

Grundsätzliche Überlegungen zur Automatisierung der landwirtschaftlichen Produktion

Von **Wilhelm Batel**, Braunschweig-Völkenrode¹⁾

In einer Übersicht werden neben einer Systematik grundsätzliche Überlegungen zur Automatisierung der landwirtschaftlichen Produktion gebracht [1]. Es werden die Begriffe Automatisierung und Produktion erörtert und anschließend das eigentliche Thema in drei Abschnitten behandelt: die Automatisierung der Bewegungslenkung, die Automatisierung von physikalisch-technologischen Prozessen und die Automatisierung von biologisch-technologischen Prozessen.

1. Automatisierung und landwirtschaftliche Produktion

Unter Automatisierung versteht man die Übernahme bestimmter Bereiche ehemals menschlicher Tätigkeiten durch technische Mittel. Das Problem der Automatisierung läßt sich sowohl unter rein technischen Gesichtspunkten als auch unter dem Blickpunkt des technischen Fortschritts, also unter Einbeziehung ökonomischer und soziologischer Faktoren, behandeln. So sehen die Nationalökonomien die Automatisierung dann als einen technischen Fortschritt an, wenn sie das Ergebnis der Wirtschaft, also das Bruttosozialprodukt positiv beeinflusst. Die nachfolgenden Erörterungen beschränken sich auf die rein technischen Möglichkeiten der Automatisierung in der Landtechnik — auch unter dem Gesichtspunkt, daß solche technischen Lösungen die Modelle für eine vorausschauende ökonomische Betrachtung sein müssen.

Nach Oetker [18] heißt Automatisierung, eine ursprünglich durch menschliche Beobachtung, Überlegung und Handlung ausgeführte Folge von Vorgängen zwangsläufig nach einem festgelegten Programm mit technischen Mitteln zu bewirken. Dolezalek [4] faßt den Begriff etwas weiter, indem er sagt: Automatisierung bedeutet die Schaffung technischer Anlagen, die so arbeiten, daß der Mensch weder ständig noch in festgelegtem Rhythmus von ihnen in Anspruch genommen wird. Beide Autoren verstehen unter Automatisierung vorwiegend eine Aufgabenstellung oder eine Zielfunktion, die sich von einem bestimmten Stand der Technik ableitet. Dies ist auch das Leitbild, von dem die nachfolgenden Überlegungen ausgehen, jedoch mit einer Eingrenzung. Es werden nur Maschinen und Anlagen im Sinne der obigen Definition erörtert, in denen eine Informationsverarbeitung erfolgt oder erfolgen muß. Dieser Bereich, der durch die Anwendung der Mittel der Meß-, Steuerungs- und Regelungstechnik gekennzeichnet ist, kann bei dem derzeitigen Stand der technischen Entwicklung als der Kern der Automatisierung angesehen werden.

Die Aufgabe, Produktionsvorgänge zu automatisieren, ist vorwiegend entstanden als Folge der Produktivitätssteigerung über die Arbeitsgeschwindigkeit. Mit der Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit überschreitet man schnell die Grenze der menschlichen Fähigkeit, bestimmte geistige oder mechanische Funktionen zu erfüllen. Diesen Sachverhalt veranschaulicht das von Dolezalek [4] stammende Bild 1. Hieraus läßt sich entnehmen, in welchen Bereichen eine Automatisierung unumgänglich ist. Es gibt aber auch noch andere und, je nach den Umweltbedingungen, unterschiedliche Gründe für die Automatisierung, z. B. den Mangel an Arbeitskräften; oft ist auch der Wunsch nach höherem Arbeitskomfort, also der Abbau der physischen Belastung, ein wesentliches Moment für die Automatisierung. Weiterhin gibt es Fälle (z. B. in den USA), wo

bestimmte Betriebe, um eine Streikunabhängigkeit sicherzustellen, trotz höherer Aufwendungen und geringerer Rendite, eine Vollautomatisierung durchgeführt haben.

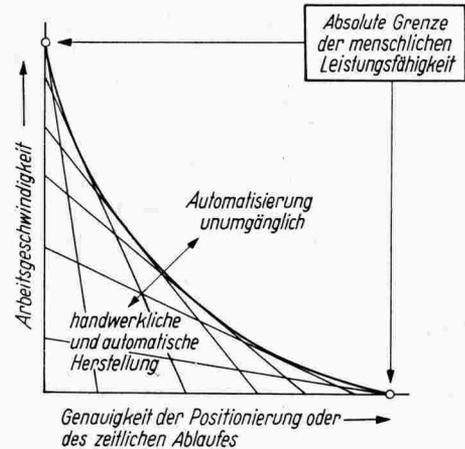


Bild 1. Aufteilung der Arbeitsbereiche von Mensch und Automat nach Dolezalek [4].

Unter dem Begriff „Produktion“ versteht man alle der menschlichen Bedürfnisbefriedigung dienenden Tätigkeiten, die sich in die Produktion von Dienstleistungen und in die von Gütern aufgliedern lassen, **Bild 2**. Wir beschränken uns hier auf die Güterproduktion, die sich in die Gebrauchsgüter- und die Verbrauchsgüterproduktion gliedert. Wodurch unterscheiden sich nun diese beiden Produktionsbereiche, besonders im Hinblick auf die Automatisierung?

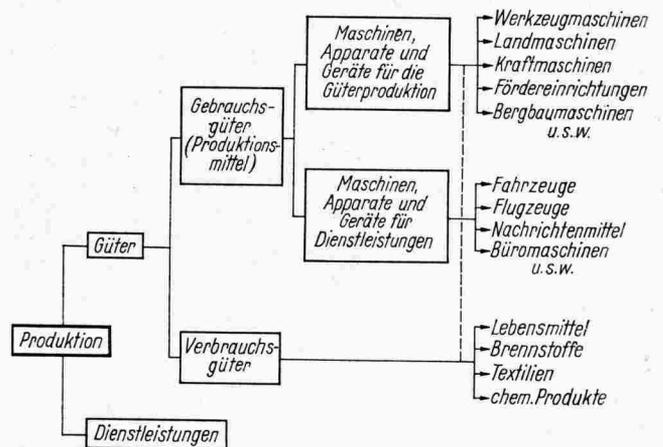


Bild 2. Gliederung der Güterproduktion.

Im Mittelpunkt jeder Produktion steht der Mensch, in der Gebrauchsgüterproduktion ergänzt durch technische Produktionsmittel, also durch Maschinen und andere technische Einrichtungen. Funktion und Gestalt der erzeugten Produkte sind im allgemeinen Maschinen oder technische Einrichtungen, also Produkte, sie sich im Rahmen bestehender physikalischer Gesetzmäßigkeiten voll durch den Menschen bestimmen lassen.

Bei der Verbrauchsgüterproduktion tritt jedoch eine weitere, den Schwerpunkt bildende Komponente hinzu, nämlich die Veränderung der stofflichen Zusammensetzung oder ein Stoffaufbau. Die Stoffumwandlung ist Aufgabe der Chemie. In dieser Industrie dienen die technischen Produktionsmittel dazu, die notwendigen Voraussetzungen für die Stoffumwandlung zu schaffen. Die landwirtschaftliche Produktion ist ebenfalls eine

¹⁾ Vorgetragen auf der VDI-Tagung Landtechnik in Braunschweig am 12. Oktober 1967.

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Batel ist Direktor des Instituts für landtechnische Grundlagenforschung der Forschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

Verbrauchsgüterproduktion, weil sie, abgesehen von Zwischenstufen, in der Hauptsache der Erzeugung von Nahrungsmitteln dient. Hier ist der zu erzeugende oder aufzubauende Stoff eine lebende Materie. Entstehung und Wachstum von Pflanzen und Tieren erfolgen nach biologischen Gesetzen. Die technischen Produktionsmittel dienen dazu, für diesen Prozeß die entsprechenden Voraussetzungen zu schaffen bzw. den biologischen Prozeß zu unterstützen und die Produkte zu gewinnen. Daher lassen sich in der landwirtschaftlichen Produktion zwei Bereiche unterscheiden, nämlich Prozesse auf biologischer und solche auf physikalischer Grundlage. Versteht man unter Technologie Mittel und Verfahren, um Verbrauchsgüter herzustellen, so kann man die landwirtschaftliche Produktion in biologisch-technologische Prozesse (das Entstehen und Wachsen von Pflanzen und Tieren) und physikalisch-technologische Prozesse (Produktionsvorbereitung, Produktgewinnung, z. B. Ernte und Aufbereitung der Produkte) aufgliedern. Die sich aus diesen Überlegungen ergebenden Informations- und Handlungskreise bei der landwirtschaftlichen Produktion, in deren Mittelpunkt der Mensch steht, sind in **Bild 3** dargestellt.

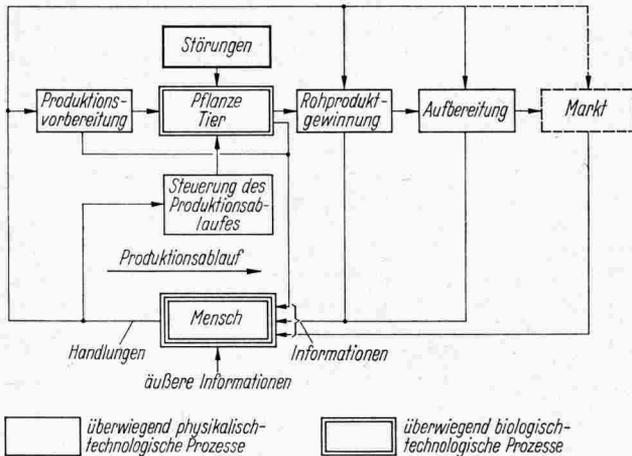


Bild 3. Informations- und Handlungskreise bei der landwirtschaftlichen Produktion.

Für die Automatisierung der Güterproduktion ist weiter der Ablauf der Produktion aufschlußreich. Es läßt sich unterscheiden zwischen der Rohstoffgewinnung und der Verarbeitung dieser Rohstoffe. Im Bereich der Rohstoffgewinnung, zu der auch ein Schwerpunkt der landwirtschaftlichen Produktion zählt, sind die technischen Produktionsmittel, also die Maschinen, an den jeweiligen Stoff, wie Pflanzen, Tiere, Lagerstätten usw., heranzuführen. Diese Bewegungskontrolle ist derzeit eine der umfangreichsten Arbeiten bei der Pflanzenproduktion. Im Bereich der Verarbeitung dagegen wandert der Stoff durch ortsfest angeordnete Produktionsmittel als Fließgut hindurch, wie es auch bei der tierischen Produktion teilweise geschieht.

Faßt man die bisher gemachten Ausführungen zusammen, so lassen sich, von der Aufgabe her gesehen, für die Automatisierung in der Landtechnik folgende Teilbereiche unterscheiden:

1. Automatisierung der Bewegungskontrolle bei fahrenden Produktionsmaschinen,
2. Automatisierung von physikalisch-technologischen Prozessen, wie die Produktionsvorbereitung, die Rohproduktgewinnung, die Aufbereitung und die Verarbeitung, und
3. Automatisierung von biologisch-technologischen Prozessen, also die Erzeugung von Pflanzen, Tieren und tierischen Produkten im engeren Sinne.

2. Automatisierung der Bewegungskontrolle

Die für die Automatisierung in Frage kommende Bewegungskontrolle umfaßt in der Landtechnik im wesentlichen die Führung von Maschinen und Arbeitselementen an Leitlinien, die als Programm vorzugeben sind oder die in Form von Pflanzenreihen, Furchen usw. bereits bestehen und von Fühlern abgetastet werden müssen.

2.1 Nachführung oder Lenkung von Maschinen

Es lassen sich in diesem Bereich — wie ganz allgemein — mehrere Grade der Automatisierung unterscheiden, nämlich die teilautomatische und die vollautomatische Lenkung. Bei den teilautomatischen Lenkungen soll dem Fahrer während der Geradeausfahrt oder während der Fahrt längs einer Leitlinie die Lenkarbeit abgenommen werden. **Bild 4** zeigt das Schema und

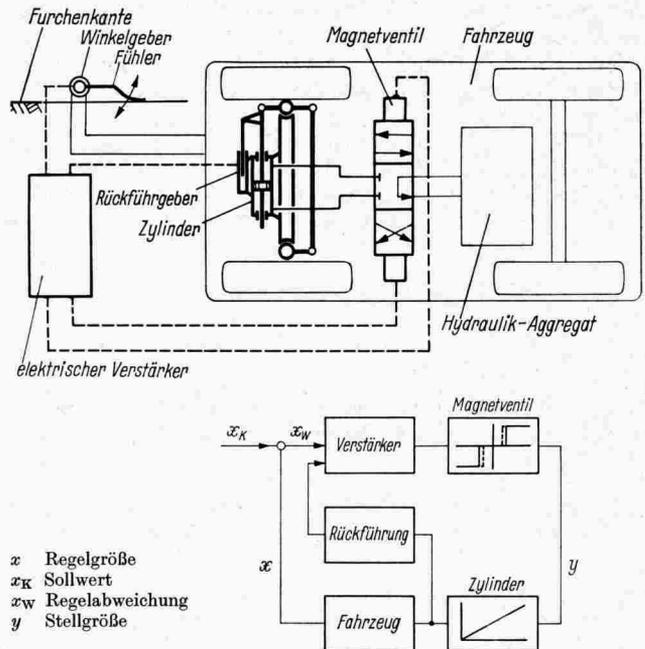


Bild 4. Prinzipieller Aufbau einer automatischen Fahrzeuglenkung, die das Fahrzeug an einer vorgegebenen Leitlinie entlang führt.

den Aufbau einer solchen, im Institut entwickelten, halbautomatischen Fahrzeuglenkung. Ein Fühler tastet die jeweilige Leitlinie ab und gibt die Abweichungen der Fahrzeugposition vom Sollwert an das Nachführsystem weiter, das in diesem Fall als elektrohydraulisches System ausgebildet ist. Die praktische Ausführung zeigt **Bild 5**.



Bild 5. Versuchsausführung der in Bild 4 gezeigten Anlage.

Das hier angedeutete Furchenleitsystem ist vergleichsweise einfach. Fallen solche Furchen bei der Arbeit nicht von selbst an, so ist daran zu denken, Leitfurchen eigens zum Zwecke der Nachführung herzustellen (z. B. Ventzki-Autodux). Nachteilig ist, daß bei solchen Systemen, insbesondere bei unebenem Gelände, eine Führungsfehlerhäufung auftreten kann [3; 11; 19].

Für bestimmte Fälle, vor allem im Gartenbau oder bei Plantagen, ist es denkbar, künstliche Leitlinien in Form von stromdurchflossenen Kabeln unterhalb der normalerweise bearbeiteten Tiefe im Boden zu verlegen [5; 26]. Die Abtastung solcher

Leitkabel kann mit Induktionsspulen berührungslos erfolgen [17]. Eine andere Möglichkeit der Steuerung ist die mit dem Magnet- oder Kreiselpaß [6; 7].

Vollautomatische Lenkungen ersetzen den Menschen völlig. Grundsätzlich sind solche Lenkungen durch Systeme möglich, wie sie aus der Raumfahrt bekannt sind. **Bild 6** möge eine solche Anordnung veranschaulichen. In den Punkten A und B befinden sich zwei mit Folgeeinrichtungen gesteuerte Empfangssysteme, die vom Fahrzeug gesendete Funksignale aufnehmen. Die Koordinaten eines jeden Punktes des Feldes D lassen sich aus den Winkelstellungen α und β der Empfangssysteme und ihrem Abstand c errechnen. Man muß also die Winkel laufend messen. Dabei werden hohe Anforderungen an die Genauigkeit der Folge- und Winkelmeßsysteme gestellt, wenn der Führungsfehler im cm-Bereich liegen soll. Es ist z. B. für einen zulässigen Führungsfehler von ± 10 cm eine Folge- und Meßgenauigkeit von etwa $0,01^\circ$ erforderlich, wenn der Schlepper 500 m von den Antennen entfernt ist.

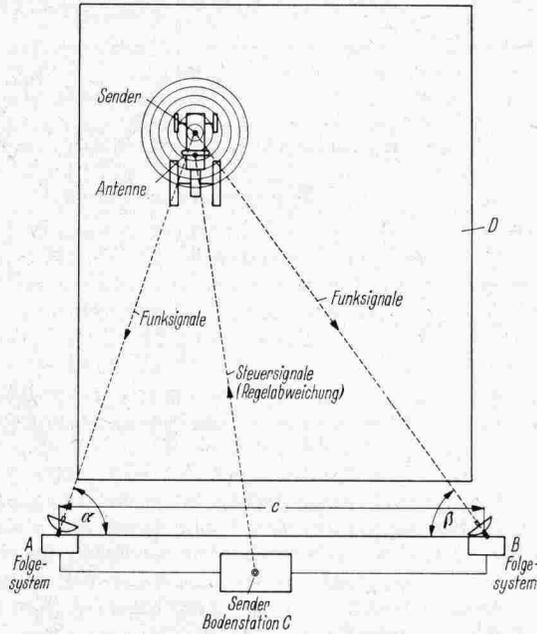


Bild 6. Automatische Steuerung von Landfahrzeugen (Schlepper).

Die gewünschten Bewegungsabläufe, wie Richtung und Geschwindigkeit, können durch ein Programm vorgegeben und mit Hilfe eines Regelkreises erzwungen werden. Die entsprechenden Steuersignale lassen sich den Steuerorganen des Fahrzeuges über Funk von der Bodenstation mitteilen. Auch Wendemanöver mit bestimmten Versetzungen sind auf diese Weise steuerbar. Solche ferngelenkten Systeme für vollautomatische Steuerungen sind mit den heute vorhandenen technischen Mitteln realisierbar, aber wegen des hohen Aufwandes noch nicht wirtschaftlich tragbar.

2.2 Nachführung von Arbeitselementen

Einige Beispiele für Nachführungsaufgaben sind im **Bild 7** dargestellt, wie die Nachführung eines Köpfmessers, die Nachführung eines Mähdrescherschneidwerkes, die Nachführung eines Pfluges auf einer bestimmten Tiefe oder die Nachführung von Rode- oder Hackscharen [2; 24]. Für einige dieser Nachführungsaufgaben wird neben dem Schleppferahrer oft eine zweite Arbeitskraft benötigt, so daß hier ein stärkerer Anreiz für die Automatisierung besteht. Im Prinzip unterscheiden sich diese Nachführungsvorgänge, wie schon angedeutet, nicht von einer Lenkung.

Die Notwendigkeit einer laufenden Nachführung von Arbeitselementen ist nicht immer durch die Charakteristik der Leitlinien gegeben. Oft ist es aus fahrtechnischen Gründen nicht möglich, den Leitlinien genügend genau zu folgen. Dies trifft vor allem bei größeren Geschwindigkeiten zu. In diesen Fällen hat das Nachführungssystem nicht die Ungenauigkeit der Leitlinien, sondern Ungenauigkeiten des Fahrens auszugleichen. Oft ist

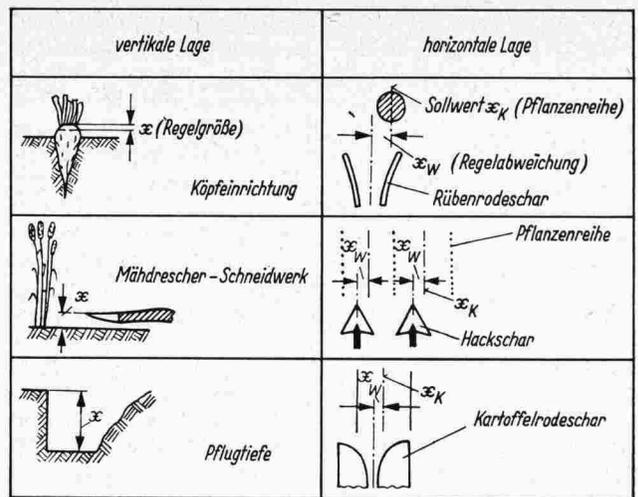


Bild 7. Beispiele für eine Nachführung von Arbeitselementen.

auch eine genaue Nachführung mit fest an einem Fahrzeug angebauten Arbeitselementen aus kinematischen Gründen nicht möglich. In solchen Fällen ist eine gelenkige Verbindung erforderlich [8]. Ferner ist daran zu denken, daß ein Fahrzeug als geregelter System relativ träge ist. Seine Übertragungsfunktion hat nach Bronstein [3] etwa folgenden Charakter:

$$F(p) = \frac{K(T_{11}p + 1)}{p(T_{22}^2 p^2 + T_{11}p + 1)}$$

worin T_{11} eine Vorhaltezeitkonstante, $T_{1,2}$ Verzögerungszeitkonstanten und p den Laplace-Operator bedeuten. Diese Funktion besteht also aus einem Vorhalt-, einem Integralanteil und einem Verzögerungsglied zweiter Ordnung. Bei direkter Verstellung der Arbeitselemente sind günstigere Übertragungsfunktionen mit schnellerem Übertragungsverhalten möglich.

2.3 Anforderungen an Nachführungssysteme

Alle automatisch durchzuführenden Nachführungsaufgaben setzen mechanische, elektrische, optische oder auf anderen physikalischen Grundlagen beruhende Fühler voraus, die die augenblicklichen Abweichungen der Fahrzeuge oder Arbeitselemente von den Führungskurven messen und an das Nachführregelsystem weitergeben.

Die Anforderungen an die Ansprech- und Stellgeschwindigkeiten bei den landtechnischen Nachführungssystemen sind sehr hoch. Dies gilt besonders dann, wenn man hohe Fahrgeschwindigkeiten erreichen will.

Bei einer Nachführung von Fahrzeugen gilt dies nicht in gleichem Maße, da die Fahrzeuge als Regelstrecke sehr träge sind und diese Trägheit nicht durch schnelle Regelungssysteme kompensierbar ist. Bei der Nachführung von Arbeitselementen können jedoch Stellgeschwindigkeiten bis zu 2 m/s erforderlich sein, also Werte, die bei Werkzeugmaschinen- oder Flugzeugregelungen normalerweise nicht auftreten. Solche hohen Stellgeschwindigkeiten können Schwierigkeiten bezüglich der Stabilität der Systeme bereiten. Die Stabilität wird um so größer, je kleiner die Zeitkonstanten der verwendeten Stellglieder sind. Elektro-hydraulische Systeme sind in diesen Fällen allen anderen überlegen. So betragen beispielsweise die Öffnungszeiten schneller elektro-hydraulischer Servoventile 5 bis 10 Millisekunden.

Die Anforderungen an die Führungsgenauigkeit sind, z. B. im Vergleich zum Werkzeugmaschinenbau, nicht sehr hoch. Bei der Nachführung an Pflanzenreihen sind Fehler von einigen cm durchaus noch zulässig. Beim Pflügen wird ein Fehler der Tiefenführung von $\pm 10\%$ des Sollwertes als noch vertretbar angesehen.

Die erforderlichen Leistungen sind für die verschiedenen Anwendungen recht unterschiedlich. Bei Fahrzeuglenkungen wird man mit einigen 100 W auskommen, während bei der Nachführung von Arbeitselementen, je nach Art der Last und der erforderlichen Stellgeschwindigkeit, Spitzenleistungen bis zu etwa 5 kW erforderlich sein können, wie z. B. beim Pflug.

Bezüglich der Belastung der Systeme während eines Übergangsprozesses kann man zwischen solchen mit dominierenden Massenkräften und solchen mit überwiegender Reibungskraft unterscheiden. Zur ersten Gruppe gehören Schneidtieffenregelungen, Regelungen von Köpfeinrichtungen, Hackrahmen usw., zur zweiten Gruppe vor allem Systeme, die Arbeitselemente im Boden verstellen müssen, wie Rodeelemente oder Pflugshare. Die Systeme mit überwiegender Reibung zeigen stabileres Verhalten als reine Massensysteme.

2.4 Ausgeführte Nachführungssysteme

Das am meisten bekannte Nachführungssystem ist der am Schlepper gelenkig angebaute Pflug [21; 22]. Nicht gewünschte Tiefenänderungen können durch zwei Einflüsse verursacht werden, nämlich durch Unebenheiten der Ackeroberfläche oder durch auf den Schlepper einwirkende veränderliche äußere Kräfte. In Bild 8 sind verwendete oder denkbare Pflugregelungssysteme in einer Übersicht im Schema dargestellt. Es sind dies die Zugkraftregelung, die Lageregelung, die Mischregelung, die Tastregelung und die Tastregelung mit kombinierter Leistungsregelung.

Zusätzlich zu der gewünschten Nachführung besteht der Wunsch, und dies wurde bereits von Ferguson in die Tat umgesetzt, zumindestens einen Teil des Pfluggewichtes und der Vertikalkräfte, die am Pflug angreifen, auf den Schlepper zu übertragen. Da aber diese Vertikalkräfte bei vielen Pflugkörpern mit zunehmender Arbeitstiefe abnehmen oder sogar negativ werden, verliert man beim Pflügen in größeren Tiefen Kräfte für die Achslasterhöhung, und damit gerade dann, wenn der Bedarf am größten ist. Auch Regelvorgänge können die Achslasterhöhung abbauen, wie Bild 9 zeigt. Durch entsprechende Wahl der Pflugkörper mit sehr kleinen Stützflächen und einem großen Freiwinkel an der Unterseite läßt sich jedoch dieser Einfluß verringern. Bei diesbezüglichen Versuchen hat sich gleichzeitig gezeigt, daß der Einfluß der Stützflächen an Pflugkörpern auf die Größe der nutzbaren Vertikalkraft größer ist als der Einfluß der verschiedenen beschriebenen Pflugregelungssysteme.

furche in Arbeitsrichtung und zwei Steuerfurchen an den Feldenden quer zur Arbeitsrichtung gezogen. Während des selbsttätigen Pflügens wird die Maschine durch ein Leitrad, das an der Furchenwand entlangläuft, geführt. Vor dem Leitrad befindet sich ein Tastrad, das am Feldende die Querfurche abstastet und dann den Umsteuervorgang einleitet. Die bisherigen Versuche mit einer einschichtigen Ausführung sollen so erfolgreich gewesen sein, daß der Bau einer zweifurchigen Maschine geplant ist.

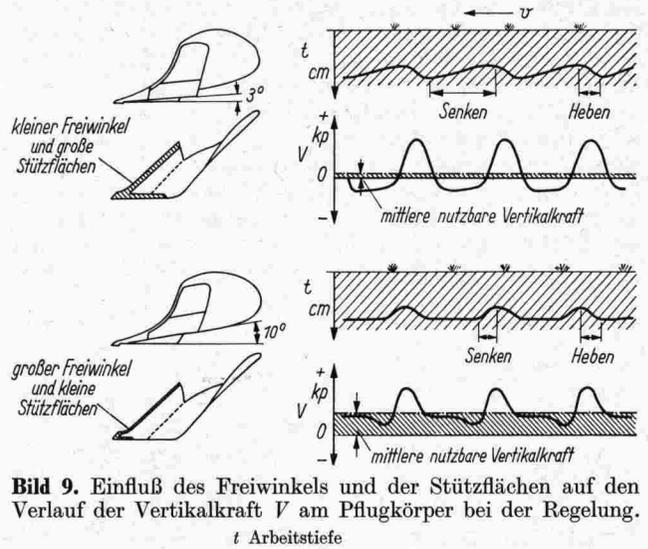


Bild 9. Einfluß des Freiwinkels und der Stützflächen auf den Verlauf der Vertikalkraft V am Pflugkörper bei der Regelung.
 t Arbeitstiefe

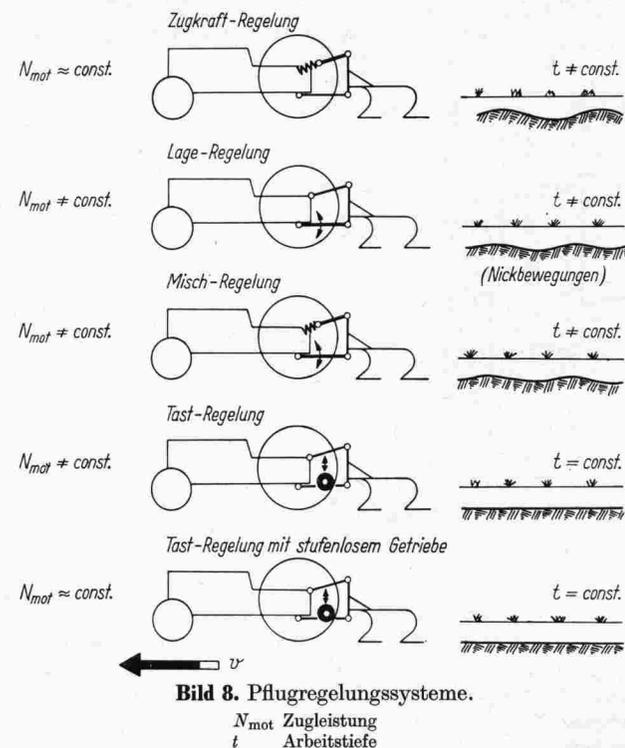


Bild 8. Pflugregelungssysteme.

Eine vollautomatische Pflugmaschine zeigt das Bild 10 im Schema [14]. Die Maschine wird von einem Dieselmotor angetrieben, wobei die Leistungsübertragung wegen der leichteren Steuerbarkeit durch hydrostatische Getriebe erfolgt. Die Steuerung aller Funktionen geschieht elektro-hydraulisch. Der Ablauf der Arbeiten ist etwa folgender: Zuerst werden eine erste Leit-

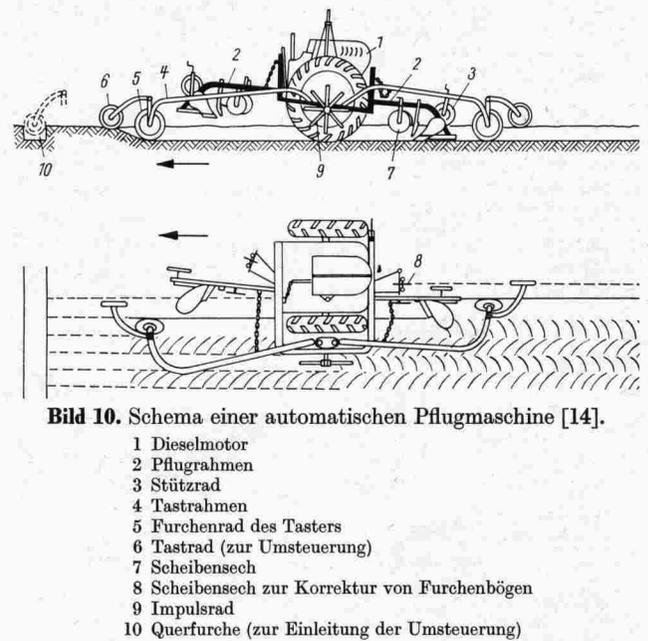


Bild 10. Schema einer automatischen Pflugmaschine [14].

- 1 Dieselmotor
- 2 Pflugrahmen
- 3 Stützrad
- 4 Tastrahmen
- 5 Furchenrad des Tasters
- 6 Tastrad (zur Umsteuerung)
- 7 Scheibensech
- 8 Scheibensech zur Korrektur von Furchenbögen
- 9 Impulsrad
- 10 Querfurche (zur Einleitung der Umsteuerung)

3. Automatisierung von physikalisch-technologischen Prozessen

Physikalisch-technologische Prozesse in der landwirtschaftlichen Produktion sind solche, die der Produktionsvorbereitung dienen oder bei denen das biologisch erzeugte Produkt vorwiegend nur physikalisch verändert wird. Die zuletzt genannten Prozesse findet man in Teilbereichen der landwirtschaftlichen Produktion, vor allem aber in der Nahrungsmittelindustrie. In der Landwirtschaft gehören zu diesen Prozessen z. B. das Sortieren, das Zerkleinern, das Zerstäuben, das Dosieren, das Trocknen und das Brikettieren, also die Grundverfahren der Verfahrenstechnik. Für diese Fälle kann die Landtechnik im Hinblick auf die Automatisierung in hohem Maße auf die Erkenntnisse aus anderen Bereichen der Technik zurückgreifen [10]. Mit einigen wenigen Beispielen aus der landwirtschaftlichen Produktion soll die Automatisierung der physikalisch-technologischen Prozesse aufgezeigt werden.

Kurz erörtert sei als erstes Beispiel die Automatisierung der Getreidetrocknung. **Bild 11** zeigt die Regelung des Warmluft-Satztrockners [11]. Der Temperaturregelkreis 3 hält durch Ein- und Ausschalten des Brenners die Zulufttemperatur konstant. Zwischen Ölzufuhrventil und Temperaturfühler 3 liegt die Regelstrecke, in welcher der Regler auf Grund der Messung des Fühlers ausgegebene Regelbefehl über ein Stellglied wieder auf die Meßstelle zurückwirkt und somit unter Umständen den nächsten Regelvorgang auslöst. 1 und 4 sind Startrelais bzw. Flammenwächter für den Brenner. Zur Verweilzeitbegrenzung liegt ein Hygrometer 5 im Abluftkanal. Es schaltet nach Abfallen der relativen Feuchte auf 75% über ein Zeitschaltwerk den Brenner und nach einer am Zeitschaltwerk einstellbaren Kühlzeit die Gesamtanlage aus. **Bild 12** zeigt die Steuerung und Regelung eines Durchlauftrockners. Unter 1 bis 4 sind die Überstromschutzsteuerung, die Übertemperaturschutzsteuerung, der Zulufttemperaturregelkreis und die Flammenüberwachungssteuerung angedeutet. Unter 5 befindet sich ein Regelkreis, der den Endfeuchtegrad über die Regelung der Verweilzeit des Gutes konstant hält. Ein Fühler am Ende der Trocknungszone

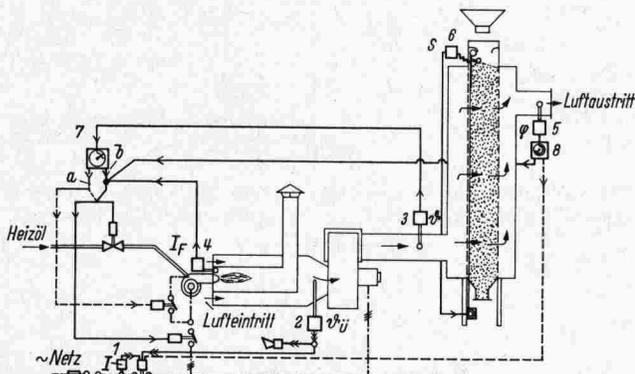


Bild 11. Regelung eines Warmluft-Satztrockners [12].

- 1 Steuerung des Gesamtstromes durch einen Überstromschutzschalter I
- 2 Übertemperatur-Schutzschaltung
- 3 Temperaturfühler
- 4 photoelektrischer Flammenwächter
- 5 Verweilzeitbegrenzungsschaltung
- 6 Nachführung der Abdichtung am oberen Trocknerende
- 7 zeitgesteuertes Startrelais
- 8 Zeitschaltwerk für die Kühlung

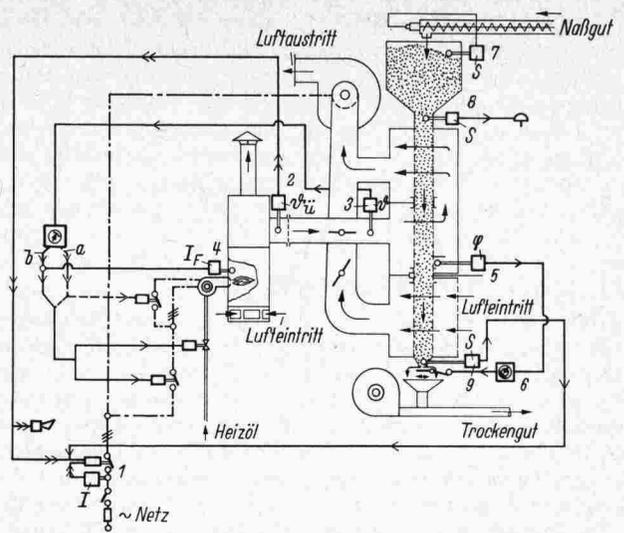


Bild 12. Steuerung und Regelung eines Durchlauftrockners [12].

- 1, 2, 4 wie bei Bild 12
- 3 Zulufttemperaturregelkreis
- 5 Regelung der Endfeuchte über die Verweilzeit
- 6 Zeitgeber
- 7 Füllstandsregelung
- 8 Signal für Kontrolle der Getreidezufuhr
- 9 Abschaltung des entleerten Trockners

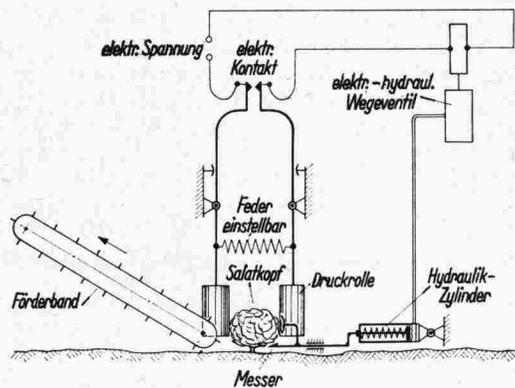


Bild 13. Schema einer automatischen Erntemaschine für Kopfsalat.

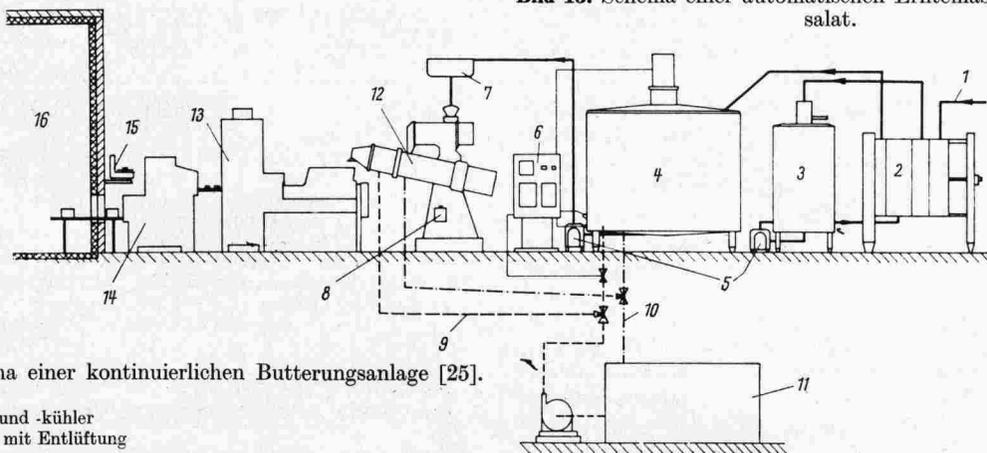


Bild 14. Schema einer kontinuierlichen Butterungsanlage [25].

- 1 Rahmzulauf
- 2 Rahmerhitzer und -kühler
- 3 Rahmentgaser mit Entlüftung
- 4 Rahmreifer
- 5 Rahmpumpen
- 6 Temperatur- und ph-Wert-Automatik für die automatische Rahmreifung
- 7 Vorlaufgefäß
- 8 Wasser-Dosierpumpe
- 9 Eiswasser-Vorlauf
- 10 Eiswasser-Rücklauf
- 11 Eiswasserbehälter
- 12 kontinuierlich arbeitende Butterungsmaschine System „Fritz“
- 13 Butter-Ausform- und Packmaschine
- 14 Karton-Packmaschine
- 15 Kontrollwaage
- 16 Kühlraum

mißt die Abluftfeuchte. Der zugehörige Regler verstellt bei Abweichungen vom Sollwert das Verhältnis von Einschaltzeit und Ausschaltzeit des Zeitgebers 6, der den Antriebsmotor eines Rüttelbalkens und somit die ausfließende Getreidemenge steuert.

Als weiteres Beispiel sei die teilautomatische Ernte von Kopfsalat genannt. Wie **Bild 13** im Schema zeigt, werden die Pflanzenreihen durch ein Rollenpaar abgetastet. Ein Salatkopf der gewünschten Größe und Festigkeit lenkt die Tastrollen gegen einstellbare Federn so weit aus, daß über einen elektrischen Kontakt die elektrohydraulische Steuerung betätigt wird. Der Salatkopf wird abgeschnitten und auf das Förderorgan aufgegeben.

In **Bild 14** ist das Schema einer automatischen und kontinuierlichen Butterungsanlage [25] dargestellt, um daran zu erinnern, daß eine Produktion, die noch vor einigen Jahrzehnten im landwirtschaftlichen Betrieb in Handarbeit durchgeführt wurde, heute fast ausschließlich auf diese Weise im industriellen Bereich zu finden ist.

4. Automatisierung von biologisch-technologischen Prozessen

Unter biologisch-technologischen Prozessen sind hier jene zu verstehen, bei denen der biologische Prozeß zur Erzeugung eines Produktes im Mittelpunkt steht, also die Pflanzen- und Tierproduktion. Die Automatisierung dieser Produktion beschränkt sich derzeit darauf, optimale äußere Bedingungen für den jeweiligen biologischen Prozeß (Biokybernetik) zu schaffen. Dies kann auf zwei Wegen geschehen. Man ermittelt die den biologischen Prozeß beeinflussenden äußeren Parameter und steuert ihn auf Grund dieser Daten. Diese Prozeßsteuerung ist der derzeit übliche Weg. Es wäre aber denkbar und in bestimmten Bereichen anzustreben, einen Regelkreis herzustellen: die notwendigen oder gewünschten Parameter, die den biologischen Prozeß bestimmen, werden als Sollwerte vorgegeben, Meßglieder stellen Abweichungen von den Sollwerten fest und gestalten die Umwelt, wie Klima, Futtermenge, Futterart, in der Weise, daß die Sollwerte eingehalten werden. Aus diesen Hinweisen mag sichtbar werden, daß hier ein besonderer spezifischer und interessanter Bereich der Automatisierung in der Landtechnik vorliegt. Die Probleme in diesem Bereich liegen darin, daß komplexe biokybernetische [9; 15; 16] und ingenieur-kybernetische Systeme miteinander vermascht sind und in der Schwierigkeit, die Parameter biologischer Prozesse zu erkennen und zu erfassen und, was damit zusammenhängt, die Dynamik biologischer Vorgänge zu analysieren. Als einfachstes Beispiel für ein solches vermaschtes System sei die Regelung der Körpertemperatur durch das Tier auf der einen Seite und die des Stallklimas durch eine Klimaanlage auf der anderen Seite genannt.

Die automatisierte Pflanzenproduktion steht am Anfang der Entwicklung. **Bild 15** zeigt ein Turmgewächshaus, in dem die Pflanzen auf den Gehängen einer umlaufenden Förderkette kultiviert werden [20]. Durch diese Anordnung, in Verbindung mit einem Gehängezählwerk, ist eine selbsttätige Durchführung aller Maßnahmen zur laufenden Wasser- und Nährstoffversorgung und des Pflanzenschutzes möglich. Insbesondere läßt sich bei Anwendung der Hydrokultur ein dem Vegetationsablauf der Pflanzen entsprechendes gesteuertes Nährstoffangebot verwirklichen. Es fehlen jedoch noch ausreichende wissenschaftliche Unterlagen, vor allem im Hinblick auf den Wirkungsmechanismus von Nährstoffzusammensetzung und Lichtmenge für die einzelnen Pflanzenarten.

Vergleichsweise weit fortgeschritten ist die Automatisierung bei der tierischen Produktion [23], nicht nur, weil hier für die

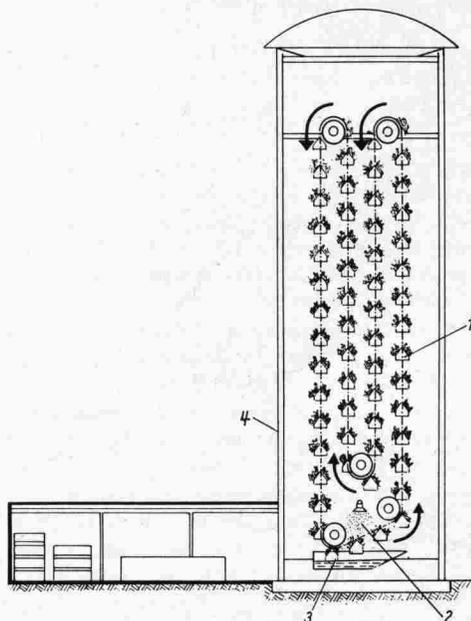
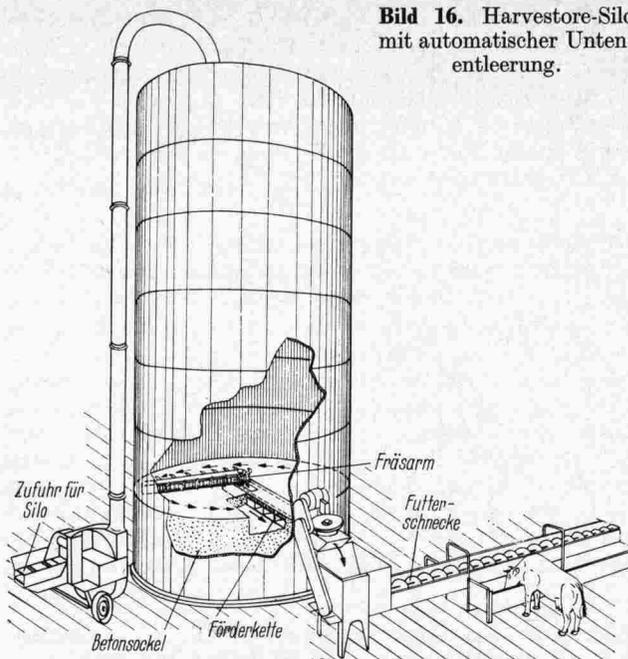


Bild 15. Kontinuierliche Pflanzenproduktion in einem Kultur-turm [20].

- 1 umlaufende Behälter mit den zu produzierenden Pflanzen
- 2 Beregnung
- 3 Nährlösung
- 4 Glaswand

Bild 16. Harvestore-Silo mit automatischer Unten-entleerung.



Automatisierung besonders günstige Voraussetzungen vorliegen, nämlich Ortsbeständigkeit, Kontinuität und Konzentration, sondern weil der erzielte Mehrwert in dieser Produktionsstufe vergleichsweise hoch ist.

Einer der wichtigsten Bereiche der Automatisierung dieses Produktionszweiges ist die Fütterung. Die jeweils einzusetzenden Automaten ergeben sich aus der Futtermittelart. In **Bild 16** ist das Harvestore-Verfahren dargestellt mit automatischer, zeitgesteuerter Untenentleerung. Die Zuteilung solcher Futterarten erfolgt im allgemeinen durch Offenschnecken. Bei rieselfähigem Futter werden insbesondere Rohrschnecken und Schleppketten zum Transport und zur Zuteilung verwendet [23]. Eine andere Form der Dosierung von rieselfähigem Futter zeigt das in **Bild 17** dargestellte System. Hier sind es Zellenauswurfräder, über die das Futter aus dem Behälter in die Futtertröge befördert wird. Diese Zellenräder werden von den auf einer Schiene aufgesetzten Stiften betätigt, wobei die Futtermenge nach Programm durch die Zahl und Anordnung dieser Stifte vorgegeben werden kann [13].

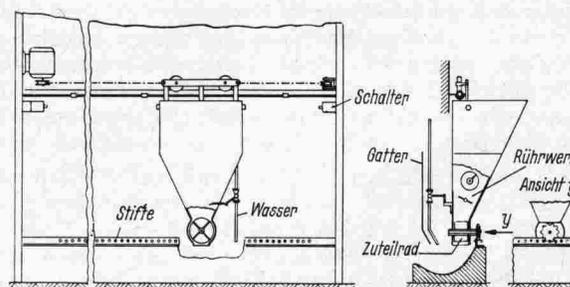


Bild 17. Schema einer automatischen dosierten Futterzuführung [13].

Auf die Zuführung von Futter in flüssiger oder in breiiger Form sei hingewiesen. Zum Bereich der Automatisierung gehören auch die Selbstfütterungsanlagen, wobei das Tier auf Grund des ihm eigenen biokybernetischen Organisationsprinzipes die Futteraufnahme steuert oder regelt.

Größere Verbreitung haben automatische Systeme zur Eierzeugung gefunden. Den Schnitt durch eine Käfigbatterie für Legehennen zeigt **Bild 18**. Das Futter wird den Tieren durch Förderketten zugeteilt, Tränkwasser steht zu beliebiger Aufnahme über Verteilrohre mit Tränknippeln zur Verfügung. Periodisch arbeitende Kotschieber entfernen den anfallenden Kot. Auch das Sammeln und Sortieren der Eier kann durch entsprechende Ausrüstung der Eierfangrinne und der Sortierstation automatisiert werden. Eine gleichbleibend hohe Legeleistung wird durch Regelung des Stallklimas und durch Steuerung der Tageslänge durch Zusatzbeleuchtung angestrebt.

Ein weiterer sehr interessierender Bereich ist die Automatisierung der Milchgewinnung, entweder teilautomatisch, in Fischgräten- oder Durchtreibemelkständen oder vollautomatisch, im Melkkarussell. In diesem Melkkarussell werden alle Vorgänge, wie Eingabe der Tiere, Futterdosierung, Anlegen und Abnahme der Melkzeuge, Reinigung und Entlassen der Tiere geregelt oder nach Programm gesteuert.

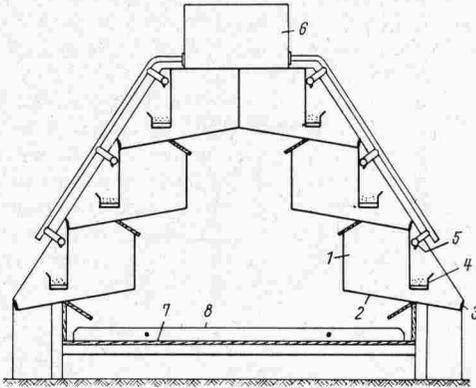


Bild 18. Schema eines Batteriestalles für die automatische Eierproduktion (hier aus 6 Käfigreihen bestehend).

- 1 Einzelkäfig für 3 Hennen
- 2 Schrägboden
- 3 Eierfangrinne
- 4 Futterrinne mit Kettenförderer
- 5 Wasserrohr mit Tränknippeln
- 6 Wasserbehälter
- 7 Kotwanne
- 8 Kotschieber

5. Schlußbetrachtung

Vorstehend wurde unter Beachtung grundsätzlicher Ordnungsprinzipien eine Übersicht über die Automatisierung der landwirtschaftlichen Produktion gegeben. Über spezielle konstruktive Fragen berichten von Zabeltitz und Hesse in zwei weiteren Beiträgen in diesem Heft. Man kann feststellen, daß die Automatisierung auch im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion zunehmend Eingang findet. Naturgemäß geschieht das zunächst dort, wo die Voraussetzungen am günstigsten sind, also in ortsfesten Anlagen. Das gilt zur Zeit vor allem für die tierische Produktion. Bei der Flächenproduktion wird sich die Automatisierung in absehbarer Zeit vorwiegend auf die Arbeitsabläufe in den einzelnen Maschinen beschränken. Im Hinblick auf die Bewegungslenkung kann man mit teilautomatischen Lösungen rechnen. Der Mensch wird allerdings in diesem Bereich, außer in Sonderfällen, in naher Zukunft noch nicht ersetzt werden können.

Die landwirtschaftliche Produktion wird, was die Technisierung anbelangt, künftig mehr durch die Automatisierung beherrscht werden. Auch ist anzunehmen, daß sich die landwirtschaftliche Produktion mehr und mehr zu einer reinen Rohstoffproduktion entwickelt. Der wirtschaftliche Ertrag solcher Produktionsform liegt allerdings nach den bisherigen Erfahrungen im allgemeinen niedriger als bei der Verarbeitungsproduktion.

Da Kontinuität eine wichtige Voraussetzung für eine Automatisierung ist, bestehen Momente, die landwirtschaftliche Produktion, die wegen der vergleichsweise langen Abläufe biologischer Wachstumsprozesse erschwerende Bedingungen mit sich bringt, durch eine synthetische Nahrungsmittelerzeugung zu ergänzen. So wären beispielsweise die Eiweißherstellung aus Erdöl oder die Erzeugung synthetischer Milch, allerdings aus biologisch erzeugten Rohprodukten, aber unter Umgehung des Tieres, als Beispiele zu nennen.

Die aufgezeigte Entwicklung läßt sichtbar werden, daß wir unsere Gedanken auf breiter Basis mehr in die Zukunft projizieren müssen, um eine aktive Gestaltung oder Anpassung betreiben zu können. Nur auf diese Weise lassen sich teure und unwirtschaftliche Fehlinvestitionen zu Lasten der Volkswirtschaft vermeiden.

6. Schrifttum

- [1] Batel, W., und H. Hesse: Möglichkeiten der Automation bei der landwirtschaftlichen Produktion. In: Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 14, Nr. 2. Düsseldorf: VDI-Verlag 1966, S. 3/26.
- [2] Batel, W., und R. Thiel: Über die selbsttätige Regelung an Landmaschinen. Grundle. Landtechn. Heft 14 (1962), S. 5/13.
- [3] Bronstein, Y. L.: Untersuchung von Mechanismen zur automatischen Schleppersteuerung. Vestnik sel'skochozajslvennoj nauki 9 (1961), S. 87/99.
- [4] Dolezalek, C. M.: Vorlesung über Automatisierung in der Fertigung. Umdruck des Lehrstuhles für Industrielle Fertigung und Fabrikbetriebe der TH Stuttgart 1965/66.
- [5] Finn-Kelcey, P., and V. M. Owen: Leader cable tractor guidance. Agric. Eng. Symp. Paper Nr. 2/1345/18. Silsoe, Beds., England 1967. Ref. in: Grundle. Landtechn. 18 (1968) Nr. 1, S. 35.
- [6] Fleming, D.: Nebraska tractor day 1961. Impl. Tractor 76 (1961) Nr. 18, S. 74/76.
- [7] Gilmour, W.: An automatic control system for farm tractors. J. Agric. Engng Res. 5 (1960) Nr. 4, S. 418/32.
- [8] Hain, K.: Kinematik von Nachführungsvorrichtungen für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte. Grundle. Landtechn. Heft 17 (1963), S. 17/27.
- [9] Hassenstein, B.: Biologische Kybernetik. Heidelberg: Verlag Quelle u. Meyer 1965.
- [10] Hengstenberg, J., B. Sturm und O. Winkler (Hrsg.): Messen und Regeln in der Chemischen Technik. 2. neubearb. Aufl. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer-Verl. 1964.
- [11] Liljedahl, L. A., and J. Stratik: Automatic tractor steering. Agric. Engng 43 (1962) Nr. 6, S. 332/35, 349 und Nr. 7, S. 407/08.
- [12] Lützenberger, F. W.: Steuerung und Regelung von Getreidetrocknungsanlagen. Grundle. Landtechn. 16 (1966) Nr. 5, S. 171/78.
- [13] Mathies, H. J.: Stand der Entwicklung auf dem Gebiet der Mechanisierung der Fütterung. Landtechn. 16 (1961) H. 21, S. 738/43.
- [14] Mittelbach, B.: Ein automatischer Pflug. Landtechn. Forsch. 13 (1963) H. 2, S. 51/52.
- [15] Mittelstaedt, H. (Hrsg.): Regelungsvorgänge in der Biologie. München: Oldenbourg Verl. 1956.
- [16] Mittelstaedt, H. (Hrsg.): Regelungsvorgänge in lebenden Wesen. Nachrichtenverarbeitung, Steuerung und Regelung des Organismus. München: Oldenbourg Verl. 1961.
- [17] Morgan, K. E.: The agricultural tractor—some unorthodox concepts. J. Proc. Inst. Agric. Engrs. 20 (1964) Nr. 2, S. 104/13.
- [18] Oetker, R.: Was heißt „Automatisieren“? Regelungstechn. 4 (1956) H. 9, S. 210/13.
- [19] Richey, C. B.: „Automatic Pilot“ for farm tractors. Agric. Engng 40 (1959) Nr. 2, S. 78/79, 93.
- [20] Ruthner, O.: Stand des industriellen Pflanzenbaues. In: Industrieller Pflanzenbau Bd. II. S. 15/22. Hrsg. Ges. z. Förderung d. industr. Pflanzenbaus. Wien: Hochschule f. Bodenkultur [Selbstverl.] 1965.
- [21] Seifert, A.: Die Regelsysteme bei hydraulischen Krafthebern für Ackerschlepper aus der Sicht der Regeltechnik. Landtechn. Forsch. 11 (1961) H. 4, S. 97/100.
- [22] Seifert, A.: Untersuchungen von drei Systemen regelnder hydraulischer Kraftheber beim Pflügen wechselnder Böden. Grundle. Landtechn. 15 (1965) Nr. 4, S. 107/15.
- [23] Stroppel, A.: Automatisierung bei der Tierhaltung. In: Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 14, Nr. 2. Düsseldorf: VDI-Verlag 1966. S. 27/46.
- [24] Thiel, R.: Regelungssysteme zur selbsttätigen Nachführung von landwirtschaftlichen Werkzeugen und Maschinen. Grundle. Landtechn. Heft 16 (1963), S. 31/39.
- [25] Wälzholz, G.: Automatisierte Verarbeitung von Milch. Fortschr.-Ber. VDI-Z. Reihe 17, Nr. 3, Düsseldorf: VDI-Verlag 1966.
- [26] Warner, M. G. R.: Automatic guidance leader cables. Agric. Eng. Symp. Paper Nr. 2/134/D/19. Silsoe, Beds., England 1967. Ref. in: Grundle. Landtechn. 18 (1968) Nr. 1, S. 36.