

# Steuerung und Regelung biologischer Produktionssysteme

## Einsatz der Informationselektronik in der Landwirtschaft / Von Friedrich Kuhlmann

Nachhaltige biologische und technische Fortschritte haben bewirkt, daß die Intensitäten der Landwirtschaft und der zugehörigen Nutztierhaltung in den letzten Jahren enorm gesteigert wurden. Den damit zunächst verbundenen Vorteilen erheblicher Arbeits- und Flächeneinsparungen – der Nutzflächenbedarf zur Erzeugung einer Getreideeinheit sank während der vergangenen 30 Jahre auf die Hälfte des Ausgangswertes, der Arbeitsbedarf sogar auf ein Sechstel – stehen inzwischen immer deutlicher werdende Nachteile gegenüber. Insbesondere führten die Fortschritte dazu, daß sich die landwirtschaftlichen Produzenten einer sehr großen und weiterhin rasch wachsenden Vielfalt von ertragsbildenden, ertragssichernden und leistungssteigernden Betriebsmitteln, z. B. Pflanzenbehandlungs- und Düngemitteln sowie Futtermitteln gegenübersehen. Diese Vielfalt führt früher oder später zur Unüberschaubarkeit und damit schließlich zwangsläufig zu Fehleinsätzen. Fehleinsätze – namentlich durch zu hohe und zu umfangreiche sowie durch zeitlich und sachlich falsche Verwendungen der Betriebsmittel – bewirken zunächst ökonomische Nachteile für den einzelnen Landwirt. Darüber hinaus können sie ökologische Schäden infolge steigender Belastungen der natürlichen Ressourcen hervorrufen.

Zur Begrenzung dieser negativen ökonomischen und ökologischen Auswirkungen sind die Agrarwissenschaften mit ihren verschiedenen Teildisziplinen zumindest in doppelter Weise herausgefordert:

Zum einen können wir den Einsatzumfang der verschiedenen Produktionsmittelarten zu begrenzen versuchen, indem wir weniger krankheitsanfällige und Nährstoffe effizienter verwertende Pflanzensorten und Nutztierassen züchten, die Anwendungstechniken für Betriebsmittel mit dem Ziel geringerer Aufwandsmengen verbessern, und schließlich die natürlichen Ressourcen weniger belastende Anbau- und Tierhaltungstechniken entwickeln. Als Ingenieure sprechen wir generell vom Problem der *Strukturoptimierung*.

Zum zweiten können wir Spektrum und Niveau des Einsatzes der Betriebsmittel aber auch dadurch senken, daß wir dem einzelnen Landwirt und seinem Fachberater Entscheidungshilfsmittel und Verfahren der Produktionsführung an die Hand geben, mit deren Unterstützung Fehleinsätze bei den Betriebsmitteln verhindert oder zumindest stark reduziert werden. Der Stand der Informationselektronik erlaubt inzwischen, daß wir dazu wissenschaftliche, computergestützte Steuerungs- und Regelungsverfahren entwickeln, die eine zielgerechte Führung der biologischen Produktionssysteme ermöglichen. Als Ingenieure sprechen wir generell vom Problem der *Prozeßoptimierung*. Auf diesen Bereich soll im folgenden näher eingegangen werden.

### Komplexe Entscheidungsräume

Warum ist die Vermeidung von Fehleinsätzen bzw. – was das gleiche ist – die Erreichung optimaler Wirkungsgrade beim Betriebsmitteleinsatz eigentlich ein so schwie-

riges Problem? Diese Frage sei mit einem Beispiel aus dem Bereich der pflanzlichen Produktion beantwortet: Bei pflanzlichen Produktionsprozessen werden die erzielbaren Wirkungsgrade zu wesentlichen Teilen von einer sachgerechten Auswahl der Mittel bzw. Sorten sowie der Applikationsmengen und -zeitpunkte beeinflusst. Tabelle 1 zeigt für Weizen in grober Annäherung die gegenwärtige Zahl der möglichen Handlungsalternativen – bzw. der sich daraus ergebenden Entscheidungsergebnisse – für die Hauptgruppen der ertragsbildenden und -sichernden Betriebsmittel.

Dabei ist noch vereinfachend unterstellt, daß die Ausbringungsmengen und -zeitpunkte nur in Stufen variiert werden können. Die in der rechten Spalte aufgeführte Anzahl der möglichen Ergebnisse entsteht durch Multiplikation der Sorten/Mittel mit den Ausbringungsmengen und den Ausbringungszeitpunkten. Zur Berechnung der Summen aller Entscheidungsergebnisse wurde zudem angenommen, daß die einzelnen Maßnahmenblöcke voneinander unabhängig sind. Falls wir diese Annahme aufgeben – wofür gute Gründe sprechen –, steigt die Anzahl der möglichen Ergebnisse nochmals sprunghaft an.



Abb. 1: Datenerfassung mit mobilen Geräten im Pflanzenbaubetrieb.

Die relative wirtschaftliche Vorzüglichkeit einer Handlungsstrategie im Vergleich zu anderen Strategien hängt nun außer von den Preisen der Betriebsmittel und Produkte vor allem von den zugehörigen Aufwuchs- und Ertragsrelationen (den sog. Mengengerüsten) der Produktionsprozesse ab. Diese Mengengerüste bestehen aus den Produktions- und Verbrauchsfunktionen, d. h. aus den quantitativen Relationen zwischen dem Ertrag einerseits und der Mittelart, den Mittelmengen und den Ausbringungszeitpunkten andererseits. Die genauen Verläufe dieser Funktionen werden ihrerseits wieder von zahlreichen bodenmäßigen, klimatischen und epidemiologischen Standorteigenschaften sowie von der Jahreswitterung, von der angewandten Aus-

Maßnahmenbereich	Sorten	Mengen	Applikationszeitpunkt	Anzahl der möglichen Ergebnisse
Aussaat	50	5	8	2000
Stickstoffdünger	10	10	10	1000
Herbizideinsatz	50	4	6	1200
Fungizideinsatz	30	4	10	1200
Insektizideinsatz	4	4	6	100
Summe	144	–	–	5500

Tabelle 1: Zahl der möglichen Entscheidungsergebnisse für ertragsbildende und -sichernde Maßnahmen in Weizen

