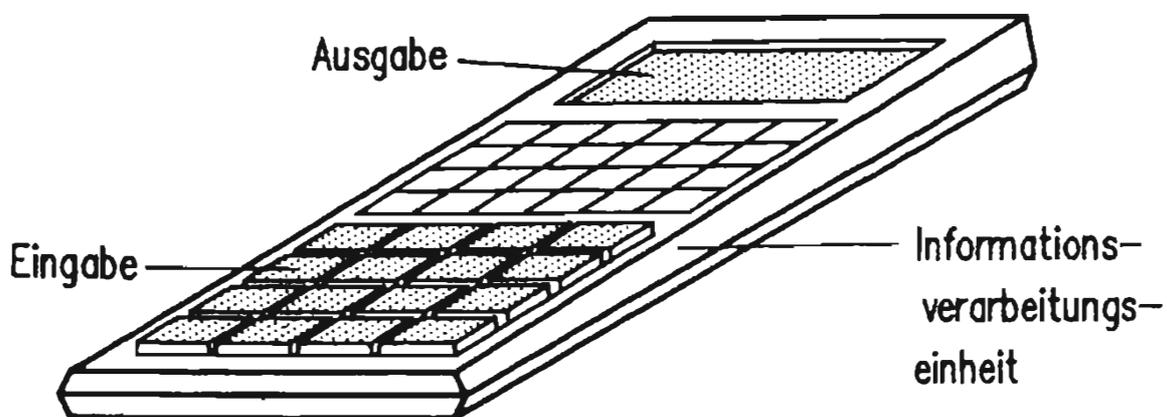


Abbildung 3: Aufbau eines Taschenrechners.

Er verfügt über ein fest definiertes **Programm** (in einem Chip abgelegt) und er kann nur die darin vorgesehenen Aufgaben bewältigen. Wird z.B. der Rechner eingeschaltet, dann erwartet er eine Eingabe und einen entsprechenden Verarbeitungshinweis. Wird etwas Falsches eingetippt, dann muß entweder die Eingabe wiederholt werden, oder das eingebaute Programm ist neu zu starten (Gerät aus- und wieder einschalten oder RESET-Knopf für Rücksetzen auf Programmanfang betätigen). Sollen mit einem Computer unterschiedliche Aufgaben gelöst werden, dann müssen unterschiedliche Programme zu verwenden sein. Wie im täglichen Leben wird dazu eine spezielle Verwaltung erforderlich (eigene Regeln in einem speziellen Programm). Dieses Programm wird **Betriebssystem** genannt (Abb. 4).

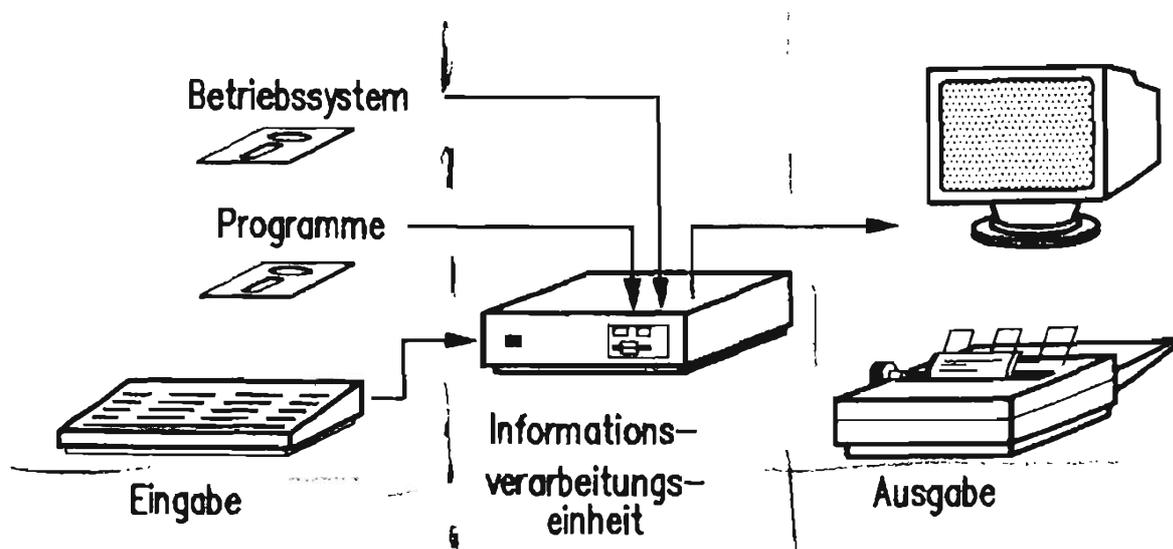


Abbildung 4: Aufbau eines Personal-Computers (PC).

Wird ein derartiger Rechner eingeschaltet, dann muß ihm zuerst das Betriebssystem zugeführt werden (Ladevorgang). Erst danach ist der Rechner zu benutzen, weil erst dadurch die Verbindungspfade zwischen den unterschiedlichen Eingabemedien (Tastatur, Diskette, Magnetplatte, Schnittstelle) und den Ausgabemedien (Sichtgerät, Drucker, Diskette, Magnetplatte, Schnittstelle) für die Informationsverarbeitungseinheit verfügbar sind. Erst danach können unterschiedliche Programme die geforderten Aufgaben durchführen.

Ein PC in einer derartigen Konfiguration für den landwirtschaftlichen Betrieb wird heute allgemein als **Betriebsrechner** bezeichnet. Das am meisten verbreitete Betriebssystem ist MS-DOS, die interne Datendarstellung der zu verarbeitenden Daten erfolgt überwiegend mit 16 Ja/Nein-Einheiten (Bits) je Wort. Aufgrund der hohen Verbreitung dieser Systeme hat sich dafür der Begriff »Industriestandard« herausgebildet. Systeme, die sich wie das Produkt des Marktführers verhalten, werden »IBM-kompatibel« bezeichnet.

1.2 Prozeßrechner

Im Gegensatz zum Betriebsrechner mit seinen unterschiedlichen Aufgaben können Computer auch ganz spezifisch eingesetzt werden. Solche Computer übernehmen z.B. die Steuerung eines Lüfters in Abhängigkeit von der Temperatur. Sie sind somit in der Produktion, bzw. in einem Verarbeitungsprozeß eingebunden und werden deshalb Prozeßcomputer oder Prozeßrechner genannt. Auch ihr Aufbau entspricht dem Grundschema in Abb. 1. Jedoch werden nun die Eingabeinheiten als **Sensoren** und die Ausgabeinheiten als **Aktoren** bezeichnet (Abb. 5).

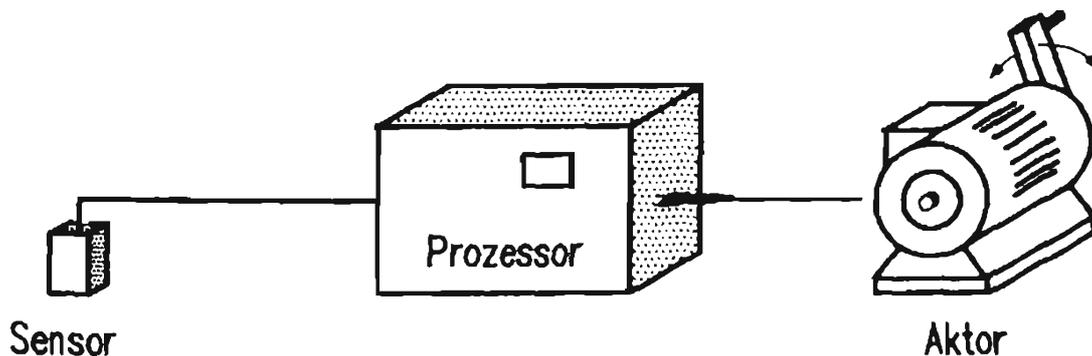


Abbildung 5: Grundbestandteile eines Prozeßrechners.

Zum besseren Verständnis werden nun diese Grundbestandteile eines Prozeßrechners näher erläutert.

1.2.1 Sensoren

Sensoren (auch Meßwertgeber) sind Bauteile zur Erfassung eines Zustandes, z.B. der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, des Gewichtes oder des Weges. Derartige Zustände sind somit die Eingangs- oder auch Erfassungsgrößen. Der Sensor muß daraus eine für den Prozessor verarbeitbare Größe, also ein Spannungssignal liefern. Im günstigsten Fall ist dies ein Impuls mit den Zuständen »spannungslos« und »unter Spannung«, wobei die optimale Form dann vorliegt, wenn das Ausgangssignal direkt an den Prozessor (Schnittstelle) übergeben und verarbeitet werden kann. Da dies jedoch die Ausnahme darstellt, wird jeder Sensor zu einem mehr oder weniger umfassenden Gebilde aus

- Energieversorgung,
- Sensorelement,
- Signalabgabe und
- eventuell einer Signalumformung, bzw. Signalaufbereitung.

Dabei entscheidet die Sensortechnik (das Sensorelement) über die **Einsatzmöglichkeit** des Sensors. Verallgemeinernd lassen sich die in der

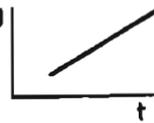
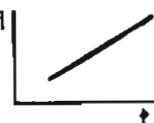
Eingangsgröße	Sensortechnik	Ausgangssignal
Ein/Aus	<u>Mechanik</u>	
Ein/Aus Bewegung Kraft	magnetisch <u>Elektrotechnik</u> REED-Kontakt HALL-Sensor BOSCH-Meßbolzen	gepulst 
Position Füllzustand Bewegung	Induktion	analog 
Temperatur Feuchte Kraft Druck	Widerstand PT 100 DMS Piezo-Kristall	
Füllzustand Nähen/Tiefen Bewegung Geschwindigkeit	<u>Mikrowellentechnik</u> Ultraschall Radar	digital (intelligent) 2478
Strahlung Durchgang Bild	<u>Optoelektronik</u> Fotozelle Lichtschranke CDC-Kamera	

Abbildung 6: Eingangsgrößen, Sensortechnik und Ausgangssignale für Sensoren.

Landwirtschaft gebräuchlichen Sensoren nach der Sensortechnik in vier Gruppen einordnen (Abb. 6).

Das größte Einsatzfeld haben dabei die *elektrotechnischen Sensorelemente*. Sie erfassen über magnetische oder induktive Wirkung, bzw. über den elektrischen Widerstand eine Vielzahl möglicher Zustände oder Eingangsgrößen. Zunehmende Bedeutung besitzen die Sensoren auf *Mikrowellenbasis* und die höheren Formen der *Optoelektronik*. Auch die nichtgenannten *biotechnischen Sensoren* dürften eine starke Bedeutung erlangen.

Viele Zustände können mit unterschiedlichen Sensortechniken erfaßt werden. Entscheidend bei der Wahl ist in diesen Fällen die Zuverlässigkeit und die Preiswürdigkeit. Gerne werden deshalb altbewährte Sensortechniken eingesetzt, weil für diese das entsprechende »know how«, also Wissen wie, vorhanden ist, weil sich schon eine gewisse Standardisierung herausgebildet hat, und weil aufgrund großer Stückzahlen äußerst günstige Preise vorliegen (Abb. 7).

Gerade in der Sensortechnik darf deshalb nicht nur nach dem Neuesten und Modernsten gefragt werden. Vielmehr sind die Einsatzbedingungen in der Landwirtschaft und die dort erworbene Bewährung wesentlich mehr maßgebend, als noch stärkere Miniaturisierung, noch schnellere Reaktion und eventuell noch höhere Auflösung.

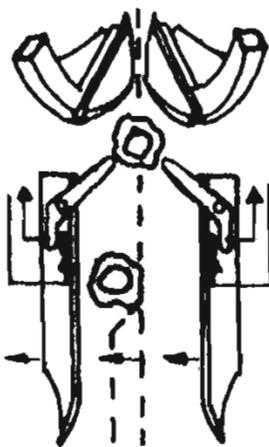
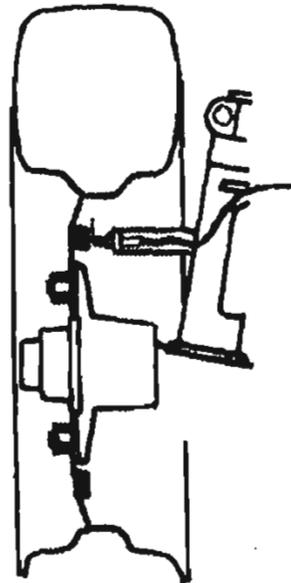
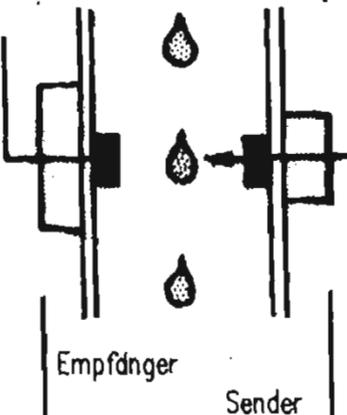
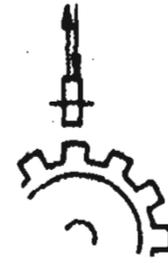
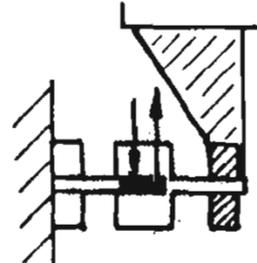
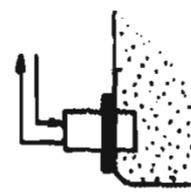
mechanisch	elektrisch	elektronisch			
Mechanik öffnet und schließt	Permanentmagnet öffnet und schließt	Lichtsignal wird unterbrochen	Magnetfeld wird gestört	Widerstand ändert sich durch Belastung	Änderung der Kondensatorladung
→ Lenkung	→ Wegmessung	→ Tropfenzähler	→ Umdrehungen Weg	→ Gewicht Last	→ Füllzustände
	 Permanentmagnet	 Empfänger Sender			
Schalter	Reed-Schalter	Lichtschranke	Induktivgeber	Dehnungsmeßstreifen (DMS)	Kapazitivgeber

Abbildung 7: Beispiele für häufig in der Landwirtschaft angewandte Sensoren.

Alle Sensoren liefern Eingangsgrößen für den Prozessor. Er kann die aufgezeigten **Signalformen** jedoch nur in zwei Formen verarbeiten, nämlich

- als Digitalwert direkt oder
- als definierten Impuls in einer Zählleinheit.

Die Ausgangssignale müssen deshalb immer **angepaßt** bzw. aufbereitet werden. Häufig sind dabei Spannungen aus dem Millivoltbereich in den Voltbereich zu verstärken. Andere Signale (insbesondere Impulse) sind dagegen auf eine Plus-/Minusspannung zu bringen oder aus Frequenzen sind Impulse zu erzeugen. Analoge Signale müssen dagegen in die digitale Form gewandelt, »digitalisiert« werden.

Schon diese wenigen Beispiele zeigen, daß die Anpassung einen erheblichen Aufwand darstellen kann. Sie zeigen auch, daß die Anpassung im Grunde eine Aufgabe zwischen Sensor und Prozessor ist und demnach nicht problemlos der einen oder der anderen Seite zuzuordnen ist. Je nach »Intelligenzgrad des Sensors« wird sie auf der Sensorseite oder aber auf der Prozeßrechnerseite sein. Sensoren mit einem weiten Einsatzspektrum sind mehr und mehr »intelligente Sensoren«, weil diese dann weitgehend problemlos in standardisierte Systeme einzufügen sind. Intelligente Sensoren sind aber immer teurer.

1.2.2 Prozessoren

Die Signalverarbeitung erfolgt in der Informationsverarbeitungseinheit. Im Gegensatz zum Betriebsrechner wird dabei nicht von der Systemeinheit, sondern vom Prozessor gesprochen (Prozessor = Verarbeiter). Bedingt durch die unterschiedlichen Signalformen besitzt ein Prozessor bis zu drei unterschiedliche Dateneingänge.

- **Impulse** werden in sog. Zählkanälen verarbeitet. Dabei erfaßt der Prozessor alle in einer vorzugebenden Zeiteinheit empfangenen Impulse und meldet die Summe an den Prozessor (= digitaler Wert).
- **Analoge Spannungssignale** müssen zur Verarbeitung in digitale Signale umgewandelt werden (Kurven werden zu Zahlenwerten). Dies erfolgt in sog. AD-Wandlern (Analog-Digital-Wandler). Darin wird die maximale Spannungshöhe in 8, 10 oder 12 gleiche Teilbereiche (gleich Bit) unterteilt (Abb. 8).

Überschreitet das analoge Signal einen Teilbereich, dann wird dieser gezählt. Dadurch entsteht an jeder Abfragestelle (Taktzeit) ein digitaler Meßwert, der immer unter dem realen Meßwert liegt. Je en-

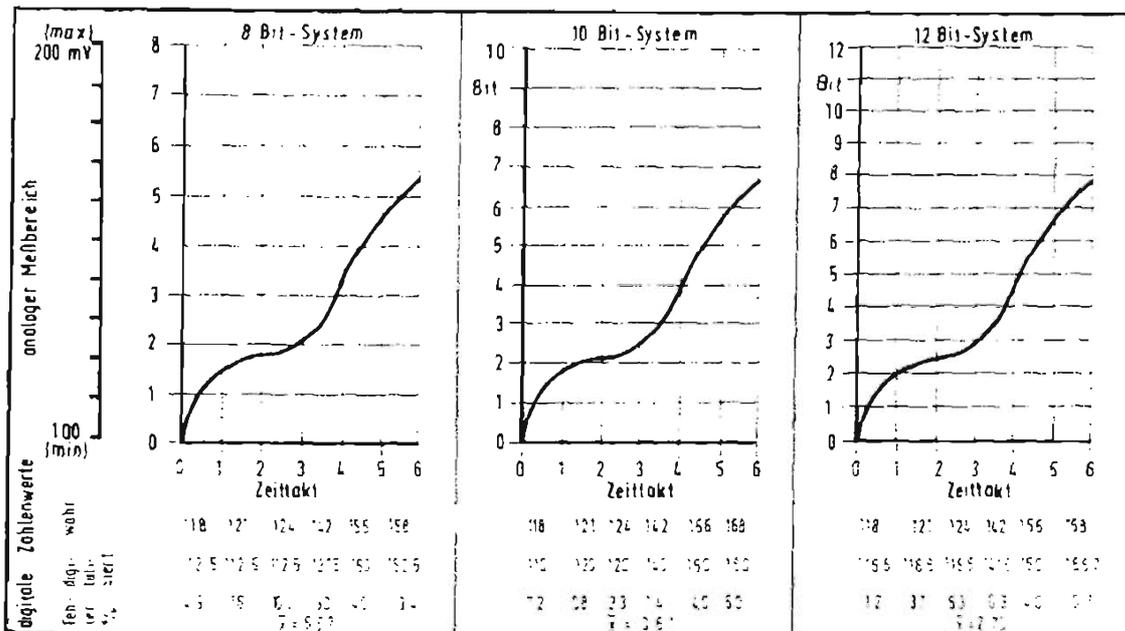


Abbildung 8: Analog-Digital-Wandler unterschiedlicher Bitbreite mit Beispiel für den Meßfehler.

ger die Teilbereiche werden, also je mehr Bit zur Teilung zur Verfügung stehen, desto genauer wird die Digitalisierung (Im Beispiel wird durch den Übergang von 8-Bit-Breite auf 12-Bit-Breite der Fehler um 51 % reduziert. Zusätzlich wird die Analog-Digitalwandlung durch eine höhere Taktrate, also engere Zeitintervalle exakter. Allerdings steigt durch beide Maßnahmen der Preis, so daß auch dabei ein Mittelweg zwischen dem »Erforderlichen« und dem »Machbaren« gesucht werden muß.

- **Digitale Signale** aus intelligenten Sensoren oder Sensoreinheiten können dagegen über normale Dateneingabekanäle gelesen werden. Dabei steht der erfaßte Meßwert dem Prozessor direkt zur Verfügung.

Mit der Verfügbarkeit der Meßwerte stellt sich die Frage nach deren Abarbeitung. Prozeßrechnersysteme führen fest vorgegebene Auswertungs-algorithmen durch. Sie benötigen deshalb kein Betriebssystem. Vielmehr verhalten sie sich wie die Taschenrechner, die immer auf eine Eingabe warten (nun jedoch den Meßwert des Sensors). Die entsprechenden Programmschritte sind deshalb fest in Chips abgelegt, lediglich ein RESET-Knopf ermöglicht bei Problemen oder nach anderen Eingriffen den Programmstart. Hat ein Programm Fehler oder soll ein erweitertes Programm zur Anwendung kommen, dann sind die entsprechenden Programmchips auszutauschen. Zusatzprogramme in eigenen Chips ermöglichen zum Teil andere Funktionen oder die Kalibrierung des Systems.

Durch diesen relativ einfachen Aufbau werden die Prozessoren sehr schnell. Da es zudem nicht auf hohe und höchste Datendurchsatzraten ankommt, reichen in der Regel die billigeren 8-Bit-Prozessoren aus, weshalb bei entsprechender Stückzahl Prozeßrechnungssysteme äußerst preisgünstig zu fertigen sind (Abb. 9).

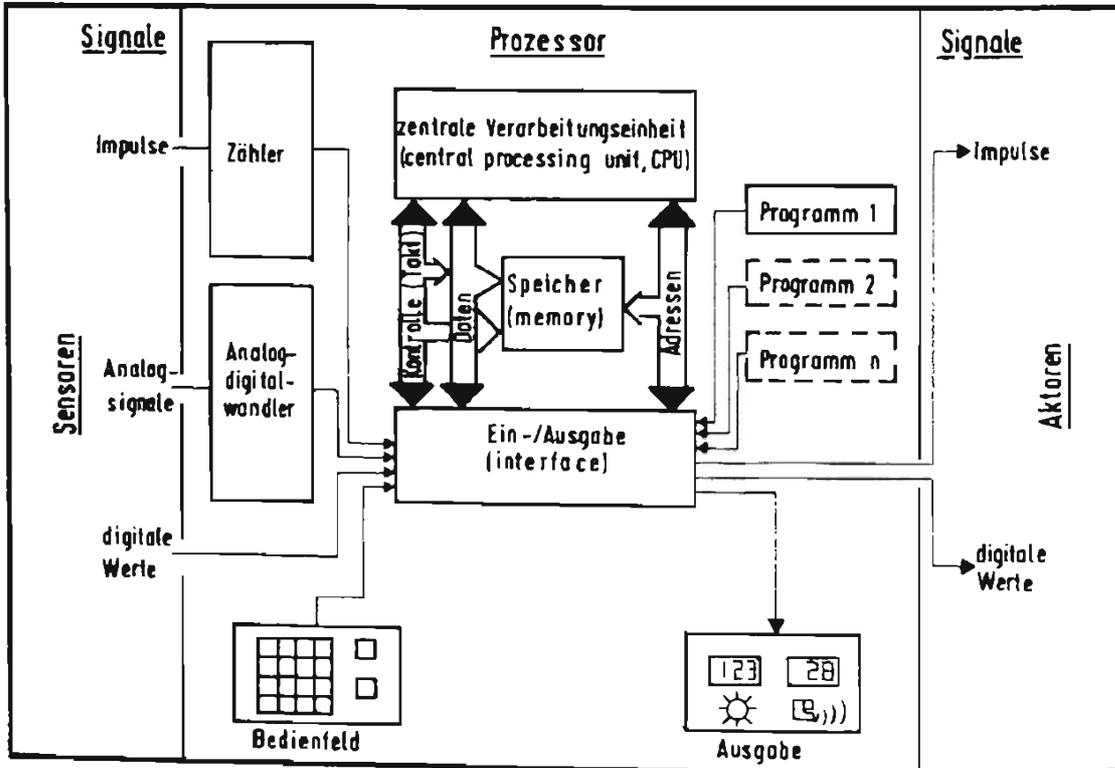


Abbildung 9: Sensorsignale, Prozessor und Aktorsignale.

1.2.3 Aktoren

Aus der Programmablauffolge erzeugt der Prozessor eine Ausgabe auf ein Stellglied, welches allgemein als Aktor bezeichnet wird. Ein Aktor ist somit ein Bauteil, welches aufgrund eines Eingangssignals eine Aktion durchführen kann. Derartige Aktivitäten können sein: Licht ein- oder ausschalten, Motoren ein- oder ausgeschalten, Ventile öffnen oder schließen, Motordrehzahlen erhöhen oder verringern.

Da es sich bei den erforderlichen Aktionen oft um hohe Leistungen handelt, werden diese über Aktoren und Hilfsmittel gesteuert. Als Aktor fungieren in der Regel Spulen, Relais oder Schrittmotore. Sie aktivieren große Schalteinheiten für elektrischen Strom, Hydraulikventile oder Druckluftventile (Abb. 10).

Innerhalb der Elektronik auf Traktoren und Maschinen werden dadurch insbesondere Magnetventile in der Hydraulik, im Flüssigkeitsstrom der Feldspritze oder an Hydraulikzylindern für Schieber angesprochen.

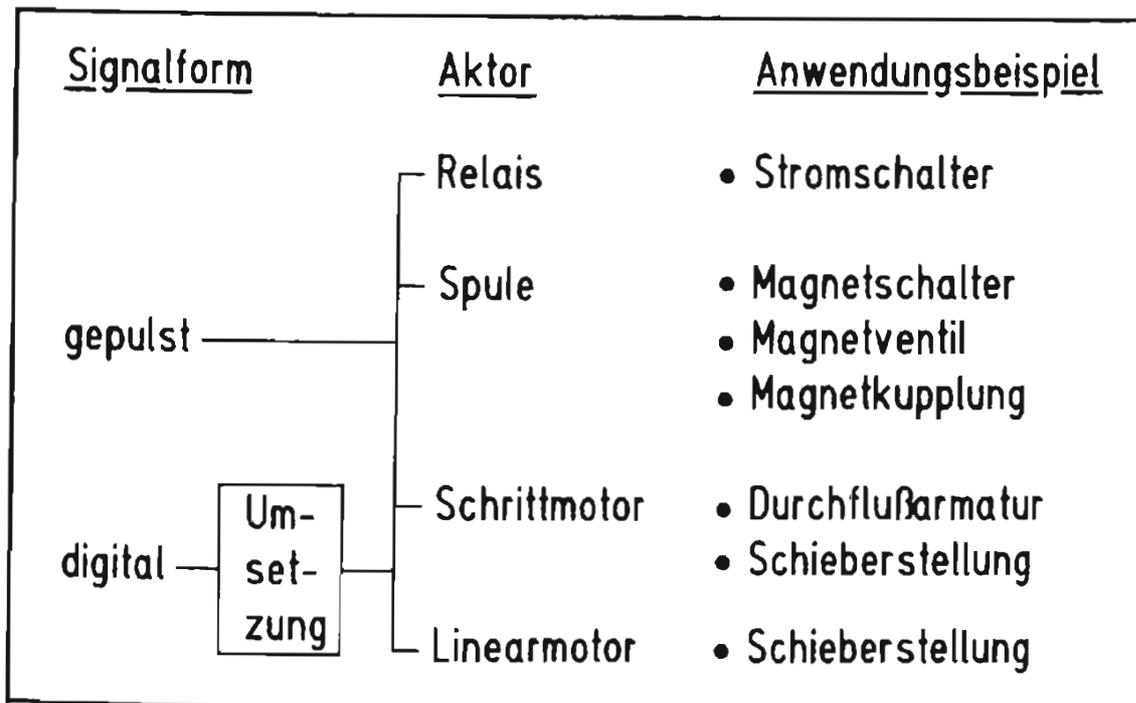


Abbildung 10: Signale, Techniken und Anwendungsbereiche für Aktoren.

Um einen sicheren Ablauf zu gewährleisten, sind Aktoren sehr oft mit Sensoren gekoppelt. Dadurch erhält der Prozessor eine Rückmeldung über den Stand der eingeleiteten Aktivität und kann eventuell einen oder mehrere Nachregelvorgänge durchführen.

1.2.4 Kalibrierung

Ein vollständiges Prozeßrechnersystem arbeitet jedoch nicht für alle Ewigkeit richtig und problemlos. Insbesondere können Alterungserscheinungen an den Sensoren oder Aktoren auftreten, oder aber die zu erfassenden Meßwerte ändern sich aufgrund anderer Materialien. Alle derartigen Umstände erfordern eine neue Anpassung des Systems, eine Kalibrierung.

Kalibrierungen können im wesentlichen auf zwei Arten durchgeführt werden.

- **Kalibrierung über die Software:** Einfach und schnell sind Kalibrierungen möglich, wenn das Programm des Prozessors eine Kalibrierungsroutine enthält, oder wenn ein eigenes Kalibrierprogramm im System verfügbar ist. Soll damit z.B. ein Wegsensor neu kalibriert werden, dann erfolgt dies im Dialog über die Anzeige. Darauf wird nach dem entsprechenden Programmstart der Benutzer aufgefordert, beim Überfahren der Anfangswegmarke und der Endwegmarke jeweils eine Taste zu drücken. Aus der systemintern gemess-

senen Zeit und aus der einzugebenden echten Wegstrecke errechnet das Kalibrierprogramm dann die erforderliche Impulszahl je Meter Weg und übernimmt diese in einen permanenten Speicher. Zugleich wird dieser Wert dem Benutzer mitgeteilt.

- **Hardwaremäßige Kalibrierung:** Dabei muß in der Regel die Geräteverkleidung gelöst werden. Auf den dann sichtbar werdenden Dipswitchern (Mäuseklavier) kann nach Kalibriertabelle oder durch Nachmessung die erforderliche Justierung vorgenommen werden. Dabei bietet sich auch die Möglichkeit einer Versiegelung, so daß Unbefugten der Zugang verweigert werden kann.

1.3 Überwachung, Steuerung, Regelung

Elektronik in Verbindung mit dem Mikroprozessor kann je nach Ausbau und Programmeinsatz in der Prozeßsteuerung in drei wesentlichen Formen zur Anwendung gelangen, nämlich zur

- Überwachung,
- Steuerung,
- Regelung.

1.3.1 Überwachung

Unter Überwachung wird allgemein das Erfassen eines Zustandes verstanden. Beim Menschen beruht dieser Vorgang auf der Wahrnehmung. Dafür stehen ihm die Sinne zur Verfügung, mit welchen Laute, Lichtreize, Geruch, Geschmack und Stoßreize zu erfassen sind. Nur für Informationen dieser Art besitzt somit der Mensch geeignete Sensoren. Andere Zustände können damit nur unvollkommen erfaßt werden. Soll z.B. die Geschwindigkeiten eines sich bewegenden Teiles bewertet werden, dann versagen die menschlichen Sinne. In solchen Fällen wird deshalb die Überwachung ohne zusätzliche Hilfsmittel schlechter, weil nun alleine Erfahrung, Übung und Gewöhnung über die Güte der gewonnenen Information entscheiden.

Gerade bei diesen Fällen kann Elektronik sehr gute Dienste leisten. Sie ermöglicht mit geeigneten Sensoren die *Informationserfassung*. Damit kann sie die erforderlichen Meßwerte bereitstellen und in Verbindung mit entsprechenden Programmen so aufbereiten, daß sie je nach Anforderung für die menschlichen Sinne in optimaler Form bereitgestellt werden können. Elektronik erweitert dadurch die menschlichen Sinne und kann in Form der Überwachung in vier wesentlichen Bereichen eingesetzt werden (Abb. 11).

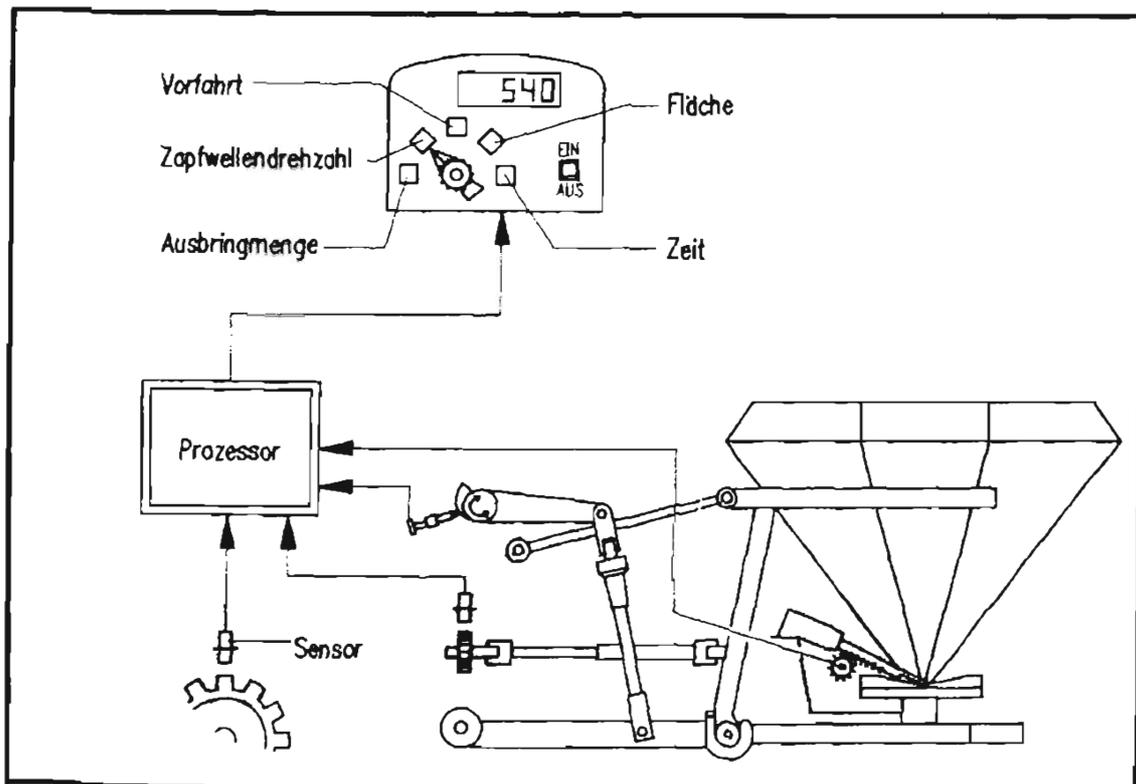


Abbildung 11: Elektronische Überwachung der Technik (schematisch).

Die **Überwachung der Umwelt** beruht vor allem auf den Umweltkenngrößen Temperatur, Luftfeuchte, Luftdruck usw. Ein typischer Vertreter dieses Einsatzbereiches ist die elektronische Wetterstation.

Die **Überwachung der Produktionsmittel** bezieht sich im landwirtschaftlichen Bereich auf Pflanze und Tier. Elektronik kann dabei z.B. die Gutfeuchte von Getreide und anderen Erntegütern überwachen. Sie kann aber auch Tiere in die Überwachung einbeziehen und z.B. in der Gesundheitsüberwachung die Temperatur der Milch je Euterviertel messen.

Große Bedeutung hat bei den immer teurer werdenden Maschinen und Geräten die **Überwachung der Technik**. Dabei reicht der Einsatzbereich von der Überwachung der Drehzahlen, über Betriebszustände bis zur Registrierung der Verluste im Verlustmonitor des Mähdreschers.

Überwachung bedeutet aber auch die **Überwachung der Überwachungstechnik** selbst. Gerade dazu eröffnet die Elektronik erstmals vollständig neue Möglichkeiten. Über geeignete Programme kann nämlich der Prozessor sich selbst, die Sensoren, die Aktoren und die dazwischenliegenden Leitungen überwachen. Schwerpunkte sind Durchgangsprüfungen in Leitungen. Temperaturüberwachung in elektronischen und mechanischen Bauteilen und nicht zuletzt die Überprüfung der Plausibilität der Signale bei Sensoren und Aktoren.

Elektronische Überwachung kann im eingesetzten Programm neben der reinen Überwachung auch eine Grenzwertüberwachung einschließen. In diesen Fällen wird die entsprechende Anzeige oder Alarmierung erst bei Über- oder Unterschreitung eines Grenzwertes eingeleitet.

1.3.2 Steuerung

Steuerung ist eine kontinuierliche Informationsumsetzung nach Sollvorgabe. Rein manuell erfolgt diese beim Menschen durch eine Entscheidung aufgrund verfügbarer Informationen in einer durchzuführenden Tätigkeit. Beispielsweise wird aufgrund der ermittelten Milchleistung durch den LKV und aufgrund der beobachteten Futteraufnahme in Verbindung mit der Kenntnis der Futterinhaltsstoffe einem bestimmten Tier eine ihm zustehende Kraftfuttermenge manuell mit einem Eimer oder einem Dosiergefäß zugeteilt. Diese Zuteilung erfolgt solange in gleicher Weise, bis sich die Informationen ändern.

Elektronische Steuerung benötigt ebenfalls (die gleichen) Informationen. Sie können im erworbenen Wissen und in der Erfahrung begründet sein. Sie können auch von Informationsdiensten (LKV, Deutscher Wetterdienst u.a.) stammen. Zudem können sie aus der Überwachung kommen. Mit Hilfe dieser Informationen muß der Mensch seine Entscheidungen fällen und er muß diese der elektronischen Steuerung übergeben. Die elektronische Steuerung erhält dadurch den Aufbau nach Abb. 12.

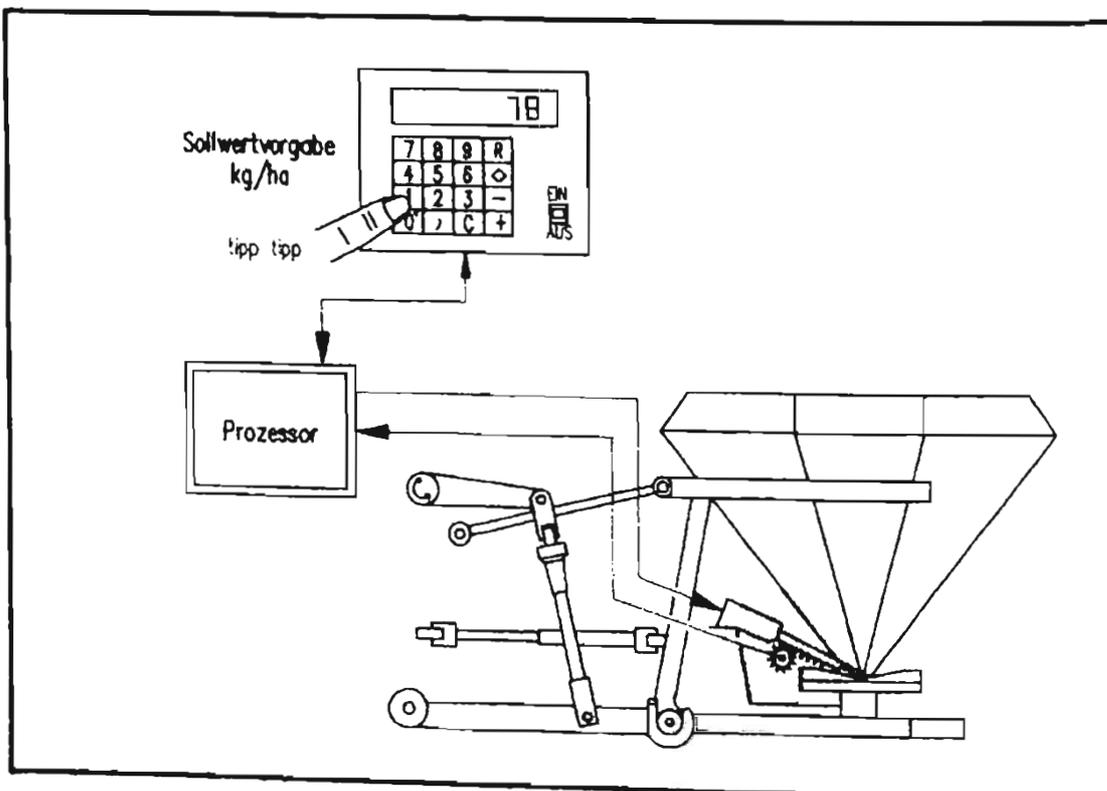


Abbildung 12: Elektronische Steuerung (schematisch)

Im Gegensatz zur Überwachung benötigt somit die Steuerung grundsätzlich keinen Sensor. Vielmehr muß nun der Prozessor mit einer Eingabeeinheit versehen sein, über welche die entsprechenden Steueranweisungen vorgegeben werden können. In Verbindung mit dem Steuerprogramm wird der Prozessor daraus Aktionen ableiten, welche von Aktoren umgesetzt werden. Gleichzeitig kann Elektronik die Zeit mit in die Steuerung einbeziehen und eröffnet dadurch sehr umfassende Einsatzmöglichkeiten.

Einfache Steuerungssysteme sind in den Rundballenpressen zu finden. Dort wird aufgrund der angezeigten Information »Druck in der Ballenkammer erreicht« oder der akkustischen Information »erhöhter Kraftbedarf« der Bindevorgang über eine Steueranweisung »Knopfdruck« eingeleitet. Die Elektronik führt dann zeitlich versetzt Steuerungsvorgänge aus, wodurch die Netzbindung gesteuert und das Auswerfen des Ballens veranlaßt wird. Ähnliche Systeme finden sich in Ladewagen und aktivieren auch dort in aufeinanderfolgender Weise zeitlich richtig das Querförderband, die Dosierwalzen und den Kratzbodenvorschub.

Elektronische Steuerungssysteme enthalten in ihren Programmen in der Regel elektronische Zähler, um Aktionen, Mengen und Volumen zu summieren und auf Abruf bereitzustellen. Allerdings sind diese Mengen Sollmengen, da deren tatsächliche Umsetzung (vorgegebene Düngermenge tatsächlich exakt ausgebracht) nicht gesondert überprüft wird.

1.3.3 Regelung

Während die Überwachung und die Steuerung Hilfsmittel für den Menschen sind und ihm auf der einen Seite zuverlässige Informationen liefern oder auf der anderen Seite Aufgaben abnehmen, ist die Regelung ein in sich geschlossener Ablauf ohne Zutun des Menschen. Entscheidungen fällt in diesem System der Prozessor anhand vorgegebener Sollwerte und Abweichungstoleranzen. Immer wenn der Istwert (die Information) den vorgegebenen Toleranzbereich des Sollwertes verläßt, wird nachgesteuert. Regelung ist somit automatisierte Überwachung und Steuerung (Abb. 13).

Der wohl typischste Vertreter dafür ist der Spritzcomputer. Er regelt in Abhängigkeit vom Schlupf (Differenz aus theoretischer und wahrer Fahrgeschwindigkeit) den Durchsatz in der Pflanzenschutzspritze durch Veränderung des Druckes.

Andere Regelsysteme finden sich als elektronische Hubwerksregelung im Traktor, als Dosierregelung im Düngerstreuer oder in ersten Ansätzen auch in Güllefässern.

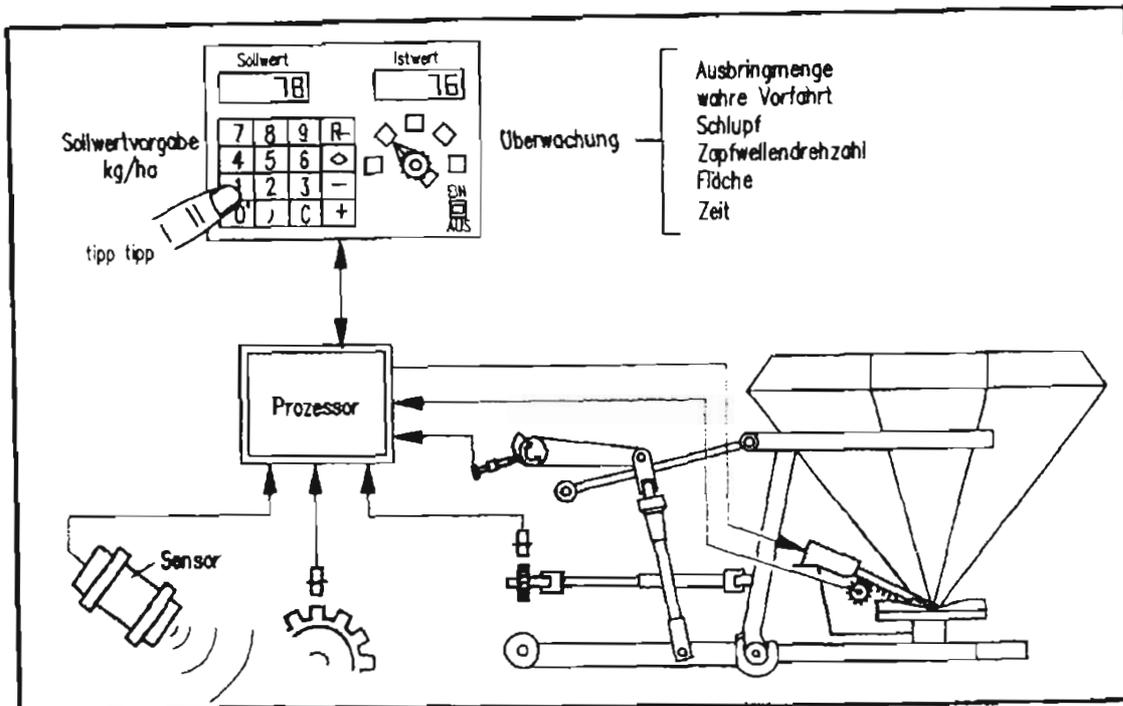


Abbildung 13: Elektronische Regelung (schematisch).

1.3.4 Sinnvolle Auswahl

Aufbauend auf diese Zusammenhänge sind Hinweise für die richtige Wahl der verschiedenen Elektronikeinsatzformen erforderlich. Dabei ist in der Regel von einem Stufenkonzept auszugehen (Abb. 14).

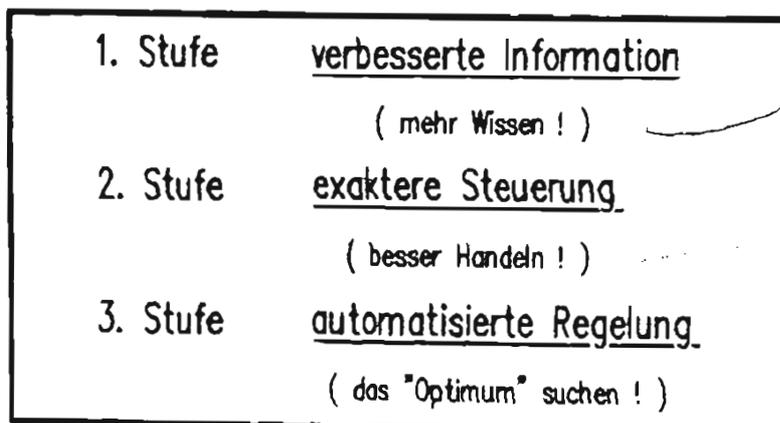


Abbildung 14: Stufenkonzept für den Elektronikeinsatz.

Generell stellt darin die verbesserte Information in Form der verbesserten Überwachung den Ausgangspunkt jeden Elektronikeinsatzes dar. Mehr Information heißt

- mehr über die Zusammenhänge wissen,
- früher etwas wissen,
- etwas detaillierter wissen.

Alle diese Fälle ermöglichen dann eine entsprechende Reaktion in der zweiten Stufe. Dabei bedeutet Elektronik an dieser Stelle *exaktere Handlung* und somit »sparen an der richtigen Stelle, Handlung zum richtigen Zeitpunkt und Handlung in der richtigen Dosierung«.

Erst wenn die vom Menschen beherrschten Zusammenhänge aus Information und Handlung problemlos nachzubilden sind, kann in der dritten Stufe der Elektronikanwendung die automatisierte Regelung in Angriff genommen werden. Dabei zeigt Elektronik unverkennbare Vorteile, die oft die dritte Stufe als die einzig richtige Einsatzform vorschreiben. Dies ist immer dann der Fall, wenn

- sich die Informationsinhalte wiederholt ändern und dadurch der Mensch zu laufenden Anpassungen gezwungen ist (Zugwiderstandsregelung beim Pflug, Spritzensteuerung am Hang),
- die Änderung der Informationen schlagartig erfolgt und der Mensch dabei in seiner Reaktionszeit überfordert ist oder
- die Steuerung nicht exakt zu bedienen ist und dadurch viele Nachsteuerungsvorgänge erforderlich würden.

Daraus resultieren für den Einsatz der Elektronik im landwirtschaftlichen Betrieb folgende Gebote:

- Erste Stufe muß die verbesserte Überwachung sein.
- Die zweite Stufe ist die exaktere Steuerung.
- Nur wenn
 - höchste Genauigkeit gefordert wird,
 - stark wechselnde Einflüsse vorliegen,
 - große Einsatzflächen bearbeitet werden müssen und/oder
 - Bedienfehler durch das Personal eher die Regel als sie Ausnahme sind,

dann ist die automatisierte Regelung als dritte Stufe die richtige Einsatzform.

1.4 Elektronik in der Anwendung

Alle Formen des Elektronikeinsatzes von der reinen Überwachung bis hin zur Regelung sind heute in der Praxis in großen Stückzahlen mit weiter zunehmender Tendenz vorhanden (Tab. 1).

Dabei zeigt sich die überragende Dominanz der Prozeßsteuerung im Vergleich zu den Betriebsrechnern. Bezogen auf die derzeitigen Betriebszahlen bedeutet dies, daß heute etwa jeder zehnte Landwirt Elektronik in Form der Prozeßsteuerung und nur etwa jeder fünfzigste Land-

Tabelle 1: Vorsichtige Schätzung über den derzeitigen Einsatz der Elektronik in der Landwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland (Stand 8/1989).

Prozeßrechner	Stück	Betriebsrechner	Stück
Krafftutterabrufanlagen (Rinder)	5 000	MS-DOS-Systeme	5 000
Milchmengenmeßsysteme	200	andere (CV..)	2 000
Tränkeabrufautomaten (Kälber)	1 000		
Schweinefütterungscomputer	7 000	Btx-Anschluß	6 000
Abruffütterungsanlagen (Sauen)	200	Prozeßrechneranschluß	100
EHR-Anlagen	15 000		
Traktormonitore/Bordcomputer	15 000		
Düngecomputer	200		
Spritzcomputer (Insel und Universal)	2 500		
Verlustmonitore an Mähdreschern	2 500		
mobile Agrarcomputer	5 000		
Summe	53 600		13 100

wirt Elektronik als Betriebsrechner einsetzt. Mithin erwartet sich der Landwirt von der Prozeßsteuerung den größeren Nutzen oder ist gezwungen, Elektronik beim Kauf mitzuerwerben, weil diese vielfach schon Bestandteil der Serienausrüstung ist.

Generell stellt sich deshalb die Frage, ob bei diesen hohen Installationszahlen der Nutzen tatsächlich größer ist als die Kosten. Generell stellt sich auch die Frage nach den möglichen Nachteilen. Beides müßte in eine objektive ökonomische Beurteilung einfließen. Sie ist jedoch schwierig, wenn nicht gar unmöglichen, denn:

- Die Einsatzzeiten der Elektronik sind insgesamt noch sehr kurz,
- der Landwirt benötigt eine Anlernphase, bei welcher der Nutzen zwangsläufig kleiner sein muß,
- vielfach ist der Nutzen eine sehr wichtige, jedoch nur schwierig zu beurteilende Arbeitserleichterung,
- auch kann der Nutzen in einer größeren Befriedigung durch die Arbeit mit der Elektronik liegen und
- endlich wird oft der Betrieb noch gar nicht in der Lage sein, die verbesserte Datenqualität zum größeren Nutzen umzusetzen.

Somit erscheint eine direkte Gegenüberstellung der möglichen Vor- und Nachteile des Elektronikeinsatzes der bessere Weg zu sein. Von ihnen kann sich der Leser die für ihn wichtigen Kriterien herausgreifen, gebebe-

nenfalls für ihn gültige hinzufügen und dann eine für ihn alleine zutreffende Antwort geben.

Allgemein zeichnet sich Elektronik durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile

Kleine Bauart,
zunehmende Verbilligung der Bausteine,
zunehmende Leistung der Bausteine,
hohe Zuverlässigkeit,
Einbeziehung der Zeit und der Information, Elektronik wird dadurch zu »technisch installierter Intelligenz« (Denkzeug),
Möglichkeit der Kommunikation in der Technik mit Aufbau verbundener Systeme,
Möglichkeit der Eigendiagnose als ständige, automatisierte Überwachung.

Nachteile

Zu wenig verfügbares »know how«,
zu wenig ausgebildetes Servicepersonal,
Ausfallmöglichkeit im Grenzbereich niedriger und hoher Temperaturen,
Ausfallmöglichkeit in Spannungsfeldern starker Sendeanlagen.

Dabei überwiegen die Vorteile eindeutig. Die derzeit noch vorhandenen Nachteile sind zum Teil temporärer Natur oder können technisch mit einem nicht unerheblichen Aufwand beseitigt werden. Ob dies für die große Stückzahl oder nur für einzelne Anwendungsfälle nötig ist, muß die Zukunft erweisen.

Ohne Zweifel aber kann Elektronik heute schon

- die Arbeit erleichtern,
- eine bessere und gleichzeitig sichere Überwachung bringen,
- vielfach den Betriebsmittelaufwand senken,
- viele Abläufe automatisieren und dadurch
- das Betriebsmanagement und den Betriebserfolg wesentlich verbessern.

Elektronik ist deshalb nicht das Thema für den Utopisten. Es ist auch nicht der Gegenstand für den spezialisierten Landwirt oder für den Großlandwirt. Elektronik ist auch nicht ein Vorrecht der Jugend. Vielmehr ist Elektronik Bestandteil unseres täglichen Lebens und deshalb »geht Elektronik jeden an!«.

2 Elektronik im Traktor

Elektronik findet im Traktor mehr und mehr Anwendung. Dabei reicht der Einsatz von der Steuerung des Allradantriebes über digitale Informationen, Handlungsvorschläge für Fahrgeschwindigkeit und Gangwahl bis hin zur Datenübertragung auf Chipkarten in den PC. Alle diese Anwendungsfälle sind aber nur Beispiele innerhalb der Gesamtelektronikanwendung im Traktor. Sie läßt sich nach Abb. 15 in die vier großen Bereiche Fahrzeug, Information und Bedienung, Diagnose und Verbindung zum Betriebsmanagement einordnen. Jeder dieser Hauptbereiche besitzt mehrere Unterbereiche. Erst innerhalb der Unterbereiche, wie z.B. der Fahrwerkselektronik, sind die speziellen Anwendungen zu finden.

Viele dieser Anwendungen sind derzeit erst in der Entwicklung bei Wissenschaft und Industrie. Andere finden ihren ersten Einsatz auf Pilotbetrieben und wieder andere werden schon in der zweiten oder gar dritten Generation in der Praxis eingesetzt. Um dem Leser einen Gesamtüberblick zu geben, werden nachfolgend alle diese Anwendungsfälle aufgezeigt, der mögliche Nutzen diskutiert und, falls möglich, eine ökonomische Einordnung vorgenommen.

2.1 Fahrzeugelektronik

Die Fahrzeugelektronik bezieht sich auf die Baugruppen des Traktors, also auf das Fahrwerk, den Motor, das Getriebe und auf den Geräteanbau im Front- oder Heckkraftheber.

2.1.1 Fahrwerkselektronik

Die Fahrwerkselektronik bedeutet Unterstützung des Fahrers im Hinblick auf die Triebkraftumsetzung, die Lenkung und Spurhaltung. Sie hilft aber auch bei der Überwachung sicherheitstechnischer Aspekte und verdient somit aus der Sicht der *Unfallverhütung* ein besonderes, wenn auch kostenmäßig nicht einfach zu bewertendes Interesse.

2.1.1.1 Reifendruck- und Reifenbelastung

Höchste Triebkraft kann nur erreicht werden, wenn die Reifenaufstandsfläche einen maximalen Wert annimmt. Da dies nur unter abgesenkten Luftdruckverhältnissen der Fall ist und andererseits die maximale Tragkraft beim Transport und bei höheren Fahrgeschwindigkeiten auf Straßen und Wegen nur mit hohem Luftdruck erreichbar ist, kann zwangsläu-

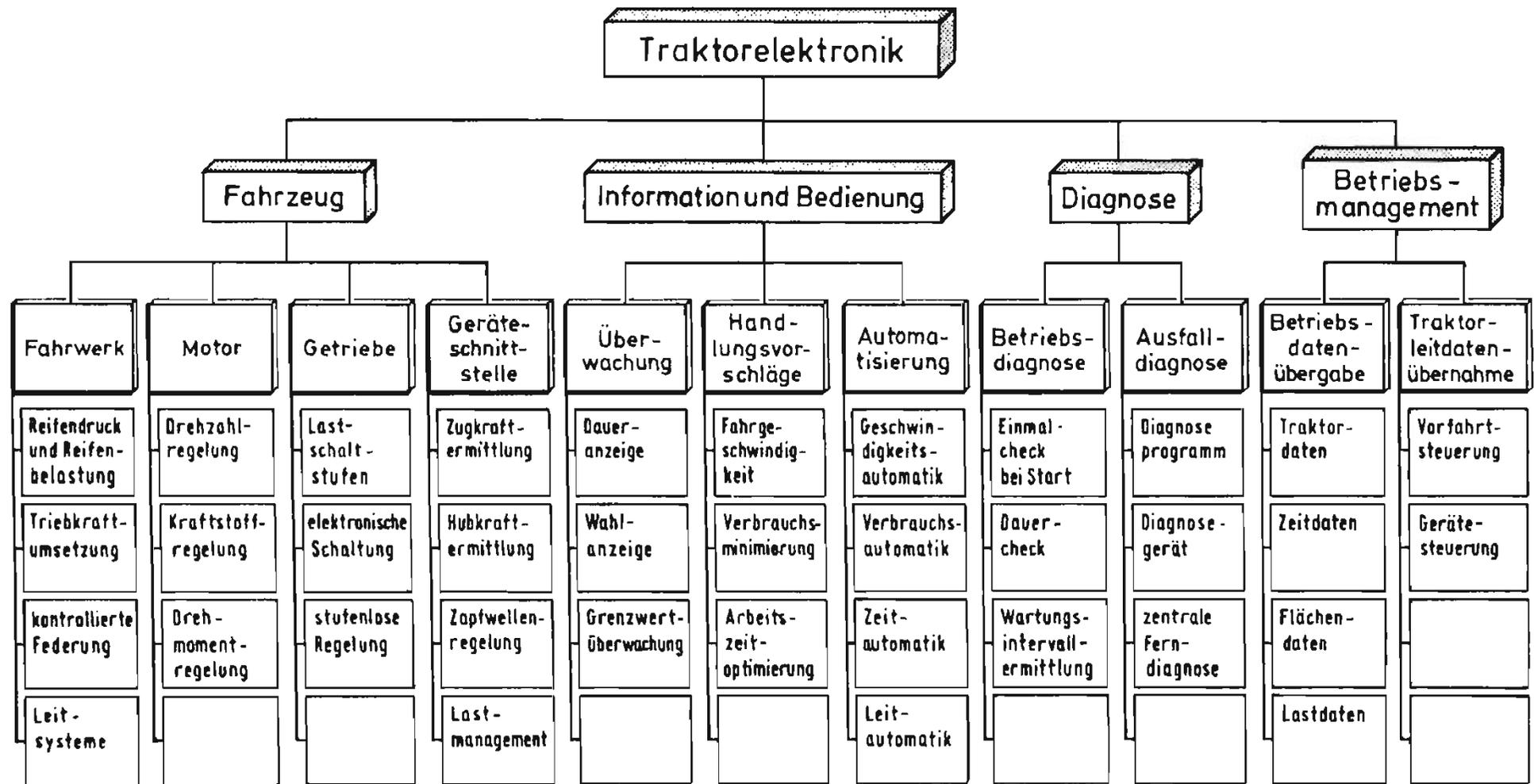


Abbildung 15: Einordnung der Elektronikanwendung im Traktor.

fig nur eine Luftdruckregelanlage beiden Forderungen entgegenkommen.

In einer ersten praxistauglichen Form erfolgt dies über eine manuelle Bedienung der Regelorgane mit elektronischer Grenzwertüberwachung (Abb. 16).

Die **Reifendruckregelanlage** ist an die Druckluftbremsanlage gekoppelt. Sie besteht aus einer »Zwei-Leitungsanlage«, wobei eine Leitung zum Ansteuern (Öffnen und Schließen) der Reifenventile dient. Mit der zweiten Leitung, die einen großen Querschnitt hat, wird das Befüllen und Entleeren der Reifen bewerkstelligt.

Beim Einsatz wählt der Fahrer einen Reifenluftdruck vor und leitet durch eine Hebelbewegung vom Fahrersitz das Befüllen und Entleeren ein. Einsatzserfahrungen an einer Bereifung 18.4 R 38 zeigen, daß beim Ablassen des Reifeninnendruckes von 1,4 bar auf 0,8 bar etwa 35 s benötigt werden. Das Befüllen der gleichen Bereifung auf den Ausgangswert erfordert dagegen etwa 120 s.

Letzteres kann bei zu kleinen Druckluftvorratsbehältern den Landwirt dazu verleiten, auch mit zu niedrigem Reifeninnendruck die Fahrt zum Feld oder zum Hof anzutreten. Reifenschäden und sicherheitstechnische Probleme wären die Folge.

Elektronikeinsatz könnte und muß in Zukunft diese Probleme beseitigen. In erster Linie ist dabei an eine elektronisch überwachte Geschwindigkeitsbegrenzung bei abgesenktem Luftdruck in den Reifen zu denken. In einer zweiten Stufe wäre bei vorgegebenen Grenzhöhen an eine automatische Anhebung oder Absenkung des Luftdruckes zu denken. Schließlich könnte in einer dritten Stufe auch die Einbeziehung der Reifenbelastung in dieses Regelschema realisiert werden.

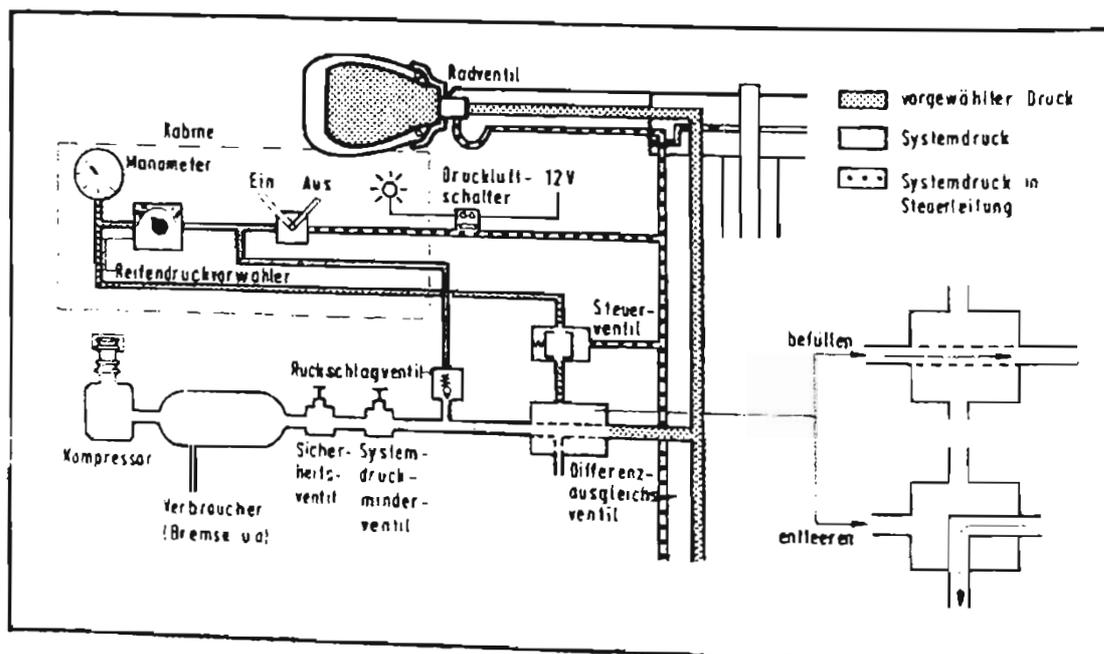


Abbildung 16: Schema einer Reifendruckregelanlage.

2.1.1.2 Triebkraftumsetzung

Hauptaufgabe des Traktors ist in vielen Einsatzfällen die Umsetzung der Motorleistung in Zugarbeit oder anders ausgedrückt in Triebkraft. Dabei wirken alle Maßnahmen zur Triebkraftmaximierung kostensenkend, weil dadurch auf der einen Seite die erforderliche Arbeitszeit abnimmt und andererseits die Arbeit immer besser zum optimalen Zeitpunkt ausgeführt werden kann. Zudem schont ein verringerter Schlupf den Boden.

Derzeit ermöglicht die Elektronik eine Verbesserung der Triebkraft in zwei wesentlichen Formen:

- Allradmanagement,
- elektronische Hubwerksregelung (EHR) und Anti-Schlupfregelung.

Allradmanagement – Maximale Triebkraft wird durch den Einsatz des Allradantriebes und der Differentialsperren erreicht. Beide Hilfen werden in der Praxis unterschiedlich eingesetzt. Während die Zuschaltung des Allradantriebes bei schwierigeren Verhältnissen die Regel ist und z.T. auch vorbeugend erfolgt, dient die Differentialsperre mehr der Ausnahmesituation. Streng betrachtet arbeitet der Landwirt deshalb immer im nicht optimalen Bereich, denn seine Reaktionen (Einschalten und Ausschalten) werden nie gleich sein.

An dieser Stelle setzt deshalb Elektronik an und versucht über entsprechende Sensoren die Optimierung der genannten Hilfen (Abb. 17).

Beim elektronischen Allradmanagement wird die Zu- und Abschaltung des Allradantriebes und der Differentialsperre in der Hinterachse automatisiert. Die Basis dazu bilden vier verschiedene Sensoren, welche dann zur Wirkung kommen, wenn das elektronische Allradmanagement eingeschaltet wird.

Der **Geschwindigkeitssensor im Getriebe** übernimmt die sicherheitstechnische Überwachung. Steigt die Fahrgeschwindigkeit über 14 km/h an, dann wird der Allradantrieb abgeschaltet und die Differentialsperre gelöst, weil der darüberliegende Geschwindigkeitsbereich den Straßenfahrten vorbehalten ist. Eine zusätzliche sicherheitstechnische Funktion besitzt der **Bremslichtschalter**. Er sorgt dafür, daß bei Bremsbetätigung der Allradantrieb zugeschaltet wird, um eine bessere Bremswirkung zu erreichen. Gleichzeitig wird die Differentialsperre gelöst.

Für die Arbeit im Feld ist dagegen der **Hubsensor am Heckkraftheber** verantwortlich. Generell schaltet er die Differentialsperre immer dann ein, wenn das Hydraulikgestänge abgesenkt wird und so für die Elektronik die Arbeitsstellung angezeigt wird. Daß demgegenüber bei Aushub der Hydraulik die Differentialsperre wieder gelöst wird, ist ebenso logisch und deutet z.B. auf das Arbeitsende oder auf das Wenden des Fahrzeugs

Beispiel I: Allradantrieb- und Differentialsperrensteuerung (Hinterachse)

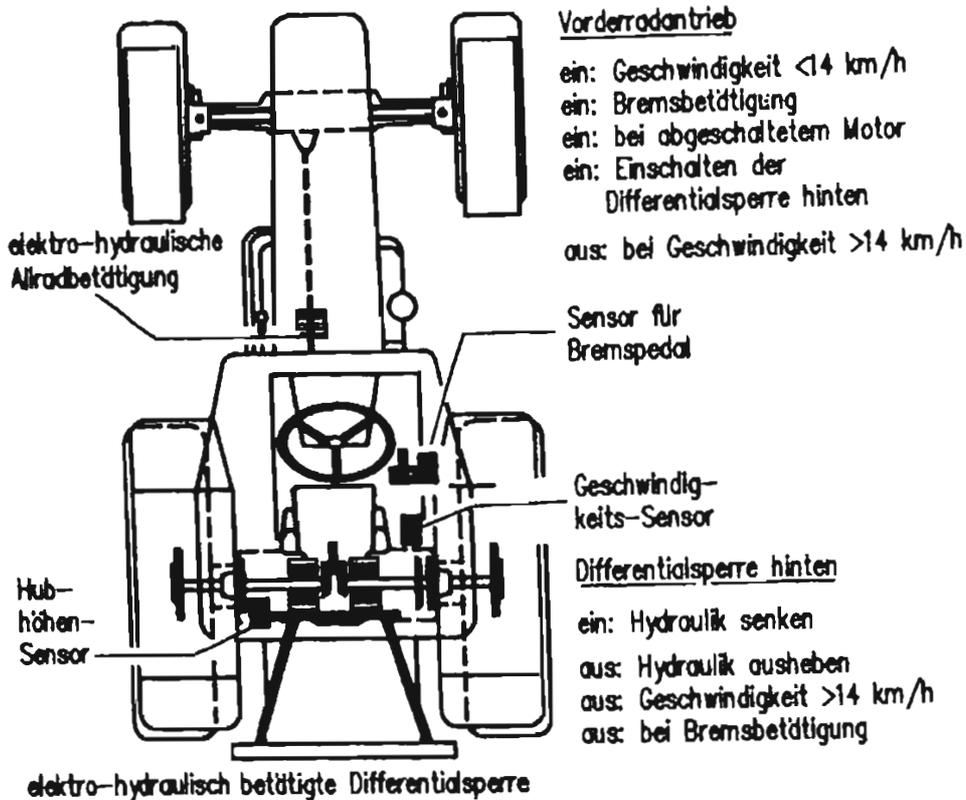


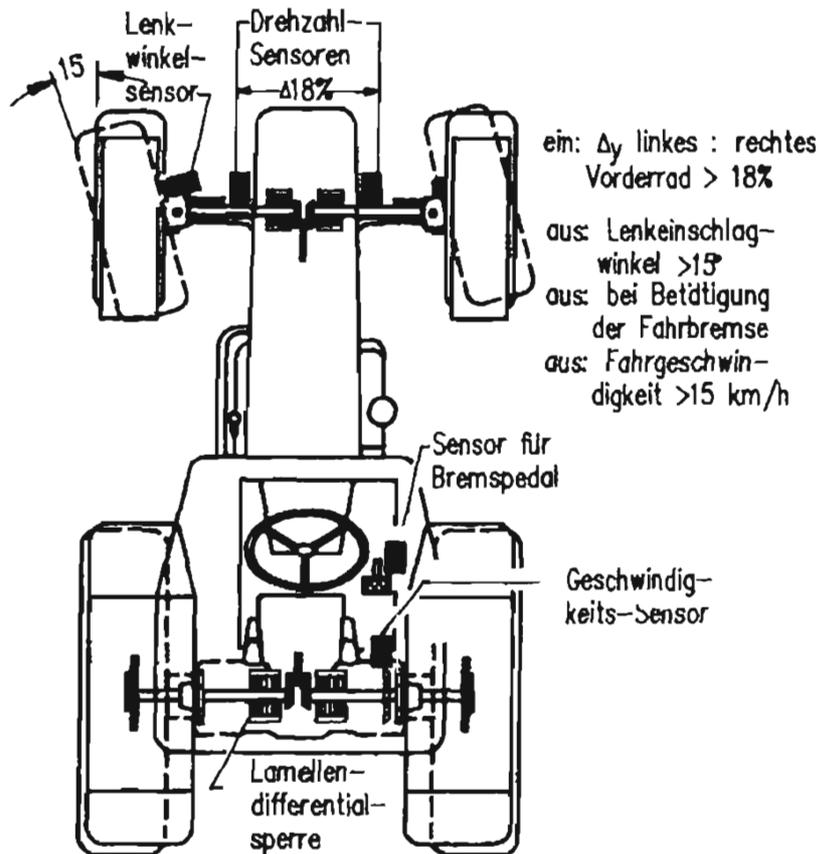
Abbildung 17: Formen des elektronischen Allrad- und Differentialsperrenmanagements (Seite 33 oben).

am Feldende hin. Selbstverständlich muß dabei auch der Allradantrieb zugeschaltet werden. Dies hat auch zu erfolgen, wenn der Fahrer die Differentialsperre betätigt, weil dann schwierige Verhältnisse entweder schon vorliegen oder kurzfristig zu erwarten sind.

Nur am Rande sei erwähnt, daß natürlich auch bei widrigen Fahrbahnzuständen ein Zuschalten des Allradantriebes möglich sein muß. Dies erfolgt z.B. über ein zweimaliges Betätigen des Einschaltknopfes, wodurch dann mehr oder weniger die bisherige manuelle Zuschaltung über elektronische Hilfsmittel möglich wird.

In einer weiteren Stufe kann Elektronik auch die **Differentialsperren** in der Vorderachse und Hinterachse kontrollieren. Auch dazu werden der Geschwindigkeitssensor im Getriebe und der Bremslichtschalter benötigt. Hinzu kommen nun jedoch zusätzliche Sensoren zur Messung der

Beispiel II: Differentialsperrensteuerung



Geschwindigkeit der beiden Vorderräder und ein weiterer Sensor zur Messung des Radeinschlages eines Vorderrades.

In diesem System erfolgt die Zuschaltung der Differentialsperren immer dann, wenn die Differenzgeschwindigkeit zwischen den beiden Vorderrädern über 18 % ansteigt. Ausgeschaltet wird bei einem Lenkwinkleinschlag von mehr als 15 %, bei der Betätigung der Fußbremse oder bei Fahrgeschwindigkeiten über 15 km/h aus sicherheitstechnischen Gründen.

Beide Formen sind in dieser Ausführung Nutzelektronik im wahrsten Sinne des Wortes. Sie führen die geschilderten Steuerungsvorgänge immer – also auch bei Ermüdung des Fahrers - durch, und sie beinhalten die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen, welche in der Praxis ohne Elektronik vielfach bewußt oder unbewußt umgangen werden.

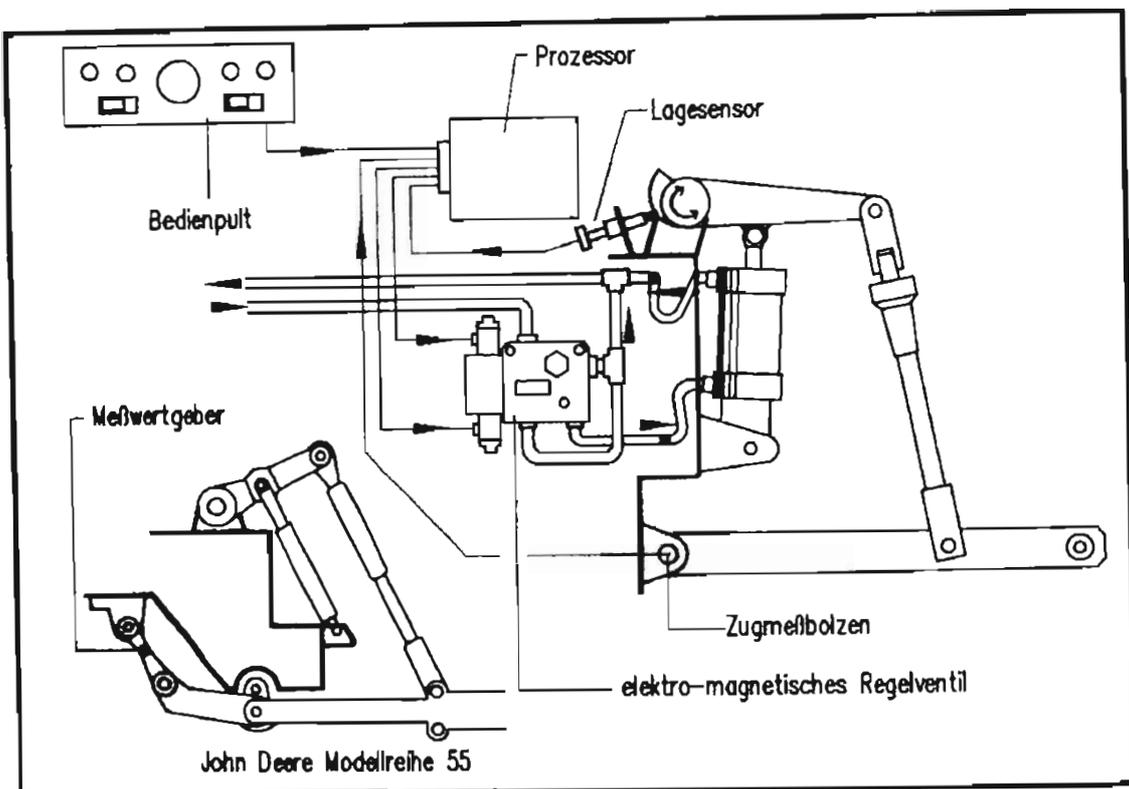


Abbildung 18: Elektronische Hubwerksregelung (schematisch).

Elektronische Hubwerksregelung (EHR) und Anti-Schlupfregelung – Die universelle Nutzung des Traktors wurde durch die breite Einführung der mechanischen Hubwerksregelung in die deutschen Traktoren Anfang der sechziger Jahre nachhaltig beeinflusst. Traktor und Gerät bildeten nun eine Einheit und insbesondere bei der Bodenbearbeitung wurde die Gewichtsübertragung vom Gerät auf den Traktor zunehmend genutzt. Gleichzeitig wurden aber die Grenzen der Mechanik mehr und mehr erkennbar, die sich vor allem in der nur bedingt zufriedenstellenden Mischung der Regelarten, der relativen Trägheit und der relativ geringen Empfindlichkeit der Federmeßelemente zeigte. Zudem bestand von außen kaum eine Einflußnahme, sei es zum Gerätean- oder -abbau oder sei es gar zur Regelung über einen Gerätegeber.

Alle diese Nachteile kann die **elektronische Hubwerksregelung** beseitigen (Abb. 18).

Sie benutzt anstelle der mechanischen Feder Elemente elektronische Zugmeßbolzen an jedem Unterlenker. Diese Sensoren erfassen sowohl Zug, wie auch Druck, weshalb ihr Einbau in der vorgegebenen Lage erfolgen muß. Die erzeugten Signale werden in einer Elektronikbox (derzeit noch analog nach Spannungshöhe) ausgewertet und als Steuersignal dem elektrisch bedienbaren Regelventil zugeleitet. Ein weiterer Sensor überwacht die Hubhöhe durch Wegabtastung einer Kulissenscheibe auf der Hubarmwelle. Für den Einsatz in unterschiedlich schweren Traktoren stehen drei unterschiedlich empfindliche Meßbolzen zur Verfügung.

Die Grundfunktionen der EHR bestehen in folgenden Merkmalen:

- Heben und Senken erfolgen über einen Hebel, über einen Schalter am Bedienpult oder über Fernbedienung;
- die Regelempfindlichkeit kann stufenlos verändert werden;
- über den Sollwertdrehknopf wird die gewünschte Arbeitstiefe oder Lage eingestellt, eine Neutralstellung ermöglicht Schwimmstellung;
- über einen weiteren Drehknopf kann Zugkraft- und Lageregelung stufenlos gemischt werden;
- ein vierter Drehknopf ermöglicht die Begrenzung der Aushubhöhe;
- ein fünfter Drehknopf ermöglicht die Einstellung der Absenkgeschwindigkeit bis hin zur Feststellung;
- Leuchten zeigen die Regelempfindlichkeit an.

Da die heute verwendeten EHR-Anlagen weitgehend von einem Hersteller stammen, sind alle eingesetzten Anlagen nahezu identisch. Lediglich die Bedienpulte werden z.T. von den Traktorenherstellern selbst gefertigt, weshalb sich dabei größere Unterschiede zeigen. Für den Landwirt ist darauf zu achten (Abb. 19), daß

- nach Möglichkeit auch bei der EHR ein Hebel in sinnfälliger Bedienungsrichtung für Heben und Senken zur Verfügung steht;
- die Bedienknöpfe groß genug und mit genügend Freiraum versehen sind, so daß deren Bedienung auch mit Handschuhen bei sich bewegendem Traktor möglich ist;
- zwei Drehknöpfe auf einer Drehachse vermieden werden;
- die Drehknöpfe groß, klar und unverwechselbar beschriftet sind.

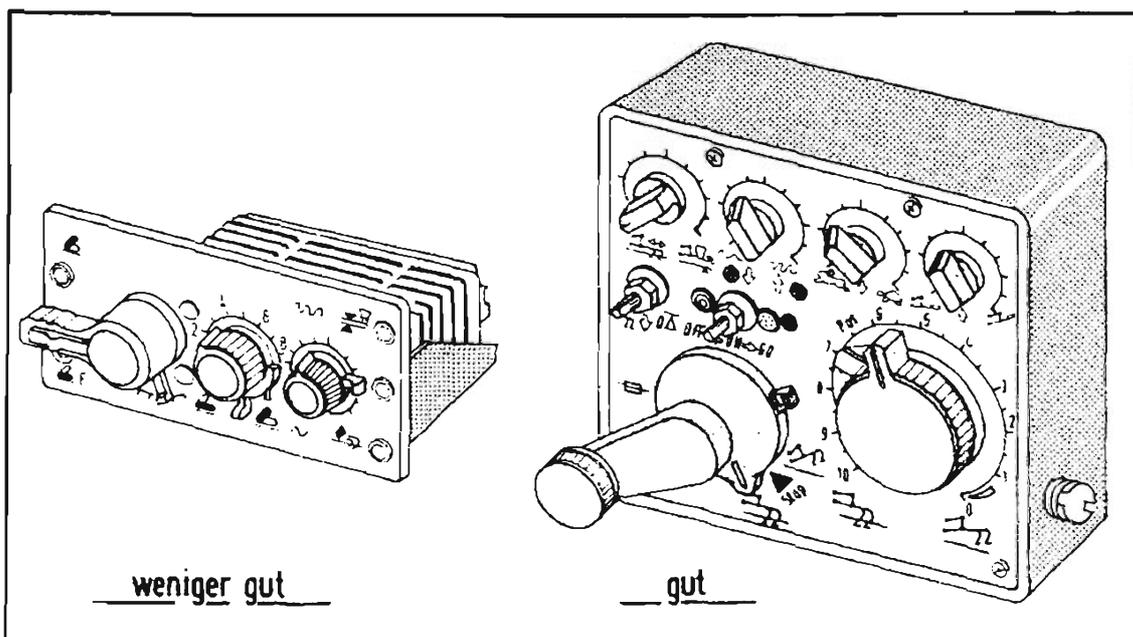


Abbildung 19: Gutes (links) und weniger gutes (rechts) EHR-Bedienpult im relativen Größenvergleich.

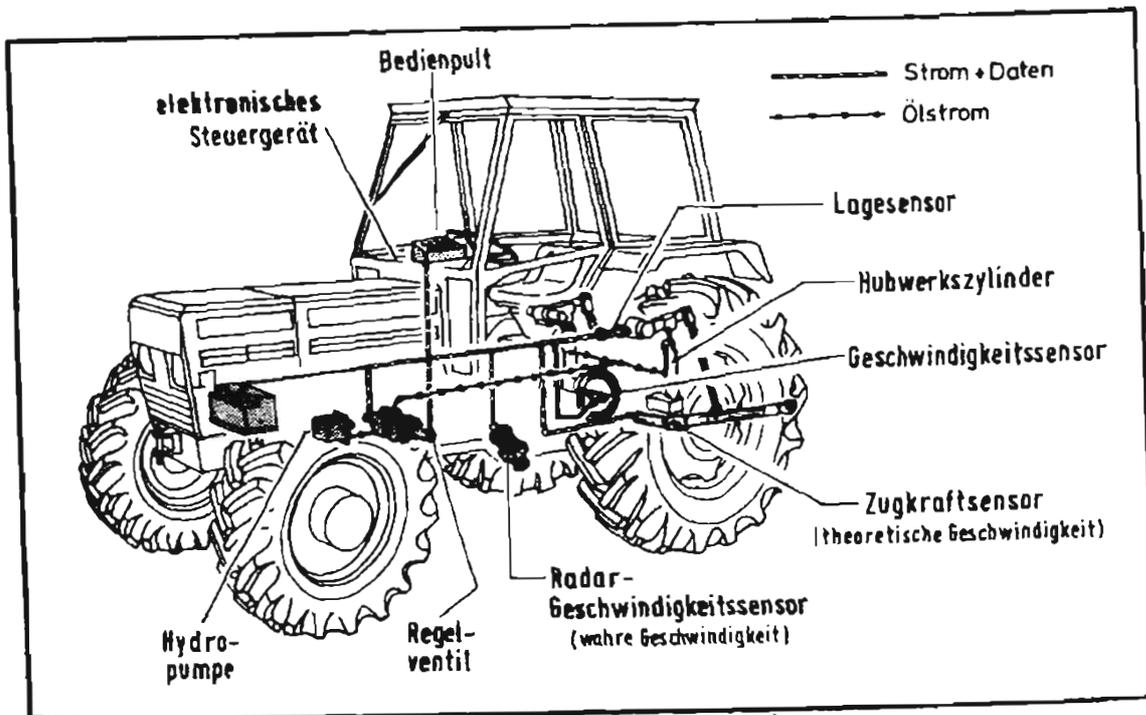


Abbildung 20: Aufbau einer elektronisch gesteuerten Anti-Schlupfregelanlage [1].

Über die Fernbedienung besitzt die EHR einen elektrisch ansteuerbaren *Bedienkanal*. Dieser kann für eine Hubwerkssteuerung von einem Anbaugerät (z. B. Taster am Feldhäcksler oder am Rübenroder) oder von einem zusätzlichen Sensor angesprochen werden. Derartige Sensoren können z. B. den Radschlupf ermitteln und über eine geeignete elektronische Schaltung bei Zunahme des Schlupfes durch geringes Anheben des Gerätes die erforderliche Zugkraft verringern und damit den Schlupf reduzieren. Ein derartiges System wird als Schlupfregelung oder **Anti-Schlupfregelung** bezeichnet und ist nach Abb. 20 aufgebaut.

Zur Erfassung des Schlupfes dienen zwei Sensoren. Die theoretische Geschwindigkeit liefert auch bei diesem System der Getriebesensor (vergleiche Allradmanagement). Um zum Schlupf zu gelangen wird dazu die wahre Fahrgeschwindigkeit benötigt. Diese muß beim allradgetriebenen Traktor (und nur er kommt eigentlich für den sinnvollen Einsatz einer Anti-Schlupfregelung in Betracht) über ein zusätzliches Rad oder besser und einfacher über einen Radarsensor ermittelt werden. Die Differenz zwischen beiden Sensoren stellt den Schlupf dar. Rein regelungstechnisch muß diesen Wert die Elektronik immer mit einem vorgegebenen Grenzwert vergleichen. Ist der tatsächliche Schlupf größer, als der zulässige Wert, dann erfolgt ein geringes Anheben des Gerätes (Pflug oder Grubber), liegt er darunter, muß auf die vorgewählte Arbeitstiefe zurückgefahren werden. Derzeit sind bei der Anti-Schlupfregelung Varianten mit vorgegebener, also nicht veränderbarer Schlupfgrenze (15 %) und Varianten mit veränderbarer Schlupfgrenze auf dem Markt.

Untersuchungen mit Anti-Schlupfregelsystemen zeigen klare Vorteile für die elektronisch gesteuerte Technik (Abb. 21).

Danach erbringt schon unter normalen Bedingungen die Anti-Schlupfregelung eine Schlupfreduzierung um etwa 10–15 %. Unter sehr ungünstigen Bedingungen mit einem Schlupf von nahezu 35 % erzielt die Regelung dagegen bessere Bedingungen als die Zugwiderstandsregelung unter normalen Bedingungen.

Neben einem zügigeren Arbeiten und dem Vermeiden von Festfahren auf nassen Stellen erzielt die Anti-Schlupfregelung dadurch Einsparungen bei der Arbeitszeit von etwa 10 % und bei Kraftstoff von etwa 25 %. Dabei bleibt die gewählte Arbeitstiefe relativ konstant. Im Versuch schwankte sie nur um 1,0–1,5 cm.

Aufgrund dieser sehr positiven Ergebnisse stellt sich natürlich die Frage, für welche Einsatzzwecke nun diese Elektronik nutzbringend eingesetzt werden kann? Diese Frage ist nur über eine **ökonomische Beurteilung** zu klären.

Wird unterstellt, daß eine entsprechende Investition dann sinnvoll ist, wenn der erforderliche Kapitalbedarf kleiner oder gleich dem erzielten Nutzen ist, dann ist bei einer derartigen Bewertung der eingesparte Kraftstoff in jedem Fall und die eingesparte Arbeitszeit immer dann zu bewerten, wenn dafür eine entsprechende Entlohnung erreichbar ist. Für einen Traktor mit 125 kW (170 PS) führt eine entsprechende Kalkulation zu folgenden Ergebnissen (Abb. 22).

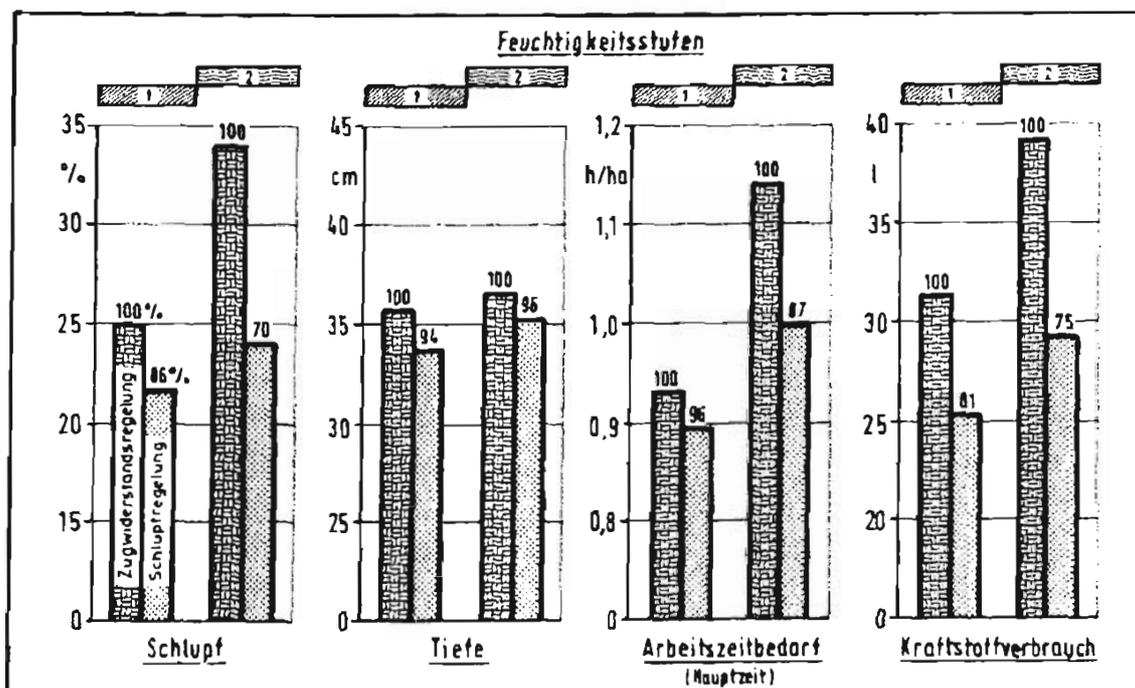


Abbildung 21: Vergleich von Zugwiderstandsregelung und Anti-Schlupfregelung bei zwei Feuchtestufen [2].

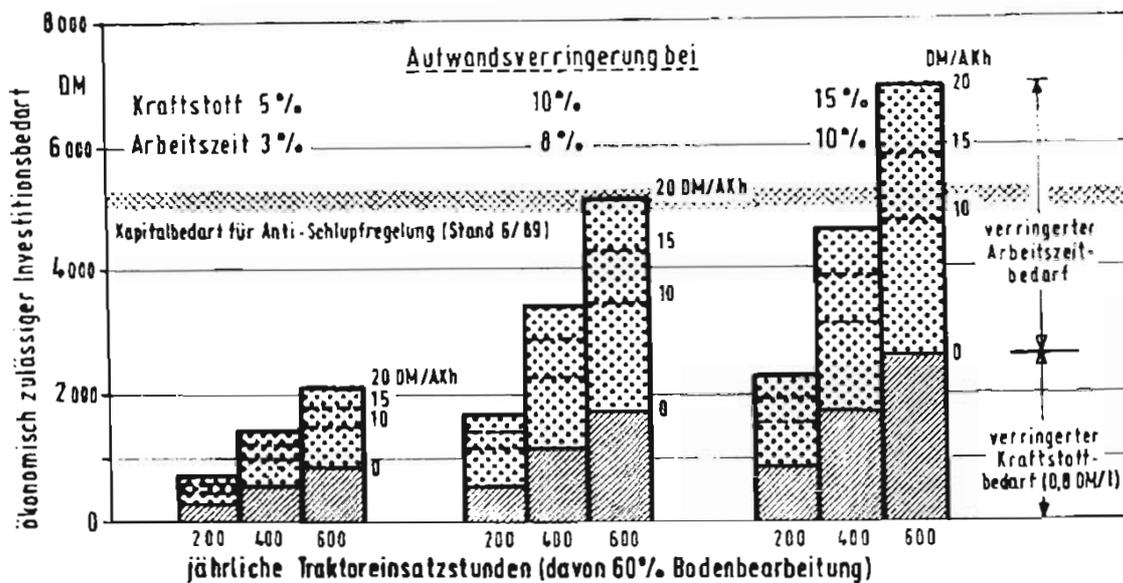


Abbildung 22: Möglicher Investitionsbedarf für die Anti-Schlupfregelung bei unterschiedlichen Verhältnissen und zunehmender Traktorstundenzahl je Jahr. (Annahme: Dieselverbrauch 12,6 l/h; Kapitalisierungsfaktor = 4,82 aus AfA = 8 Jahre; Zins = 7%; Reparaturen = 4 %).

Unter normalen Bedingungen wird dieser Traktor mit der Anti-Schlupfregelung Einsparungen bei Kraftstoff von etwa 5 % und bei Arbeitszeit von etwa 3 % erbringen. Der eingesparte Kraftstoff, mit 0,80 DM/l unterstellt, würde kapitalisiert eine Investition von 300–900 DM zulassen, wenn diese Investition jeweils 60 % aller Einsatzstunden in einem Jahr mit insgesamt 200, 400 oder 600 Traktorstunden zu nutzen wäre. Würde darüberhinaus die eingesparte Arbeitszeit einen vergleichbaren Wert von 10, 15 oder gar 20 DM/AKh erbringen, dann würde, wiederum kapitalisiert, die zulässige Investition in diesem Beispiel auf 800–2 100 DM steigen.

Werden ungünstigere Bedingungen unterstellt, also z.B. die Hälfte der zu bearbeitenden Fläche günstig und die andere Hälfte ungünstig (Stau-nässe, wechselnde Böden), dann könnte die zulässige Investition ohne Arbeitsäquivalent zwischen 500 und 1 700 DM, mit Einbezug der Arbeitszeiterparnis sogar zwischen 1 700 und 5 000 DM liegen.

Sind dagegen in einem Betrieb ausschließlich ungünstige Verhältnisse anzutreffen, dann erbringt dort die entsprechende Kraftstoffersparnis alleine schon zwischen 900 und 2 600 DM, mit Berücksichtigung der eingesparten Arbeitszeit kann bei 20 DM/AKh dieser Wert sogar auf 2 200 bis etwa 7 000 DM ansteigen.

Werden dazu die derzeitigen Kosten einer Anti-Schlupfregelung mit 4 000–6 000 DM gegenübergestellt, dann wird in vielen Fällen ein nutzbringender Einsatz dieser Technik in Frage gestellt. Insgesamt gilt dann:

- Die Anti-Schlupfregelung lohnt immer dort, wo sehr ungünstige Verhältnisse vorliegen,
- wo der Wert der eingesparten Arbeitsstunde hoch ist (überbetrieblicher Maschineneinsatz) und
- er lohnt dort, wo diese Einrichtung viele Stunden im Jahr genutzt werden kann (größere Betriebe und überbetrieblicher Maschineneinsatz).

Darüber hinaus ist nicht zu vergessen, daß mit dieser Technik heute schon ein sehr effizientes Hilfsmittel zur Verfügung steht, dessen Nutzen sich mit zunehmenden Kraftstoffpreisen immer stärker erhöht. Beim Neukauf eines Traktors sollte vor allem dieser Gedanke nicht übersehen und zumindest die EHR in den Kauf mit einbezogen werden. Sie läßt sich dann bei Bedarf ohne große Zusatzkosten in die Anti-Schlupfregelung erweitern.

2.1.1.3 Kontrollierte Federung

Traktoren werden immer schneller. Wurden vor Jahren die 30 km/h diskutiert, so ist heute der Traktor mit 40 km/h beim Neukauf schon in der überwiegenden Zahl vorhanden und erste Varianten mit 50 km/h kommen auf den Markt.

Trotzdem bleibt bei vielen Traktoren trotz höherer Fahrgeschwindigkeit das Grundkonzept als ungefedertes Fahrzeug beibehalten, obwohl nach Meinung vieler Experten spätestens bei 40 km/h zur gefederten Vorderachse übergegangen werden muß. Hauptgründe *gegen eine gefederte Vorderachse* sind folgende Nachteile:

- Unruhigeres Verhalten beim Einsatz der Regelhydraulik,
- Probleme bei der Führung von Frontanbaugeräten,
- Probleme bei Schubfahrt mit schweren Geräten am Hang.

Alle diese Gründe sind sicher gerechtfertigt und fordern zu alternativen Lösungen heraus. Sie sind speziell in Verbindung mit der Elektronik zu sehen.

Eine durchaus sinnvolle Lösung wäre z.B. die Verwendung feststellbarer oder im Federweg begrenzbarer Federungselemente. In Verbindung mit dem Allradmanagement könnte dabei sinnvoll die Blockierung oder die Freigabe der Federung gekoppelt werden. Fahrten im höheren Bereich (größer 15 km/h) würden dann immer im gefederten Zustand zurückgelegt, während bei Arbeit im Feld generell der heute übliche Zustand ohne Federung oder mit eingeschränktem Federweg der Vorderachse die Regel wäre.

2.1.1.4 Traktorleitsysteme

Bei vielen Arbeiten stellt das exakte Spurfahren hohe Anforderungen an den Fahrer. Es wirkt auf Dauer ermüdend, bestimmt die mögliche Flächenleistung und entscheidet über die erzielbare Arbeitsqualität. Dort, wo es möglich ist, werden deshalb heute schon in großem Umfang Lenkautomaten eingesetzt. Eine Erhebung in den Maschineringen in Bayern erbrachte z.B. einen Anteil von mehr als 53 % in den selbstfahrenden Häckslern in Verbindung mit dem Maisschneidwerk.

Probleme bleiben jedoch bei den wieder zunehmenden Hackarbeiten, beim Einsatz der Frontmäherwerke und nicht zuletzt bei der Düngung auf Grünland oder unbewachsenem Boden durch das erforderliche exakte Anschlußfahren. Speziell an dieser Stelle muß deshalb künftig Elektronik Eingang finden.

Derzeit werden unterschiedliche Lösungsansätze diskutiert und untersucht. Am vielversprechendsten ist dabei zweifellos die Nutzung der **Bild- oder Videotechnik**. Mit ihr ist ein weitgehend problemloses Entlangtasten an vorhandenen Pflugfurchen oder Pflanzenreihen möglich. Darüberhinaus kann über das Erkennen von Konturen (Spurrillen im frisch bearbeiteten Land) auch das exakte Anschlußfahren ermöglicht werden und gleichzeitig könnten mit diesem Medium zusätzliche Informationen über den Pflanzenbestand oder die Bodenoberfläche gewonnen werden. Da gerade zur Zeit die Bildverarbeitung durch den verstärkten Einsatz in der Industrie starke Fortschritte aufweist und höhere Stückzahlen einen schnellen Preisrückgang erwarten lassen, dürfte diese Technik schon bald für die landwirtschaftliche Nutzung verfügbar sein.

Eine weitere Lösungsmöglichkeit besteht in der **Linearisierung von Schlägen**. Sie benötigt einwandfrei arbeitende Wegsensoren, definierte Zu- und Abfahrtstellen und nicht zuletzt eine strikte Einhaltung des vorgesehenen und vorgegebenen Arbeitsablaufes. Der Schwerpunkt dieser Technik ist deshalb künftig vor allem bei der Nutzung von Spurschächten zur Düngung und im Pflanzenschutz zu sehen.

Schließlich müssen auch **navigationsische Ortungssysteme** mit in die Überlegungen einbezogen werden. Schon in naher Zukunft ist zu erwarten, daß über Satelliten und preisgünstige Sende-/Empfangsgeräte in PKW's Leitsysteme verfügbar sind. Mit gewissen Abänderungen ließen sich dabei die erzielbaren Genauigkeiten von derzeit etwa plus/minus 10–15 m auf etwa 1,0–1,5 m reduzieren. Dies wiederum würde ausreichen, um z.B. für Erntemaschinen eine lokale Ertragsermittlung einzuleiten, welche als Ausgang für ertrags- und bodenspezifische Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen in einer umweltorientierten Landwirtschaft unerlässlich sind.

2.1.2 Motorelektronik

Der Motor stellt die zentrale Kraftquelle im Traktor dar. Ökonomisch sinnvoll sollte deshalb immer eine Drehzahl im Bereich des maximalen Drehmomentes angestrebt werden, weil dann der Kraftstoffverbrauch die niedrigsten Werte erreicht. Daß diese Forderung unter praktischen Verhältnissen nur schwer zu erreichen ist, liegt vor allem an der Nutzung von derzeit ausschließlich in den Traktoren installierten Stufengetrieben und an den Anforderungen der Zapfwellengeräte mit gleichbleibend konstanten Drehzahlen im Einsatz. Beides ist jedoch nur selten problemlos in Einklang zu bringen, weshalb derzeit die Traktoren vielfach im ungünstigen Drehzahlbereich mit ungünstigen Kraftstoffverbrauchswerten eingesetzt werden müssen.

Elektronik könnte dabei in dreierlei Hinsicht Abhilfe schaffen:

- Drehzahlregelung,
- Kraftstoffregelung,
- Drehmomentregelung.

2.1.2.1 Drehzahlregelung

Bei zunehmendem Einsatz der Zapfwelle zur weitgehend verlustfreien Kraftübertragung verdient deren konstante Drehzahl großes Augenmerk. Derzeit muß alleine der Fahrer dafür sorgen und, z.B. bei zunehmendem Kraftbedarf, durch mehr Gas die Konstanthaltung erreichen. Dieser ständige Regelvorgang kann manuell immer nur im suboptimalen Bereich liegen und er wird qualitativ ungünstiger, je stärker der Fahrer ermüdet. Als Konsequenz legen die Konstrukteure die Zapfwellennendrehzahl nahe an den Bereich der Motornendrehzahl. Der Fahrer kann dann mit »Vollgas« ohne große Fehlermöglichkeiten für eine weitgehend gleiche Zapfwellendrehzahl sorgen.

Elektronik als Regeleinheit könnte den Gesamtvorgang wesentlich ökonomischer gestalten. Damit wäre die Nenndrehzahl der Zapfwelle in einen Bereich oberhalb des maximalen Moterdrehmomentes, jedoch weit unterhalb der Nenndrehzahl zu verlegen. Geringerer Kraftstoffverbrauch bei gleichzeitig niedrigerem Geräuschpegel wären für den Landwirt die willkommene Konsequenz.

Erweiterungen über eine Fernsteuerung per Leitung könnten zudem Eingriffe von Außen einleiten. Beispiele dafür wären die Lesepersonen auf dem Kartoffelvollernter, Staumelder in Bunkerköpfrodern oder Auslenkwinkel an der Einzugsschneckenauslenkung bei Aufsammelmaschinen. Sie alle könnten eine Art Vor- oder Nachregelung durchführen und das System »Traktor und Maschine« effizienter gestalten.

2.1.2.2 Kraftstoffregelung

Wiederum im Sinne des minimalen Kraftstoffverbrauches wäre eine Regelung nach diesem Kriterium möglich. Erste Ansätze sind derzeit bei RENAULT, MF und FENDT als Verbrauchsanzeige realisiert. Bei STEYR wurde zusätzlich schon die Automatisierung der Lastschaltstufen mit einbezogen. Kraftstoffeinsparungen bis zu 15 % je nach Geschick und Erfahrung des Fahrers sind dabei durchaus im Bereich des Möglichen.

Generell müßte dazu künftig jedoch der feinstufige, elektronisch schaltbare Fahrtrieb oder gar der stufenlose Fahrtrieb in den Traktor Eingang finden. Rein entwicklungstechnisch ist der zweite bei den kleineren Traktoren – also Pfliegertraktoren – zu erwarten, während sich die erste Möglichkeit derzeit schon bei den großen Zugtraktoren deutlich abzeichnet.

2.1.2.3 Drehmomentregelung

Eine sinnvolle Drehzahl- und Kraftstoffregelung muß in der letzten Stufe aber auch eine Drehmomentregelung mit einbeziehen. Dabei wäre bei reinen Zugarbeiten das erforderliche Drehmoment am Getriebe abzugreifen (Kettenwandler liefern heute schon das entsprechende Signal). Bei Zapfwellenarbeiten käme zusätzlich das Drehmoment hinzu. Insgesamt entstünde so eine Regelung, welche den Begriff des »elektronischen Motormanagements« zu Recht erhalten könnte.

Zentraler Bestandteil ist dabei jedoch unumgänglich die **elektronisch geregelte Einspritzpumpe**. Deren erste Exemplare werden derzeit als Verteilerpumpe schon in Diesel-PKW's installiert. Durch die dort zu erwartenden hohen Stückzahlen dürften die Einkaufspreise für diesen Pumpentyp schon bald sehr stark fallen. Einer breiten Einführung in den Traktor steht dann sicher nichts mehr im Wege.

2.1.3 Kupplungs- und Getriebeelektronik

Eine optimierte Krafterzeugung im Motor muß zwangsläufig auch eine optimierte Kraftübertragung zur Folge haben. Die dafür erforderlichen Bauteile sind Kupplung und Getriebe.

2.1.3.1 Elektronik in der Kupplung

Ausgehend von den Turbokupplungen mit den damit erzielbaren Reduzierungen der Kraftspitzen eröffnet die elektronische Regelung in der Kupplung in Verbindung mit einem Drehmomentwandler zusätzliche Möglichkeiten. Bei einer derartigen Kupplungseinheit wird je nach Motor-

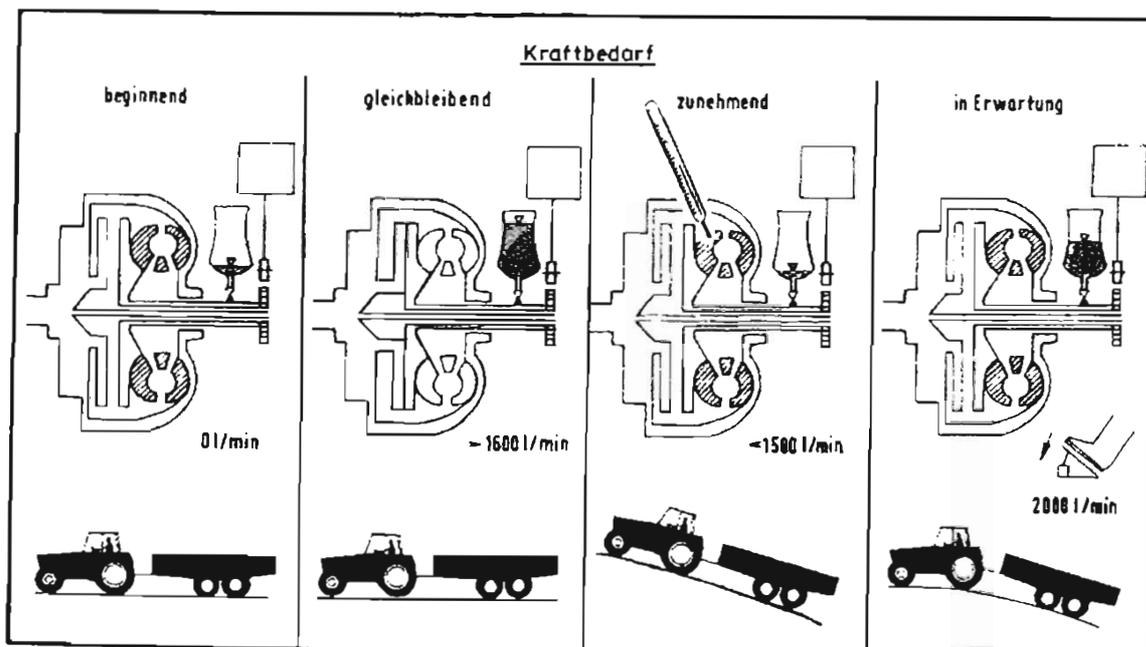


Abbildung 23: Drehmomentwandler, Überbrückungskupplung und »Kick-down-Schaltung« in einer elektronisch gesteuerten Kupplung [3].

drehzahl die Kraft entweder über den Drehmomentwandler oder über die mechanische Kupplung an das Getriebe geleitet (Abb. 23).

Generell sind damit vier Wirkungsbereiche möglich:

- Beim Anfahren ist bis zu einer Getriebeeingangsdrehzahl von 1600 1/min der Wandler in Aktion. Erhöhtes Drehmoment steht zur Verfügung, die Übertragung ist weich.
- Im Bereich der Getriebeeingangsdrehzahl von 1600 1/min bis Motorenndrehzahl schließt die Überbrückungskupplung; Motor und Getriebe arbeiten kraftschlüssig.
- Sinkt die Getriebeeingangsdrehzahl bei schwerem Zug unter 1500 1/min, dann wird die Überbrückungskupplung automatisch geöffnet und der Wandler aktiviert. Ein höheres Drehmoment steht zur Verfügung und macht einen sonst erforderlichen Schaltvorgang überflüssig
- Soll bei sich abzeichnenden höherem Leistungsbedarf an der Zapfwelle deren Drehzahl konstant gehalten werden, dann kann über die »Kick-down-Einrichtung« (Durchdrücken des Gaspedals) die Überbrückungskupplung auch bei Getriebedrehzahlen über 1600 1/min geöffnet werden, wodurch der Zapfwellenantrieb weiterhin kraftschlüssig bei gleichbleibender Motordrehzahl erfolgt.

Messungen an einer derartigen Kupplungseinheit beweisen, daß damit weit weniger Schaltvorgänge erforderlich sind, als bei Scheibenkupplungen [4]. Dies zeigt sich neben der Arbeit unter schwerem Zug auf dem Acker vor allem bei Transportarbeiten (Abb. 24).

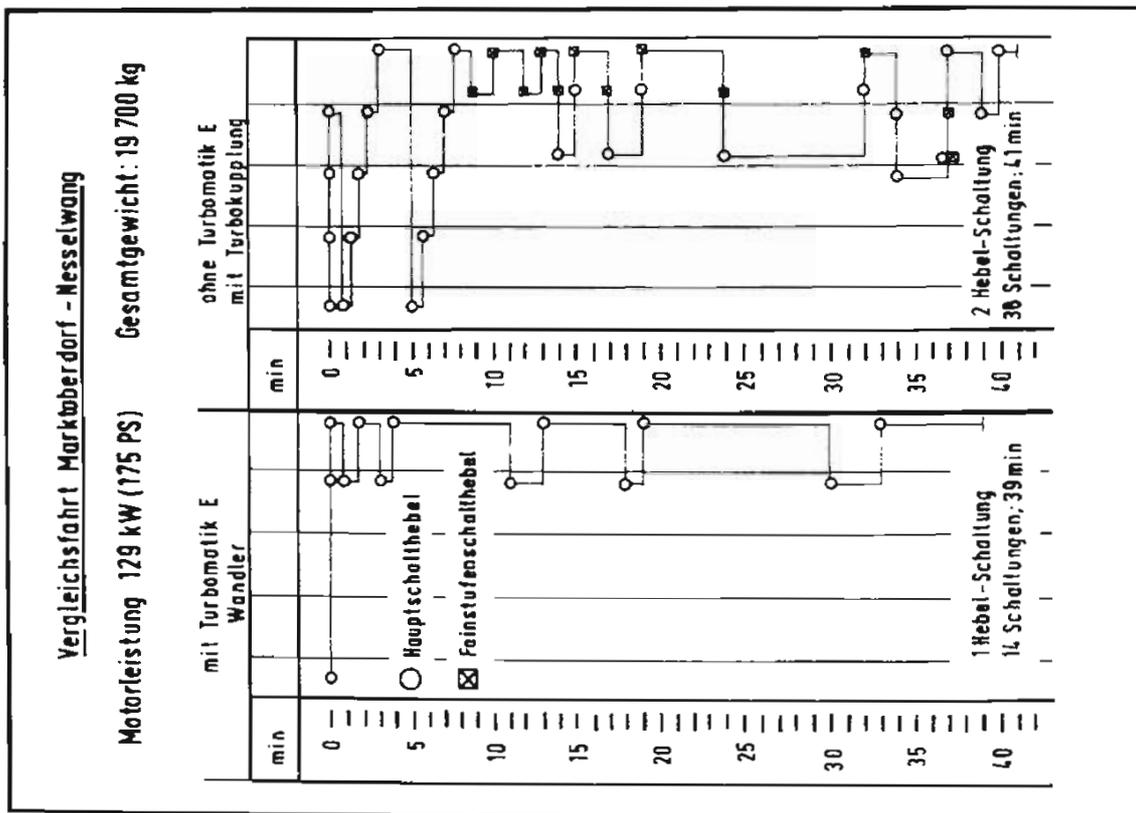
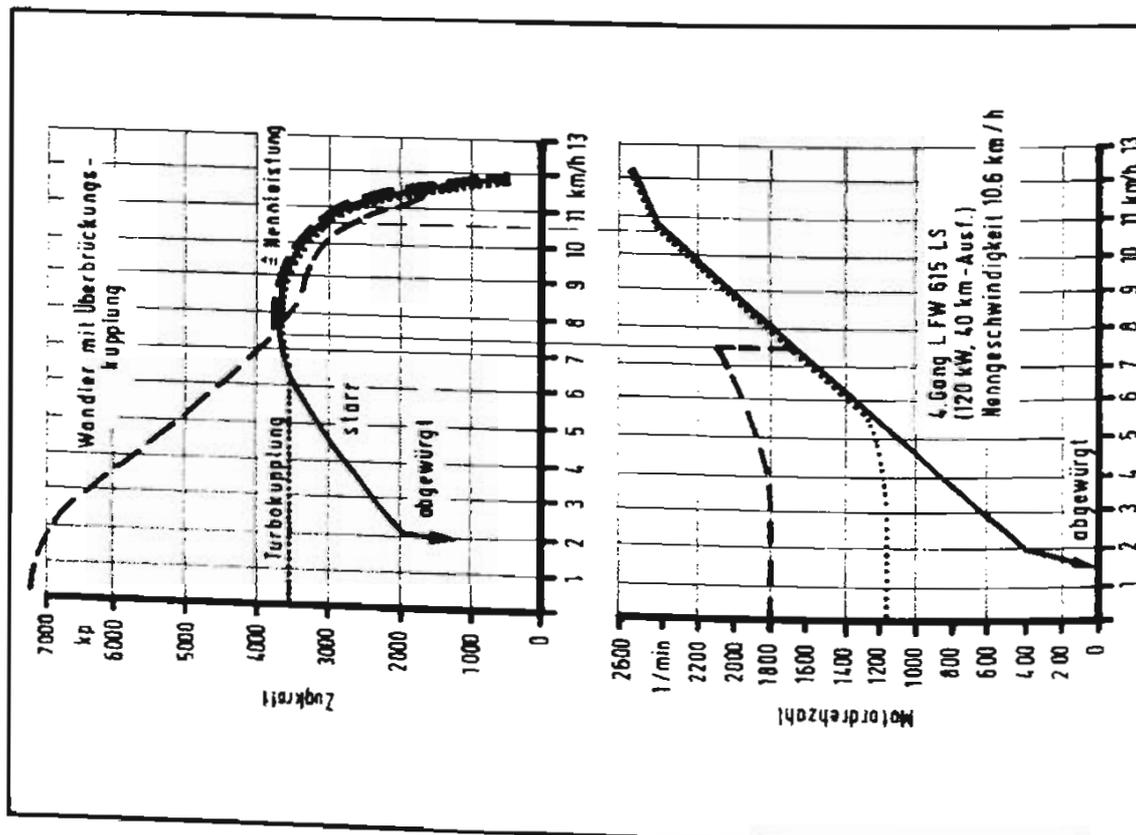


Abbildung 24: Drehmomentverlauf bei einem Anfahrvorgang und bei Steigung (links) und Schaltvorgänge bei Transportarbeiten mit herkömmlicher Kupplung und mit elektronisch geregelter Turbokupplungseinheit (rechts).



Im Extremfall kann jedoch die Überbrückungskupplung dazu verleiten, weitgehend auf das Schalten zu verzichten. Sehr hohe Temperaturen im Wandler und schlechte Wirkungsgrade sind dann die Folge. Deshalb überwacht ein eingebauter Temperaturfühler die Öltemperatur im Wandler und schaltet bei Temperaturen über 105 °C den »Kick-down-Effekt« ab. Eine Warnlampe signalisiert dem Fahrer diesen Zustand und fordert zu einem Schaltvorgang auf.

Die Vorteile und Nachteile elektronisch gesteuerter Kupplungen sind:

Vorteile

Weiches Anfahren mit erhöhtem Drehmoment,
weniger Schaltvorgänge bei Transportarbeiten und wechselnden Arbeitsbedingungen,
keine Übertragungsverluste bei eingeschalteter Überbrückungskupplung,
Zapfwellendrehzahl ist besser konstant zu halten,
geringere körperliche Belastung des Fahrers.

Nachteile

Kraftschlüssiges Anfahren nur mit hoher Motordrehzahl möglich,
Gefühl für gewählten Gang und geforderte Motorleistung geht verloren,
zu hohe Öltemperatur im Wandler egalisiert den möglichen Nutzen kurzzeitig.

2.1.3.2 Lastschaltgetriebe

Stufengetriebe im Traktor zeigen vor allem bei schweren Ackerarbeiten ihre gravierenden Nachteile. Bodenverdichtungen, wechselnde Bodenarten und größere Unebenheiten führen dabei entweder zu ständigen Schaltvorgängen mit jeweiligem Stillstand des Fahrzeuges und erhöhter Belastung der Kupplung, oder zur Arbeit im nächstniedrigeren Gang mit entsprechenden Einbußen bei der Arbeitsleistung. Gegenüber einem sehr viel teureren feinstufigen Getriebe können unter diesen Umständen **Lastschaltstufen** erhebliche Vorteile bringen. Einige der herkömmlichen Lastschaltgetriebe bieten deshalb eine Lastuntersetzung zur Überwindung der genannten Probleme mit dem Nachteil einer dann fehlenden kraftschlüssigen Verbindung zwischen Motor und Getriebe bei Schub durch das Gerät oder durch die Transporteinheit.

Diese gravierenden, z.T. sicherheitsbedenklichen Zustände kann eine elektronische Überwachungs- und Schalteinheit verhindern. Werden nämlich die entsprechenden Differenzgeschwindigkeiten zwischen Ein- und Ausgang an der Lastschaltstufe gemessen und tritt dabei eine Abweichung durch Schub ein, dann läßt sich problemlos elektronisch die

Lastschaltstufe ausschalten und die kraftschlüssige Verbindung wiederherstellen. Eine derartige Elektronikanwendung wird somit zu einer sicherheitstechnischen und zugleich bedienungsfreundlichen Einrichtung, weil der Fahrer die Lastschaltvorrichtung nur noch bei Bedarf betätigen muß, deren Rückführung jedoch erfolgt automatisch. Auch beim Start befindet sich zwangsläufig das Getriebe immer im direkten Kraftschluß zum Motor.

Elektronisch zu betätigende Lastschaltstufen sind darüberhinaus die Voraussetzung für automatisierte Bedienungseinrichtungen, wie sie unter 2.2.2 aufgezeigt werden.

2.1.3.3 Elektronische Schaltung

Bei schweren Traktoren erhebt sich (insbesondere aus den USA kommend) zunehmend die Forderung nach einem Getriebe, welches zwar als Stufengetriebe ausgelegt, per Fingerdruck jedoch durchgehend hoch und heruntergeschaltet werden kann. Zwei generelle Vertreter dieser Getriebebauformen sind derzeit auf dem Markt (Abb. 25).

Bei beiden Getriebebauformen wird vom Fahrer mechanisch der gewünschte Schaltvorgang eingeleitet. Die Elektronik übernimmt dann jedoch den echten Schaltvorgang. Unterschiedliche Schaltstrategien erlauben einen angepaßten Schaltablauf. In einer »weichen« Schaltablaufform erfolgt der jeweilige Schaltvorgang gedämpft und ist dann sinnvoll, wenn Leerfahrten oder Arbeiten mit geringer Zugkraftanforderung durchgeführt werden. Die »harte« und zugleich schnellere Schaltablauffolge ist für den schweren Zug vorgesehen und arbeitet nie ganz ruckfrei.

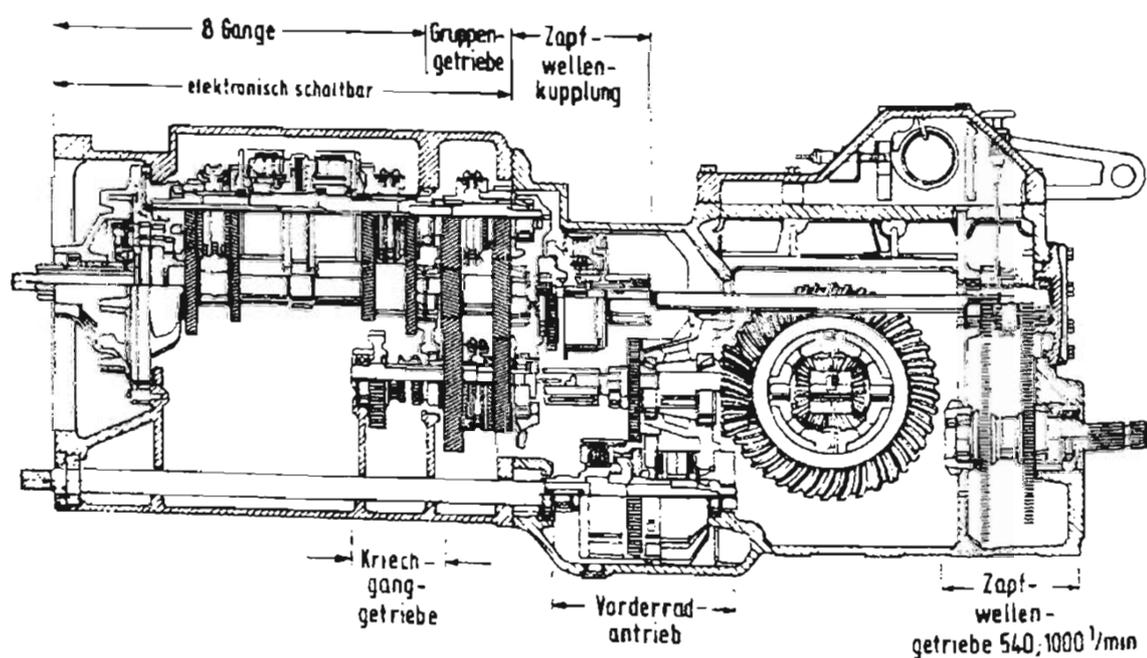


Abbildung 25: Elektronisch schaltbares Stufengetriebe [5].

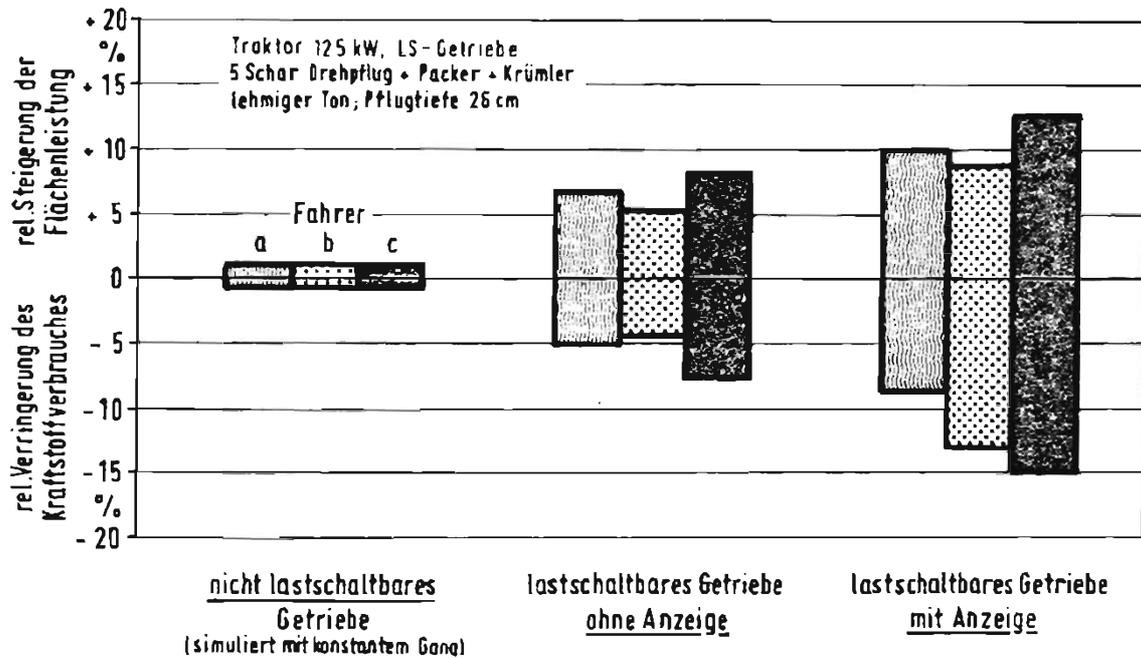


Abbildung 26: Effekte einer Schaltanzeige bei unterschiedlichen Arbeitspersonen [6].

Elektronisch schaltbare Getriebe sind immer teurer als herkömmliche Stufengetriebe. Sollen sie eingesetzt werden, dann muß der Nutzen höher sein, als die dafür erforderliche Investition. Anders ausgedrückt heißt dies: Derartige Getriebeformen müssen weitaus intensiver genutzt werden als normale Stufengetriebe. Gerade dies kann der »normale Fahrer« aber nur in Ausnahmefällen realisieren (Abb. 26).

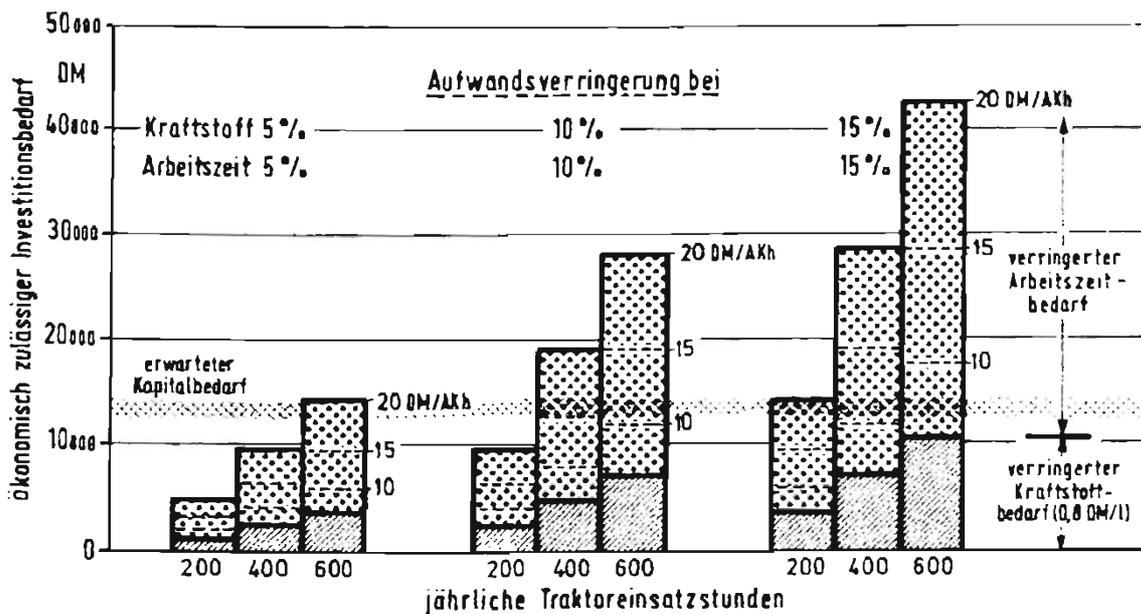


Abbildung 27: Ökonomisch zulässiger Investitionsbedarf für elektronisch schaltbare Getriebe (Traktor mit 125 kW; Dieselverbrauch 24,6 l/h; Kapitalisierungsfaktor = 6,03 aus AfA = 12 Jahre; Zins = 7 %; Reparatur = 4 %.)

Nach dieser Untersuchung zeigt sich sehr deutlich, daß ohne Schaltanzeige unterschiedliche Traktorfahrer die Möglichkeiten elektronisch geschalteter Getriebe nur unvollständig ausnutzen und dadurch Vorteile von bis zu 15 % »verschenken«. Elektronisch schaltbare Getriebe müßten deshalb mit Schaltanzeigen versehen sein und können nur bei großen Traktoren sowie entsprechender jährlicher Auslastung ökonomisch sinnvoll eingesetzt werden (Abb. 27).

2.1.3.4 Stufenlose Regelung

Werden die elektronisch schaltbaren Getriebe auch künftig den »Großtraktoren« vorbehalten sein, so könnte im niederen Leistungsbereich, bedingt durch die Serieneinführung in den PKW's, das stufenlose Getriebe in Form des **Kettenwandler**s das Stufengetriebe ersetzen (Abb. 28).

Derartige moderne Wandler besitzen ausschließlich elektronische Steuerungselemente. Sie bieten durch die schon enthaltene Drehmomentmessung im Wandler die Basis für komplexe elektronische Steuer-

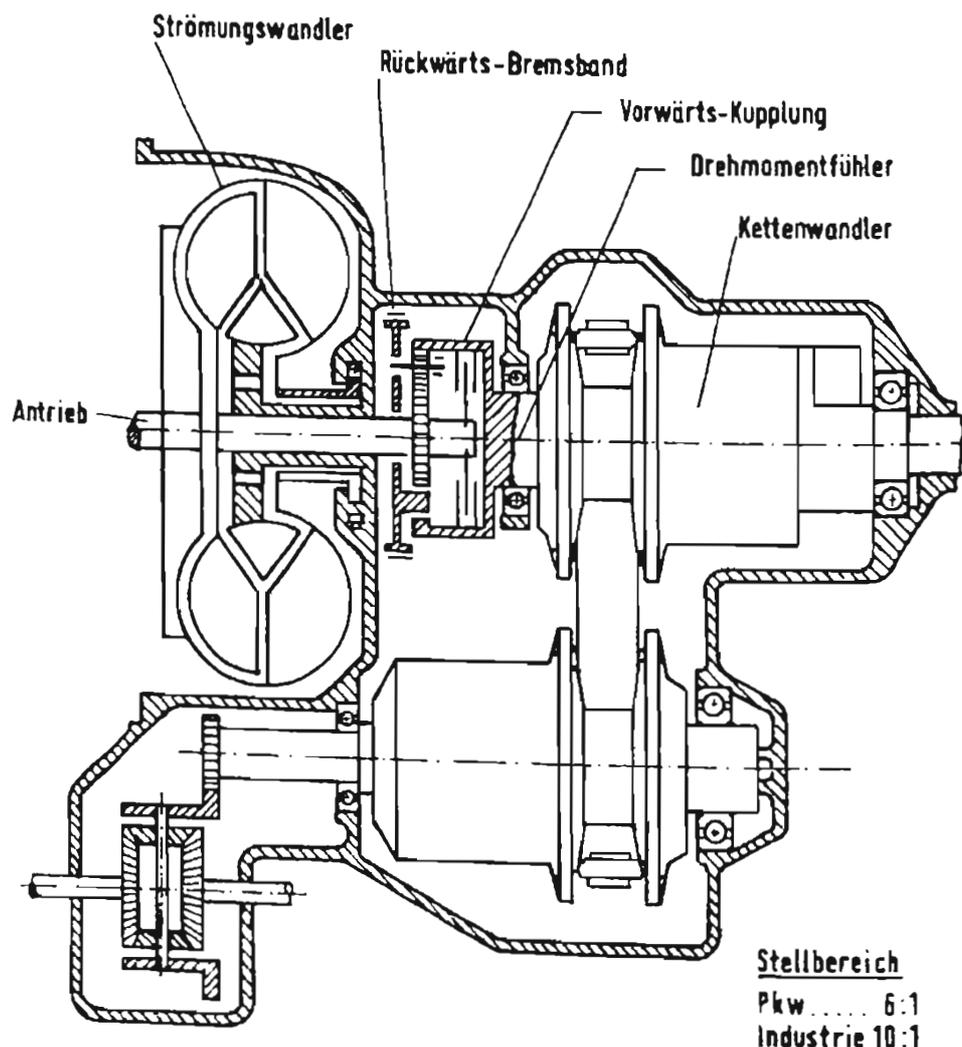


Abbildung 28: Kettenwandler für den stufenlosen Fahrtrieb.

rungs- und Regelsysteme. Allerdings wird sich die Umsetzung in die Praxis noch stark verzögern, weil

- dabei die Regelung Motor *und* Getriebe umfassen müßte,
- die Leistungsübertragung derzeit noch auf maximal 50 kW begrenzt ist,
- die Zapfwelle zusätzliche Forderungen an einen Regelkreis stellt und
- eine wirklich sinnvolle Nutzung nur durch u.U. völlig neue Traktorenkonzepte zu realisieren ist, bei welchen auch die stufenlose Regelung der Zapfwelle im Vordergrund der Zielsetzung stehen könnte oder müßte.

2.1.4 Geräteschnittstelle

Der Traktor als universelle Kraft- und Zugquelle findet seine Anwendung in der Regel über ein Gerät oder, anders ausgedrückt, über die Geräteschnittstellen (Front- und Heckanbau, Aufbau, Zwischenachsenanbau). Leistungen sind die Zugkraft, die Hubkraft, die Drehkraft über die Zapfwelle und als Resultierende aus der Zugkraft/Hubkraft eine Gewichtsverlagerung. Alle diese Übertragungspunkte sind auch Einsatzbereiche für die Elektronik.

2.1.4.1 Zugkraftermittlung

Die Zugkraft wird über das Dreipunktgestänge seit Bestehen der Regelhydraulik gemessen und in Form der Zugwiderstandsregelung ausgewertet und umgesetzt. Allerdings fehlt bis heute eine entsprechende Weiterverarbeitung dieser Signale. Entsprechende Anwendungen könnten sein:

- Eine vereinfachte Anzeige der Zugkraft, um z.B. Bodenverdichtungen optisch sichtbar zu machen,
- eine Anzeige der Differenz bei Unterlenkermessung als Hilfe für die Geräteeinstellung oder
- eine Anzeige des mechanischen Druckes bei ausgehobenem Gerät als Wiegeeinrichtung.

Schwerpunktmäßig müßten sich allerdings die Anwendungen auf die beiden erstgenannten Punkte beziehen. Dabei könnte nämlich auch ein größerer Meßfehler in Kauf genommen werden. Hingegen läßt eine exakte Gewichtsermittlung nur einen sehr geringen Fehler zu, der auch von den derzeit eingesetzten Meßbolzen in den EHR-Anlagen nicht erreicht wird. Bei diesen betragen die Meßfehler 8 bzw. 2 % über die Hysterese (Zeitverschiebung zwischen Eintritt und Reaktion) oder bezogen auf den jeweiligen Meßbereich zwischen 320 und 120 kg.

2.1.4.2 Dreipunktwaegung und Hubkraftermittlung

Mit der **Wiegung** im Traktorheckkraftheber wird jedoch eine äußerst interessante Informationsmöglichkeit für den Landwirt angesprochen. Das Haupteinsatzgebiet einer derartigen Einrichtung könnte bei der Ermittlung ausgebrachter Produktionsmittel, insbesondere bei Dünger liegen. Dabei würde nicht so sehr die laufende Kontrolle der Ausbringmenge während des Streuvorganges im Mittelpunkt des Interesses stehen, sondern vielmehr die in Abständen auf dem Feld durchgeführte Überprüfung und die daraus abgeleitete Nachführung der Düngerstreuereinstellung. Darüberhinaus könnten Gewichtsermittlungen ebenfalls von großem Interesse sein bei:

- Siloblockschnidern zur Ermittlung der verfütterten Silagemengen,
- Rundballen zur Ermittlung der Erntemengen und der verfütterten Grundfuttermengen,
- der Überprüfung von Tiergewichten,
- der Überprüfung von Gewichten anderer Gegenstände, welche in entsprechenden Behältern im Traktorheckkraftheber transportiert und damit gewogen werden könnten.

Bei allen diesen Fragestellungen steht nicht die höchste Genauigkeit im Vordergrund des Interesses. Forderungen nach Fehlern kleiner 1 kg sind deshalb nicht angebracht. Vielmehr sollte die Genauigkeit den landwirtschaftlichen Bedürfnissen entsprechen, sich also z.B. in einem Bereich von +3 bis – 3 kg bewegen. Zur Lösung dieser Fragestellung werden derzeit drei Systeme erprobt und z.T. schon in der Praxis angeboten (Abb. 29).

Druckmessung im Hydrauliksystem – Die einfachste Messung stellt die Druckmessung im Hydrauliksystem dar. Einfache Drucksensoren liefern daraus ein lineares Signal. Dieses kann nach einer Systemkalibrierung (Tara und maximale Last) elektronisch in gleichbleibende Einheiten geteilt werden, woraus dann die entsprechende Anzeige abzuleiten ist. Haupteinflüsse für die erzielbare Genauigkeit sind:

- Die Reibung im System (Manschetten, Gelenke) zwischen dem Ort der Druckmessung und der zu wiegenden Last (in Abb. 29 z.B. 13 verschiedene Gelenke);
- der Zustand der Heckkraftheberanlage,
- die Öltemperatur,
- die Kinematik des Dreipunktgestänges.

Daraus resultieren für dieses System relativ viele Fehlermöglichkeiten, die eine generelle Beurteilung erschweren.

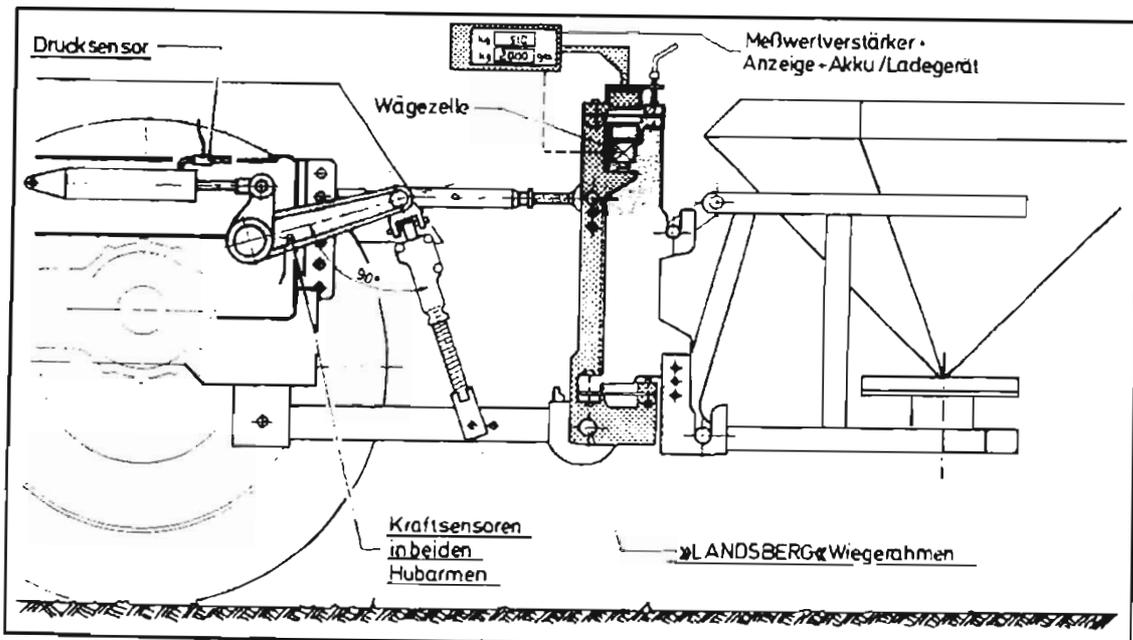


Abbildung 29: Möglichkeiten der Gewichtsermittlung im Heckkraftheber des Traktors.

Spannungsmessung in den Hubarmen – Eine andere Möglichkeit besteht in der Spannungsmessung über Dehnungsmeßstreifen in den Hubarmen, in den Unterlenkern oder im Oberlenker. Untersuchungen [7] haben gezeigt, daß von diesen drei Möglichkeiten in den Hubarmen die besten Voraussetzungen vorliegen, weil dort

- die Kabelzuführung relativ einfach ist,
- das Signal über dem gesamten Lastbereich weitgehend linear verläuft,
- Beschädigungen relativ selten sind und
- die Nachrüstung über eine schon vom Hersteller vorgesehene Bohrung relativ einfach wäre.

Gegenüber der Druckmessung liegt dieser Sensor sehr viel näher an der zu wiegenden Last. Dadurch verringern sich die Fehlermöglichkeiten (8 Gelenke nach Abb. 29).

Wiegerahmen für die Dreipunkt hydraulik – Bei dieser Möglichkeit befindet sich zwischen den Koppelpunkten des Dreipunktkrafthebers und der Last ein spezieller Wiegerahmen. Bei ihm werden die Kräfte über einen zweiten, parallel geführten Rahmen auf eine Druckmeßdose (Dehnungsmeßstreifentechnik) geführt. Bei senkrechter Position sind alle störenden Einflüsse weitgehend ausgeschaltet, so daß eine weitgehend fehlerfreie Gewichtsermittlung erfolgen kann.

Beeinträchtigungen werden jedoch durch die Zwischenschaltung des Wiegerahmens insgesamt verursacht in

- einer Schwerpunktsverlagerung des Gerätes nach hinten,
- Problemen bei Hebelanordnungen durch störende Bauteile am Wiegerahmen oder
- eine gesonderte Kabelführung zur Anzeige am Traktor bzw. durch eine zusätzliche, gesonderte Anzeige.

Demgegenüber kann der Wiegerahmen bei entsprechender Auslegung auch als eigenständiges Gerät Verwendung finden und problemlos an mehrere Traktoren angebaut werden.

Erzielbare Genauigkeiten – In einer Gegenüberstellung der drei Wiegemöglichkeiten müssen die damit erzielbaren Genauigkeiten betrachtet werden (Abb. 30).

Dabei sind zwei Fälle der Gewichtsermittlung zu betrachten. Wird nur eine Wiegung je Last durchgeführt, dann liegt rein zufällig der ermittelte Wert innerhalb des schraffierten Bereiches (± 12 bis ± 1 kg, auf der Abbildung links und rechts). Sind es dagegen mehrere Wiegungen bei gleicher Last, dann fällt der daraus gebildete Mittelwert in den hellen Bereich um die mittlere absolute Abweichung (± 3 bis $\pm 0,3$ kg). Für die

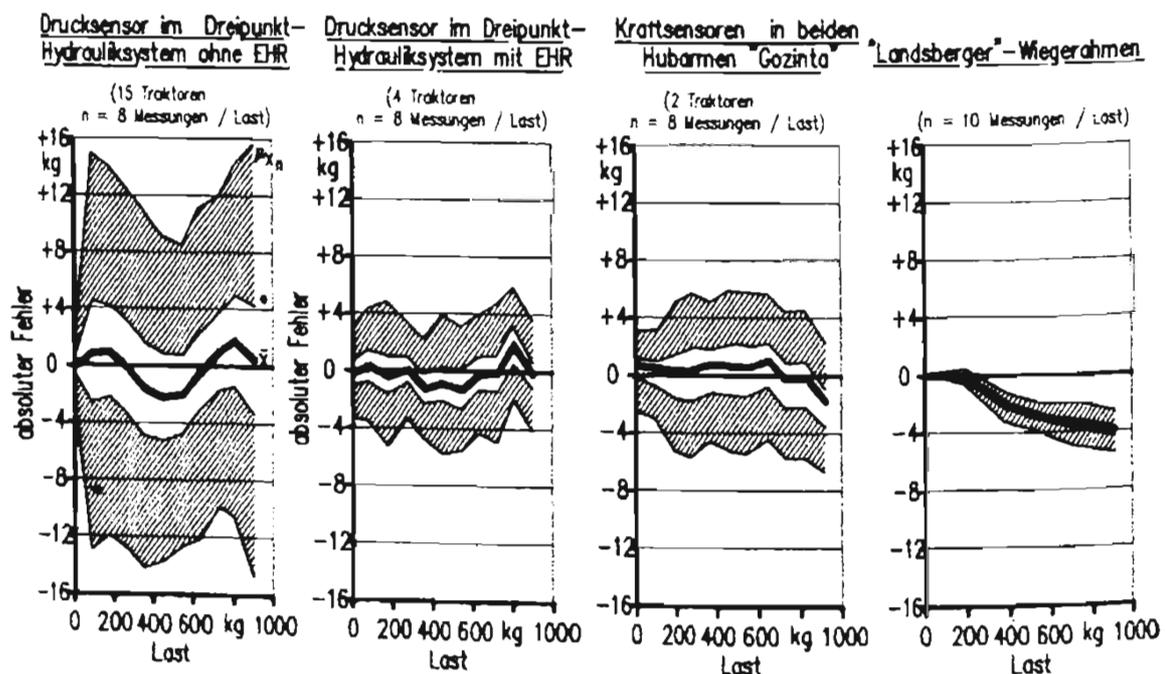


Abbildung 30: Erzielbare Genauigkeiten von Wiegesystemen im/am Traktorheckkraftheber. (Messung im Stand bei laufendem Motor, Unterlenkerposition parallel zur Bezugsebene, konstanter Schwerpunktabstand; * Fehlerbereich für \bar{x} .)

Praxis muß deshalb eine mehrmalige Wiegung (3–5) der gleichen Last gefordert werden. Unter diesen Voraussetzungen erbringen die derzeitigen Wiegemöglichkeiten folgende Genauigkeiten:

Die höchste Genauigkeit erreicht der **Wiegerahmen**. Bei entsprechender Kalibrierung zeigt der damit erreichbare Mittelwert keine Abweichung von der realen Last. Eine einmalige Wiegung zeigt allenfalls 1–2 kg Differenz zur wahren Last. Allerdings kann sich dabei die Entlastung der Vorderachse mit zunehmender Last auf die Wiegegenauigkeit auswirken, weil dann der Wiegerahmen aus der Senkrechten wandert. Forderung ist deshalb ein hydraulisch verstellbarer Oberlenker, der bei Traktoren mit gefederter Vorderachse unumgänglich erscheint.

Etwas ungünstiger sind die Ergebnisse des Sensors in den **Hubarmen**. Sie erreichen bei mehrmaliger Wiegung der gleichen Last einen Fehler von ± 2 kg. Beeinträchtigungen durch die zunehmende Vorderachs-entlastung liegen nicht vor.

Nahezu die gleichen Ergebnisse erreicht auch die Gewichtsermittlung über die Druckmessung im **Hydrauliksystem** bei Traktoren *mit einer EHR-Anlage*.

Hingegen zeigt der Drucksensor im Hydrauliksystem von Traktoren *ohne EHR-Anlage* weit schlechtere Ergebnisse. Zum einen ist seine Genauigkeit über dem Lastbereich unterschiedlich. Zum anderen ist auch die zu erwartende Abweichung der Wiegewerte mit einer relativ großen Streuung behaftet. Selbst mehrmalige Gewichtsermittlung der gleichen Last führt noch zu einem zu erwartenden Fehler von ± 4 kg, eine einmalige Gewichtsermittlung würde gar einen Fehler von ± 12 kg zur Folge haben.

Alle diese Ergebnisse sind unter praktischen Verhältnissen zu erreichen, wenn die Längs- oder Querneigung des Traktors unter 2–3 % liegt. Erhöht sich diese jedoch auf 5 %, dann muß mit einer Verdoppelung der möglichen Fehler gerechnet werden.

Generell ist jedoch bei allen integrierten Wiegesystemen in der Dreipunkthydraulik zu beachten, daß neben dem Wiegefehler auch ein Fehler durch den Lastschwerpunkt entstehen kann. Vermeidbar ist dieser nur, wenn

- Unterlenker und Oberlenker waagrecht (parallel) zur Bodenoberfläche stehen und
- die Koppelpunkte eine Senkrechte bilden.

Vielfach lassen die vorgegebenen Einstellmöglichkeiten am Traktor und/oder am Gerät diese Bedingungen jedoch nicht zu. Dann muß über die Definition des Lastschwerpunktes und dessen Abstand zu den Koppelpunkten eine rechnerische Berücksichtigung vorgenommen werden.

Verallgemeinernd gilt für alle derzeit verfügbaren Wiegesysteme:

- Die Wiegeeinrichtungen in der Dreipunkthydraulik (und der Wiegerahmen) zeigen über den gesamten Wiegebereich nahezu gleiche absolute Fehler.
- Für eine möglichst genaue Wiegung bedarf es immer mehrerer Wiegeungen der gleichen Last sowie nach längerem Nichtgebrauch einer Kalibrierung.
- Diese Kalibrierung sollte immer mit hoher Last erfolgen, damit der gleichbleibende absolute Fehler relativ klein wird, denn:

8 kg bei 100 kg Last = 8 % Fehler,

8 kg bei 1 000 kg Last = 0,8 % Fehler!

2.1.4.3 Zapfwellenregelung

Ein stiefmütterliches Dasein führt für den Praxiseinsatz immer noch die Zapfwelle. Erweiterungen der Drehzahl auf 1000 1/min und mittlerweile auf 750 1/min zeigen erste Veränderungen. Nur ein Hersteller (MF) bietet eine elektronische Mindestüberwachung und Steuerung (Abb. 31).

Sie überwacht die Anlaufgeschwindigkeit (dosiertes Einschalten) und unterbricht als sicherheitstechnische Maßnahme den Kraftfluß bei Überschreiten der maximal zulässigen Drehzahl bei der reduzierten Zapfwelldrehzahl (Sparzapfwelle).

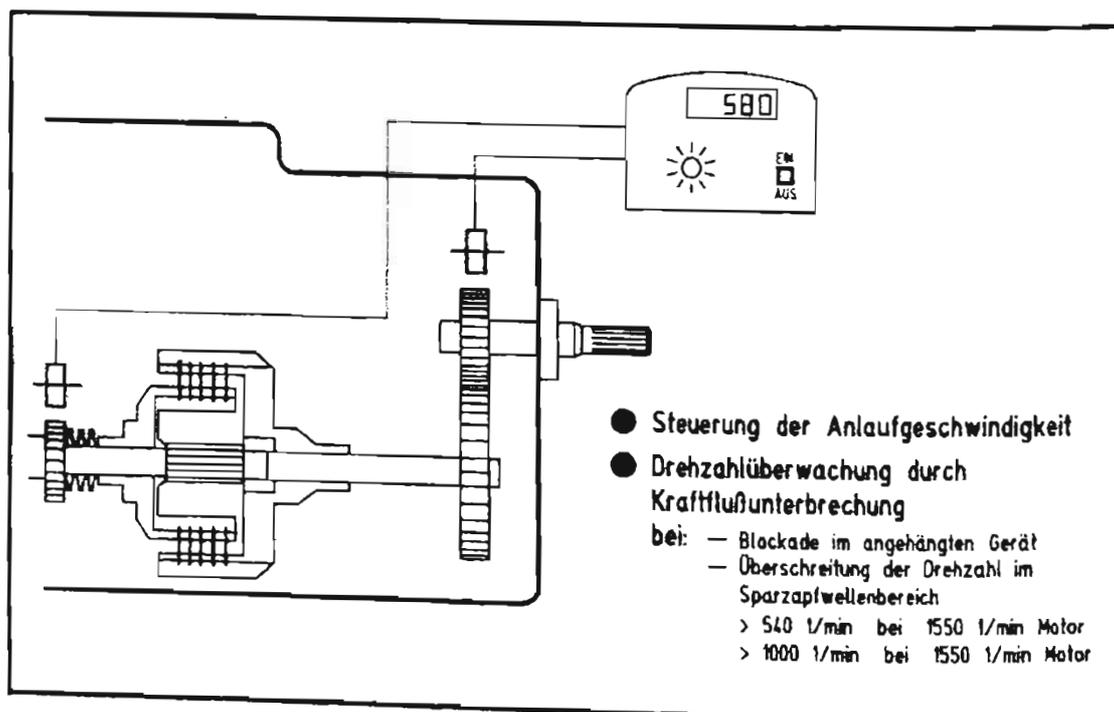


Abbildung 31: Elektronische Zapfwellenüberwachung.

Allerdings sind auch dies nur Teilzugeständnisse. Im Grunde benötigt der Landwirt eine stufenlos regelbare Zapfwelle, weshalb in Zukunft insbesondere für Pflegearbeiten dieser Zapfwellenform der Vorzug einzuräumen ist. Daß dann die Elektronik für konstante Drehzahlen innerhalb der vorgewählten Bereiche die besten Voraussetzungen liefert, versteht sich nahezu von selbst.

2.1.4.4 Lastmanagement

Ähnlich einseitig hat sich bisher die richtige Ballastierung unserer Traktoren entwickelt. Sie verlief sogar in einer sich selbst widersprechenden Richtung. Ursprünglich war die Gewichtsverlagerung vom Gerät und von der Traktorvorderachse auf die Traktorhinterachse das Ziel der Regelhydraulik. Mittlerweile hat sich jedoch bei eben diesen Traktoren mehr und mehr der Allradantrieb eingeführt. Er arbeitet demnach an einer entlasteten oder aber immer variabel belasteten Vorderachse. Dies gilt sowohl für die mechanische, wie für die elektronische Zugkraftregelung.

Um diesen Mißstand zu beseitigen, muß demnach die dynamische Ballastierung des Traktors die konsequente Folgerung sein. Bei ihr ist dafür zu sorgen, daß bei Entlastung der Vorderachse durch den Regelvorgang die daraus erfolgende Entlastung durch Gewichtsverlagerung auf dem Traktor wieder ausgeglichen und somit die Vorderachse immer gleichmäßig belastet wird (Abb. 32).

Ein erster Ansatz zeigt sich in dieser Richtung mittlerweile im Euro-trac von SCHLÜTER.

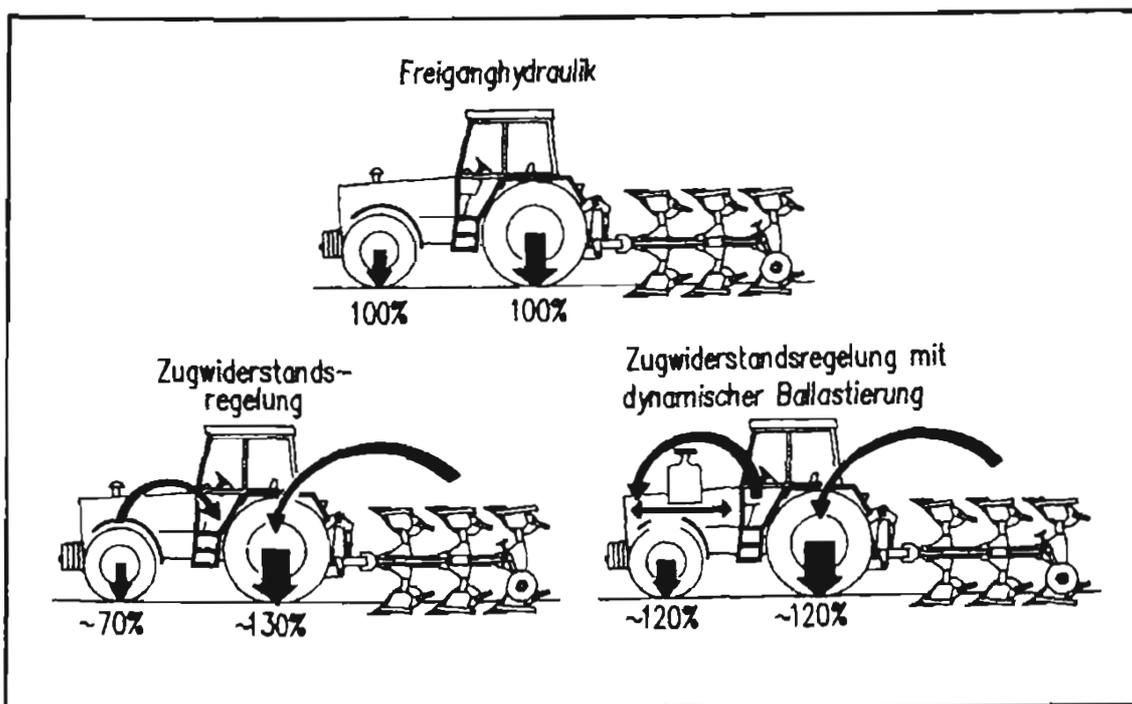


Abbildung 32: Schematische Darstellung einer dynamischen Ballastierung.

2.2 Information und Bedienung

Gemäß der Stufentheorie, daß sinnvolles Handeln eine bessere Information voraussetzt, hat sich in den vergangenen Jahren der Elektronikeinsatz schwerpunktmäßig auf die Information und Bedienung konzentriert. Der Begriff »Bordcomputer« ist dafür heute das übliche Schlagwort, obwohl darunter unterschiedlichste Elektronik verstanden wird. Richtiger wäre eine Unterteilung in

- die »Bordmonitore« als Überwachungseinheiten für die Betriebszustände des Traktors und
- in »Bordcomputer« als die darüberhinausgehenden Hilfsmittel für die rechnerische Bereitstellung von Daten über
 - erledigte Arbeiten,
 - einzuschlagende Handlungsweisen oder
 - als Teile der Automatisierung.

Deutlich wird dieser Unterschied z.B. im agrotronic-System von DEUTZ FAHR (Abb. 33).

Dieser Bordinformatior (bei DEUTZ FAHR Zentraleinheit genannt) zeigt die Betriebszustände Motordrehzahl, Fahrgeschwindigkeit, Drehzahl der Heck- und Frontzapfwelle und Betriebsstundenzahl. Die Motordrehzahl kann neben der ständigen graphischen Anzeige zusätzlich auch digital angezeigt werden.

Der Bordcomputer kann ebenfalls die Fahrgeschwindigkeit anzeigen. Darüber hinaus stellt er Uhrzeit, Einsatzdauer, Wegstrecke, bearbeitete

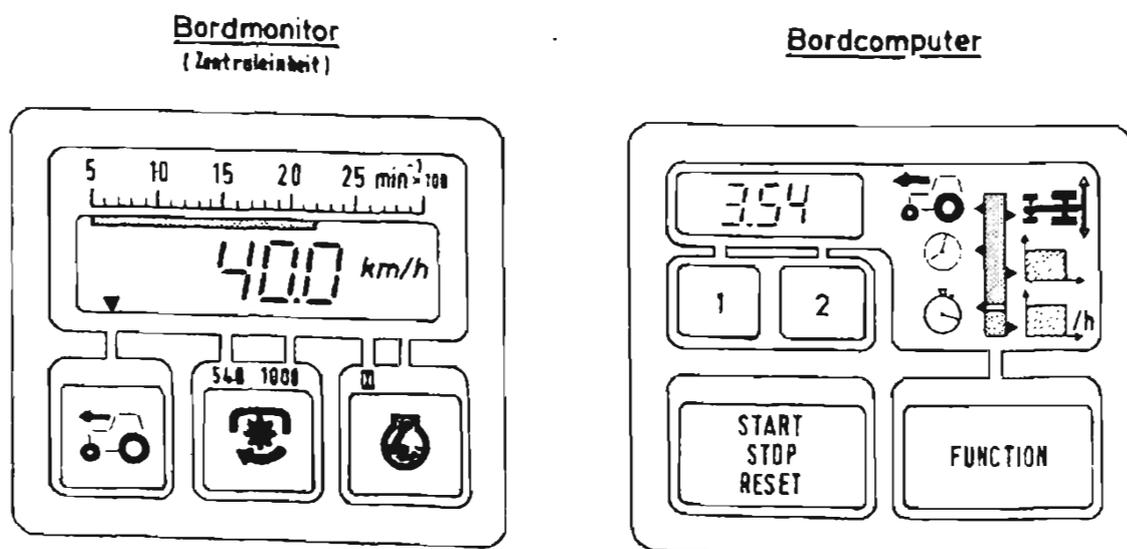


Abbildung 33: Bordmonitor (links) und Bordcomputer (rechts).

Fläche und Flächenleistung zur Verfügung. Die Arbeitsbreite kann eingegeben werden.

Da dieses Beispiel nur die Ausgestaltung eines Herstellers aufzeigt, muß für die universelle Einordnung der Elektronik für Information und Bedienung eine umfassendere Systematisierung vorgenommen werden. Sie bezieht sich auf die schon angedeutete Trennung in Anzeige der Betriebszustände und in die verschiedenen Formen der Rechenleistung (Computerleistung). Danach ist zu unterscheiden in:

- **Überwachung** der Betriebszustände und der Arbeit (Leistung)
= Stufe 1,
- **Verarbeitung** der Information zu Handlungsvorschlägen
= Stufe 2,
- **Umsetzung** der Handlungsvorschläge in eine Automatisierung
= Stufe 3.

Entsprechend dieser Einordnung fallen nahezu alle derzeit angebotenen Bordmonitore und Bordcomputer in Stufe 1. Stufe 2 und 3 enthalten dagegen nur wenige erste Ansätze intelligenterer Bordcomputer einzelner Hersteller.

2.2.1 Überwachung

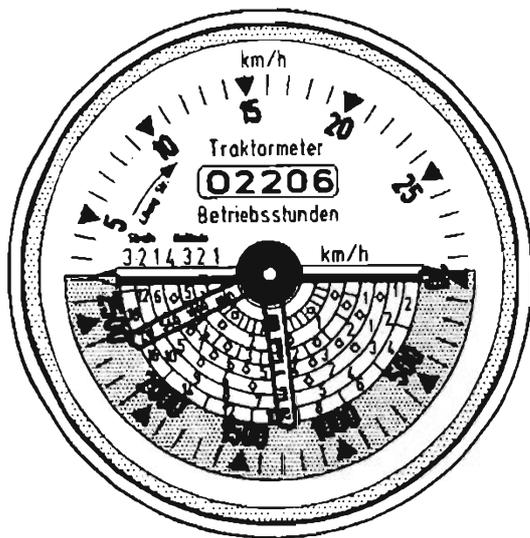
Alle Formen der Überwachung basieren auf Sensoren und entsprechenden Anzeigen. Entscheidend für eine wirksame Nutzung durch den Fahrer und für einen Vorteil gegenüber den bisher üblichen Zeigerinstrumenten ist deren Darstellungsform. Elektronisch ergeben sich für die Darstellung der ermittelten Signale drei Möglichkeiten:

- **Daueranzeige** der Signale,
- **Anzeige** nach Wahl,
- **Grenzwertüberwachung** mit, bzw. ohne zusätzliche Anzeige.

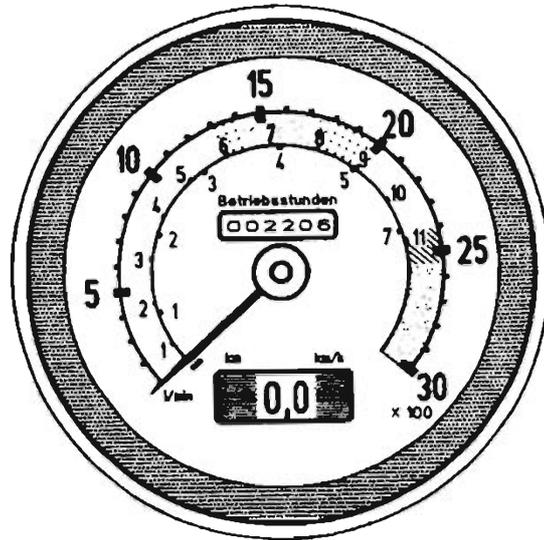
2.2.1.1 Daueranzeige

Unverkennbar ist der Übergang von der mechanischen Information (Traktormeter als Zeigerinstrument) zur Elektronik in der Digitalanzeige (Abb. 34).

Dabei wird jedoch übersehen, daß »digital« nicht gleichzeitig »optimal« bedeutet. Vielmehr ist zu bedenken, daß eine Information dann optimal angeboten wird, wenn der Mensch mit der Signalverarbeitung die gering-



mechanisch



elektronisch

Abbildung 34: Mechanisches und elektronisches Traktometer.

ste Belastung erfährt. Insofern sollte nur jenes digital angezeigt werden, was als exakter Meßwert benötigt wird. Derartige Informationen beziehen sich z.B. auf die Fahrgeschwindigkeit, die Zapfwellendrehzahl, die Betriebsstundenzahl oder das Gewicht des Düngerstreuers in der Dreipunkthydraulik.

Viele andere Informationen bedürfen dagegen nur einer »ja/nein-Information« und damit der Überprüfung »in Ordnung = ja oder nein«. Eine solche Information bezieht sich z.B. auf die Motordrehzahl. Angestrebt wird dabei lediglich ein Bereich. Deshalb ist dafür der Zeiger mit farblicher Hinterlegung weit günstiger, als eine digitale Anzeige. Zeiger im grünen Feld bedeutet nämlich »in Ordnung«, Zeiger im roten Feld »ungünstig«, wobei immer nur ein Blick zur Erfassung ausreicht. Gleiches gilt für die Temperaturüberwachung und es würde für die Einhaltung vorgegebener Fahrgeschwindigkeiten gelten. Insofern wäre gerade für die Überwachung der richtigen Fahrgeschwindigkeit bei Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen ein Instrument mit feststehendem Zeiger und elektronisch in der Breite und Empfindlichkeit änderbaren Geschwindigkeitshintergrund weit sinnvoller, als die digitale Anzeige mit einer oder sogar mit zwei Dezimalstellen.

Für alle elektronischen Überwachungseinheiten gilt:

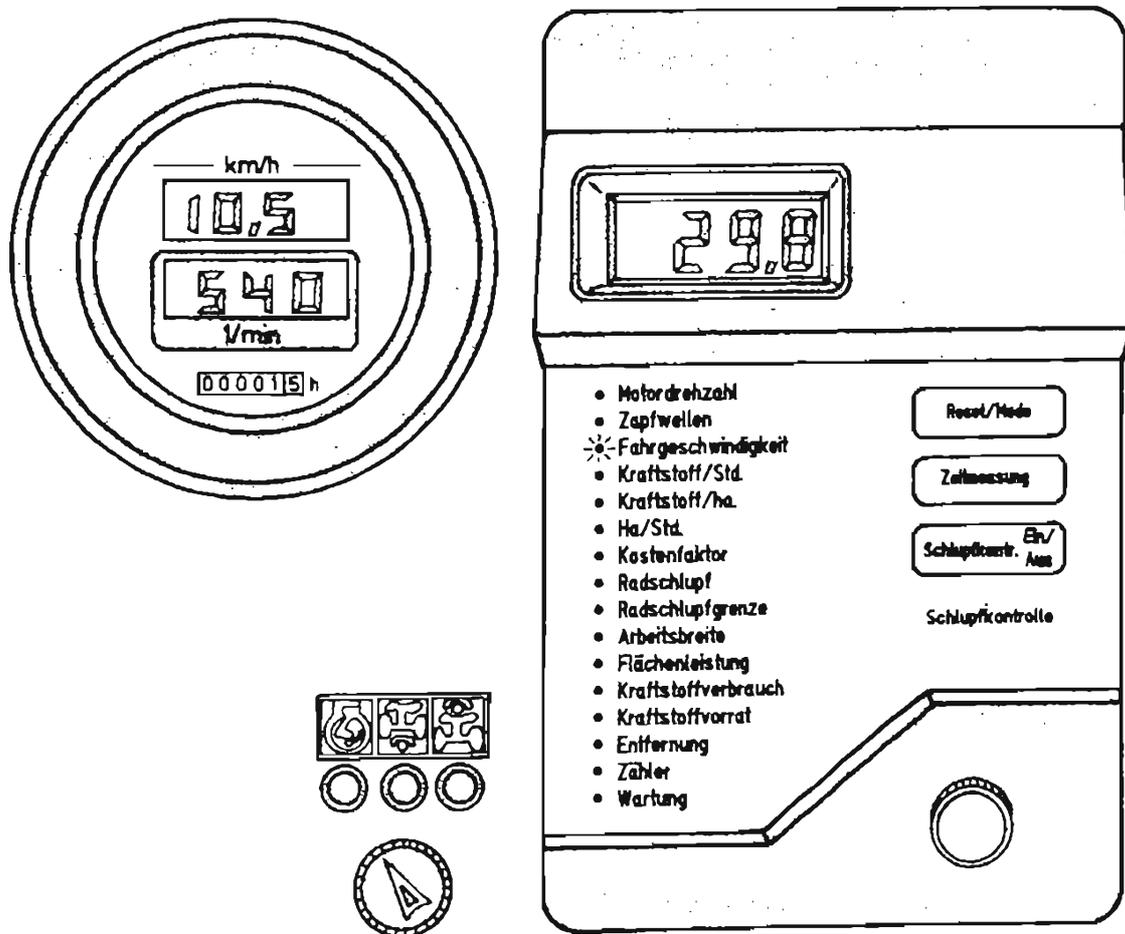
- **Analog** dort, wo ja/nein-Entscheidungen angezeigt werden sollen,
- **digital** dort, wo Meßwerte benötigt werden,
- **Dezimalstellen** nur dann, wenn sie wirklich benötigt werden,
- **Anzeige** groß genug, für Arbeit in der Dunkelheit Be- oder Hinterleuchtung vorsehen,

- **Wechsel der Anzeige** etwa 4–6mal je Sekunde, häufigerer Wechsel bei niedrigeren Fahrgeschwindigkeiten, weniger häufigerer Wechsel (bessere Dämpfung) bei höheren Fahrgeschwindigkeiten.

2.2.1.2 Wahlanzeige

Elektronik eröffnet die Möglichkeit, eine Anzeige mit unterschiedlichen Informationen zu belegen, bzw. gewünschte Informationen auszuwählen und je nach Bedarf anzeigen zu lassen (Abb. 35).

Damit ergibt sich für den Fahrer der große Vorteil der Anpassung an die jeweilige Arbeit und die dafür erforderliche Überwachungsgröße. Nicht zu verkennen ist aber auch, daß sich in der Regel die Wahl selbst bei großer Angebotsbreite immer auf wenige Informationstypen beschränken wird.



3 Wahlmöglichkeiten

16 Wahlmöglichkeiten

Abbildung 35: Typische Vertreter von Wahlanzeigeinstrumenten (Informator von FENDT (links) und datatronic von MF (rechts)).

Wahlanzeigen lassen sich nach folgenden Vor- und Nachteilen beurteilen:

Vorteile

Nur eine Anzeige, Information der Wahl wird bereitgestellt, auch selten benötigte Informationen exakt darstellbar, hoher Übungsgrad, weil nur mit einer Informationseinheit gearbeitet wird.

Nachteile

Auge muß immer zu dieser Stelle kommen, Information wird der Anzeige angepaßt, Vielzahl der Möglichkeiten wird kaum genutzt, gleichzeitige Überwachung integrierter Größen nicht möglich.

Wahlüberwachung ist damit gleichbedeutend mit einer Reduzierung der Anzeigesysteme bei gleichzeitig erhöhtem Informationsangebot.

2.2.1.3 Grenzwertüberwachung

Im Gegensatz zur Auswahl gewünschter Informationen kann Elektronik als Denkzeug selbständig Signale überwachen und bei Über- oder Unterschreiten eines zulässigen Grenzwertes eine entsprechende Information bereitstellen oder in kritischen Fällen eine entsprechende Aktion einleiten.

Im Sinne einer Entlastung der Arbeitsperson und aus sicherheitstechnischen Aspekten bietet deshalb die Grenzwertüberwachung die wohl umfangreichsten Möglichkeiten des sinnvollen Elektronikeinsatzes. Generell ist sie zwei wichtigen Bereichen zuzuordnen:

Sicherheitskritische Informationen erfordern in der Regel ein sofortiges Handeln unabhängig von der Verfassung oder der Leistungsfähigkeit der Arbeitsperson. Beispiele sind:

- Abschalten des Kraftflusses in der Zapfwelle bei Überschreiten der zulässigen Höchstdrehzahl (realisiert bei MF in der Überwachung der 750er Zapfwelle).
- Ausschalten der Differentialsperre in der Vorderachse bei Straßenfahrten (realisiert in der FENDT-alltronic und in der MF autotronic).
- Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit bei Überlastung der Reifen oder bei zu geringem Luftdruck (müßte Bestandteil der elektronischen Reifendruckregelanlagen werden!)

Weniger zeitkritische Ereignisse lassen dagegen einen relativ großen Handlungsspielraum zu. Dabei reicht eine entsprechende Signalisierung, worauf dann der Fahrer geeignet reagieren kann. Ein Hauptanwendungsfall ist vor allem die Überwachung von Temperaturen in Kühlsystemen (realisiert bei FENDT in der turbomatic e).

Grenzwertüberwachung ist somit gleichbedeutend mit mehr Sicherheit und mit weniger Dauerinformation über in der Regel belanglose Zustände.

2.2.2 Handlungsvorschläge

Die zweite Stufe des Elektronikeinsatzes muß die bessere Handlungsweise ermöglichen. Dies kann jedoch nicht dadurch erfolgen, daß dafür ein »Probieren« zur richtigen Lösung führt. Vielmehr erlaubt das Denkzeug Elektronik gezielte Hinweise, deren Umsetzung jedoch der Freiheit des Fahrers überlassen bleibt. Typische Handlungsvorschläge beziehen sich auf die Fahrgeschwindigkeit, auf den Kraftstoffverbrauch oder auf den Arbeitszeitbedarf.

2.2.2.1 Fahrgeschwindigkeit

Die Wahl der richtigen, bzw. möglichen Fahrgeschwindigkeit erfolgt in erster Linie nach der dafür zur Verfügung stehenden Motorleistung. Übli-

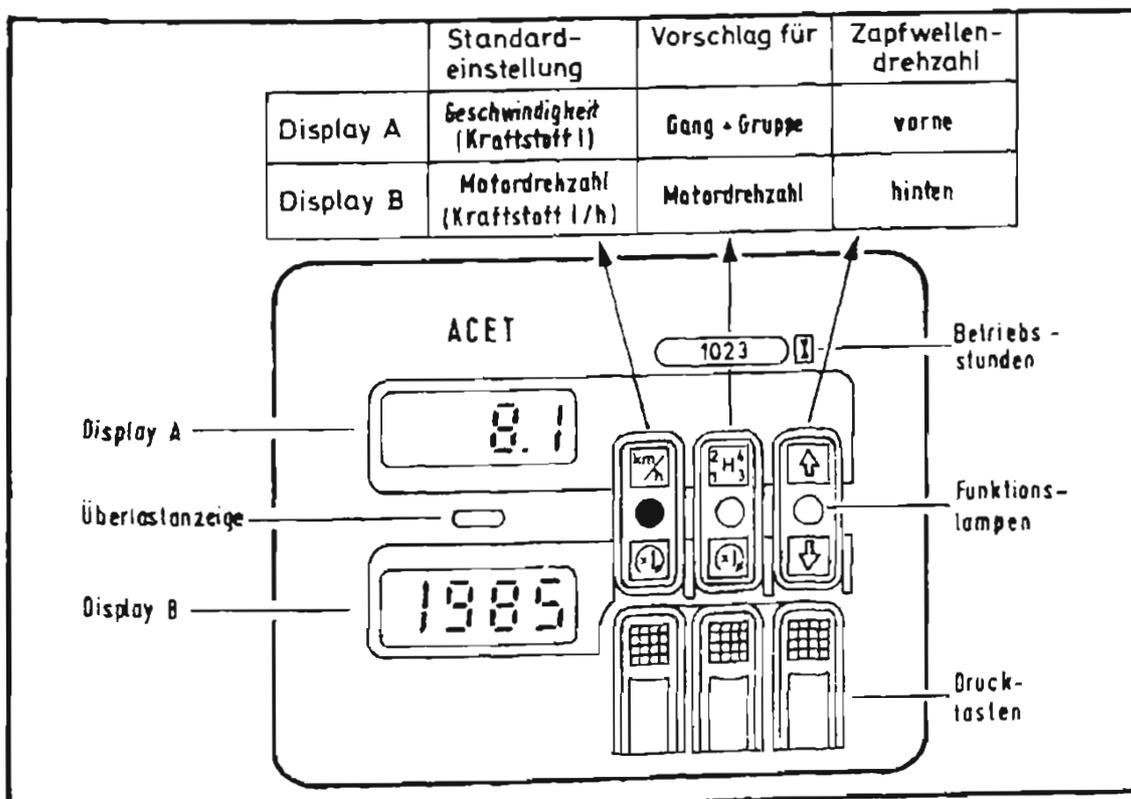


Abbildung 36: Bordcomputer ACET (RENAULT) mit Handlungsvorschlägen für die wirtschaftliche Fahrgeschwindigkeit.

cherweise probiert dabei der Fahrer zu Arbeitsbeginn zwei, allenfalls drei Möglichkeiten aus, ohne jedoch die konkreten Ergebnisse der möglichen Alternativen zu kennen. Elektronik bietet dagegen die Chance, mögliche Alternativen zu errechnen und vorzuschlagen. Ein typischer Vertreter dieser Hilfen ist das ACET-Gerät von RENAULT (Abb. 36).

Dazu messen Sensoren ständig die Abgastemperatur, die Motorumdrehungszahl und die theoretische Fahrgeschwindigkeit. Über das eingespeicherte Motorkennfeld wird daraus laufend die Motorauslastung berechnet und eine andere Gang/Motordrehzahlkombination vorgeschlagen, wenn dies möglich ist. Ein Blinksignal über 15 Sekunden zeigt an, daß eine wirtschaftlichere Gangkombination verfügbar ist. Die entsprechende Information muß dann vom Fahrer abgerufen und gegebenenfalls durch einen Schaltvorgang umgesetzt werden.

Die Vor- und Nachteile derartiger Geräte sind:

Vorteile

Zeigt das Vorhandensein einer besseren Möglichkeit an, zeigt die bessere Fahrgeschwindigkeit und die dazu sinnvolle Motordrehzahl an, ermöglicht dem weniger geübten Fahrer den optimaleren Einsatz, stellt die wesentlichen Überwachungsgrößen immer bereit.

Nachteile

Möglichkeit kann übersehen werden (fehlende Akustik), bessere Möglichkeit kann im schweren Zug nicht problemlos erreicht werden (Stillstand bei Schaltvorgang), erfordert spezielle Hinweise zur Interpretation der Anzeigen (bei RENAULT).

Allgemein gesprochen lassen sich demnach die möglichen Vorteile in Verbindung mit Stufengetrieben nicht problemlos umsetzen. Die damit realisierbaren Wirkungen in Form von Arbeitszeit- und Kraftstoffersparnis von bis zu jeweils 15 % dürften deshalb in der Anwendung nur selten erreichbar sein.

2.2.2.2 Verbrauchsminimierung

Weit umfassendere Möglichkeiten entstehen, wenn Handlungsvorschläge entsprechend einer vorgegebenen Strategie erstellt werden. Diese beziehen sich zum einen auf Kraftstoff- oder zum anderen auf Zeiteinsparungen. Ein typischer Vertreter derartiger Gerätetypen ist der INFOMAT von STEYR (Abb. 37).

Dabei erfolgt die Verbrauchserfassung in der Kraftstoffeinspritzpumpe durch Messung des Nadelhubes und führt so zu einem echten Verbrauchswert. In Verbindung damit werden ebenfalls die Motordrehzahl und die theoretische Fahrgeschwindigkeit über Sensoren ermittelt und

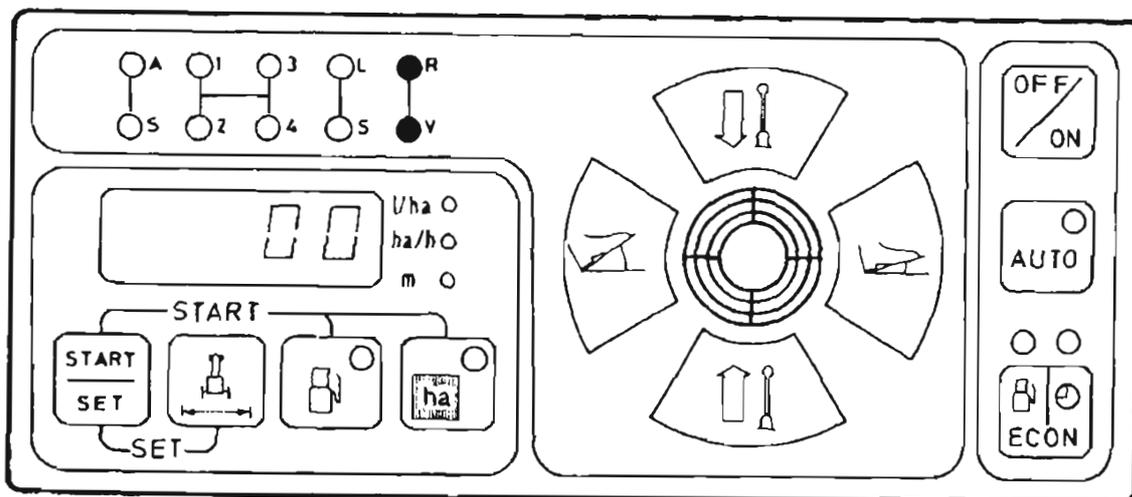


Abbildung 37: Bordcomputer mit Handlungsvorschlägen nach einstellbaren Fahrstrategien (System STEYR Infomat).

alle Werte über das eingespeicherte Motorkennfeld verarbeitet. Für diese Verarbeitung stehen zwei wählbare Strategien zur Verfügung, nämlich »minimaler Kraftstoffverbrauch« oder »minimaler Zeitaufwand«. Entsprechend dieser Strategien erfolgen die Anzeigen auf dem INFOMAT-Display als Daueranzeigen. Ein grünes Symbol signalisiert »Arbeit entsprechend der gewählten Strategie im optimalen Bereich«. Erlischt diese Anzeige, dann werden die erforderlichen Handlungen solange angezeigt, bis wieder der optimale Zustand erreicht ist. Folgende Handlungen werden signalisiert:

- Motordrehzahl erhöhen oder verringern,
- geeigneteren Gang durch hoch- oder herunterschalten wählen; der günstigste Gang (Gangkombination) wird angezeigt.

Dieses Gerät geht somit über die erste Stufe der Verbrauchsminimierung im ACET-Gerät weit hinaus. Spezielle Vor- und Nachteile sind:

Vorteile

Überwacht die Motorauslastung und erteilt in der Drehzahl umsetzbare Anweisungen, mahnt den nicht optimalen Bereich ständig an, ermöglicht dem weniger geübten Fahrer den optimaleren Einsatz, stellt die wesentlichen Überwachungsgrößen immer bereit.

Nachteile

Schaltvorgänge erfordern die teurere elektronische Lastschaltung, ständige Mahnung führt zur Abstumpfung des Fahrers in der Beobachtung.

Allgemein gesprochen ist ein derartiges Gerät eine nahezu optimale Vorstufe für die elektronische Lastschaltung. Eine sinnvolle Nutzung ergibt sich aber nur bei wechselnden Bedingungen im Einsatz. Nach Aussage des Herstellers müßte es dann möglich sein, einen Traktor der nächstkleineren Leistungsklasse anstelle der vorgesehenen zu wählen!

2.2.2.3 Arbeitszeitoroptimierung

Der zuvor genannte STEYR-INFOMAT enthält aber gleichzeitig auch eine Arbeitszeitoroptimierung. Auch dabei werden die genannten Handlungsvorschläge erteilt, wobei jedoch nun der absolute Kraftstoffverbrauch nicht mehr interessiert.

Eine andere Form der Arbeitszeitoroptimierung findet sich hingegen bei FENDT im FENDTTRONIC-System. Dessen Einsatzstrategie zielt in die Überlegung, daß der Landwirt letztendlich immer selbst bestimmen muß, wie er sich unter den gegebenen Bedingungen zu verhalten hat. Die dazu erforderlichen Informationen werden ihm vom Bordcomputer neben den aktuellen Leistungsdaten in Form des noch erforderlichen Bedarfes an Arbeitszeit auf Wunsch mitgeteilt (Abb. 38).

Ein Sensor erfaßt in diesem System ständig den Kraftstoffvorrat im Tank. Ein weiterer Sensor ermittelt die theoretisch zurückgelegte Wegstrecke. In Verbindung mit der per Tastatur eingegebenen Arbeitsbreite und mit den ebenfalls über die Tastatur eingegebenen Schlagdaten schon ver-

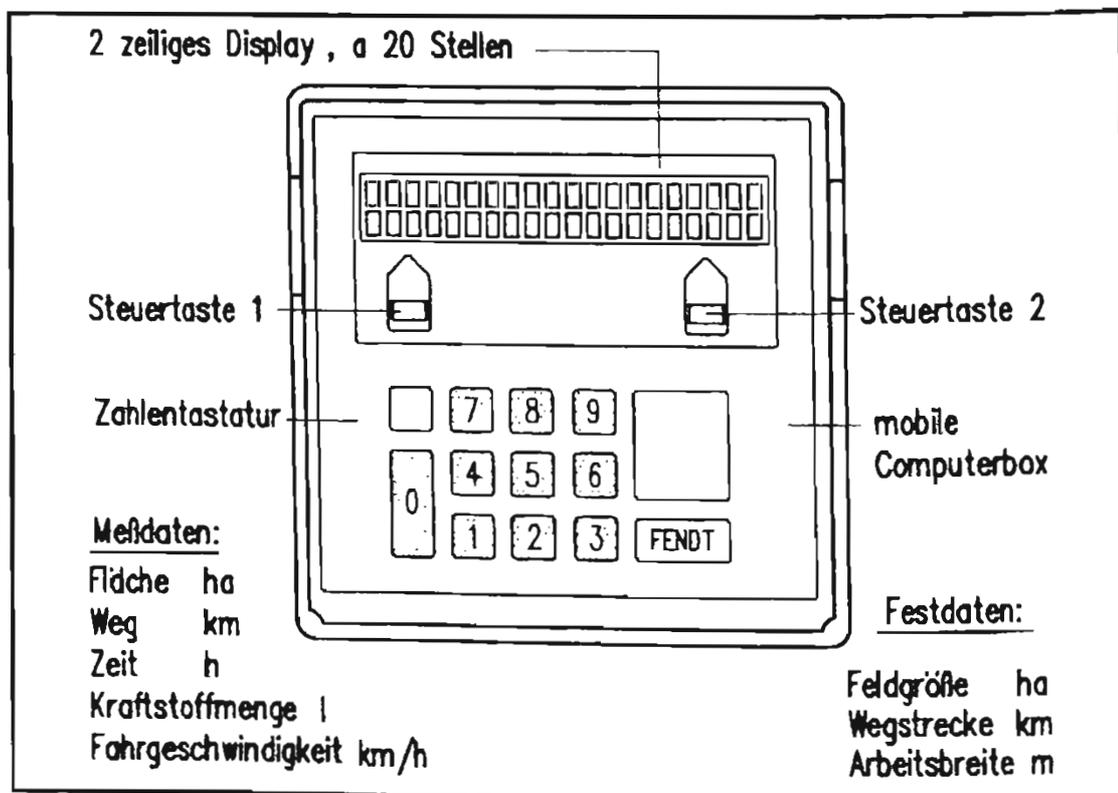


Abbildung 38: Zeitoroptimierung durch eine »Minischlagkartei« im Bordcomputer.

brauchter Arbeitszeit und verbrauchtem Kraftstoff lassen sich die entsprechenden Prognoserechnungen durchführen. Reine Handlungsvorschläge sind nicht vorgesehen.

Damit weist dieses System folgende Vor- und Nachteile auf:

Vorteile

Fläche, Arbeitszeit und Kraftstoff werden aktuell überwacht, eigene Entscheidung über Arbeitsfortgang baut auf realen Ablaufdaten auf, Daten sind Basis für die Schlagkartei.

Nachteile

Kein Hinweis auf effektivere Arbeitsart, Datenübergabe in die Schlagkartei bleibt »manuelle Mühe«.

Dadurch wird dieses System zu einer elektronischen Entscheidungshilfe für die Arbeitsoptimierung auf der Basis exakt (Kraftstoffverbrauch) und weniger exakt (Fahrgeschwindigkeit und Arbeitsbreite) erfaßter Verbrauchsdaten und daraus abgeleiteter Prognosewerte.

2.2.3 Automatisierung

Sowohl die Information, wie auch die rechnerisch ermittelten Handlungsvorschläge sind Vorstufen der Automatisierung. Dabei stehen die gleichen Zielgrößen im Vordergrund des Interesses.

2.2.3.1 Geschwindigkeitsautomatik

Vorschläge über eine optimale Fahr- oder Arbeitsgeschwindigkeit führen nur dann zum wahren Optimum, wenn deren Umsetzung automatisiert innerhalb zulässiger Grenzbereiche erfolgt. Eine Geschwindigkeitsautomatik würde dabei die Basis für ein auf den Traktor bezogenes Regelsystem darstellen und im stufenlosen Fahrtrieb die höchste Effizienz erreichen. Sie stellt sich somit als ein Fernziel in der Entwicklung der Pflgetraktoren dar.

2.2.3.2 Verbrauchsminimierung

Eine Automatik zur Minimierung des Kraftstoffverbrauches stellt demgegenüber eine umfassende Steuer- und Regelautomatik dar. Sie müßte auf die Kraftstoffversorgung des Motors ebenso Rücksicht nehmen, wie auf das Motordrehmoment, die mögliche Umsetzung durch die Art des Getriebes und durch eine exakte Gerätesteuerung. Kraftstoffverbrauchsm minimierung in Form einer Automatik zeichnet sich aber schon als Mög-

lichkeit im STEYR-INFOMAT ab, wenn dabei die Automatik aufgrund der errechneten Strategie die Schaltung der elektronisch gesteuerten Lastschaltstufen übernimmt.

2.2.3.3 Zeitautomatik

Ähnliches gilt auch für die automatische Minimierung des Arbeitszeitbedarfes. Auch diese Form ist im STEYR-INFOMAT schon ansatzweise realisiert, wenngleich sich dabei Einschränkungen auf den momentanen Arbeitsbereich durch die begrenzte Arbeitsweise innerhalb der Lastschaltstufen eines Ganges ergeben. Eine echte Zeitautomatik müßte dagegen die gesamte Arbeitsgeschwindigkeit abdecken und würde sich vielfach an der dann nicht mehr konstant zu haltenden Arbeitsqualität selbst in Frage stellen.

2.2.3.4 Leitautomatik

Wesentlich interessanter und auch für die Gegenwart schon von Interesse wäre hingegen eine Leitautomatik für den Traktor. Vor allem bei der Arbeit in Reihenkulturen oder bei Anschlußfahrten mit Verteilgeräten ergäbe sich daraus eine wesentliche Entlastung des Fahrers bei gleichzeitiger Erhöhung der Arbeitsqualität und Verringerung der Verluste. Gleichzeitig wären damit höhere Leistungen erzielbar. Beispielhaft seien hier nur die Bemühungen amerikanischer Institute genannt, mit Hilfe der Videotechnik den Traktor und das Hackgerät zu steuern. Erste Ergebnisse deuten auf eine Erhöhung der dabei möglichen Fahrgeschwindigkeit von derzeit 5 km/h auf 7 km/h hin und gleichzeitig auf eine Führung der Hackmaschine im Bereich von ± 10 mm Genauigkeit.

Zeitautomatik (z.B. in Feldhäckslern schon vorhanden) wären somit für viele Arbeiten heute schon die unumgängliche Voraussetzung für einen effizienteren Einsatz von Traktor und Gerät.

2.2.4 Gegenüberstellung der Bordcomputer

Trotz der hier nicht vollständigen Abhandlung aller derzeit schon vorhandenen Informationssysteme und Bordcomputer werden bereits die derzeitigen Möglichkeiten und die künftigen Entwicklungen sichtbar. Gegenüberstellend lassen sich die derzeit wichtigsten Systeme der Bordmonitore (Abb. 39) und Bordcomputer (Abb. 40) einordnen.

Danach zeigen diese Geräte in den Grundfunktionen eine starke Ähnlichkeit. Sie alle enthalten reine Überwachungsfunktionen der Betriebszustände und der erbrachten Leistung. Darüber hinaus werden unterschiedliche Zusatzfunktionen angeboten. Sie beruhen auf den verschiedenartigen Strategien der einzelnen Hersteller. Diese möchten überwiegend mit ihren Geräten eine universelle Informationseinheit bereitstellen.

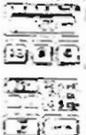
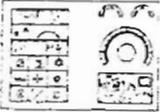
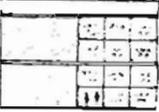
Ausführung	 AGROTRONIC I	 INTELLI-TRAC	 INTELLIGENCE CENTER II	 PERFORMANCE MONITOR	 TRACMONITOR
Hersteller	DEUTZ-FAHR	JOHN DEERE	CASE IH	FORD	FIATAGRI
Fahrgeschwindigkeit	+	+	+	+	+
Motordrehzahl	+	+	+	+	+
Zapfwelldrehzahl	+	+	+	+	+
Weg	+	+	+	+	+
Zeit	+	-	-	-	+
Fläche	+	+	+	+	+
Kraftstoff	-	+	+	+	-
Zusatzfunktionen	Betriebsstunden	Flächenleistung	Flächenleistung	Flächenleistung	Zähler
	Uhrzeit	Schlupf %	Schlupf %	Schlupf %	Teilbreiten
	Flächenleistung	Betriebs-/Service-daten	Service-daten		Kalkulator
		Diagnosecodes	Diagnose mit Alarm		
Normsignaldose	+	-	-	-	-
Preis (o. MWSt)~ DM	1500	Serie ab 125 PS	Serie ab 145 PS	700	1.500

Abbildung 39: Traktorbordmonitore im Vergleich.

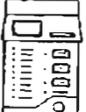
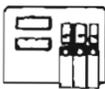
Ausführung	 DATA TRONIC	 A.C.E.T	 FENDT TRONIC	 INFORMAT	
Hersteller	MF	RENAULT	FENDT	STEYR	
Fahrgeschwindigkeit	+	+	-	-	
Motordrehzahl	+	+	-	-	
Zapfwelldrehzahl	+	+	-	-	
Weg	+	+	+	+	
Zeit	+	-	+	-	
Fläche	+	-	+	+	
Kraftstoff	+	+	+	+	
Zusatzfunktionen	Zähler	Betriebsstunden	Feldgröße (9)	Strategie Kraftstoff/Zeit	
	Wartung	wirtschaftlicher Gang	Kraftstoffvorrat	optimale Motordrehzahl	
	Schlupf	optimale Motor-drehzahl	Arbeitszeitvorrat	optimaler Gang	
	Schlupfgrenze			autom. Schaltung der Lastschaltstufe	
Normsignaldose	+	-	-	-	
Preis (o. MWSt)~ DM	3000	1900	1300	2500	

Abbildung 40: Traktorbordcomputer im Vergleich.

Lediglich bei DEUTZ FAHR und FENDT wird der Bordcomputer als Ergänzung zum immer vorhandenen INFORMATOR betrachtet. Dessen Informationen finden sich deshalb im Bordcomputer nicht mehr.

Die Hauptunterschiede ergeben sich aus den **Zusatzfunktionen**. Diese bestimmen den Preis und damit die entsprechende Preiswürdigkeit. Unschwer ist zu erkennen, daß schon bei den billigsten Geräten ein großer

Leistungsumfang geboten wird. Eine vorhandene Schlupfregelung oder die umfassende Fahrerinformation in Verbindung mit automatischer Lastschaltung müssen dagegen wesentlich teurer sein.

Allgemein lassen sich diese Geräte im Hinblick auf eine kosten-/nutzenorientierte Betrachtung folgendermaßen einordnen:

- Bordcomputer bringen in der Regel mehr Informationen als die herkömmlichen Informationseinheiten;
- die angebotenen Zusatzfunktionen können für viele Landwirte wertvolle Hilfen sein, mit Sicherheit werden sie die Jugend begeistern;
- daß damit die wahre Leistung in der Arbeitserledigung auch immer höher ist, kann mit Fug und Recht bezweifelt werden;
- sie wird jedoch dann besser sein, wenn der gute Fahrer die ihm gebotenen Möglichkeiten nutzt und immer wieder selbstkritisch alte und liebgewordene Handlungsweisen in Frage stellt.

2.3 Elektronik in der Diagnose

Elektronik kann im Gegensatz zur Mechanik Diagnose (Fehlersuche) im System und an sich selbst durchführen. Dadurch eröffnen sich vollständig neue Möglichkeiten und Herausforderungen. Gute Elektronik, insbesondere im Traktor oder im Gerät, muß nämlich von Anfang an Diagnose beinhalten. Diese Feststellung kann sogar dahingehend erweitert werden, daß Elektronik nur so gut ist, wie die darin verfügbare Diagnose.

Diagnose wird in zwei Bereichen eingesetzt, wenn von der Fertigungsdiagnose abgesehen wird:

- Betriebsdiagnose,
- Ausfalldiagnose.

2.3.1 Betriebsdiagnose

Die Betriebsdiagnose ist in der Elektronik installierte Diagnose. Sie läuft entweder nur einmal beim Gerätestart ab, oder sie nutzt die freie Kapazität in der Elektronik und führt laufend selbständig Diagnose durch. Die wesentlichen Formen der Betriebsdiagnose sind:

- Einmalcheck,
- Dauercheck,
- Ermittlung der Wartungsintervalle.

2.3.1.1 Einmalcheck

Der Einmalcheck beim Gerätestart ist in der Regel in jeder guten Elektronik enthalten. Besondere Anzeigen deuten an einigen Geräten darauf hin, daß sich das System noch im Test befindet.

Entscheidend ist bei dieser Form eine sinnfällige Mitteilung bei der **Fehleranalyse**. Wird nur eine Fehlermeldung ausgegeben und das System für den weiteren Einsatz blockiert, dann handelt es sich um »Billigware«. Gute Diagnosesoftware kann weitaus mehr. Sie kann z.B. zwischen verschiedenen Fehlern unterscheiden und danach die Systemfreigabe steuern. Beispielsweise kann ein gezielter Hinweis (Text oder Fehlernummer) eine befristete bzw. eingeschränkte Weiterarbeit erlauben. Bei sicherheitstechnischen Belangen muß hingegen die Systembenutzung unterbunden werden. Gleiches gilt, wenn durch Weiterarbeit größere Schäden entstehen können.

Gute, zukunftsgerichtete Diagnose sollte alle erforderlichen Maßnahmen und Handlungsweisen durch Zusatzhinweise erläutern. Dabei sind Hinweise auf fehlerhafte Modulnummern zu geben oder gezielte Austauschvorschläge auf vor Ort ersetzbare Bauteile.

2.3.1.2 Dauercheck

Gute Elektronik sollte zudem eine **Dauerdiagnose** enthalten. In steuerungstechnisch kritischen Bereichen wird dieser Anteil der Elektronik sogar mehr als die Hälfte der Gesamtelektronik betragen.

Auch bei dieser Diagnoseform entscheidet die entsprechende Systemreaktion, bzw. die Fehlermeldung über die Güte der eingebauten Diagnose. Dabei sollten unterschiedliche Möglichkeiten bestehen:

- Der **Notstop** ist dann angebracht, wenn große Gefahr für den Menschen oder die Technik besteht (z.B. wenn der Drehzahlsensor für eine elektronische Einspritzpumpe kein Signal mehr abgibt).
- Die **Notlaufeigenschaft** muß auch im Fehlerfalle bei funktionell unbedingt erforderlichen Steuer- und Regelkreisen sichergestellt sein. Sie kann zum einen in einer Fortführung der zuletzt verfügbaren Einstellung liegen, oder sie kann in einer Rückfallebene bestehen. Diese stellt eine Basis dar, auf welcher z.B. trotz hoher Lenkkräfte die Lenkung weiterhin möglich ist, oder bei welcher die EHR bei gleichbleibender Arbeitstiefe die Regelung nicht mehr durchführt.
- Eine **unverwechselbare Signalisierung** ist auch bei weniger kritischen Problemen erforderlich. Dabei ist aber Weiterarbeiten bis zu einer ohnehin anstehenden Pause oder sogar noch längere Zeit zu ermöglichen. Ermöglicht das System außerdem einfache Reaktionen durch den Fahrer, um mehr über die Störung zu erfahren, so ist dies eine wesentliche und nicht zu unterschätzende Hilfe (Abb. 41).

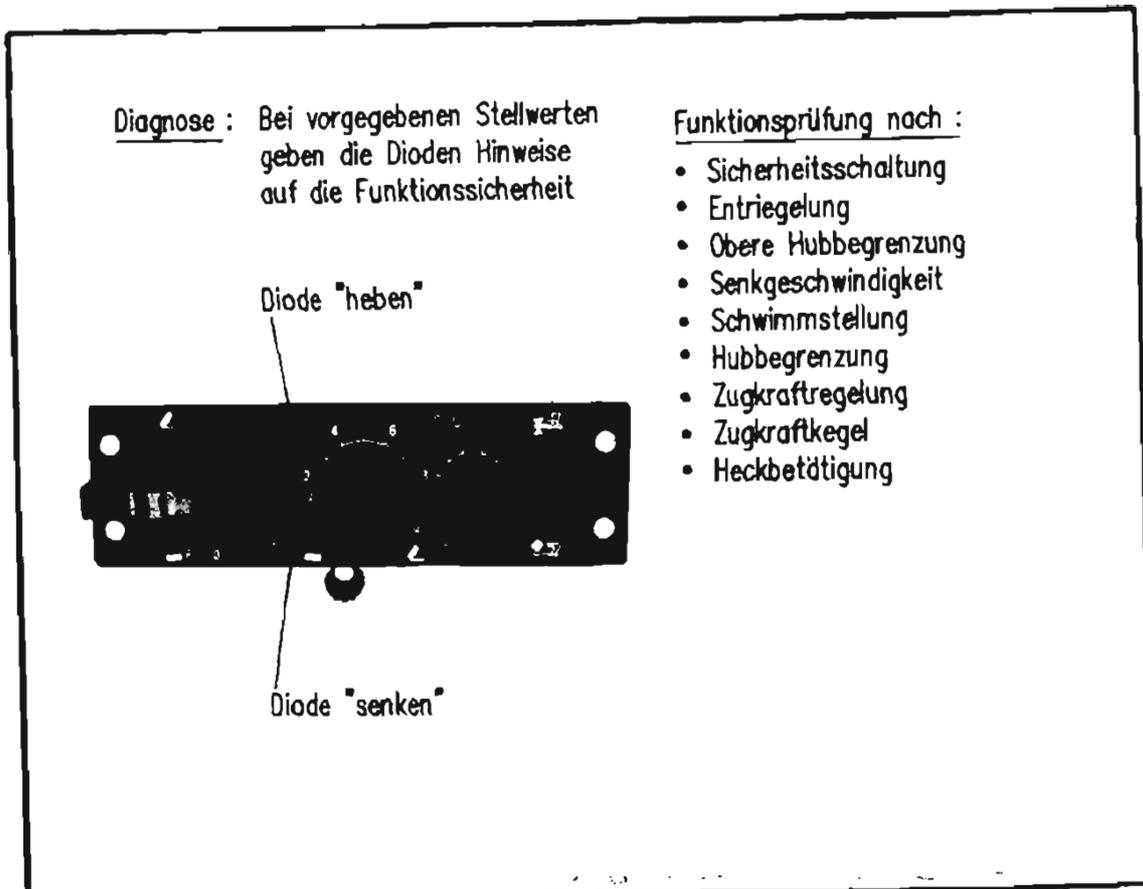


Abbildung 41: Beispiele der Fehleranalyse im EHR-Gerät.

2.3.1.3 Wartungsintervallermittlung

Eine Sonderform der Diagnose stellt die **Wartungsintervallermittlung** dar. Sie basiert auf der Überprüfung einzelner Sensoren nach Zeit oder Belastung und sie errechnet daraus als Prognose das sinnvolle Wartungsintervall. Allerdings ist diese Form nicht zu verwechseln mit einem einfachen elektronischen Aufaddieren der Betriebszeit und mit einem entsprechenden Abgleich zu einem werksseitig eingestellten Grenzwert.

2.3.2 Ausfalldiagnose

Wie bei der Mechanik sind auch in der Elektronik Ausfälle unvermeidbar. In der derzeitigen Frühphase der Entwicklung und Einführung wird dies ähnlich der Traktoreinführung in den 50er Jahren sogar häufiger sein.

2.3.2.1 Diagnoseprogramme

Im Traktor installierte Elektronik wird derzeit schon herstellerseitig mit **Ausfalldiagnose** versehen. Dies sind spezielle, schon installierte Pro-

gramme, welche entweder per Kode oder per verdecktem Schalter gestartet werden können. Allerdings sind diese Programme für den **Service** vorgesehen. Nicht der Landwirt, sondern der Servicefachmann ist der Nutzer. Er weiß damit umzugehen und er hat die entsprechenden Unterlagen, welche die damit erzeugten Signale interpretieren können. In der Regel wird er dann *nicht reparieren*, sondern *austauschen* und erneut testen.

2.3.2.2 Diagnosegerät

Diagnosegeräte sind dagegen spezielle Elektronikeinheiten für unterschiedliche Testfälle. Auch sie gehören in die Hand des Spezialisten, wobei durchaus auch ein geschulter Landwirt ein derartiger Spezialist sein kann. Als wohl typischen Vertreter eines Diagnosegerätes kann man den EHR-Testkoffer bezeichnen (Abb. 42).

Auch das Testgerät für den Motortest bei DEUTZ FAHR ist ein derartiges Diagnosegerät (Abb. 43).

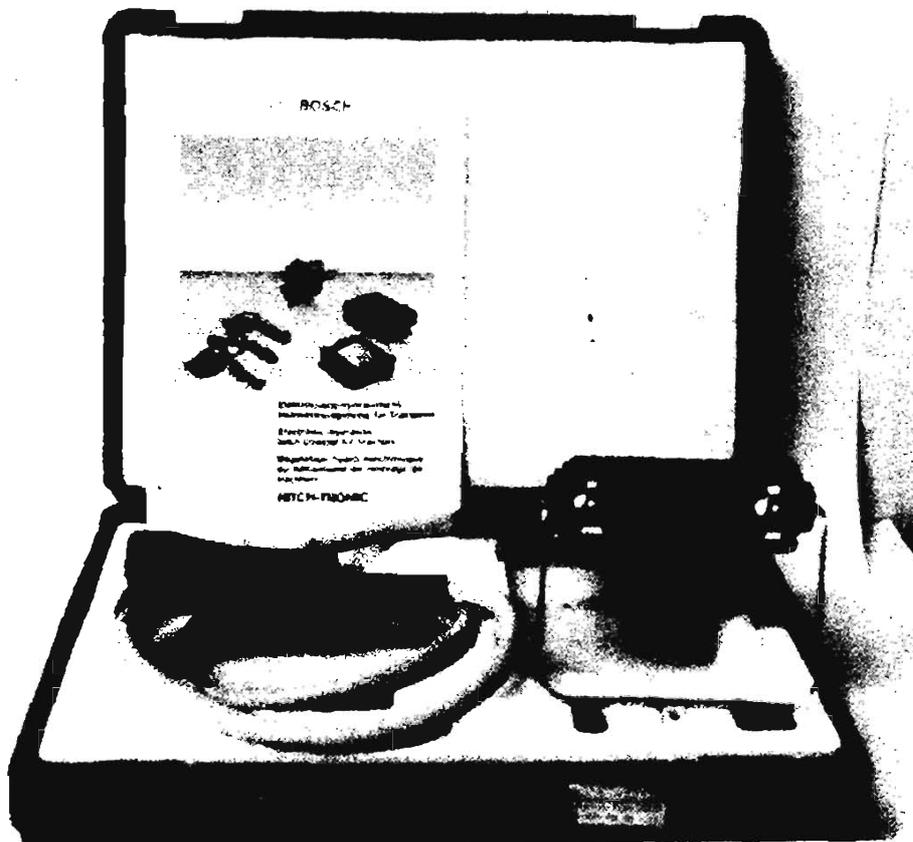


Abbildung 42: Diagnosegerät für die EHR (Testkoffer).

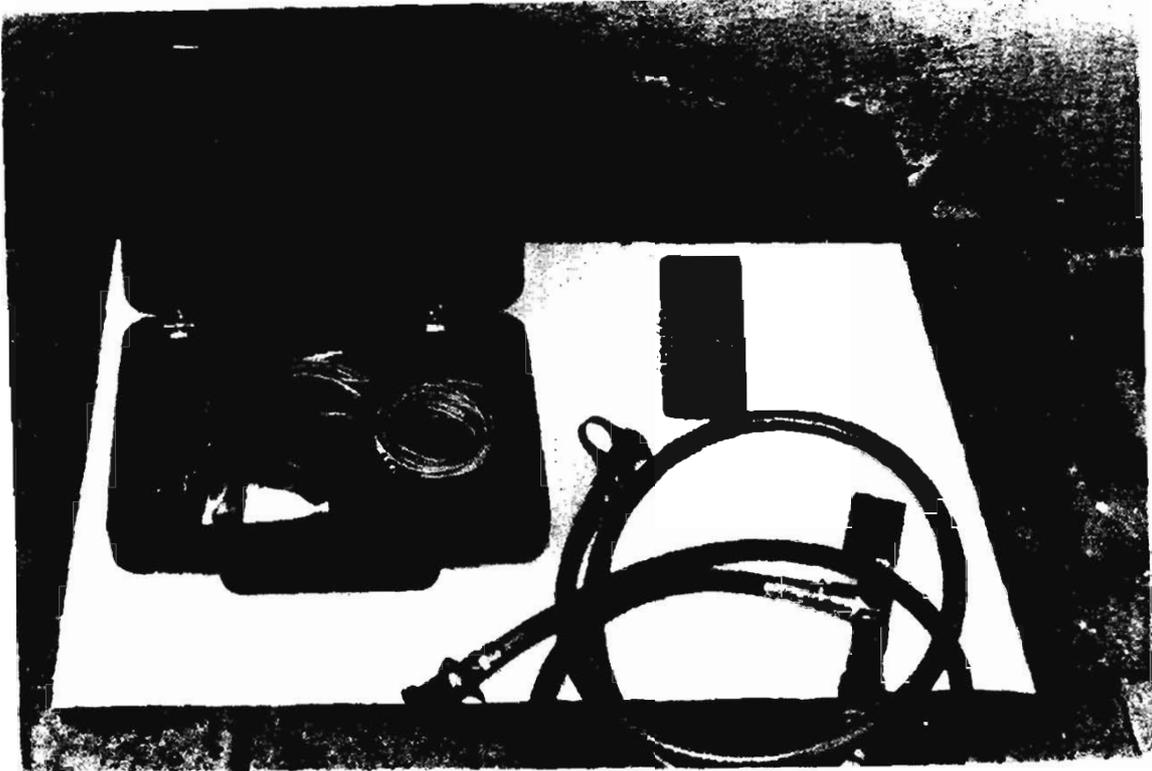


Abbildung 43: Diagnosegerät für den Traktor (DEUTZ).

2.3.2.3 Zentrale Ferndiagnose

Auch wenn es heute noch utopisch klingen mag, so zeigen doch schon die Servicestationen im PKW-Bereich die Möglichkeiten zentraler Diagnosesysteme. Für den Bereich der Landtechnik wird dieser Weg künftig bei komplexen Maschinen wie Mähdreschern und größeren Traktoren eine unumgängliche zusätzliche Notwendigkeit sein.

Allen voran werden deshalb **Diagnosesysteme auf der Basis von tragbaren Personalcomputern** entstehen, welche über umfangreiche Software Fehlersuche betreiben können. Zusätzlich werden diese Systeme auch für den Dauertest fehlerhaft oder eben ausgetauschter elektronischer Bauteile herangezogen werden.

Nicht zuletzt dürfte aber auch für besonders schwierige Fälle die **Ferndiagnose über Großrechner** in Zusammenarbeit mit dem Spezialisten in der Zentrale keine Utopie sein. Dabei wird der zu testende Traktor oder die zu testende Maschine über ein Modem per Telefonleitung mit der Zentrale verbunden. Die Testprogramme laufen im Großrechner oder dieser aktiviert bestimmte Testroutinen (Programme) in der Testeinheit vor Ort.

Diese Form ist vor allem deshalb zu erwarten, weil die Ausgaben für Leistungsgebühren in Zukunft wesentlich preisgünstiger sein werden, als die stundenweise Entlohnung von Serviceeinheiten des Technikers. Schon heute sind oft die Ausgaben für die An- und Abfahrten bei kritischen Feh-

lern teurer als die eigentlichen Reparaturen. Kommt dann der häufig in der Praxis anzutreffende Fall weiterer unverhergesehener Probleme oder Ausfälle hinzu, dann summieren sich die entsprechenden Wegezeitgebühren sehr schnell zu unüberschaubaren Kostenanteilen. Insofern kann mit Fug und Recht festgestellt werden, daß gerade Elektronik trotz der neuen und für viele noch undurchschaubaren Materie auf dem Sektor der Diagnose vollständig neue Maßstäbe setzen kann. Wichtig ist dabei jedoch,

- daß der Landwirt schon frühzeitig auf systeminterne Diagnosehilfen hingewiesen wird und diese richtig nutzt,
- beim Einkauf schon die Möglichkeiten des Austausches von Steckkarten oder Chips mit dem Lieferanten bespricht und dafür die entsprechende Schulung erhält,
- im Bedarfsfall auf einen guten, fachkundigen und immer verfügbaren Spezialservice zurückgreifen kann.

2.4 Elektronik und Betriebsmanagement

Für den Landwirt ist heute die Verbindung Traktor und Betriebsführung eigentlich nur aus der Sicht der Traktorkosten geläufig. Im Zusammenhang mit der Elektronik wird sich diese Betrachtungsweise jedoch grundsätzlich ändern. Dann nämlich wird der Traktor mit dem Gerät einer der Hauptdatenlieferanten sein und dabei vor allem die Anforderungen der Schlagkartei (später weitgehend automatisiert) erfüllen.

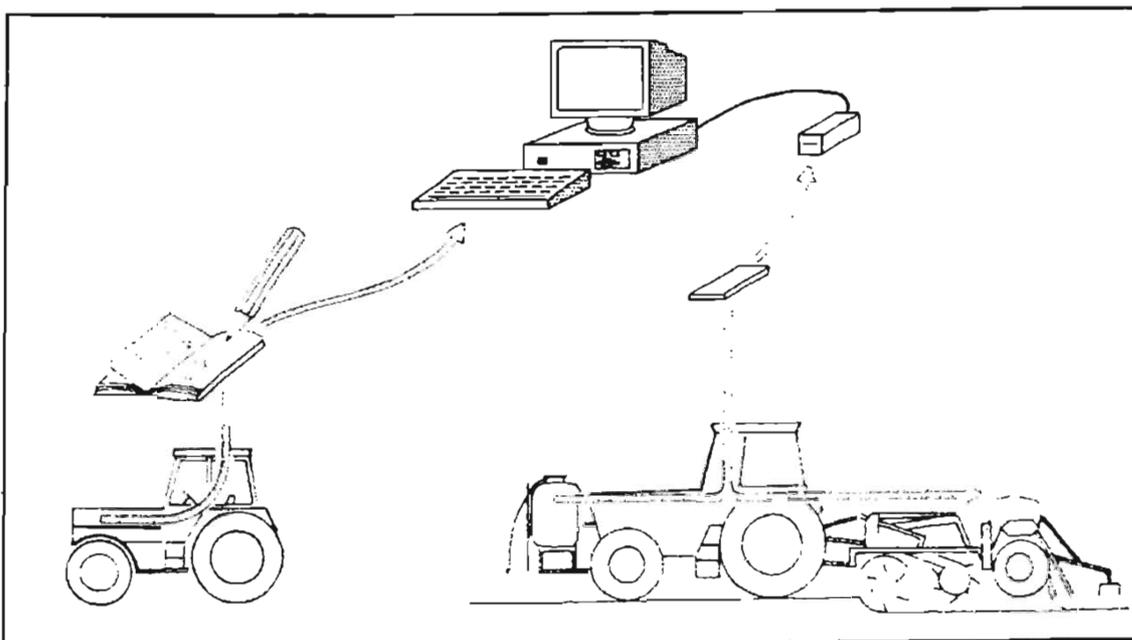


Abbildung 44: Datenübergabe zwischen Traktor und Betriebsrechner.

Umgekehrt wird aber auch die Betriebsführung über die erzeugten Steuerdaten für die mobile Prozeßtechnik starken Einfluß auf den Traktor und das Gerät ausüben. Daraus ergeben sich zwei wesentliche Datenwege zwischen Traktor und Betriebsführung (Abb. 44).

Sie müssen getrennt werden zwischen dem Traktor als selbständige Einheit und der Traktor-Gerätekombination. Dabei wird auch künftig der Traktor immer eine eigenständige Elektronik besitzen. Die damit gesammelten Daten besitzen einen sehr beschränkten Umfang. Der Datentransfer zum Betriebsrechner wird deshalb auf manuelle Art erfolgen.

Die Traktorelektronik wird für die unterschiedlichen Arbeiten durch eine zusätzliche Steuer- und Regelelektronik für das Gerät oder die Maschinen und Geräte ergänzt. Diese Geräteelektronik wird derzeit in Form »selbständiger Einheiten« (Insellösungen) oder in Form »mobiler Agrarcomputer« angeboten. Dabei entsteht ein hoher Datenanfall mit der Notwendigkeit der Steuerdatenübergabe vom Betriebsrechner zur Traktor-Geräteelektronik. Deshalb müssen dort verbesserte Verfahren des Datentransfers eingesetzt werden. Deren Darstellung erfolgt gemeinsam mit den mobilen Agrarcomputern im Kapitel 3.

2.4.1 Betriebsdatenübergabe

Die im Traktor aufgezeigten Elektronikanwendungen basieren in der überwiegenden Zahl auf Sensoren zur Überwachung und nur in ersten Ansätzen auf prozeßoptimierenden Regelvorgängen. Sie erfassen damit eine Vielzahl prozeßinterner Daten des Traktors und der Geräte wie Arbeitszeit (Betriebsstunden), Arbeitsgeschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch, Arbeitsbreite und Arbeitstiefe sowie viele andere mehr.

Alle diese Daten sind auch Basiswerte für die Betriebsführung. Deshalb müssen sie in die dafür benötigte Form weiterverarbeitet und der Betriebsführung zugeführt werden. Erste Erfahrungen mit der Anwendung elektronischer Schlagkarteien in der Praxis deuten sogar darauf hin, daß nur über die automatische Erfassung dieser Daten im Traktor die Schlagkartei überlebensfähig (Vollständigkeit der Daten) sein kann. Speziell die Schlagkartei benötigt

- Traktor- und Gerätedaten,
- Zeitdaten,
- Flächendaten,
- Lastdaten.

2.4.1.1 Traktor- bzw. Gerätedaten

Generelle Daten dieser Art sind die Einsatzdaten in Form des Verbrauches an Traktor und Gerät. Auch wenn vielfach in ihrer Bedeutung überschätzt, stehen dabei die *Dieserverbrauchswerte* für den Praktiker ganz

obenan. Darunter fallen aber auch die **Verbrauchswerte** an Saatgut, Dünger oder Pflanzenschutzmitteln.

Bezogen auf die Datenverwertung müssen alle diese Daten rechnerisch aus Durchflußdaten ermittelt werden. Entsprechende Anfangs- und Endpunkte sind für problemlose Vergleiche die Voraussetzung, ebenso die entsprechenden Verrechnungsalgorithmen. Dabei reicht in einer ersten Stufe die Ermittlung je Schlag oder je Einsatz. Künftig muß jedoch eine Ergänzung auf die Teilfläche folgen.

2.4.1.2 Zeitdaten

Unbestritten sind Arbeitszeitdaten eine äußerst wichtige Größe für die Betriebsführung. Ihre Erfassung ist zugleich das ureigenste Element der Elektronik, weil sie ja direkt auf eine interne Taktzeit aufbaut. Allerdings bestehen derzeit noch erhebliche Probleme der fehlerfreien Zuordnung zu einzelnen Arbeitsarten.

In erster Linie gilt dies z.B. für die lange ersehnte Aufgliederung der Arbeitszeiten in die entsprechenden Anteile für »Rüstzeit am Hof, Wegezeit, Rüstzeit auf dem Feld vor Arbeitsbeginn, Arbeitszeit (und eventuell Wendezeit getrennt), Befüll- oder Entleerzeit, Rüstzeit am Arbeitsende, Wegezeit und wiederum Rüstzeit am Hof« mit einer zusätzlichen Erfassung von Störzeiten. All dies soll nach Möglichkeit automatisch und unverwechselbar erfolgen. Beispielsweise wäre die Trennung zwischen Rüstzeit am Hof und Fahrt zum Feld dann vorzunehmen, wenn gleichzeitig mehrere Bedingungen erfüllt sind, wie

- Hydraulikgestänge in ausgehobener Position, bzw. ohne Belastung;
- Geschwindigkeit größer als 15 km/h;
- Fahrstrecke länger als 200 m (Startzeitpunkt der Arbeit somit rückwärtsrechnerisch von der beginnenden Hauptarbeitszeit festlegen) u.a.

Zudem wäre sicherzustellen, daß auch beim Arbeitswechsel eine Erinnerung an den Fahrer erfolgen würde, um dem System die dafür erforderliche neue Startzeit mitzuteilen. Auch dabei zeigt sich die große Problematik bei der sicheren und weitgehend fehlerfreien Umsetzung trotz nahezu ungeahnter Möglichkeiten. Außerdem wird sehr deutlich sichtbar, daß dazu eine gewisse Normung der Abschnitte und der Erfassungsalgorithmen unerlässlich ist.

2.4.1.3 Flächendaten

Flächendaten lassen sich dagegen einfacher ermitteln, weil diese Daten immer in Verbindung mit der Arbeitsposition eines Gerätes auftreten.

Problematisch ist jedoch die exakte Ermittlung der Arbeitsbreite und der wahren **Vorfahrtsgeschwindigkeit**. Radarsensoren lösen dieses Problem nur bedingt und sind sicher auch in Zukunft eher die Ausnahme. Alle anderen Wegmeßsignale sind dagegen mit dem unvermeidlichen Schlupf belastet und führen deshalb schon aus dieser Abhängigkeit zu Fehlern von in der Regel mehr als 5 %.

Noch kritischer gestaltet sich die Erfassung der wahren **Arbeitsbreite**. Sie ergibt sich eigentlich nur bei der Arbeit in Fahrspuren exakt genug, wenn deren Festlegung bei der Saat ausreichend genau erfolgte. In allen anderen Fällen wird dagegen das Anschlußfahren zu einem Unterfangen mit Fehlern im Bereich von plus/minus 20–30 cm. Umgerechnet auf die wirkliche Arbeitsbreite von z.B. 10 m sind dies dann weitere 3–5 % Fehler, so daß Gesamtfehler bei den zu bearbeitenden Flächen zwischen 5 und 10 % die Regel sein dürften. Bei sehr kurzen Schlägen können diese durch Doppelmessungen an den Vorgewenden und bei nicht rechtwinkligen Schlägen auch in den Bereich von 15–20 % vorstoßen. Unbeachtet bleibt dabei die Arbeit in der Schichtlinie mit zusätzlichen, kaum in den Griff zu bekommenden Einflußgrößen.

Mithin stellt sich bei der automatisierten Flächenermittlung die Frage nach deren richtigen Einbeziehungen in Verbrauchs- und Leistungsdaten generell. Diese Frage wird noch kritischer, wenn künftig auch Teilflächen mit in diese Überlegungen einbezogen werden sollen. Dies hat nämlich zur Konsequenz, daß dann Koordinaten von Schlägen die tatsächliche Zuordnung aller anderen Daten bestimmen müssen. Alleine die Anbringung des Radarsensors kann dabei schon zu beträchtlichen Fehlern führen (Tab. 2).

Tabelle 2: Meßfehler bei unterschiedlicher Anbringung des Radarsensors und verschiedenen Nickbewegungen durch Be- oder Entlastung der Vorderachse (in cm).

Nickbewegungshöhe der Vorderachse	systematischer Meßfehler durch die Nickbewegung bei Radaranbringung		
	Traktorfront Radarstrahl nach vorne	zwischen den Achsen	
		Radarstrahl nach vorne	Radarstrahl nach hinten
5	12	7	0,5
10	22	12	1,0
15	34	18	1,5
20	46	24	2,0
25	58	30	2,5

2.4.1.4 Lastdaten

Zunehmende Bedeutung erlangen in Zukunft auch die **Lastdaten**. Darunter fallen z.B. die Gewichtsdaten angebaute Geräte in der Dreipunkthydraulik, Lademengen auf Transporteinheiten und Transportmengen in Maschinenbehältern. Es sind aber auch echte Belastungsdaten von Motor, Getriebe, Fahrwerk oder Zusatzaggregaten, um daraus mehr und bessere Hinweise über die tatsächliche Belastung und die daraus resultierende Wertminderung von Maschinen und Geräten zu erhalten.

Rein kalkulatorisch dürften dabei nur geringe Probleme zu erwarten sein, weil dafür aus der Konstruktion umfassende Algorithmen verfügbar sind. Offen sind dagegen noch die Fragen nach den geeigneten, billigen und zuverlässigen Sensoren, damit die ermittelten Werte auch tatsächlich der Realität entsprechen.

2.4.2 Übernahme von Traktor-Geräteleitdaten

Aufbauend auf eine verbesserte Datenerfassung und eine damit exakter werdende Traktor- und Gerätesteuerung müssen in einem zweiten Schritt Datenübergabemöglichkeiten an die Traktor-Geräteeinheit möglich werden. Wesentlich sind dabei vor allem die Sollwerte für die Vorfahrtsteuerung und die Gerätesteuerung.

2.4.2.1 Vorfahrtsteuerung

Vorfahrtsteuerung ist die PC-gestützte Vorgabe des Bewegungsablaufes auf dem Feld. Folglich muß dazu der zu bearbeitende Schlag im PC abgebildet sein und z.B. auch die Fahrgassen in den Beständen enthalten. Ob dies linearisiert oder in Originalform erfolgt, sei dahingestellt.

Die Steuerung bezieht sich dann auf Hinweise auf dem Traktor für den Fahrer, für das örtlich richtige Anfahren des zu bearbeitenden Feldes, die folgerichtige Anschlußfahrt und eine eventuell vorgegebene Bearbeitungsform.

Haupteinsatzgebiete sind vor allem das Verteilen von Düngemitteln in der Spätdüngung und die einzelnen Spritzmaßnahmen. Darüber hinaus könnte diese Form der Traktorführung auch für das Ziehen von Bodenproben Bedeutung erlangen.

2.4.2.2 Gerätesteuerung

Gerätesteuerung ist aus zwei Blickwinkeln zu sehen, nämlich

- der Übergabe der Steuerparameter für Maschinen und Geräte zur Vorbereitung eines Einsatzes (**Sollwertvorgabe**) und
- der Übergabe koordinatengebundener Steuerbefehle für örtlich zu erfolgende Steuerungs- oder Regelungsänderungen (**aktuelle Gerätesteuerung**).

Ohne Zweifel stellt dabei die zuerst genannte Form die wichtigere dar. Sie wird sogar für das mehr profimäßige Vorgehen im überbetrieblichen Maschineneinsatz eine absolute Notwendigkeit sein, weil nur dann ein ordnungsgemäßer Ablauf der vorgesehenen Arbeiten möglich ist (Abb. 45).

Datenträger		
	Aufträge	Sollwerte
Aufträge aus der Schlagkartei	Schlag Kunde (mit Adresse) Maschine(n)	am Hof Betrieb Beispiel 2.5 ha, 180 kg/ha 4 m AB, 6.5 km/h Einstellung A4, B1, C2
	Schlag Kunde (mit Adresse) • • •	am Feuerberg Betrieb X 7.3 ha
	Schlag • • •	Weingarten 1.7 ha
	Arbeiten	Istwerte
durchgeführte Arbeiten	Schlag Maßnahme	am Hof 2.63 ha, 1.7 AKh 192 kg/ha 6.33 km/h, Einstellung A4, B2, C1 Kommentare: feucht, Kluten Ende: 12.04
	Schlag • • •	Weingarten 1.67 ha...
	Schlag • • •	am Feuerberg 6.9 ha

Abbildung 45: Schema eines Datenübergabeprotokolles für die Maschinensteuerung [8].

Darin einzuschließen sind deshalb auch entsprechende Attribute für den einzelnen Auftrag wie

- Schlagname,
- Auftraggeber,
- Adresse,
- Verrechnungsstelle u.a.

Darüber hinaus würde diese Form einen gewissen Lerneffekt des Systems enthalten, weil z.B. für die **Maschineneinstellung** die letztjährigen oder die letztmaligen Einstellungen als Basis dienen könnten und weil damit auch *Simulationläufe* im PC für die bevorstehende Maßnahme möglich würden. Letztere könnten dadurch die **Möglichkeit** bieten, erforderlich werdende Änderungen schon bei einem »Planspiel« vorzunehmen oder zu ergänzen.

2.5 Elektronikauswahl beim Traktorkauf

Aus der Vielzahl heute schon möglicher und künftig absehbarer Elektronikentwicklungen gilt es nun, sinnvolle Anwendungen für die unterschiedlichen Traktoreinsätze abzuleiten.

2.5.1 Elektronikgrundausrüstung

Für alle Traktoren sind derzeit die Traktorboardcomputer ständig auf dem Vormarsch. In der unterschiedlichsten Form zeigen sie nach Wahl eine Vielzahl nützlicher (und auch weniger nützlicher) Informationen an. Deutlich erkennbar ist der Trend zu mehr Intelligenz in diesen Systemen, sei es für die zusätzliche Erfassung der Arbeitszeit oder der bearbeiteten Flächen. Generell sollte dabei jedoch eine gezielte Auswahl getroffen werden (Abb. 46).

Unbedingt benötigt jeder Traktor die verbesserte Anzeige, also das »Elektronische Traktormeter«. Es muß die **Fahrgeschwindigkeit** digital anzeigen. Wichtig ist eine ausreichend große und beleuchtbare Anzeige, die Anzeige einer Dezimalstelle im Hauptarbeitsbereich (bis 10 bzw. 12 km/h) und eine stärkere Dämpfung der Anzeige bei den darüberliegenden Geschwindigkeiten.

Zusätzlich sollte die **Zapfwellendrehzahl** (bei vorhandener Frontzapfwelle auch diese) digital angezeigt werden. In der Regel reicht dazu ein Display mit einer entsprechenden Wahleinrichtung für »Front« oder »Heck«. Bei der Anzeige kann die Einedarstellung problemlos entfallen.

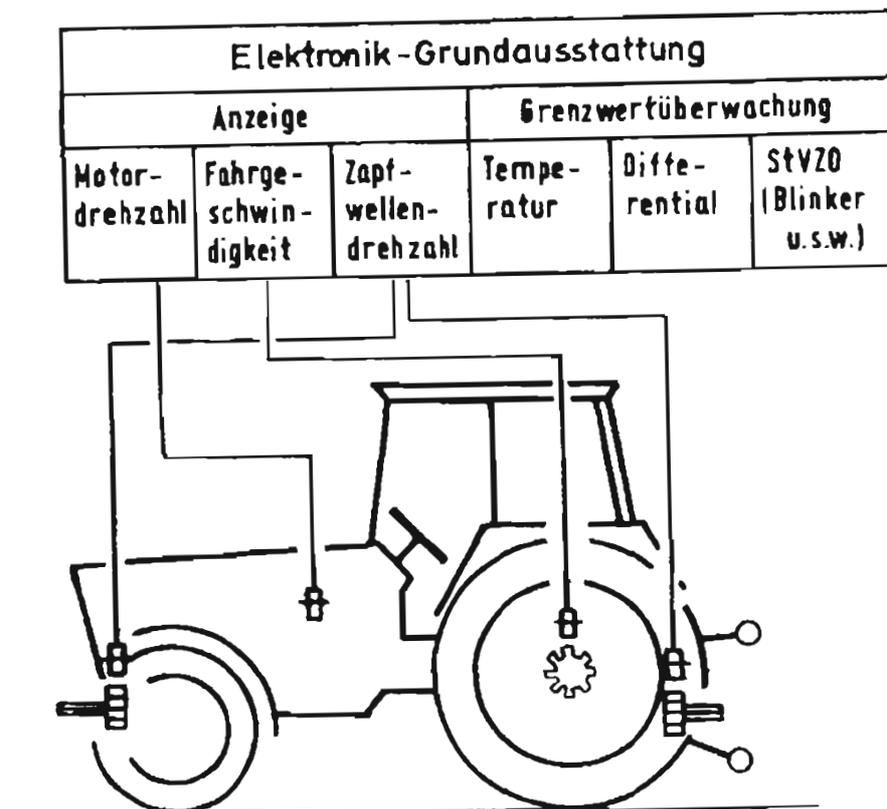


Abbildung 46: Sinnvolle Elektronikgrundausstattung für alle Traktoren.

Für die Darstellung der **Motordrehzahl** dürfte in der Regel die Analoganzeige (Zeiger) die bessere Form sein. »Grüne Flächenunterlegung« für den Bereich minimalen Kraftstoffverbrauches und »rote Unterlegung« für den Bereich oberhalb der Zapfwellennendrehzahl, sind willkommene und leicht zu erfassende Informationshilfen.

Einen weitaus höheren Stellenwert muß dagegen die **Grenzwertüberwachung** bei allen Traktoren einnehmen. Allen voran sind die sicherheitstechnischen Belange anzusprechen:

- Bei Überschreiten zulässiger Zapfwellendrehzahlen ist akustisch zu informieren, nach einer Toleranzüberschreitung von 50 1/min ist der Kraftfluß zu unterbrechen!
- Nichtlösende Differentialsperren sind akustisch zu melden!

Dagegen können eine Vielzahl anderer Grenzwerte per Lichtsignal oder künftig per blinkendem Text auf einem Display gemeldet werden, wobei erst nach einem Zeitverzug ohne Reaktion des Fahrers abgestuft und elektronisch überwacht zuerst ein Akustiksignal folgen könnte und erst danach u. U. sogar ein Notstop einzuleiten wäre. Dies sind z.B.:

- Überhohe Temperatur des Kühlwassers, der verschiedenen Ölbereiche in Motor, Getriebe oder Hydraulik,
- nicht ausgeschalteter Blinker,

- zugeschalteter Allradantrieb bei Fahrgeschwindigkeiten oberhalb 30 km/h.

Diese allgemein geltenden Anwendungsfälle für jeden Traktor müssen dann je nach Traktoreinsatz ergänzt werden.

2.5.2 Elektronik für den Zugtraktor

Für den schweren Traktor steht die Umsetzung höchster Zugleistungen im Vordergrund. Alle Elektronikanwendungen haben dieses Ziel zu berücksichtigen und zu unterstützen (Abb. 47).

Serienmäßig angebotenes **Allradantriebsmanagement** bietet dazu die besten Voraussetzungen und entlastet gleichzeitig den Fahrer. Für Traktoren mit mehr als 85 kW sollte darin auch die **Steuerung der Differentialsperre** in der angetriebenen Vorderachse einbezogen werden. Allerdings muß ein elektronisches Management für den Allradantrieb auch für den darunterliegenden Leistungsbereich erhältlich sein, weil diese Traktoren in kleineren Betrieben u.U. überwiegend für den Zug eingesetzt werden.

Als Standard sollte für diesen Einsatzbereich auch die **elektronische Hubwerksregelung (EHR)** gelten. Sie kann dann für den Einzelfall durch die Schlupfregelung ergänzt werden. Dies trifft zu

- bei Einsätzen auf stark wechselnden Böden innerhalb der gleichen Flächen,

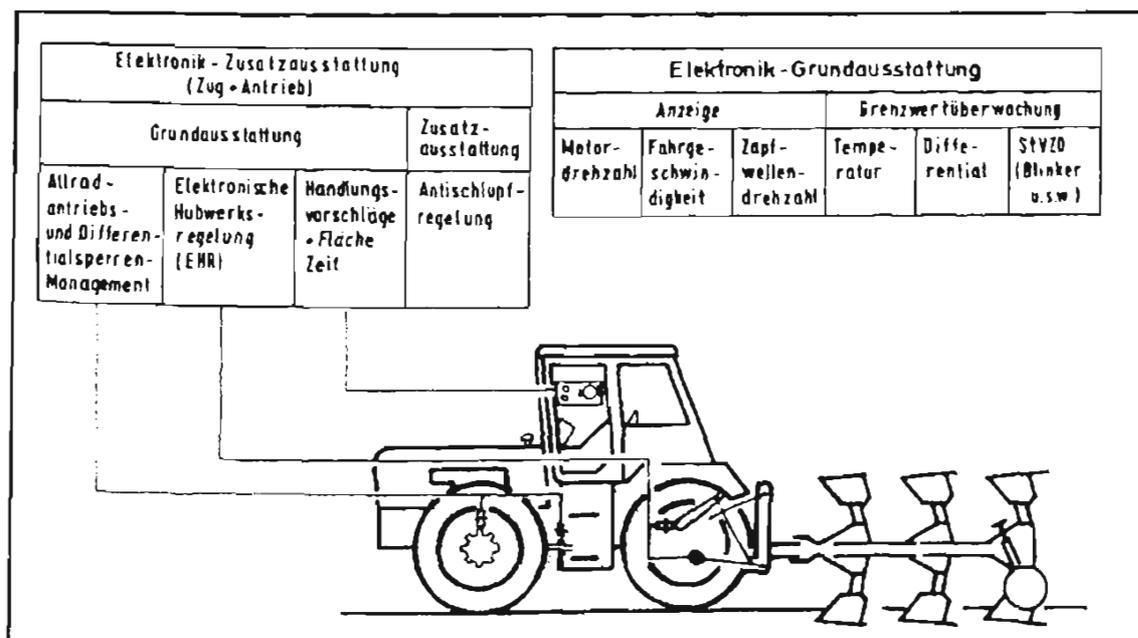


Abbildung 47: Sinnvolle Elektronikanwendungen beim Traktor für schwere Zugarbeiten.

- bei hohen Einsatzstunden je Jahr für schwere Zugarbeiten und
- in Fällen, wo die einzelne Arbeitsstunde hohe Kosten verursacht.

Geräte für die Kalkulation **optimierter Handlungsvorschläge** lohnen sich dann, wenn der Fahrer bereit ist, diese auch zu beherzigen (in der Regel nur der Betriebsleiter selbst) und wenn er Möglichkeiten zur Umsetzung hat. Diese bieten sich in der ersten Stufe bei einem vorhandenen Lastschaltgetriebe. Speziell für den schweren Zugtraktor werden dies jedoch in Zukunft die elektronisch geschalteten Stufengetriebe sein. Für diese ist dann zu überlegen, ob nicht eine in Grenzen automatisierte Schaltung Vorteile hat. Sicher ist dies der Fall, wenn hohe jährliche Einsatzstundenzahl, stark wechselnde Arbeitsbedingungen und hohe Kosten für die Arbeitszeit zusammentreffen (in erster Linie also Großbetriebe, Lohnunternehmer und Maschinenringeinsätze).

Elektronische Geräte zur **Erfassung der bearbeiteten Flächen** sind jedoch nur dann erforderlich, wenn dafür spezielle Überwachungsfunktionen benötigt werden. Dies trifft vor allem im überbetrieblichen Maschineneinsatz, beim Einsatz von Fremdarbeitskräften und bei der betrieblich genutzten Schlagkartei zu. In allen diesen Fällen muß dann jedoch auch die Möglichkeit des Datentransfers über ein geeignetes Medium gegeben sein.

Künftig wird auch dieser Traktor in die aktive Gerätesteuerung einbezogen werden. Deshalb muß dann eine Erweiterung der Elektronik über den bis dahin verfügbaren Traktor-Gerätebus (siehe Kapitel 3.2.3) möglich sein.

2.5.3 Elektronik für den Pflgetraktor

Für den Pflgetraktor steht dagegen die optimale Steuerung der Geräte vom Fahrerplatz aus im Vordergrund des Interesses. Nur danach haben sich die zu installierenden Elektronikanwendungen zu richten (Abb. 48). In der ersten Stufe ist dabei an die Überwachung der zu handhabenden Güter zu denken. Als wesentliches Hilfsmittel muß deshalb eine **Wiegeeinrichtung** für den Heckkraftheber installiert werden. Dabei ist schon zu überlegen, ob im Betrieb elektronische Regelungen bei Dünger und Pflanzenschutz angestrebt werden. Ist dies der Fall, dann sollte als Wiegeanzeige sofort auf einen mobilen Agrarcomputer zurückgegriffen werden.

Der **mobile Agrarcomputer** wird für den Pflgetraktor in Verbindung mit Düngerstreuer und Pflanzenschutzspritze zum absoluten »muß«, wenn nicht ein spezialisierter Einsatz überbetrieblicher Art die Insellösung auf dem Gerät zum Vorteil bringt. Er läßt sich durch den Einsatz zur Gülleverteilung erweitern, wobei dieses Gerät kurzfristig durchaus auch auf den Zugtraktor wandern kann.

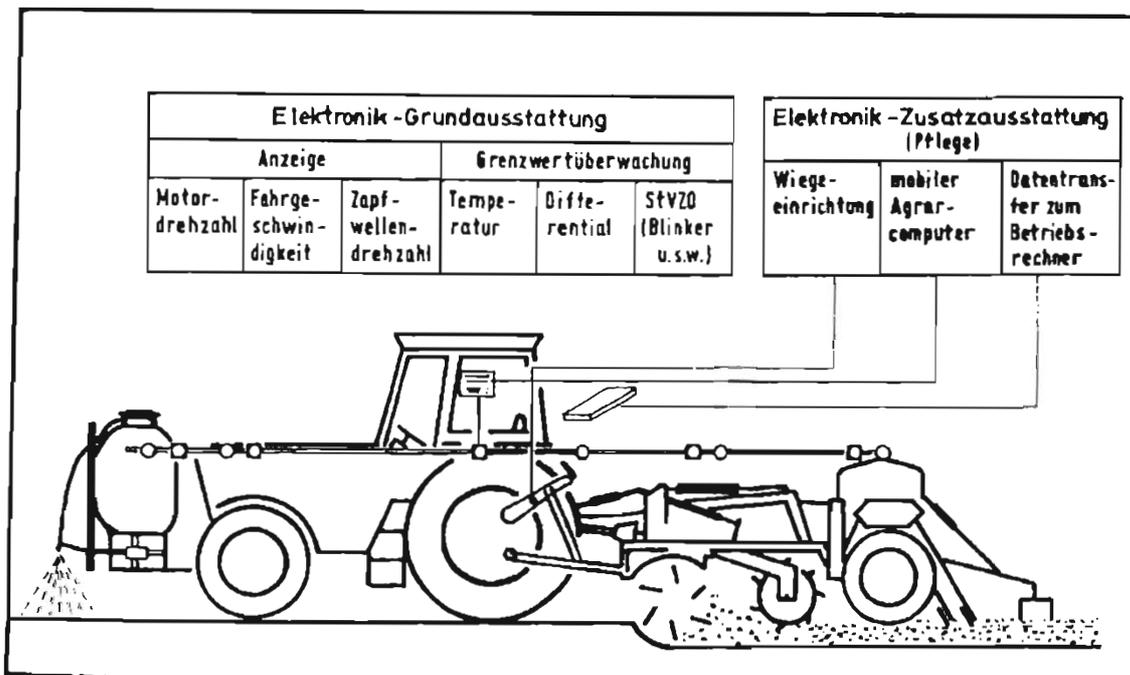


Abbildung 48: Sinnvolle Elektronikanwendungen beim Pflgetraktor.

Generell ist aber immer an einen **Datentransfer zur Schlagkartei** zu denken, da mit diesen Geräten viele Flächen und Mengen bearbeitet werden und deshalb die Kontrolle einen hohen Stellenwert einnimmt oder künftig per Gesetz erhalten wird.

In Zukunft werden zudem Leitsysteme auf optischer Basis weitere Entlastungen für den Fahrer bringen, wodurch aufgrund automatisierter Geräteführung gleichzeitig höhere Arbeitsgeschwindigkeiten möglich werden.

3 Elektronik zur Maschinen- und Gerätesteuerung

Ein Traktor ist nur in Verbindung mit einem Gerät oder einer Maschine eine sinnvolle Arbeitseinheit. Gegenüber dem alleinigen Traktoreinsatz stellt deshalb das Gespann Anforderungen an den Elektronikeinsatz. Diese sind:

- Zentrale Überwachung, Steuerung und Regelung vom Fahrerplatz,
- vielfache Nutzung wichtiger Sensoren,
- zentrale Anbindung an den Betriebsrechner,
- zentraler Diagnosezugang.

Dazu bieten sich drei grundsätzliche Möglichkeiten des Elektronikeinsatzes an (Abb. 49).

Als **Insellösungen** (oder Spezialsysteme) werden Einheiten bezeichnet, bei welchen die gesamte Elektronik als selbständig arbeitende Einheit in den entsprechenden Maschinen und Geräten installiert ist. Am Fahrerplatz wird eine Fernbedienungseinheit bereitgestellt. Ein Datentransfer zum Betriebsrechner ist nicht vorgesehen.

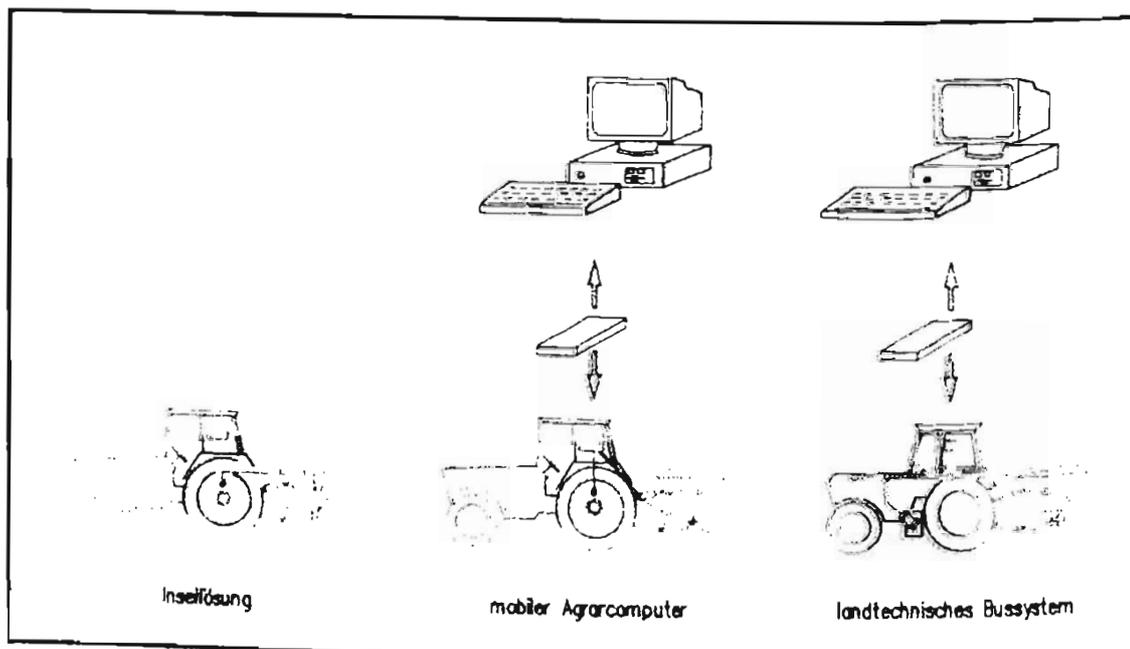


Abbildung 49: Möglichkeiten elektronischer Überwachung, Steuerung und Regelung mit Datentransfer zum Betriebsrechner für Maschinen und Geräten.

Beim **mobilen Agrarcomputer** wird ein universeller Steuer- und Regelcomputer bereitgestellt und auf dem Traktor montiert (kann von unterschiedlichen Traktoren genutzt werden = Universalgeräte). Die benötigten Sensoren und Aktoren sitzen in den Maschinen und Geräten.

Beim **Landtechnik Bus-System** werden die entsprechenden Elektronik-einheiten dort installiert, wo sie benötigt werden. Am Fahrerplatz wird nur eine Bedien- und Überwachungseinheit angeordnet. Die benötigte Elektronik in den Geräten besteht aus Prozessor, Sensoren und Aktoren. Von der zentralen Bedien- und Überwachungseinheit können alle in der Traktor-Gerätekombination enthaltenen Elektroniksysteme überwacht und gesteuert werden.

Alle Systeme besitzen Vor- und Nachteile. Aufbauend auf die abgeschlossenen Normungsansätze für die Signalübertragung zwischen Traktor und Gerät werden

- die drei Prozeßsteuerungssysteme einzeln vorgestellt,
- die Sensoren für die Weg- und Ortsbestimmung aufgezeigt und
- die Datentransfermöglichkeiten vom und zum Betriebsrechner erörtert.

3.1 Normsignalsteckdose

Nahezu alle elektronischen Gerätesteuersysteme benötigen Basis-signale wie

- theoretische Vorfahrt,
- wahre Vorfahrt,
- Zapfwellendrehzahl.

Um diese Signale eindeutig und unverwechselbar für die Geräte bereitzustellen und die jeweiligen Sensoren nur einmal am Traktor zu haben, wurde von der LAV (Landmaschinen- und Ackerschlepper Vereinigung) eine Signalsteckdose mit Stecker genormt (DIN 9684, Teil 1). Diese Norm besteht seit 1. 5. 1989 und ist zwingend für die Traktoren- und Gerätehersteller vorgegeben (Abb. 50).

Diese Steckdose soll in der Kabine im rechten Arbeitsbereich des Fahrers montiert werden. Sie besitzt 6 Pins und einen Massepin. Von diesen Pins sind die Nummer eins bis vier belegt und in ihrer Bedeutung eindeutig festgeschrieben. Die entsprechenden Signale werden als Spannungsimpulse ausgegeben. Definiert sind die Impulszahlen je Meßein-

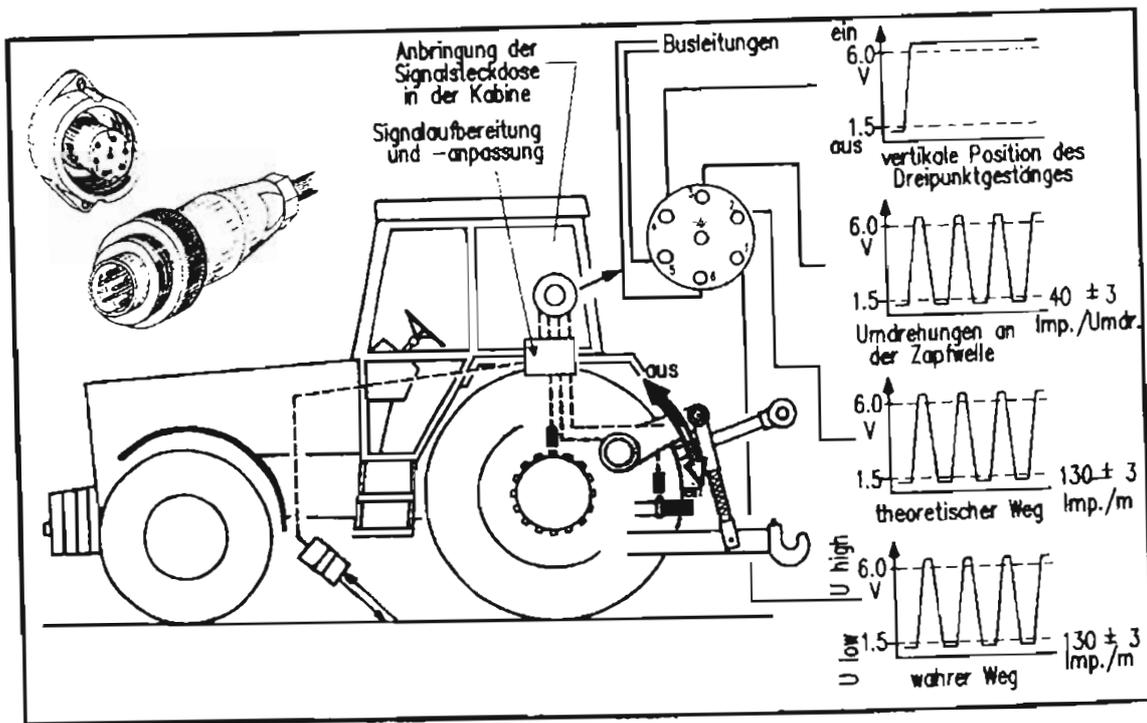


Abbildung 50: Normsignalsteckdose für die mobile Prozeßtechnik (DIN 9684, Teil 1).

heit, Mindest- und Höchstspannung und die Flankensteilheit der Impulse. Wird vom Traktor ein entsprechendes Signal nicht angeboten, dann ist der entsprechende Pin nicht belegt.

Jeder Landwirt sollte beim Traktorenkauf auf diese Signaldose achten. Auch hat er zu beachten, daß eine Belegungspflicht für die einzelnen Signale in der Norm *nicht* gegeben ist!

3.2 Prozeßsteuerungssysteme

3.2.1 Insellösungen

Insellösungen sind die ersten Steuer- und Regelcomputer in landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten. Allen voran sind dabei die Spritz- und Düngecomputer zu nennen. Diese Computer sind spezialisiert und optimiert (Abb. 51).

In der Regel bilden Bedieneinheit und Prozessor eine Einheit. Jeder Hersteller gestaltet die Bedienoberfläche nach eigenen Vorstellungen. Sensoren und Aktoren sind dagegen oft handelsübliche Produkte von Zulieferern. Insellösungen besitzen folgende Vor- und Nachteile:

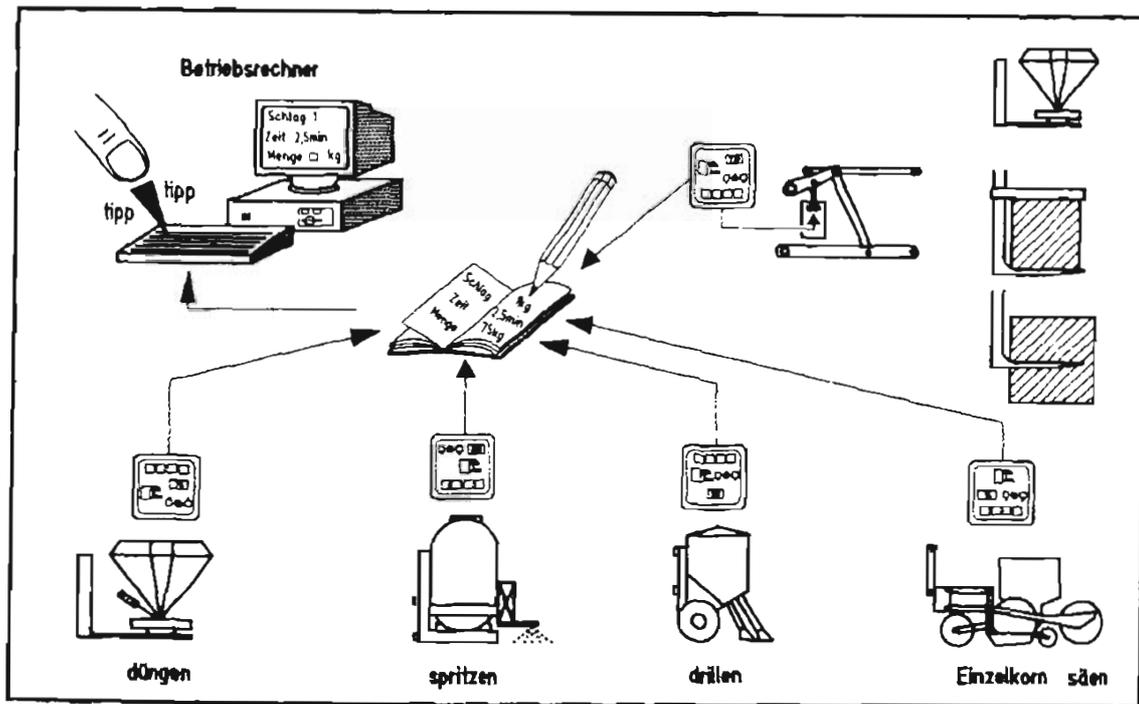


Abbildung 51: Insellösungen beim Elektronikeinsatz in der Landwirtschaft.

Vorteile

Elektronik ist auf den speziellen Einsatz optimiert,
 Elektronik ist immer einsatzbereit,
 Benutzeroberfläche ist optimiert,
 keine Rüstzeiten, da in sich geschlossene Einheit,
 kann problemlos an jeden Traktor angebaut werden.

Nachteile

Nur geringe Nutzungsdauer je Jahr,
 lange Brachzeiten können Probleme in der Elektronik ergeben (Kontakte),
 Gewöhnung bei unterschiedlichen Geräten erforderlich
 eigene Wegsensoren erforderlich, falls Normsignaldose nicht vorhanden,
 ermöglicht keinen Datentransfer zum oder vom Betriebsrechner,
 kein stufenförmiger Ausbau möglich (hohe Investitionen).

Diese Form der Elektronik zeigt damit alle Vorteile einer spezialisierten Technik. Die ausschließliche Ausrichtung auf das Einsatzziel führt zum Optimum. Bei geringen Einsatzumfängen wird diese Technik jedoch teuer. Zudem ist ein Datentransfer zum Betriebsrechner nicht möglich. Speziell bei dieser Elektronikform bringt die **Normsignaldose** große Vorteile. Mit ihr kann diese Technik problemlos an unterschiedliche Traktoren angebaut werden, wenn diese Traktoren über die Signalsteckdose und die erforderlichen Sensoren verfügen.

3.2.2 Mobiler Agrarcomputer

Im Sinne einer Vielfachnutzung im Baukastenprinzip entstanden mehrere Formen mobiler Agrarcomputer. Ihnen allen ist gemeinsam, daß sie

- für die unterschiedlichsten Steuerungsaufgaben immer den gleichen Prozessor und die gleiche Bedieneinheit nutzen,
- diese Einheit portabel auf unterschiedlichen Traktoren, Maschinen und Geräten einsetzen und
- von dieser Einheit eine zentrale Datentransfermöglichkeit zum Betriebsrechner eröffnen.

Dadurch wird sichergestellt, daß der mobile Agrarcomputer einen hohen Einsatzumfang je Jahr erreicht und dadurch niedrige Kosten verursacht. Voraussetzung für diese Form des Elektronikeinsatzes ist jedoch die umfassende Ausstattung eines Betriebes durch nur einen einzigen Elektronikhersteller (Abb. 52).

Der mobile Agrarcomputer enthält alle benötigten Steuerungsprogramme. Durch einen vielpoligen Stecker erkennt er das entsprechende Gerät und startet das dafür benötigte Programm. In den Geräten sind lediglich die erforderlichen Sensoren und Aktoren. Neu hinzukommende Steuerprogramme werden über spezielle Lademodule oder über das Austauschen von Chips eingefügt. Als Datentransfermedium dient eine

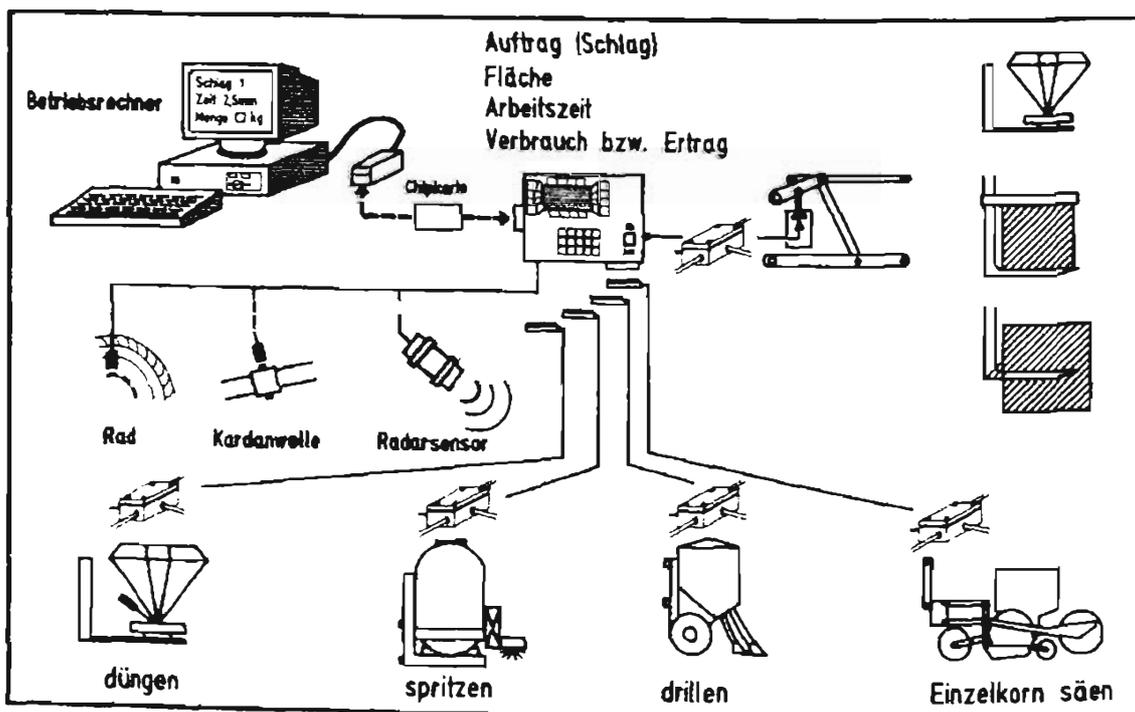


Abbildung 52: Einsatzgebiete des mobilen Agrarcomputers.

Leitung mit Steckverbindung, eine Chipkarte oder eine RAM-Box (siehe Abschnitt 3.4).

Der mobile Agrarcomputer besitzt folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Elektronik wird vielfältig genutzt und erreicht lange Einsatzzeiten, das System kann in Stufen ausgebaut werden; geringe Erstinvestition, Fahrer arbeitet immer mit der gleichen Benutzeroberfläche, das System kann die wichtigsten Steuerungs- und Überwachungsarbeiten übernehmen, Datentransfer zum Betriebsrechner ist fester Bestandteil.

Nachteile

wechselnder Einsatz erfordert Rüstzeiten, eingeschlagene Systemlinie kann nicht ohne weiteres verlassen werden, Benutzeroberfläche stellt einen Kompromiß dar, Landwirt bindet sich an einen Hersteller.

Demnach überwiegen die Vorteile gegenüber den Nachteilen. Hinzu kommt der problemlose Ausbau, so daß das »Schnuppern« leichter fällt. Sehr große Bedeutung hat jedoch der mögliche Datentransfer zum und vom Betriebsrechner.

3.2.3 Landtechnik-Bus-System (LBS)

Die eindeutigen Nachteile des mobilen Agrarcomputers liegen in der Bindung an einen Hersteller. Alle benötigte Elektronik muß von ihm kommen, wodurch u.U. deutliche Einschränkungen bei der Kaufentscheidung entstehen können. Im Sinne einer freien Kombinierbarkeit aller marktgängigen Komponenten mußte deshalb über die *Normung* eine Unabhängigkeit für den Landwirt versucht werden.

In der **Normsignalsteckdose** wurden deshalb schon die Pins für das derzeit im Normungsverfahren befindliche Landtechnik-Bus-System reserviert (Pin 5 und 6). »Bus« bedeutet dabei vergleichbar dem Omnibus eine Transporteinrichtung; in diesem Falle jedoch eine Einrichtung für den Datentransport. Das generelle Ziel dabei ist:

- Die Verlegung der Steuerelektronik mit den benötigten Sensoren und Aktoren in die Geräte,
- die Reduzierung aller Bedienteile für die Geräte auf nur noch eine Ein-/Ausgabeeinheit (Busterminal),
- eine Verbindung zwischen Traktor und Gerät mit nur noch zwei Drähten,

- ein zentraler Diagnosezugang,
- eine zentrale Stelle für die Datenübertragung zum und vom Betriebsrechner,
- eine Ankopplung der traktorinternen Elektronik an dieses System (Abb. 53).

Nur dadurch kann gewährleistet werden, daß jeder Hersteller von Maschinen und Geräten die für seine Technik optimierte Elektronik einsetzen kann. Auch der Traktorhersteller kann unabhängig interne Elektronik mit einer eigenen Informationseinheit einsetzen, wenn er einen Zugang zur Traktor-Geräteverbindung bereitstellt.

Die problemlose Kommunikation zwischen den verschiedenen Elektronikeinheiten wird über die Normung festgelegt. Sie betrifft die physikalische und die protokollarische Schnittstelle. Rein physikalisch werden wie bei den Impulssignalen in der Signalsteckdose die Spannungspegel, Flankenwinkel u.ä. festgeschrieben. Protokollarisch wird dagegen ein bindendes Datenformat festgelegt (Abb. 54).

Das Datenformat enthält ein System für die Berechtigung zum Zugriff auf den Bus (Arbitrierung). Dabei entscheiden die ersten drei Bits über die Priorität, danach folgen vier Bits für die Gerätegruppendifinition, ein Zweitgerätebit für zwei gleichzeitig angebaute gleiche Geräte und eine Kennungsnummer im System. Die folgenden Bits definieren die darauf folgenden Werte noch exakter. Tabelle 3 enthält die vollständige Arbitrierungsliste.

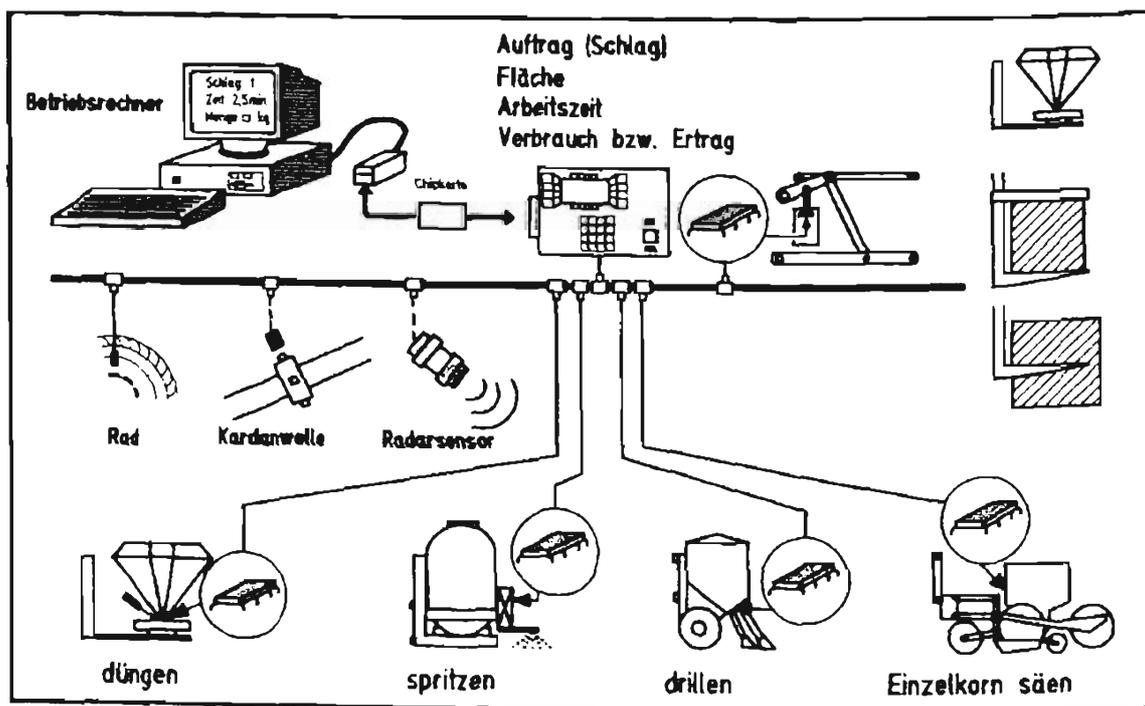


Abbildung 53: Schema des Landtechnik-Bus-Systems.

Tabelle 3: Arbitrierungssystem im Landtechnik-Bus-System (LBS).

Priorität	Bit-Nummer				
	1 3	4 7	8	9 11	
0	000	Geräte-Typ	0/1	Absender	Sollwert/Aktor
1	001	Geräte-Typ	0/1	Absender	Meßwert/Aktor
2	010	Geräte-Typ	0/1	Absender	Meßwert-Anfrage
3	011	0000	0	Absender	Kommando Broadcast
	011	Geräte-Typ	0/1	Absender	Kommando adressiert
4	100	Identifikation			Remote Sensor/Aktor
5	101	0000	0	Absender	Alarmtext
	101	Geräte-Typ	0/1	000	Initialisierungsmeldung
	101	Geräte-Typ	0/1	Kennung	Initialisierungs-Zuteilung
6	110	Geräte-Typ	0/1	Absender	Datenübertragung
7	111	0000	0	Absender	Displaytext ASC II
	111	0000	1	Absender	Display-Grafik GKS

————— erste Null gewinnt —————

Den gesamten Datentransfer im System übernehmen aus der Autoindustrie entnommene Chips. Sie können von den Geräteherstellern kostengünstig übernommen und eingebaut werden. Im Vergleich zu den Insel-

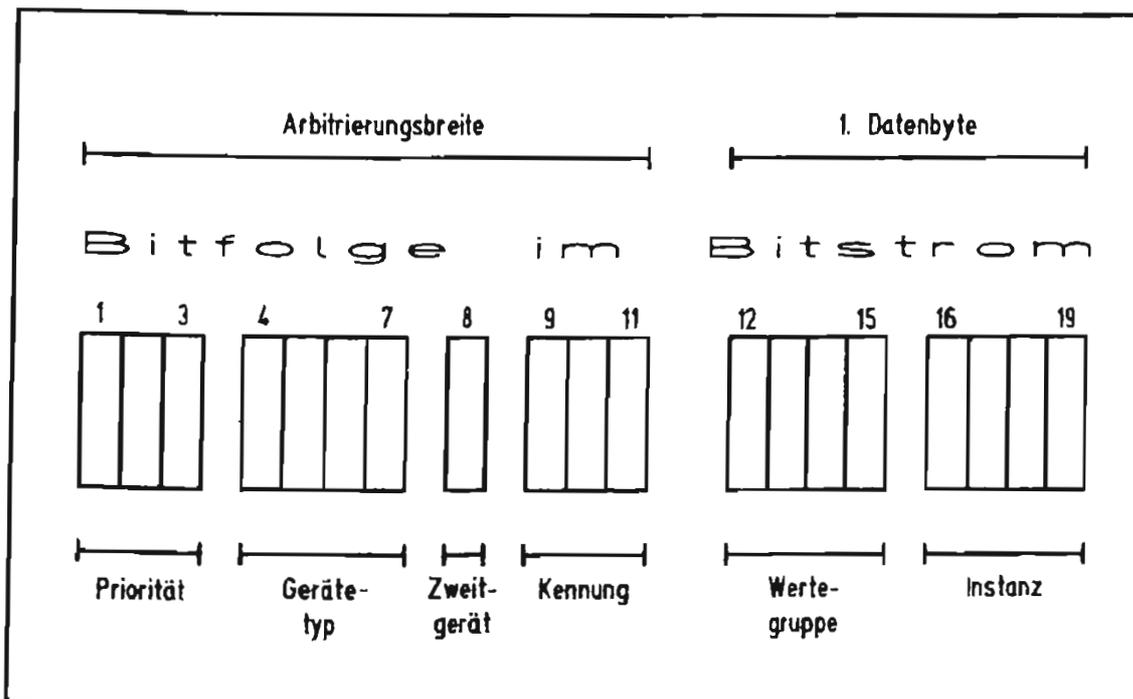


Abbildung 54: Datenformat im Landtechnik-Bus-System.

lösungen und zu den mobilen Agrarcomputern erhält das LBS einen klaren und übersichtlichen Aufbau (Abb. 55).

Darin können gleichzeitig bis zu 8 Geräte und weitere 256 intelligente Sensoren angeschlossen werden. Alle Elektronikeinheiten in den Geräten (sog. Jobrechner) sind gleichberechtigt und können je nach Priorität auf den Bus zugreifen.

Für den Hersteller ergibt sich daraus die Möglichkeit eine ihm optimal erscheinende Elektronik für sein Gerät zu entwickeln. Er kann diese so bauen, daß zum einen ein von ihm zur Verfügung gestelltes Terminal (Bedieneinheit) die Bedienung seiner Elektronik ermöglicht. Dadurch erreicht er eine Insellösung, wie sie unter Abschnitt 3.1 beschrieben wurde. Hat der Landwirt dagegen schon einen Traktor mit dem Bus-System und ein von ihm bevorzugtes Terminal, dann ersetzt der Gerätehersteller lediglich sein Terminal durch den entsprechenden Koppelbaustein (Mikrochip) und verbindet diesen mit der schon genormten Signalsteckdose. Problemlos kann dann der Landwirt mit dem ihm vertrauten Busterminal arbeiten und all jene Funktionen ausüben, welche mit dem Originalbedienterminal des Herstellers auch möglich wären.

Im praktischen Einsatz wird ein derartiges System durch die **Initialisierung** vor der eigentlichen Arbeit konfiguriert. Dies ist erforderlich, um unterschiedlichste Elektronikeinheiten miteinander in Kontakt bringen zu können und mit den erforderlichen Daten zu versorgen. Vereinfachend dargestellt spielt sich dabei folgender Ablauf ab:

Entsprechend der festgelegten Priorität wird sich nur ein Teilnehmer melden. Zwischen ihm und dem Busterminal kann dann ein Dialog ablaufen, der vielleicht so aussehen könnte:

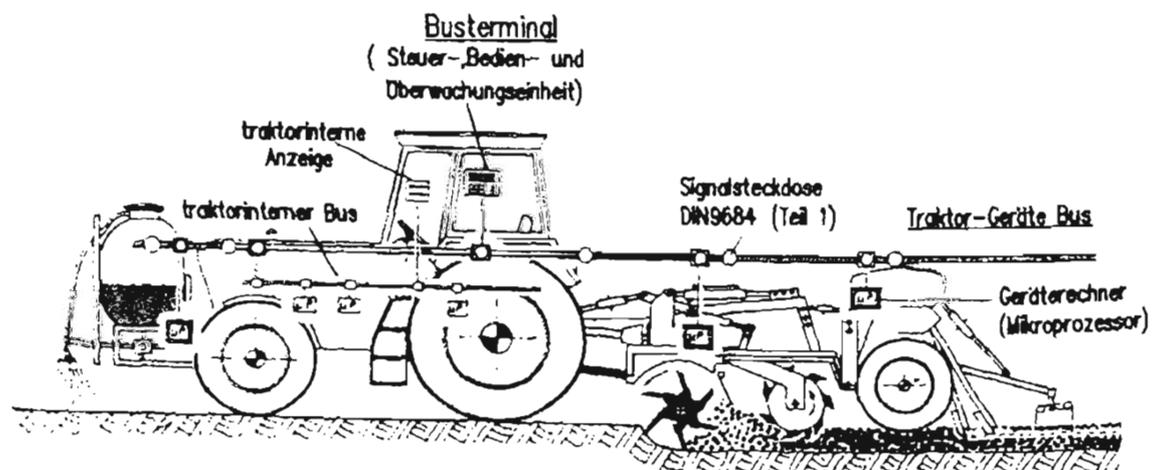


Abbildung 55: Landtechnik-Bus-System (Übersicht).

Auf dem Traktor befindet sich das Buserminal. Wird der Zündschlüssel eingeschaltet, dann wird das Terminal aktiviert und es kann nun automatisch ein sog. Initialisierungsprogramm (Startprogramm) ablaufen. Dieses Programm wird zuerst eine Eigendiagnose durchführen und hoffentlich feststellen, daß alles in Ordnung ist. Andernfalls erhält der Fahrer eine Meldung mit Hinweis auf den Fehler.

Im üblichen, also fehlerfreien Falle wird nun das Buserminal eine Nachricht an alle über Normsignalsteckdosen angeschlossenen Teilnehmer absenden mit der Aufforderung, sich zu melden. Ist kein Teilnehmer vorhanden, dann weiß das Programm im Terminal, daß im Grunde keine Steueraufgaben vorliegen und folglich wird intern dieser Zustand festgehalten. Eine Frage des Fahrers nach der Anzeige der schlupffreien Vorfahrt würde mit dem Hinweis bedacht, daß diese nicht ermittelt werden kann.

Angenommen, der Landwirt fährt nun mit dem Traktor zur Feldspritze und baut diese mit der eingebauten Zuteilelektronik an den Traktor an. Dann wird er auch deren Signalstecker mit der Dose im Traktor verbinden. Durch einen Tastendruck wird er danach dem Terminal mitteilen, daß erneut eine Initialisierung durchzuführen ist. Auf den entsprechenden Aufruf würden sich nun drei Teilnehmer melden, nämlich der Radarsensor, der Getriebesensor und der Geräterechner in der Feldspritze.

Buserminal

F: Wer ist am Bus?

A: Dann bist du ein Pflegegerät, du erhältst von mir ab sofort die Teilnehmernummer 1.

A: Akzeptiert, welche Daten benötigst du zur Steuerung?

A: Akzeptiert, ich sende diese auf Verlangen nach DIN-Kodierung.

A: Gut, Teilnehmernummer 1 schweigen.

F: Wer ist noch am Bus?

A: Dann bist du ein intelligenter Sensor, du erhältst von mir ab sofort die Teilnehmernummer 2.

Busteilnehmer

A: Gerät mit dem DIN-Kode 411 (hexadezimal).

A: Nummer 1 akzeptiert, ich kann vier Teilbreiten verarbeiten.

A: Menge, Druck, schlupffreie Vorfahrt.

A: In Ordnung, ich bin fertig.

A: Sensor mit der DIN-Kodierung 101.

A: Antwort akzeptiert, ich ...usw.

Nach einem derartigen Frage-Antwort-Spiel, welches natürlich sehr schnell abläuft, sind am Terminal bestimmte Texte vorhanden; Wahlta-
sten fordern den Fahrer auf, z.B. nun die gewünschte Ausbringmenge in l/ha einzugeben und die Eingabe mit einer speziellen Taste zu quittieren (bestätigen).

Ist auch dieser Vorgang abgeschlossen, dann stehen auf dem Terminal Hinweise zum Arbeitsbeginn zur Verfügung, oder es wird angezeigt, welche Informationen abgerufen werden können.

Dieses Beispiel zeigt, daß über eine derartige Norm eine weitgehende Unabhängigkeit bei freier Kombinierbarkeit mit unterschiedlichsten Geräten zu erzielen ist. Gleichzeitig kann der Fahrer immer mit dem gleichen Anzeige- und Bedienteil arbeiten. Neu hinzukommende Geräte werden aufgrund ihrer Anforderungen bedient und auch der Datentransfer kann in einer einmal erlernten Form mit dem gewählten Medium immer im gleichen Muster ablaufen.

Allerdings ist bis zu einer Fertigstellung dieser Norm ein weiter Weg:

- Generell muß dabei eine Einigung zwischen allen Herstellern erreicht werden,
- diese müssen schon vorhandene Produkte abändern,
- z.T. können dabei derzeit firmenspezifische Vorteile nicht ohne weiteres umgesetzt werden,
- bei dem heute schon multinationalen Angebot müßten sich alle Hersteller an die Norm halten,
- gleichzeitig muß die Norm soweit vorausschauen, daß neu hinzukommende Wünsche hinsichtlich neuer Sensortechniken problemlos in die Norm einbezogen werden können,
- auch darf die Norm nicht zu weit in die Zukunft weisen, weil sonst der einzelne Hersteller die geforderten Ziele u.U nicht erfüllen kann.

Insofern ist Normung auf diesem Sektor ein Kompromiß aus unbedingt Erforderlichem, heute schon Machbarem und in nächster Zukunft Absehbarem. Das Landtechnik-Bus-System erhält dadurch folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Firmenunabhängigkeit für den Landwirt,
problemlose Erweiterungsmöglichkeit,
geringste Investitionen,
gleichbleibende Benutzeroberfläche,
problemloser Datentransfer zum und vom Betriebsrechner.

Nachteile

Wartezeit bis zur Fertigstellung der Norm (nicht vor 1991 fertig)
komplexes System mit evtl. hohen Einstiegsbarrieren
Initialisierung muß vor jedem Einsatz durchgeführt werden
Norm muß sich »durchsetzen«

Dabei überwiegen eindeutig die Vorteile. Deshalb bleibt nur zu hoffen, daß die theoretische Norm baldmöglichst in die Praxis umgesetzt werden kann und dann jedem Landwirt zur Verfügung steht.

3.3 Sensoren für Geschwindigkeit und Position im Feld

Jede Arbeit mit Traktor und Gerät ist flächenbezogen. Deshalb wird nahezu immer die bearbeitete Fläche aus dem zurückgelegten Weg und der nutzbaren Arbeitsbreite benötigt. Letztere ist bei fehlerfreien Anschluß durch die Gerätearbeitsbreite vorgegeben, also fix.

Hingegen kann sich die wahre Fahr- bzw. Arbeitsgeschwindigkeit und damit der zurückgelegte Weg von der theoretischen Geschwindigkeit durch unterschiedlichen Schlupf und verschieden starkes Einsinken der Antriebsräder sehr stark unterscheiden. Die theoretische Geschwindigkeit ist deshalb für die exakte Arbeit mit regelnden Geräten in der Regel unzureichend. Mehrere Möglichkeiten für eine exaktere Wegmessung sind verfügbar (Tab. 4).

Tabelle 4: Systeme für die Weg- und Positionsbestimmung im Traktor mit Einschränkungen und Fehlerbereich

Meßsystem	Einschränkungen	Fehlerbereich (%)
Wegbestimmung		
Getriebesensor	keine	1 – unendlich
Vorderrad	nicht angetrieben	3
Kardanwelle	Allradantrieb	3
5. Rad		
am Traktor	störanfällig	1
an Transporteinheit	Transportarbeit	1
als Sech	Bodenbearbeitung	2
Radar		
am Traktorrumpf	nicht bei Pflegearbeit	1–6
in der Spur		1–4
Ultraschall		
am Traktorrumpf	nicht bei Pflegearbeit	1–6
in der Spur		1–4
Positionsbestimmung		
Funkortung (bestimmt x;y)	keine Bebauung, ebene Geländeform Reflektoren erforderlich	1–10 m
Satellitenortung (bestimmt x;y;z)	Überbauung Überwuchs	1–2 m

Wird für die Arbeit universell eine exakte Wegmessung benötigt dann scheiden der Getriebesensor, das 5. Rad und die Funkortung aus. Zusätzlich entfällt das Vorderrad am allradgetriebenen Traktor und somit verbleiben

- die berührungslosen Wegmeßverfahren und
- die Positionsbestimmung über Satelliten.

3.3.1 Berührungslose Wegmessung

Im Zusammenhang mit der Anti-Schlupfregelung hat der berührungslose Wegsensor Eingang in die Landwirtschaft gefunden. Er arbeitet überwiegend auf Radarbasis oder erst vereinzelt mit Ultraschall. Durch sehr unterschiedliche Untersuchungsergebnisse, insbesondere bei den Radarsensoren, sind jedoch diese Techniken in der Praxis in Verruf geraten. Dabei beruht die unbefriedigende Zuverlässigkeit nicht auf einer mangelhaften Technik, sondern auf fehlerhafter Anbringung, auf nicht exakter Kalibrierung oder auf unzulänglichen Signalverarbeitungsalgorithmen. Sehr umfangreiche eigene Prüfstandsmessungen zeigen durchaus zufriedenstellende Ergebnisse (Abb. 56).

Danach ist für die üblichen Anwendungsfälle bei Verteilarbeiten und bei der Anti-Schlupfregelanlage mit mittleren Fehlern zwischen 1,1 und maximal 5 % zu rechnen. Bezogen auf eine Arbeitsgeschwindigkeit von 5–7

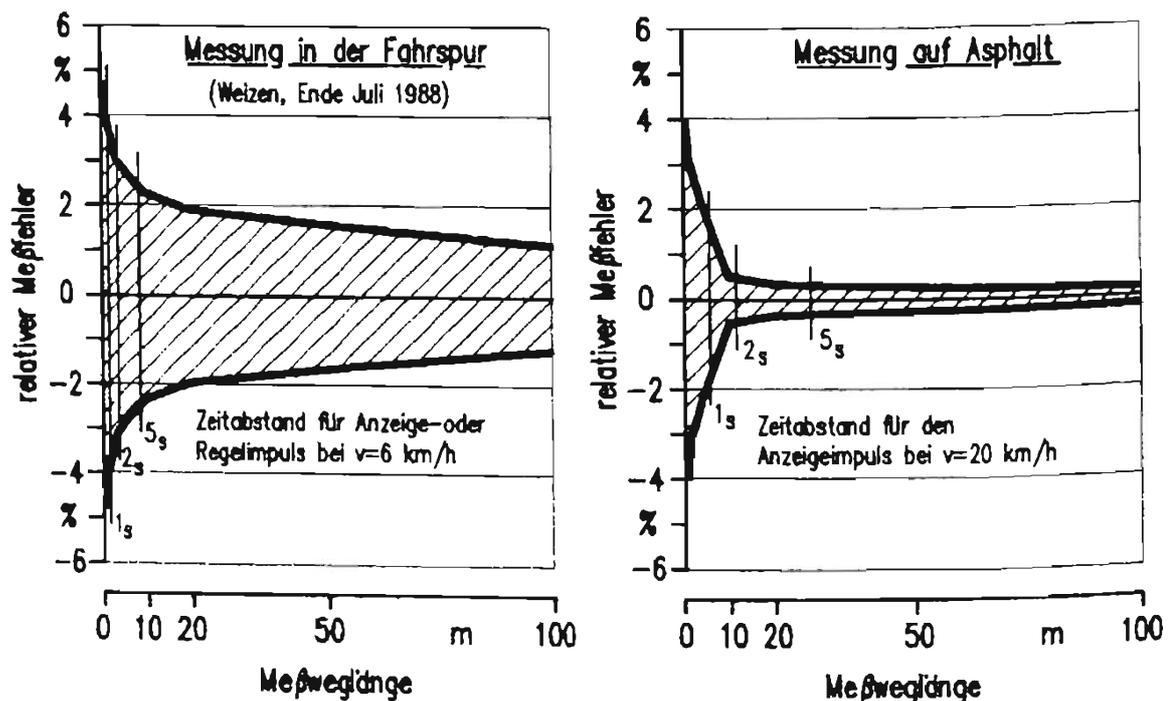


Abbildung 56: Meßgenauigkeit berührungslos arbeitender Wegsensoren.

km/h entspricht dies einem Fehler von 0,05–0,25 km/h. Voraussetzung ist jedoch

- die Anbringung im vorgeschriebenen Winkel,
- eine Anbringung mit Wellenabstrahlung in Richtung Hinterachse,
- Montage in der Fahrspur auf vorgeschriebener Mindesthöhe und
- eine exakte Kalibrierung vor der Arbeit.

3.3.2 Positionsbestimmung

Wird die Positionsbestimmung im Feld benötigt, dann stehen dafür zwei Möglichkeiten zur Verfügung (Abb. 57).

3.3.2.1 Linearisierung der Schläge und Wegmessung

Eine einfache Art der Ortung bietet sich über die Wegmessung unter Berücksichtigung der Arbeitsbreite an. Systematisch wird dabei der Schlag linearisiert, d.h. die einzelnen Fahr- oder Arbeitsspuren werden nacheinander abgearbeitet. Entsprechend einer Kartierung können nach den erforderlichen Wegelängen vom Rechner die geforderten Aktivitäten vorgenommen werden.

Die Erfassung der Wege muß dabei jedoch sehr genau erfolgen. Schlupffreie Wegmessung ist somit die Voraussetzung für dieses Ver-

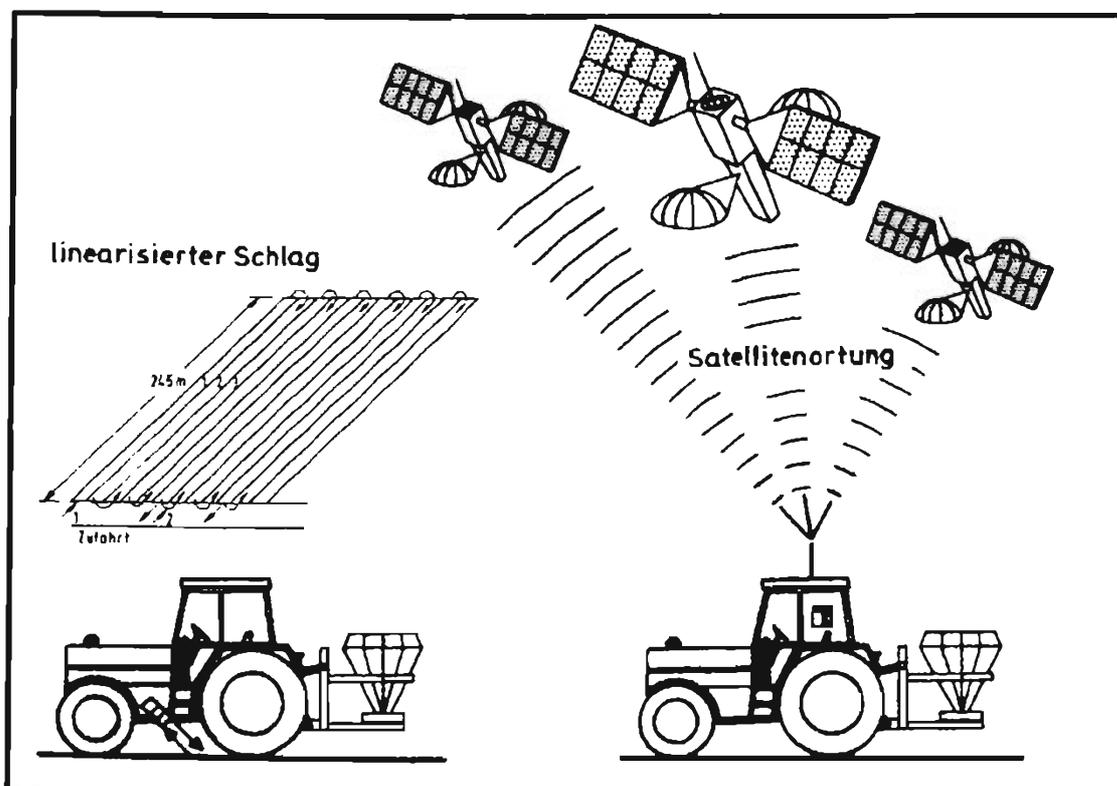


Abbildung 57: Ortungsmöglichkeiten landwirtschaftlicher Fahrzeuge im Feld.

fahren. Da sich jedoch der Schlupf bei Radsensoren, bzw. der Meßfehler bei Radarsensoren nie ganz ausschalten läßt, ist mit einem mittleren zufälligen Fehler von 2–3 % zu rechnen. Damit würde sich die exakte Ortung im Bereich von + 3 bis – 3 Metern auf 100 m Länge bewegen. Fehlerausgleichsrechnungen können am jeweiligen Schlagende eine Meßkorrektur herbeiführen und den Gesamtfehler in Grenzen halten.

Das Hauptproblem dieser Technik besteht jedoch in der Einbeziehung der Arbeitsbreite. Da bei der Düngung mit größeren Arbeitsbreiten ein exaktes Anschlußfahren nur in Verbindung mit Fahrgassen möglich ist, beschränkt sich diese Technik ausschließlich auf Maßnahmen im Bestand mit Fahrgassen für die Düngung und für die Spritzarbeiten. Allgemein läßt sich somit die Wegemessung zur Ortung im Feld mit folgenden Vor- und Nachteilen beschreiben:

Vorteile

Einfaches Meßsystem, bei Wendevorgängen können Meßfehler ausgeschaltet werden, Kontur des Feldes wird einbezogen.

Nachteile

Nur in Feldern mit Fahrgassen anwendbar, nicht exakte Fahrgassengestaltung führt zur Fehlerfortpflanzung in allen nachfolgenden Arbeiten, bei Teilarbeiten sind definierte Zu- und Abfahrten einzuhalten, Störungen im Geräteinsatz können zu Fehlleitungen führen.

3.3.2.2 Satellitenortungssysteme

Eine weitgehend fehlerfreie Ortung läßt sich nur durch den Einsatz von Satelliten erreichen. Basis dazu ist das GPS-System (Global Positioning System), bei welchem ab 1992 von jedem Standpunkt auf der Erde mindestens 4 stationär lokalisierte Satelliten erreichbar sind. Über Laufzeitmessung auf Funkbasis kann deshalb problemlos eine weitgehend fehlerfreie Ortung erreicht werden. Da dieses System künftig in der Kraftfahrzeugbranche als allgemein verfügbares Ortungssystem Eingang finden wird, ist zudem eine sehr starke Verbilligung der benötigten Bauteile zu erwarten. Erste Versuchsergebnisse zeigen heute schon mögliche Ortungsgenauigkeiten im Bereich von + 1 bis – 1 m.

Ein Satellitenortungssystem hätte somit folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Universelles Meßsystem, hohe Präzision nach x;y,z, überall einsetzbar.

Nachteile

In der Einführungsphase teuer.

3.4 Datentransfer zwischen mobiler Elektronik und Betriebsrechner

Alle beschriebenen elektronischen Steuer- und Regeleinheiten benötigen für das bessere Betriebsmanagement eine zuverlässige Datentransfermöglichkeit zum Betriebsrechner (PC). Werden dabei die wohl zu teureren Funkübertragungsmöglichkeiten ausgeschlossen, dann stehen dafür folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Fest installierte Datenleitungen,
- RAM-Box,
- Chipkarte.

3.4.1 Fest installierte Leitung

Nahzu ohne Problem läßt sich für die Datenübertragung eine fest installierte Leitung zwischen PC und Traktor realisieren. Vorzugshalber sollte dazu die äußerst preisgünstige serielle Schnittstelle auf der Basis V.24 Verwendung finden, weil dafür einfache Telefonleitungen zu verwenden sind. Bei Entfernungen von mehr als 15 m (und diese sind im landwirtschaftlichen Betrieb immer gegeben) können allerdings Übertragungsprobleme entstehen. Günstiger scheint deshalb die wesentlich weiter reichende RS 485 zu sein oder aber es wird sofort auf eine Stromschnittstelle (20 mA Current Loop) übergegangen. Alle diese Schnittstellen sind Zweidrahtleitungen und deshalb äußerst preisgünstig zu erstellen (Abb. 58).

In beiden Fällen sollten jedoch bei der Verlegung Mindestanforderungen erfüllt werden. Diese sind:

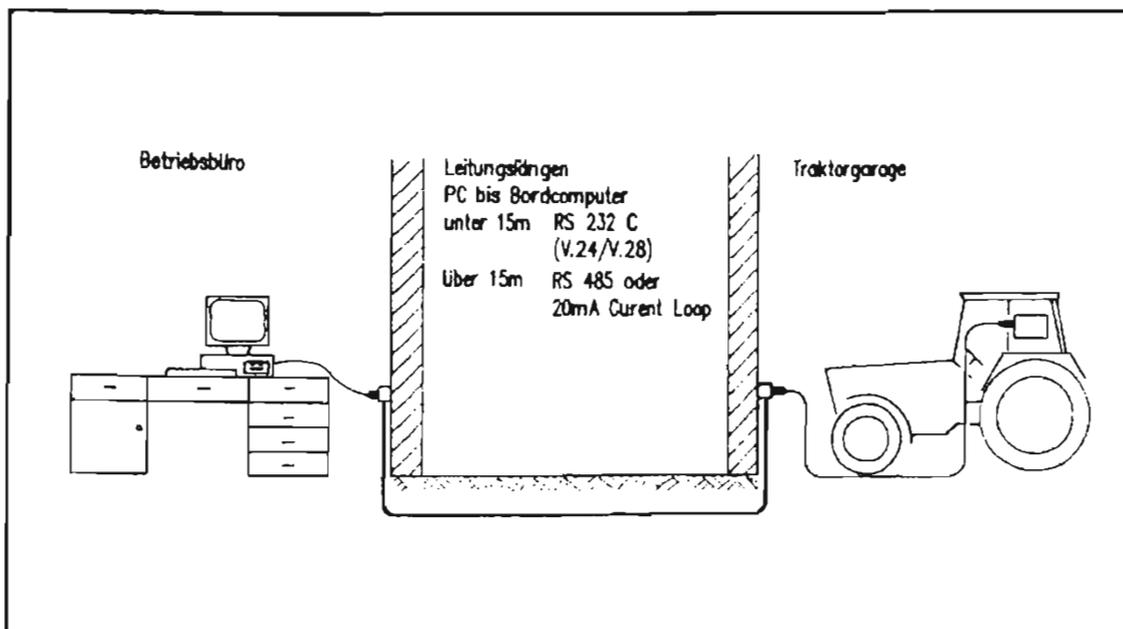


Abbildung 58: Schematische Verbindung von PC und mobiler Prozeßtechnik über eine fest installierte Leitung.

- Leitung nicht parallel zu Stromleitungen führen (wenn dies trotzdem sein muß, dann mindestens 20 cm Abstand halten);
- Datenleitung und Stromleitung nur senkrecht zueinander kreuzen,
- Freileitungen vermeiden (Blitzeinschlagsgefahr größer);
- Kabel in Kabelschächten oder Schutzrohren verlegen, damit »Nachziehen« problemlos möglich ist.

Eine fest installierte Leitung zwischen PC und mobiler Prozeßtechnik hat folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Einfache Verbindung auf Standardbasis,
Leitung kann selbst verlegt werden (Kostensparnis),
einfache Möglichkeit der Funktionsüberprüfung.

Nachteile

Stecker zur mobilen Prozeßtechnik muß immer gelöst und wieder verbunden werden (wenig Komfort),
Stecker besitzen nur eine begrenzte Zahl an problemlosen Steckvorgängen,
»Vergessen« kann größere Folgeschäden nach sich ziehen!
Jede mobile Prozeßtechnik erfordert in der Regel eine eigene Leitung,
Traktor muß an die Stelle der Steckverbindung gebracht werden.

3.4.2 RAM-Box

Eine elegantere Lösung stellt die RAM-Box zum Datentransfer dar (Abb. 59).

Dabei wird praktisch ein tragbarer Rechner eingesetzt, welcher nur die Funktion der Datenaufnahme (Speicherung) und Datenabgabe besitzt. Ein eingebauter Akku sorgt für die Aufrechterhaltung der Speicherung im RAM-Baustein. Wird die RAM-Box mit einer Tastatur versehen, dann ermöglicht sie zudem die Dateneingabe ähnlicher einer Speicherschreibmaschine.

Konzeptionell können für die RAM-Box die gleichen Gehäuse und die gleichen Bauteile wie bei den Prozeßrechnern auf dem Traktor oder im Gerät Anwendung finden. Dadurch werden höherer Stückzahlen und letztendlich Kostensenkungen erreicht.

Zur Kopplung an die mobile Prozeßtechnik wird eine prozeßrechnerspezifische Schnittstelle benötigt. Ein kurzes Kabelstück erleichtert die Arbeit, führt aber zu mehr Unhandlichkeit. Gleiches gilt für die Ankopplung an den PC. Dazu wird sinnvollerweise die V.24-Schnittstelle eingesetzt,



Abbildung 59: RAM-Box für das System BIOTRONIK.

wofür ebenfalls ein entsprechendes Kabelstück mit Stecker erforderlich ist. Aufgrund dieser Funktionsweise und der benötigten Steckverbindungen besitzt die RAM-Box folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Keine feste Verbindung zwischen mobiler Prozeßtechnik und PC erforderlich,
 gleiche Bauteile wie bei der Prozeßtechnik verbilligen das Medium,
 eine RAM-Box kann für mehrere mobile Prozeßtechniken des gleichen Herstellers eingesetzt werden (Lohnunternehmer),
 RAM-Box kann schon während der Arbeit mit der mobilen Prozeßtechnik als Speicher verwendet werden,
 schnelles Lesen vom und Schreiben in den Speicher,
 höherer Komfort als bei fester Leitung.

Nachteile

RAM-Box ist in der Regel unhandlich,
 RAM-Box hat zusätzliche Platzansprüche an die mobile Prozeßtechnik.

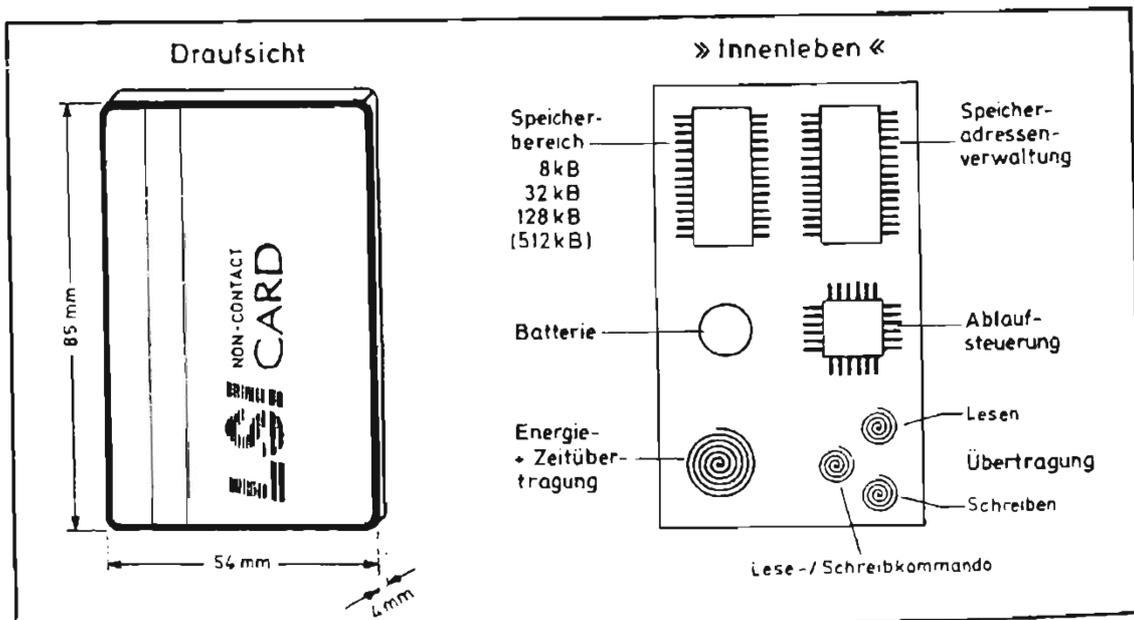


Abbildung 60: Schematischer Aufbau einer Chipkarte (System MÜLLER).

3.4.3 Chipkarte

Eine Miniaturisierung einer RAM-Box stellt die Chipkarte dar (Abb. 60). Das Beschreiben und Lesen der Chipkarte erfolgt über Kontakte, oder mittlerweile wesentlich unempfindlicher über kontaktlose Karten. Chipkarten sind relativ klein und deshalb besonders handlich.

Bedingt durch die weiter steigenden Speichermöglichkeiten bei immer kleiner bauenden Chipkarten und im Verhältnis zur Leistungsfähigkeit sinkenden Preisen zeigt die Chipkarte folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Keine feste Verbindung zwischen mobiler Prozeßtechnik und PC erforderlich, kontaktloses Lesen und Schreiben ist möglich (keine Verschmutzungsprobleme), Chipkarte kann für mehrere mobile Prozeßtechniken des gleichen Herstellers eingesetzt werden (Lohnunternehmer), Chipkarte kann schon während der Arbeit mit der mobilen Prozeßtechnik als Speicher verwendet werden, höherer Komfort als bei fester Leitung und RAM-Box.

Nachteile

Teure Schreib-Lesestation für den PC wird benötigt, relativ langsame Datenübertragung.

4 Elektronik in Geräten zur Bodenbearbeitung

Der Elektronikeinsatz in der Bodenbearbeitung steckt derzeit noch in den Kinderschuhen. Dies ist vor allem auf fehlende Grundkenntnisse über die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Größen der Bodenphysik und dem Ertrag zurückzuführen. Zum anderen fehlen derzeit auch die preisgünstigen Regeleinrichtungen, um für die stufenlose Vorfahrt oder für den verlustlosen stufenlosen Zapfwellenantrieb in den Geräten auch bei hohem Leistungsbedarf die erforderliche Steuerung bzw. Regelung durchzuführen (erste Ansätze im »dou speed« von FENDT).

4.1 Pflugsteuerung

Bei der elektronischen Pflugsteuerung geht es darum, in Abhängigkeit vom erforderlichen Zugkraftbedarf die maximale Flächenleistung zu erreichen. Dazu bieten sich zwei Ansätze an (Abb. 61).

Zum einen kann versucht werden, über einen elektronisch steuerbaren Gangwechsel entsprechend der jeweiligen Motorleistung immer im Bereich des *minimalen Kraftstoffverbrauches* zu arbeiten oder aber im

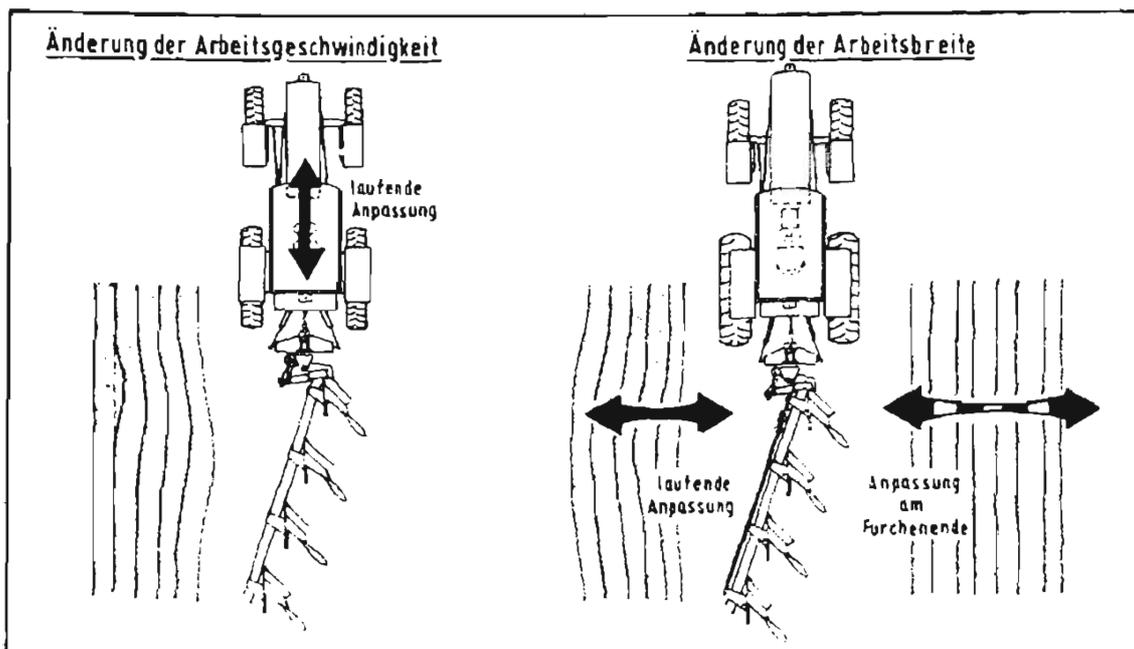


Abbildung 61: Möglichkeiten der elektronischen Pflugsteuerung.

Sinne eines *minimalen Arbeitszeitaufwandes* die geringstmögliche Zeit zu benötigen. Beide Strategien erfordern entsprechende Einrichtungen im Traktor (siehe Abschnitt 2.2.2).

Zum anderen kann aber auch die Strategie verfolgt werden, durch Änderung der Arbeitsbreite beim Pflügen den erforderlichen Zugkraftbedarf an die verfügbare Motorleistung anzupassen und dadurch unter gleichbleibenden Bedingungen die beste Schüttung zu erreichen, oder andere Ziele zu berücksichtigen. Insofern erscheint diese Form des Elektronikeinsatzes aus praktischer Sicht die bessere zu sein, weil dabei das Arbeitsergebnis »Pflügen« im Vordergrund des Interesses steht. Insofern soll hier diese Form des Elektronikeinsatzes näher vorgestellt werden, auch wenn dazu die Entwicklungsarbeiten in den Forschungslabors noch nicht abgeschlossen sind.

Fernziel ist dabei die Nutzung der EHR. Sie erfaßt auch heute schon über die Zugmeßbolzen laufend die erforderlichen Zugkräfte. Werden diese entlang einer Furche gespeichert, dann lassen sich daraus mehrere Ergebnisse ableiten. Zuerst kann problemlos der mittlere Zugkraftbedarf bestimmt werden. Diese Größe ist sehr leicht mit der dabei benötigten Motorleistung über den erforderlichen Kraftstoffbedarf zu vergleichen. Aus der Differenz kann dann die mögliche Schnittbreite bestimmt werden, wenn diese über einen Sensor aktuell erfaßt wird. Die mögliche Schnittbreite ist dann am Feldende (z.B. während des Wendevorganges) automatisch an die gewählte Arbeitsstrategie anzupassen, bei welcher wiederum die Arbeitszeit- oder die Kraftstoffminimierung als Strategie dienen kann.

Bei alleiniger Betrachtung des Mittelwertes würden sich jedoch Motorüberlastungen und dann in der Furche erforderliche Schaltvorgänge nicht vermeiden lassen. Deshalb müßten in diese Form der Steuerung auch die maximal erforderlichen Zugkräfte mit eingeschlossen werden. Sie wären dann so zu behandeln, daß insbesondere bei der kraftstoffsparenden Strategie der im Motor vorhandene Drehmomentanstieg auch an schwierigen Stellen einen problemlosen Durchzug im gleichen Gang ermöglichen würde.

Nicht vollständig abwegig wäre auch eine direkte Steuerung der Arbeitsbreite innerhalb der Furche, wobei der Regelweg allerdings auf eine vorgegebene maximale Schnittbreitenänderung zu beschränken wäre. Ansonsten würden sich bei dieser Art der Regelung ständig verändernde Furchenbilder nicht vermeiden lassen.

Ansätze für eine elektronische Regelung nach *Pflugschüttung* durch Erfassen des Schüttbildes lassen sich heute noch nicht verwirklichen. Jedoch sind dazu durch die Fortschritte auf dem Sektor der Bildanalyse in Zukunft Lösungsmöglichkeiten durchaus denkbar.

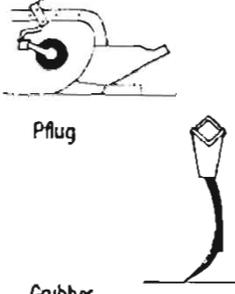
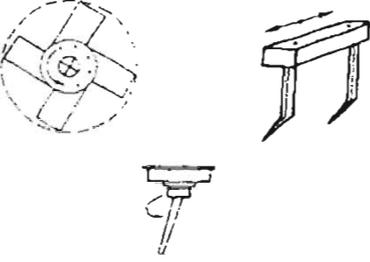
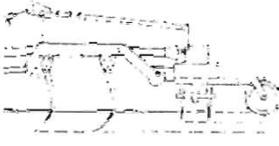
	<u>gezogen</u>	<u>rotierend</u>	<u>kombiniert</u>
	 <p>Pflug</p> <p>Grubber</p>	 <p>Fräse</p> <p>Kreiselegge</p> <p>Rüttelegge</p>	
Regelgröße	Arbeitsgeschwindigkeit Arbeitsbreite —	Arbeitsgeschwindigkeit Rotordrehzahl — Hubfrequenz —	Arbeitsgeschwindigkeit Rotordrehzahl
Meßgrößen	Bodenwiderstand Arbeitstiefe Krümelung	Arbeitstiefe Krümelung Drehmoment — Erdwall —	Arbeitstiefe Krümelung Drehmoment

Abbildung 62: Entwicklungsstrategien des Elektronikeinsatzes in der Bodenbearbeitung.

4.2 Fräsensteuerung

Ähnlich dem Pflug würde die Steuerung der Fräsen nach dem erreichten Arbeitsergebnis das große Ziel des Elektronikeinsatzes darstellen. Auch dazu fehlen jedoch derzeit noch die entsprechenden Sensoren zur Erfassung der Krümelwirkung, so daß sich die ersten Einsätze der Elektronik auf die alleinige Überwachung der *Rotordrehzahlen* beschränken müssen. Allgemein reicht dazu jedoch die Überwachung über die Zapfwelldrehzahl aus (Abb. 62).

5 Elektronik in Verteilgeräten

In der Verteil- bzw. Zuteiltechnik hat die Elektronik einen großen Einsatzumfang erreicht. Er spannt sich von der Sämaschine über den Düngestreuer und die Pflanzenschutzspritze bis hin zur Gülleverteiler und Beregnung. Auch spezielle Anwendungsfälle in Sonderkulturen sind mehr und mehr zu beobachten. Sie werden jedoch in diesem Abschnitt ausgeklammert.

Bei all diesen Anwendungsformen stellt die *wegabhängige Ausbringung* das generelle Ziel dar. Dieses kann je nach Wunsch und Bedarf des einzelnen Landwirts in den Stufen

- verbesserte Überwachung der Ausbringmenge,
- exaktere und schnellere Möglichkeiten manueller Nachregelung oder
- automatisierte wegabhängige Regelung

realisiert werden.

5.1 Sämaschinen

Bei den Sämaschinen ist in der Elektronikanwendung zwischen den Drillmaschinen und den Einzelkornsäegeräten zu unterscheiden. Elektronik verfolgt dabei jeweils unterschiedliche Zielsetzungen.

5.1.1 Drillmaschinen

Das Hauptziel des Elektronikeinsatzes in Drillmaschinen gliedert sich in drei Einsatzbereiche. Dies sind die

- automatisierte Steuerung der Fahrgassenschaltung,
- Überwachung der Tiefenablage,
- exakte Ausbringung der vorgegebenen Kornzahlen je Flächeneinheit.

5.1.1.1 Fahrgassenschaltung

Die Fahrgassen- oder Spurschachtschaltung wird in der Regel über das Schließen einzelner Saatröhren erreicht. Daß dafür die Elektronik zur

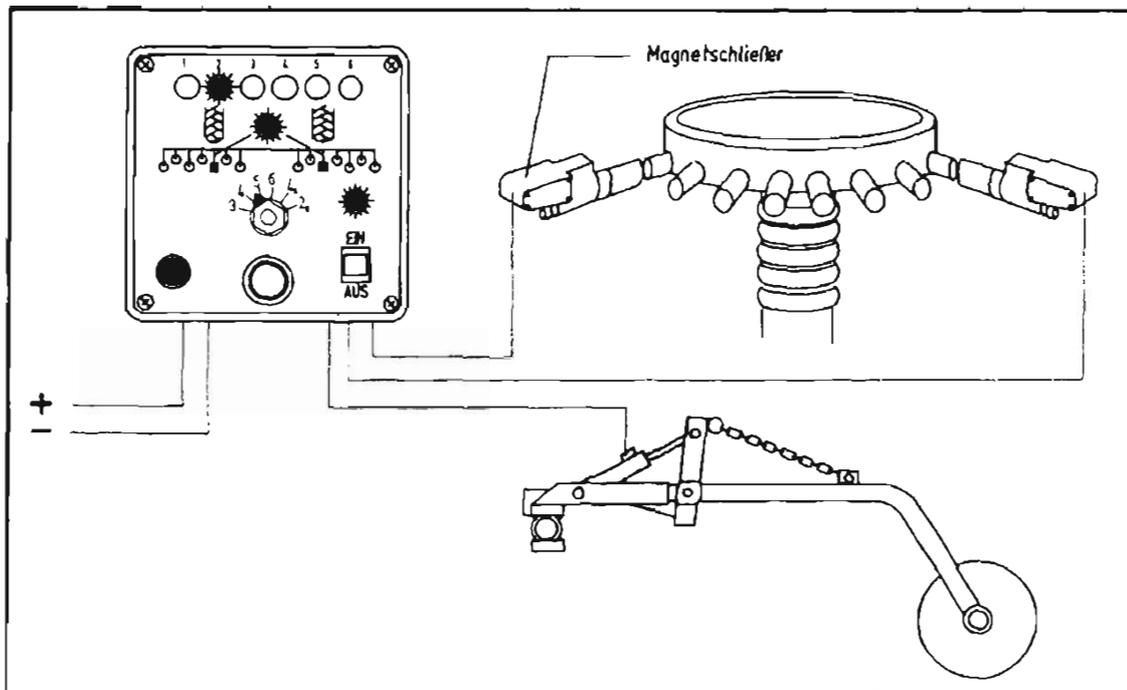


Abbildung 63: Schematische Darstellung einer elektronischen Fahrgassenschaltung [9].

Steuerung herangezogen werden kann, versteht sich nahezu von selbst. Derzeit werden derartige Einrichtungen von mehreren Herstellern angeboten. Das Arbeitsprinzip zeigt Abb. 63.

Als Sensor fungiert der **Spuranzeiger**, um das Ausheben der Maschine anzuzeigen. Per Vorwahl wird vorgegeben, in welchen Abständen ein oder zwei Saatleitungen zu schließen sind, um die Fahrgassen entsprechend der Arbeitsbreite der Drillmaschine mit Düngerstreuer und Feldspritze in Einklang zu bringen. Das Programm im Prozessor schließt dann in Abhängigkeit der Zahl der Fahrten über Magnetventile die entsprechenden Leitungen.

Gegenüber der mechanischen Fahrgassenschaltung eröffnen sich dadurch wesentlich mehr Möglichkeiten in der Anpassung an die Arbeitsbreiten der Folgegeräte. Trotzdem bleiben deren Mängel durch Fehlsequenzen erhalten, wenn z.B. durch ein Ausheben innerhalb der Schlaglänge der Elektronik ein Schlagende vorgetäuscht wird.

Elektronik ersetzt somit nur Mechanik und erweitert den Leistungsumfang!

5.1.1.2 Überwachung der Tiefenablage

Die Saattiefe stellt ein wesentliches Ausgangskriterium für einen hohen Ertrag dar. Gezielte Maßnahmen bei der Saatbettbereitung sind dafür die besten Voraussetzungen. Elektronik kann zusätzlich eingreifen, um

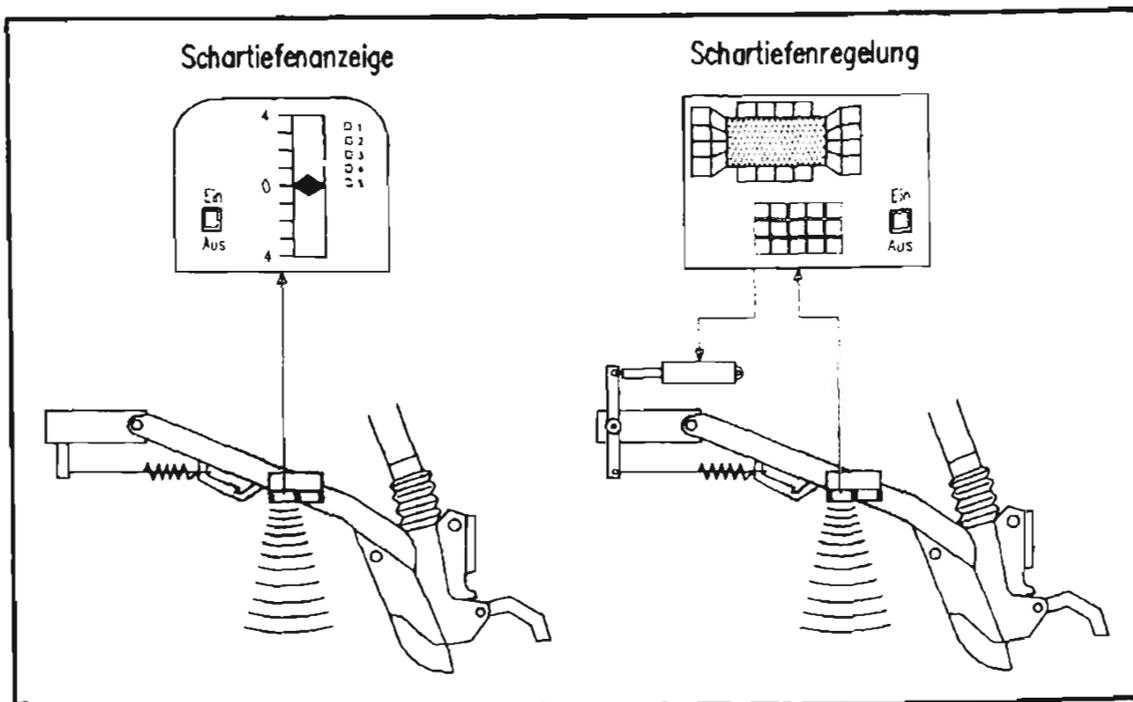


Abbildung 64: Schartiefenanzeige (links) und Schartiefenregelung (rechts).

Nachteile aus dem nicht erreichten Optimum, bedingt durch nicht zeitgerechte Bearbeitung, wechselnde Böden oder unterschiedliche Feuchtgehalte der Böden auszugleichen.

Als Sensor wird dazu an **einem Sächar** eine Tiefenmeßeinrichtung verwendet (Abb. 64).

Dabei wird über **Ultraschall** laufend der Abstand des Scharträgers zum Boden ermittelt. Bei gleichmäßiger Oberfläche stellt dieses Signal eine gute Meßgröße dar. Ungleiche Krümelgrößen verursachen dagegen große Streuungen der Meßwerte. Die Elektronik im Sensor muß deshalb geeignete Mittelwerte bilden können, weil sonst aus der Messung ein sehr unstetes Steuerungssignal zustande käme oder stark abweichende Tiefenwerte vollständig entfallen könnten.

Die Umsetzung des entstehenden Signales kann in zwei Stufen erfolgen:

- Schartiefenüberwachung und
- Schartiefenregelung.

Schartiefenüberwachung: In Form der Überwachung wird die jeweilige Schartiefe auf einer besonderen Einheit angezeigt. Abweichungen vom vorgegebenen Soll können darüberhinaus akustisch signalisiert werden. Generell hat jedoch der Fahrer auf dieses Signal selbst zu reagieren und den Schardruck entsprechend der gewünschten Ablagetiefe nachzuführen.

Diese Form der Elektronik zur Schartiefenführung zeigt folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Aktuelle Information über die vorliegende Schartiefe, Genzwertüberschreitung wird akustisch dargeboten (wird sicher beachtet, wenn nicht zu häufig), Information ist bei wechselnden Bodenarten sehr wichtig.

Nachteile

Information wird mit länger andauernder Arbeitszeit weniger beachtet, Messung erfolgt nur an einer Stelle, weshalb nur eine u. U. zufällige Information gewonnen wird, Qualität des Programmes im Sensor entscheidet über Signalgüte bei Kluten u. a.

Schartiefenregelung: Bei einer automatisierten Schartiefenregelung wird das Schartiefensignal von einem mobilen Agrarcomputer (z.B. bei AMAZONE) erfaßt und direkt zur Regelung des Aktors zur Schardruckverstellung verwendet. Damit entfällt für den Fahrer jegliche zusätzliche Arbeit. Ihm verbleibt nur die Überwachung der Elektronik.

Diese Form des Elektronikeinsatzes hat folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Auch bei langer Arbeitsdauer bleibt der Effekt der Einrichtung erhalten.

Nachteile

Durch die Beschränkung auf einen Tiefensensor kann über die Arbeitsdauer eine beständige Falschregelung stattfinden, höherer Aufwand für Elektronik.

Somit zeigen beide Formen bei Vorteilen in der besseren Überwachungsmöglichkeit auch nicht zu übersehende Nachteile. Gerade diese deuten darauf hin, daß der Einsatz dieser Elektronik nur auf stark wechselnden Böden sinnvoll erscheint oder vor allem dort angebracht ist, wo nur mit Hilfe von Elektronik bei unzuverlässigen Arbeitskräften die geforderte Arbeitsqualität zu erreichen ist.

5.1.1.3 Saatgutablage nach Körnern je Flächeneinheit

Oberstes Ziel bei der Saat ist das gleichmäßige Ausbringen von Saatgut auf der zu säenden Fläche. Dies wird nur erreicht, wenn während der Arbeit gleichbleibend die selben Arbeitsbedingungen wie bei der Abdreh-

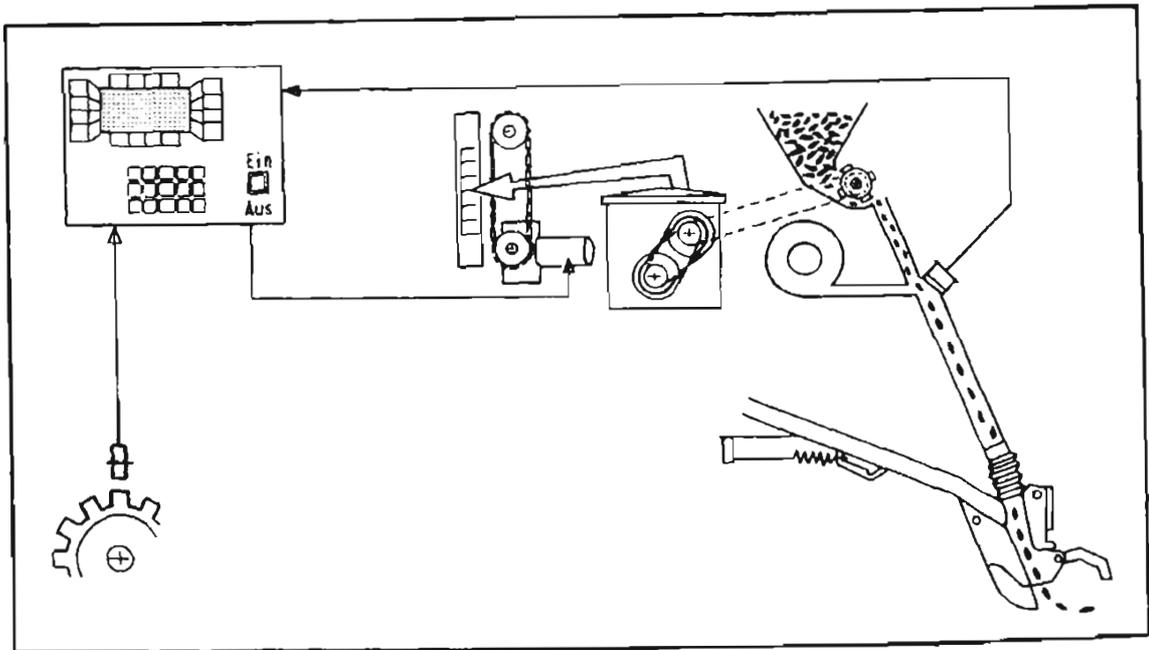


Abbildung 65: Regelsystem zur Saatgutdosierung nach Körnern je Flächeneinheit [10].

probe vorliegen. Wechselnde Bedingungen mit unterschiedlichem Schlupf führen in der Praxis jedoch immer zu mehr oder weniger großen Abweichungen. Ein regelndes System muß deshalb nach Vorgabe der Körnerzahl/m² in Abhängigkeit von der wahren Vorfahrt eine gleichbleibende Saat gewährleisten (Abb. 65).

Die derzeit verfügbaren Systeme (BIOTRONIK und AMAZONE) bedienen sich dazu mobiler Agrarcomputer. Sensoren erfassen die wahre Vorfahrt und die Zahl der ausdosierten Körner, wobei die gleiche Technik wie beim Verlustsensor am Mähdrescher angewendet wird (Piezokristalle). Die Nachregelung erfolgt über den Computer und beeinflusst die Dosierwelle, indem direkt der elektrische Antrieb der Welle gesteuert (BIOTRONIK) oder mit Hilfe eines Elektromotors das Sägegetriebe verstellt wird. Eine derartige Regeleinrichtung besitzt folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Abdrehprobe entfällt,
Kornzahl je Flächeneinheit ist immer gleich,
wechselnde Bedingungen werden sofort von den Sensoren erkannt und ausgeregelt,
Saatgut mit ungleicher Körnergröße führt zu keiner Abweichung von der auszubringenden Saatgutmenge.

Nachteile

Körnerzählung erfolgt nur an einer Stelle der Säwelle.

5.1.2 Einzelkornsägeräte

Elektronik bei der Einzelkornsaat wird derzeit zur Überwachung und zur Regelung der vorgegebenen Ausbringmenge eingesetzt (Abb. 66).

5.1.2.1 Überwachung der Ausbringmenge

Die Ausbringmenge läßt sich auf mehrere Arten überwachen. Zum einen kann eine einfache Drehwellenüberwachung der Dosierwellen Sicherheit für eine stattfindende Ausdosierung vermitteln. Zum anderen können Optogeber die tatsächlich ausdosierten Körner erfassen, wobei zwei unterschiedliche Systeme zum Einsatz gelangen. Mittels Lichtschranken wird z.B. das jeweils ausfallende Saatkorn erfaßt (BECKER) oder ein Optogeber überwacht die Kornbelegung der Vereinzlungsscheibe (AMAZONE). In beiden Fällen führt der Sensoreinsatz zur ausgebrachten Körnerzahl/Zeiteinheit.

Für die Überwachung wird dazu noch der zurückgelegte Weg benötigt, um aus der Zahl der Körner/Zeiteinheit und der Weglänge/Zeiteinheit die Zahl Körner/Flächeneinheit errechnen und mit dem Sollwert vergleichen zu können. Bei Abweichungen über 10 % erfolgt dann in der Regel ein akustisches Signal. Auch diese Überwachungsaufgabe übernehmen derzeit mobile Agrarcomputer.

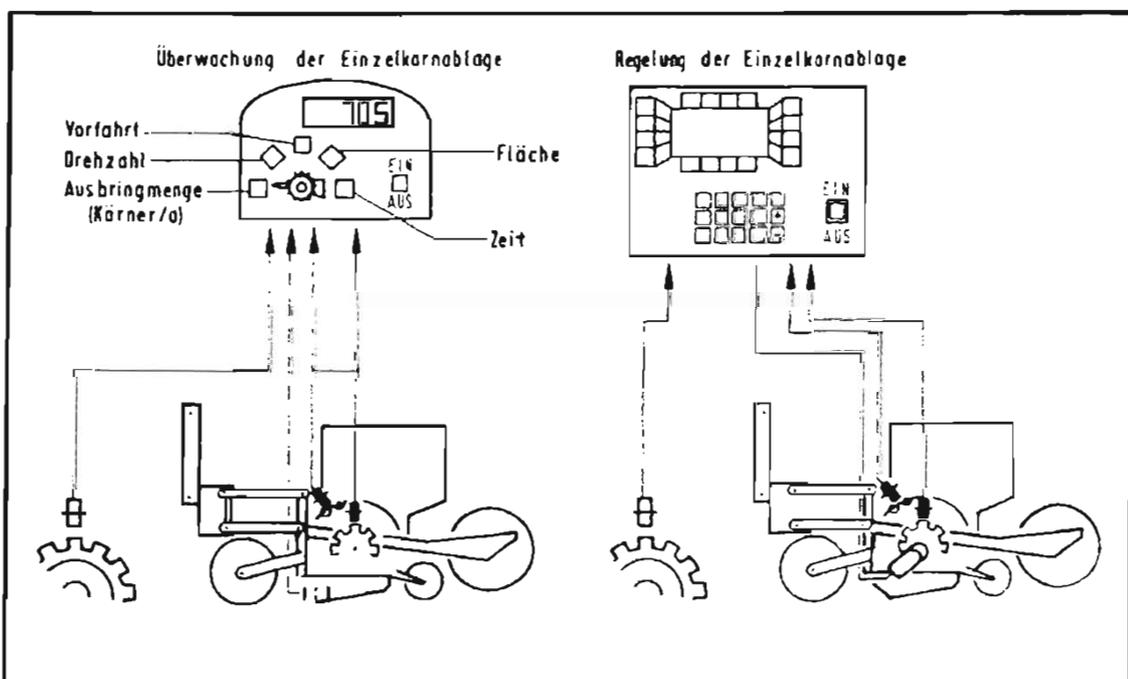


Abbildung 66: Überwachung (links) und Regelung (rechts) der Ausbringmenge bei Einzelkornsägeräten (schematisch).

5.1.2.2 Regelung der Ausbringmenge

Ähnlich der Regelungstechnik an Drillmaschinen wird auch bei Einzelkornsäegeräten eine Regelungstechnik angeboten (AMAZONE). Dabei erfolgt die Nachführung der ausdosierten Körner über einen hydraulischen Antrieb der Vereinzlungsscheiben. Zusätzlich kann dabei über die Plus-/Minusschaltung in 10er-Schritten die Ausbringmenge verändert werden. Allerdings resultiert daraus dann auch ein anderer Pflanzenabstand in der Reihe, der mit Sicherheit nur in Ausnahmefällen das Ziel der Einzelkornsaat sein kann.

Wird bei den Regelvorgängen der vorgegebene Sollwert nicht erreicht, dann erfolgt wie bei der reinen Überwachung ein akustisches Signal.

Der Elektronikeinsatz bei der Einzelkornsaat läßt sich wie folgt beurteilen:

- Elektronische Überwachung der Ausbringmenge ist eine äußerst nützliche Zusatzeinrichtung und vor allem bei Geräten mit mehr als vier Reihen Arbeitsbreite unbedingt erforderlich.
- Die Regelung in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit ist dagegen nur in Ausnahmefällen erforderlich, da
 - Einzelkornsäegeräte ohnehin nach Körnern/Flächeneinheit ausdosieren,
 - Schlupf des Traktors keinen Einfluß auf das Gerät ausübt (eigener Antrieb),
 - eine Regelung nach veränderter Körnerzahl/Flächeneinheit eine sicher nicht erwünschte Veränderung des Pflanzenabstandes nach sich zieht.
- Wird für diese Aufgaben der mobile Agrarcomputer eingesetzt, dann erhöht sich dessen Einsatzspektrum bei gleichzeitiger Verbilgung für den Einzelfall.

5.2 Düngerstreuer

Elektronikeinsatz in Verbindung mit dem Düngerstreuer erlangt im Zeichen einer umweltschonenden Produktion eine zentrale Bedeutung. Die Aufgaben der Elektronik sind dabei:

- Abdreh- und Einstellfehler zu vermeiden,
- den zu verteilenden Dünger wegabhängig, also gleichmäßig auf der Fläche exakt zu dosieren,
- künftig Boden- und Ertragskartierungen bei der Verteilung zu berücksichtigen.

Aus diesen Forderungen ergeben sich die unterschiedlichen Einsatzformen der Elektronik bei der Düngung.

5.2.1 Überwachung der auszubringenden Düngermenge

Die Mineraldüngung hat in den vergangenen 30 Jahren einen starken Wandel erfahren. Ausgehend von einem minimalen Düngeraufwand wurden zuerst die Düngermengen/Flächeneinheit mehr und mehr gesteigert. Die Ausbringung erfolgte z.T. von Hand oder mit einfachen Kastenstreuern. Durch die zunehmenden Düngermengen mußte zwangsläufig eine verbesserte Mechanisierung eingeführt werden, der Trend ging zum Schleuderstreuer in der Dreipunkthydraulik des Traktors. Um die verbleibende schwere körperliche Arbeit beim Transport der Düngersäcke zu umgehen und Verpackungsmaterial einzusparen wurde schließlich auf die »Lose-Dünger-Kette« übergegangen. In jüngster Zeit wandelt sich die Technik erneut, wobei mehr und mehr der Exaktstreuer eingesetzt wird.

Trotz dieses sich auch weiterhin fortsetzenden Wandels ist die Arbeitsumgebung um den Düngerstreuer weitgehend gleichgeblieben. Auch heute wird üblicherweise die Einstellung nach Erfahrungen und Aufzeichnungen aus den vergangenen Jahren vorgenommen. Dabei erfolgt allenfalls eine Korrektur, wenn in der Vergangenheit die verfügbare Düngermenge nicht ausgereicht hat oder wenn erhebliche Probleme bei der Ernte von Lagerfrucht einen bleibenden negativen Eindruck hinterlassen haben. Wird –insbesondere in Ausbildungsbetrieben – dagegen tatsächlich eine Abdrehprobe vorgenommen, dann erfolgt auch diese nicht unter realistischen Bedingungen. In der Regel wird nämlich dabei

- der Düngerstreuer nur unvollständig gefüllt (Reifeneinfederung entspricht nicht dem darauf folgenden Feldeinsatz),
- die Meßstrecke in der Regel auf asphaltiertem oder betoniertem Weg zurückgelegt (Einsinktiefen der Profile bleibt unberücksichtigt, Reifeneinfederung ist unterschiedlich zum Ackereinsatz) und zudem
- die Abdrehprobe mit zufälligem Material durchgeführt (Hygroskopizität ändert das Fließverhalten des Losedüngers sehr stark).

Alle diese Gründe und die Sorge, bei der in die Zukunft gerichteten Ertragsvorsorge »auf der sicheren Seite des Lebens zu stehen«, führen in der Praxis dazu, daß Überdüngungen gegenüber dem geplanten Soll von 10–30 % die Regel und darüberliegende Werte durchaus nicht die Ausnahme sind (Abb. 67).

Die laufende Kontrolle der ausgebrachten Düngermenge kann in all diesen Fällen

- Aufwandskosten senken (im Mittel 10–15 %),
- die gesamte Betriebsführung verbessern, weil Nachbestellungen und Nachlieferungen entfallen und
- gezielt die Umwelt entlasten.

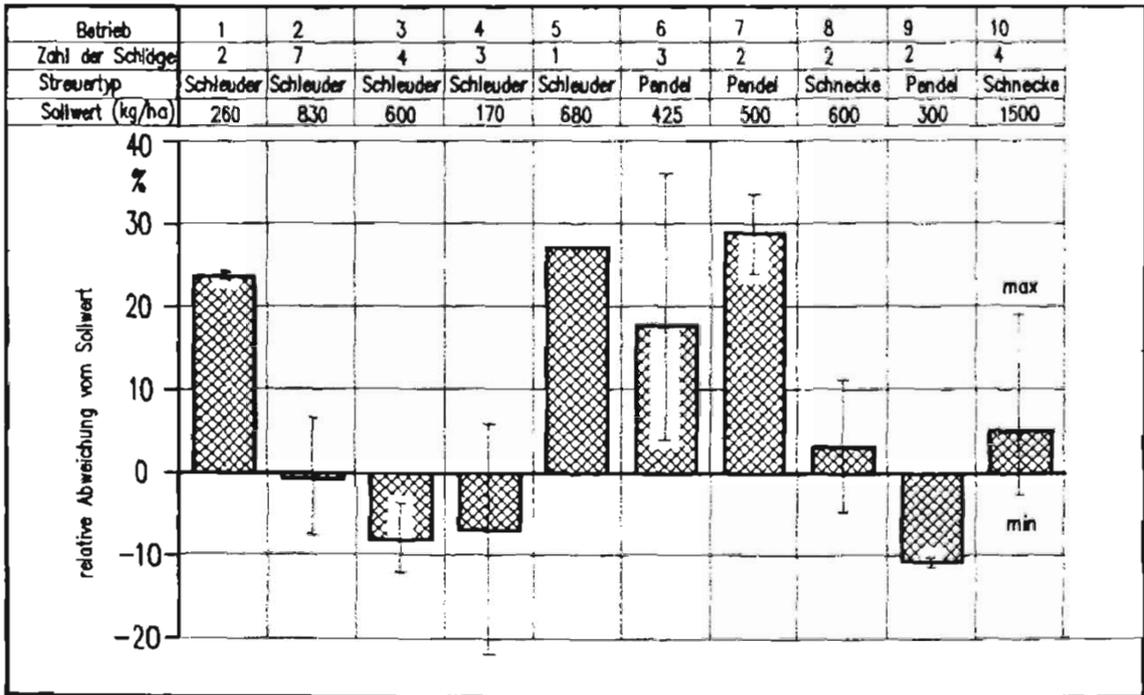


Abbildung 67: Relative Abweichung der ausgebrachten Mineraldüngermengen gegenüber der Soll-Vorgabe.

Um dies zu erreichen, müssen elektronische Wiegeeinrichtungen in Verbindung mit dem Düngerstreuer eine laufende Überwachung der ausgebrachten Mengen ermöglichen. Dazu kommen die in Abschnitt 2.1.4.2 dargestellten Hilfen in Frage.

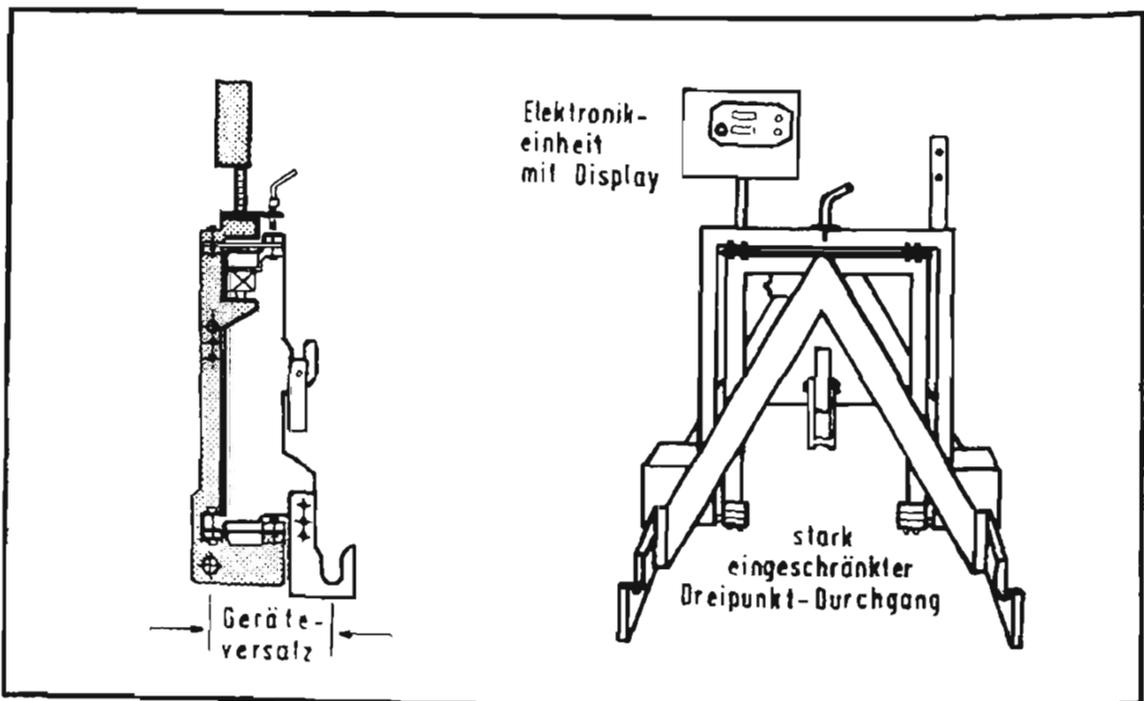


Abbildung 68: Wiegerahmen für die Dreipunkthydraulik des Traktors.

5.2.1.1 Dreipunktwiegerahmen am Traktor

Diese Wiegeeinrichtung wird derzeit von zwei Herstellern auf dem Markt angeboten (LANDSBERG, VLIEBO). Sie zeichnet sich durch hohe Genauigkeit und weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber dem Schwerpunktabstand zum Wiegerahmen aus (Abb. 68).

Die Geräte beider Hersteller sind weitgehend identisch. Durch die eigenständige Elektronik sind sie eigenständige Einheiten. Über eine interne Batteriepufferung können sie unabhängig vom Traktorbordnetz über längere Zeit arbeiten. Interne Tarierroutinen ermöglichen die Anpassung an unterschiedliche Leergewichte.

Mit diesen Einrichtungen kann der Landwirt mit hohem Flächenbesatz schon heute problemlos die Ausbringung der Düngermengen überwachen. Sie zeichnen sich beim Einsatz in der Düngung durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile

Hohe Genauigkeit, ein Wiegerahmen kann für verschiedene Traktoren eingesetzt werden (wichtig bei Alttraktoren), mit entsprechender Vorrichtung kann er auch als Standwaage verwendet werden, zeigt keinen Einfluß durch den Schwerpunktabstand des Gerätes.

Nachteile

Hoher Preis, Schwerpunkt wird nach hinten verlagert (stärkere Belastung der Hinterachse), bei manchen Düngerstreuern Probleme bei der Bedienung, für manche Düngerstreuer sind spezielle Anbauteile erforderlich, keine automatisierte Datenübergabemöglichkeit in den Betriebsrechner.

5.2.1.2 Druckmessung in der Traktorhydraulik

Die Druckmessung im Hydrauliksystem wird derzeit von zwei Herstellern als Wiegesystem angeboten. Beide beschränken ihre Ausrüstung auf jeweils nur ein Traktorfabrikat. In der Funktion und im Aufbau sind beide Systeme unterschiedlich.

Das Wiegesystem von »eh Elektronik« beruht auf einem eigenem Prozeßrechner für die Wiegetechnik und stellt somit eine spezifische Ausrüstung dar (Abb. 69).

Das System wird elektronisch gesteuert und hebt zum Wiegen das Dreipunktgestänge an einer definierten Stelle kurz an (etwa 5 cm Hubhöhe). Danach wird auf den definierten Ausgangspunkt abgesenkt, wobei während des Absenkvorganges mehrere Messungen des Hydraulikdruckes erfolgen und zugleich die Absenkzeit ermittelt wird. Aus dem Mittelwert des Druckes und der Absenkzeit wird über eine geräteintern gespei-

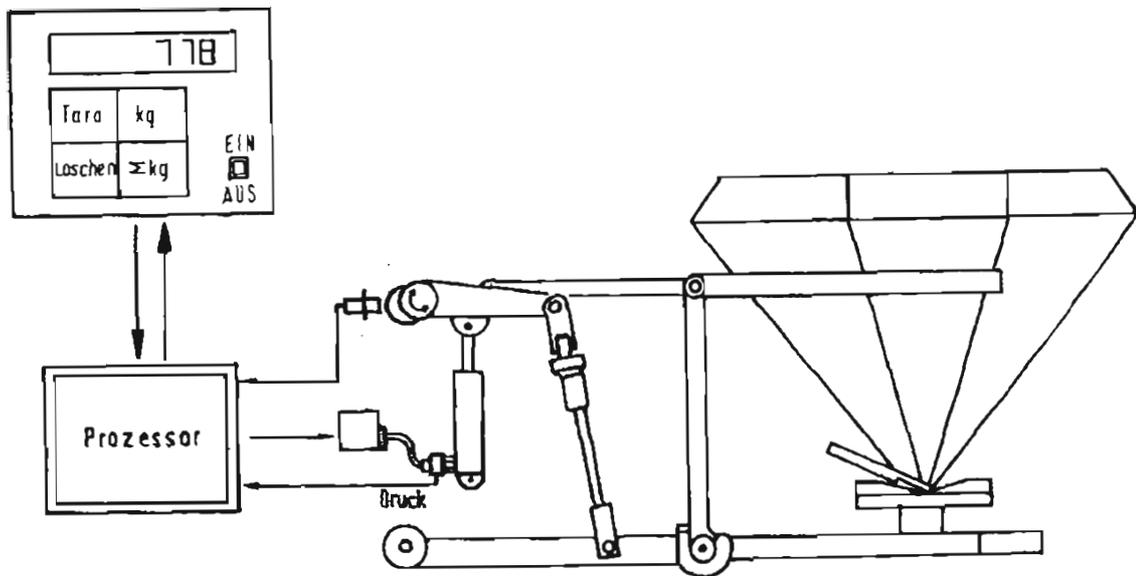


Abbildung 69: Traktorhecklastwaage für das Hydraulikdrucksystem System »eh Elektronik« [11].

cherte Regression das aktuelle Gewicht in der Dreipunkt hydraulik ermittelt und auf dem Display des Prozeßrechners dargestellt.
Für dieses System ergeben sich folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Billiges System,
einfach nachzurüsten,
Wiegeablauf wird elektronisch gesteuert.

Nachteile

Großer Fehler möglich,
durch hochwertige Sensoren mit Temperaturkompensation wird System teuer,
Schwerpunktast des Düngerstreuers kann zusätzliche Abweichung bringen,
automatisierter Datentransfer zum Betriebsrechner nicht möglich.

Im »BIOTRONIK-System« wird dagegen der mobile Agrarcomputer »MAC« als universelle Elektronik eingesetzt (Abb. 70).

Auch dieses System benutzt die Elektronik zur Steuerung des Wiegevorganges über mehrere Druckmessungen und Ermittlung der Absenkezeit. Zur optimalen Auflösung bei unterschiedlichen Lasten wird jeweils während des Kalibriervorganges aus dem Leergewicht und der verwendeten Maximallast die gesamte geräteintern verfügbare Teilung für diesen Wiegebereich verwendet. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Auflösung bei kleineren Maximallasten und eine geringere Auflösung bei hohen Lasten. Der gesamte Wiegevorgang erfolgt im Dialog und führt zur Speicherung

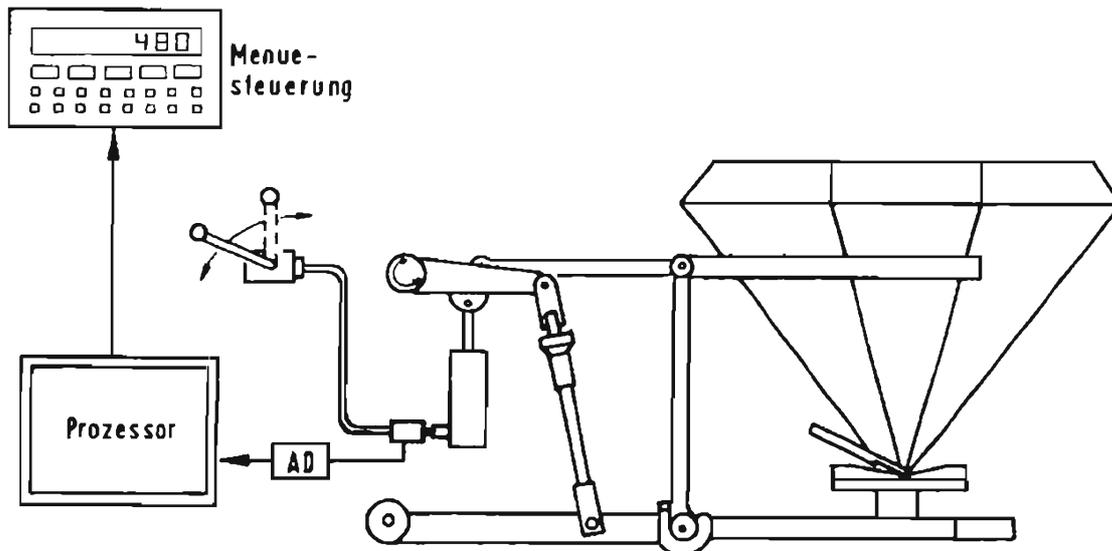


Abbildung 70: Traktorhecklastwaage, System »BIOTRONIK« [12].

der ermittelten Lastdaten und deren Übergabe in den Betriebsrechner mit Hilfe der RAM-Box.

Gegenüber dem zuvor geschilderten Gerät sind folgende Vor- und Nachteile zu erkennen:

Vorteile

Sehr billiges System,
einfach nachzurüsten,
Wiegeablauf wird elektronisch gesteuert,
Auflösung wird durch die Kalibrierung optimiert,
einfacher Datentransfer zum Betriebsrechner.

Nachteile

Großer Fehler möglich,
durch hochwertige Sensoren mit Temperaturkompensation wird System teurer,
Schwerpunktsabstand des Düngerstreuers kann zusätzliche Abweichung bringen,
optimale Auflösung nur, wenn jeweils zuvor mit angepaßter Maximallast kalibriert wird.

Beide Wiegesysteme sind nicht problemlos auf andere Traktortypen zu übertragen. Eigene Untersuchungen zeigen nämlich insbesondere beim Hydraulikdruck eine sehr starke Abhängigkeit der Genauigkeit des Wiegesignals vom Traktortyp und vom Traktoralter (Abb. 71).

5.2.1.3 Spannungsmessung in den Hubarmen über Bohrsensoren

Die fabrikatspezifischen Unterschiede der Hydrauliksysteme reduzieren sich sehr stark, wenn die Meßstelle in die Hubarme des Traktorheckkrafthebers verlagert wird. Dabei erfolgt die Wiegung näher am Wiegeobjekt, so daß schon dadurch eine Reduzierung der Fehlermöglichkeiten stattfindet.

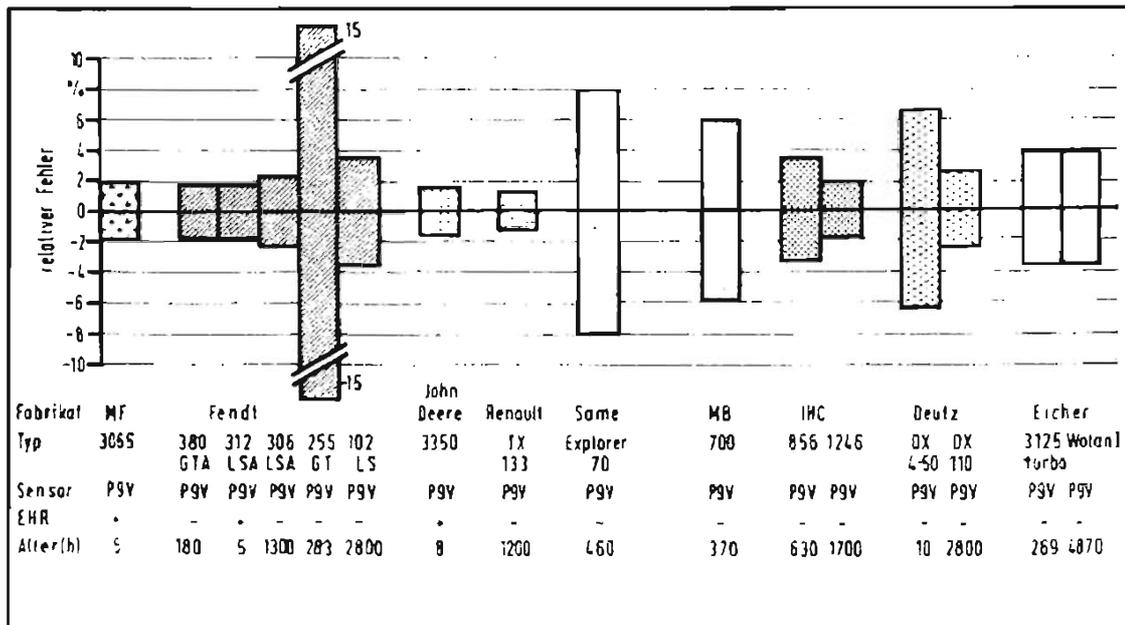


Abbildung 71: Fehler bei Hydraulikdruckmeßsystemen zur Gewichtsermittlung in der Traktordreipunkthydraulik.

Derzeit wird dieses System allerdings nur für drei Traktortypen (MBtrac 600 bis MBtrac 900) von »MÜLLER Elektronik« angeboten (Abb. 72). Aus- und Nachrüstung für andere Traktoren befindet sich in Vorbereitung (große MBtrac-Typen, FENDT-Geräteträger und FENDT-Standardtraktoren).

In der Funktion braucht dieses System auf den Hydraulikdruck keine Rücksicht zu nehmen, weshalb auch die Messung der Absenkezeit entfallen und auf eine elektronische Steuerung des Wiegeablaufes verzichtet werden kann. Sowohl die Systemkalibrierung, wie auch die Wiegevorgänge werden im Dialog über den mobilen Agrarcomputer »Unicontrol« gesteuert. Danach hat der Traktorfahrer vor der Wiegung den Traktorheckkraftheber vollständig auszuheben, um im Gerät enthaltene Verspannungen abzubauen. Danach muß er bis zu einer definierten Gerätestellung absenken (nach Möglichkeit parallele Unter- und Oberlenker). An dieser Stelle wird dann per Tastendruck der Wiegevorgang eingeleitet, wobei das »Unicontrol« 16 Meßwerte aus beiden Hubarmen abgreift, davon die Mittelwerte bildet und diese letztlich zum eigentlichen Gewicht mittelt. Besitzt das angebaute Gerät einen Einfluß durch den Schwerpunktsabstand, dann wird dieser geräteintern über eine entsprechende Regression berücksichtigt.

Der Wiegedialog kann

- die Kalibrierung überwachen,
- Gesamtgewichte ermitteln,
- Differenzgewichte ermitteln und
- Differenzgewichte zu Flächenverbrauchswerten addieren.

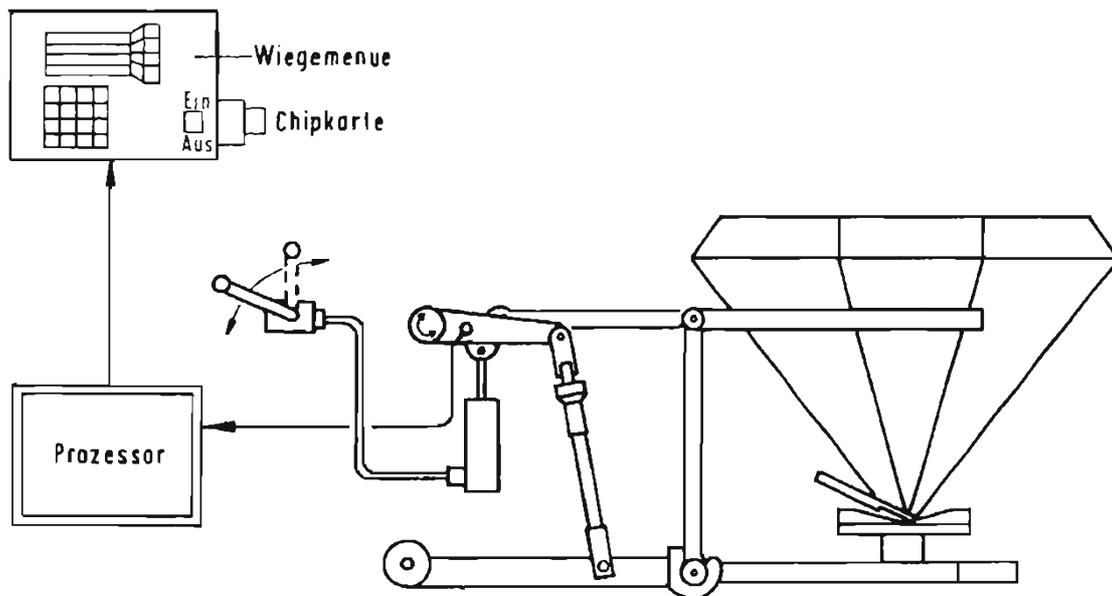


Abbildung 72: Traktorhecklastwaage auf der Basis von »Bohrsensoren«.

Über eine Speicherfunktion können die Daten auf die Chipkarte übertragen und von dort in den Betriebsrechner übergeben werden. Insgesamt hat dieses Wiegesystem folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Preisgünstiges System mit hoher Genauigkeit,
einfach nachrüstbar,
Schwerpunktsabstand des Düngerstreuers kann geräteintern berücksichtigt werden,
Datenübertragung zum Betriebsrechner über Chipkarte möglich.

Nachteile

Derzeit nur für wenige Traktortypen verfügbar.

5.2.2 Wegabhängige Düngerverteilung

Erst wenn die Gewichtserfassung der ausgebrachten Düngermengen realisiert ist, sollte der Landwirt mit ungünstigen Verteilbedingungen (Hanglagen, unterschiedliche Böden auf gleichen Flächen) oder der Unternehmer im überbetrieblichen Maschineneinsatz an die Nutzung der Elektronik zur wegabhängigen Düngerverteilung denken. Derzeit werden dazu Systeme auf der Basis von Schleuderstreuern oder von Exaktstreuern angeboten.

5.2.2.1 Elektronisch gesteuerte Schleuderstreuer

Der elektronisch gesteuerte Schleuderstreuer stellt nur für jene Betriebe eine Lösung dar, welche ausschließlich über parallele Schläge verfügen und deshalb die Teilbreitenschaltung nicht nutzen müssen. Weitere Nachteile muß der Nutzer zudem bei vielen Fabrikaten durch die nur unzureichende Möglichkeit des Randstreuens in Kauf nehmen und dadurch entweder auf eine exakte Düngung an den Schlagrändern verzichten oder kostbaren Dünger über die eigenen Flächen hinaus verteilen. Insofern kann die Verbindung »Schleuderstreuer und Elektronik« nur eine Übergangslösung sein.

Funktionell arbeitet der wegabhängig gesteuerte Schleuderstreuer über einen elektronisch betätigten Schieber am Trichterauslauf (Abb. 73).

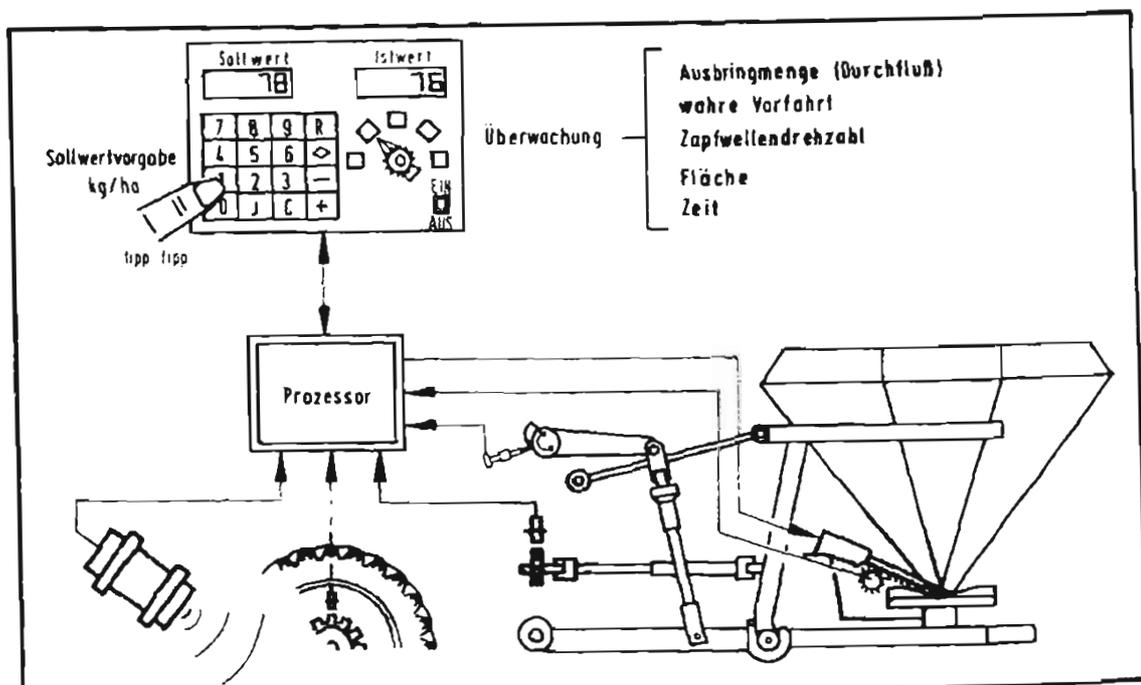


Abbildung 73: Funktion des elektronisch gesteuerten wegabhängigen Schleuderstreuers.

Dazu muß in einem Kalibriervorgang das Fließverhalten des Düngers durch den Auslaufschieber ermittelt werden. Speziell für den eingesetzten Dünger wird dabei die jeweils erforderliche Öffnung für den Durchlauf einer exakt definierten Düngermenge festgestellt und vom Rechner als Funktion der Öffnung gespeichert.

Zur Regelung während der Arbeit wird dann ein Wegesignal benötigt. Es wird vom nichtangetriebenen Traktorvorderrad oder bei allradgetriebenen Traktoren von der Kardanwelle zur Vorderachse, bzw. vom Radarsensor abgenommen. Alle Signalformen liefern die wahre, also schlupffreie Vorfahrt. Sie dient als Eingabegröße für den Prozeßrechner. Unter-

schreitet der vom Rechner vorgegebene Durchfluß am Schieber eine tolerierbare Differenz zum Sollwert, erfolgt eine Öffnung entsprechend des erforderlichen Durchflusses. Wird dagegen die Vorfahrt verlangsamt, dann regelt der Rechner die Schieberöffnung zurück. Generell wird dabei lediglich eine Rückmeldung über die Schieberstellung an den Rechner gegeben, jedoch die wirklich durchfließende Menge nicht gesondert ermittelt (Zwang zur Wägung).

Auf dem Rechner können je nach Gestaltung der Displayformen entweder die wahre Vorfahrt oder der momentane Durchfluß in kg/ha abgelesen und somit überwacht werden. Plus-/Minustasten ermöglichen entweder vorgegebene Erhöhungen oder Reduzierungen der Ausbringmengen um z.B. jeweils 10 %, oder aber vordefinierte Werte für Erhöhungen oder Verminderungen der Durchflußmengen werden durch Tastendruck aktiviert.

Neben den Überwachungsfunktionen können Speicherfunktionen abgerufen werden, wie z.B.

- die bearbeitete Fläche,
- die verbrauchte Düngermenge entsprechend dem Durchfluß bei der Kalibrierung (Volumenbestimmung) und
- die verbrauchte Arbeitszeit.

Bei den mobilen Agrarcomputern können diese Werte auf das Speichermedium übertragen und zum Betriebsrechner transferiert werden. Bei den Insellösungen ist dies nur über Bleistift, Notizbuch und Eintippen am Betriebsrechner möglich.

Nachteilig und praktisch ungelöst sind bei diesen Systemen jedoch die Abweichungen der Zapfwelldrehzahlen. Abfallende Drehzahlen sorgen zwar über die sich dadurch verringernde Vorfahrt zu einer Reduzierung der Durchflußmengen, sie verhindern jedoch nicht eine Veränderung des Streubildes. Dies wäre nur über eine zusätzliche Steuerfunktion an die Dreipunkthydraulik zu erreichen, welche dann den Streuer um den erforderlichen Weg anheben würde, damit auch unter derartigen Umständen die Streubreite beibehalten würde.

Elektronisch gesteuerte Schleuderstreuer werden derzeit angeboten von:

- AMAZONE: Zweis Scheibenstreuer, mobiler Agrarcomputer;
- VICON: Pendelstreuer, Insellösung;
- BIOTRONIK: Nachrüstsatz, mobiler Agrarcomputer.

Für alle diese Systeme ergeben sich auf Grund der geschilderten Zusammenhänge und der fehlenden Möglichkeit der Teilbreitenschaltung folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Einfache Technik,
preisgünstige Technik,
einfache Regeltechnik,
automatische Datenerfassung
für die Schlagkartei.

Nachteile

Volumendurchfluß ist ungenau,
Drehzahländerungen führen zu
einer Veränderung des Streubil-
des,
keine Teilbreitenschaltung mög-
lich,
Randstreuung nicht von allen Sy-
stemen zu beherrschen.

5.2.2.2 Elektronisch gesteuerte Exaktstreuer

Erst durch die Einbeziehung der Exaktstreuer mit Teilbreitenschaltung kann elektronisch geregelte Düngerausbringung die Ansprüche an höchste Genauigkeit erfüllen. Dabei reduziert sich das Einsatzspektrum auf pneumatische Streuer, weil nur bei diesen eine kostengünstige Teilbreitenschaltung möglich ist und über den hydraulischen Antrieb der Dosierwalzen eine einfache Regelung der Düngermenge erfolgen kann. Derzeit werden drei Systeme auf dem Markt angeboten (RAUCH, AMAZONE, ACCORD). In der Funktion sind alle vergleichbar (Abb. 74).

Basis ist auch für diese Streuer ein Signal für die wahre Vorfahrt. Als zweiter Basiswert wird eine Funktion für die Zuteilung der entsprechenden Düngermenge in Abhängigkeit von der Drehzahl der Dosierwellen durch Kalibrierung benötigt. Aus beiden Werten kann dann der Prozeß-

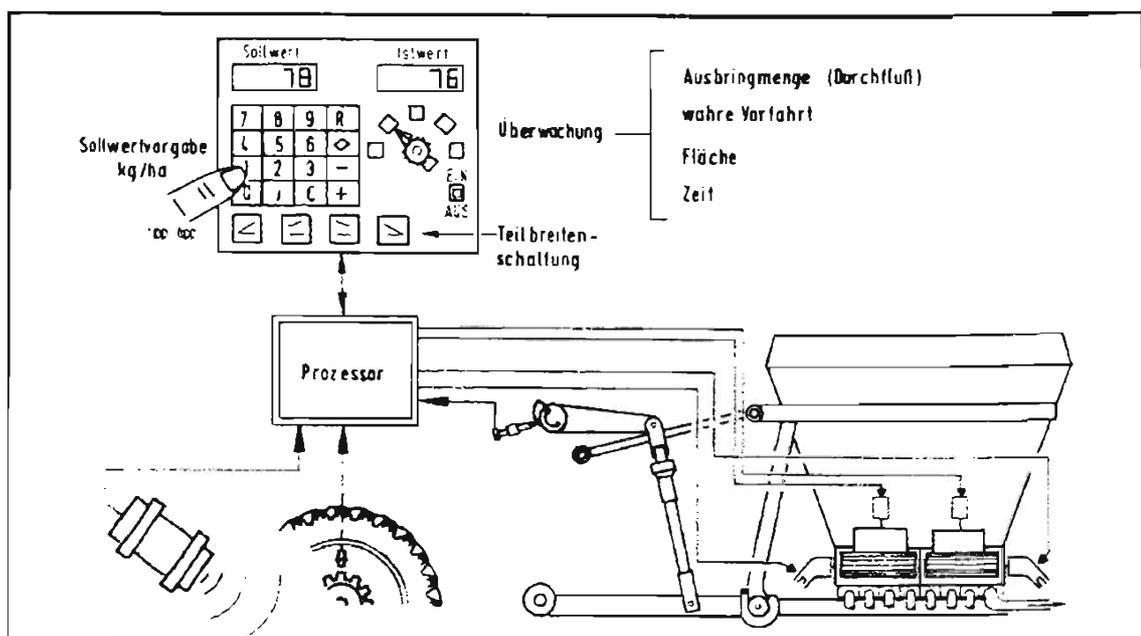


Abbildung 74: Funktion eines elektronisch geregelten Exaktstreuers.

rechner je nach Vorfahrt die Drehzahl der Dosierwellen hydraulisch steuern. Ein zusätzlicher Sensor an der Dosierwelle meldet dem Rechner die aktuelle Drehzahl zurück und ermöglicht eine exakte Nachregelung. Wie beim Schleuderstreuer steht auch bei diesen Systemen eine einfache Plus-/Minusschaltung über 10 %-Schritte oder vorgegebene Werte zur Verfügung.

Die Teilbreitenschaltung erfolgt durch Öffnen oder Schließen der Zuläufe zu den Dosierwalzen über elektrische Fernbedienung. Auch dabei melden Sensoren dem Rechner den Betriebszustand »offen« oder »geschlossen«. Die Signale werden rechnerintern zur Ermittlung der bearbeiteten Fläche und der ausgebrachten Düngermenge auf Basis der Durchflußmessung verarbeitet.

Als Information für den Fahrer stehen zur Verfügung:

- Durchfluß in kg/ha,
- wahre Vorfahrt in km/h,
- bearbeitete Fläche in ha,
- ausgebrachte Menge insgesamt in kg,
- benötigte Arbeitszeit,
- fabrikatspezifische zusätzliche Informationen.

Derartige Systeme zeigen folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Echte wegabhängige Dosierung, Anpassung an unterschiedliche Schlagformen durch Teilbreitenschaltung, automatische Datenerfassung für die Schlagkartei.

Nachteile

Körnung und Hygroskopizität zeigen Einfluß auf Dosiergenauigkeit, relativ hoher Preis bei Einsatz eines Spezialrechners.

5.2.3 Ausbaustufen der verfügbaren Elektronikanwendungen

Aufbauend auf die aufgezeigten Elektronikanwendungen in der Düngung kann der Landwirt Systeme nach unterschiedlicher Folge aufbauen. Dabei liegt das Stufenkonzept nach »verbesserte Information – exaktere manuelle Steuerung – automatisierte Regelung« zugrunde.

5.2.3.1 Insellösungen bei der Düngung

Insellösungen werden in diesen Anwendungsstufen von allen Herstellern mit Elektronikanwendung bei der Düngung angeboten (Abb. 75).

Danach muß die erste Stufe die Überwachung der Ausbringmenge darstellen. Sie wird gefolgt vom Düngemonitor (mit Teilbreitenschaltung bei Exaktstreuern), jedoch ohne Gewichtsüberwachung. Die erforderlichen elektronischen Geräte unterscheiden sich vollständig von Stufe eins. In der dritten Stufe wird der Düngecomputer mit Teilbreitenschaltung angeboten, welcher wiederum zur vorhergehenden Stufe keine Gemeinsamkeiten besitzt.

Bedingt durch diesen Aufbau ergeben sich für den Landwirt als Anwender von Insellösungen folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Einstiegsstufe preiswert,
optimierte Geräte für die jeweilige Anwendungsstufe,
keine Umrüstzeiten.

Nachteile

Aufrüstung im Baukastenprinzip nicht möglich,
Einstieg auf einer Anwendungsstufe erfordert langes Verharren auf dieser Stufe,
Lerneffekt durch zunehmende Nutzung der Elektronik wird in der Summe teuer,
kein Datentransfer zum Betriebsrechner möglich.

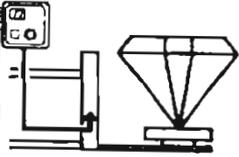
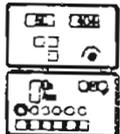
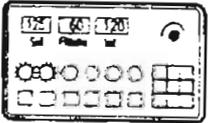
Stufe	Technik	Information	Investitionsbedarf (ohne MwSt; Stand 9/88)
1	 <p>Traktor Hecklastwaage a Hydraulikdruck b Hubarmbiegung c Wegerahmen</p>	Ausbringmenge	1500 - 2500
2	 <p>Düngemonitor manuelle, wegabhängige Dosierung</p>	Ausbringmenge Menge/ha Fläche	3000 - 4000 (1000 - 1500 ohne Teilbreitenschaltung)
3	 <p>Düngecomputer automatische, wegabhängige Dosierung</p>	Sollvorgabe Ausbringmenge Menge/ha Fläche	6000 - 7000

Abbildung 75: Stufen des Elektronikeinsatzes bei der Düngung mit Insellösungen.

88-2-352

5.2.3.2 Mobile Agrarcomputer bei der Düngung

Im Gegensatz zur Insellösung ermöglicht der mobile Agrarcomputer dem Landwirt ein Wachsen im Elektronikeinsatz (Abb. 76).

In der ersten Stufe des Elektronikeinsatzes wird zur Gewichtsermittlung der mobile Agrarcomputer eingesetzt. In der zweiten Stufe wird zur Steuerung eines Schleuderstreuers das System durch den Weg- und den Steuersensor für den Schieber ergänzt. In der dritten Anwendungsstufe entfällt diese Steuerung. Sie wird nun durch die Steuerung für den Exaktstreuer mit zusätzlicher Teilbreitenschaltung ersetzt.

Dadurch ergeben sich für dieses Ausbausystem folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Aufrüstung im Baukastenprinzip möglich,
Aufstieg in die nächste Stufe kann kurzfristig ohne Kapitalverlust erfolgen,
von Anfang an ist Datentransfer zum Betriebsrechner möglich,
Arbeit immer mit gleichem Gerät bei gleicher Benutzeroberfläche,
in der Summe aller Stufen das preisgünstigere System.

Nachteile

Einstieg durch Anschaffung des mobilen Agrarcomputers teuer,
Zugeständnisse bei der Nutzung durch Universaleinsatz sind erforderlich,
Umrüstzeiten müssen in Kauf genommen werden,
Elektronikausstattung nicht für jedes Gerät verfügbar.

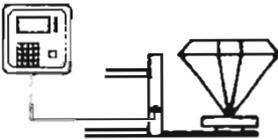
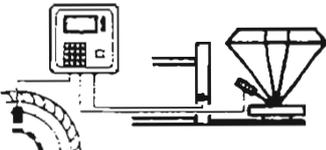
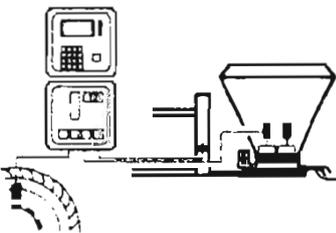
Stufe	Technik	Information	Investitionsbedarf (ohne MwSt; Stand 9/88)
1	 <p><u>Traktor-Hecklastwaage</u> a Hydraulikdruck b Hubarmbiegung c Wiegerahmen</p>	Ausbringungsmenge	2 500 - 3 500*
2	 <p><u>Düngecomputer am Schleuderstreuer</u> wegabhängige Dosierung</p>	Sollvorgabe Ausbringungsmenge Menge/ha Fläche	4 000 - 5 000*
3	 <p><u>Düngecomputer am Exaktstreuer</u> wegabhängige Dosierung Teilbreitenschaltung</p>	Sollvorgabe Ausbringungsmenge Menge/ha Fläche	6 000 - 7 000* <small>* Anteil des Computers etwa 2000-2500 DM</small>

Abbildung 76: Stufen des Elektronikeinsatzes bei der Düngung mit mobilen Agrarcomputern.

89-2-570

5.2.4 Künftige Entwicklungen

Alle bisher aufgezeigten Systeme der Düngerverteilung betrachten den zu bearbeitenden Schlag als homogene Fläche, bzw. ermöglichen nach Auge eine entsprechende Anpassung durch die Plus-/Minusschaltung. In der Praxis ist jedoch immer vom nichthomogenen Schlag auszugehen, denn zum einen sind die Nährstoffvorräte im Boden unterschiedlich und zum anderen werden durch die Erträge unterschiedliche Nährstoffmengen entzogen. Daraus resultieren für die Zukunft verschiedene Entwicklungen, um einerseits Dünger einzusparen und um andererseits die Umwelt so gering wie möglich zu belasten.

Ausgehend von der Machbarkeit sind drei Entwicklungsstufen abzusehen:

- Düngung nach Nährstoffvorrat im Boden,
- Düngung nach Nährstoffvorrat im Boden unter Berücksichtigung des Nährstoffentzuges durch die Ernte,
- Übergang zu anderen Düngern mit höherer Direktaufnahme durch die Pflanze.

Basis für diese Entwicklungen sind Kartierungen der einzelnen Schläge nach Nährstoffvorrat im Boden (Abb. 77) und nach Ertrag (Abb. 78).

Aufbauend auf eine Einzelkartierung oder auf eine überlagerte Kartierung sind zwei Strategien für die Düngerzuteilung denkbar und realistisch:

- Aufdüngung auf ein hohes Produktionsniveau,
- Ausgleichsdüngung auf ein umweltentlastendes, nicht ertragsorientiertes Niveau.

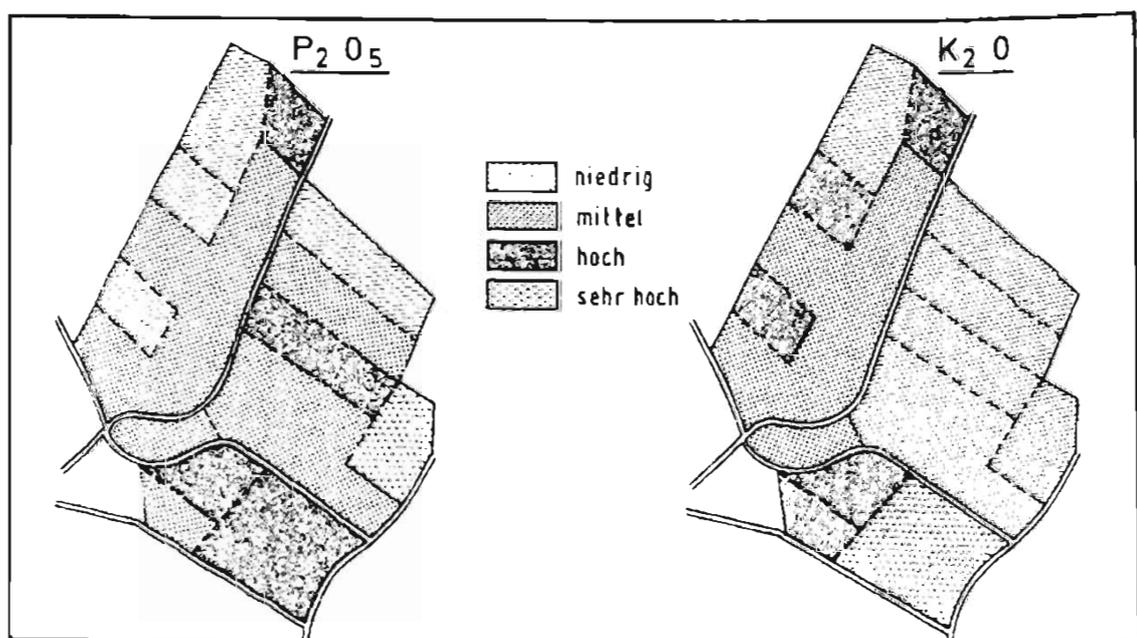


Abbildung 77: Kartierung nach Nährstoffvorrat im Boden [13]. 83-2-446

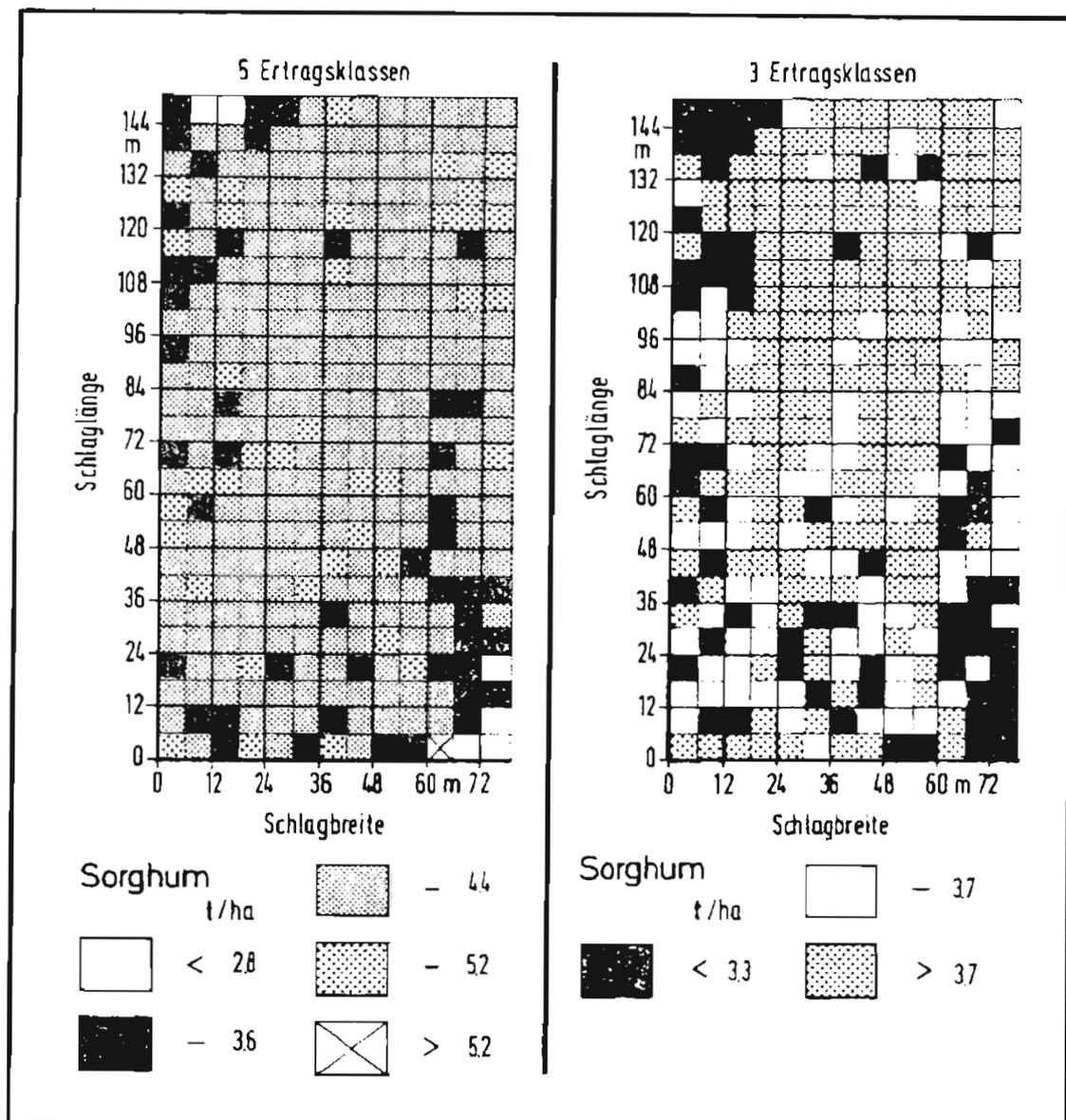


Abbildung 78: Kartierung nach Ernteertrag [14].

20-2-202

Für beide Strategien kann die gleiche Technik verwendet werden. Sie kann:

- **Einzelnährstoffe nach Nährstoffkartierung ausbringen:** Mit Hilfe der aufgezeigten elektronischen Regelung im Schleuder- oder Exaktstreuer können unterschiedliche Nährstoffversorgungen dann ausgeglichen werden, wenn die Kartierung über die Steuerung örtlich realisiert werden kann. Für jeden Einzeldünger ist eine komplette Überfahrt des Feldes erforderlich. Bei kleinen Zuteilmengen werden der entstehende Arbeitszeitbedarf und die dadurch hervorgerufene Bodenbelastung relativ hoch.
- **Einzelnährstoffe im Mehrkammersystem nach Nährstoffkartierung ausbringen:** Wesentlich einfacher gestaltet sich die aus-

gleichsbezogene Düngung, wenn mit einem Mehrkammersystem und üblicher Verteilung (Schleuder- oder Exaktstreuer) in einer Überfahrt die gesamte Düngermenge ausgebracht wird. Auch dafür ist die Kartierung im direkten Zugriff für die Steuer- und Regелеlektronik erforderlich und eine lokale Ortung während des Ausbringvorganges unerlässlich. Zudem müßten für diesen Zweck die derzeit verfügbaren Grunddüngerformen mit ihren Trägerstoffen verändert werden.

Anknüpfend an den Einsatz von Mehrkammersystemen ist zu prüfen, inwieweit in einer längerfristigen Strategie mit derartigen Systemen nur die erforderlichen Grundnährstoffe Phosphat und Kali in Verbindung mit einer Startstickstoffgabe ausgebracht werden sollten. Die ertrags- und witterungsorientierten Stickstoffgaben innerhalb der Vegetation wären dann in **flüssiger Form** mit den auf den Betrieben vorhandenen **Feldspritzen** in kleineren Teilgaben auszubringen. Dadurch würde neben einer wesentlich exakteren Verteilung durch Direktaufnahme der Pflanzen die entsprechende Düngerzuteilung effizienter und zudem nur noch sehr gering bodenbelastend.

5.3 Feldspritzen

Wie bei der Düngung steht auch beim Pflanzenschutz die gleichmäßige Verteilung der Applikationsmenge im Vordergrund des Interesses. Allerdings ergeben sich im direkten Vergleich zur Düngung wesentliche Unterschiede, welche letztendlich auch den gezielten Elektronikeinsatz direkt beeinflussen:

- Das zu verarbeitende Gut (Spritzbrühe) wird vor der Verteilung speziell für diesen Anwendungsfall erstellt. Restmengen sind dadurch nicht wieder verwendbar, vielmehr besitzen sie die Form von Sondermüll.
- Spritzbrühe hat immer die gleiche Konsistenz, weshalb der Durchfluß kaum eine Beeinträchtigung erfährt.
- Als Maßstab für eine gleichmäßige Verteilung tritt die Tropfengröße in den Vordergrund. Gleichbleibender Druck stellt deshalb eine unabdingbare Forderung dar.
- Gegenüber der Düngung wird vielfach mit noch größerer Arbeitsbreite gearbeitet. Die Teilbreitenschaltung ist deshalb in vielen Fällen die absolute Voraussetzung.
- Bei den größeren Arbeitsbreiten wird zwangsläufig die parallele Spritzgestängeführung zum Boden ein nicht zu übersehendes Problem.
- Der Schlupf spielt in der Regel nur eine untergeordnete Rolle, da insbesondere in den Fahrgassen in der Regel schon eine verfe-

stigte Oberfläche vorliegt. Gravierend wird er nur, wenn hangauf- und -abwärts gearbeitet werden muß.

Diesen Einflüssen muß sich selbstverständlich die Elektronik in ihrer Anwendung anpassen. Sinnvolle Ausbaustufen sind demnach:

- Überwachung der Ausbringung und des Druckes,
- Einbeziehung der Teilbreitenschaltung,
- automatisierte Regelung.

5.3.1 Überwachung der Ausbringung

Die Ausbringungsmenge ist abhängig von der Durchflußmenge in der Feldspritze und vom zurückgelegten Weg. Da jedoch die Düsen eine vorgegebene Begrenzung für den Durchfluß darstellen, können Veränderungen in der Regel nur über eine Veränderung des Druckes vorgenommen werden. Dies ist in Grenzen zulässig, weil sich die Tropfengröße bei modernen Spritzdüsen über einen weiten Druckbereich nur unwesentlich ändert (Abb. 79).

Insofern wird in der Regel Elektronik in der ersten Anwendungsstufe die Überwachung der ausgebrachten Menge/Flächeneinheit übernehmen. Dazu werden zwei Sensoren benötigt:

- Die **Arbeitsstrecke** ist über einen Wegsensor zu erfassen. Über die Arbeitsbreite (konstruktiv vorgegeben) entsteht daraus die bearbeitete Fläche.
- Die **ausgebrachte Menge** kann ein Durchflußmeßgerät ermitteln. In der Regel sind dies Turbinen, welche bei hohem Durchfluß relativ genaue Werte liefern (Fehler bei der Messung kleiner 0,5–1,0 %).

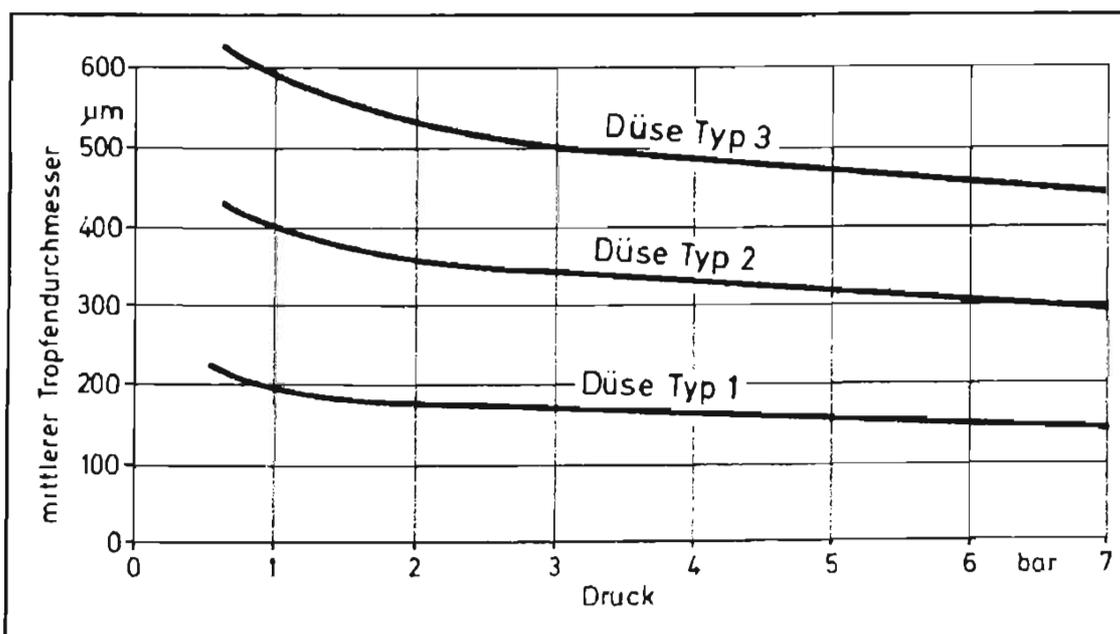


Abbildung 79: Einfluß des Druckes auf die Tröpfchengröße.

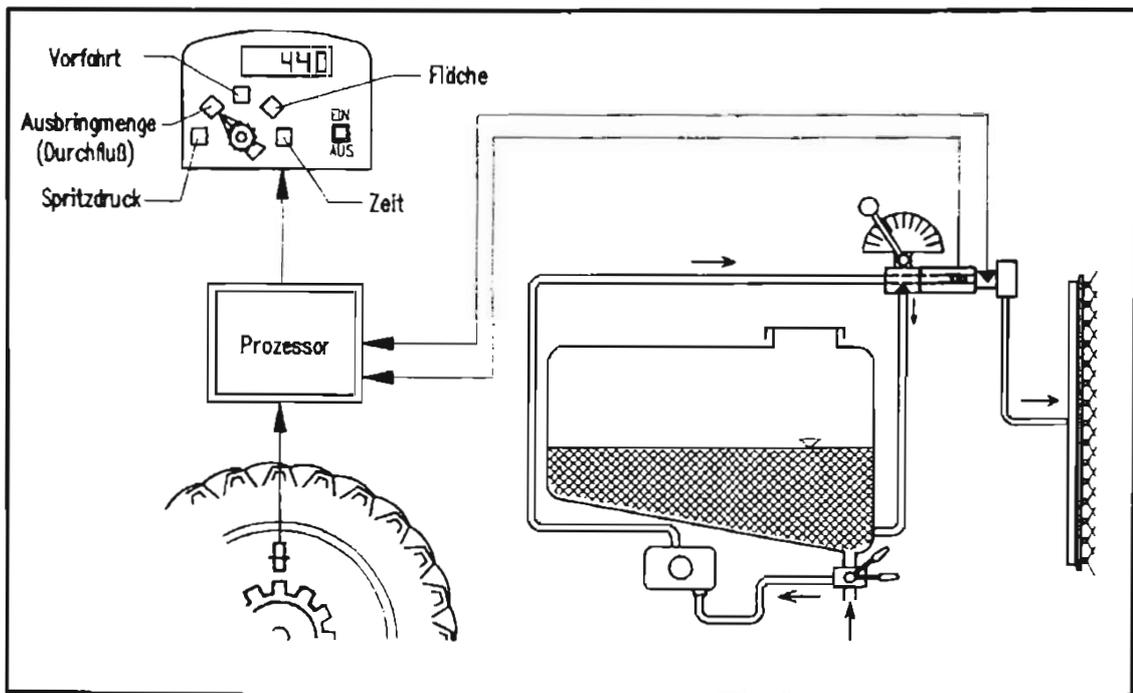


Abbildung 80: Aufbau eines Überwachungssystems für die Feldspritze.

Die Signale dieser Sensoren gelangen in den Prozeßrechner und können von dort digital nach Wahl dargestellt werden (Abb. 80).

Steht kein Wegsensor zur Verfügung, dann ist lediglich die Durchflußmenge/Zeiteinheit zu ermitteln. Immer ergibt sich jedoch die gesamte Durchflußmenge/Schlag oder Spritzperiode.

Diese erste Stufe des Elektronikeinsatzes zeichnet sich durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile

Einfach im Aufbau, dabei sehr exakt,
digitale Darstellung leicht zu erfassen,
sehr preisgünstig.

Nachteile

Kann Teilflächen nicht berücksichtigen,
Druck muß manuell nachgeführt werden.

5.3.2 Überwachung und Teilbreitenschaltung

Nur in Ausnahmefällen werden mit der Feldspritze parallele und einem Vielfachen der Arbeitsbreite entsprechende Schläge bearbeitet. Exakte Bräusausbringung ist deshalb nur über eine Teilbreitenschaltung möglich, wobei der Effekt umso größer wird, je länger zum einen die Schläge sind, oder je stärker zum anderen die Schläge von der parallelen Form abweichen.

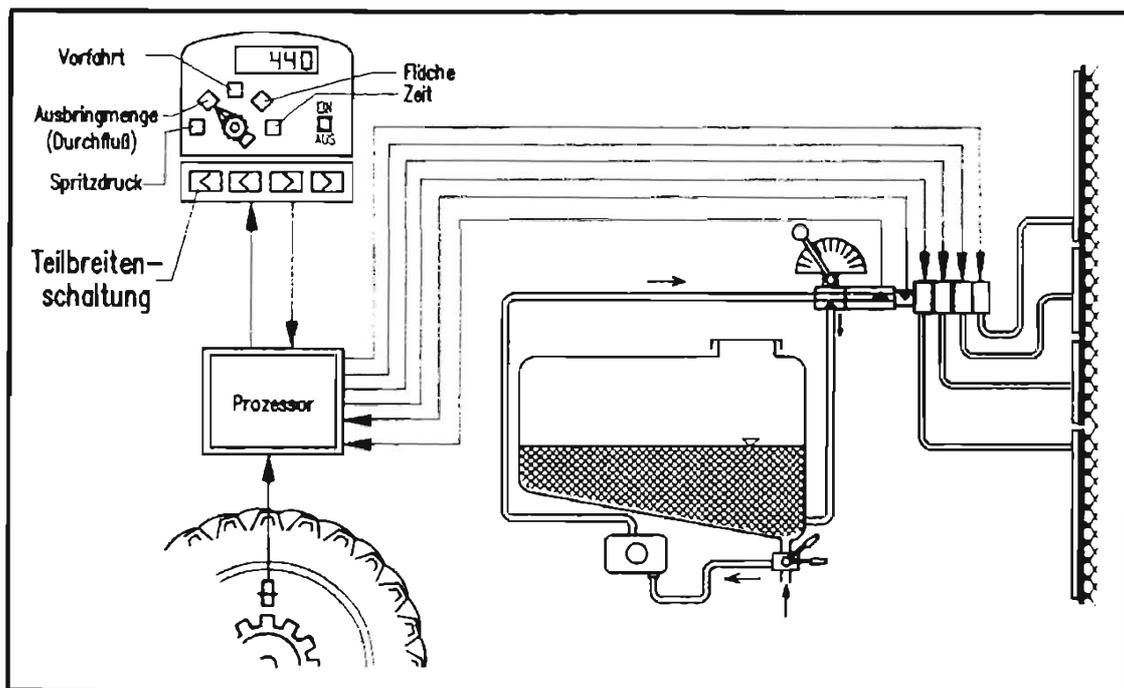


Abbildung 81: Aufbau eines Überwachungssystems für Feldspritzen unter Einbeziehung der Teilbreitenschaltung.

Jede Teilab- oder Teilzuschaltung verändert jedoch den erforderlichen Durchfluß, bzw. führt kurzzeitig zu einer starken Veränderung des Druckes. Elektronik kann dabei die Rückflußdrosselklappe sofort anpassen und die veränderte Arbeitsbreite bei der Flächenermittlung berücksichtigen. Dazu bedarf es weiterer zusätzlicher Sensoren (Abb. 81). Neben der Erfassung des Weges und des Durchflusses müssen nun Schalter für die einzelnen Teilbreiten vorhanden sein. Über diese kann die Elektronik Teilflächen und Teilströme verarbeiten und erreicht dadurch folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Ermöglicht unter gleichbleibenden Bedingungen exakteste Ausbringung,
auch bei geschlossener Kabine exakte Arbeit möglich,
preisgünstig.

Nachteile

Schlupf wird nicht berücksichtigt, muß manuell nachgeregelt werden.

5.3.3 Automatische Regelung und Teilbreitenschaltung

Immer dann, wenn zum einen auf sehr unterschiedlichen Flächen (z.B. im überbetrieblichen Maschineneinsatz) oder auf hängigen Flächen gearbeitet werden muß, ist mit sich änderndem Schlupf zu rechnen. Daraus

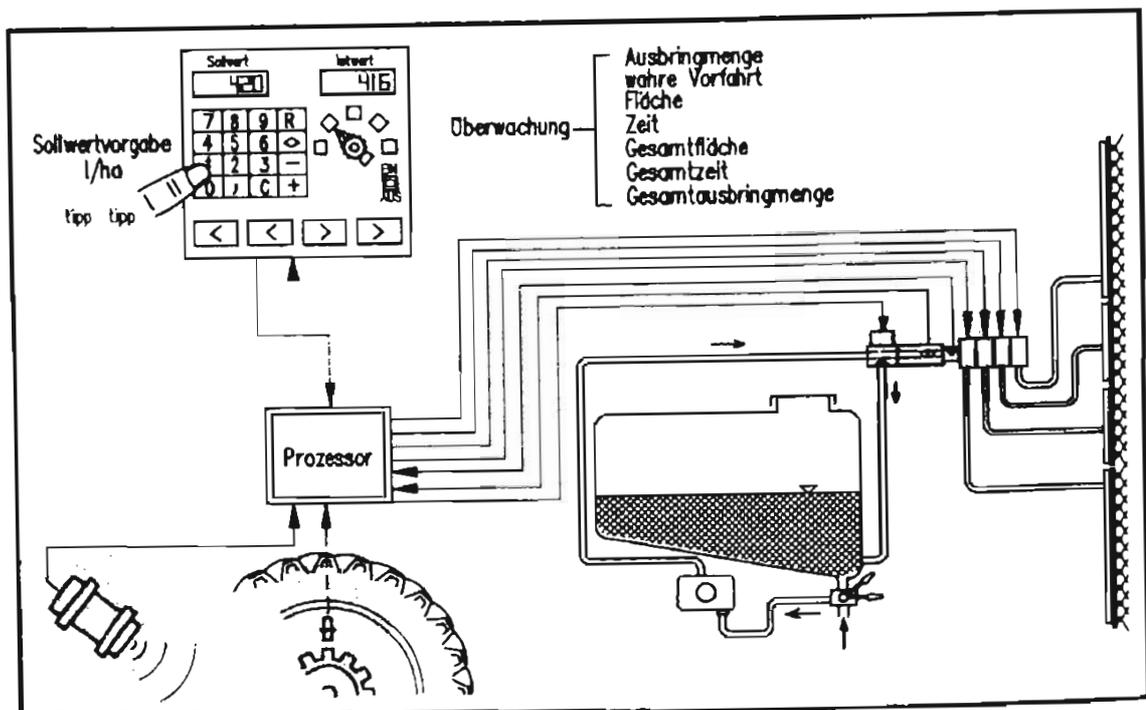


Abbildung 82: Wegabhängige Druckregelung bei Feldspritzen.

resultiert dann jedoch zwangsläufig eine ungleichmäßige Ausbringung, denn mit Zunahme des Schlupfes wird die Ausbringung/Flächeneinheit erhöht.

Hier hilft die Elektronik durch eine wegabhängige Regelung, wobei als Soll die gleichbleibende Ausbringung vorgegeben wird und diese über die Veränderung des Druckes ständig nachgeführt wird. Das gesamte System wird dadurch wesentlich komplexer (Abb. 82).

Untersuchungen an Feldspritzen mit wegabhängiger Druckregelung zeigen eine sehr hohe Regelgüte (Abb. 83).

Diese liegt selbst bei Geschwindigkeitssprüngen von mehr als 30 % immer noch bei 95 %. Bei praxisnahen Geschwindigkeitsänderungen durch wechselnden Schlupf dürfte demnach die zu erwartende Abweichung der Ausbringung gegenüber der vorgegebenen Sollmenge kleiner als 3 % bleiben.

Ein derartiges Regelsystem weist folgende Vor- und Nachteile auf:

Vorteile

Auch bei unterschiedlichem Schlupf exakteste Ausbringung, kein manueller Nachregelvorgang erforderlich.

Nachteile

Tropfengröße ändert sich durch die Druckveränderung, sehr teuer, wenn nicht mobiler Agrarcomputer kostensenkend wirkt.

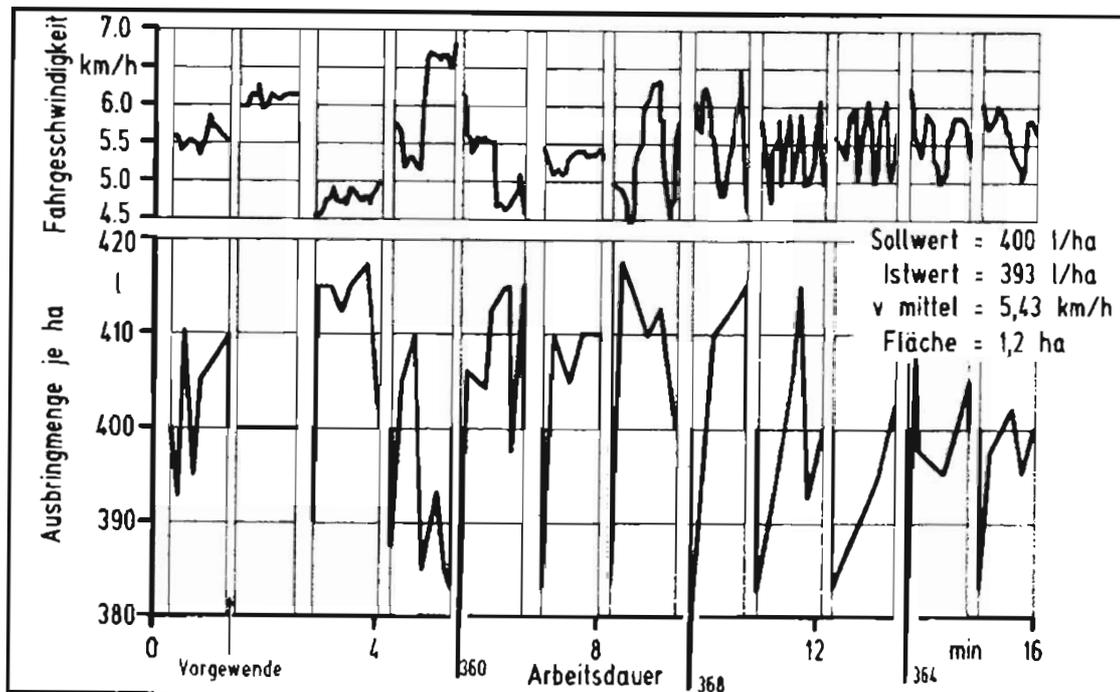


Abbildung 83: Regelgüte bei elektronisch geregelten Feldspritzen [15].

5.3.4 Weitere Elektronikeinsätze

Neben diesen in Stufen vorhandenen elektronischen Ausrüstungen für Feldspritzen werden mehr und mehr einzelne Zusatzgeräte angeboten, welche für die Landwirte als Reiz für einen Einstieg in diese neue Technik und als billige und willkommene Hilfe im täglichen Arbeitsablauf zu betrachten sind. Insbesondere sind dabei zu nennen:

- **Füllmeßgerät:** Dieses Gerät verwendet als Sensor einen Durchflußzähler. Er wird in den Füllschlauch eingebaut und ermöglicht dadurch die Herstellung der benötigten und gewünschten Brühemenge.
- **Geschwindigkeits- und Flächenmessung:** Auch dazu wird ein spezielles Gerät angeboten. Es entspricht einem spezialisierten Hektarzähler.

5.3.5 Ausbaustufen der verfügbaren Elektronikanwendungen

Vergleichbar dem Düngerstreuer kann auch bei der Feldspritze Elektronik vom Landwirt in verschiedenen Stufen aufgebaut werden. Auch dabei liegt das Konzept »verbesserte Information – exaktere manuelle Steuerung – automatisierte Regelung« zugrunde.

5.3.5.1 Insellösungen bei der Feldspritzen

Insellösungen werden in diesen Anwendungsstufen von allen Herstellern mit Elektronikanwendung bei Feldspritzen angeboten (Abb. 84).

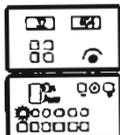
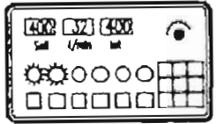
Stufe	Technik	Information	Investitionsbedarf (ohne MwSt; Stand 9/88)
1	 digitale Anzeige	Ausbringungsmenge (Durchfluß)	800 - 1000
2	 Spritzmonitor manuelle wegabhängige Druckverstellung	Ausbringungsmenge Durchfluß Fläche	5000 - 6000
3	 Spritzcomputer automatische wegabhängige Druckverstellung	Sollvorgabe Ausbringungsmenge Durchfluß Fläche Vorrat Weglänge Arbeitsleistung	7000 - 9000

Abbildung 84: Stufen des Elektronikeinsatzes bei Feldspritzen mit Insellösungen.

Danach muß die erste Stufe die Überwachung der Ausbringungsmenge darstellen. Sie wird gefolgt vom Spritzmonitor mit Teilbreitenschaltung. Darauf folgt der Spritzcomputer mit automatischer, wegabhängiger Druckverstellung. Die erforderlichen elektronischen Geräte unterscheiden sich vollständig von Stufe zu Stufe. Übergang zur nächst höheren Stufe im Einsatz bedeutet deshalb nicht »ergänzen«, sondern »austauschen«.

Bedingt durch diesen Aufbau ergeben sich für den Landwirt als Anwender von Insellösungen folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Einstiegsstufe preiswert,
optimierte Geräte für die jeweilige Anwendungsstufe,
keine Umrüstzeiten.

Nachteile

Aufrüstung im Baukastenprinzip nicht möglich,
Einstieg auf einer Anwendungsstufe erfordert langes Verharren auf dieser Stufe,
Lerneffekt durch zunehmende Nutzung der Elektronik wird in der Summe teuer,
kein Datentransfer zum Betriebsrechner möglich.

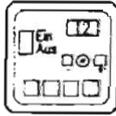
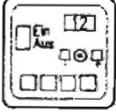
Stufe	Technik	Information	Investitionsbedarf (ohne MwSt; Stand 9/88)
1	 <u>digitale Anzeige</u>	Ausbringungsmenge (Durchfluß)	800 - 1000
2	 <u>elektrische Fernbedienung</u> manuelle wegabhängige Druckverstellung	Ausbringungsmenge (Durchfluß)	2 000 - 2 500
3	  <u>Spritzcomputer</u> automatische wegabhängige Druckverstellung	Sollvorgabe Ausbringungsmenge Durchfluß Fläche Vorrat Weglänge Arbeitsleistung	7 000 - 8 000 (Anteil des Spritzcomputers etwa 2000-2500 DM)

Abbildung 85: Stufen des Elektronikeinsatzes bei der Feldspritze mit mobilen Agrarcomputern.

5.3.5.2 Mobile Agrarcomputer bei Feldspritzen

Im Gegensatz zur Insellösung ermöglicht der mobile Agrarcomputer dem Landwirt ein Wachsen im Elektronikeinsatz (Abb. 85).

Auch dabei steht in der 1. Stufe die relativ billige digitale Überwachungseinheit für den Durchfluß, bzw. die Ausbringungsmenge. Ihr folgt in der 2. Stufe des Elektronikeinsatzes die elektrische Fernbedienung mit integrierter Durchflußanzeige. Sie kann in der 3. Stufe mit dem mobilen Agrarcomputer zum Spritzcomputer ergänzt werden.

Dieses Ausbausystem besitzt folgende Vor- und Nachteile:

Vorteile

Aufrüstung im Baukastenprinzip ab Stufe 2 möglich,
Aufstieg in die 3. Stufe kann kurzfristig ohne Kapitalverlust erfolgen,
in Stufe 3 ist Datentransfer zum Betriebsrechner möglich,
Arbeit erfolgt bei Stufe 3 immer mit gleichem Gerät bei gleicher Benutzeroberfläche,
in der Summe aller Stufen das preisgünstigere System.

Nachteile

Stufe 1 derzeit noch nicht Standardausrüstung,
Zugeständnisse bei der Nutzung durch Universaleinsatz sind erforderlich,
Umrüstzeiten müssen in Kauf genommen werden,
Elektronikausstattung nach dem gültigen Pflanzenschutzgesetz nicht problemlos bei allen Spritzen möglich.

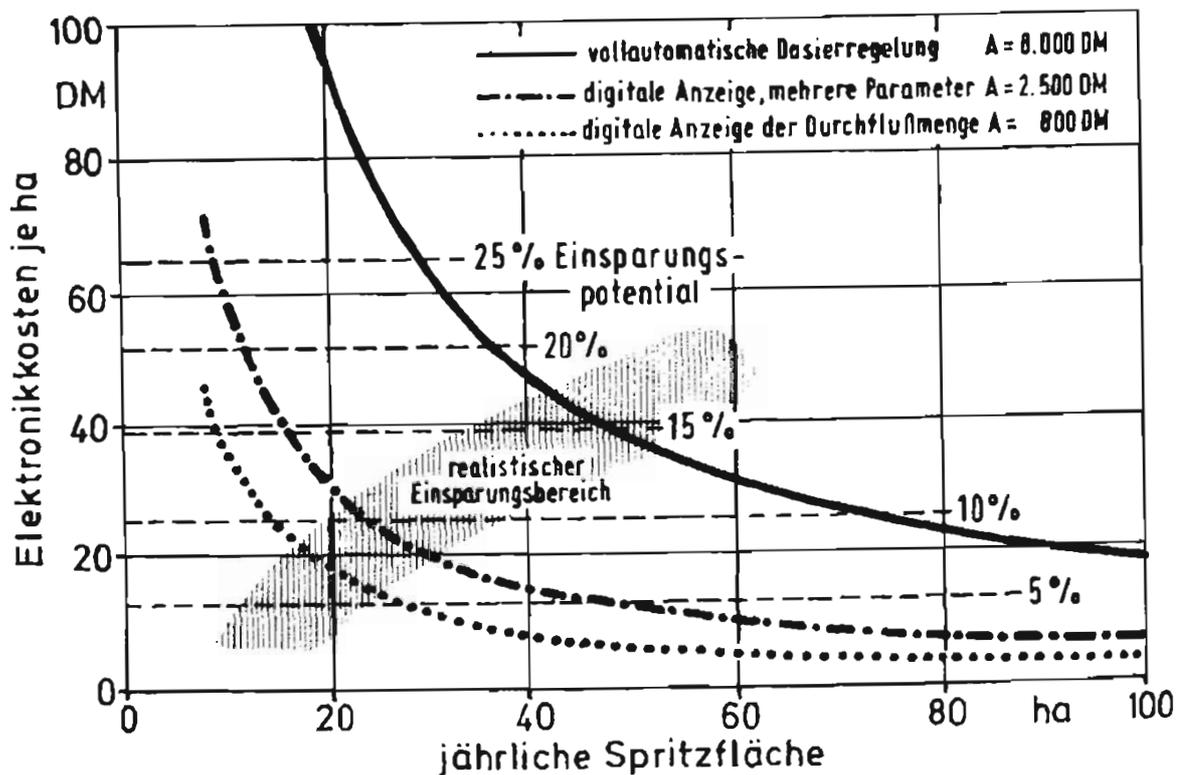


Abbildung 86: Elektronikkosten/ha und Jahr und Einsparungspotential für die drei Stufen des Elektronikeinsatzes bei Feldspritzen. (Pflanzenschutzaufwand Getreide 200 DM/ha; Zuckerrüben 390 DM/ha; $\frac{2}{3}$ Getreide + $\frac{1}{3}$ Zuckerrüben; 3 Spritzungen/ha; Elektronik-Nutzungsdauer 8 Jahre; Zins 7 %; Reparatur 7 %; jährliche Kosten von A 23,7 %).

5.3.6 Ökonomische Beurteilung der Elektronik in Feldspritzen

In Verbindung mit der Elektronik ist je nach Einsatzbedingungen mit einer Einsparung an Spritzmitteln zu rechnen. Sie kann als Basis für die Kapitalisierung und damit für den zulässigen Investitionsbedarf unterschiedlich ausgestatteter Feldspritzen herangezogen werden (Abb. 86).

Je nach Einsparungspotential zwischen 25 % (unrealistisch) und 5 % (sollte die Mindestgröße sein) sind dabei unterschiedliche jährliche Spritzflächen erforderlich. Bei Spritzcomputern mit 10 % Einsparung müßten kostendeckend demnach mindestens 75 ha/Jahr dreimal gespritzt werden. Bei möglichen 25 % Einsparung könnte der erforderliche Einsatzumfang auf 25 ha/Jahr zurückgehen.

Unter optimistischer Annahme unterschiedlicher Einsparungsbereiche je nach Elektronikanwendungsstufe ergeben sich allgemein

- mindestens 16–20 ha/Jahr bei Stufe 1,
- mindestens 22–28 ha/Jahr bei Stufe 2,
- mindestens 45–55 ha/Jahr bei Stufe 3.

5.3.7 Künftige Entwicklungen

Wie bei der Düngerausbringung übernimmt auch bei der Feldspritze derzeit die Elektronik nur die gleichmäßige Verteilung auf der Fläche. Im

Sinne eines umweltentlastenden Pflanzenschutzes muß sich jedoch in Zukunft die Ausbringstrategie ändern. Ausgehend von der Machbarkeit sind drei Entwicklungsstufen abzusehen:

- Verstärkte Nutzung weiter verfeinerter **Prognosemodelle** zur besseren Abschätzung der Schadschwellen und deren Eintreffterminen,
- lokale Anpassung an den unterschiedlichen Befall in der **Ausbringmenge**,
- lokale Anpassung und Auswahl der geeigneten **Mittel** (Direktinjektion).

Basis für diese Entwicklungen sind Prognosemodelle für Pflanzenschutz (und Düngung) in Verbindung mit flächendeckenden Wetterstationen (Abb. 87).

Ein-satz-be-reich	Modell	Autor(en)	klimatologische Parameter	Zeitabstand	Güte der Prognose	Rechner
Pflanzenschutz	Kraut- u. Knollenfäule	ULLRICH 1966 SCHRÖDTER	Temperatur rel. Luftfeuchte Niederschlag	stündlich bei rel. Luftfeuchte > = 90 %	± 3 Tage	Großrechner Btx (PC)
	Septoria	ENGLERT 1980 MANGSTL	rel. Luftfeuchte Temperatur (max/Tag)	täglich	65–81 %	Großrechner Btx (PC)
	Halmbruch	FEHRMANN 1974 SCHRÖDTER	Temperatur rel. Luftfeuchte	stündlich	72 %	Großrechner
	Mehltau	KLOSE 1975 STEPHAN 1984	Temperatur	täglich		
	Peronospora (Hopfen)	KREMHELLER 1978	Regenbenetzungsdauer	stündlich	80 %	
	Apfelschorf	MILL	Temperatur Benetzungsdauer	laufend		Spezialgerät
Düngung Wachstum	N _{min} und N _{opt}	BRENNER 1985	Temperatur Niederschlag	monatlich	± 20 kg N/ha	Großrechner (PC)
	N _{an}	RICHTER 1984 SEVERIN	Temperatur Niederschlag	wöchentlich	± 7 kg/ha	Großrechner
	Wachstum	RITCHIE 1983	Temperatur (min + max) Niederschlag Strahlung	täglich	± 16 kg N/ha	Großrechner (PC)
Beregnung	Beregnung	BREUCH 1987 HACKEL	Niederschlag Temperatur rel. Luftfeuchte	täglich	70–80 %	Großrechner Btx (PC)
andere	Bodenbefahrbarkeit	BOKERMANN 1984 HASSENPLUG	Temperatur Niederschlag rel. Luftfeuchte	wöchentlich		
	Auswuchs	SCHRÖDTER 1969 GRAHL	Temperatur Sonnenscheindauer Sättigungsdefizit	täglich	77 %	Großrechner

Abbildung 87: Verfügbare Prognosemodelle für Pflanzenschutz und N-Düngung.

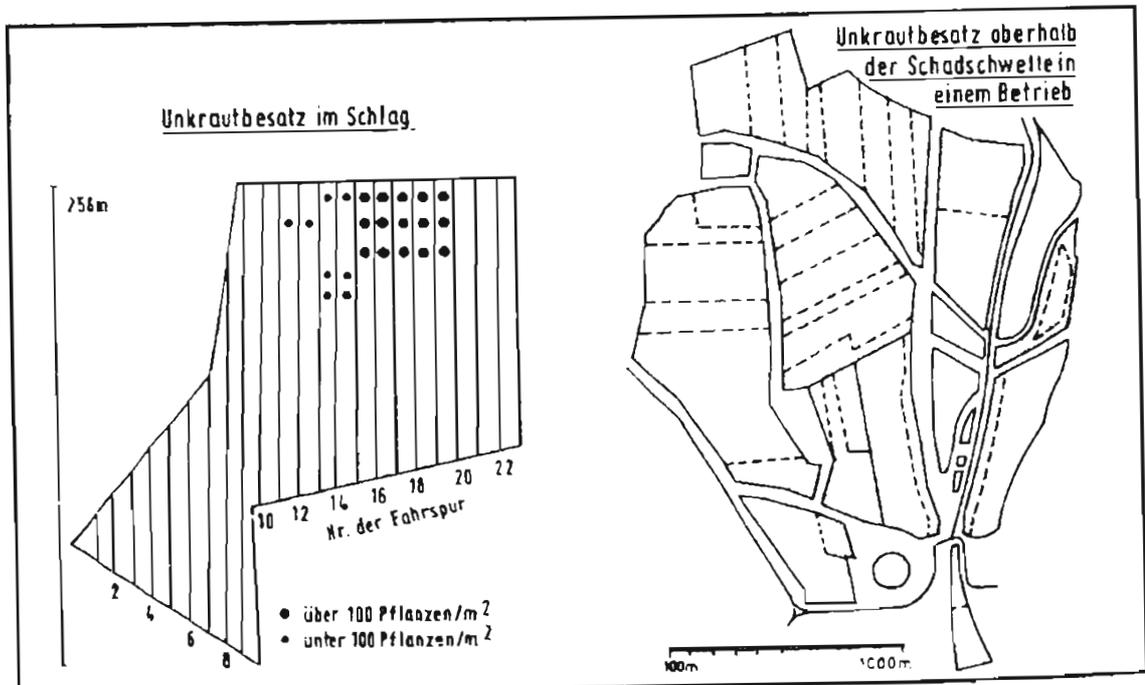


Abbildung 88: Kartierungen nach Unkrautbesatz [16].

Danach sind Kartierungen für den Unkrautbefall zu erstellen (Abb. 88). Mit diesen neuen Hilfen muß die aufgezeigte Technik für Feldspritzen in folgender Weise weiter entwickelt werden:

- **Pflanzenschutz nach lokaler wegabhängiger Befallskartierung:** Sowohl manuell wie auch automatisiert (Videotechnik, Bildanalyse, Falschfarbentechnik) erstellte Befallskartierungen werden lokal unterschiedlich wegabhängig dosiert. Der Übergang zur Volumenstromregelung würde dabei die beste Spritzqualität garantieren.
- **Pflanzenschutz nach lokaler artenspezifischer Befallskartierung:** Basis dafür ist die direkt injizierende Feldspritze, welche entsprechend dem Bedarf jene Mittel verteilt, welche in optimaler Weise bei geringstem Aufwand gezielte Erfolge erwarten lassen und Brühereste vermeidet.

5.4 Gülleverteilung

Ähnlich der Dünger- und der Pflanzenschutzmittelverteilung besteht auch bei der Gülleverteilung das Hauptziel in einer gleichmäßigen Ausbringung/Flächeneinheit. Dabei treten jedoch erhebliche Unterschiede zu den genannten Techniken auf. Im Gegensatz zur Düngung mit Mineräldünger sind

- die auszubringenden Güllearten biologischer Natur mit unterschiedlichen Trockenmasseanteilen,

- werden je Fläche hohe Mengen ausgebracht und
- treten während des Transportes und der Verteilung in der Regel Entmischungsvorgänge auf.

Deshalb muß eine gezielte Verteilung von Gülle auf diese Fakten besondere Rücksicht nehmen, zumal auch der Ausbringungszeitpunkt vielfach äußerst ungünstig ist.

5.4.1 Elektronische Regelung der Ausbringmenge

Um regelnd in die Ausbringung der Gülle einzugreifen, werden mehrere Sensoren benötigt (Abb. 89).

Allen voran ist eine exakte **Wegmessung** notwendig. Dabei ist zu bedenken, daß aufgrund der großen Transportmengen der Traktor in der Regel einen nicht unbeträchtlichen Schlupf aufweist und durch die üblichen Einachsfahrzeuge auch eine starke Entlastung der Vorderachse bei gefüllten Fässern auftritt. Eine Wegmessung am Traktor erfordert deshalb grundsätzlich den Radarsensor. Wird hingegen auf die Messung des Weges am Fahrzeug zurückgegriffen, dann kann dort relativ einfach ein exaktes Wegsignal an einem Rad abgegriffen werden.

Eine veränderte Vorfahrt muß dann durch eine angepaßte **Ausbringmenge** ausgeglichen werden. Deshalb ist über einen zweiten Sensor ständig die Ausbringmenge zu erfassen. Induktive Durchflußmesser eignen sich dazu, wenn für eine homogene Durchflußmenge Sorge getragen wird. Deshalb ist ständige Homogenisierung (auch während des Transportes) Voraussetzung.

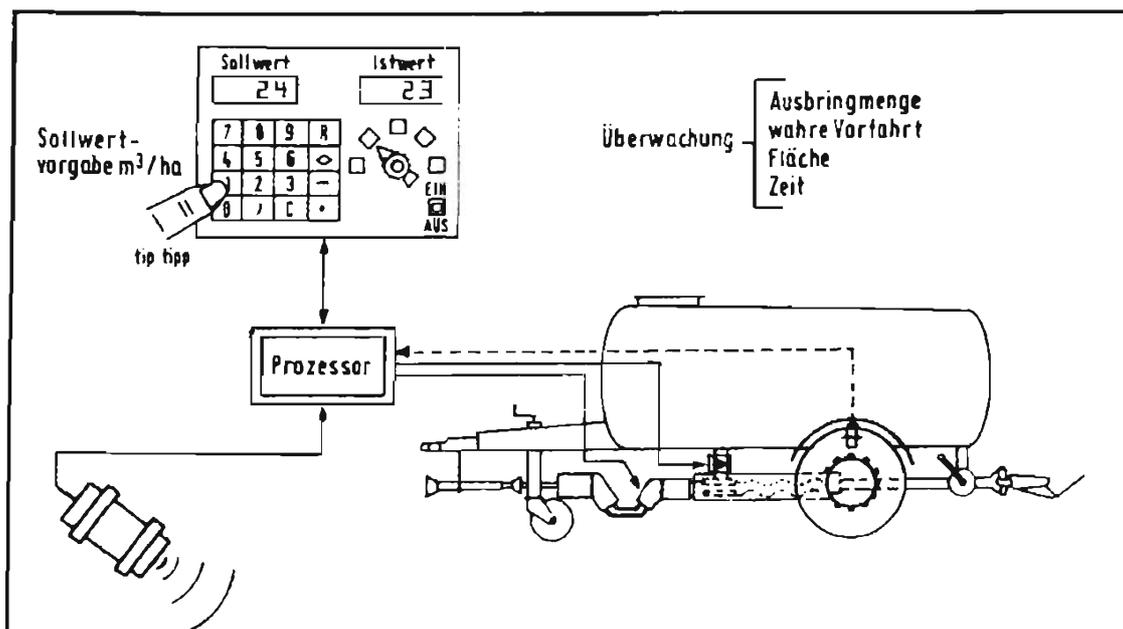


Abbildung 89: Regelsystem für die Gülleausbringung.

Aus dem Vorfahrt- und dem Durchflußsignal kann schließlich über einen Prozeßrechner die **Durchflußmenge** geregelt werden. Wie beim Exaktstreuer für Mineraldünger eignet sich dazu ein Ölmotor für den Pumpenantrieb vorzüglich, da dieser relativ einfach über einen elektrischen Stellmotor oder ein Proportionalventil in der Drehzahl verändert werden kann.

5.4.2 Beurteilung der elektronisch geregelten Güllevertei lung

Die zuvor beschriebene Technik scheint auf den ersten Blick sehr einfach zu sein. Tatsächlich kann sie jedoch nur dann funktionieren, wenn mehrere Randeinflüsse beherrschbar sind.

An erster Stelle steht dabei die unbedingt erforderliche Ermittlung der **Gülleinhaltsstoffe**. Sie ist absolute Voraussetzung, da sonst nur eine gleichmäßige Flüssigkeits-, nicht aber eine gleiche Nährstoffverteilung erreicht wird. Voraussetzung für die Inhaltsbestimmung ist jedoch wiederum eine ausreichende Homogenisierung im Güllebehälter, welche während des gesamten Ausbringvorganges beibehalten werden muß.

Daran anschließend ist die **Homogenität** der Gülle während des gesamten Transportes und der Ausbringung zu gewährleisten. Auch diese Forderung ist in der Praxis nicht problemlos zu erfüllen.

Letztendlich setzt eine gleichmäßige **Verteilung** absolut gleiche Arbeitsbreiten und eine exakte Gleichverteilung voraus. Beides ist bei den heute üblichen Verteilsystemen eine zusätzliche Hürde, weshalb der Ruf nach zuverlässigen Leitsystemen eine hohe Berechtigung hat.

Alle diese Forderungen führen zu zusätzlichen Aufwendungen und Investitionen. Da gleichzeitig der Wert der Gülle im Vergleich zum Mineraldünger eher bescheiden ist, muß auf kostengünstige Technik großer Wert gelegt werden. Für den Einsatz der Elektronik können deshalb nur Universalsysteme in Form mobiler Agrarcomputer in Frage kommen. Auch bei der Wegmessung muß auf schon vorhandene Sensoren am Traktor zurückgegriffen werden. Erst dann kann – und dann allerdings nahezu perfekt – diese Technik

- Gülle nach Flüssigkeitsmenge und Nährstoffen absolut gleichmäßig auf der Fläche ausbringen,
- über die Plus-/Minusschaltung gewünschte, Zuteiländerungen problemlos realisieren,
- bei Festfahren des Fahrzeuges durch eine Sicherheitsschaltung Überdüngungen vermeiden und
- durch universelle Nutzung wichtiger Sensoren und des Prozeßrechners eine ökonomisch preiswerte Realisierung ermöglichen.

6 Elektronik in Erntemaschinen

Der Elektronikeinsatz in Erntemaschinen erstreckt sich zur Zeit noch auf einzelne Maschinen. Allen voran ist der Mähdrescher zu nennen. Er wird gefolgt vom Feldhäcksler, von der Rundballenpresse und nicht zuletzt vom Ladewagen. Nutzung der Elektronik in der Rüben- und Kartoffelernte ist dagegen die Ausnahme, weshalb auf diese Maschinen nachfolgend nicht eingegangen werden soll.

6.1 Mähdrescher

Die Elektronik in der Außenwirtschaft wurde zu einem erheblichen Teil durch den Einsatz im Mähdrescher geprägt. Vorrangige Ziele waren dabei:

- Die Flächenmessung für den überbetrieblichen Einsatz,
- die Überwachung sich drehender Wellen,
- die Überwachung der Körnerverluste,

also Überwachungsaufgaben aufgrund komplexer Arbeitsabläufe in der Maschine. Heute müßten weitere unverzichtbare Ziele hinzukommen, welche

- generell den Ertrag auf dem Feld erfassen können und
- künftig diese Erfassung auf Koordinaten im Feld beziehen, um daraus wirklichkeitsnahe Ertragskartierungen der Schläge zu erhalten.

Nachfolgend werden die derzeit schon realisierten und die in Entwicklung befindlichen Elektronikeinsätze aufgezeigt und beurteilt. Es sind:

- Drehzahlwächter,
- Bordmonitore,
- Verlustmonitore und
- Ertragesermittlungseinheiten.

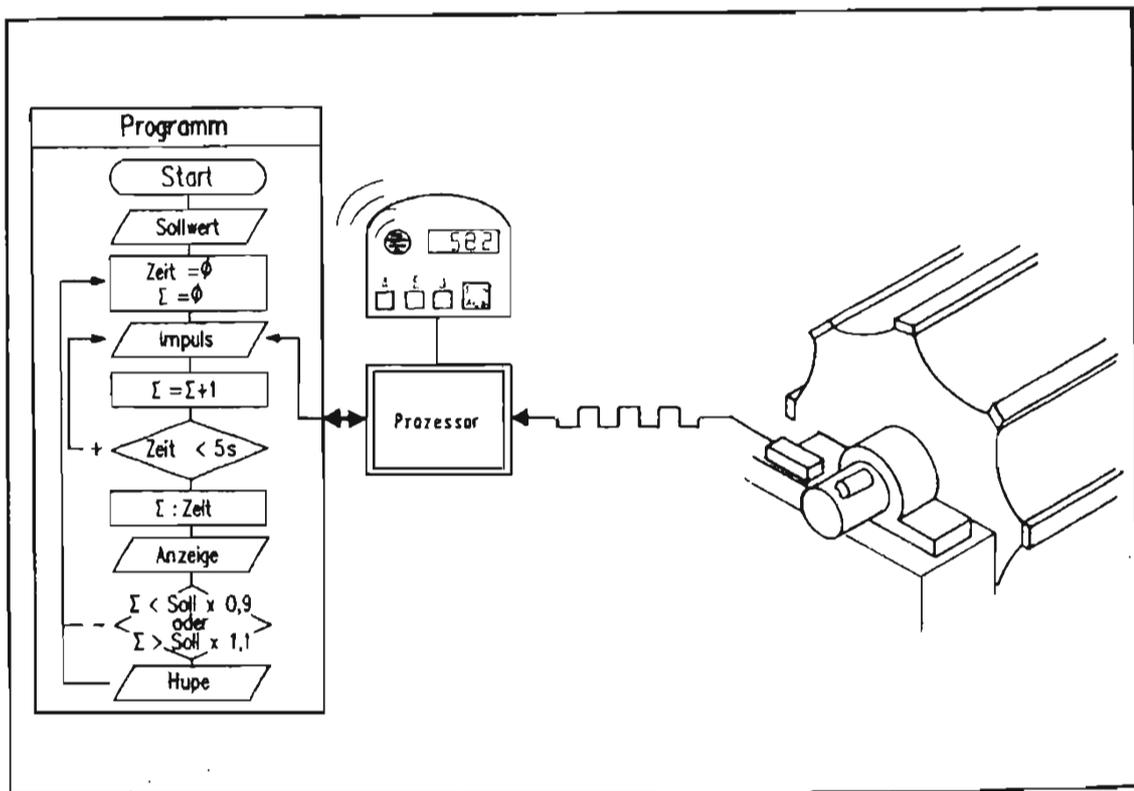


Abbildung 90: Aufbau und Funktion eines Drehzahlwächters.

6.1.1 Drehzahlüberwachung

Bedingt durch den Einzug der Kabine auf dem Mähdrescher befindet sich der Fahrer nunmehr in einer isolierten Umgebung. Geschützt vor den Umwelteinflüssen findet er einen optimalen Arbeitsplatz vor. Allerdings wurde dadurch der direkte Informationsweg durch Auge und Ohr abgeschnitten, weshalb ihm nun Überwachungshilfen zur Seite gestellt werden müssen. Dabei besitzt die Überwachung wichtiger Antriebe eine große Bedeutung, weil dadurch nicht nur die Funktionssicherheit gewährleistet wird, sondern auch eine sicherheitstechnische Maßnahme gegeben ist.

Diese Aufgabe können spezielle Drehzahlwächter übernehmen (Abb. 90).

Allerdings sind diese Einheiten spezielle Zusatzgeräte, welche dann wiederum nur in der relativ kurzen Einsatzzeit der Ernte genutzt werden können. Deshalb versuchen die Hersteller von mobilen Agrarcomputern, diese Aufgabe in ihren Geräten zu realisieren (Abb. 91).

Als Sensoren dienen dabei Hall-Sensoren und Magnete auf den Wellen. Diese erzeugen je Umdrehung einen Impuls (oder bei mehreren Magneten auf der Welle mehrere Impulse). Die Impulse werden von einem ent-

sprechendem Programm im Prozeßrechner gezählt und je Zeiteinheit (in der Regel die Minute) mit dem vorgegebenen Sollwert verglichen. Weicht die ermittelte Drehzahl vom zulässigen Toleranzwert (programmierbar) ab, dann ertönt ein akustisches Signal. Derzeit können mobile Agrarcomputer bis zu 16 Drehwellen überwachen. Als mobile Einheit können sie wie folgt beurteilt werden:

Vorteile

Nur eine Elektronikeinheit,
 nur eine zentrale Anzeigeeinheit,
 preisgünstig durch Mehrfachnutzung,
 keine Anpassungsprobleme bei
 der Bedienung durch hohe Vertrautheit.

Nachteile

Erfordert bei universeller Nutzung jeweils neue Rüst- und Kalibrierzeiten.

Darüber hinaus können mobile Agrarcomputer auch die Flächenermittlung (eventuell mit Teilbreitenschaltung) und die Körnerverlustermittlung übernehmen. Sie werden damit vergleichbar den Bordmonitoren (Bei Mähdreschern üblicherweise so bezeichnet und in der Funktion den Traktorbordcomputern direkt vergleichbar).

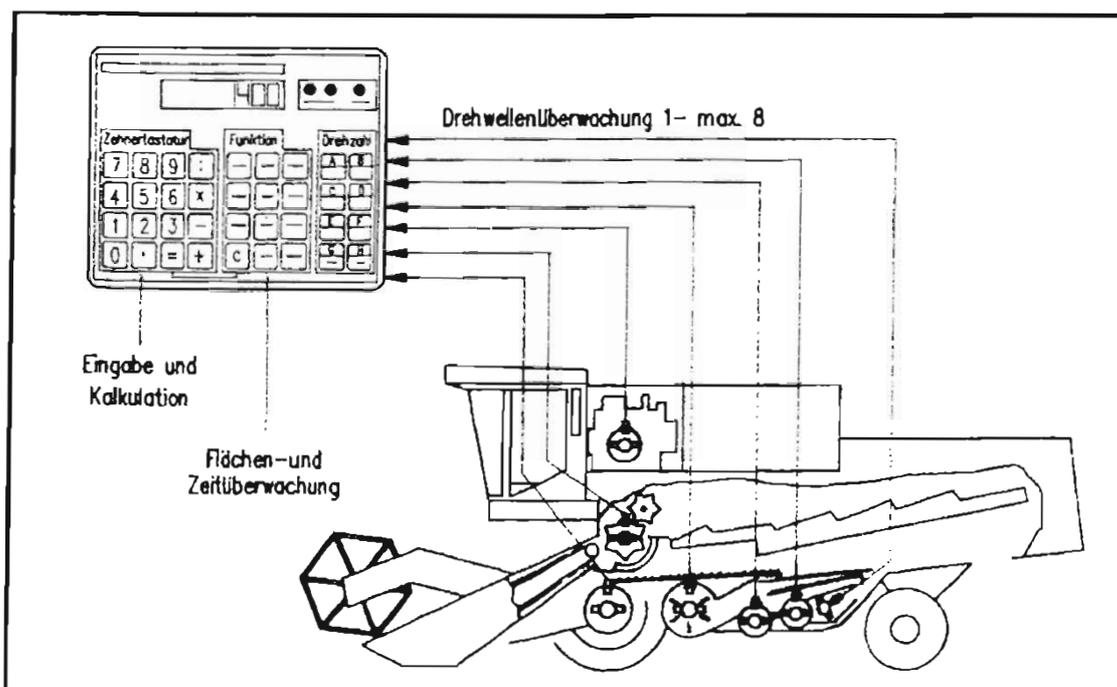


Abbildung 91: Mobiler Agrarcomputer als Drehzahlwächter für den Mähdrescher.

6.1.2 Bordmonitore

Mähdrescher werden heute zu 60–70 % überbetrieblich eingesetzt. Damit bekommt das Problem der exakten Flächenermittlung für die Entlohnung der geleisteten Arbeit eine zunehmende Bedeutung. Sowohl im Maschinenring, wie auch beim Lohnunternehmer sind deshalb Bordmonitore zur Erfassung der Flächenleistung und der Arbeitszeit gefragte Zusatzausrüstungen. Bei einer Erhebung bei den Maschinenringen in Bayern 1988 waren mit einem Bordmonitor ausgestattet

- Maschinen älter als 3 Jahre: 31 %,
- 3 Jahre alte Maschinen: 77 %,
- 2 Jahre alte Maschinen: 72 %,
- 1 Jahr alte Maschinen: 82 %.

Mithin kann heute von einer nahezu 100 %igen Ausrüstung mit diesem Elektronikzusatz ausgegangen werden.

Die exakte Flächenermittlung erfordert zwei, besser drei Informationen (Abb. 92).

Absolute Voraussetzung ist die **Wegmessung**. In Verbindung mit der Arbeitsbreite ergibt sich daraus die bearbeitete Fläche. Beide Werte führen jedoch zu einer überhöhten Flächenmessung, weil darin die Wendewege und die Arbeiten im Teilschnitt nicht erfaßt werden. Deshalb muß in je-

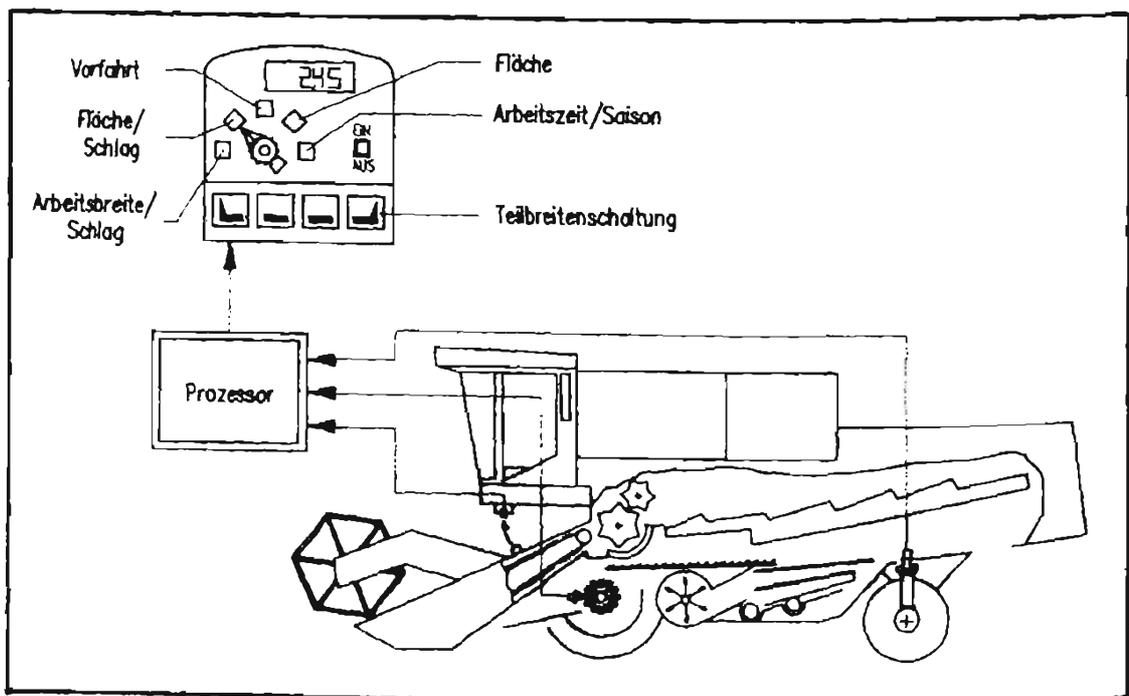


Abbildung 92: Flächenermittlung im Mähdrescher-Bordmonitor.

dem Fall ein Sensor für die Arbeitsstellung des Schneidwerkes dem System hinzugefügt werden. Bei langen Schlägen und Bezählung nach Fläche ist zudem eine Teilbreitenschaltung auf manueller Eingabebasis erforderlich. Sinnvoll (wenngleich nicht unbedingt notwendig) wäre zudem eine Unterscheidung bei der Wegmessung in Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, damit der Prozeßrechner daraus nur die wahren Arbeitswege ermitteln kann.

Aus diesen Eingangsgrößen können folgende Informationen errechnet und abgerufen werden:

- Bearbeitete Fläche,
- Gesamtfläche seit Löschung des Flächenspeichers,
- Arbeitszeit/Fläche,
- Gesamtarbeitszeit seit Löschung des Zeitspeichers,
- Arbeitsgeschwindigkeit,
- Länge des Druschweges (Schlaglänge, linearisierte Schlaglänge).

Generell wird aber auch ein derart vollständig ausgestatteter Bordmonitor Fehler bei der Flächenermittlung nicht vermeiden können. Diese werden immer systematischer Art sein und die abgeerntete Fläche um 3–10 % überschätzen. Der Hauptgrund dafür ist die nicht immer vollständige Nutzung der Schnittbreite, die nur angenäherte Arbeitsbreite an die eingegebene Teilbreite und die Flächendoppelerfassungen über die Schneidwerksstellung (dieses wird schon vor dem eigentlichen Bestand in die erfassende Arbeitsstellung gebracht und es befindet sich am Schlagende auch wieder länger in Arbeitsstellung).

Neben der Fläche (Wegerfassung) werden im Bordmonitor in der Regel auch noch **wichtige Betriebsdaten** der Maschine erfaßt und auf Wunsch (oder ständig) angezeigt. Die wesentlichen sind:

- Motordrehzahl,
- Trommeldrehzahl,
- Drehzahl des Druckwindgebläses.

Außerdem kann über die Motoreinschaltzeit vielfach das Serviceintervall abgerufen werden.

6.1.3 Verlustmonitore

Mähdrescher sind heute große und teure Maschinen. Ökonomisch sinnvoll können sie nur eingesetzt werden, wenn je Erntesaison ein größtmöglicher Einsatzumfang erreicht wird und wenn gleichzeitig die Verluste beim Erntegut minimiert werden. Dabei besteht ein enger Zusammenhang zwischen möglicher Leistung und Verlusten (Abb. 93).

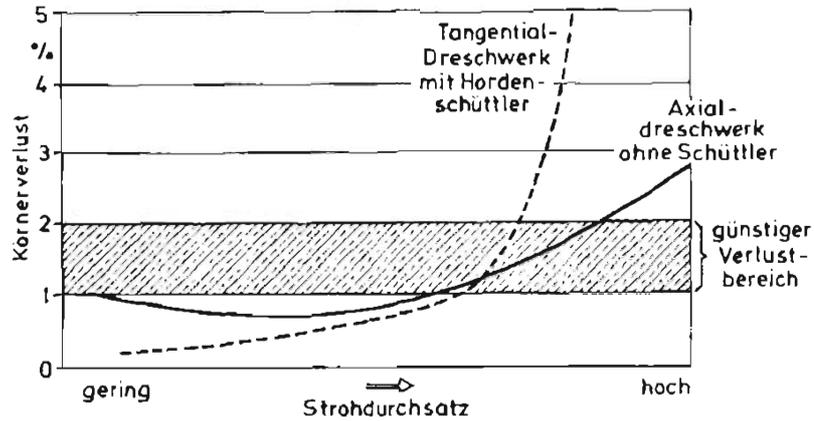


Abbildung 93: Verluste für Axial- und Radialdreschwerke in Abhängigkeit vom Strohdurchsatz [17].

Zunehmende Leistung ist nur durch schnellere Arbeit und damit durch höheren **Strohdurchsatz** möglich. Mit steigendem Strohdurchsatz nehmen jedoch die Körnerverluste anfänglich gering und dann immer stärker werdend zu. Daraus ergibt sich die maximale Leistung im Bereich des starken Verlustanstieges. Da der Fahrer diesen Zustand jedoch nicht problemlos erkennen kann, und da sich der Strohdurchsatz in Abhängigkeit vom lokalen Ertrag laufend ändert, muß ihm eine entsprechende Information zur Verfügung gestellt werden.

Hauptverlustquellen sind die Schüttler und die Siebe. Über geeignete Sensoren ist dort die Verlusterfassung vorzunehmen. Verfügbare Techniken sind Sensorleisten oder Sensorplatten, welche direkt hinter die Siebe oder die Schüttler montiert werden. Sie erfassen die Schallwellen, welche beim Aufprall der Körner entstehen (Abb. 94).

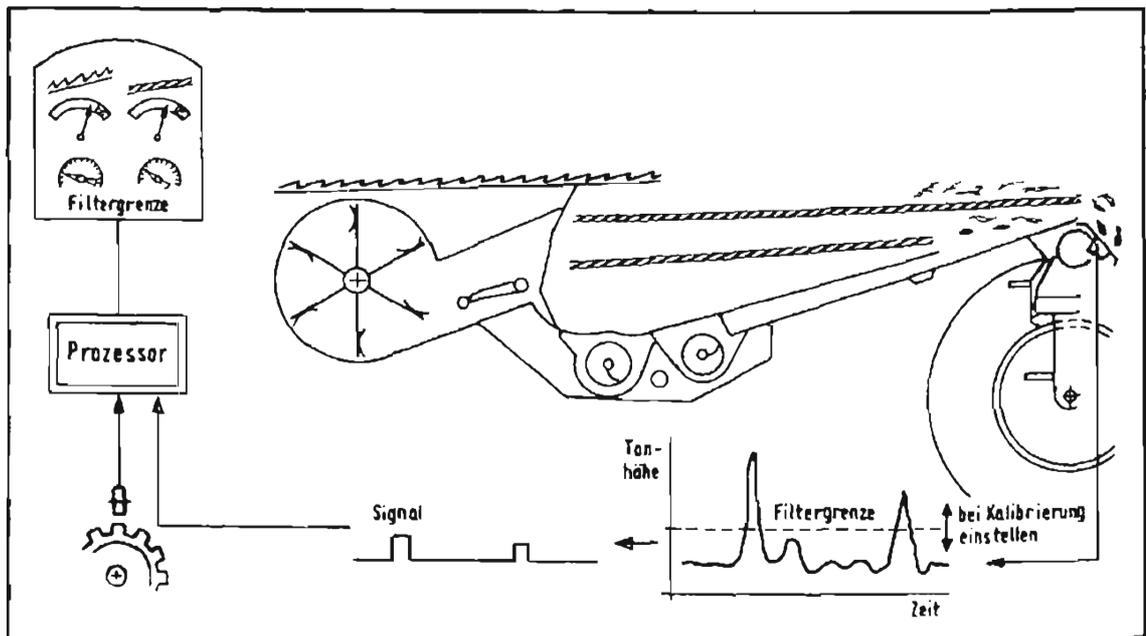


Abbildung 94: Arbeitsweise von Verlustsensoren.

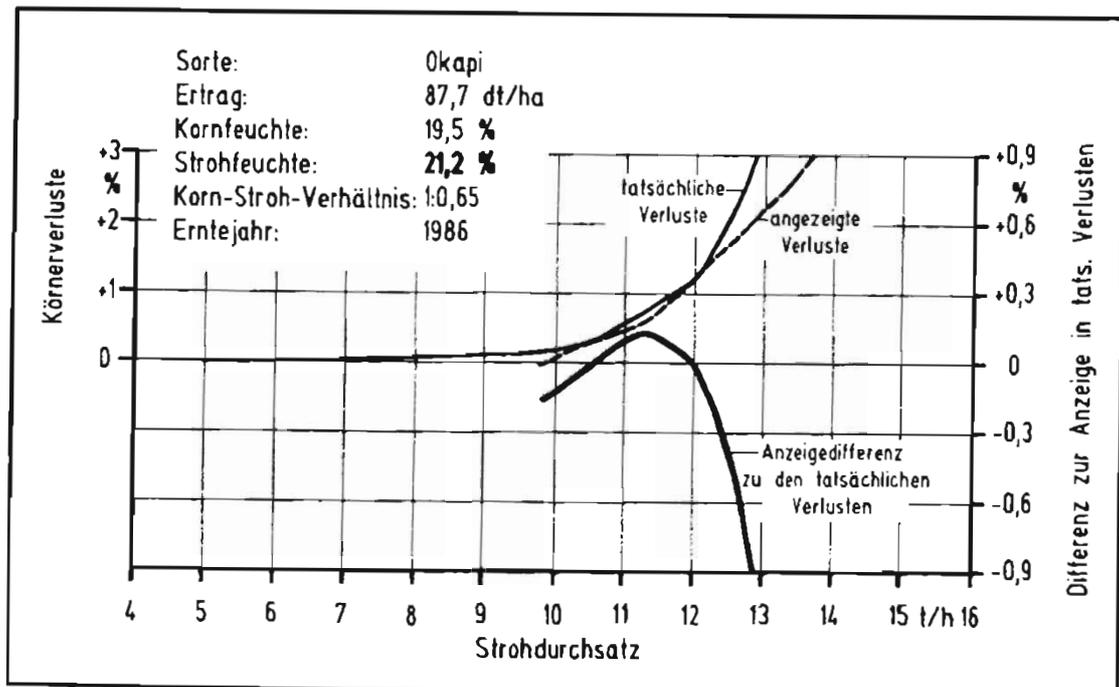


Abbildung 95: Genauigkeit von Körnerverlustsensoren an Mähdreschern bei geringer Strohfeuchte [18].

Auf die Sensorleisten fallende Strohteile, Körner und auch Bruchkörner erzeugen auf den Leisten oder Platten ein Geräusch unterschiedlicher Tonlage. Dieser Geräuschpegel kann über entsprechende Schaltungen nach Tonhöhe gefiltert werden, wodurch nur noch Geräuschspitzen, bzw. Schallimpulse verbleiben. Diese können dann von einem elektronischen Zähleingang registriert und ins Verhältnis zur Arbeitsgeschwindigkeit (Wegsensor) und zur Arbeitsbreite (manuelle Eingabe; auch manuelle Teilbreiteneingabe) gesetzt werden.

Allerdings zeigen sich bei diesem stark vereinfachend geschilderte Vorgang mehrere Probleme. Zum einen verändert sich der Geräuschpegel von Korn und Stroh in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt. Er verändert sich aber zum anderen auch bei unterschiedlichen Gutarten (z.B. Weizen oder Raps). Darüberhinaus treten jeweils nahezu gleiche Geräuschpegel bei Bruchkörnern und Halmknoten auf. Bedingt dadurch muß deshalb jedes Körnerverlustsensoren-system bei Änderung der genannten Einflüsse neu kalibriert werden. Dies kann nur manuell erfolgen, indem Anzeige und tatsächlich aufgetretene (und nachgezählte) Verlustkörner durch Veränderung der Filtergrenze erneut in Einklang gebracht werden.

Umfangreiche Untersuchungen zeigen unter diesen Voraussetzungen für die Praxis ausreichende Genauigkeiten bei der Körnerverlustanzeige in trockenem (Abb. 95) und feuchtem Gut (Abb. 96).

Aus beiden Ergebnissen wird ersichtlich, daß Anzeige und tatsächliche Körnerverluste bis zu einer Verlustgrenze von etwa 1 % recht gut über-

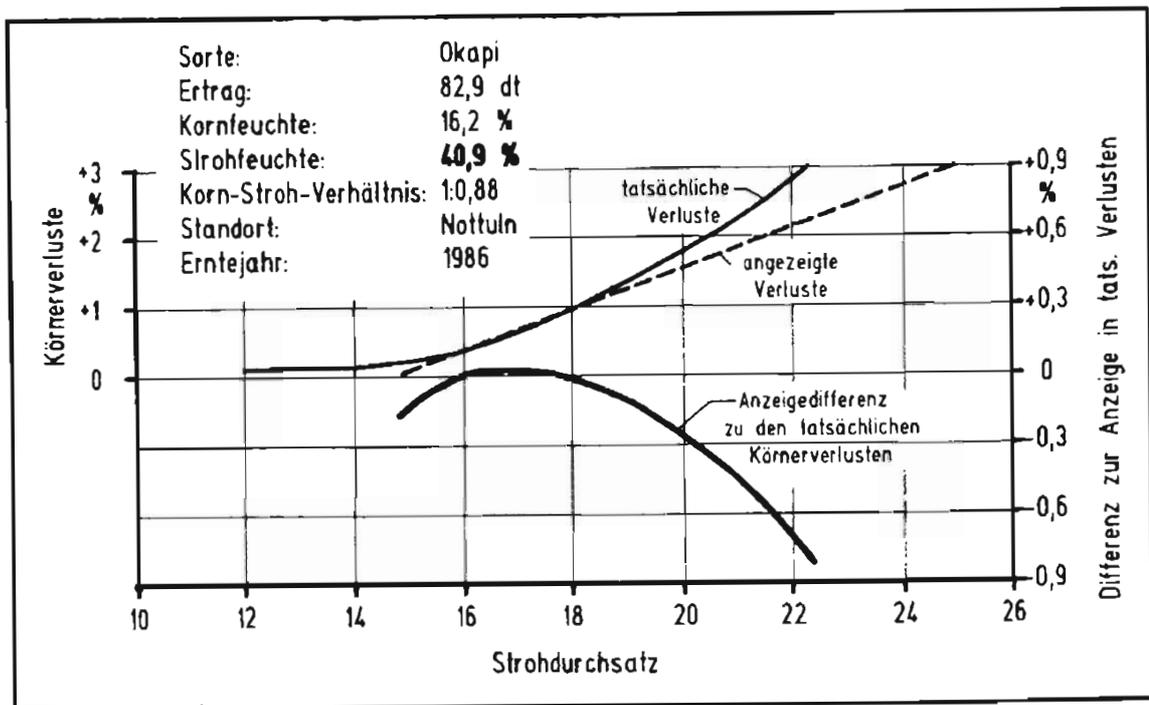


Abbildung 96: Genauigkeit von Körnerverlustsensoren an Mähdreschern bei höherer Strohfeuchte [18].

einstimmen. Auch wird deutlich, daß die Abweichung der Anzeige gegenüber den wahren Verlusten schon ab etwa 0,5 % Verlusten positiv ist, mithin also etwas höhere Verluste anzeigt und deshalb psychologisch den Fahrer zu einer Verringerung der Arbeitsgeschwindigkeit veranlaßt. Richtig kalibrierte Verlustanzeigen beinhalten somit schon eine gewisse Sicherheit und wirken dadurch in doppelter Hinsicht verlustsenkend. Bei einer – auch in Zukunft fehlenden – automatisierten Kalibrierung für diese Systeme der Verlustermittlung kann der Körnerverlustsensor im Mähdrescher wie folgt beurteilt werden:

Vorteile

Fahrer erhält Information über Verlustsituation,
 Fahrer kann Arbeitsgeschwindigkeit nach der Information ausrichten,
 Information stimmt bei vorangegangener Kalibrierung gut mit den tatsächlichen Verlusten überein,
 »System gibt mehr Sicherheit und Beruhigung, wirkt also positiv auf die Arbeitsbelastung«.

Nachteile

Verluste werden relativ in Kornzahlen und nicht in absoluten Ertragsverlusten angezeigt,
 Kalibrierung ist ein »Herantasten«, da objektive Kalibrieremethoden fehlen,
 fehlende oder unterlassene Kalibrierung wird vom System nicht erkannt.

6.1.4 Ertragsermittlung

Neben den mittlerweile realisierten Nutzungen der Elektronik im Mähdre-
scher würde für den praktischen Einsatz die Ertragsermittlung einen ho-
hen Stellenwert besitzen. Derzeit stehen dafür die in Abb. 97 genannten
System zur Verfügung. Danach kann generell entweder das Volumen
oder das Gewicht ermittelt werden.

6.1.4.1 Gewichtsermittlung

Alle Systeme für die Gewichtsermittlung sind am Schneckenauslauf an-
gebracht und erfassen demnach nur den Gesamtertrag in Form der
Tankfüllungen. Sie basieren auf einem Kraftaufnehmer unter einer Prall-
platte und ermitteln die darauf auftreffenden Kräfte und die Zeit der Kraft-
einwirkung. Entsprechend des Winkels zwischen Schneckenauslauf und
Prallplatte wird dabei die jeweilige Kraft größer oder kleiner sein. Deshalb
ist dieses System (Abb. 97, rechts oben) sehr stark von der Neigung der
Austragschnecke bei der Korntankentleerung abhängig. Ein gutes Er-
gebnis wird nur dann zu erzielen sein, wenn die Abweichung von der
Ebene relativ klein ist (1–2 %). Umfassende Untersuchungen in Großbri-
tannien haben gezeigt, daß damit unter praktischen Verhältnissen mit ei-
nem Fehler von mindestens + 8 % bis – 8 % zu rechnen ist. Maximalfeh-
ler von +/– 15 % sind aber ebenso anzutreffen, wie weitgehend exakte
Gewichtsermittlungen.

Um den starken Einfluß der Neigung auszugleichen, kann eine derartige
Meßeinrichtung auch mit zwei Kraftaufnehmern ausgestattet werden.
Neben einem wesentlich höheren Preis dürfte damit eine Verringerung
der Fehler auf die Hälfte möglich sein.

Insgesamt zeichnen sich diese Einrichtungen durch folgende Vor- und
Nachteile aus:

Vorteile

Preisgünstige Wiegeeinrichtung,
einfache Nachrüstung.

Nachteile

Starke Beeinflussung des
Wiegeergebnisses durch die
Standflächenneigung,
nur Gesamtertrag kann ermittelt
werden,
kein Bezug zu den Körnerverlu-
sten möglich,
keine Erweiterung auf Durch-
satzregelung möglich,
nicht für die »fliegende« Korn-
übergabe geeignet.

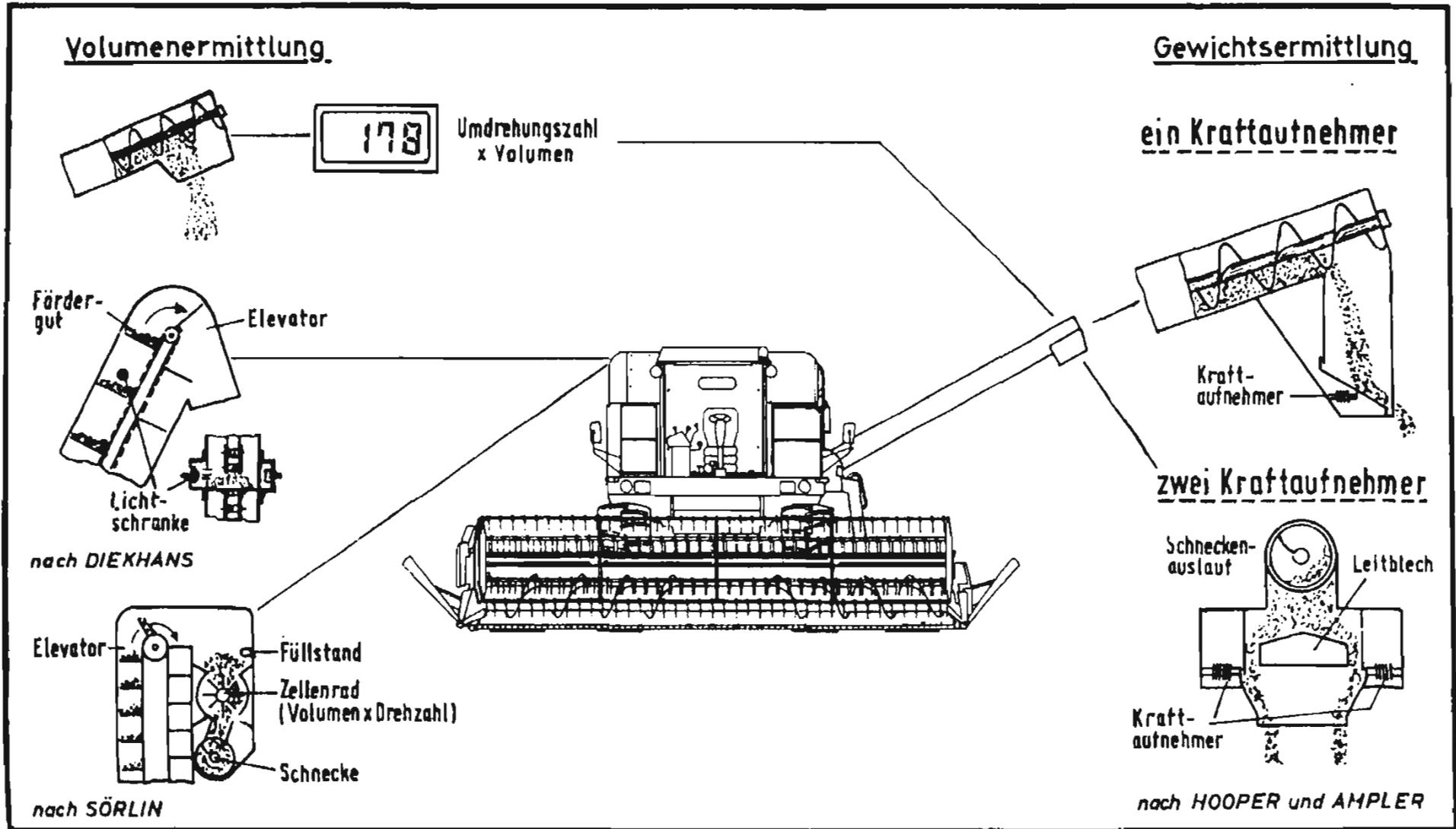


Abbildung 97: Systeme der Ertragsermittlung in Mähdreschern [19].

6.1.4.2 Volumenermittlung

Alle anderen versuchstechnischen Ansätze gehen dagegen von der Volumenermittlung aus. Auch dazu bietet sich zum ersten die **Körnerausstragsschnecke** an, wenn die Zahl der Schneckenumdrehungen ermittelt und der Füllstand der Schnecke festgehalten wird. Generell gelten dann jedoch die gleichen Nachteile wie bei den Gewichtsermittlungssystemen an der Körnerausstragsschnecke.

Dagegen setzen die anderen Ansätze der Volumenermittlung am ausgedroschenen Korn unmittelbar vor der Übergabe in den Körnertank an. Zum einen kann die **Füllhöhe** und die **Zahl der Elevatorschaufeln** ermittelt und über den Schüttwinkel eine Volumenbestimmung durchgeführt werden. Als Sensoren dienen dabei Lichtschranken.

Zum anderen kann direkt vor dem Einlauf in den Körnertank eine Meßeinrichtung auf Volumenbasis installiert werden. Eine Lichtschranke überwacht dabei die Füllung des Zwischenpuffers und schaltet über den Prozeßrechner die Drehungen des Zellenrades. Da das **Zellenrad** mit den Zellen immer das gleiche Volumen je Zelle aufweist, kann das Gesamtvolumen einfach durch Zählen der Zellen ermittelt werden. Zur Kalibrierung muß lediglich das Hektolitergewicht ermittelt und als Umrechnungsfaktor dem Prozeßrechner eingegeben werden.

Neben einer exakten Volumenermittlung zeichnet sich eine derartige Einrichtung auch durch die weitgehende problemlose Nachrüstung aus. Sie kann zudem auch dort installiert werden, wo eine Kornschnecke den Transport in den Korntank übernimmt.

Speziell die Volumenmessung über ein Zellenrad zeichnet sich durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile

Exakte Volumenermittlung,
relativ einfach nachzurüsten,
Form des Förderorganes ist von untergeordneter Rolle,
Ertrag wird unmittelbar beim Druschvorgang ermittelt,
auch für die »fliegende« Kornübergabe geeignet.

Nachteile

Hilfsgröße »Volumen« wird für die Gewichtsermittlung herangezogen.

6.1.5 Weitere Entwicklungen

Als große und leistungsfähige Maschine wird gerade im Mähdrescher Elektronik eine zunehmende Bedeutung erlangen. Mehrere Ansätze sind erforderlich:

- Einführung eines Bus-Systemes,
- reale Flächenermittlung über Positionsbestimmung,
- automatische Spurführung,
- automatisierte Durchsatzregelung,
- automatisierte Unkrautbesatzanalyse.

6.1.5.1 Bus-System für den Mähdrescher

Ein zunehmender Elektronikeinsatz in einer komplexen Maschine wie dem Mähdrescher erfordert ähnlich der Kombination Traktor und Gerät im Rahmen einer vereinfachten Fertigung und Erweiterung ein **Elektroniksystem**. Zwangsläufig werden sich die Hersteller deshalb schon sehr bald Gedanken machen müssen, ob dazu nicht ein Bus-System die geeignete Lösung sein könnte. Für den Landwirt würde dabei das LBS (siehe Abschnitt 3.2.3) die beste Lösung sein. Dann nämlich wären gleiche Techniken und gleiche Datenübertragungsmöglichkeiten zum Betriebsrechner im Betrieb vorhanden. Selbst Sensoren, wie der Radarsensor, könnten problemlos ausgetauscht werden und würden dadurch nicht nur eine Verbilligung insgesamt, sondern vielfach auch eine höhere Sicherheit gewährleisten.

6.1.5.2 Reale Flächenermittlung über Positionsermittlung

Gerade der Mähdrescher als Schlüsselmaschine für den überbetrieblichen Einsatz muß in der Lage sein, die bearbeiteten Flächen exakt zu ermitteln. Folglich sind die derzeitigen unzulänglichen Möglichkeiten schnellstmöglich durch bessere Techniken zu ersetzen. Dabei scheiden alle erdgebundenen Systeme aus, weil diese den überbetrieblichen Einsatz nahezu unmöglich machen. Somit verbleibt für diese Zielsetzung nur die Satellitenortung in Verbindung mit einer korrigierten Funkortung. Rein rechnerisch ergäbe sich dabei die bearbeitete Fläche aus den schlagumfassenden Koordinaten. Über die Höhenkoordinaten wäre dann die tatsächliche Feldoberfläche mit geringsten Fehlern zu ermitteln.

6.1.5.3 Automatische Spurführung

Alle bisherigen Versuche einer mechanisch sensierten Spurführung blieben beim Mähdreschereinsatz ergebnislos, weil aufgrund unterschiedlichster Bedingungen durch unterschiedliche Getreidearten oder Raps

bis hin zu den verschiedensten Formen des Lagergetreides ein problemloses Abgreifen der Schnittkante nicht möglich war.

An dieser Stelle können optische Sensoren, eventuell in Verbindung mit berührungslos arbeitenden Abstandssensoren, vollständig neue Einsatzmöglichkeiten eröffnen. Sie erfassen die realen Verhältnisse mit den unterschiedlichsten Auflösungsanforderungen und sind damit zugleich die Vorstufe der automatisierten Durchsatzregelung.

6.1.5.4 Automatisierte Durchsatzregelung

Über den hydrostatischen Fahrtrieb besitzt der Mähdrescher schon heute die optimalen Voraussetzungen für eine elektronische Durchsatzregelung. Die benötigten Sensoren sind dafür allerdings sehr umfangreich (Abb. 98).

Ausgehend von der Verlustmessung müßte darin die Ertragsermittlung nach Stroh und Korn in einer ersten Form an das Schneidwerk verlegt werden (optische Sensoren). Daran anschließend wären die Zuführorgane zu überwachen, um daraus den kontinuierlichen Gutstrom zur Dreschtrommel frühzeitig in den Regelvorgang einschleusen zu können (Auslenkung oder Lagerdruckbelastung im Steilförderer). Die Drehmomentmessung an der Dreschtrommel und die Drehzahlüberwachung an Trommel und Motor wären zusätzliche Regelbestandteile, die darüberhinaus im Anschluß an die Trommel durch die reale Ertragsermittlung ergänzt werden müßten.

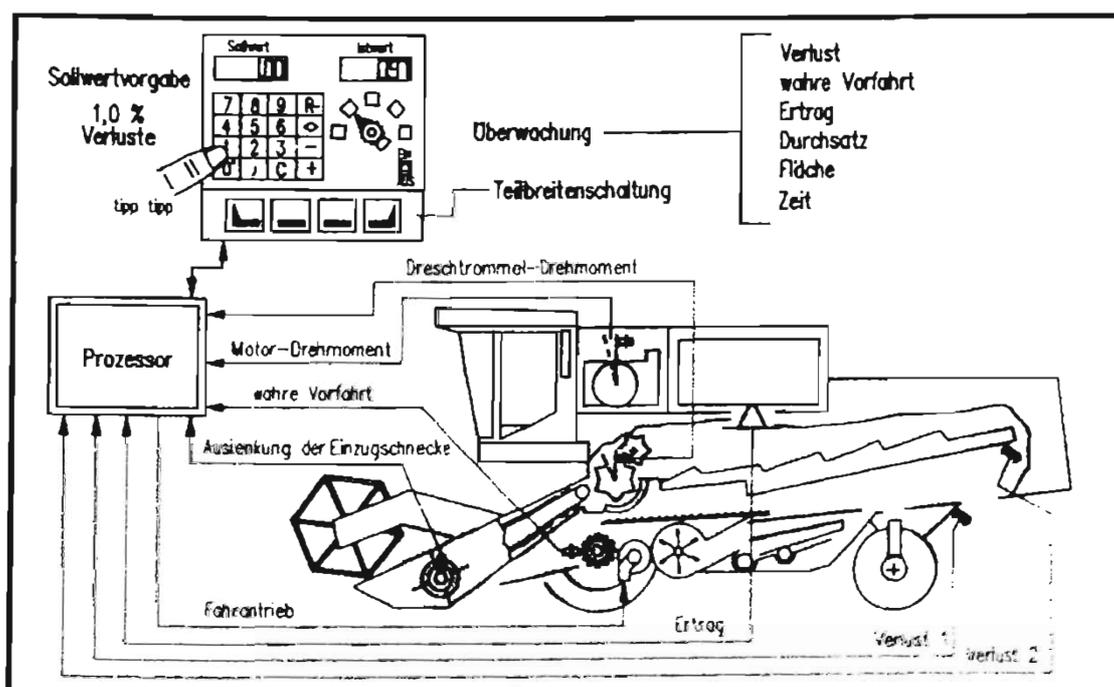


Abbildung 98: Schematischer Aufbau einer elektronischen Durchsatzregelung.

Insofern zeigt dieser Regelkreis schon sehr deutlich, daß darin derzeit noch eine Vielzahl offener Probleme vorhanden sind. Vor allem sind wichtige Sensoren für ein solches Regelsystem heute noch nicht verfügbar, zuwenig exakt oder aber für den landwirtschaftlichen Einsatz zu wenig robust oder zu teuer. Die elektronische Durchsatzregelung wird in der Entwicklung deshalb sicher noch einige Jahre auf sich warten lassen.

6.1.5.5 Automatisierte Unkrautbesatzermittlung

Das Ziel des Mähdreschereinsatzes ist in erster Linie das Abernten der Felder und die Trennung von Stroh und Korn. Unvermeidbar ist dabei das Miternten des aufgewachsenen Unkrautes, weshalb sich zugleich die einmalige Chance bietet, auch die **Unkrauternte** zu erfassen. Dabei könnten zwei Ziele erreicht werden:

- **Unkrautsamen vom Feld entfernen:** Schon heute gelangen viele Unkrautsamen über den Korntank in das Kornlager. Trennung schon im Mähdrescher oder besser im Lager wäre deshalb eine konsequente Forderung und Möglichkeit.
- **Unkrautsamen örtlich erfassen:** Diese Möglichkeit würde innerhalb eines Konzeptes verringerter Bekämpfungsmaßnahmen in Verbindung mit einer exakten Maschinenortung eine Kartierung des Unkrautbesatzes im Feld ermöglichen. Optische Systeme wären an dieser Stelle wiederum gefragt. Allerdings könnten auch andere Sensoren in diese Überwachung mit einbezogen werden. Die erstellten Unkrautkartierungen wären dann die Eingangsgöße für eine direkt injizierende Feldspritze (siehe Kapitel 5.3).

6.2 Feldhäcksler

Als zweite große, selbstfahrende Erntemaschine dringt der selbstfahrende Feldhäcksler immer stärker in die Praxis vor. Auch dabei steht generell der überbetriebliche Einsatz im Vordergrund, weshalb auch für diese Maschine der Bordmonitor zur Flächen- und Arbeitszeitermittlung eine vorrangige Bedeutung hat. In Anlehnung an die schon bei den Mähdreschern erwähnte Erhebung bei den Maschinenringen Bayerns zeigte sich folgende Ausstattung mit Elektronik (Tab. 5).

Tabelle 5: Elektronik in selbstfahrenden Feldhäckslern bei den Maschinenringen (Bayern, 1988)

Maschinenbaujahr	Bordmonitore	Lenkautomat
1984 und älter	25 %	40 %
1985	40 %	80 %
1986	60 %	60 %
1987	34 %	67 %

Darüber hinaus unterscheidet sich jedoch diese Maschine vom Mähdre-
 scher dadurch, daß kein eigener Bunker vorhanden ist. Eine hohe Lei-
 stung kann deshalb nur dann erzielt werden, wenn bei maximaler Durch-
 satzleistung auch die Übergabe und dabei vor allem die Auslastung der
 Transporteinheiten gesichert ist. Aus diesem Grunde steht bei den elek-
 tronischen Hilfsmitteln die automatisierte Lenkung im Vordergrund, wel-
 che eine starke Entlastung des Fahrers gewährleistet und dessen ganze
 Aufmerksamkeit dem Überladen zukommen läßt.

Erst an dritter Stelle steht für die Zukunft ein elektronisch geregelter
 Durchsatz, der in Abhängigkeit von der Motorauslastung zu einer Rege-
 lung der Vorfahrt kommen wird. Daß dabei die Strategien »Regelung
 nach maximaler Fläche« oder nach »geringstem Kraftstoffverbrauch« zu
 realisieren sind, versteht sich nahezu von selbst.

6.2.1 Lenkautomat

Die automatisierte Lenkung fand zuerst Eingang in den Feldhäcksler und
 dabei wiederum zuerst bei Reihenfrüchten wie Mais. Dies geschah des-
 halb, weil dabei einfache mechanische Sensoren problemlos zur Auf-
 nahme der Führungsgröße herangezogen werden konnten. Auch derzeit

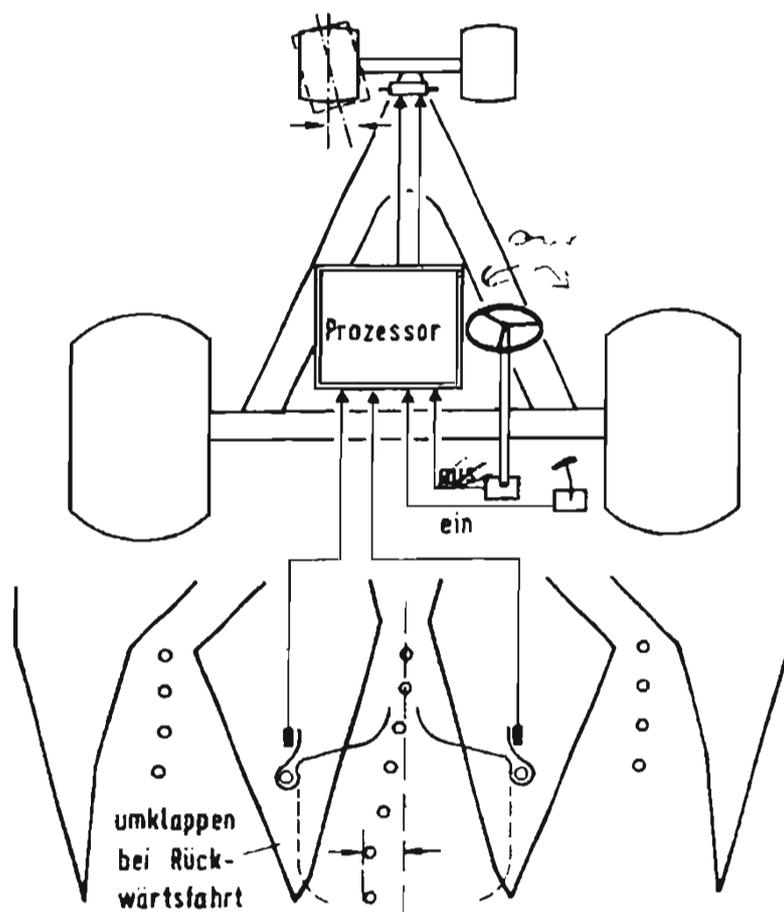


Abbildung 99: Schematischer Aufbau einer automatisierten Lenkung.

beschränkt sich der Einsatz der Lenkautomaten immer noch auf die Reihenfrüchte und auf die bewährten Sensoren. Ein Lenksystem hat den in Abb. 99 gezeigten Aufbau.

Bewegliche Bügel werden an einer Reihe innerhalb des Maisschneidwerkes entlangeführt. Ab einem vorgegebenen Ausschlagwinkel wird ein Signal erzeugt und an den Prozessor weitergeleitet. Von dort erfolgt eine Aktivierung des Lenkzylinders, welche solange anhält, bis der Geber im Schneidwerk die ordnungsgemäße Führung durch Signalabschaltung meldet. Über Zeitverzögerungsschaltungen kann die entsprechende Lenkreaktion verzögert oder aber auch beschleunigt werden. Insgesamt ist dieses System jedoch der Lenkung über das Lenkrad untergeordnet, so daß grundsätzlich die manuellen Eingriffe bevorrechtigt sind.

Als System zeichnet sich die automatisierte Lenkung durch folgende Vor- und Nachteile aus:

Vorteile

Reagiert schneller und zuverlässiger als der Mensch,
Reaktion bleibt auch bei Ermüdung des Fahrers erhalten,
manueller Eingriff des Fahrers ist immer möglich,
Entlastung des Fahrers, er kann sich auf die Fahrzeugauslastung konzentrieren,
einfache Nachrüstung.

Nachteile

Derzeit nur für kräftige Reihenspflanzen zuverlässig.

6.2.2 Künftige Entwicklungen

In Anlehnung an die künftigen Entwicklungen beim Mähdrescher werden sich auch die Feldhäcksler nahezu analog entwickeln. Dabei wird die gleichzeitige Fertigung von Mähdreschern und Feldhäckslern bei vielen Herstellern mit Verwendung gleicher Bauteile diese Entwicklung sogar beschleunigen. Allenfalls könnten die Entwicklungsschritte unterschiedlich verlaufen. Voraussichtlich sind diese:

- **Erfassen der bearbeiteten Fläche:** Dazu dienen die gleichen Ansätze wie beim Mähdrescher.
- **Optische System zur Spurführung:** Ohne Zweifel stellt der mechanische Sensor bei der Lenkautomatik die Hauptbegrenzung für einen universellen Einsatz auch bei anderen Arbeiten dar. Folglich kann im Grunde nur der Übergang zu optischen Systemen Abhilfe schaffen.

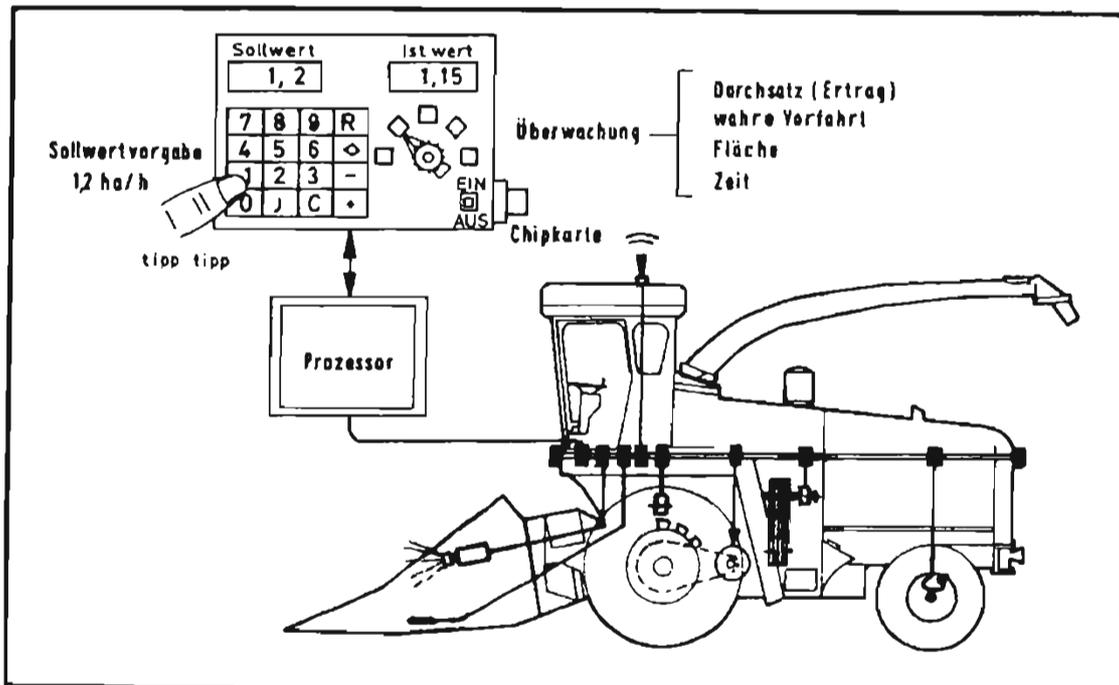


Abbildung 100: Möglichkeiten des Elektronikeinsatzes am Feldhäcksler.

- **Integration eines Bus-Systems:** Es wird dann möglich, wenn die bearbeiteten Flächen exakt zu erfassen sind, weil dann der Datentransfer zum Betriebsrechner mit der fehlerfreien Erstellung der Abrechnungen möglich wird.
- **Fahrgeschwindigkeitsregelung nach Durchsatz:** Die verfügbare Optik zur Spurführung kann wiederum zur Erfassung des zu erwartenden Gutanzfalles herangezogen werden. Wie beim Mähdrescher basiert darauf dann die automatisierte Durchsatzregelung (Vorfahrtsteuerung).
- **Erfassung des Ertrages:** Auch dabei steht die Betriebsführung mit der Möglichkeit der Erstellung von Ertragskartierungen im Vordergrund. Lösungsansätze unter Einbezug der sehr unterschiedlichen Gutsfeuchte dürften jedoch noch länger auf sich warten lassen oder in der ersten Stufe nur auf Silomais beschränkt bleiben.

Auch beim Feldhäcksler wird Elektronik dadurch zu einem umfassenden System (Abb. 100).

6.3 Ballenpressen

Bei den Ballenpressen ist ein eindeutiger Trend hin zur Rundballenpresse erkennbar. Hauptgründe dafür sind vor allem das schnellere Pressen auf dem Feld, die geringe Ballenzahl/ha und das einfache Handhaben der Ballen über den Frantlader beim Laden, Transport und beim Einlagern. Dieser Trend hält unvermindert an, obwohl die Probleme des innerbetrieblichen Transportes und der innerbetrieblichen Handhabung weitgehend ungelöst sind.

Weitere Leistungssteigerungen beim Pressen sind durch die Einführung der Netzbindung mit nur noch 3–4 Netzumwickelungen entstanden. Allerdings stieß dabei gleichzeitig diese Technik an die Grenze der vom Menschen über mehrere Stunden durchzuführenden Beherrschbarkeit. Konsequenterweise wurde deshalb mit dem Übergang zur Netzbindung die Elektronik als Hilfsmittel eingeführt, um einerseits eine sichere Funktion der Maschine zu gewährleisten und um andererseits den Menschen zu entlasten. Elektronik übernimmt dabei die vollständige Ablaufsteuerung bis hin zum Auswurf der gebundenen (umwickelten) Ballen und der Pressensteuerung, um gleichmäßig verdichtete Ballen zu erreichen (Abb. 101).

6.3.1 Ablaufsteuerung beim Bindevorgang

Die Bindesteuerung basiert auf der Druckmessung in der Preßkammer. Wie bisher erfolgt die Anzeige des Druckes für den Fahrer (eventuell über Fernbedienung). Vor Erreichen eines maximalen Druckes wird nun je-

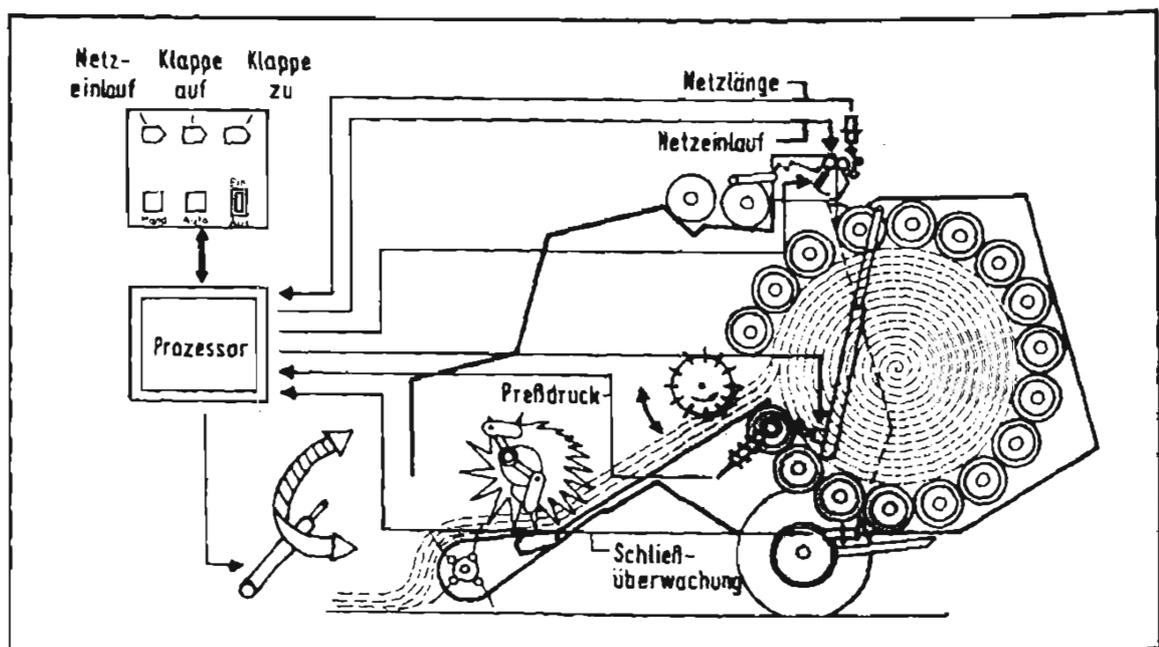


Abbildung 101: Elektronikanwendung in der Rundballenpresse.

doch dem Fahrer akustisch signalisiert, daß der Bindevorgang erfolgen sollte. Hält der Fahrer daraufhin sein Gespann an und gibt per Knopfdruck den Bindevorgang frei, dann läuft dieser vollautomatisch ab. Dabei werden folgende Schritte über die Elektronik eingeleitet und überwacht:

- Netz in den Wickelvorgang einschleußen und über exakt dreieinhalb Umdrehungen zuführen,
- Netz abschneiden,
- Heckklappe öffnen,
- nach Ausstoßen des Ballens Heckklappe wieder schließen.

Aufgrund dieses Ablaufes ergeben sich mehrere Vorteile für den Fahrer. Dies sind:

- Entlastung des Fahrers,
- planbarer, minimaler Netzverbrauch,
- immer gleichmäßige Bindequalität und
- geringstmögliche Stillstandzeiten dadurch maximale Pressenleistung.

6.3.2 Pressensteuerung für gleichmäßige Verdichtung

Auch die Steuerung für gleichmäßig verdichtete Rundballen greift auf die Druckmessung in der Preßkammer zurück. Allerdings muß nun jeweils mindestens ein Sensor in der linken und der rechten Hälfte der Preßkammer installiert sein. Aus beiden Sensoren wird durch den Prozeßrechner laufend die Differenz ermittelt. Weicht diese von einem vorgegebenen Toleranzwert ab, dann erfolgt über einen Aktor (Hydraulikzylinder) die Auslenkung der Presse, so daß über die Pick-up mehr Gut in die weniger verdichtete Kammerhälfte geführt wird.

Dadurch entstehen unübersehbare Vorteile für den Einsatz, denen kaum Nachteile gegenüberstehen.

Vorteile

Gleichmäßiger verdichtete Rundballen, ungleiche Schwadstärken werden in der Zufuhr ausgeglichen, weniger Arbeitsbelastung durch weniger exaktes Spurfahren, ökonomischere Nutzung der Presse durch bessere Auslastung.

Nachteile

Höherer technischer Aufwand mit höheren Kosten, »Anreiz« für weniger exaktes Arbeiten.

6.3.3 Künftige Entwicklungen

Die künftigen Entwicklungen werden sich noch stärker dem Gespann »Presse und Fahrer« zuwenden. Dabei muß jedoch zwischen den unterschiedlichen Pressenformen unterschieden werden.

6.3.3.1 Rundballenpressen

Dafür zeichnen sich drei wesentliche Bereiche künftiger Elektronikentwicklung ab:

- **Verfeinerte Überwachung der Gutzufuhr:** Nur dadurch wird es möglich, höchste Pressenleistung und gleichmäßige Qualität zu erreichen, insbesondere auch im Hinblick auf die Silagegewinnung und Konservierung mit Stretchfolien.
- **Automatisierte Traktorsteuerung:** Wenn die Rundballenpressen über Sensoren zur Erfassung des Füllzustandes verfügen, wird ein automatisches Anhalten des Traktors zum Bindevorgang nur noch ein kleiner Schritt sein. Dies könnte dann sehr schnell erfolgen, wenn das Bus-System in die Praxis Eingang gefunden hat, weil dann die Presse einen Teil des integrierten Elektroniksystems darstellt.
- **Ballenbindung während der Arbeit:** Alle Elektronikanwendungen mit Ausnahme der Traktorsteuerung sind auch in Rundballenpressen mit Vorkammern, welche zum Binden der Ballen nicht mehr anhalten müssen erforderlich. Auch hier eignet sich Elektronik als Koordinationshilfe zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen hervorragend.

6.3.3.2 Packenpressen

Diese Pressentypen sind derzeit gerade in der breiteren Einführungsphase in die Landwirtschaft. Sie stellen große und umfangreiche Techniken dar. Um damit eine hohe Leistung zu erreichen, muß

- die Überwachung sehr stark vorangetrieben (Monitore),
- die weitgehend automatisierte Steuerung einzelner Bedienungsabläufe optimiert und
- Flächen- und Ertragsermittlungen längerfristig in den Elektronik-einsatz einbezogen werden.

6.4 Ladewagen

In Anlehnung an die Elektronik in der Rundballenpresse findet auch im Ladewagen Elektronik in der Ablaufsteuerung ihre erste Anwendung. Wiederum handelt es sich um den Entladevorgang, wobei die Einzelschritte

- Einschalten des Querförderbandes,
- Einschalten der Dosierwalzen und
- Einschalten des Kratzbodenvorschubes

in zeitlicher Ablauffolge nacheinander eingeleitet werden. Rein elektronisch greift dabei der installierte Prozeßrechner auf die ohnehin schon vorhandene Fernsteuerung zurück und gibt über diese die entsprechenden Befehle an die jeweiligen Antriebsorgane.

Wohlgemerkt sind dies die ersten Ansatzpunkte. Konsequenterweise müßten diesem Schritt weitere Schritte folgen (Abb. 102).

6.4.1 Kratzbodensteuerung nach Belastung

Eine wirklich arbeitsentlastende Maßnahme wäre die Kratzbodensteuerung. Sie könnte sowohl den Belade-, wie auch den Entladevorgang betreffen.

Beim **Beladevorgang** muß bisher der Kratzboden immer dann manuell betätigt werden, wenn ein bestimmtes Drehmoment beim Antrieb überschritten wird. Folglich wäre an dieser Stelle anzusetzen. Über einen Drehmomentsensor wäre das entsprechende Signal zu gewinnen. Um-

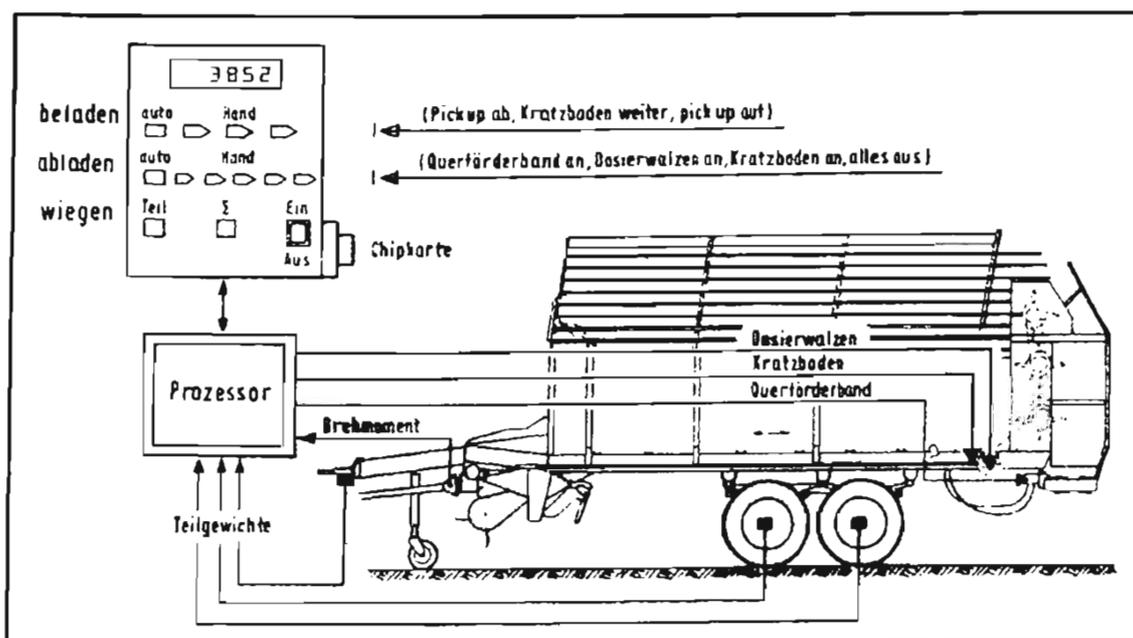


Abbildung 102: Elektroneinsatz im Ladewagen.

gesetzt im Prozeßrechner würde daraus eine Aktivierung des Kratzbodenvorschubes alternativ nach

- Vorschubweg,
- Vorschubzeit oder
- bis zum Unterschreiten des Drehmomentes unterhalb eines vorgegebenen Grenzwertes möglich.

Beim **Entladevorgang** wären dagegen Sensoren in den Lagern der Dosierwalzen erforderlich. Über sie könnte weitgehend problemlos nach den soeben aufgezeigten Strategien ebenfalls die Steuerung des Kratzbodenvorschubes erfolgen.

6.4.2 Ertragsermittlung

Unbestritten stellt für den Landwirt die Ermittlung der Erträge auf den Feldern künftig eine sehr wesentliche Aufgabe dar. Nur darauf aufbauend läßt sich eine verbesserte Betriebsführung erreichen, indem eine exaktere Planung und Prognose die erzeugten Grundfuttermittel noch optimaler in den Betrieb einbindet und über die zusätzlich erforderlichen Leistungsfuttermittel das Optimum in der Produktion erreicht wird. Auch dabei sind zwei Ansätze zu betrachten:

- **Ertragsermittlung als Gesamtertrag/Fläche:** Sie könnte problemlos über eine stationäre Waage im Hof erfolgen und würde bei direkter Anbindung an den Betriebsrechner reale Vorratswerte für die rechnergestützte Betriebsführung bereitstellen.
- **Lokale Ertragsermittlung:** Mit dem Ziel einer umweltentlastenden Produktion kommt künftig jedoch der bedarfsorientierten Düngung ein großes Gewicht zu. Insofern reicht dann die pauschale Ertragsermittlung nicht mehr aus. Vielmehr muß auf die lokale Ertragsermittlung übergegangen werden, wobei Ertrag und Fläche des Aufwuchses direkt in Verbindung gebracht werden müssen. Derartige Ertragsermittlungen können nur über Gewichtsermittlungsverfahren in den Transporteinheiten erfolgen. Allen voran müßte dies im Ladewagen gegeben sein, weil damit vor allem die nicht marktfähigen Produkte zum Betrieb gebracht werden. Ausgehend von einer stationären Verwiegung am jeweiligen Feldende muß zukünftig sogar die dynamische Wiegung im Fahrzeug angestrebt werden, um letztendlich, vergleichbar zum Mähddrescher, zu Ertragskartierungen zu kommen. Daß dazu Ortungssysteme für die Lokalisierung des Fahrzeuges gehören, ist selbstverständlich und soll nur der Vollständigkeit halber am Rande erwähnt werden. Hilfestellung bei der Sensorik ist in diesem Bereich insbesondere aus der LKW-Fertigung und aus dem PKW-Sektor zu erwarten.

6.5 Künftige Entwicklungen bei Erntemaschinen

Mit den künftigen Anforderungen an die Elektronik im Ladewagen lassen sich auch die absehbaren Entwicklungen der Elektronik in den Erntemaschinen generell ansprechen. Sie sind in vier große Gruppen einzuordnen (Abb. 103).

6.5.1 Umfassende Überwachung

Erntemaschinen werden auch künftig nicht kleiner, sondern erfahrungs- und erwartungsgemäß eher größer werden. Damit nimmt deren Komplexität weiter zu, weshalb zwangsläufig bei der menschlichen Überwachungen immer mehr Unzulänglichkeiten zu erwarten sind. Elektronik kann an dieser Stelle prädestiniert zum Einsatz gelangen. Sie muß mehrere Aufgaben übernehmen:

- In der reinen **Funktionsüberwachung** wird Elektronik z.B. sich drehende Wellen auf die zulässigen Drehzahltoleranzen hin überwachen. Entsprechende Sensoren werden Signale bei nicht ordnungsgemäß geschlossenen Behältern erzeugen. Auch Füllstände werden in die Überwachung einzubeziehen sein.
- In der **sicherheitsrelevanten Überwachung** werden dagegen Überwachungen an Motor und Getriebe, aber auch an installierten Schutzeinrichtungen das Aufgabengebiet der Elektronik erweitern. Die dabei erzeugten Signale werden als reine Informationen (vor allem akustischer Art) oder aber als Zwangseingriffe über eigene Ak-

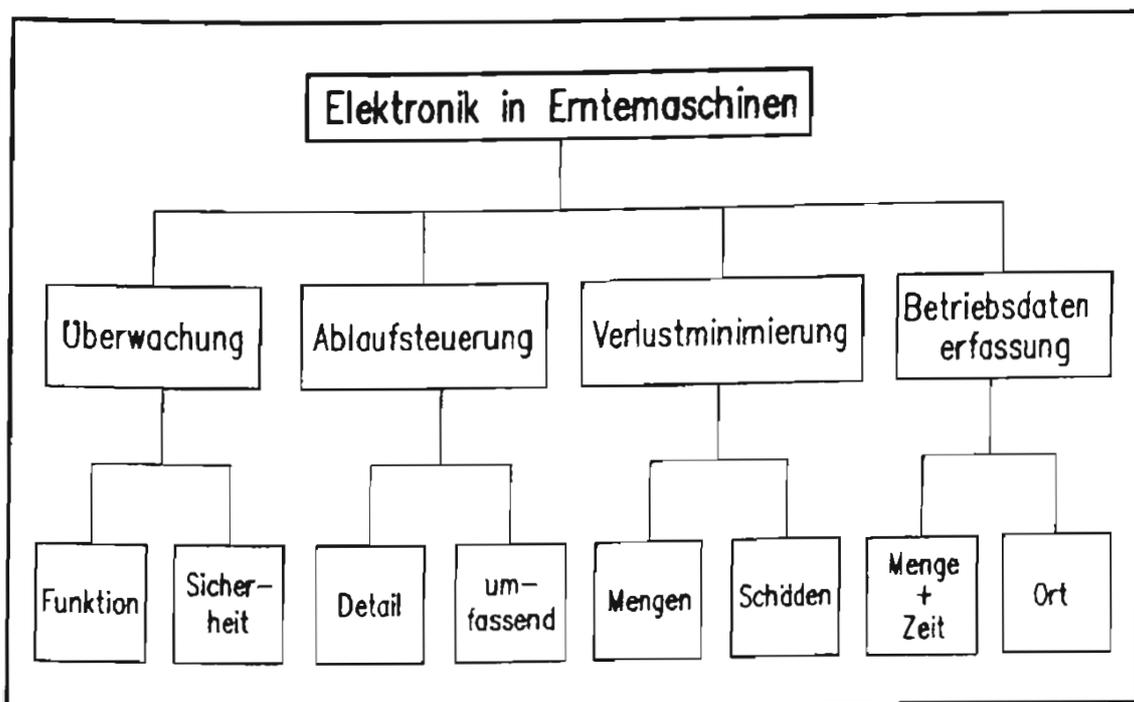


Abbildung 103: Künftige Entwicklungen der Elektronik bei Erntemaschinen.

toren in den Ablauf umgesetzt werden und damit Notstops, Bewegungsblockaden und Einschaltsperrern ansprechen.

6.5.2 Verfeinerte Ablaufsteuerung

Die ersten Ansatzpunkte einer Ablaufsteuerung bei aufeinanderfolgenden, manuell einzuleitenden Tätigkeiten eröffnen neue Aspekte einer mehr auf den »Menschen orientierten« Technik. Dabei steht die Entlastung des Menschen im Vordergrund. Auch diese Form des Elektronik-einsatzes ist in verschiedenen Formen denkbar:

- Die **Detailablaufsteuerung** wird nur ausgewählte Bereiche in der Maschine ansprechen. Typischer Vertreter ist heute schon die Netzbindung in Ballenpressen.
- Die **umfassende Ablaufsteuerung** wird dagegen weitere Tätigkeiten des Menschen in diese Steuerung einbeziehen. Die mögliche Entwicklung bei der Rundballenpresse bis hin zum automatischen Anhalten des Traktors mag dafür ein einfaches und sicher nicht überzogenes Beispiel sein.

6.5.3 Elektronik zur Verlustminimierung

In der Landwirtschaft steckt heute noch eine beträchtliche Ertragsreserve. Gemeint ist damit die weitere Verlustminimierung. Alles, was nicht verloren geht, braucht erst gar nicht erzeugt zu werden und dafür sind auch keine Aufwendungen erforderlich. Verlustminimierung ist somit Reingewinn für den Betrieb und müßte deshalb vor allem bei der Zuckerrübenenernte (10–25 % Verlust, gleich 200–500 DM/ha) und bei der Futtergewinnung (10–40 % Verlust) künftig weit stärkere Beachtung finden als bisher. Daß dabei Elektronik einen wertvollen Beitrag erbringen kann, sollen lediglich zwei Überlegungen darstellen:

- Die Hauptverluste bei der **Rübenenernte** entstehen durch unzureichende Köpf- und Rodequalität. Beide Systeme werden bisher nahezu ausschließlich mechanisch gesteuert, wobei vielfach die Trägheit mechanischer Systeme der Hauptverursacher der Verluste ist. Elektronik ist dagegen in der angepaßten Form ungleich schneller und wesentlich empfindlicher, so daß damit derzeitige Grenzen weitgehend problemlos umgangen werden können.
- Bei der **Futterernte** entstehen die meisten Verluste als Bröckelverluste mit zunehmendem Abtrocknungsvorgang. Sie können sehr stark reduziert werden, wenn dabei die Bearbeitungsintensität an den Abtrocknungsvorgang angepaßt wird. Auch diese Aufgabe ist eine prädestinierte Aufgabe angepaßter Elektronik mit geeigneten Sensoren.

Daneben sei nur am Rande erwähnt, daß Verlustminimierung sowohl die Ertrags-, wie auch die Flächenermittlung mit einbezieht. Beides sind Voraussetzungen für eine verbesserte Betriebsführung.

6.5.4 Elektronik zur Betriebsdatenerfassung

Jede Form des Elektronikeinsatzes im Traktor oder in den Maschinen benützt Sensoren als Informationseingabe. Diese erfassen eine Vielzahl für die Betriebsführung dringend benötigter Daten *quasi umsonst*. Hauptaufgabe sinnvoller und nützlicher Elektronik muß deshalb mehr denn je die Erfassung, Aufbereitung und Übergabe dieser Daten in den Betriebsrechner sein. Damit wird die Anbindung der mobilen Elektronik an den Betriebsrechner zu einer unumgänglichen Forderung.

7 Elektronik im Verbund

Elektronik ist gleichzusetzen mit Information. Deshalb darf Elektronik nie isoliert betrachtet werden. Vielmehr muß der Verbund und somit der **Informationsfluß** das oberste Ziel sein. Wird dies bei den aufgezeigten Elektronikanwendungen – gleichgültig ob schon realisiert oder erst in der Zukunft erwartet – beachtet, dann führt es zum Denken in einem Gesamtsystem. Es besteht aus der Elektronik für die Bereiche der Produktion mit der Prozeßsteuerung, der Betriebsführung mit dem Betriebsrechner und der überbetrieblichen Einbindung des Betriebes in ein Rechenzentrum (Abb. 104).

Darin steht nicht die Elektronik, sondern der Landwirt im Mittelpunkt des Geschehens. Für ihn ist die Elektronik ein Hilfsmittel mit unterschiedlichem Leistungsumfang. Entsprechend den Stufen des Elektronikeinsatzes wird dieses Hilfsmittel

- zuerst überwachen, also Daten und Informationen liefern und speichern,
- danach diese Daten entsprechend dem Betriebsziel verarbeiten (Unterstützung bei den Entscheidungen) und
- letztlich Teile der Betriebsführung übernehmen, wobei der Landwirt nur noch die überwachende Funktion über die Elektronik und die damit gefällten Entscheidungen ausübt (Automatisierung).

Voraussetzung dafür ist die problemlose Kommunikation zwischen den aufgezeigten Ebenen, bestehend aus

- landwirtschaftlich geeigneten, zuverlässigen physikalischen Verbindungen (Leitungen),
- einheitlichen Datenformaten und
- definierten Dateninhalten.

Die Kommunikation setzt damit die Maßstäbe für die Vereinheitlichung, um Komponenten unterschiedlicher Hersteller problemlos in das wachsende Gesamtsystem einbinden zu können. Die Kommunikation erfaßt aber auch die Datenverarbeitung und wird somit zur unabdingbaren Voraussetzung innerhalb des aufgezeigten Gesamtsystemes. Elektronik im Verbund führt somit zu drei Problembereichen, nämlich

- Kommunikation in den Bereichen des Elektronikeinsatzes,
- Datenverarbeitung in der Betriebsführung und
- Regeln für den Gesamtsystemaufbau.

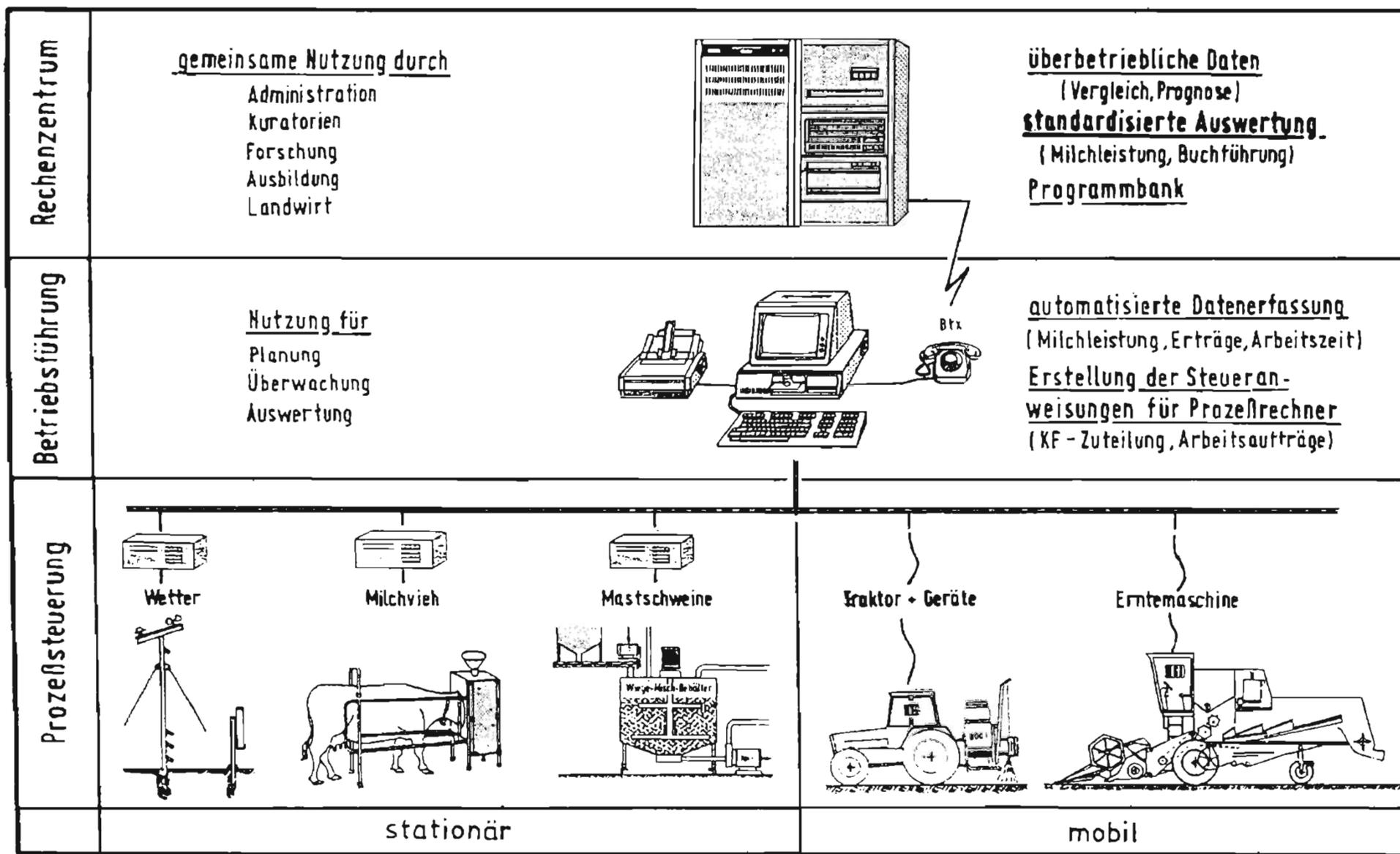


Abbildung 104: Hierarchische Einordnung des Elektronikeinsatzes in der Landwirtschaft.

7.1 Kommunikation

Die Kommunikation tritt für den Landwirt erkenntlich an drei verschiedenen Stellen auf:

- Innerhalb der Prozeßsteuerung,
- zwischen Prozeßsteuerung und Betriebsrechner und
- zwischen Betriebsrechner und Rechenzentrum.

7.1.1 Kommunikation in den Prozeßrechnern

Innerhalb der Prozeßrechner besteht ein Zusammenspiel zwischen Sensor, Prozessor und Aktor. Die weitestgehende Vereinheitlichung wäre eine Normung hinsichtlich physikalischer Schnittstelle und Datenformat zwischen diesen Systemteilen. Vergleichbar einem Bodenbearbeitungsgerät würde dies z.B. bedeuten, daß die Werkzeuge an diesen Geräten genormt würden. Also z.B. der Grubberzinken und das Grubberschar, das Pflugschar, das Sämaschinenchar und viele andere Dinge mehr. Schon diese wenigen Beispiele zeigen, daß eine solche Forderung aus heutiger Sicht viel zu weit ginge. Vielen sicher nicht bestreitbaren Vorteilen würden nämlich gravierende Nachteile gegenüberstehen:

Vorteile

Problemloser Austausch defekter Teile,
gleicher Qualitätsstandard bei allen Herstellern.

Nachteile

Derzeitiger Entwicklungsstand würde festgeschrieben,
Flexibilität würde stark eingesengt,
Hersteller hätte kein Interesse an Neuentwicklungen,
schließlich höhere Preise, weil keine Konkurrenz gegeben ist.

Alle diese Punkte sprechen dafür, daß die Schnittstelle zwischen Prozessor und Sensor auf der einen und zwischen Prozessor und Aktor auf der anderen Seite herstellerspezifisch bleiben muß. Dies gilt vor allem für den einfachen Sensor und den einfachen Aktor, obwohl auch dabei eine gewisse Normung durch den jeweiligen Marktführer stattfinden wird. Typische Beispiele finden sich heute schon im Bereich der Temperatursensoren (PT 100) und bei den Dehnungsmeßstreifen (350 Ohm DMS). Unterschiedlich dazu ist jedoch die Situation bei den »intelligenten Sensoren«. Sie werden nur dann einfach und universell einsetzbar sein, wenn sie sich an Standardschnittstellen halten. Im Bereich der mobilen

Prozeßtechnik ist dies sicher die Anlehnung an das »Landtechnik-Bus-System«, welches derzeit gerade im Normungsverfahren bei der Landmaschinen- und Ackerschleppervereinigung (LAV) entsteht. Diese Forderung trifft umso mehr zu, als gerade bei den intelligenten Sensoren die Grenzen zwischen Sensor und Prozessor (welcher Teil überwiegt innerhalb der Einheit?) sehr stark verwischt werden.

7.1.2 Prozeßtechnik und Betriebsrechner

Prozeßtechnik und Betriebsrechner werden auf zwei unterschiedlichen Wegen zusammengeführt. Im Bereich der stationären Technik stellt immer die fest installierte Leitung das Verbindungsmedium dar. Im Bereich der mobilen Prozeßtechnik entsteht jedoch bei Gespannen aus Traktor und Gerät eine Sonderform (Abb. 105).

Wird zuerst die **stationäre Elektronik** betrachtet, dann sind im spezialisierten Betrieb allenfalls zwei Prozeßrechnersysteme vorhanden (z.B. Milchvieh und Wetterstation, Mastschweinehaltung und Wetterstation, Sauenhaltung und Wetterstation). Dafür reicht die gerätespezifische Leistung im heute üblichen Betriebssystem MS-DOS aus, welches zwei serielle Schnittstellen problemlos bedienen kann.

Hingegen tritt zwischen **Traktor und Gerät** eine Vielzahl an unterschiedlichen Kombinationen auf. Zwei unterschiedliche Geräte sind sicher das Minimum, so daß von Anfang an aus ökonomischen und aus Komfort-

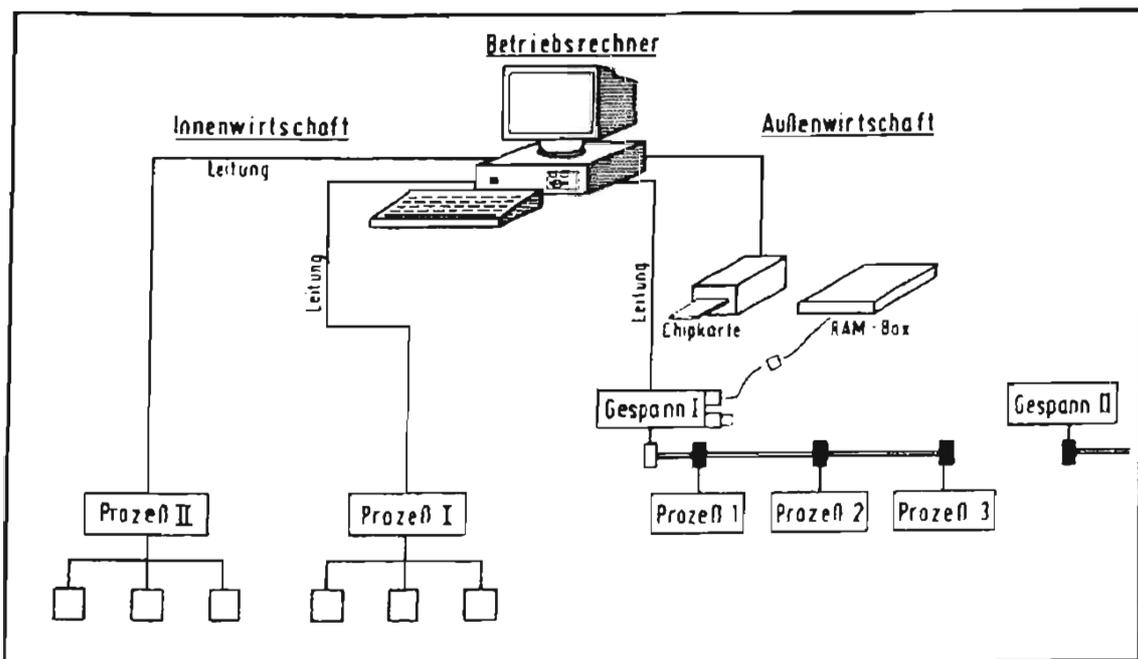


Abbildung 105: Vergleich der Verbindungen zwischen stationärer Prozeßtechnik, mobiler Prozeßtechnik und Betriebsrechner.

gründen ein zentrales Bedienterminal für die Prozeßtechniken in den unterschiedlichen Geräten geschaffen werden muß. Über dieses Terminal muß quasi für jeden Partner im Netz ohne das Umstecken von Kabeln der Dialog ermöglicht werden und es muß darüberhinaus die Anbindung an den Betriebsrechner darstellen, ihn in gewisser Weise vertreten. Dieses Terminal wird somit zu einem wahren Mittler zwischen mobiler Prozeßtechnik und Betriebsrechner.

Insofern ist gerade an dieser Stelle die Normung unumgänglich. Sie muß zum einen die gesamte mobile Prozeßtechnik erfassen (LBS) und sie muß die Verbindung zwischen Terminal und Betriebsrechner einschließen.

7.1.3 Betriebsrechner und Rechenzentrum

Die Prozeßtechnik erfaßt viele betriebsspezifische Daten, wie sie z.B. in der Schlagkartei als Eingabewerte verarbeitet werden. Die Schlagkartei selbst ist aber nur dann wirklich wertvoll, wenn damit horizontale Betriebsvergleiche ermöglicht werden. Insofern muß über eine Anbindung an eine zentrale, übergeordnete Verrechnungsstelle eine einfache und problemlose Verbindung geschaffen werden. Daß dazu die Diskette nur bedingt geeignet ist, liegt an der auch heute noch fehlenden Norm für dieses Medium und an der ständigen Weiterentwicklung hinsichtlich Packungsdichte und Miniaturisierung des Mediums selbst.

Problemlos kann diese Anbindung auch bei zukünftigen Entwicklungen nur dann arbeiten, wenn auf die Normen der Deutschen Bundespost zurückgegriffen wird. Diese sind aufgrund der Monopolsituation unumstößlich und sie werden es auch in Zukunft bleiben. Aus der Vielzahl möglicher Datendienste kommt dabei für den landwirtschaftlichen Betrieb vor allem »Bildschirmtext (Btx)« in Frage (Abb. 106).

Als mittlerweile preiswerte Einsteckkarten für den Betriebsrechner ist dieses Medium nahezu unschlagbar preisgünstig. Dies gilt insbesondere dann, wenn größere Datentransfers zum Rechenzentrum während der Nachtzeit durchgeführt werden.

Daß über dieses Medium auch eine Vielzahl von Informationen abzurufen ist, sei nur am Rande erwähnt. Große Bedeutung hat z.B. für die Landwirtschaft in Bayern das »Bayerische landwirtschaftliche Informationssystem (BALIS)« oder für Schleswig-Holstein das dort aufgebaute Btx-System (TeleAgrar). Künftig ist darüberhinaus zu erwarten, daß die derzeit noch nicht verbundenen Btx-Systeme der einzelnen Bundesländer in ein einheitliches System integriert werden. Dadurch würde zwangsläufig der Informationsgehalt weiter steigen, weshalb Btx schon heute als »Muß« für den fortschrittlichen Landwirt zu gelten hat.

Daneben wird künftig auch die Versorgung mit neuester Software ebenfalls über dieses Medium angeboten werden. Schon heute tun dies Soft-

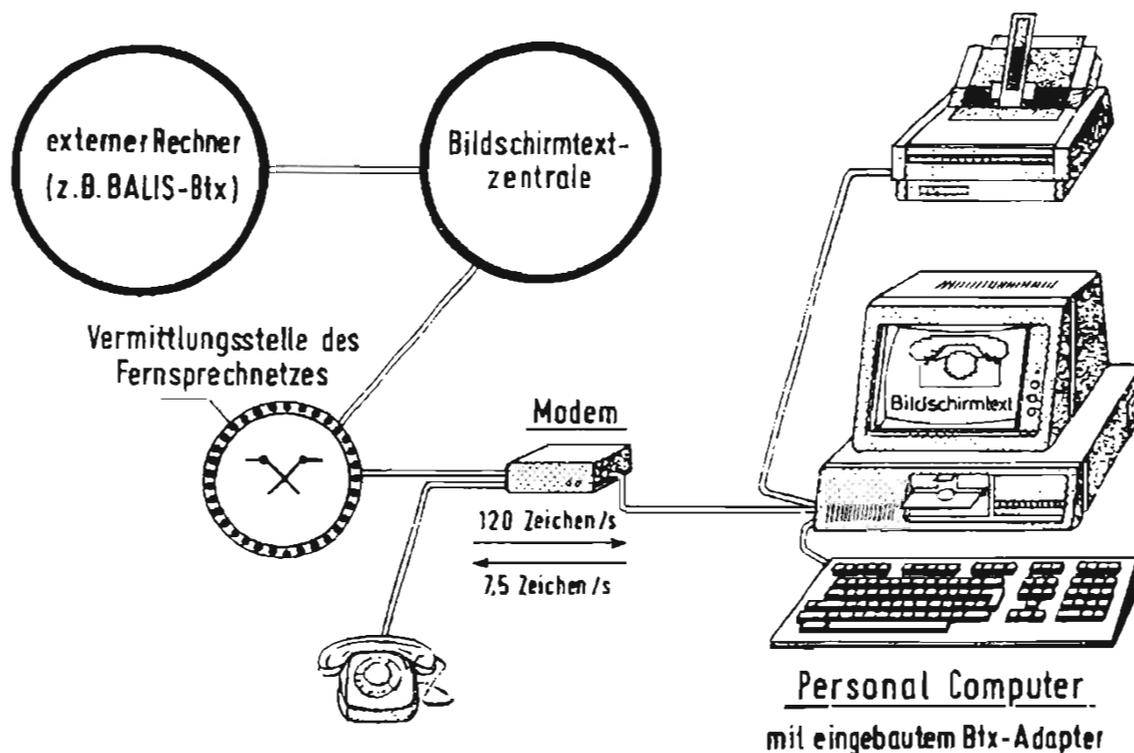


Abbildung 106: Betriebsrechner mit Btx-Anbindung [20].

warehäuser im »Down-Line-Update-Verfahren (Ergänzungsverfahren durch Herunterladen)« für ihre Programme. Dies betrifft sowohl die im Betrieb häufig benötigte Software wie Schlagkartei, Betriebsdatenerfassung für die Buchführung, Sauenplaner u.a. Es kann sich aber auch um Programme handeln, welche nur einmal oder wenige Male im Betrieb benötigt werden. Dafür wird entweder eine Art Leihgebühr zu entrichten sein, oder aber diese Programme werden selbstzerstörend nur eine beim Abruf bestellte Anzahl an Programmläufen zulassen.

Insofern stellt sich auch aus dieser Richtung der Informationsverarbeitung erneut die Forderung nach einer unumgänglichen Anbindung des Betriebsrechners an den Großrechner, bzw. an ein Rechenzentrum.

7.2 Datenverarbeitung in der Betriebsführung

Prozeßtechnik erstellt Daten für die Betriebsführung und benötigt Daten aus der Betriebsführung. Bei dieser zentralen Bedeutung der Daten müssen sich diese problemlos in die dafür geeignete und erforderliche Software einfügen lassen. Auch dabei müssen die verschiedenen Ebenen eines Gesamtsystems betrachtet werden.

- Im **Prozeßrechner** gibt die Norm die Datenstruktur vor.
- Zwischen **Prozeßrechner** und **Betriebsrechner** legt ebenfalls die Norm die Datenstruktur fest.

- Zwischen **Betriebsrechner** und **Rechenzentrum** wird aus dem übergeordneten System (Großrechnerprogramme) die Datenstruktur vorgegeben.

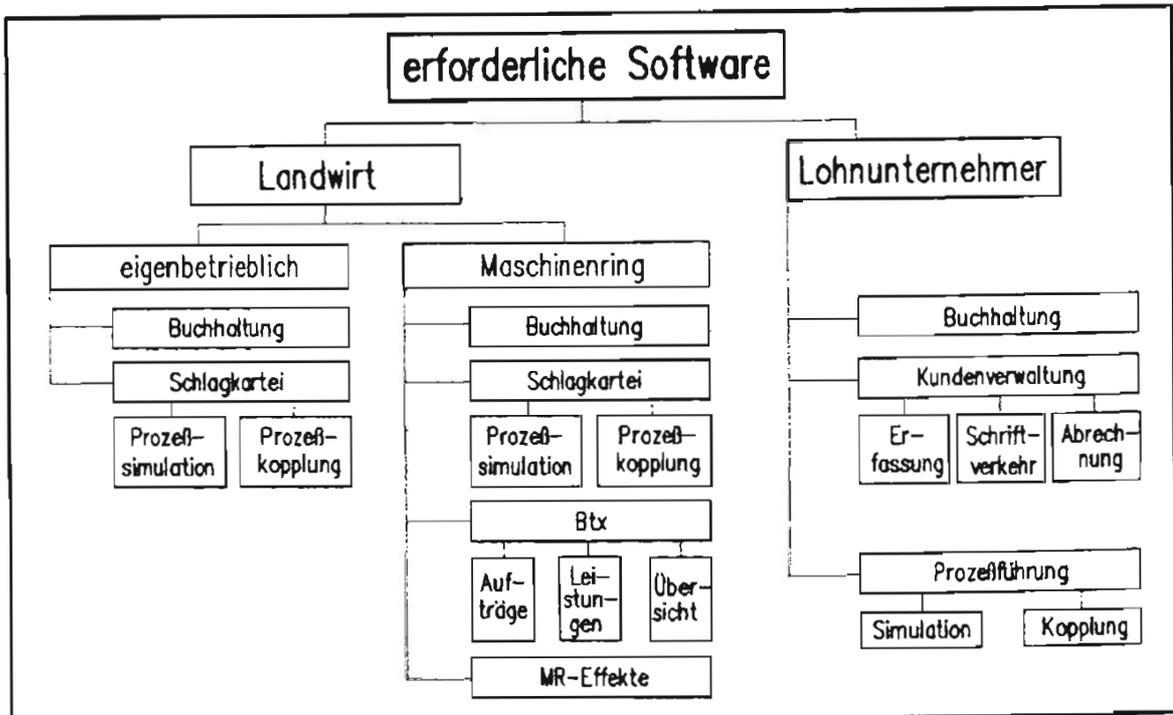


Abbildung 107: Erforderliche Software für den effektiven Einsatz der mobilen Prozeßtechnik.

Somit ist dieser Problemkreis heute schon eindeutig vorgegeben. Offen bleibt nur noch die Frage nach der erforderlichen Software aus dem Zusammenspiel zwischen Prozeßtechnik und Betriebsführung (Abb. 107). Dabei ist zu unterscheiden zwischen

- dem eigenbetrieblichen und
- dem überbetrieblichen Programmeinsatz.

7.2.1 Programme für den eigenbetrieblichen Einsatz

Da es sich bei der mobilen Prozeßtechnik in Traktor und Gerät nahezu ausschließlich um den Einsatz im Ackerbau handelt, steht dafür zwangsläufig die **Schlagkartei** als zentrales Programm im Mittelpunkt. Es benötigt eine integrierte Düngerplanung und ein integriertes Arbeitstagebuch. Beide können auch als Einzelprogramme eingesetzt, allerdings muß dann die nur einmal erforderliche Dateneingabe sichergestellt werden. Dies ist sicher nur dann möglich, wenn die Dateneingabedateien eine Art Datenbankcharakter besitzen.

Zur Verbindung zwischen Schlagkartei und mobiler Prozeßtechnik wird dann ein spezielles **Koppelmodul** benötigt, gleichgültig, ob das Übertragungsmedium eine Chipkarte, eine RAM-Box oder eine feste Leitung ist. Dieses Programm muß eine Vielzahl von Prüfroutinen besitzen und auf die speziell zu verwendende Schlagkartei abgestimmt sein.

Unumgänglich – auch wenn derzeit noch nicht auf dem Markt vorhanden – erscheint auch ein **Simulationsprogramm für die Prozeßtechnik**. Dieses muß es künftig erlauben, die benötigten Maschineneinstellungen aus der Betriebshistorie (letztes Jahr und davorliegende Jahre) zu übernehmen und in einer Art Arbeitssimulation am Betriebsrechner für den beabsichtigten Arbeitseinsatz zu testen, um so schon im Vorfeld der Maßnahme größte Einstellungsfehler zu verhindern (Prognose).

Daß daneben ein **Buchhaltungsprogramm** unumgänglich für den Betrieb ist, versteht sich sicher von selbst. Auf den erforderlichen Ausbau von der Datenerfassung bis hin zum vollständigen betrieblichen Abschluß soll allerdings an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

7.2.2 Programme für den überbetrieblichen Einsatz

Die erforderliche Software für den überbetrieblichen Einsatz unterscheidet sich für den Maschinenring und den Lohnunternehmer.

- **Maschinenringteilnehmer:** Sie benötigen die zuvor genannte eigenbetriebliche Software ebenfalls. Hinzu kommen für sie jedoch spezifische Maschinenringprogramme. Diese müssen:
 - Maschinenringaufträge über Btx aufnehmen,
 - überbetriebliche Leistungen über Btx in Rechnung stellen,
 - Übersichten über den MR-Einsatz liefern und
 - betriebspezifische Analysen über das ökonomische Ergebnis solcher Einsätze ermitteln.
- **Lohnunternehmer:** Für ihn steht das Kundenverwaltungsprogramm im Mittelpunkt. Es muß
 - Kunden erfassen und verwalten,
 - Einzel- und Serienbriefe erstellen,
 - Abrechnungen nach kundenspezifischen Vereinbarungen durchführen und versandfertig machen und
 - spezifische Analysen über Kundeneinsätze ermöglichen.

Beide benötigen selbstverständlich das schon genannte Koppelmodul zur Datenübergabe zwischen Prozeßtechnik und Betriebsrechner. Ebenfalls benötigen sie das Simulationsprogramm für geplante Arbeitseinsätze.

Eine Selbstverständlichkeit ist für beide auch die Software für die Buchführung, wobei der Lohnunternehmer immer eine Ausbaustufe einsetzen wird, welche die Buchstelle sehr stark integriert. Allenfalls wird für ihn sogar die dann benötigte Übergabeform der Daten zu einem wichtigen Entscheidungsgrund für die Programmwahl.

7.3 Regeln für den Gesamtsystemaufbau

Aufbauend auf die Anforderungen an ein elektronisches Gesamtsystem im landwirtschaftlichen Betrieb soll nun versucht werden, eine Frage auf den sinnvollen Einstieg in die neue Technik zu geben. Dabei sind zwei Wege möglich, nämlich:

- Einstieg in die Prozeßtechnik und daran anschließender Übergang zur rechnergestützten Betriebsführung oder
- Einstieg in die rechnergestützte Betriebsführung und danach folgender, angebundener Prozeßtechnik.

7.3.1 Prozeßtechnik vor rechnerunterstützter Betriebsführung

Elektronik in Traktor und Maschine eröffnen mehrere neue Möglichkeiten gegenüber der Mechanik. Andererseits ist Elektronik eine Ergänzung der Mechanik. Somit wird Elektronik in der Prozeßtechnik für jenen Landwirt die Eingangsstufe darstellen, der

- die heute verfügbare mechanische Technik beherrscht, diese Technik einsetzt und diese Technik auch sinnvoll nutzt,
- aufgrund betrieblicher Gegebenheiten mechanische Technik nicht optimal einsetzen kann, seien es wechselnde Böden, Hanglagen oder starke gesetzgeberische Einschränkungen,
- Arbeitsentlastung sucht und deshalb die Ablaufsteuerung an Maschinen und Geräten der Elektronik anvertraut,
- sicherheitstechnische Verbesserungen erreichen will, wobei die Fremdarbeitskraft und der jüngere Landwirt besonders anzusprechen sind,
- Betriebskosten durch Verminderung der Aufwandsmengen über besser Kontrolle und exaktere Ausbringmengen senken will und
- aktiven Umweltschutz durch feinere Steuer- und Regelmechanismen betreiben möchte.

Allgemein wird dadurch der mehr praxisorientierte Landwirt mit dem feinen Gefühl für Technik und Umwelt angesprochen. Zugleich wird es jener Landwirt sein, welcher durch das »**Zupacken**« oder durch den »**Reiz des Neuen**« eine Vorreiterrolle zu übernehmen bereit ist.

7.3.2 Rechnerunterstützte Betriebsführung vor Prozeßtechnik

Rechnerunterstützte Betriebsführung basiert auf dem Betriebsrechner, also dem Personal-Computer. Sie wird immer dann zum Scheitern verurteilt sein, wenn der Landwirt glaubt, daß diese elektronische Hilfe selbständig irgend etwas für ihn erledigt. Vielmehr ist dieser Einstieg nur für jene Landwirte zu empfehlen, welche

- bereit sind, Daten zu sammeln – und das ist auf Dauer Schwerst-arbeit!
- die Dateneingabe als tägliche Pflicht in Kauf nehmen und diese Pflicht auf Dauer sorgfältig erledigen (das sind die wenigsten),
- Exaktheit obenan stellen (für die EDV oberstes Gebot) und
- sich viel mit dem neuen Hilfsmittel beschäftigen.

Allgemein wird mit diesem Einstieg somit der »**Unternehmerlandwirt**« angesprochen. Es wird jener Landwirt sein, der auch bisher schon Buch geführt, die Schlagkartei als Hilfsmittel erkannt und geschätzt hat und im Vergleich mit den Vorjahren und mit dem Nachbarn »Ursachenergründung« betreibt.

7.3.3 Regeln für den Kauf und den Umgang mit Elektronik

Beide Einstiegsrichtungen werden zwangsläufig immer zusammenführen. Umso wichtiger ist es für beide, Regeln beim Kauf und beim Umgang mit der Elektronik zu beachten:

- Elektronik ist eine junge Technik. Deshalb ist der Fortschritt schnell und die Veralterung noch schneller.
- Elektronik ist zugleich eine ausgereifte Technik, weil die Bausteine in Millionenstückzahlen heute überall zum Einsatz gelangen.
- Elektronik ist Miniaturtechnik. Sie kann im rauen landwirtschaftlichen Betrieb viel schneller Schaden nehmen, als robuste Mechanik. Deshalb erfordert Elektronik mehr Aufmerksamkeit.
- Eine einmal installierte Elektronik muß gepflegt und ergänzt werden. Deshalb den Partner suchen, nicht den Billigstlieferanten.
- Elektronik wird erst durch Normung durchgängig. Die Norm muß jedoch vom Käufer gefordert werden, von alleine kommt sie nicht.
- Jede Form von Elektronik ist nur ein Baustein in einem Gesamtsystem, deshalb vorausschauend handeln.

Denn:

**Elektronik zwingt zum Denken im System
wie keine andere Technik vor ihr!**

8 Auflistung wichtiger elektronischer Ausrüstungen für Traktoren und Maschinen

(Ohne Gewähr auf Vollständigkeit; Stand Oktober 1989; Preise nach Firmenangaben)

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
ACCORD	EVA	Düngerstreuersteuerung für Exaktstreuer	1 845	
	EMR	vollautomatische Überwachung der Streumenge in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit	5 702 6 440	mit 4 Teilbreiten mit 6 Teilbreiten
AMAZONE	AMATRON	AMATRON Grundgerät mit Steuerprogrammen	4 100	mit Chipkarte Schieberbetätigung
		– Düngerstreuersteuerung für Schleuderstreuer Schaltkasten für Schleuderstreuer	1 250 880	
		– Düngerstreuersteuerung für Exaktstreuer	*	
		– Regelung der Feldspritze nach Druck – Regelung der Sätiefe an Drillmaschinen	5 850 *	Spritzarmatur E
BIOTRONIK	MONOMAC	Traktormonitor (Fahrerinformationssystem)	580	
	MAC	mobiler Agrarcomputer (dezentrales System) zur Verwaltung von Arbeitsflächen, Arbeitszeiten, Restflächen, Restzeiten, Treibstoffverbrauch, Drehzahl, Geschwindigkeit Grundgerät mit Sensoren	2 755	

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
		<ul style="list-style-type: none"> - Logbuch - Steuerung von Exaktstreuern nach Ist-, Soll-, Eich- und Grenzwerten - Steuerung von Schleuderstreuern nach Ist-, Soll-, Eich- und Grenzwerten - Fahrgassenschaltung, - Mährescherkörnerverlust, - Füllstände, - Drehzahlüberwachung 	1 185	
			3 339	mit 5 Teilbreiten
			2 282	
			*	
CASE	MULTIMAC	baugleich mit MONOMAC von BIOTRONIC	*	
CLAAS	BORD- INFORMATOR	Monitor für Mährescher zur Überwachung von Fläche, Arbeitszeit, Kraftstoffverbrauch	*	
	DURCHSATZ- KONTROLLE	Körnerverlustmessung an Mähreschern (piezoelektronisch)	*	
	AUTOPILOT	elektronische Selbstlenkung für Feldhäcksler	*	
	ROLLATEX	Netzlängensteuerung bei Rundballenpressen	*	
DICKEY JOHN		Überwachungs- und Regelgerät für Samaschine	*	
		Überwachungs- und Regelgerät für Feldspritzen	*	
		Körnerverlustanzeigen für Mährescher	*	
		Radarsensor zur Geschwindigkeitsmessung	900	

* Preise auf Anfrage beim Vertrieb, bzw. Hersteller

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
DEUTZ-FAHR	AGROTRONIC	Traktorbordcomputer zur Erfassung von Drehzahlen, Geschwindigkeit, Betriebsstunden, Arbeitsbreite, Wegstrecke, Schlupf und Flächenleistung	*	
FENDT	ALLTRONIC	elektronisches Allrad- und Differentialsperrmanagement		Serienausstattung in der Typenreihe FAVORIT
	FENDT-TRONIC	Traktormonitor zur Erfassung von Fläche, Weg, Kraftstoffverbrauch, Restfläche, Restzeit, Geschwindigkeit	990	
FIATAGRI	TRACMONITOR	Traktormonitor zur Erfassung von Fläche, Zeit, Weg, Geschwindigkeit, Schlupf, Drehzahlüberwachung, Zählereignissen	1 350	
		Radarsensor zur Geschwindigkeitsmessung	1 350	
FORD	BALE-COMMAND	Ballenpressenüberwachung		
HESSEL	Hektarzähler H 430	Meßwernerfassung von Gesamtfläche, Teilfläche, Arbeitszeit, Geschwindigkeit, Drehzahl, Zählereignissen	675	

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
HOLDER	MONITRON	halbautomatische Feldspritzensteuerung mit Messung von Durchfluß, Fläche, Ausbringungsmenge, Geschwindigkeit und Druck (benötigt Gleichdruckarmatur)	2 638	
	DOSITRON	elektronische Druckregelung von Feldspritzen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit mit Erfassung des Durchflusses	3 425	
eh-electronics	Hektarzähler h 1056	Zähl- und Rechenwerte mit Ausgleich zur Flächen- und Preisberechnung	498	
	MC 710-S	Motorüberwachung für Traktoren	598	
	UNITRON 1060	Fahrerinformation durch Messung von Fläche, Geschwindigkeit, Drehzahl, Durchfluß, Stundenleistung, Betriebsstunden	880	
	MULTITRON MC-1	mobiler Agrarcomputer (zentrales System) Verwaltung von Arbeitsflächen, Arbeitszeiten, Restflächen, Restzeiten, Treibstoffverbrauch, Drehzahl, Geschwindigkeit Grundgerät ohne Sensoren	5 698	
		- Datenübertragungsmodul - Düngestreuersteuerung - Feldspritzendurchflußsteuerung - Drillmaschinendosierung mit Fahrgassenschaltung - Mähdrescherkörnerverluste etc.	1 162 * * * *	

• Preise auf Anfrage beim Vertrieb, bzw. Hersteller

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
	MD 600	Sämaschinenüberwachung	600	
	REGOTRONIC	Einzugssteuerung für Beregnungsanlagen	ab 1 000	
	Bodendrucksonde	Messung von Schadverdichtungen	4 000	
HARDI	HARDITRONIC 1800	Durchfluß- und Geschwindigkeitsmessung, Errechnung der Ausbringmenge und der Arbeitsfläche, Druckregelung, Errechnung der Teilbreiten, Ist-Soll-Vergleich, Alarmfunktion Spritzarmatur	1 950 3 800	
	HARDITRONIC 2000	Durchfluß- und Geschwindigkeitsmessung, Errechnung der Ausbringmenge und der Arbeitsfläche, Druckregelung, Errechnung der Teilbreiten, Ist-Soll-Vergleich, aktive Steuerfunktion, auch auf manuell umschaltbare Spritzarmatur	4 850 3 800	
JOHN DEERE	Monitor für die Rundballenpresse	Überwachung der Riemenspannung für Ballengröße, Öffnung der Heckklappe		Serienausstattung
	Intelli-Trac	Traktormonitor mit Allradmanagement und Diagnose, Überwachung der Motordrehzahl, Zapfwelldrehzahlen, Gesamtfläche, Flächenleistung, Schlupf, Geschwindigkeit, Service Intervall		*

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
KRONE	Komfortelektronik	Funktionsablaufsteuerung für Rundballenpressen	*	
LH-AGRO	LH 1000	Traktormonitor zur Überwachung von Geschwindigkeit, Fläche, Arbeitszeit, Weg, Drehzahl und Ereigniszähler	750	
	LH 1200	Traktor- und Mähdreschermonitor zur Überwachung von Geschwindigkeit, Weg, Flächen, Ausbringmenge, Wellen-umdrehungen, Funktionszählung, Arbeitszeiten	1 200	
	LH 862	Körnerverlustsensor für Mähdrescher	3 500	
MENGELE		Mikroprozessorsteuerung für Erntewagen für Typ LAW 535	Serie im LAW 540 1 500	
MF	AUTOTRONIC	Differentialsperrenmanagement und Zapfwellenschaltung, Getriebeschutz mit Bordmonitor	Serienausstattung bei den Typen 3000 und 3600	
	DATATRONIC	Traktorbordcomputer mit Fahrerinformation über Motordrehzahl, Zapfwellendrehzahl, Geschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch je Stunde und je Fläche, Flächenleistung, Arbeitsbreite, Funktionszählung, Wartungsdienst, radschlupfabhängige Steuerung der EHR nach vorwählbarer Schlupfgrenze	5 000	Serie bei Typ 3680

* Preise auf Anfrage beim Vertrieb, bzw. Hersteller

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
MÜLLER	MFC 3004	Hektarzähler mit Information über Weg, Zeit, Geschwindigkeit und Fläche	650	
	MFC 5005	mobiler Agrarcomputer (zentrales System) zur Erfassung von Fläche, Zeit, Weg, Geschwindigkeit, Schlupf, Drehzahl, Körnerverluste	ab 1 070	
	SPRAYMAT	Spritzenmonitor für Teilbreiten, Drehzahlen, Durchfluß, Druck	1 650	
	UNIMAT	Hektarzähler, Unterscheidung zwischen Vorwärts- und Rückwärtsfahrt, Verrechnung von Teilbreiten	750	
	SPRAYCONTROL	elektronische Feldspritzenregelung nach Druck mit Information über Flächen (Teil-, Gesamt-), Spritzmittelmenge, Arbeitszeit, Ausbringmenge, Flächenleistung, Leerfahrten	1 935	
			Steuerung der Spritze Durchflußsensor höherwertiger Durchflußsensor	680 1 080
	UNI-CONTROL	mobiler Agrarcomputer (zentrales System) Verwaltung von Arbeitsflächen, Arbeitszeiten, Restflächen, Restzeiten, Treibstoffverbrauch, Drehzahl, Geschwindigkeit, Feldspritzendurchfluß, Drillmaschinendosierung, Fahrgassenschaltung, Mährescherkörnerverluste und zur Steuerung von Düngerstreuern und Feldspritzen	2 985	Grundgerät

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
		<ul style="list-style-type: none"> - Montagematerial (Halter) - Düngerstreuersteuerung - Spritzensteuerung mit 4 Teilbreiten für 5. Teilbreite Durchflußsensor 	<p>465 880 2 760 500 1 080</p>	
RAU	QUANTOTRON	halbautomatische Feldspritzensteuerung mit Messung von Durchfluß, Fläche, Ausbringungsmenge, Geschwindigkeit und Druck (benötigt Gleichdruckarmatur)	4800 6490	
	QUANTOTRONIK KS	elektronische wegabhängige Dosierregelung nach Druck durch Ist-, Sollwertvergleich von Ausbringungsmenge und Geschwindigkeit, Durchfluß, Druck und Flächenmessung Steuerung des Düngerstreuers	7175 8500	
	Füllcheck	Litermessung für das Befüllen von Feldspritzen für 1"-Schlauch für 2"-Schlauch	818 1040 9740	
	Speedcheck	Hektarzähler ohne Sensor	639 620 125	
RAUCH	CONTROL	Verteilgerätemonitor zur Überwachung von Geschwindigkeit, Weg, Fläche, Betriebsstunden, Wellendrehzahl, automatischer Signalton bei Abweichung	860	
	QUANTRON	Steuerung von Düngerstreuern nach Weg und Ausbringungsmenge	3 200	

* Preise auf Anfrage beim Vertrieb, bzw. Hersteller

Müllerstraße 100 111 Berlin 150...

Hersteller	Produkt	Einsatzmöglichkeit	ca. Preis (ohne MwSt.)	Erläuterungen
RENAULT	ACET	Traktorbordcomputer (Fahrerinformation) für Traktoren Motordrehzahl, Geschwindigkeit, Zapfwelldrehzahl, Empfehlungen zur Getriebeabstufung und Motordrehzahl für wirtschaftliches Fahren, Kraftstoffeinsparung (Serie bei großen Traktoren)	1 000	
SPAREX	RADAREX	Radarsensor zur Geschwindigkeitsmessung in JANUS-Konfiguration	850	
STEYR	INFOMAT	Traktorbordcomputer (Fahrerinformationssystem) für Traktoren mit Erfassung von Motordrehzahl, Geschwindig- keit, Zapfwelldrehzahlen, Kraftstoffverbrauch, Empfeh- lungen für wirtschaftliches Fahren, Wahlmöglichkeit zwi- schen Zeit- und Kraftstoffsparstrategie	2 500	
TRW		Radarsensor zur Geschwindigkeitsmessung	1 350	
	TRAKTOREN- LEISTUNGS- MONITOR	Monitor für die Überwachung von Weg, Geschwindigkeit, Fläche, Motor- und Zapfwelldrehzahl, Kraftstoffverbrauch, Funktionsanzeigen	*	
WELGER	Signalbox	Ablaufsteuerung für Rundballenpressen mit Alarmfunktionen und manueller Steuerungsmöglichkeit	Serienausstattung	
Zahnradfabrik Passau (ZP)	T 6500	elektronisch schaltbares Stufengetriebe	nur bei SCHLÜTER TV 2500	

* Preise auf Anfrage beim Vertrieb, bzw. Hersteller

9 Literaturnachweis

- [1] Werkbild BOSCH, abgeändert
- [2] Landtechnik **20** (1985), H. 11, S. 506–507
- [3] Werkbild FENDT, abgeändert
- [4] Prüfbericht FENDT (1981)
- [5] Werkbild ZF, abgeändert
- [6] KIPP, VDI-Kolloquium (1986), H. 3
- [7] AUERNHAMMER, DEMMEL und STANZEL, Landtechnik **43** (1988), H. 10, S. 414–418
- [8] Vorschlag MÜLLER-Elektronik (1988)
- [9] Werkbild AKKORD, abgeändert
- [10] Werkbild AMAZONE, abgeändert
- [11] Systembeschreibung eh-electronics
- [12] Systembeschreibung BIOTRONIC
- [13] Betrieb AMMON Garching, HVA Weihenstephan
- [14] SCHUELLER, ASAE-Paper Nr. 1533 (1987)
- [15] JAHNS und SPECKMANN, Grundlagen der Landtechnik **38** (1988), Nr. 1, S. 28–35
- [16] NIEMANN, DLG-Mitteilungen (1986), H. 3, S. 122–125
- [17] ESTLER, Die Landwirtschaft **3** (1986), S. 178
- [18] RADEMACHER, Lohnunternehmer (1988), H. 6, S. 316–321
- [19] ARTMANN, Wintertagung der ÖGLF Wien (1985), S. 68–94
- [20] WENDL, Landwirtschaftliches Unternehmer-Seminar Gut Schlüterhof, Heft 11 (1988), S. 192–218

Register

- Ablaufsteuerung 158, 164, 174
- Agrarcomputer, mobiler 74, 83, 84, 85, 92, 111, 112, 116, 118, 121, 125, 135, 142, 143
- Aktor 13, 18, 159, 168
 - Relais 18
 - Schrittmotor 18
 - Spulen 18
- Allradantriebsmanagement 81
 - management 31
- Analog 58
 - Digital-Wandler 16
- Anti-Schlupfregelung 31, 34, 36, 37, 38
- Anzeige 57
- Arbeitsbreite 74, 76
 - geschwindigkeit 74
 - strecke 129
 - tiefe 74
 - zeit 65
 - – aufwand, minimale 104
 - – ermittlung 154
- Aufbereitung 165
- Aufwandskosten 113
- Ausbringmenge 139
- Ausfalldiagnose 68
- Ausfalldiagnose 70
- Auswertung 167
- Automatisierung 65

- BALIS 170
- Ballastierung, dynamische 55
- Ballenpresse 158
- Bedieneinheit 88
- Befallskartierung 138
- Betriebsdaten 145
 - erfassung 165
 - übergabe 74
- Betriebsdiagnose 68
 - führung 113, 166, 171, 172, 174
 - management 73
 - rechner 10, 11, 12, 26, 73, 84, 85, 87, 88, 90, 116, 121, 168, 169, 170, 171, 172
 - system 12, 17
- Beurteilung, ökonomische 136
- Bild- oder Videotechnik 40
- Bildanalyse 104
- Bildschirmtext Btx 170
- Bindevorgang 158
- Bit 17
- Bodenverdichtung 49
- Bordcomputer 56, 63, 64, 66, 68
 - monitor 56, 141, 144, 154
- Btx 173
- Buchhaltungsprogramm 173
- Bus 92
 - -System 152, 157
 - teilnehmer 93
 - terminal 93
- Chip 17, 73, 88
 - karte 89, 99, 102, 119
- Datenerfassung, automatisierte 167
 - leitung, fest installiert 99
 - transfer 84, 85, 87, 99
 - – zur Schlagkartei 83
 - übergabe 73
 - protokoll 78
- Daueranzeige 57
 - check 68, 69
 - information 61
- Detailablaufsteuerung 164
- Diagnose 68
 - gerät 71, 72
 - programm 70
 - zugang 84
- Dieserverbrauchswerte 74
- Differentialsperre 32, 80
 - , Steuerung 81
- Digital 57, 58, 130, 135
- Digitalisiert 16
- DIN 9684, Teil 1 85, 86
- Direktinjektion 137
- Display 115, 121
- Dosierwalze 161
- Drehmomentregelung 41, 42
 - sensor 162
- Drehzahlwächter 141
 - zahlregelung 41
 - – überwachung 153
 - – wächter 142, 143
- Dreipunkthydraulik 51, 113
 - wiegung 50
- Drillmaschine 106
- Druck 129, 132
 - messung 158
 - regelung 132
 - verstellung 134
- Düngerstreuer 112, 113
 - verteilung 119
- Düngung 128, 137
- Durchflußanzeige 135
 - menge 129
 - zähler 133
- Durchsatzregelung 152, 153

- EHR 23, 35, 39, 49, 53, 69, 71, 82, 104
 - Bedienpult 35
 - Einmalcheck 68
 - Einspritzpumpe, elektronisch geregelt 42
 - Einzelkartierung 126
 - kornsägerät 111
- Elektronik, Anwendung 29
 - , Gerätesteuerung 84
 - , Grundbestandteile 9
 - , Grundlagen 9
 - , Kupplung 42
 - , mobile 99
 - , stationäre 169
 - anwendung 81, 133, 158
 - auswahl 79
 - einatz 24, 87, 135, 157, 161, 167
 - grundausrüstung 79, 80
 - kosten 136
- Elektronische Hubwerksregelung (EHR) 23, 31, 34, 39, 49, 53, 69, 71, 82
- Elevatorschaukel 151
- Entwicklung, künftige 126, 137, 160, 163
- Erfassung 165
 - auf Koordinaten 141
- Ergebnis, ökonomisches 173

- Erntemaschinen 141, 163
- Erstellung der Steueranweisung 167
- Ertrag, Erfassung 157
- Ertragsermittlung 149, 150, 153, 160, 162
 - einheit 141
 - , lokale 162
 - kartierungen 112, 141
- Exaktstreuer 119, 122, 125
- Fahrgasse 77
 - schaltung 106, 107
- Fahrgeschwindigkeit 61, 79
 - regelung 157
- Fahrwerkselektronik 28
- Fahrzeugelektronik 28
- Federung, kontrollierte 39
- Fehleranalyse 69, 70
- Feldhäcksler 141, 154
- Feldspritze 93, 128, 132, 133, 134, 135, 136
 - häcksler 157
- Fernbedienung 123, 158
 - diagnose 72
 - - über Großrechner 72
- Fläche, maximale 155
 - , bearbeitete 82
- Flächendaten 74, 75
 - ermittlung 152, 154, 160
 - messung 141
- Fräsensteuerung 105
- Füllmeßgerät 133
 - stand 163
- Funktionsüberwachung 163
- Futterernte 164
- Gangkombination 63
- Geber 110
- Geräteschnittstelle 49
 - steuerung 77
- Geschwindigkeitsautomatik 65
 - sensor 31
- Getriebe, stufenloses 48
- Gewichtsermittlung 118, 125, 149, 150, 151
- GPS-System 98
- Grenzwertüberwachung 57, 60, 80
- Gülfeverteilung 138, 140
- Gutsfeuchte 157
- Handlungsvorschläge 61, 82
- Homogenität 140
- Hubarm 53
 - kraftermittlung 50
 - sensor 31
 - werksregelung, elektronische 23, 34
- Hydrauliksystem 53
 - , Druckmessung 50
- IBM-kompatibel 12
- Impulse 16, 143
 - zahlen 85
- Industriestandard 12
- Information 123
 - fluß 166
- Initialisierung 92
- Insellösung 74, 84, 86, 87, 124, 133
- Intelligente Sensoren 16
- Investitionsbedarf, ökonomisch 47
- Kalibrierung 17, 19, 54, 97, 118, 148
- Kalibriervorgang 116, 120
- Kartierung 127, 138
- Kartoffelernter 141
 - vollernter 41
- Kettenwandler 48
- Kick-down-Effekt 45
- Kick-down-Einrichtung 43
- Kommunikation 168
- Koppelmodul 173
- Körnerverlustsensor 148
 - system 147
- Körnerzahl 110
- Kraftaufnehmer 150
- Kraftstoff 65
 - regelung 41, 42
- Kraftstoffverbrauch 74
 - , geringster 155
 - , minimaler 103
 - minimierung 65
- Kratzbodensteuerung 161
 - vorschub 161
- Kupplungs- und Getriebeelektronik 42
- Ladewagen 141, 161
- Landtechnik 85
 - -Bus-System 89, 90, 91, 92, 94
- Lastdaten 74
 - management 55
 - schaltbares Getriebe 47
 - schaltgetriebe 45
 - schaltstufen 45
- LBS 89, 91, 92, 152
- Leitautomatik 66
 - daten 77
- Leitungen 89, 166
- Lenkautomat 154, 156
- Lichtschranke 111, 150
- Linearisierung der Schläge 40, 97
- Lohnunternehmer 173
- Magnetventile 19
- Mähdrescher 141
- Mehrkammersystem 127, 128
- Meßfehler 17
- Mikroelektronik, Einsatzformen 10
 - wellenbasis 14
- Minimaler Kraftstoffverbrauch 63
 - Zeitaufwand 63
- Monitor 160
- Motordrehzahl 80
 - elektronik 41
 - kennfeld 63
- Nährstoffkartierung 127
- Nährstoffvorrat 126
- Normsignalsteckdose 85, 87, 89
- Normung 175
- Notlaufefigenschaft 69
 - stop 69
- Ökonomisch sinnvoll 145
 - Beurteilung 37
- Optoelektronik 14
 - geber 111
- Ortung 98
 - system 162
 - , navigatorisches 40
- Packenpresse 160
- PC 28, 99, 100
- Personal-Computer 11, 12, 175
 - , tragbarer 72
- Pflanzenschutz 137, 138
- Pflegetraktor 82
- Pflugsteuerung 103
 - , elektronische 103
- Piezokristalle 110
- Planung 167
- Plus-/Minusschaltung 112, 123, 140
 - taste 121
- Position 95
 - bestimmung 97
- Positionierungssystem 152
- Prognosemodelle 137
- Prognosewerte 65

- Programm 11, 12, 88
- Prozeßrechensysteme 18
 - rechner 10, 11, 13, 26, 115, 120, 130, 140, 168, 171
- Prozessor 16, 88
 - , Schnittstelle 13
- Prozeßsteuerungs-
systeme 86
 - technik 99, 100, 169
- Querförderband 161
- Radar 96
 - sensor 36, 152
- RAM-Box 89, 99, 100, 101, 102, 116
- Regelgüte 132
- Regelung 20, 23, 25, 84, 104, 106, 112, 123
- Reifenbelastung 28
 - druck 28
 - – regelanlage 30, 60
- Rotordrehzahl 105
- RS 485 99
- Rübenernte 164
 - ernter 141
- Rundballen 50
 - presse 141, 158, 160
- Saatgutdosierung 110
- Sägebetriebe 110
- Sämaschine 106
- Säschar 108
- Satellitenortungssysteme 98
- Schaltanzeige 47
- Schaltvorgänge 43
- Schartiefenregelung 108, 109
 - überwachung 108
- Schlagdaten 64
 - kartei 73, 171, 172, 175
 - länge, linearisierte 145
- Schleuderstreuer 119, 120, 121, 125
- Schlupf 110, 112, 128, 131, 132
 - reduzierung 37
- Schnittstelle 99
 - , V-24 100
- Schwerpunktsabstand 115
 - verlagerung 52
- Sensor 13, 14, 15, 16, 62, 64, 84, 85, 87, 105, 131, 140, 152, 154, 156, 159, 168
 - , intelligenter 168
 - , optischer 153
 - elemente 14
 - leiste 147
- Sicherheitstechnische
Aspekte 60
- Signal 123
 - , akustisches 112, 159
 - , analoge 16
 - , digitale 17
- Signalform 16, 120
 - steckdose 90, 92
- Simulationsprogramm 173
- Sollmenge 132
- Sollwert 112, 143
 - vorgabe 77
- Sonderkulturen 106
- Spannungsmessung 51, 117
- Sparzapfwelle 54
- Spritz- und Düngecomputer 86
 - maßnahme 77
 - periode 130
- Spuranzeiger 107
 - führung 152, 156
- Standardisierung 14
- Staumelder 41
- Steuerung 20, 22, 25, 84, 123
- Strohdurchsatz 146
- Stufengetriebe 62
 - konzept 123
- System, optisches 156
- Tankfüllung 149
- Taschenrechner 11
- Teilbreiteneingabe 147
 - schaltung 121, 122, 124, 128, 130, 131, 134
- Teilfläche 131
- Telefonleitung 99
- Temperaturfühler 45
- Testprogramm 72
- Tiefenablage 107
- To, digitale 17
- Toleranzbereich 23
- Traktometer 58, 79
- Traktor, Elektronik 28
 - bordcomputer 67
 - – monitor 67
 - kauf 79
 - leitsysteme 40
 - steuerung, automatisierte 160
- Transportarbeiten 43
 - einheiten 155
- Tropfengröße 128, 129
- Überbrückungskupplung 43
- Übergabe 165
- Überwachung 20, 25, 57, 84, 105, 106, 112, 113, 163, 167
 - , elektronische 21
 - , sicherheitsrelevante 164
- Ultraschall 108
- Umsetzung 57
- Umwelt 113
- Unfallverhütung 28
- Unkrautbesatzanalyse 152
- Verarbeitung 57
- Verbrauchsminimierung 62, 65
- Verdichtung 159
- Verluste 146
 - messung 153
 - minimierung 164
 - monitor 141, 145
 - sensor 110, 146
- Verteilweg 105
- Verteilergeräte 106
- Verteilung 140
- Volumenermittlung 150, 151
- Vorfahrtsgeschwindigkeit 76
 - steuerung 77
- Wahlanzeige 59
- Wartungsintervall 68
 - ermittlung 70
- Weg- und Ortsbestimmung 85
- Wegbestimmung 95
 - signal 120
 - messung 97, 139, 144
 - , berührungslose 96
 - sensor 125, 147
 - strecke 64
- Wiegeeinrichtung 49, 54, 82, 114
 - rahmen 51, 53, 114, 115
- Zapfwelldrehzahl 79, 80
 - regelung 54
- Zeitautomatik 66
 - daten 74, 75
- Zellenrad 151
 - , Teilbreiteneingabe 147
- Zugkraftermittlung 49

Elektronik in der Landtechnik – welche Vor- und Nachteile bietet sie? Soll ich, als Landwirt, jetzt einsteigen? Wenn ja, in welcher Größenordnung?

Das sind Fragen von heute – und morgen. Einfach und leicht verständlich versucht dieser umfassende Ratgeber in die Thematik einzuführen sowie Antworten und Lösungsvorschläge zu geben:

- Grundlagen der elektronischen Prozeßsteuerung
- Funktionsweise von Sensoren, Prozeßrechnern und Aktoren in der Außenwirtschaft
- Praxisreife Einsatzgebiete – Funktion, Bewertung, künftige Entwicklungen: Traktor, Geräte zur Bodenbearbeitung, Verteiltechnik, Erntemaschinen
- Datenverwertung in der Betriebsführung
- Marktübersicht über alle Systeme.

ISBN 3-405-13618-0



VERLAGSUNION
AGRAR

BLV Verlagsgesellschaft München
DLG-Verlag Frankfurt (Main)
Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup
Österreichischer Agrarverlag Wien
Bugra Suisse Wabern-Bern