

# Landwirtschaft und Umwelt

## Technische Beiträge für ein besseres Miteinander

Axel Munack (Braunschweig)

Die Beziehungen zwischen Landwirtschaft und Umwelt sind naturgemäß sehr eng, da die Landwirtschaft ja Umweltkompartimente für ihre Produktion nutzt. Dabei lassen sich Konflikte, die aus den unterschiedlichen Zielvorstellungen der Landwirtschaft und des Umweltschutzes herrühren, nicht immer vermeiden. Der folgende Beitrag widmet sich exemplarisch einigen technischen Entwicklungen aus den Bereichen Ackerbau und Tierhaltung, die dazu beitragen können, in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen ökologische und ökonomische Ziele zu vereinigen.

Die technologische Entwicklung des ausklingenden 20. Jahrhunderts wird maßgeblich von zwei Technologiezweigen geprägt: Mikroelektronik (oder allgemeiner: Informationstechnik) und Biotechnologie. Im Rahmen dieses Beitrags werden Entwicklungen betrachtet, die auf der Anwendung von Informationstechnologien basieren.

Wenn gelegentlich der Eindruck entsteht, daß diese Technologie im Vergleich zur Biotechnologie derzeit nicht mehr so innovationsträchtig sei, dann ist dies sicher auch darauf zurückzuführen, daß wir uns an den Umgang mit dieser Technik gewöhnt haben: Computer, deren Rechenleistung und Speicherumfang sich alle paar Jahre vervielfachen, sind alltägliche Arbeitshilfsmittel geworden. Auch die Satellitenortung mit Genauigkeiten von wenigen Zentimetern vermag uns nicht mehr tief zu beeindruckern – schließlich fliegen Satelliten schon länger, und die Möglichkeit, sie zu Ortungszwecken einzusetzen, war durchaus auch schon vor einem Jahrzehnt denkbar.

Gleichwohl steckt in all diesen Möglichkeiten – und vor allem in ihrer breiten und preisgünstigen Verfügbarkeit – ein erhebliches und derzeit noch weitgehend ungenutztes Anwendungspotential.

### INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNIK

Die Informationstechnik in einem modernen Agrarbetrieb läßt sich wie in der Abbildung 1 gliedern: Der Anwender (Landwirt) kommuniziert mit dem zentralen Hofcomputer bzw. einem Leitreechner, der auf dem Acker- schlepper bzw. in den Stallungen montiert ist. Dabei ist diese Kommunikation nicht nur einseitig. Der Anwender gibt nicht nur Befehle in den Computer ein, sondern erhält von ihm auch Informationen, die seine Entscheidungen beeinflussen (z. B. Wetterdaten, Prognosen). Dazu muß der Hofcomputer allerdings in eine geeignete Netzumgebung mit lokalen, regionalen und überregionalen Diensten bzw. Informationsanbietern eingebunden sein. Für die Region Braunschweig beispielsweise wurde diese Einbindung im Rahmen des Projektes AGRO-NET von der Datenverarbeitungsstelle der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) konzipiert. Der Hof-

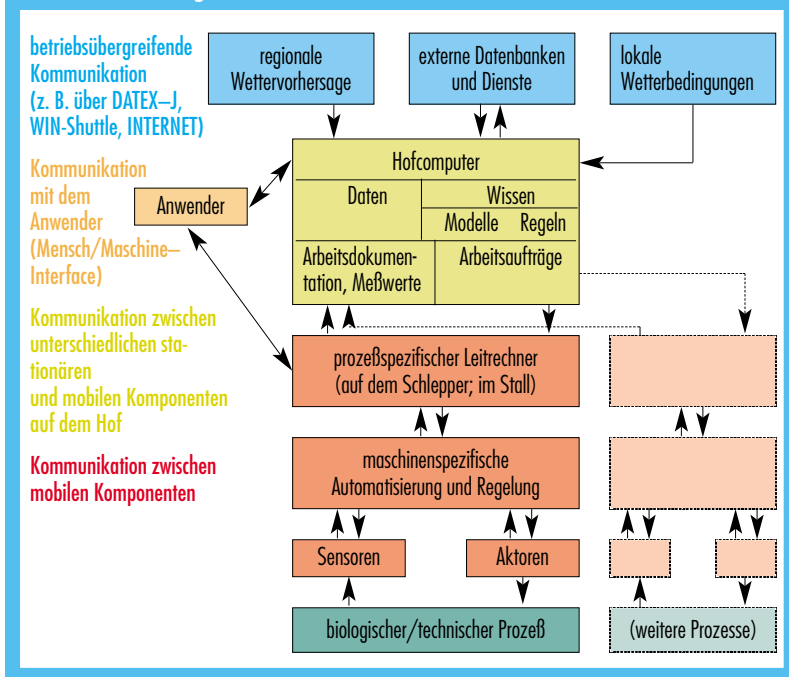
computer kommuniziert seinerseits mit dem Leitreechner, dieser wiederum mit den nachgeordneten Einheiten. Die direkte Verbindung zum Arbeitsprozeß erfolgt über Sensoren (erkennende Bauteile) und Aktoren (ausführende Bauteile), die die Maschinentätigkeit in kurzen zeitlichen Abständen, das heißt mit hoher Frequenz, erfassen und regeln.

### BEISPIEL DÜNGUNG

Der Weg der Informationen durch das System läßt sich exemplarisch anhand der teilflächenspezifischen Düngung verfolgen: Die „Nahtstelle“ zwischen der Maschine und der zu behandelnden Ackerfläche bilden Ertragssensoren und Bodenanalysen. Diese Meßdaten wandern „nach oben“ in den Hofcomputer, der sie mit einem geographischen Informationssystem verknüpft und in Form von



Abb. 1: Gliederung der betrieblichen Informationstechnik und Kommunikation



Schlagdateien ablegt. Bei der Düngung für die Folgefucht in der nächsten Saison übergibt der Hofcomputer die gespeicherten Daten als Arbeitsaufträge an den Traktor-Leitrechner. Während des Ausbringens überträgt der Leitrechner diese Sollwerte an den Düngerstreuer, der den Dünger kleinräumig genau nach Bedarf dosiert.

Bei all diesen Vorgängen bildet natürlich die genaue Ortskenntnis eine notwendige Voraussetzung. Die

entsprechenden Systeme zur satellitengestützten Positionsbestimmung sind jedoch mittlerweile Stand der Technik und sollen hier nicht näher erörtert werden. Vielmehr soll hier das Augenmerk auf dem Informationsfluß liegen: Wenn der Landwirt diese ressourcenschonende und gleichzeitig umweltlastende Technik anwenden will, darf er dafür nicht durch zusätzliche Arbeiten belastet werden (manuelle Dateneingabe; Umwandlung der Daten des Herstellers X in ein Format, das das Gerät des Herstellers Y lesen kann; usw.). Vielmehr sollen alle Geräte untereinander kompatibel sein, ohne daß der Landwirt auf einen bestimmten Hersteller fest-

gelegt ist. Das Zauberwort zur Erfüllung dieser Ansprüche heißt „Landwirtschaftliches BUS-System (LBS)“ nach DIN 9684.

## NORMUNG IST NOTWENDIG

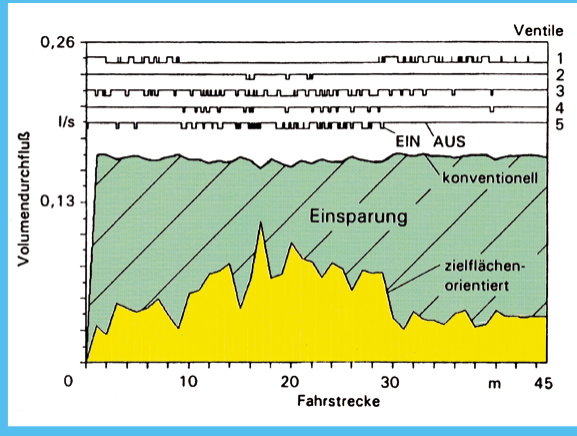
Diese DIN-Norm definiert sowohl die physikalische Verbindung als auch die logische Kommunikation (Stichwort: die Identifier-Liste, quasi das Wörterbuch der BUS-Sprache), die Anforderungen an die Zentrale Eingabe-/Ausgabestation sowie die Kommunikation mit dem Hofcomputer. Die jüngsten Arbeiten zur Definition der Norm, als deren Initiator Professor Hermann Auernhammer von der Landtechnik Weihenstephan bezeichnet werden kann, sind durch Projekte des Bundeslandwirtschaftsministeriums (BML) ermöglicht worden, die von der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft (DLG) und dem Institut für Biosystemtechnik der FAL in Kooperation mit der Landmaschinen- und Ackerschleppervereinigung (LAV) und einigen Herstellern durchgeführt wurden.

Die Vorgehensweise bei der Normung war in diesem Fall ungewöhnlich: Normalerweise setzt sich ein bestimmtes Produkt am Markt durch, das dann anschließend die Grundlage einer Norm bildet. Hier wurden jedoch bereits die Grundlagen der Norm definiert, bevor überhaupt ein Prototyp eines Gerätes vorhanden war. Die Erfahrungen mit den dann gebauten Prototypen flossen anschließend in die Vervollkommnung der Norm ein, die nun wiederum eine gute Basis für die internationale Norm (ISO 11783) bildet.

Die Gründe für diese ungewöhnliche Vorgehensweise sind vielfältig: Einerseits galt es, die Möglichkeiten zum Einsatz umweltschonender Techniken möglichst schnell zu schaffen, zum anderen sollten die Landwirte vor Fehlinvestitionen bewahrt werden, und schließlich winkt auch ein Wettbewerbsvorteil für die deutsche Indu-



**Bild 2: Ausbringungsmenge an Pflanzenschutzmitteln bei spektraler Unkrauterkennerung und Einsparung gegenüber konventionellem Verfahren bei einer Versuchsfahrt**



strie, wenn die deutsche Norm die Basis für die internationale Norm darstellt.

### OPTISCHE VERFAHREN ZUR UNKRAUTBEKÄMPFUNG

Allein durch den Augenschein erhält der Landwirt bereits viele Informationen über den Zustand seines Bestandes. Diese Fähigkeit müßte auch in technischen Systemen realisierbar sein, wobei die Einbeziehung von Spektralbereichen jenseits des sichtbaren Lichts zusätzliche Vorteile ergeben könnte.

Optische Systeme ermöglichen Messungen und Auswertungen sowohl spektraler Informationen („Farbe“) als auch geometrischer Informationen (Größe, Kontur). Den ersten Weg, also die Nutzung spektraler Informationen, beschreibt das Institut für Betriebstechnik der FAL. Ein dort untersuchtes Gerät dient zum gezielten Ausbringen von Herbiziden vor dem Auflaufen der Nutzpflanzen. Dabei nutzt das System die spektralen Eigenschaften lebender Pflanzen, nämlich die hohe Absorption (= geringe Reflexion,  $\beta_R$ ) des Lichts im sichtbaren roten Bereich des Spektrums durch das Chlorophyll (grüner Blattfarbstoff) sowie die hohe Reflexion im

nahen Infrarotbereich ( $\beta_{NIR}$ ). Durch Bilden des Quotienten  $\beta_{NIR}/\beta_R$  aus beiden Reflexionsgraden lassen sich grüne Pflanzen zuverlässig sowohl vom Boden als auch von Getreidestroh unterscheiden, da die letzteren deutlich geringere Quotienten aufweisen.

Durch die individuelle Ansteuerung von Ventilen für jede einzelne Spritzdüse ist es nun möglich, Herbizide nur noch dort auszubringen, wo lebende Pflanzen im Bereich des jeweiligen Spritzkegels detektiert werden. In Versuchen auf Schwarzbrache, also einem Ackerboden mit nur geringem Pflanzenbestand, ließen sich mit diesem System bis zu 80% Pflanzenschutzmittel einsparen (vgl. Abb. 2).

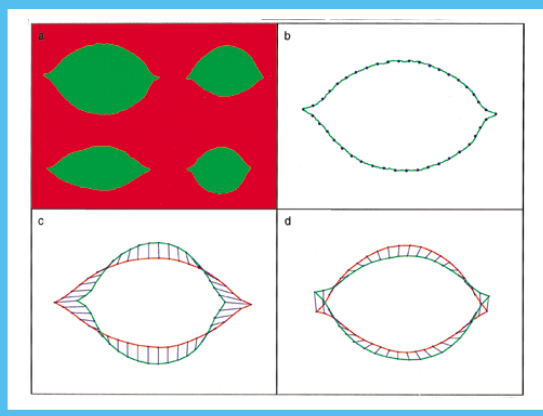
### PFLANZENERKENNUNG IM BESTAND

Schwieriger ist die zielgerichtete Herbizidanwendung nach dem Auflaufen der Kulturpflanzen – also im Bestand. Hier ist nämlich eine Unterscheidung der verschiedenen grünen Pflanzen in Nutzpflanzen und Unkräuter erforderlich. Dies ist mit spektralen Informationen in der Regel nicht zuverlässig möglich. Hier verfolgt das Institut für Biosystemtechnik der FAL den

Weg, geometrische Information, also die Blattform, mittels Bildverarbeitung zu analysieren und damit auf die Pflanzenart zu schließen. Dazu ist es zunächst erforderlich, die in der Natur vorkommende Vielfalt, die ja auch innerhalb einer Pflanzenart besteht, zu erfassen. Es ist dabei das Ziel, Blattformen durch eine Grundform sowie eine möglichst geringe Zahl von Variationen zu beschreiben, um den Berechnungsaufwand in Grenzen zu halten.

Das Verfahren soll an einem sehr einfachen, im Grunde akademischen Beispiel demonstriert werden, und zwar anhand der Blätter eines Kirschbaums. Wir finden daran eine Vielfalt von Blattformen und Blattgrößen. Im Bild a der Abbildung 3 sind vier dieser Blätter beispielhaft dargestellt. Zunächst werden nun eine Vielzahl solcher Blätter durch elementare Operationen wie Verschieben, Drehen und Vergrößern bzw. Verkleinern auf eine mittlere Grundform (Bild b) transformiert. Als nächstes läßt man den Rechner Abweichungen von der Grundform betrachten und in diesen Abweichungen nach Gesetzmäßigkeiten suchen. Es entstehen eine Reihe von Variationen, die nach abnehmendem Einfluß auf die Endformen geordnet werden (z. B. Bild c: Variation

**Bild 3: Formvariationen von Kirschblättern**  
 a) natürliche Formenvielfalt; b) mittlere Blattform (Grundform); c) erste Variation der Grundform; d) zweite Variation der Grundform



des Längen-/Breiten-Verhältnisses; Bild d: Stellung der Blattspitzen). Diese Variationen wurden vom Rechner ohne irgendwelche Vorgaben ermittelt. So ist schließlich jedes Blatt durch nur noch sehr wenige Zahlenwerte, die die einzelnen Formanteile repräsentieren, beschreibbar. Dies muß für mehrere Arten durchgeführt werden.

Bei der Pflanzenerkennung versucht man nun, ein aufgenommenes Blatt auf diejenige Grundform zurückzuführen, die es am besten beschreibt. Diese Zuordnung ermöglicht dann die Unterscheidung in 'Kulturpflanze' und 'Nicht-Kulturpflanze'.

Trotz schneller Rechner und moderner Algorithmen sind wir heute noch weit von den menschlichen Fähigkeiten der Mustererkennung entfernt. Schwierigkeiten schafft allein schon die Tatsache, daß sich Blätter im Bestand teilweise überdecken können. Aber das erhebliche Einsparungspotential an chemischen Wirkstoffen ist es wert, diese Ansätze zu verfolgen.

### IMMISSIONSBEGRENZUNG BEI TIERSTÄLLEN

Daß technische Verfahren nicht nur einen Schlüssel für ackerbauliche Probleme liefern können, zeigt das folgende Beispiel. Die Tierhaltung in Ställen wird oft mit Emissionen von Ammoniak und Gerüchen in Verbindung gebracht. Ersterer kann zu Schädigungen an Pflanzen führen, das zweite mündet gelegentlich in rechtliche Auseinandersetzungen mit den Nachbarn. So mancher landwirtschaftliche Betrieb hat es daher schwer, bauliche Veränderungen oder gar Erweiterungen genehmigt zu bekommen. Eine Simulation der Geruchsausbreitung kann hier wertvolle Prognosen liefern.

Eine bedeutendere Nutzungsmöglichkeit für Simulationen liegt jedoch darin, Stall-Lüftungssysteme so zu konstruieren, daß das Umfeld von Stallanlagen möglichst geringen

Immissionen ausgesetzt ist. Das Institut für Biosystemtechnik der FAL beschäftigt sich seit vielen Jahren mit derartigen Simulationen, wobei nicht nur Windkanäle als physikalische Simulatoren, sondern auch reine Computersimulationen Anwendung finden. Aufgrund der immens verbesserten Rechenmöglichkeiten wird gerade diese Methode in jüngerer Zeit eindeutig favorisiert. Dreidimensionale Strömungssimulationen nehmen aber – zumindest mit den uns zur Verfügung stehenden Computern – noch viele Stunden Rechenzeit in Anspruch und müssen daher sorgsam geplant werden.

Die Abbildung 4 zeigt eine solche Simulation, bei der untersucht wurde, welche Auswirkungen etwa Erdwälle auf das Immissionsgeschehen im Umfeld einer Stallanlage haben können. Dabei zeigt sich, daß Zwangsbelüftungen über die Seitenwand eine deutlich geringere Umweltbelastung hervorrufen, wenn parallel zur Seitenwand Erdwälle aufgeschüttet werden – eine Maßnahme, die bei geeigneter Begrünung mit unempfindlichen Pflanzen auch zu einer Verbesserung des optischen Erscheinungsbildes der Anlage beiträgt. Damit ist eine Alternative zum Standardverfahren der hoch nach oben geführten Abluftkamine für Stallanlagen aufgezeigt. Allerdings müssen derartige Maßnahmen stets im örtlichen Zusammenhang gesehen werden: Die Geländeform und die Hauptwindrichtung sind hier wichtige Einflußgrößen.

### TECHNISIERUNG NOTWENDIG

Damit sind einige Ergebnisse aus aktuellen Forschungsgebieten aufgezeigt, die dazu beitragen können, die zunächst unterschiedlich erscheinenden Ziele einer wettbewerbs- und leistungsfähigen Landwirtschaft

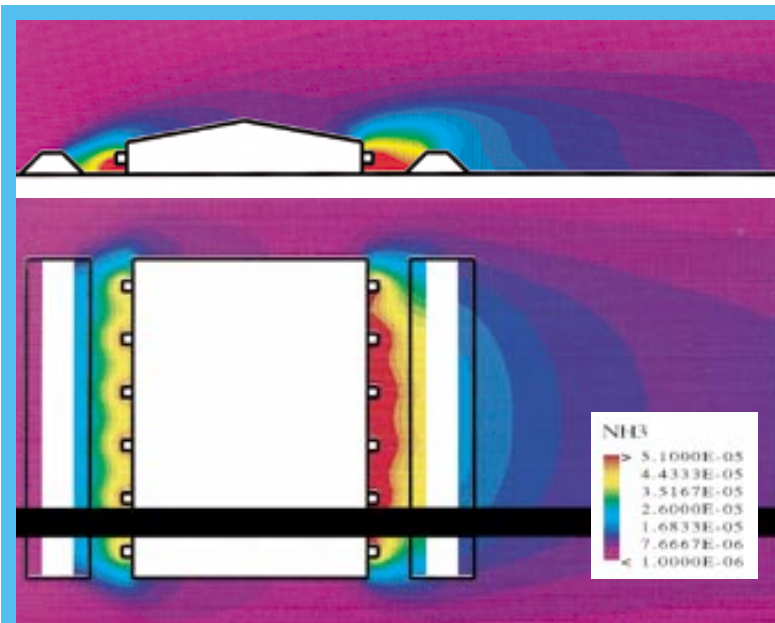


Bild 4: Computer-Simulation der Ammoniak-Konzentrationen im Umfeld eines Stalls mit Zwangsventilation über die Seitenwand. Windanströmung von links mit 2,5 m/s Geschwindigkeit; oben: Vertikalschnitt in Stallmitte; unten: Horizontalschnitt in 1,5 m Höhe

sowie einer umweltschonenden Bewirtschaftungsweise gleichermaßen zu verfolgen.

Das Motto für technische Fortschritte in der Landwirtschaft sollte demnach wie folgt formuliert werden: Nachhaltige und wettbewerbsfähige Landwirtschaft – nicht trotz, sondern mittels hohen Technisierungsgrades! ■

Dir. u. Prof. Professor Dr.-Ing. Axel Munack, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Institut für Biosystemtechnik, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig