

Technik im Dienste einer sich wandelnden Landwirtschaft*)

HANS SCHÖN

Institut für Betriebstechnik

1 Einleitung

Noch vor kurzem unkritisch bewundert, wird heute die Technik und damit auch der Techniker für viele ökonomische und ökologische Fehlentwicklungen unserer Zeit verantwortlich gemacht. Dies gilt auch für die Landwirtschaft:

- viele Landwirte kämpfen trotz Technik und modernster Produktionsmethoden um ihre wirtschaftliche Existenz,
- sie werden zudem von der Öffentlichkeit, gerade weil sie sich moderner technischer Methoden bedienen, als Umweltvergifter, Landschaftszerstörer und Tierquäler beschimpft.

Für viele Landwirte stellt sich deshalb die Frage nach dem Sinn eines weiteren technischen Fortschrittes; einige empfehlen sogar ein Zurück zu den Wirtschaftsmethoden des vorigen Jahrhunderts, ohne an die Mühsal der Bauernarbeit früherer Jahre zu denken. Die Frage, ob weiterer technischer Fortschritt noch im Dienst einer sich wandelnden Landwirtschaft steht, ist offen.

Wenn nun der Versuch unternommen werden soll, einige Aspekte zu dieser Diskussion beizutragen, werde ich mir den Vorwurf einhandeln, mehr auf fachfremden Gebieten gewissermaßen zu wildern, als eine Probe meines eigenen wissenschaftlichen Bemühens vorzulegen. Trotz dieser Bedenken möchte ich einige Überlegungen anstellen:

- zur Bedeutung der Technik in der Landwirtschaft in Form eines kurzen geschichtlichen Exkurses,
- versuchen, einige wesentliche Entwicklungslinien der Landwirtschaft aufzuzeigen und dies mit einigen Beispielen landtechnischer Forschung an der FAL zu verknüpfen und
- schließlich auf neue technische Ansätze hinzuweisen, die das Bild einer zukunftsorientierten Landwirtschaft prägen dürften. Letzteres soll an einem ausgewählten Forschungsprojekt im Bereich der Milchviehhaltung vertieft werden.

2 Zur Bedeutung der Landtechnik

Häufig wird verkannt, daß die Mechanisierung der Landwirtschaft ein Vorgang von großer historischer Bedeutung ist, weit über die Landwirtschaft hinaus wirkend (1). Ein kurzer Rückblick in die Geschichte des Menschen mag dies verdeutlichen (Abb. 1) wobei wir bekanntlich drei Epochen zu unterscheiden haben:

In der ersten Epoche, die wir als "Zeitalter der Jäger und Sammler" bezeichnen, standen dem Menschen nur primitive Werkzeuge und seine eigene Muskelkraft zur Verfügung. Trotz einer sehr geringen Bevölkerungsdichte reichte die

Jagd- und Sammlerausbeute nur für die eigene Sippe. Alle Menschen mußten für ihre eigene Ernährung sorgen. Eine Arbeitsteilung war nicht möglich, und auch sonst fehlten alle Voraussetzungen für Staaten und staatsähnliche Organisationen.

Die zweite Epoche ist durch den Ackerbau gekennzeichnet. Der Ackerbauer, der durch Gespanntiere seine physische Kraft vervielfachte, war in der Lage, auf kleinerer Fläche mehr Nahrungsmittel zu erzeugen, als für seinen eigenen Bedarf notwendig war. Die Bevölkerungsdichte verzehnfachte sich, und es reichten etwa 80 % der Bevölkerung aus, um die übrigen Menschen zu ernähren. Damit waren alle Voraussetzungen für eine Arbeitsteilung gegeben und die Gründung von Städten und Staaten möglich.

Eine neue Epoche der menschlichen Entwicklung wurde zu Beginn des vorigen Jahrhunderts durch neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse und technische Erfindungen eingeleitet, die zur Industriegesellschaft führte. Mit der Nutzung fossiler Brennstoffe kann der Mensch nun über ein Vielfaches an Energie verfügen. Sie wurde zuerst in der Industrie genutzt, später in der Landwirtschaft. Heute können dank des biologisch-technischen Fortschrittes selbst unter wenig günstigen Bedingungen 300 und mehr Menschen je km² leben. Ein Landwirt kann 60 Menschen ernähren, so daß weniger als 3 % landwirtschaftlicher Bevölkerungsanteil für die Nahrungsmittelerzeugung genügen. Allerdings basiert die Industriegesellschaft und damit auch die Landwirtschaft auf einen ebenfalls explosionsartig angestiegenen Bedarf an nicht mehr ersetzbaren Rohstoffen und fossiler Energie.

In den Industriestaaten führten die Technisierung zu einer völligen Umschichtung der Beschäftigungsstruktur, zu

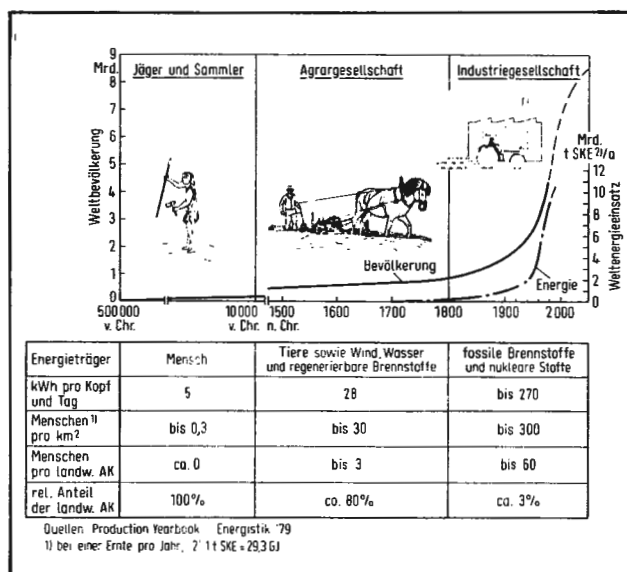


Abbildung 1: Energieeinsatz und zivilisatorische Entwicklung

*) Vortrag anlässlich der Präsidentschaftsübernahme am 17. Dezember 1987.

tiefgreifenden gesellschaftlichen Veränderungen und zur Mehrung des Wohlstandes breiter Bevölkerungsschichten. Die Entwicklung des Einkommens, der Lebenshaltungskosten und der landw. Erzeugerpreise (Abb. 2) belegt dies.

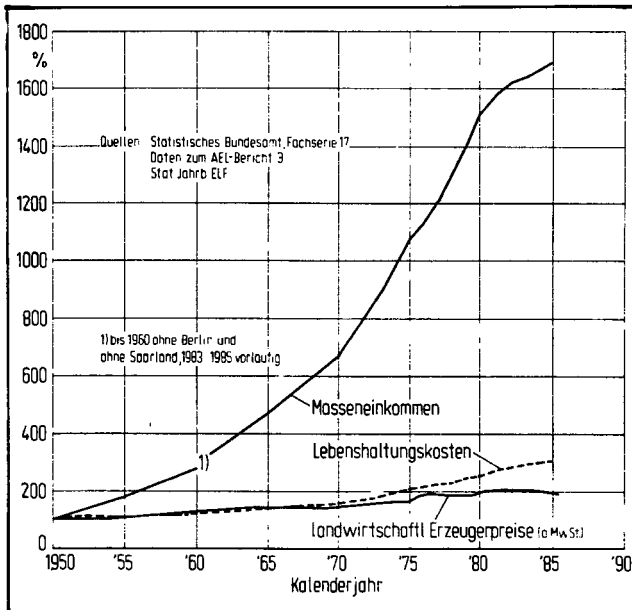


Abbildung 2: Indexentwicklung von Masseneinkommen, Lebenshaltungskosten und landw. Erzeugerpreisen

Während beispielsweise in den letzten 30 Jahren die Nettolohnsumme um das 16fache angestiegen ist, haben sich die landwirtschaftlichen Erzeugerpreise dank ihrer rationellen Produktion nur um das Doppelte erhöht. So war es möglich, daß der Aufwand eines normalen Haushaltes für Lebensmittel von 50 % auf derzeit 18 % sank und ein erheblicher Anteil der Kaufkraft für andere industrielle Produkte und Serviceleistungen frei wurde.

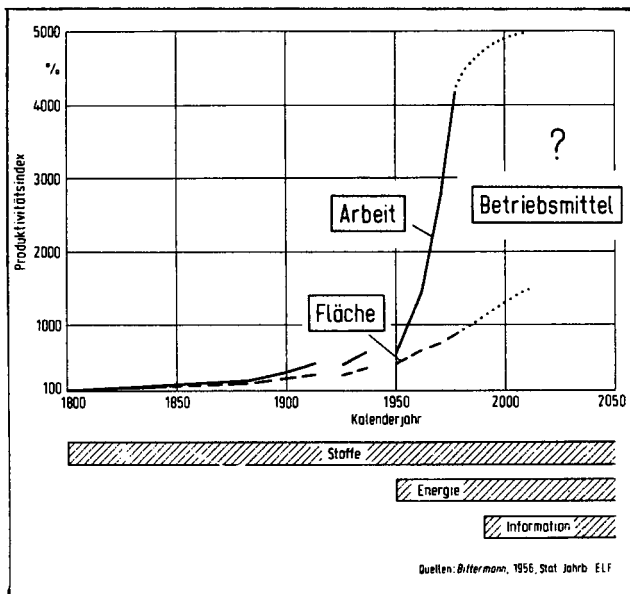


Abbildung 3: Entwicklung der Flächen- und Arbeitsproduktivität in der deutschen Landwirtschaft seit 1800

3 Entwicklungstendenzen in der Landwirtschaft

Der Übergang von der traditionellen zur modernen, mechanisierten Landwirtschaft ist durch eine kaum vorhersehbare Steigerung der Produktivität gekennzeichnet (Abb. 3). Sie ist in Deutschland in den letzten 100 Jahren um das 45fache angestiegen (2). Dabei sind zwei Phasen zu unterscheiden:

- die Entwicklung der Flächenproduktivität und
- die Entwicklung der Arbeitsproduktivität.

3.1 Entwicklung der Flächenproduktivität

Zu Beginn der Industrialisierung stand die Steigerung der Flächenproduktivität im Vordergrund (Abb. 4), um eine wachsende Industriebevölkerung ausreichend mit kostengünstigen Nahrungsmitteln zu versorgen. Diese Steigerung der Erträge ist aber noch keineswegs abgeschlossen. Erzeugungsreserven und Innovationen (Biotechnologie) lassen sogar höhere Zuwachsraten von derzeit 1,5 % auf bis zu 3 % möglich erscheinen, also eine Steigerung der Flächenproduktivität um ein weiteres Drittel in den nächsten 10 Jahren.

Gleichzeitig stagniert in den Industrieländern die Bevölkerung und damit die Nachfrage nach Nahrungsmitteln. Im Gegensatz dazu steht allerdings die Entwicklung der Weltbevölkerung. Sie ist in den letzten 100 Jahren von 1,5 Mrd. auf derzeit 5 Mrd. angestiegen. Sie wächst jährlich um 80 - 90 Mill. Menschen, d. h. um mehr als die Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. Dies entspricht einer Wachstumsrate von 2 %. Diese ist niedriger als die Rate der möglichen Ertragssteigerungen in der modernen Landwirtschaft.

Wir müssen deshalb auch weltweit trotz regionalem Nahrungsmangel mit wachsenden Überschüssen und niedrigen Agrarpreisen rechnen, was nicht nur die heimische Landwirtschaft, sondern die Volkswirtschaft in Drittländern infolge mangelnder Kapitalbildung vor kaum lösbare wirtschaftliche Probleme stellt.

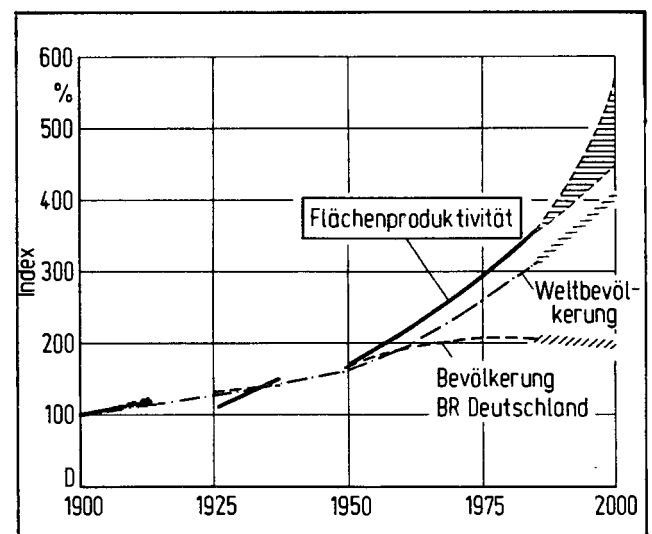


Abbildung 4: Entwicklung der Flächenproduktivität und der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland sowie der Weltbevölkerung

Sollten keine dramatischen Verwerfungen der Energieversorgung oder der Weltwirtschaft eintreten, wird es deshalb notwendig sein, in den westlichen Industrieländern den Umfang der Nahrungsproduktion um die Steigerungsrate der Erträge abzubauen, sei es durch Produktionsbeschränkungen oder durch einen verschärften Verdrängungswettbewerb. Vor allem letzterer wird in den von Natur und Struktur benachteiligten Gebieten zu einer Extensivierung bis hin zur völligen Aufgabe der Landbewirtschaftung führen. In den landwirtschaftlichen "Kerngebieten" wird dagegen der biologisch-technische Fortschritt im Rahmen einer intensiven Landbewirtschaftung, schon aus Gründen der internationalen Konkurrenzfähigkeit, voll genutzt. Hier wird die Landtechnik auch in Zukunft dazu beitragen müssen, hohe Erträge zu ermöglichen und Verluste zu mindern. Dies allerdings in hoher Verantwortung für die Umwelt und die nachhaltige Ertragsfähigkeit der Böden.

Hier setzt ein Verbundprojekt über "Belastung, Beanspruchung und Verdichtung von Böden durch landwirtschaftliche Maschinen und deren Auswirkungen auf bodenbiologische Prozesse" ein. An diesem, vom BMFT geförderten Verbundprojekt sind neben 5 Instituten der FAL auch Institute der TU Braunschweig und der TU München beteiligt.

Der Einsatz von Niederdruckreifen (Abb. 5) oder die Entwicklung neuer Fahrwerke können dabei einen wichtigen Beitrag zur bodenschonenden Bewirtschaftung leisten (3).

3.2 Entwicklung der Arbeitsproduktivität

In einer 2. Entwicklungsphase der Landwirtschaft ging es vor allem darum, die in der Industrie benötigten und aus der Landwirtschaft ausscheidenden Arbeitskräfte durch eine umfassende Mechanisierung zu ersetzen (Abb. 6). Allein in der Bundesrepublik ist seit 1950 die Zahl der Vollarbeitskräfte von 4 Mill. auf 900 000 zurückgegangen. Gleichzeitig stieg die Zahl der eingesetzten Schlepper von wenigen Exemplaren auf derzeit 1,5 Mill. an.

Weniger Arbeitskräfte in der Landwirtschaft waren unter anderem die Voraussetzung, daß trotz nur wenig veränderter Gesamtwertschöpfung des volkswirtschaftlichen Sektors "Landwirtschaft" das Arbeitseinkommen je Landwirt kräftig stieg, von 2 000 DM/AK im Jahre 1950 auf 23 600 DM/AK heute. Dieses Arbeitseinkommen in der Landwirtschaft ist sowohl hinsichtlich des Einkommens anderer Berufsgruppen als auch hinsichtlich des Vergleiches innerhalb der EG recht unbefriedigend. So erwirtschaftet eine landwirtschaftliche Vollarbeitskraft in den Niederlanden 49 000 DM/Jahr und in Großbritannien 37 500 DM/Jahr.

Dieses unbefriedigende Arbeitseinkommen und die auch heute noch nicht voll ausgeschöpften Rationalisierungsreserven der verfügbaren Technik werden zu einer Steigerung der derzeitigen Abwanderungsrate von 1,8 % jährlich führen. Bis zum Ende unseres Jahrhunderts wird deshalb mit einem Verlust von 200 000 bis 300 000 Arbeitsplätzen in der Landwirtschaft gerechnet (4). Dieser Abbau wird sich überwiegend im Rahmen des Generationswechsels vollziehen.

In vielen Fällen wird dies auch der Übergang zur Nebenerwerbslandwirtschaft sein, deren Anteil von derzeit 50 %



Abbildung 5: Ermittlung der Belastung und Beanspruchung von Böden bei unterschiedlichen Bereifungen von Landmaschinen (nach Steinkampff (3))

auf mutmaßlich 60 % im nächsten Jahrzehnt ansteigen wird. Dem überbetrieblichen Einsatz arbeitssparender, schlagkräftiger Mechanisierungsverfahren wird deshalb in Zukunft eine noch größere Bedeutung zukommen.

Bei der Rationalisierung der Arbeit in der Landwirtschaft wird es aber auch um die Verbesserung der Arbeitsbedingungen gehen müssen: 60-Stunden-Wochen, hohe gesundheitliche Belastung und überdurchschnittliches Unfallrisiko sind nur einige Stichworte dazu. Die FAL hat deshalb schon vor längerer Zeit einen institutsübergreifenden Forschungsschwerpunkt zur "Verbesserung der Arbeitsbedingungen in der Landwirtschaft" gegründet. Derzeitiger Schwerpunkt ist ein Verbundprojekt von 3 FAL-Instituten zur Verbesserung der Arbeitssicherheit. Unsere Untersuchungen setzen hier im Grenzbereich zwischen menschlichem Verhalten und der Gestaltung technischer und baulicher Einrichtungen an (5), (Abb. 7).

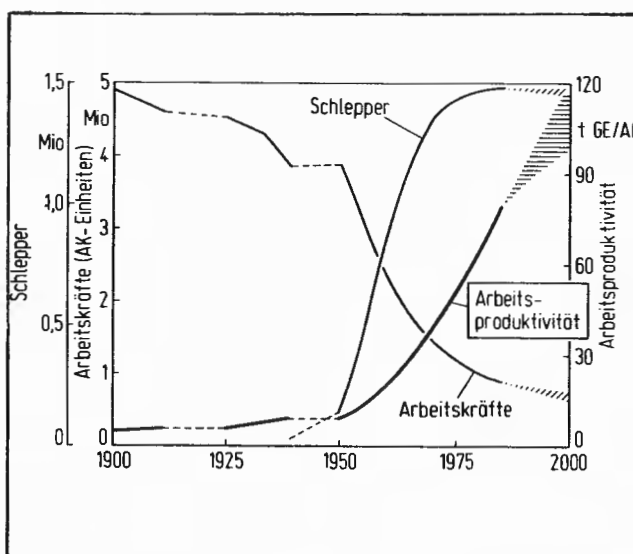


Abbildung 6: Entwicklung der Arbeitsproduktivität, der Arbeitskräfte- und der Schlepperausstattung in der bundesdeutschen Landwirtschaft



Abbildung 7: Versuchsanstellung zur verhaltensgerechten Gestaltung von Auf- und Abstiegen (nach Hammer (5))



Abbildung 9: Mobile Tropfbewässerung - eine gemeinsame Entwicklung im Rahmen der deutsch-israelischen Zusammenarbeit in der Agrarforschung (nach Sourell (6))

3.3 Minderung der Produktionskosten

Die Steigerung der Flächen- und Arbeitsproduktivität bei gleichzeitig rückläufigem Anbauumfang und abnehmender Zahl der Landwirte wird aber nicht ausschließlich das Bild der Landwirtschaft bestimmen. Eine wichtige Rahmenbedingung für die Landtechnik wird auch der Zwang zur Senkung der Produktionskosten in der Landwirtschaft sein (Abb. 8).

Während sich bis 1975 Erzeugerpreise und Betriebsmittelpreise annähernd gleich entwickelten, beobachten wir seit Mitte der 70er Jahre ein zunehmendes Auseinanderklaffen der sog. "Preisschere".

Dies führt zu einem starken Kostendruck in der Landwirtschaft, der zu einer drastischen Reduzierung der "Stückkosten" zwingt. In diesem Zusammenhang werden Mechanisierungsverfahren an Bedeutung gewinnen, die es gestatten, mit weniger Wasser, Dünger und Pflanzenschutzmitteln das Ertragsniveau zu halten oder sogar zu steigern. Ökologische und ökonomische Forderungen zielen hier in die gleiche Richtung.

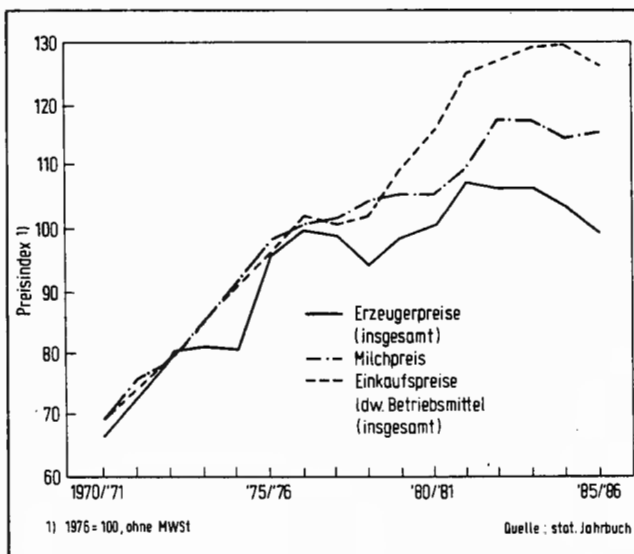


Abbildung 8: Entwicklung der Preise für landw. Produkte und Betriebsmittel

Unsere Untersuchungen der letzten Jahre zielen auf die Entwicklung "wasser- und energiesparender Beregnungsverfahren", wie z. B. auf das Verfahren der Düsenberegnung für humide Klimaregionen.

Für aride Gebiete wurde in enger Zusammenarbeit mit den Instituten für Agricultural Engineering in Tel Aviv und Haifa die mobile Tropfbewässerung entwickelt (Abb. 9). Beide Verfahren ermöglichen bei vertretbarem Arbeits- und Kapitalbedarf eine Verbesserung der Wassernutzung um 30 % und eine Minderung des Energiebedarfes um die Hälfte gegenüber den herkömmlichen Beregnungsmethoden (6).

3.4 Neue Aufgaben für die Landwirtschaft

Bei unseren bisherigen Analysen haben wir die Landwirtschaft einseitig als Nahrungsproduzenten betrachtet. Die Aufgaben der Landwirtschaft sind aber vielfältiger (Abb. 10). Sie umfassen neben der Nahrungsproduktion - die Rohstoffherzeugung, - die Ressourcenerhaltung, die Landschaftspflege und den Naturschutz sowie - gesellschaftliche und strukturpolitische Aufgaben.

Diese Funktionen der Landwirtschaft erfahren je nach den sozio-ökonomischen Bedingungen eine unterschiedliche Bewertung durch die Gesellschaft.

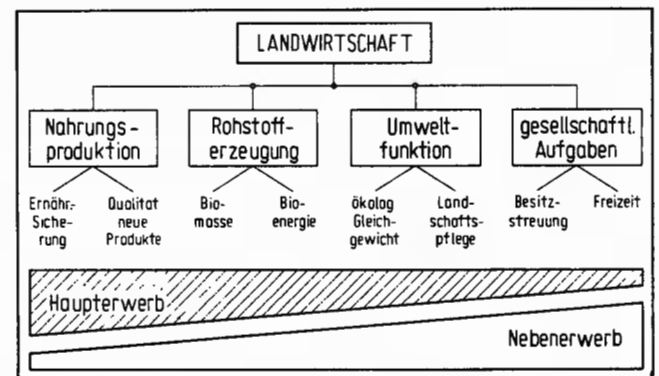


Abbildung 10: Funktionsanalyse der Landwirtschaft

Mit der zunehmenden Erfüllung, ja Übererfüllung ihrer primären Aufgaben, die Bevölkerung mit preiswerten Nahrungsmitteln zu versorgen, treten andere Aufgaben der Landwirtschaft in den Vordergrund. Sie können bis zu einem gewissen Grade den eingangs geschilderten Tendenzen zur Flächenstilllegung und Minderung der Zahl der Arbeitskräfte entgegenwirken.

So gewinnen neben der Ernährungssicherung die Nahrungsqualität, die Rohstoffversorgung sowie die ökologische und gesellschaftliche Dienstleistung der Landwirtschaft zunehmend an Bedeutung. Damit hat sowohl der Haupterwerbsbetrieb als Träger des biologisch-technischen Fortschrittes als auch der Nebenerwerbsbetrieb zur Erfüllung vielfältiger, regionaler und gesellschaftlicher Aufgaben eine Zukunft.

Für die Landtechnik ergeben sich daraus zwei Konsequenzen:

1. Es ist eine Anpassung des technischen Fortschrittes an die auch in Zukunft gegebene und erwünschte vielfältige Agrarstruktur sowie dem Nebeneinander von Haupt- und Nebenerwerb erforderlich.
2. Es eröffnen sich neue Tätigkeitsfelder für die Landwirtschaft und damit auch für die Landtechnik, z. B. bei der Produktion und Verarbeitung nachwachsender Rohstoffe sowie bei der Umwelt- und Landschaftspflege.

Rohstoffe und Energie aus Biomasse sind die einzigen derzeit erkennbaren Lösungsansätze, den Abbau nicht mehr ersetzbarer Rohstoffe einzudämmen, auf denen unsere modernen Produktions- und Lebensformen fußen. Unter diesen Gesichtspunkten kann die Landwirtschaft gerade in der hochindustrialisierten Welt eine neue Bedeutung gewinnen, auch wenn derzeit eine Rohstoff- und Energieschwemme nur begrenzte ökonomische Möglichkeiten läßt.

Von großer Bedeutung für die ökonomische Umsetzung ist aber auch eine dem Verwertungszweck angepaßte Aufbereitungstechnologie, wofür eine intensive Forschung im Bereich der biologischen Verfahrenstechnik (Abb. 11) notwendig ist (7).

Auch die Entwicklung von Mechanisierungslösungen für Dienstleistungsaufgaben der Landwirtschaft im Bereich

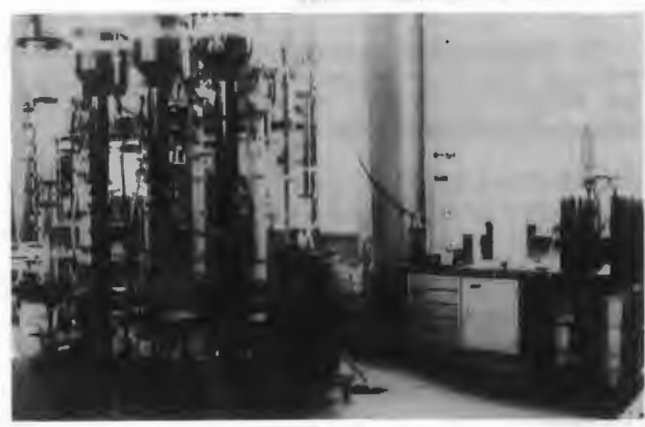


Abbildung 11: Versuchsanlage zur Gewinnung von Bioethanol des Institutes für Technologie der FAL



Abbildung 12: System einer "rechnergesteuerten" Fütterung von Pferden bei der Auslaufhaltung (nach Piotrowski (8), Institut für landw. Bauforschung)

Naturschutz, Landschaftspflege bis hin zur landgebundenen Freizeitgestaltung sind Aufgaben, die sich eine Forschungsanstalt für Landwirtschaft im Sinne einer umfassenden Landbewirtschaftung zu stellen hat. Als Beispiel ist auf die "pflegeleichte" Hobby-Pferdehaltung zu verweisen (Abb. 12). Der Betreuungsaufwand beschränkt sich hier dank rechnergesteuerter Raufen und Tränken auf die Wochenenden (8a-c).

4 Entwicklungslinien der Technik

Stand und Möglichkeiten der Landtechnik werden entscheidend von der allgemeinen technischen Entwicklung bestimmt. Diese läßt sich nach B A T E L (9) in vier Entwicklungsabschnitte unterteilen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Entwicklungsabschnitte der Technik (nach B a t e l (9))

Abschnitt	Höhepunkt
Entwicklung der (Werk-) Stoffe Steine, Metalle, Kunststoffe, chemische Produkte	nach vielen Jahrtausenden
Entwicklung der Energie (phys. Leistung) Vervielfachung der dem Menschen zur Verfügung stehenden Antriebs- leistung	nach zwei Jahrhunderten
Entwicklung der Informations- technik Vervielfachung der geistigen Leistungsfähigkeit des Menschen	nach wenigen Jahrzehnten
Entwicklung der biologischen Leistungsfähigkeit Gentechnologie, Mikrobiologie, Membrantechnologie (Fermenter)	?

1. Basis jeder technischen Entwicklung sind neue Werk- und Betriebsstoffe, vom Stein über das Metall bis hin zur Entwicklung der Kunststoffe und chemischer Produkte in unserem Jahrhundert.
2. Die Entwicklung der letzten Jahrzehnte ist vorrangig durch die Nutzung technischer Energiequellen und damit eine Vervielfachung der dem Menschen zur Verfügung stehenden Antriebsleistung gekennzeichnet. Sie hat die sog. "erste industrielle Revolution" ausgelöst mit all ihren gesellschaftlichen Veränderungen.
3. Zur Zeit wird ein neuer Abschnitt der technischen Entwicklung durch die Nutzung "technischer Intelligenz" eingeleitet, der durch die Vervielfachung der Leistungsfähigkeit des Menschen geprägt ist, Informationen aufzunehmen, zu speichern und zu verarbeiten. Mit diesem sog. "elektronisch-technischen" Fortschritt zeichnet sich eine "zweite industrielle Revolution" ab, die ebenfalls weitreichende Folgen für unsere Arbeitswelt haben wird.
4. Obwohl wir erst am Anfang des "elektronisch-technischen" Fortschrittes stehen, zeigt sich bereits als neue Entwicklungslinie die Verbesserung der biologischen Leistungsfähigkeit. Dies kann die Landwirtschaft in ihrem Grundverständnis berühren – es wäre aber zu früh, hier darüber zu spekulieren.

Diese technischen Entwicklungslinien haben und werden auch in Zukunft die Landwirtschaft prägen (siehe Abb. 3). So hat die Weiterentwicklung der Stoffe in Form von mineralischen Düng- und Pflanzenschutzmitteln wesentlich zur Steigerung der Flächenproduktivität beigetragen. Die "Energilinie" hat die Mechanisierung der Landwirtschaft mit der kaum vorhersehbaren Steigerung der Arbeitsproduktivität bewirkt. Mit Hilfe der Elektronik und der Informationstechnologie ist es möglich, Daten der landwirtschaftlichen Produktion und der Umwelt exakt zu erfassen, rechnergestützte Entscheidungen zu treffen und damit den Betriebsmitteleinsatz aus ökonomischer und ökologischer Sicht zu optimieren.

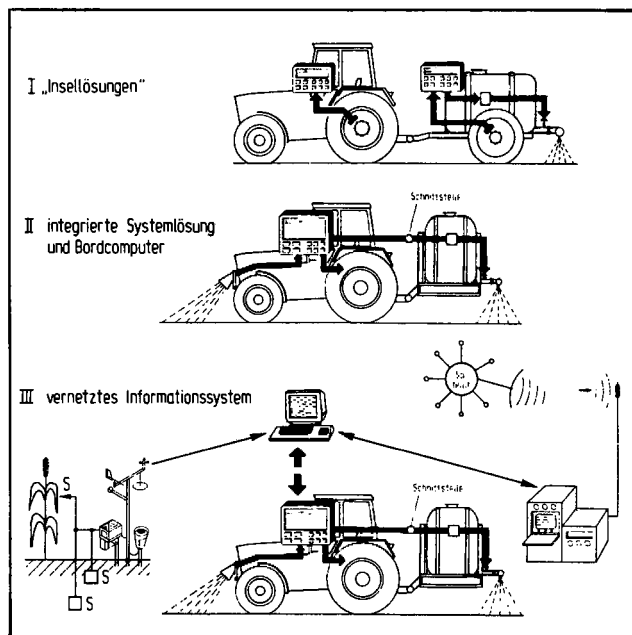


Abbildung 13: Stufen des Elektronikeinsatzes am Beispiel des Pflanzenschutzes

Am Beispiel des Einsatzes der Elektronik am Schlepper und an einem Pflanzenschutzgerät soll dies näher erläutert werden (Abb. 13). Grundlegende Arbeiten für diese Entwicklung wurden dabei vom Institut für Biosystemtechnik geleistet (10).

- In einem ersten Schritt dienen Sensoren und Mikroprozessoren zur Verbesserung der Fahrerinformation und zur Regelung und Steuerung maschineninterner Funktionen, in diesem Beispiel getrennt beim Schlepper und bei der geschwindigkeitsabhängigen Regelung der Pflanzenschutzspritze. Diese sog. "Insellösungen" sind inzwischen praxisreif.
- In einem zweiten Schritt wird eine umfassendere und vernetzte Prozeßsteuerung sowohl beim Schlepper als auch beim angebauten Gerät angestrebt. Beim Schlepper wird dabei die Geschwindigkeit über Radar erfaßt und der Schlepper mit einem zentralen Bordcomputer ausgestattet. Dieser kommuniziert über eine Schnittstelle mit den Geräten. In diesem Beispiel bestimmt der Bordcomputer die Ausbringmenge und regelt die Verteilung in Abhängigkeit von der "echten", d. h. schlupffreien, Vorfahrt.
- Im dritten Schritt schließlich werden Schlepper und Gerät in ein betriebliches Informationssystem einbezogen – z.B. derart, daß Arbeitsdaten des Bordcomputers an einen Betriebscomputer übermittelt werden. Umgekehrt werden Arbeitsanweisungen rechnergestützt durch betriebliche und überbetriebliche Produktions- und Umweltdaten erarbeitet und in die Maschinen zurückgekoppelt. Im Pflanzenschutz könnte dies beispielsweise bedeuten, daß Pflanzenwachstum und Witterungsverlauf über Sensoren beobachtet und zusammen mit überbetrieblichen Informationen Prognosen zum exakten Mitteleinsatz ermöglichen. Sie ließen sich zusammen mit noch zu entwickelnden Sensoren zur Beobachtung einer möglichen Umweltbelastung durch die Landwirtschaft ausbauen. Bemühungen in dieser Richtung, durch eine rechnergestützte Steuerung, eine exakte, auf den tatsächlichen Bedarf der Pflanze abgestimmte Ausbringung von Betriebsmitteln zu erzielen sowie rechnergestützte Systeme zur Überwachung der Umwelt erscheinen mir wirkungsvoller, als die Landwirtschaft mit einer Fülle von Gesetzen und Vorschriften zu überziehen.

5 Entwicklung rechnergestützter Produktionsverfahren am Beispiel der Milchviehhaltung

Die Möglichkeiten einer rechnergestützten Produktion sollen am Beispiel der Milchviehhaltung – einem langjährigen Projekt des Instituts für Betriebstechnik – etwas eingehender beleuchtet werden.

5.1 Möglichkeiten der Prozeßsteuerung in der Milchviehhaltung

Das Grundprinzip der rechnergestützten Produktionsregelung (Abb. 14) – nämlich die Erfassung von Produktions- und Umweltdaten und anschließende Optimierung des Produktionsablaufes – gilt es auf die Milchviehhaltung zu übertragen. Es sind vor allem drei Bereiche, in denen mit Hilfe elektronischer Hilfsmittel das Management verbessert werden kann:

- bei der Fütterung,
- bei der Tierüberwachung und
- beim Melken.

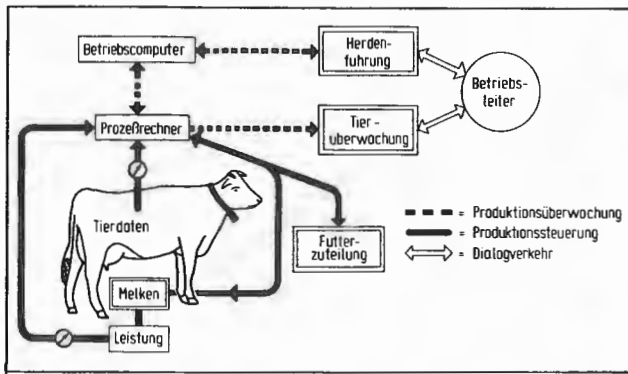


Abbildung 14: Rechnergestütztes System zur Produktionssteuerung und -überwachung in der Milchviehhaltung

Erstmals wurde die rechnergestützte Produktionsregelung in der Milchviehhaltung 1968 von Rosegger und Schlüsen (12) im Mobilboxenstall, auch „Unicar“ genannt, realisiert. Um die Tiere in den verschiedenen Funktionsbereichen automatisch identifizieren zu können, war zum damaligen Zeitpunkt ein erheblicher technischer Aufwand erforderlich. Durch die Entwicklung kostengünstiger Identifizierungssysteme ist die Realisierung einer Prozeßregelung heute auch in herkömmlichen Stallsystemen möglich (Abb. 15).

Dadurch ist eine rechnergestützte Fütterung und Tierüberwachung auch in einfachen Stallsystemen möglich (Abb. 16). Beim Betreten des Melkstandes werden die Kühe vom Rechner über eine einfache Empfangsschleife erkannt. Die wichtigsten Tierdaten erscheinen zur Information des Melkers gleichzeitig auf dem Bildschirm. Während des Melkvorganges wird die aktuelle Milchleistung erfaßt. Diese Daten dienen dazu, um vom Rechner die leistungs- und tiergerechte Ration zu bestimmen und den Tieren vorzulegen.

Für die Rationsberechnung ist ein zusätzliches Steuerprogramm erforderlich, welches ohne Kenntnis der individuellen Grundfutteraufnahme eine exakte Kraftfuttermittlung erlaubt. Die hierfür verwendeten Programme berechnen die erforderliche Kraftfuttermenge auf der Grund-



Abbildung 16: Rechnergestützte Milchviehhaltung in einfachen Stallsystemen; Beispiel: automatische Datenerfassung beim Melken (nach Artmann (13))

lage einer geschätzten Milchleistung aus dem Grundfutter und aus der Energiekonzentration des Kraftfutters.

Neu ist ein Programm, welches die Kraftfuttermittlung nach ernährungsphysiologischen Vorgaben und nach dem Grenznutzen bestimmt und auf die schwierige Schätzung der Grundfutteraufnahme verzichtet (Abb. 17). Nach diesem Programm legen wir seit 5 Jahren den Tieren ihre rationierte Kraftfuttermittlung vor. Die Tiere rufen die ihnen zustehende Ration – einem natürlichen Freßrhythmus folgend – selbständig ab.

Vergleichsversuche von Artmann (13) mit der rechnergestützten Futterzuteilung zeigen (Abb. 18), daß es mit Hilfe des Computers künftig möglich sein wird, leistungsbezogene und individuelle Futtermengen zu berechnen und die festgelegten Rationsmengen ohne Eingriff des Menschen den Tieren vorlegen zu lassen. Fehler, wie sie bei der konventionellen Futterberechnung und -zuteilung in der Praxis unvermeidbar sind, können hierdurch ausgeschaltet werden. Insbesondere kann dadurch dem stark individuellen Leistungsvermögen und Ernährungsbedürfnis der Tiere entsprochen werden.

5.2 Rechnergestützte Tierüberwachung

Ein zweiter wesentlicher Bereich des Mikrocomputereinsatzes in der Milchviehhaltung ist die rechnergestützte Tierüberwachung. Dabei werden mit Hilfe von Sensoren Produktions- und Tierdaten erfaßt, im Rechner verarbeitet und Abweichungen vom Produktionsziel oder von Normalwerten angezeigt. Als Beispiel (Abb. 19) für dieses Vorgehen sei hier auf die Untersuchungen von Schlüsen (14) zur Früherkennung von Eutererkrankungen hingewiesen:

Durch Sensoren im Melkzeug werden die elektrische Leitfähigkeit und die Temperatur der Milch automatisch erfaßt und im Rechner ausgewertet. Versuche an erkrankten Eutervierteln – erkennbar durch einen erhöhten Zellgehalt der Milch – zeigen, daß beide Parameter empfindlich auf Infektionen reagieren.

Im Gegensatz zur Milchtemperatur, die lediglich einen Hinweis auf krankhafte Störungen zuläßt, ist die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit eines Euterviertels krankheitsspezifisch und ermöglicht die frühzeitige Lokalisierung der Erkrankung.



Abbildung 15: Mobilboxenstall, ein erster Versuch zur Realisierung der rechnergestützten Produktionssteuerung (nach Rosegger und Schlüsen (12))

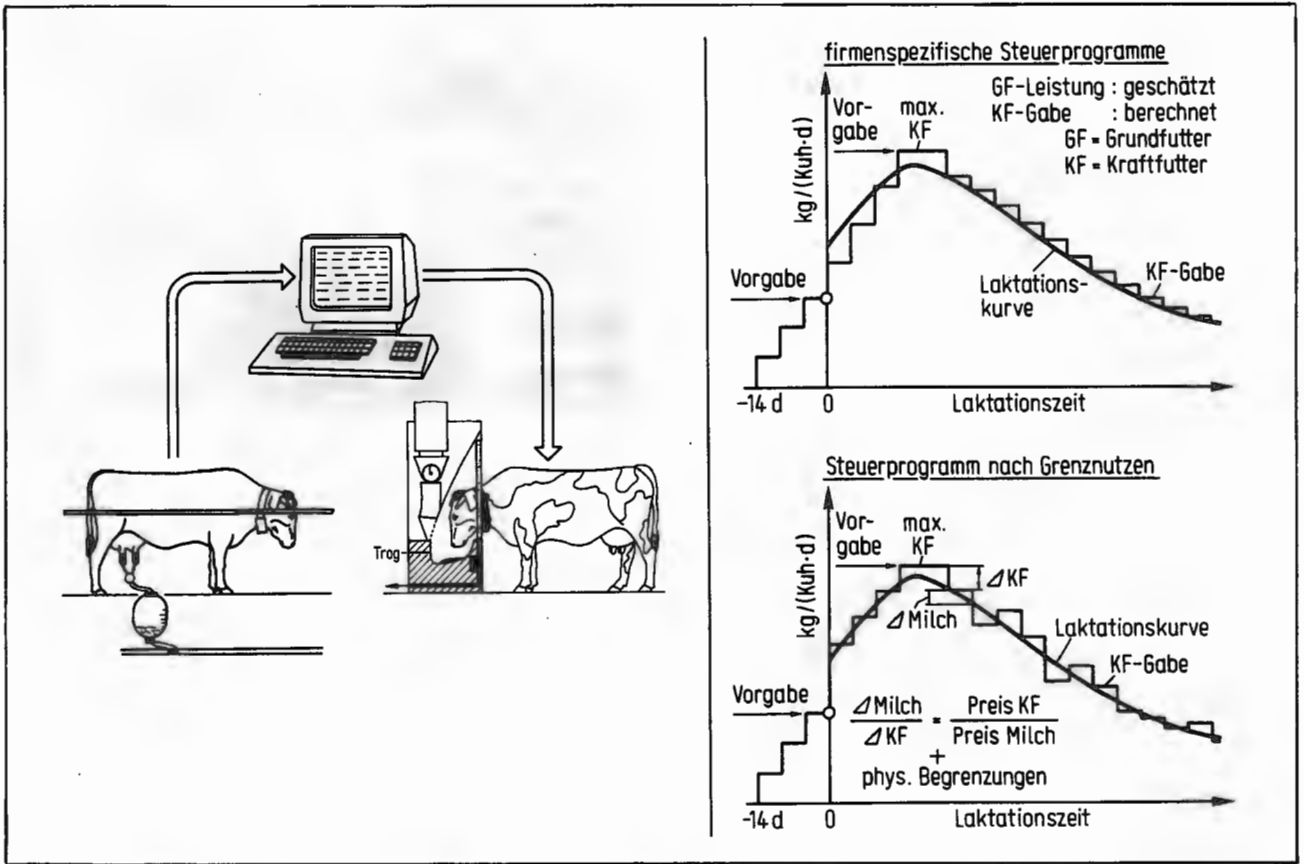


Abbildung 17: Programme zur rechnergestützten Vorlage von Kraftfutter (nach Artmann (13))

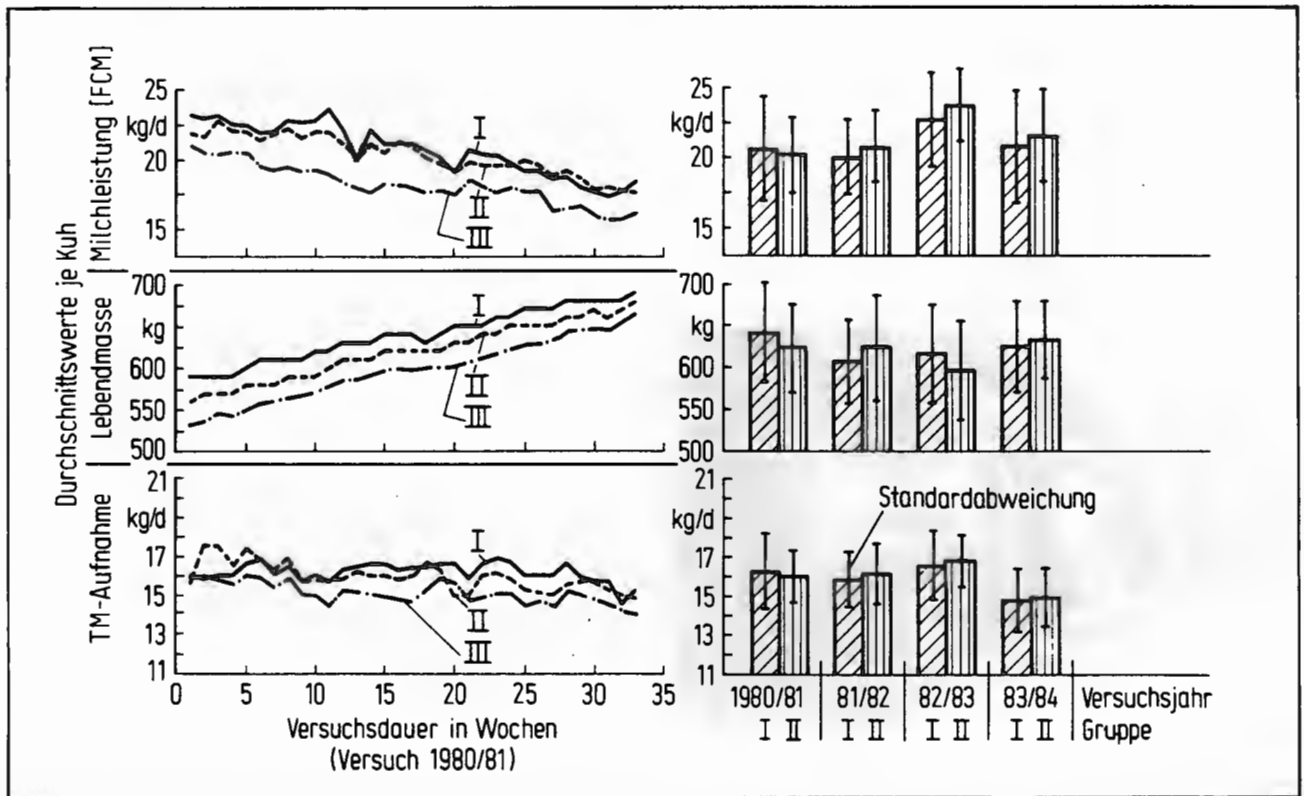


Abbildung 18: Vergleich rechnergesteuerter Futterzuteilung (nach Artmann (13))

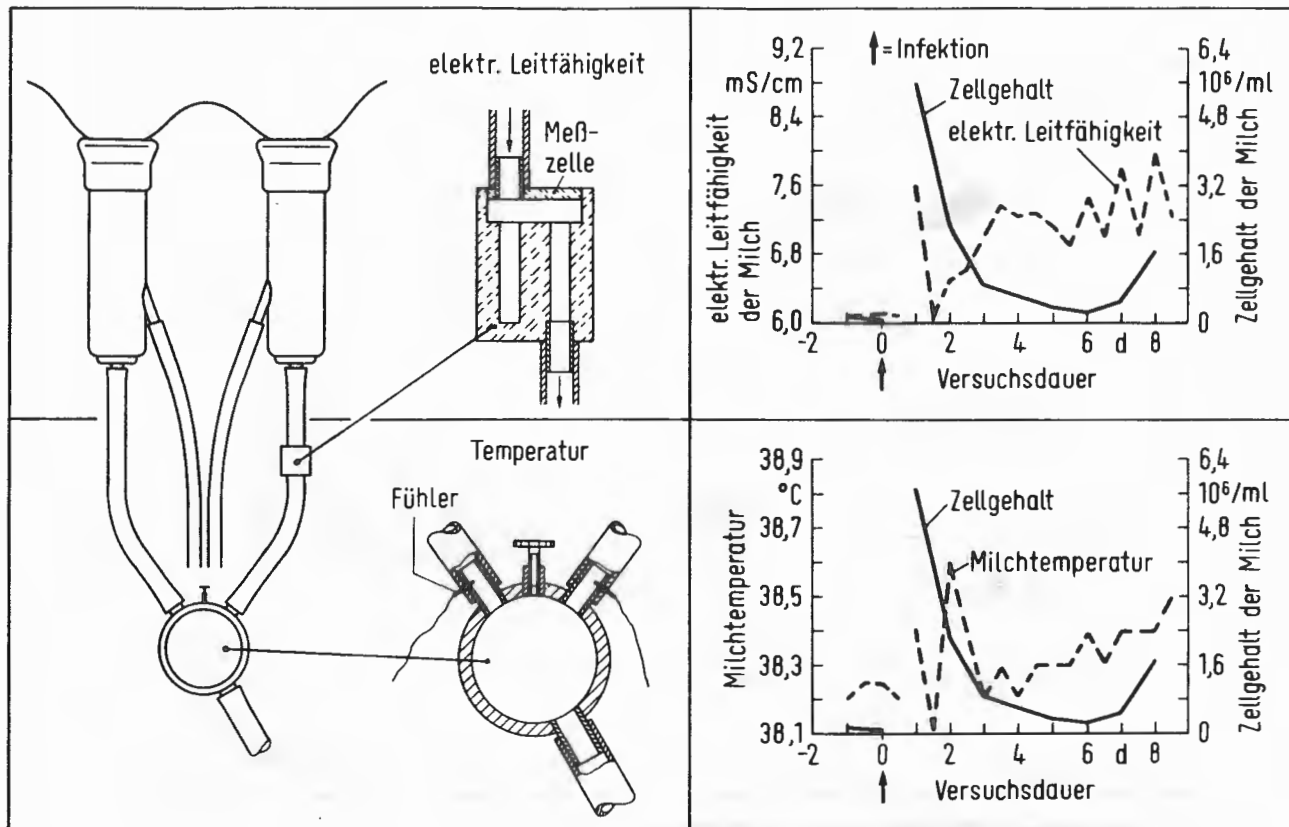


Abbildung 19: Rechnergestützte Früherkennung von Eutererkrankungen (nach Schlüsen und Paul)

Ähnliche Systeme, wenn auch mit einer anderen Kombination von Sensoren, wurden für die Früherkennung von Ernährungsstörungen und für die Brunsterkennung entwickelt (15). Diese elektronischen Hilfsmittel zur Tierüberwachung werden den Menschen in seiner Verantwortung für das Tier nicht ersetzen. Der Bibelspruch, daß „das Auge des Herrn das Vieh mäset“, wird auch in Zukunft gelten, aber es wird, um mit **Smith** (16) zu sprechen, „geschärft“ und in der Lage sein, eine größere, sich frei bewegende Herde zu betreuen.

5.3 Rechnergestützter Milchentzug – der entscheidende Schritt zu automatisierten Haltungssystemen

Beim Melken sind besonders enge Wechselbeziehungen zwischen Physiologie, Technik und Arbeitserledigung gegeben, die durch rechnergestützte Systeme wesentlich verbessert werden können. So wird heute bereits in ersten Ansätzen das Melken durch den Milchfluß gesteuert.

Den entscheidenden Durchbruch zur umfassenden Verbesserung der Haltungsverfahren für Milchkuhe kann die Automatisierung der Melkarbeiten durch Handhabungsautomaten bedeuten (Abb. 20). **Ordolf** (17) hat dafür erste Versuche mit Infrarotsensoren durchgeführt. Andere Versuchsansteller arbeiten mit optoelektronischen Verfahren.

Die Melkautomaten können in Verbindung mit Kraftfutter-Abrufstationen zur „Selbstbedienung“ durch die Kühe eingesetzt werden (Abb. 21). Damit wäre ein grundlegend

neuer Ansatz für die Entwicklung von Haltungssystemen für die Milchviehhaltung möglich mit einer Reihe entscheidender Vorteile (18):

- 1) Die Notwendigkeit, das Einzeltier intensiv zu füttern und zu überwachen hat zu Einzeltierhaltungssystemen, z.B. den Anbindeställen, geführt, welche das Bewegungsverhalten der Kühe beschränken. Rechnergestützte Systeme ermöglichen nun die artübliche Herdenhaltung, bei gleichzeitiger – und das ist neu – intensiver Einzeltierfütterung und Tierüberwachung.



Abbildung 20: Einsatz von Handhabungsautomaten zum Melken (nach **Ordolf** (17))

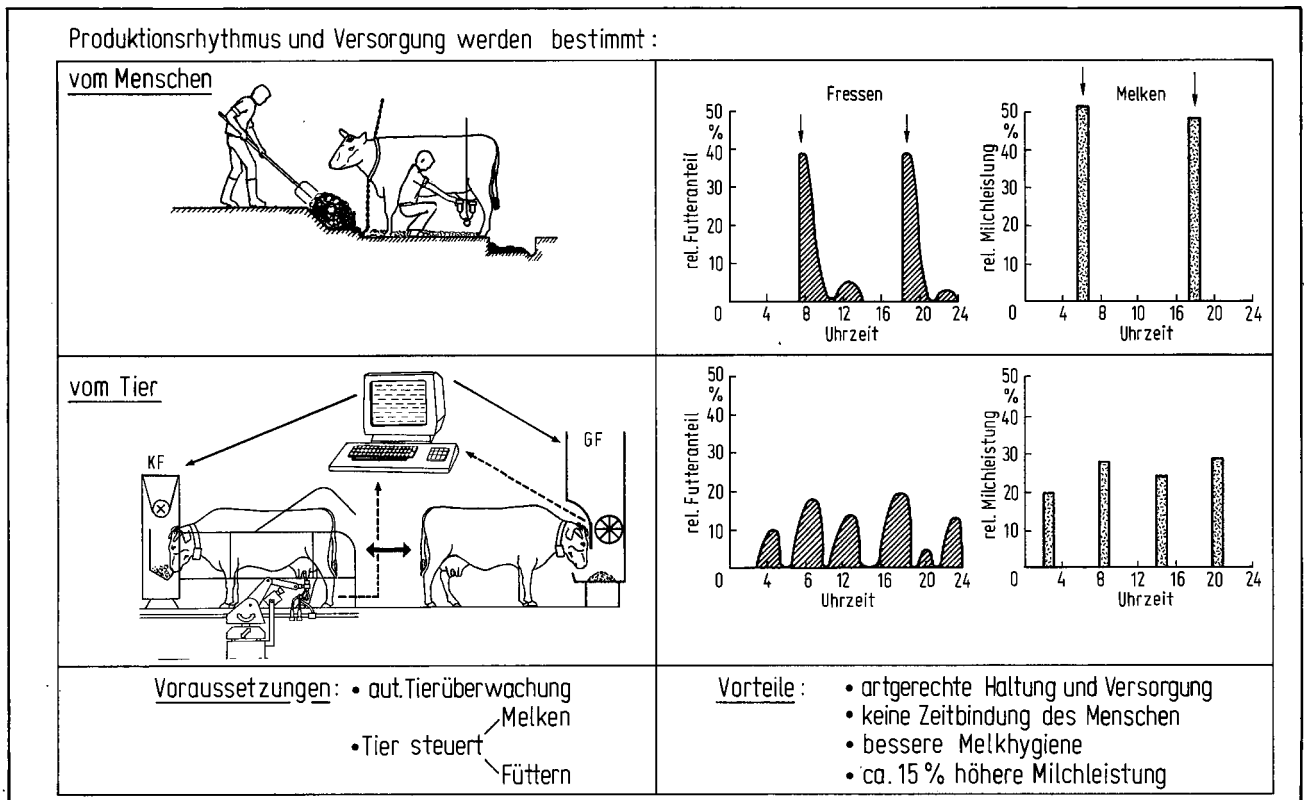


Abbildung 21: Automatische Haltungssysteme von Milchvieh

2) Der Produktionsrhythmus in der Milchviehhaltung wird derzeit nicht durch die physiologischen Regulationsmechanismen bei der Ernährung und Milchbildung, sondern durch den Arbeitsrhythmus des Menschen bestimmt. Bei dem vorgeschlagenen automatisierten Haltungssystem bestimmt der Lebensrhythmus des Tieres die Futteraufnahme und Milchabgabe. Dies führt unter anderem auch zu gesteigerter Leistungsbereitschaft, was mehrfach nachgewiesen werden konnte.

3) Solche Haltungssysteme bringen entscheidende Verbesserungen der Arbeitsbedingungen. Zwar wird der Mensch nach wie vor für die Tierbeobachtung, Kontrolle und Tierbehandlung unverzichtbar sein, dessen Arbeiten sind aber nicht mehr an feste, täglich ohne Rücksicht auf Sonn- und Feiertage sich wiederholende Zeiten gebunden.

Für eine solche Automatisierung der Milchviehhaltung ist noch eine Vielzahl technischer Probleme zu lösen.

Es sind aber auch agrarstrukturelle Begrenzungen zu nennen: Die bisherigen Entwicklungen automatischer Milchviehhaltungssysteme zielen auf eine Herdengröße ab 50 Kühe, was im internationalen Vergleich übrigens als Kleinherde gilt. In diesen Bestandsgrößen stehen derzeit in der Bundesrepublik weniger als 10 % aller Kühe; in den Niederlanden sind es dagegen mehr als zwei Drittel des gesamten Milchviehbestandes.

Die technischen Schwierigkeiten und die strukturellen Begrenzungen werden dazu führen, daß vollautomatische Milchviehhaltungssysteme erst zu Ende dieses Jahrhunderts praxisreif sein werden. Trotzdem müssen wir uns in der Forschung bereits heute dieser Aufgabe widmen, um diese Systeme auch mittleren Betrieben zugänglich zu machen und

so langfristig die Konkurrenzfähigkeit der bäuerlichen Milchviehhaltung zu sichern.

5 Schlußbemerkungen

Die Analyse einiger landwirtschaftlicher Entwicklungslinien zeigt vielfältige, sich teilweise widersprechende Trends. Das Bild in der Zukunft wird auf jeden Fall vielfältiger und vielgestaltiger sein und hohe Anforderungen an die Landtechnik stellen. Darüber hinaus sind neue technische Innovationen zu erwarten – insbesondere im Bereich der Elektronik und Informationstechnologie – die einer betriebsmittelsparenden und umweltgerechten Landwirtschaft neue Impulse geben können.

Diesen vermehrten Anforderungen an die technische Forschung und Entwicklung steht eine eher reservierte Haltung von Politik und Administration gegenüber – manche versprechen sich von einem Einfrieren des technischen Fortschritts sogar die Lösung agrarpolitischer Probleme. Dies birgt die Gefahr, daß zu den natürlichen und strukturellen Standortnachteilen in Zukunft auch technologische kommen. Diese Abkoppelung vom biologisch-technischen Fortschritt gefährdet langfristig gerade den von vielen beschworenen Familienbetrieb, der seine Konkurrenzfähigkeit verliert.

Gerade die öffentliche Forschung ist aufgerufen, die Chancen eines weiteren technologischen Fortschrittes für eine zukunftsorientierte Landbewirtschaftung zu nutzen; sie hat in einer echten Vorlauftforschung diesen so zu gestalten und anzupassen, daß er einer möglichst großen Zahl von selbständigen Betrieben auch in Zukunft dient. Dies ist in der Vergangenheit gelungen und sollte auch in Zukunft möglich sein.

Technology serving a changing agriculture

The analysis of some agricultural courses of development show manifold and sometimes contradictory tendencies. But in any case the future picture will be multiform and a challenge to agricultural engineers. Beside this, new technical innovations are expected – especially in electronics and information processing technologies – able to give new impulses to an agriculture minimizing variable and monetary inputs and well adapted to the environment.

These increasing demands on the technical research and development are opposed to a more restrained way of acting in politics and administration – by freezing the technical progress some people even expect the solution of agro-political problems. This involves the danger that in future additional to the natural and structural disadvantages of the location also technological disadvantages will be added. This uncoupling of the biological-technical progress in long-term endangers especially the so much conjured family farm which will lose its competitive position.

Especially the public research is asked to use the chances of further technical progress for an agriculture oriented to the future. The public research has to create and adapt this progress by pioneering research projects in a way that this progress serves the highest possible number of independent farms. This has been achieved in the past and should be possible in the future.

Literatur

- (1) Schön, H.: Technik in der Landwirtschaft - Wegbereiter des Fortschritts. - VDI-Berichte Nr. 407 (1981), S. 1-10.
- (2) Schön, H.: Landtechnik für die Landwirtschaft der Zukunft. - DLG-Mitteilungen 103 (1988), Beilage "Plus", S. 1-4.
- (3) Steinkampf, H. und Sommer, C.: Bereifung von Ackerschleppern hinsichtlich Leistungsübertragung und Bodenschonung. - Vortrag auf der VDI-Tagung "Landtechnik", 22./23.10.1987, Braunschweig.
- (4) Neander, E.: Bedeutung der strukturellen Entwicklung für die Arbeit in der Landwirtschaft. - Vortrags-tagung der GAL und des DLG-Ausschusses für Arbeits-wirtschaft, 12.1.1988, Wiesbaden.
- (5) Schmalz, U.; Hadlak, M.; Krone, W. und Hammer, W.: Soll-Ist-Vergleich über ergonomisch günstige und sichere Zugänge an Ackerschleppern. - Vortrag auf der VDI-Tagung "Landtechnik", 22./23.10.1987, Braunschweig.
- (6) Sourell, H. und Wolf, J.: Entwicklung und Ein-satz einer mobilen Tropfbewässerung für aride und semi-aride Klimagebiete. - Vortrag 44. Intern. Tagung Land-technik (VDI), 23./24.10.1986, Neu-Ulm.
- (7) Weiland, P.; Michaelsen, Th.; Sonnen-berg, H. und Wulfert, K.: Agraralkohol aus nach-wachsenden Rohstoffen - Verfahrenslösungen für die Ver-wertung und Entsorgung der Reststoffe. - Grundl. Land-technik 37 (1987), Nr. 3, S. 70-81.
- (8a) Piotrowski, J. und Viedt, W.: Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit individueller Vorratsfütterung (1. Teil) - Tiergerecht - betreuungsgerecht - kostensparend. - Pony-Magazin 34 (1986), H. 8, S. 21-24.
- (8b) Piotrowski, J. und Viedt, W.: Mehrraum-Pferdeauslaufhaltung mit individueller Vorratsfütterung (2. Teil) - Experimente mit der Vorratsrollraufe. - Pony-Magazin 34 (1986), H. 10, S. 26-39.
- (8c) Piotrowski, J. und Hagemann, D.: Mehr-raum- Pferdeauslaufhaltung (3. Teil) - Bautechnische und baurechtliche Aspekte. - Pony-Magazin 35 (1987), H. 8, S. 23-27.
- (9) Batel, W.: Grundlagen technischer Entwicklungslinien in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft. - Mitt. der Ges. der Freunde der FAL (1986), H. 1, S. 13-24.
- (10) Jahns, G. und Speckmann, H.: Agricultural electronics on farm machinery needs standardized data transfer - a concept. - ASAE-paper No. 84-1633.
- (11) Schön, H.: Use of Microprocessors in Farm Build-ings - A Review. Reports - International Commission of Agricultural Engineering "Latest Developments in Live-stock housing. Urbana-Champaign/Illinois (1987), S. 202-215.
- (12) Rosegger, S. und Schlüsen, D.: Das Unicar-System als methodisches Instrument zur Erarbeitung von Grunddaten für die Milchviehhaltung. - Bericht über Landwirtschaft, Sonderheft 191 (1975), Verlag P. Parey, S. 451-464.
- (13) Artmann, R. und Schlüsen, D.: Rechner-gestützte Fütterungsverfahren bei Milchkühen. - Übersichten zur Tierernährung 15. Jg., H. 2 (1987), S. 193-212.
- (14) Schlüsen, D.; Schön, H.; Holzum, B. und Wiesner, H. U.: Eignung ausgewählter physiolo-gischer Parameter zur automatisierten Früherkennung sub-klinischer Mastitiden. - Landbauforschung Völkenrode 33. Jg. (1983), H. 4, S. 219-232.
- (15) Schlüsen, D.; Roth, H. und Schön, H.: Möglichen einer rechnergestützten Gesundheits- und Brunstüberwachung in der Milchviehhaltung. - Züchtungs-kunde 59 (1987), S. 81-96.
- (16) Schmidt, D.: Physiologische Grundlagen einer rechnergestützten Herdenüberwachung bei Nutztieren. - Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 91 (im Druck).
- (17) Ordolff, D.: Vollautomatisches Melken. - Land-technik 5, 41. Jg. (1986), S. 227-229.
- (18) Schön, H.: Automatisierte Milchviehhaltung - eine Utopie? - Landtechnik 5, 41. Jg. (1986), S. 220-223.

Verfasser: Schön, Hans, Prof. Dr. agr., Institut für Be-triebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirt-schaft Braunschweig-Völkenrode, Leiter: Prof. Dr. agr. Hans Schön.