

Landwirtschaft und Umwelt - Technische Beiträge für ein besseres Miteinander *)

AXEL MUNACK

Institut für Biosystemtechnik

Einleitung

Die Beziehungen von 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. Es ist das Ziel dieser Abhandlung, einen Beitrag zur sachlichen Diskussion der Umweltwirkungen der Landwirtschaft und einiger Möglichkeiten ihrer technischen Beeinflussung zu leisten, wobei

sich die Realisierungsbeispiele im wesentlichen an Ergebnissen von Untersuchungen in den technisch orientierten Instituten der FAL orientieren.

Technische Aspekte der landwirtschaftlichen Produktion werden derzeit in vier FAL-Instituten bearbeitet; es sind dies

- das Institut für Biosystemtechnik
- das Institut für Betriebstechnik,
- das Institut für Technologie und
- das Institut für landwirtschaftliche Bauforschung.

Die von diesen Instituten übernommenen Forschungsaufgaben sind darauf ausgerichtet, technische Beiträge für wettbewerbsfähige und umweltverträgliche Produktionsverfahren, artgerechte Nutztierhaltung sowie für die Verwendung landwirtschaftlich produzierter Produkte im Nichtnahrungsbereich unter Einbeziehung rechtsrelevanter Aspekte bereitzustellen.

Eine große Anzahl von Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien im Umweltbereich weist einen direkten Bezug zur Landwirtschaft auf (Bild 1).

Im Bereich "Luft" bestehen für die Tierhaltung - in ihrer Anwendung gemäß der Bestandesgröße differenzierte - Gesetze, wie das Bundes-Immissionsschutzgesetz oder das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz, als fundamentale rechtliche Rahmenbedingungen. Diese werden unterstützt durch die TA Luft und eine ganze Reihe von VDI-Richtlinien, die teils verabschiedet, teils noch in Bearbeitung bzw. Planung befindlich sind. Die in den vergange-

Luft	
Bundes-Immissionsschutzgesetz	
4. BImSchV: genehmigungsbedürftige Anlagen	
11. BImSchV: Emissionserklärungen	
Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz	
Richtlinien:	TA Luft
	VDI 3782, Bl.4: Ausbreitung von Geruchsstoffen in der Atmosphäre
	VDI 3788: Ausbreitung von Geruchsemissionen
	VDI 3471: Schweine
Emissions-	VDI 3472: Hühner
minderung	VDI 3473: Rinder
Tierhaltung:	VDI 3474: Verwertung und Entsorgung von Fest- und Flüssigmist (geplant)
	VDI 3475: Biologische Abfallbehandlungsanlagen
	VDI 3478: Biologische Abgasreinigung, Biowäscher
	LAI: Abstandsregelung gegenüber Wald bei Geflügelhaltungen
Wasser	
Umweltstatistikengesetz	
Wasserhaushaltsgesetz	
Trinkwasserverordnung	
Abwasserabgabengesetz	
Boden	
Abfallgesetz	
Länderverordnungen	
Klärschlammverordnung	
Düngemittelgesetz, Düngeverordnung	
Allgemein	
Bundesnaturschutzgesetz	
Bundeswaldgesetz	
Chemikaliengesetz und entspr. PrüfnachweisVO	
Produkthaftungsgesetz	
Pflanze / Tier	
Pflanzenschutzgesetz	
Pflanzenschutzmittel-Verordnung	
Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung	
Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung	
Saatgut-Verkehrsgesetz	
Bundesartenschutzverordnung	
Tierschutzgesetz	
Bienenchutzverordnung	

Bild 1: Wichtige Gesetze, Verordnungen und Richtlinien im Umweltbereich mit direktem Bezug zur Landwirtschaft

*) Vortrag anlässlich der Präsidentschaftsübergabe am 13. Dezember 1995 in FORUM der FAL

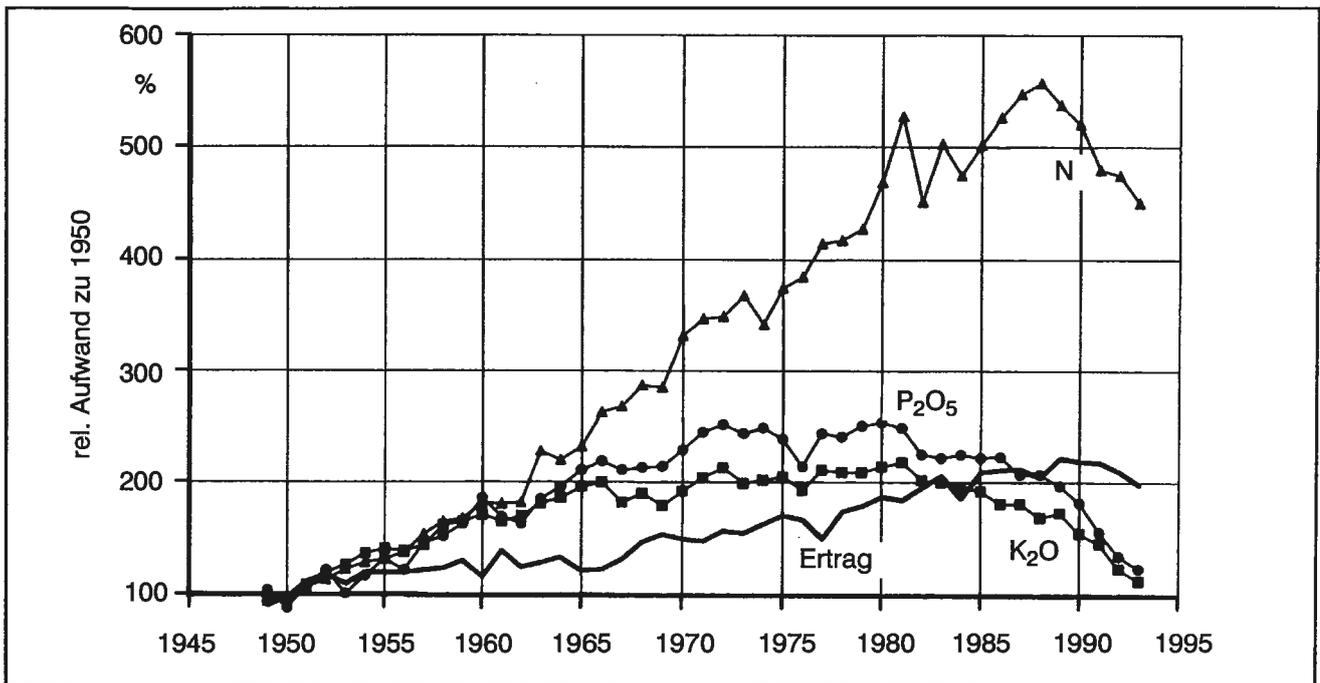


Bild 2: Mineraldüngeraufwand und Ertrag in der Bundesrepublik Deutschland, bezogen auf das Jahr 1950 (Auernhammer, 1995)

nen Wochen auf verschiedenen Ebenen und mit unterschiedlichem fachlichen Hintergrund geführten Diskussionen um die VDI-Richtlinie 3473 und die Abstandsregelung gegenüber Wald bei Geflügelhaltungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), an denen auch das Institut für Biosystemtechnik der FAL beteiligt war, haben erneut gezeigt, als wie brisant diese Thematik von Wissenschaftlern, Politikern, Landwirten und ihren Verbänden angesehen wird.

Im Rahmen dieses Beitrages sollen weitere dieser großen Anzahl von Regelwerken nicht näher behandelt werden; auf zwei aktuelle und wichtige Punkte ist jedoch besonders hinzuweisen, nämlich die in Verabschiedung befindliche Düngeverordnung und das Produkthaftungsgesetz, das in seinen möglichen Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Produktion überhaupt noch nicht hinreichend analysiert worden ist.

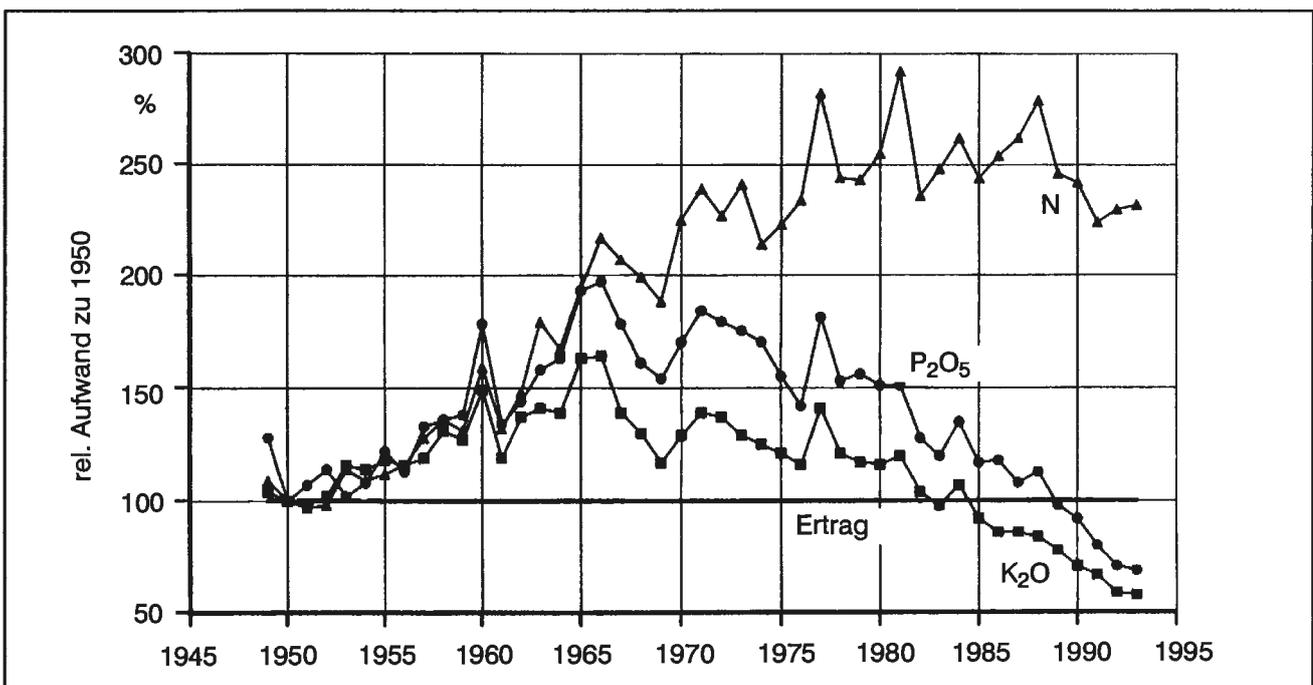


Bild 3: Mineraldüngeraufwand bezogen auf den Ertrag in der Bundesrepublik Deutschland, bezogen auf das Jahr 1950 (Auernhammer, 1995)

Der nachfolgende Beitrag ist wie folgt gegliedert:

Der erste Teil behandelt zunächst die möglichen bzw. die tatsächlichen negativen Umweltwirkungen der landwirtschaftlichen Produktion. Die klassische Gliederung in Pflanzen- und Tierproduktion läßt sich dabei nicht durchgehend einhalten, was aber auch nicht erforderlich ist.

Der zweite Teil geht auf Ansätze und Realisierungen für technische Möglichkeiten ein, die ökologische Verbesserungen in den Produktionsverfahren bewirken, wobei allerdings die ökonomischen Wirkungen im Sinne des Erhalts oder der Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der landwirtschaftlichen Betriebe nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

Die Schlußbemerkungen sollen neben einer Zusammenfassung auch einer Einordnung des Stoffes in einen größeren Zusammenhang dienen.

Umweltwirkungen der Landwirtschaft

Wenden wir uns zunächst der Pflanzenproduktion zu. Das Bild 2 zeigt den relativen Mineraldüngeraufwand und den Ertrag in der Bundesrepublik Deutschland, wobei alle Angaben auf das Jahr 1950 bezogen sind. Man erkennt eine nahezu linear ansteigende Ertragsfunktion, die sich heute etwa auf den doppelten Wert des Jahres 1950 eingestellt hat. Die Anwendung von Mineraldüngern zeigt für die einzelnen Komponenten bis etwa 1970 ebenfalls linear ansteigende Tendenz, danach nehmen nur noch die Aufwandsmengen für Stickstoff weiter zu, während für Phosphat- und Kalidünger zunächst eine konstante Ausbringung, ab 1980 jedoch ein Abfall einsetzt; hier macht sich ein verbesserter Kenntnisstand über den tatsächlichen Bedarf positiv bemerkbar.

Die vergleichsweise sehr hohen Stickstoffgaben geben jedoch Anlaß zur Kritik. Dies wird auch besonders deutlich, wenn man die Aufwendungen auf den jeweiligen Ertrag bezieht. Bild 3 zeigt ebenfalls die relativen Änderungen gegenüber der Situation des Jahres 1950.

Man erkennt, daß wir uns seit etwa 1975 im Bereich um 250 % für den Stickstoff bewegen, so daß die Stickstoffeffizienz auf etwa ein Viertel von derjenigen des Jahres 1950 gefallen ist. Der deutlich verringerte Einsatz von Phosphat- und Kalidünger wird auch in dieser ertragsbezogenen Darstellung sehr deutlich.

Es stellt sich die Frage, was mit dem überschüssigen Stickstoff passiert. Zur Beantwortung wird der Versuch unternommen, eine Gesamt-Stickstoffbilanz für die deutsche Landwirtschaft aufzustellen. Eine Zusammenstellung von statistischen Daten und Berechnungen verschiedener Autoren (Statistisches Jahrbuch, 1993; Hellebrand und M u n a c k , 1995; Köster et al., 1988) führt auf Bild 4, wobei man darauf hinweisen muß, daß die Daten stark streuen; die Bilanz geht im übrigen auch nicht auf. Hier soll es aber lediglich auf die prinzipiellen Aussagen zu den wesentlichen

Stoffströmen ankommen. Alle Angaben sind auf ein Jahr und einen ha landwirtschaftliche Nutzfläche bezogen.

Als von der deutschen Landwirtschaft getätigte Einträge weist die hier zusammengestellte Stickstoffbilanz nur Mineraldünger und Import-Futtermittel auf, als gewünschte Austräge lediglich Erntegut an Marktfrüchten und tierische Produkte wie Fleisch, Milch und Eier. Alle Wirtschaftsdünger, Erträge von Grünland sowie Stroh verlassen den Bilanzraum der deutschen Landwirtschaft nicht und finden folglich hier keine Berücksichtigung. Über die Stickstoffierung durch Leguminosen sowie über trockene und nasse Deposition gelangt weiterer Stickstoff in das Produktionssystem. Ökonomisch und ökologisch unerwünschte Stickstoffausträge erfolgen über gasförmige Emission als Ammoniak, Lachgas und Stickstoff. Ferner entstehen Stickstoffverluste durch Auswaschung in Oberflächengewässer. Ein weiterer großer Verlust erfolgt jedoch durch Verlagerung von Nitrat in die Bodenschicht unterhalb der Wurzelzone, so daß dieser Stickstoff dem Produktionsprozeß verlorengeht, indem er mit dem Sickerwasser tiefere Bodenschichten erreicht und somit letztlich ins Grundwasser gelangt.

Man hat in 10 m Tiefe in Lössböden Werte von 70 kg N/ha in einer 30 cm dicken Bodenschicht gemessen [Köster et al., 1988]. Legt man eine Verlagerungsgeschwindigkeit von etwa 40-50 cm pro Jahr zugrunde, so folgt, daß vor etwa 20 bis 25 Jahren auf dem darüber liegenden Schlag eine Auswaschung von rund 100 kg N/(ha • a) stattgefunden hat. Die angegebenen Zahlenwerte für die Nitrat auswaschung lassen sich also auch zumindest größenordnungsmäßig durch Messungen belegen.

Angeichts der Tatsache, daß nur ca. die Hälfte des eingesetzten Mineraldüngerstickstoffs in den Marktfrüchten zu finden ist und daß etwa gleich viel ausgewaschen wird, bleibt zusammenfassend festzustellen, daß Maßnahmen für eine Verbesserung der Effizienz der Stickstoffnutzung als sehr notwendig anzusehen sind.

Im Bereich des Pflanzenschutzes kann festgestellt werden, daß die abgesetzte Wirkstoffmenge in der Bundesrepublik sich auf ca. 30000 t pro Jahr stabilisiert hat, vgl. Tabelle 1 (Hildebrandt et al., 1989; Ganzelmeyer, 1995; Jahresberichte der BBA). Dies ist insofern bemerkenswert, als vor der Wiedervereinigung im Bereich der DDR jährlich ca. 29000 t eingesetzt wurden, so daß die Gesamtmenge auf dem heutigen Bundesgebiet ca. 59000 t/a betrug. Für die deutliche Reduzierung der Menge sind wohl zwei Gründe maßgebend: Zum einen zeigt sich ein Einfluß der Flächenstillegungen und zum anderen sind neue Präparate auf dem Markt - wie etwa Sulfonylharnstoffe -, die eine größere Aktivität als die früher eingesetzten Produkte aufweisen.

	1970	1980	1988	1991	1994
Fungizide	6 331	6 549	11 473	9 760	7 698
Insektizide	1 521	2 341	1 281	3 901	4 006
Andere	956	3 183	2 514	4 284	3 231
Summe	19 469	32 930	32 500	36 944	29 769

Tabelle 1: Abgesetzte Wirkstoffmengen in der Bundesrepublik Deutschland

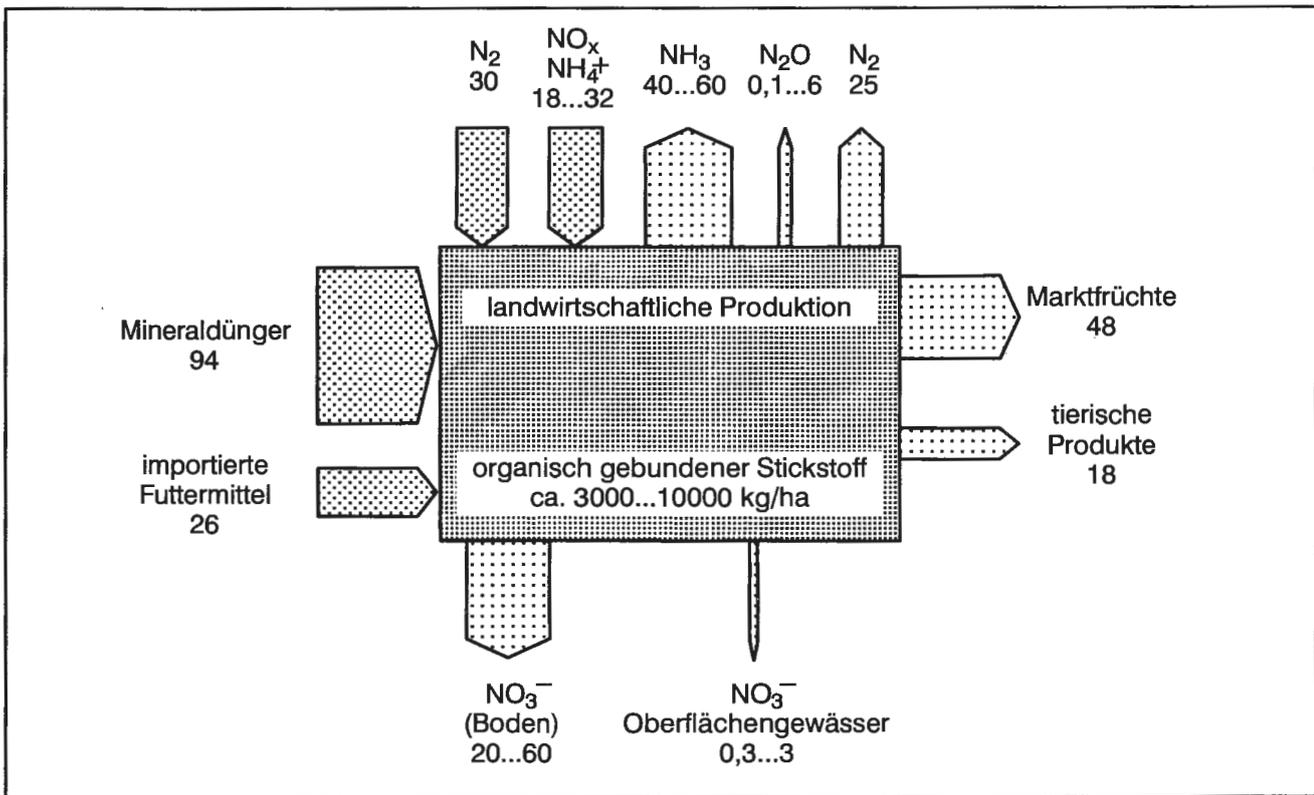


Bild 4: Stickstoff-"Bilanz" für die Bundesrepublik Deutschland, bezogen auf die Landnutzungsfläche in kg N/(ha • a)

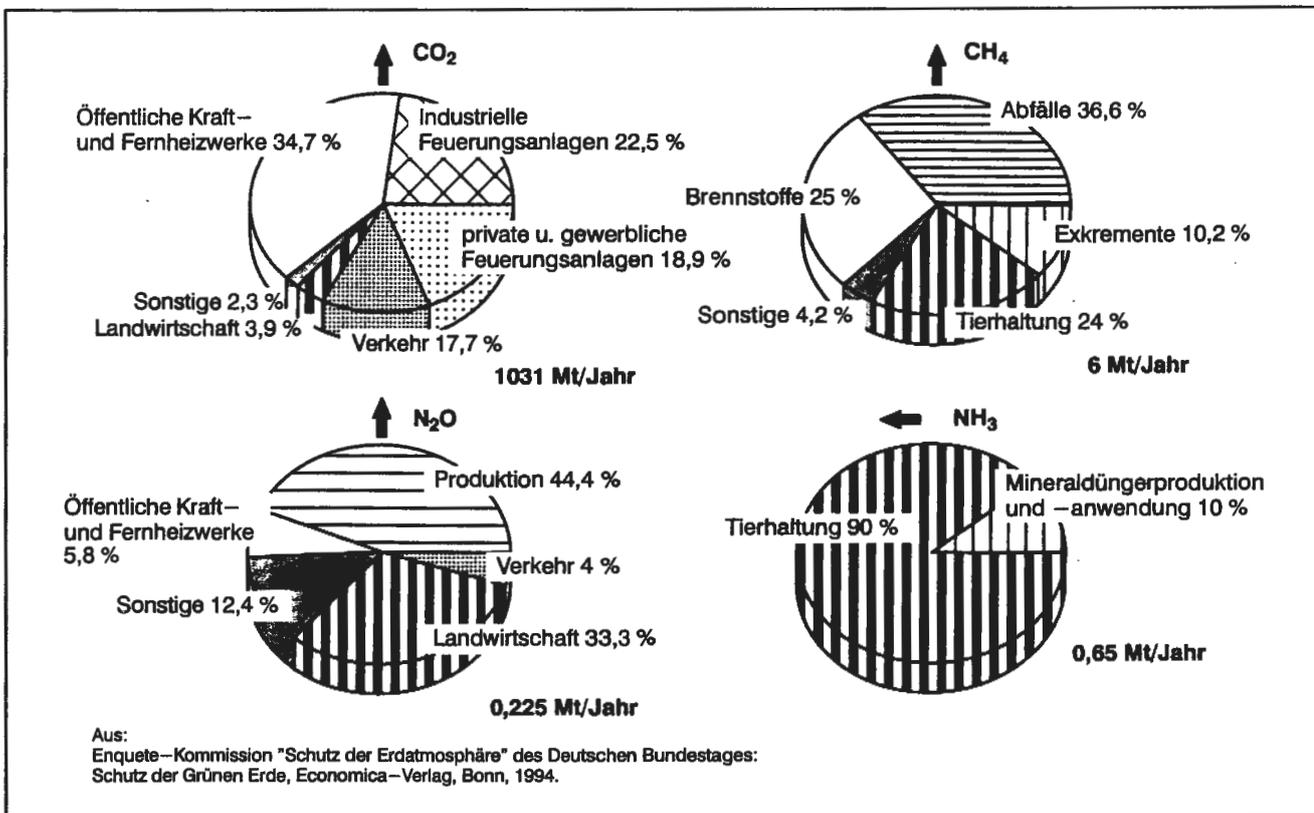


Bild 5: Emission klimarelevanter Gase in der Bundesrepublik Deutschland (1990)

Angesichts dieser Einflüsse ist die auf der Anwendungsfläche abgesetzte Wirkstoffmenge nach wie vor als hoch einzustufen.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden wesentlichen Umweltwirkungen der pflanzlichen Produktion nennen: Wie bereits erläutert, findet ein erheblicher Eintrag von Nitrat und weiteren Mineräldünger-Komponenten in den Boden, in das Grundwasser und in Oberflächengewässer statt. Pflanzenschutzmittel können über Einträge in benachbarte Ökosysteme - insbesondere in Gewässer - dort unerwünschte Wirkungen entfalten bzw. die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigen. Der Boden ist durch den Einsatz immer größerer Maschinen der Gefahr von Verdichtungen ausgesetzt, Erosion kann zum Verlust fruchtbarer Bodenschichten führen und unerwünschte Einträge in Gewässer bewirken. Die großen Schläge und das Fehlen von Randgehölzen, aber auch der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln können zu einer Beeinträchtigung der wildlebenden Flora und Fauna führen, und schließlich trägt auch die Pflanzenproduktion zur Emission klimarelevanter Gase, hauptsächlich Kohlendioxid und Distickstoffoxid, bei.

Die wesentlichen negativen Umweltwirkungen bei der Tierproduktion lassen sich in wenigen Sätzen zusammenfassen. Hier handelt es sich fast ausschließlich um luftgetragene Emissionen in Form von Gerüchen, klimarelevanten Gasen oder Stäuben, mit denen auch Keimbelastungen der Umwelt einhergehen können. Daß einige Nachbarn sich auch durch Geräusche belästigt fühlen können, sei hier nur am Rande vermerkt und nicht weiter behandelt. Einträge in den Boden bzw. das Grundwasser sind ebenfalls möglich, etwa bei der Freilandhaltung oder bei einer nicht sachgerechten Wirtschaftsdüngerausbringung.

Der bereits vielfach diskutierte Aspekt der Emissionen klimarelevanter Gase aus landwirtschaftlichen Produktionsverfahren (z. B. Enquete-Kommission, 1994; Ahlgrim und Dämgen, 1994; Schön und Walz, 1993; Bundesumweltministerium, 1994) soll nun etwas detaillierter betrachtet werden. Die Situation in der Bundesrepublik Deutschland, basierend auf Zahlenangaben aus dem Jahr 1990, stellt sich wie folgt dar (vgl. Bild 5): Die Landwirtschaft ist nahezu alleiniger Emittent von Ammoniak, wobei die Tierhaltung einen Anteil von etwa 90 % ausmacht. Ammoniak ist kein direkt klimawirksames Gas; es wird jedoch mit für die Waldschäden verantwortlich gemacht und wirkt insofern mittelbar als Treibhausgas, als bei seiner Deposition in anderen Ökosystemen letztlich dort erhöhte Stickstoffeinträge auftreten, die eine erhöhte Bildung von Lachgas, also N_2O , nach sich ziehen. Insgesamt zeigen die Erhebungen der Enquete-Kommission, daß die deutsche Landwirtschaft für etwa ein Drittel der deutschen Emissionen des klimarelevanten Gases N_2O verantwortlich ist. Auch für Methan muß man von einem landwirtschaftlichen Beitrag von etwa einem Drittel der Gesamtemissionen ausgehen, auch wenn der hier angesetzte Anteil für Exkremente durch recht hohe Wahl des Methanisierungsgrades zu hoch erscheint und eher bei 8 % liegen dürfte (Hellebrand und Muna ck, 1995). Hinsichtlich des Gases, dem der größte Anteil am anthropogenen Treibhauseffekt zugemessen wird, nämlich des Kohlendioxids, weist die Landwirtschaft nur einen recht geringen Anteil aus. Hier überwiegen die immensen Anteile der Stromerzeugung für industrielle, gewerbliche und private Zwecke sowie des Einsatzes fossiler Brennstoffe für Feuerungsanlagen.

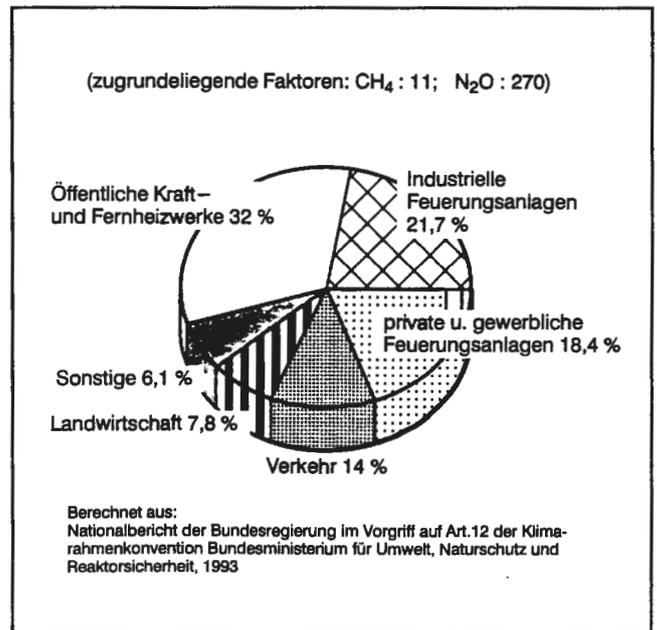


Bild 6: Aufteilung der Emissionen klimarelevanter Gase hinsichtlich der CO_2 -Äquivalente (Bundesrepublik Deutschland, 1990)

Zur Abschätzung der Klimawirkungen ist es üblich, alle klimarelevanten Gase auf die Wirkung von CO_2 zu beziehen. Je nach Wahl des Betrachtungszeitraums gelangt man dabei zu unterschiedlichen Umrechnungsfaktoren. Legt man einen Zeithorizont von 100 Jahren zugrunde, so werden Faktoren von 11 für CH_4 und 270 für N_2O angenommen. Unter diesen Voraussetzungen ist die deutsche Landwirtschaft mit knapp 8 % an dem von der Bundesrepublik ausgehenden anthropogenen Treibhauseffekt beteiligt. Dabei wirken N_2O und CH_4 mit jeweils ca. 2 % und CO_2 mit 4 %, vgl. Bild 6.

Der Anteil der Landwirtschaft an den Gesamtemissionen klimarelevanter Gase vom Gebiet der Bundesrepublik ist mit 8 % also nicht übermäßig hoch; dies sollte jedoch nicht zum Anlaß genommen werden, über emissionsmindernde Maßnahmen nicht weiter nachzudenken. Schließlich werden in allen industriellen, gewerblichen und privaten Bereichen große Anstrengungen unternommen, die Emissionen zu reduzieren. Der Anteil der Landwirtschaft könnte also steigen, wenn entsprechende Maßnahmen nicht auch in ihrem Bereich wirksam würden bzw. untersucht werden.

Technische Beiträge für die Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren

Der zweite Teil dieses Beitrags widmet sich den Möglichkeiten, mit technischen Mitteln zum allgemeinen Betriebsmanagement, zur Pflanzen- und zur Tierproduktion innovative Beiträge zu leisten, die eine Verbesserung der Umweltwirkungen zum Ziel haben oder eine objektivere Bewertung von möglichen Umweltwirkungen im Sinne einer besseren Rechtssicherheit erlauben.

Betrachtet man einmal die unterschiedlichen Entscheidungen, die in einem landwirtschaftlichen Betrieb zu treffen sind, so lassen sich diese zunächst grob in seltene und häufige Entscheidungen gliedern, vgl. Bild 7. Die seltenen Entscheidungen betreffen

- **seltene Entscheidungen**
 - sehr langer Zeithorizont (Jahre)
 - Investitionen für Gebäude und Maschinen
 - langer Zeithorizont (Monate)
 - alternative, verbesserte oder neue landwirtschaftliche Produktionsverfahren
 - generelle Umweltschutzgesichtspunkte für den Hof
 - Strategien für die Feldbewirtschaftung
 - Frucht Auswahl und Fruchtfolge
 - Aufstallung und Tiergesundheit

- **häufige Entscheidungen**
 - kurzer Zeithorizont (Tage/Stunden)
 - Bestimmung der Düngereinsammensetzung, der Menge und des Ausbringzeitpunktes, gestützt auf N-, P-, K-Bilanzen unter Einbeziehung von Bodendaten und früheren Erntedaten
 - Bestimmung geeigneter Versorgung und medikamenteller Behandlung einzelner Tiere
 - sehr kurzer Zeithorizont (Sekunden oder weniger)
 - Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, gestützt auf die Erkennung lokaler Verunkrautung oder Bestandesschädigung
 - Bestimmung und Rationszuteilung des Futters für individuelle Tiere

im allgemeinen sehr lange oder zu-mindest lange Zeithorizonte. Für sie können in Form von rechnerbasierten Entscheidungshilfesystemen Werkzeuge aus der Informationstechnik angeboten werden. Derartige Systeme werden etwa im FAL-Institut für landwirtschaftliche Bauforschung für die Neubau- oder Umbauplanung entwickelt und eingesetzt.

Allgemeine Anwendungsmöglichkeiten der Informationstechnik

Bild 7: Beispiele für Entscheidungsprozesse in der landwirtschaftlichen Produktion, gegliedert nach Zeithorizonten

Die nachfolgenden Ausführungen werden sich jedoch eingehender mit den häufigen

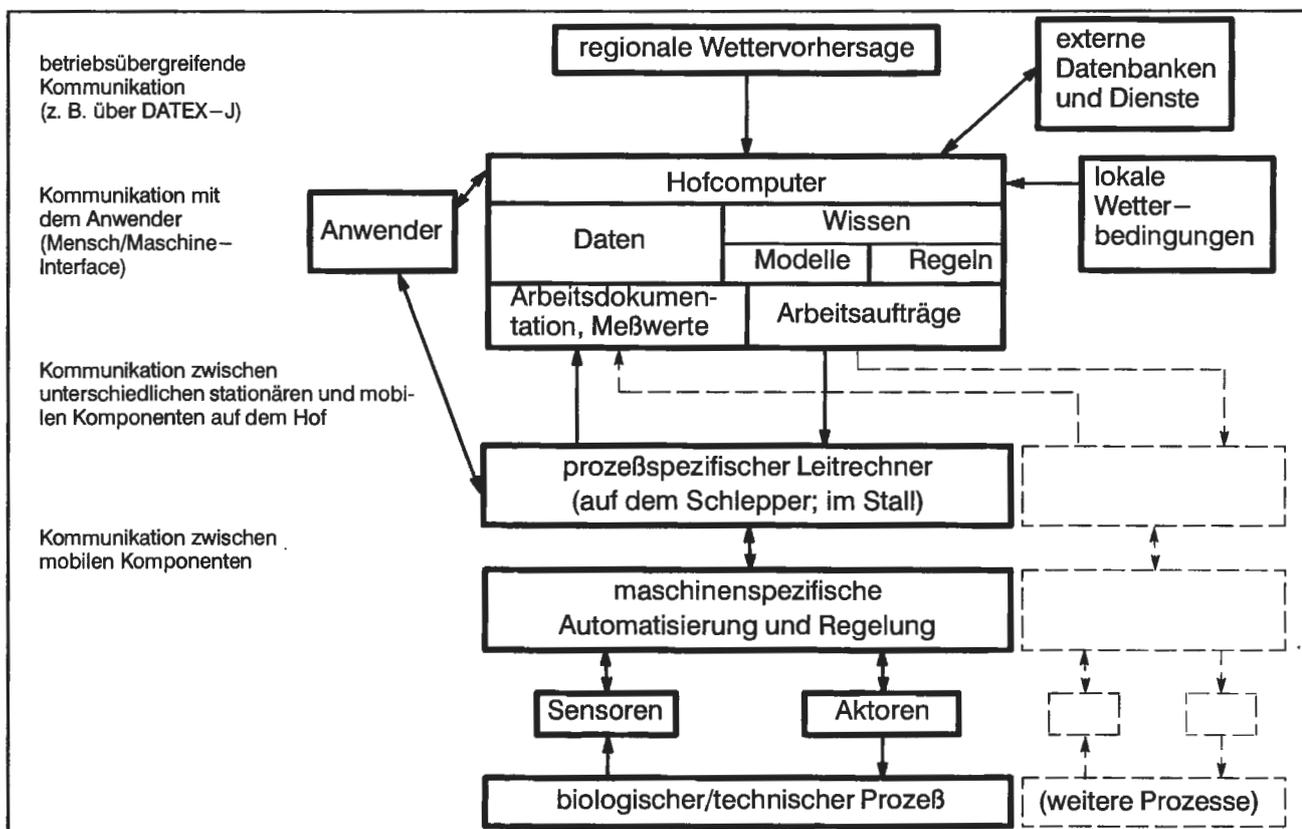


Bild 8: Gliederung der betrieblichen Informationstechnik und Kommunikation

Entscheidungen befassen. Diese weisen kurze Zeithorizonte auf, im Pflanzenbau etwa im Bereich der Düngeplanung oder der Gesundheitsvorsorge bzw. -überwachung bei der Tierhaltung, oder zeichnen sich durch sehr kurze Zeithorizonte aus, also den on-line Betrieb. Hierzu zählen die an der lokalen Verunkrautung oder Bestandesschädigung orientierte Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln sowie die schon in der Praxis eingesetzte tierindividuelle Futterzuteilung bei der Tierhaltung.

Die Zeithorizonte spiegeln sich auch in der betrieblichen Informationstechnik wider (Bild 8). Ein Hofcomputer dient der Kommunikation mit externen Datenbanken und Diensten sowie der Arbeitsvorbereitung. Er verfügt über geographische Informationen und etwa auch über Ertragsdaten sowie Regeln und Modelle für deren Verknüpfung. Aufträge werden an prozeßspezifische Leitrechner, etwa auf dem Schlepper, übertragen; umgekehrt werden nach Arbeiterledigung die aufgenommenen Daten vom Schlepper wieder an den Hofcomputer übergeben. Der prozeßspezifische Leitrechner kommuniziert wiederum bidirektional mit der maschinenspezifischen Automatisierung und Regelung, die dann - auf der on-line-Ebene der sehr kurzen Zeithorizonte - direkt mit dem Prozeß verknüpft ist.

Eine wesentliche Grundlage dafür, daß dies alles fehlerfrei und mit geringstmöglichem Arbeitsaufwand für den Landwirt funktioniert, ist eine kompatible Kommunikation auf allen Ebenen. Es muß vermieden werden, daß Daten für unterschiedliche Anwendungsfälle und bei unterschiedlichen eingesetzten Komponenten von unterschiedlichen Herstellern ständig neu eingegeben oder auch nur umformatiert werden müssen.

Ein solches kompatibles System ist das in DIN 9684 genormte Landwirtschaftliche BUS-System LBS (A u e r n h a m m e r und F r i s c h, 1993), an dessen Normung das Institut für Biosystem-

technik der FAL einen maßgeblichen Anteil hat (S p e c k m a n n, 1993). Als ein Beispiel für die Datenverbindungen sei eine entsprechende Kombination in Bild 9 schematisiert vorgestellt. Die logische Kopplung von Betriebscomputer und LBS führt beispielsweise über Chipkarten. Eine zentrale Ein-/Ausgabestation ist die wesentliche Mensch-Maschine-Schnittstelle. Über sie kann der Fahrer komfortabel mit den Jobrechnern im Traktor selbst oder auf Anbau- bzw. Anhängegeräten kommunizieren. Wichtige Signale, wie etwa die wahre Fahrgeschwindigkeit, Zapfwelldrehzahl, Zapfwelldrehmoment usw. werden über das LBS jedem angeschlossenen Gerät zur Verfügung gestellt.

Auf der diesjährigen Agritechnica sind LBS-kompatible Geräte bereits von einer Reihe von Herstellern vorgestellt worden. Damit ist eine Einführung in die Praxis als wesentliche Voraussetzung für bedarfsgerechtes, teilflächenspezifisches Arbeiten in greifbarer Nähe getückt. DIN 9684 dient derzeit übrigens auch als Vorlage für die ISO, die ein solches System international normen will (ISO 11783); hier hat sich der deutsche Entwicklungsvorsprung ausgezahlt.

Wer uns im übrigen vor einigen Jahren wegen der Joysticks im Cockpit des Traktors (vgl. Bild 9) als verspielte Techniker belächelt hat, mag inzwischen anders darüber denken, wie ein Blick in die Fahrerkabinen von Traktoren jüngeren Produktionsdatums zeigt.

Anwendungen in der Pflanzenproduktion

Eine wesentliche Voraussetzung für das teilflächenspezifische Arbeiten oder auch das lokale Ressourcen-Management - wie dies in der Fachsprache des FAL-Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde genannt wird - bildet die hinreichend präzise Ortung.

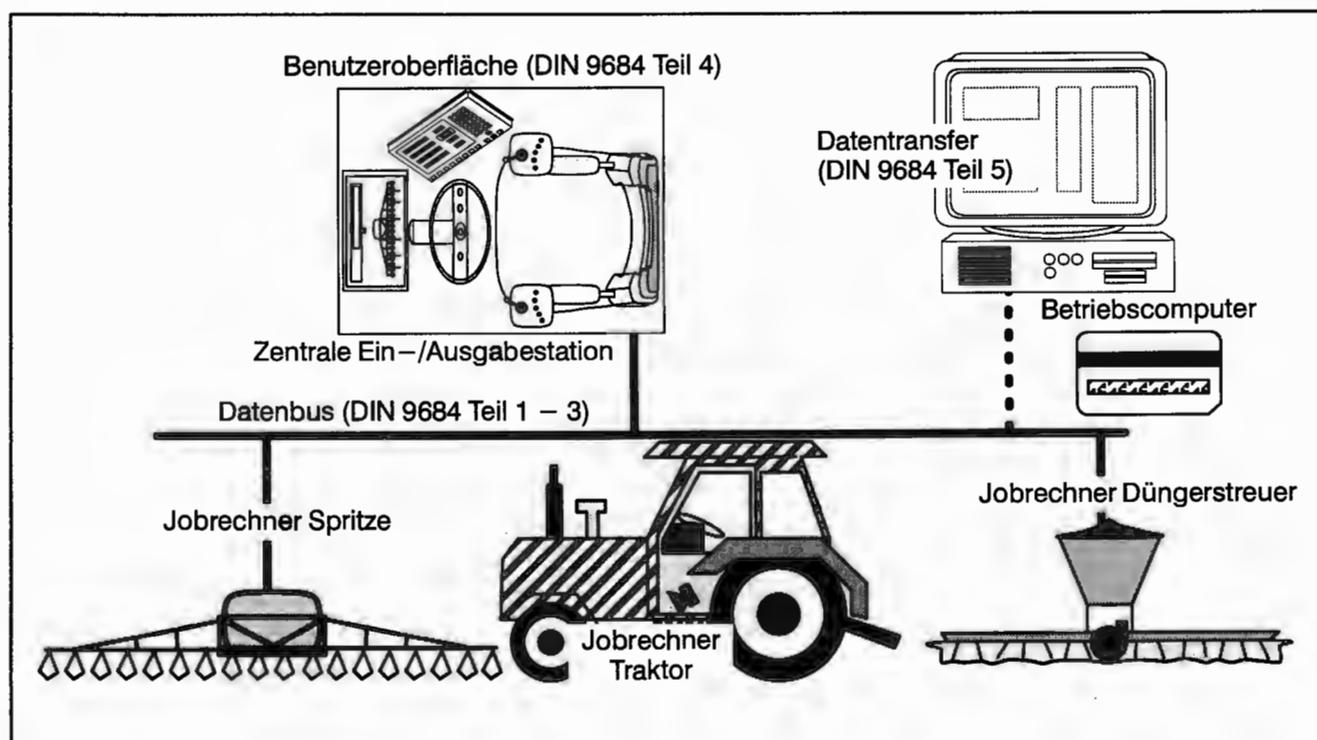


Bild 9: Das Landwirtschaftliche BUS-System LBS in einer exemplarischen Anwendung

Nur mit der derzeit möglichen Positionsbestimmung etwa im Genauigkeitsbereich weniger Meter (Stichwort: Differential Global Positioning System - DGPS) lassen sich Aufwendungen und Erträge im Betriebscomputer einander zur lokalen Bilanzierung zuordnen. Entsprechende Mähdrescher einschließlich einer darauf abgestimmten Software zur Ertragskartierung sind inzwischen im Handel erhältlich.

Das Konzept des teilflächenspezifischen Arbeitens wurde im übrigen bereits 1929 in einer Veröffentlichung der Universität von Illinois am Beispiel der Kartierung eines Schrages und der darauf folgenden bedarfsgerechten Ausbringung von Kalk vorgestellt Linsley und Bauer, 1929; Goering, 1993. Es konnte allerdings nur für langsamfahrende, von Pferden gezogene Wagen umgesetzt werden und geriet mit dem zunehmenden Einsatz von Traktoren in Ermangelung automatisch arbeitender Dosiertechnik wieder in Vergessenheit.

Welche ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des teilflächenspezifischen Düngens zu erwarten sind, ist in einer gemeinschaftlichen Arbeit der Institute für Betriebswirtschaft und Biosystemtechnik untersucht worden (Jahns und Kögl, 1993). Dem exemplarisch betrachteten Szenario liegt ein Weizenfeld mit zwei verschiedenen Bodentypen zugrunde; Bild 10 zeigt die Produktionsfunktionen. Bodenart 1 erbringt demnach Erträge von über 75 dt/ha bei einem N-Aufwand von ca. 200 kg/ha, während Bodenart 2 maximale Erträge von unter 60 dt/ha bei etwa 175 kg pro Hektar liefert. Die um die Stickstoffkosten geminderten Erlöse in Preisen von 1995 liegen dann bei über 850 ECU/ha bzw. unter 650 ECU/ha, wobei nunmehr die Stickstoffoptima zu tieferen Werten verschoben sind.

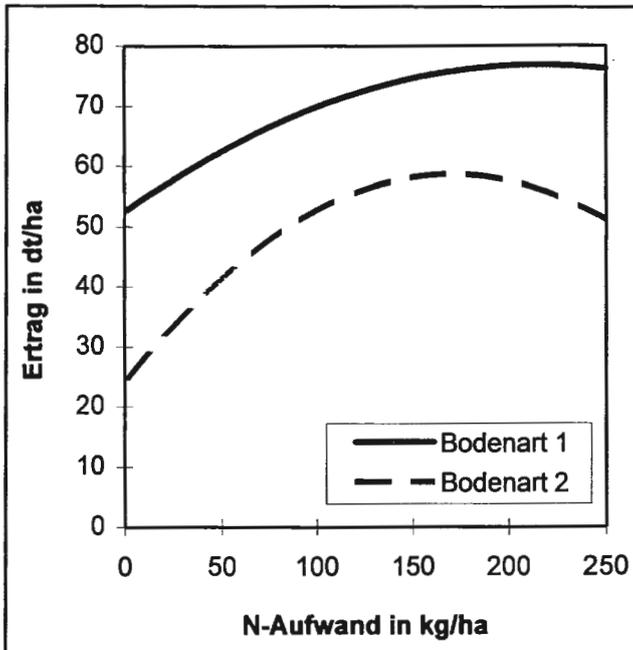


Bild 10: Produktionsfunktionen für zwei Bodenarten eines Weizenfeldes

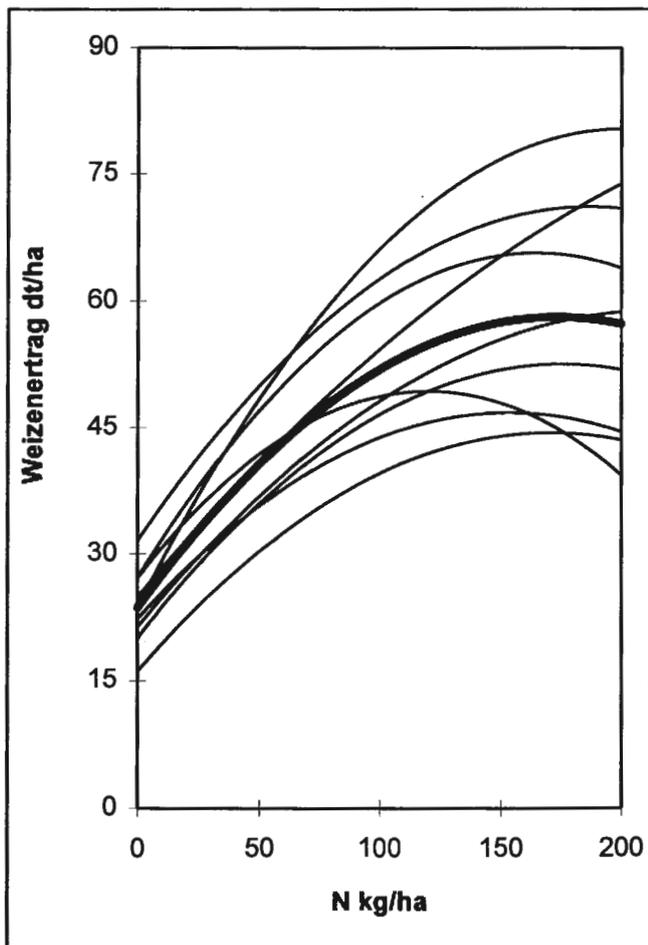


Bild 12: Produktionsfunktionen eines Standortes für die Jahre 1973-1982.

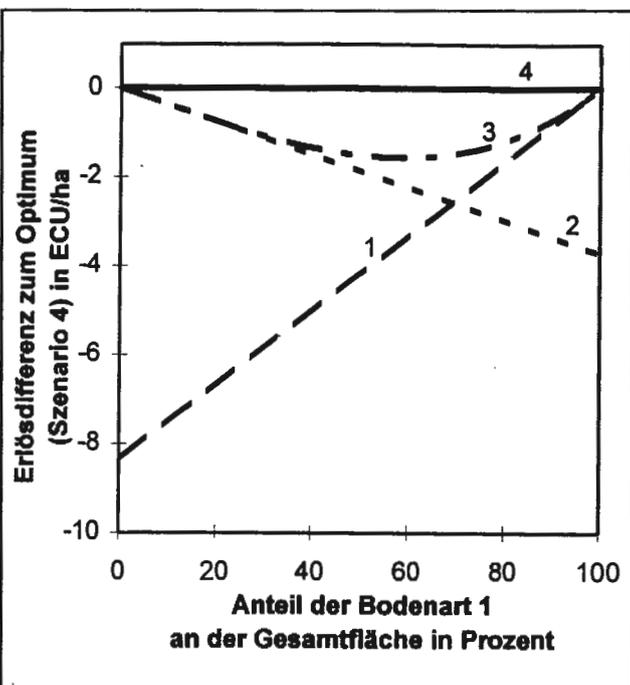


Bild 11: Erlösdifferenzen der Szenarien zum Optimum (= Szenario 4) in Abhängigkeit vom Anteil der Bodenart 1; die Zahlen an den Kurven bezeichnen die vier Szenarien

Es werden im folgenden 4 Szenarien untersucht:

- Im 1. Szenario wird das gesamte Feld einheitlich entsprechend dem Optimum für Bodenart 1 gedüngt.
- Im 2. Szenario erfolgt die Düngung einheitlich gemäß dem Optimum für Bodenart 2.
- Dem 3. Szenario liegt ebenfalls eine einheitliche Düngung zugrunde, nun aber mit einer Aufwandmenge, die dem Anteil der beiden Böden entspricht.
- Das 4. Szenario beinhaltet die teilflächenspezifische Ausbringung, d.h. jedes Feldstück erhält die dem lokal vorliegenden Boden entsprechende optimale Düngung.

Trägt man nun den Erlös über dem Anteil des Bodens 1 am gesamten Schlag auf, so stellt man erstaunt fest, daß sich lediglich kaum darstellbare Unterschiede ergeben. Daher ist in Bild 11 eine Darstellung gewählt, in der alle Erlöse auf die beste Strategie, also auf Szenario 4 bezogen werden. Hier zeigt sich deutlich, daß im betrachteten Fall das teilflächenspezifische Arbeiten lediglich maximal ca. 1,5 ECU/ha mehr erbringt als eine gleichmäßige, dem Bodenanteil entsprechende Düngergabe. Die Kurve des Szenarios 3 entspricht dabei etwa dem, was ein Landwirt bei Kenntnis seiner Bodenanteile unter Einsatz konventioneller Technik unter den gegebenen Verhältnissen erzielen könnte.

Fazit: Es wird sehr von der Heterogenität der Böden eines Schlages abhängen, ob sich teilflächenspezifisches Arbeiten ökonomisch rechnet. Unter den hier angenommenen Voraussetzungen ist dies wohl kaum der Fall. Dies gilt insbesondere auch deshalb, weil die Produktionsfunktionen i.a. nicht bekannt sind und von Jahr zu Jahr auf demselben Schlag stark variieren, wie Bild 12 an einem Beispiel zeigt (Kling, 1986). Der Mittelwert der Jahre 1973-1982 des hier gezeigten Standorts entspricht übrigens dem als Bodentyp 2 im vorigen Beispiel gewählten Boden. - Aber: Die durch die Einsparungen an Stickstoff erzielten ökologischen Verbesserungen sollten nicht außer acht gelassen werden und müßten für die Verfahrensbewertung stärkere Berücksichtigung finden.

Erhebliche Einsparungen an Betriebsmitteln sind vom zielgerichteten - also letztlich einzelpflanzenspezifischen - Einsatz von Pflanzenschutzmitteln zu erwarten. Hier hat das Institut für Betriebstechnik ein sensorgesteuertes Sprühsystem untersucht und in seinen Eigenschaften optimiert (Biller, 1994 und 1995). Es ermöglicht die Unkrautbekämpfung vor dem Auflaufen der Nutzpflanzen. Das System arbeitet mit optischen Sensoren, die in Fahrtrichtung vor der Spritzdüse angeordnet sind und ein Magnetventil ansteuern. Der Sprühvorgang wird also nur beim Erkennen von grünen Pflanzen eingelei-

tet. Die Schemazeichnung in Bild 13 läßt die Anordnung des Sensorsystems und seinen Erfassungsbereich erkennen. Der Spritzvorgang wird über ein Magnetventil in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit so verzögert eingeleitet, daß sich der Sprühkegel dann über dem erkannten Objekt befindet.

Interessanterweise dient zur Pflanzenerkennung nicht die Farbe Grün, sondern das System nutzt die durch das Vorhandensein von Chlorophyll hohe Absorption (= geringe Reflexion) im sichtbaren roten Bereich des Spektrums sowie die hohe Reflexion im nahen Infrarotbereich. Durch Bilden des Quotienten aus beiden Reflexionsgraden gelingt die zuverlässige Unterscheidung grüner Pflanzen sowohl vom Boden als auch von Getreidestroh, da sich für die beiden entsprechenden Reflexionsgrade für Stroh und Boden nämlich deutlich geringere Quotienten ergeben.

In Versuchen auf Schwarzbrache, bei denen eine Teilbreite mit 5 Spritzdüsen mit dem System ausgestattet wurde, ließen sich Einsparungen an Pflanzenschutzmitteln bis zu 70 oder 80 % erreichen, wie der in Bild 14 gezeigte Vergleich der konventionellen Ausbringung mit der zielflächenorientierten Ausbringweise eindrucksvoll belegt. Bei konventioneller Arbeitsweise beträgt der Volumendurchfluß relativ konstant etwa 0,15 l/s, beim zielflächenorientierten Ausbringen ergibt sich hingegen der in der unteren Kurve gezeigte variable Volumendurchfluß. Die Differenz - also die Einsparung - ist im schraffierten Bereich dargestellt. In der Tat sind die einzelnen Ventile die meiste Zeit ausgeschaltet, so daß eine erhebliche Reduktion des Aufwandes an Pflanzenschutzmittel erreicht werden kann.

Will man zielgerichtet Herbizide nach dem Auflaufen - also im Bestand - ausbringen, so ist eine Unterscheidung in Nutzpflanzen und Wildkräuter erforderlich. Dies ist mit spektralen Informationen i. a. nicht zuverlässig möglich, insbesondere nicht mit wenigen einfachen, relativ breitbandigen Sensoren. Hier verfolgt das Institut für Biosystemtechnik den Weg, geometrische Information,

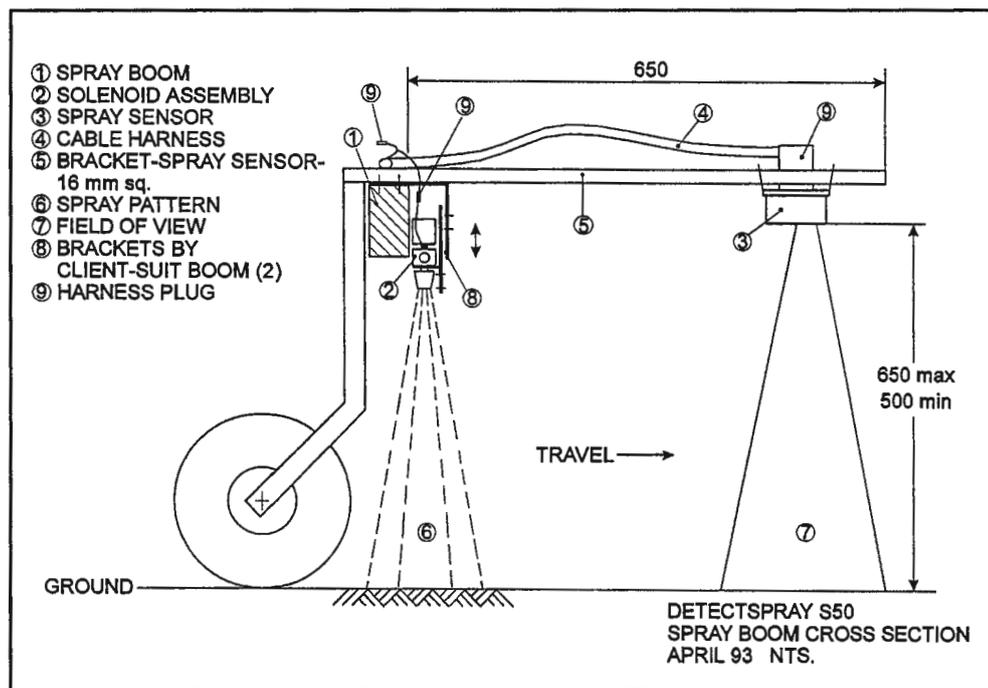


Bild 13: Schemazeichnung des "Detectspray"-Systems

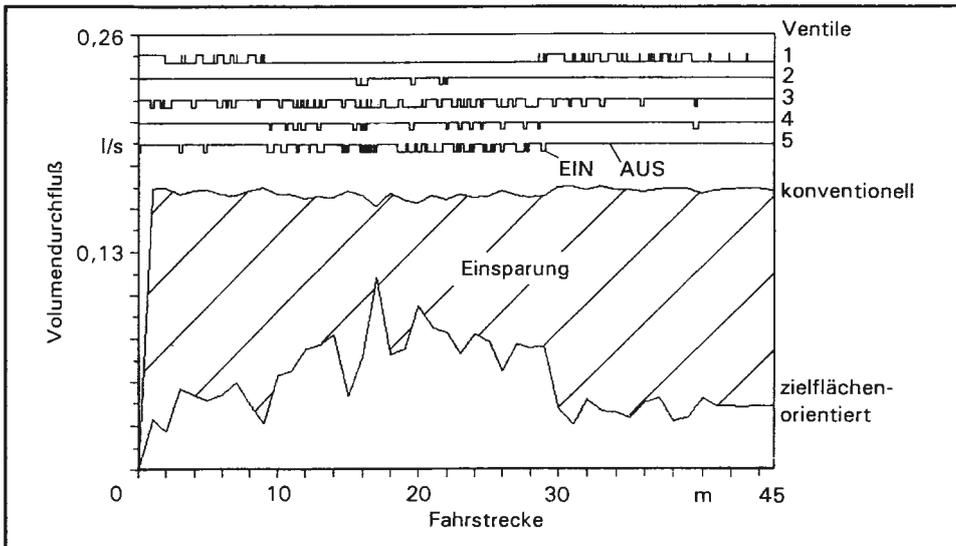


Bild 14: Vergleich des Volumendurchflusses an Pflanzenschutzmittel bei konventioneller und zielflächenorientierter Anwendung

also die Blattform, mittels Bildverarbeitung zu analysieren und damit auf die Pflanzenart zu schließen (Paul und Nielsen, 1995). 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 vor. In Bild 15 sind vier dieser Blätter beispielhaft gezeigt. Zunächst einmal werden nun eine Vielzahl solcher Blätter durch elementare Operationen wie Verschieben, Drehen und Vergrößern bzw. Verkleinern auf eine mittlere Grundform transformiert. Als nächstes läßt man den Rechner Abweichungen von der Grundform betrachten und in diesen Abweichungen nach Grundgesetzmäßigkeiten suchen. Es entstehen eine Reihe von Variationsformen, die nach abnehmendem

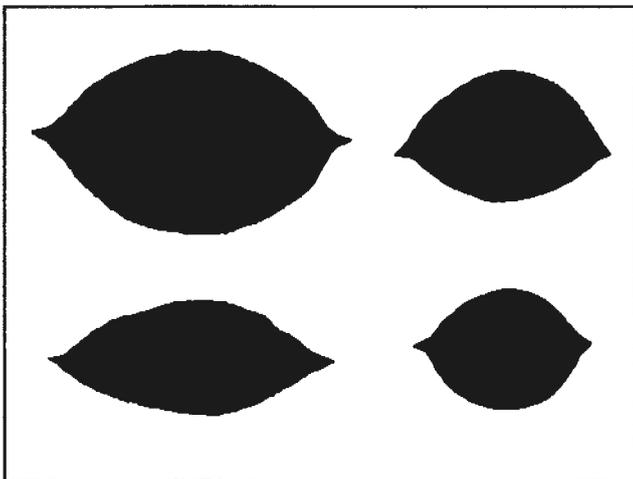


Bild 15: Vier exemplarische Blätter eines Kirschbaumes

Einfluß auf die Endformen geordnet werden. (Variation des Längen/Breiten-Verhältnisses (Bild 16a); Stellung der Blattspitzen (Bild 16b); Lage der größten Blattbreite; Unsymmetrie). Diese Variationen wurden vom Rechner ohne irgendwelche Vorgaben ermittelt. So ist schließlich jedes Blatt nur noch durch sehr wenige Zahlenwerte beschreibbar, die die einzelnen Formanteile repräsentieren. Dies muß für mehrere Arten durchgeführt werden.

Bei der Pflanzenerkennung versucht man nun, für ein aufgenommenes Blatt diejenige Grundform inklusive der möglichen Variationsformen zu finden, die das aktuell betrachtete Blatt

am besten zu beschreiben gestatten.

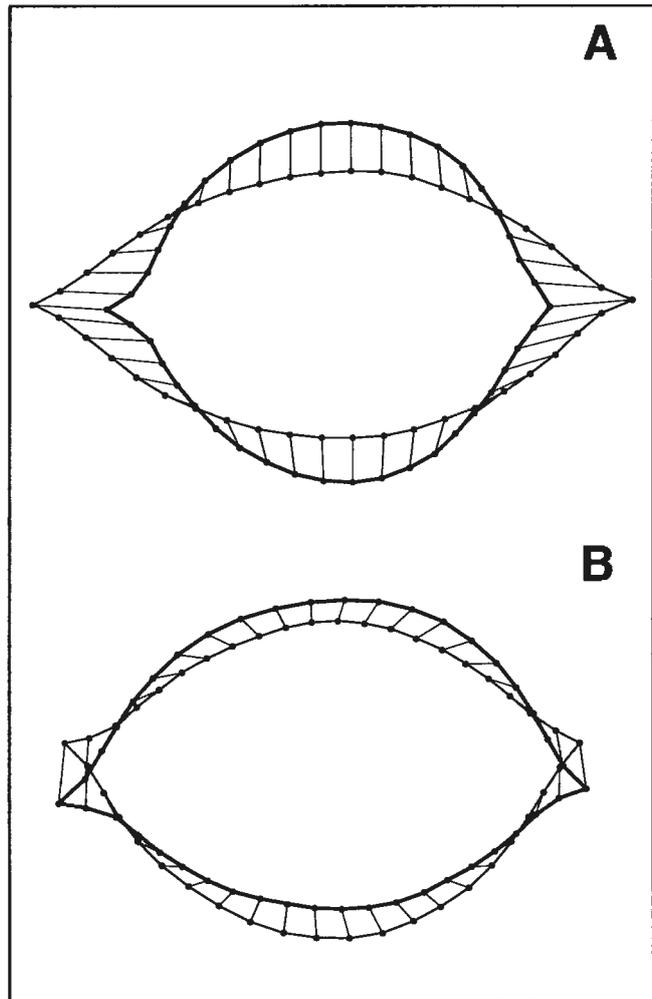


Bild 16: Die zwei Formvariationen mit größtem Beitrag zur Formvielfalt

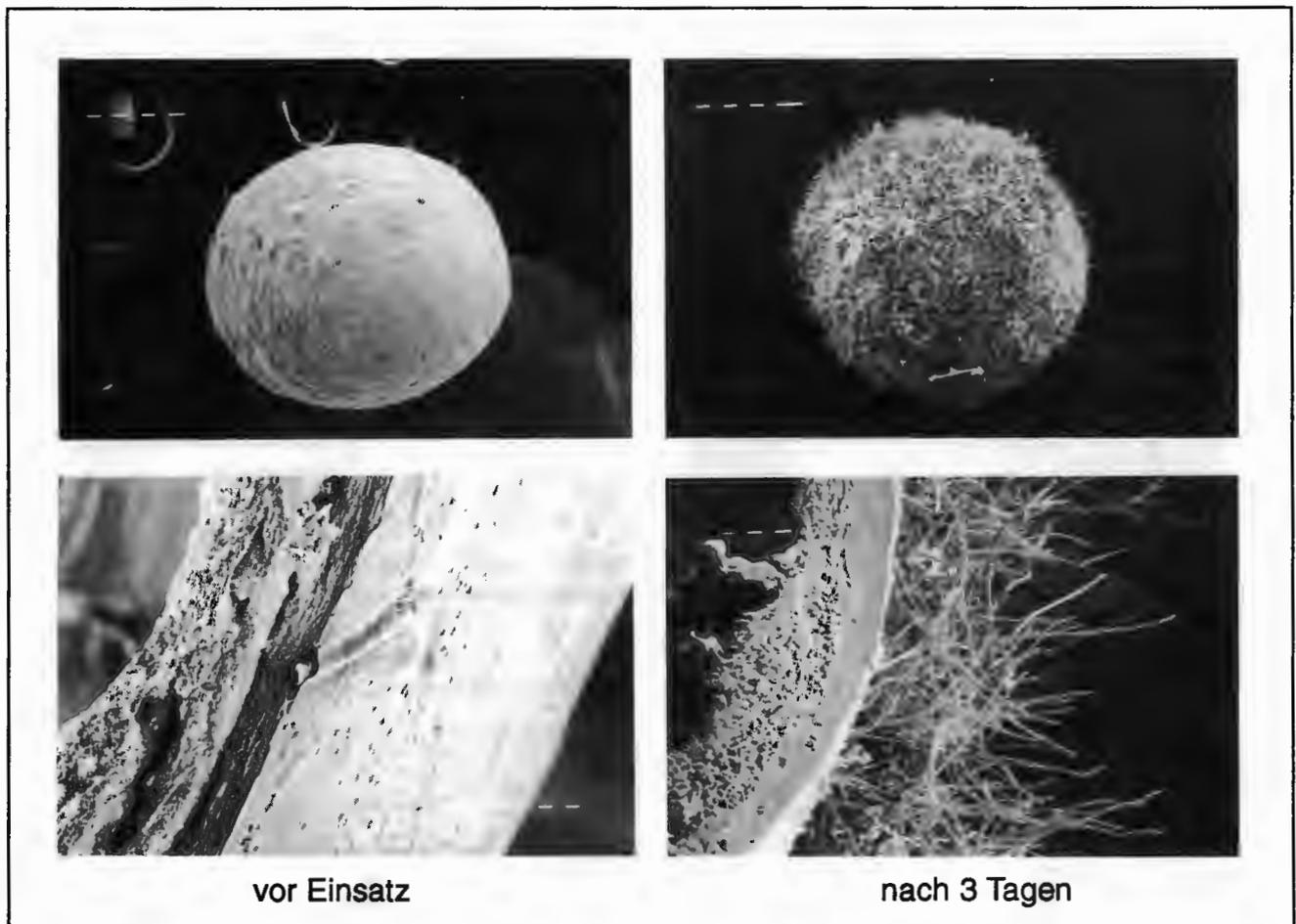


Bild 17: Verkapselter *Hirsutella rhossiliensis*. Oben: Gesamtansicht; unten: im Schnitt

Zweifellos - dies klingt ein bißchen nach Zukunftsmusik. Im Verlauf der Untersuchungen haben wir auch erkennen müssen, daß selbst schnelle Rechner und moderne Algorithmen noch weit von den menschlichen Fähigkeiten der Mustererkennung entfernt sind. Allein schon die unstrukturierte Umgebung oder die immer vorhandene Möglichkeit der partiellen Überdeckung von Blättern gestalten die Aufgabe sehr schwierig. Doch wir denken, das erhebliche Einsparungspotential an chemischen Wirkstoffen ist es wert, derartige Ansätze zu verfolgen.

Weitere Möglichkeiten der Bildverarbeitung liegen in spektral hochauflösenden Reflexionsmessungen. So weiß jeder Landwirt, daß höhere Stickstoffversorgung im allgemeinen zu einer satteren Grünfärbung des Bestandes führt. In gemeinsamen Arbeiten der Institute für Produktions- und Ökotoxikologie und Biosystemtechnik konnte auch ein Einfluß von Ozonbelastungen auf Klee im nahen Infrarotbereich ermittelt werden, noch bevor die Blätter für das menschliche Auge sichtbar geschädigt waren (Kraft et al., 1994). Diese und andere Ergebnisse lassen erwarten, daß hinsichtlich der berührungslosen und zerstörungsfreien optischen Meßtechnik noch längst nicht alle Möglichkeiten ausgereizt sind - auch wenn wir natürlich nicht die Lösung aller meßtechnischen Probleme am Objekt "Pflanze" von einer Technik allein erwarten dürfen.

Einen anderen Weg des Pflanzenschutzes verfolgt das Institut für Technologie der FAL. Entsprechend der Methodik des Instituts steht dort nicht die Nutzung der Informationstechnologie im Vordergrund, sondern die zweite in jüngster Zeit stark in Entwicklung befindliche und in immer weitere Anwendungen drängende Technologie unserer Zeit: die Biotechnologie. Im Gegensatz zur klassischen Mikrobiologie werden hier durch technische Mittel die Umgebungsbedingungen geschaffen, die den Mikroorganismen eine gute Arbeitsumgebung bereitstellen, wie z. B. Substrate und Feuchtigkeit. Dabei spielen technische Trägermaterialien, die die Mikroorganismen beherbergen, eine wichtige Rolle. Dies soll beispielhaft an der Verkapselung des Pilzes *Hirsutella rhossiliensis* dargestellt werden, der zur biologischen Bekämpfung des Zuckerrübenematoden *Heterodera schachtii* eingesetzt wird (Patel und Vorlop, 1995). Nach klassischer Kultivierung des Pilzes in Suspensionskultur wird dieser verkapselt und kann nach Trocknung gut gelagert werden. Die Kapseln werden zusammen mit dem Saatgut in den Boden eingebracht. Bereits nach wenigen Tagen zeigt sich ein gutes Wachstum des Pilzes, wie die mikroskopischen Aufnahmen einer Kugel (Bild 17) belegen. Das aus der Kugel herauswachsende Myzel ist bereits nach 3 Tagen gut zu erkennen. Die Versuchsreihe, bei der Voll- und Hohlkugeln aus abbaubarem Polymermaterial von unterschiedlicher Größe und unterschiedlichem Aufbau getestet wurden, zeigt eine hervorragende Wirksamkeit dieses biologi-

schon Pflanzenschutzverfahrens. Als Maß für den Befall wurde die Anzahl der Nematoden pro cm Wurzellänge gewählt; es nahm durch den Einsatz der Nutzorganismen um etwa den Faktor 50 ab. Hinzuzufügen ist hier noch, daß eine unverkapselte Ausbringung des Pilzes keine Wirkung zeigt, da dann die geeigneten Umgebungsbedingungen für das Wachstum des Pilzes nicht vorliegen. Dieses ist ein eindrucksvolles Beispiel für eine fruchtbare Zusammenarbeit von Biologen und Ingenieuren.

Die Liste technischer Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit im Bereich der Pflanzenproduktion ließe sich noch erheblich verlängern und natürlich auch auf die Problembereiche außerhalb von Düngung und Pflanzenschutz erweitern, die eingangs erwähnt, hier aber nicht behandelt wurden - man denke hinsichtlich Erosion oder Bodenverdichtung nur an die bereits in der Praxis eingeführten Mulchsaatverfahren oder die Möglichkeiten des verringerten Reifendrucks bei Bestellarbeiten auf dem Feld.

Anwendungen bei der Tierhaltung

Die wirksamste und konsequenteste Art der Emissionsminderung ist die Vermeidung oder Verringerung der Entstehung klimarelevanter Gase. Im Bereich der Tierhaltung ist es also nicht so sehr die Technik, die im Vordergrund steht, sondern Tierzucht und Tierernährung leisten hier grundlegende Beiträge. Es ist unbestritten, daß durch die Haltung von Hochleistungsrassen die spezifischen Emissionen gesenkt werden und daß eine proteinreduzierte leistungsgerechte Fütterung den Stickstoffgehalt der Fäkalien verringert.

Im Falle von Flüssigmistverfahren kommt der geeigneten Güllelagerung und der bodennahen Ausbringttechnik große Bedeutung zu; entsprechende technische Einrichtungen und Geräte sind im Handel erhältlich.

Hinsichtlich der Haltungsverfahren besteht noch Forschungsbedarf. Hier ist insbesondere der sogenannte Kompoststall sowohl aus Gründen der tiergerechten Haltung als auch wegen der äußerst geringen Geruchsemissionen in jüngster Zeit intensiv diskutiert worden. Im Institut für Biosystemtechnik wurden dafür zwei Meßsysteme eingehend untersucht - ein portables, leicht zu bedienendes Betriebsmeßgerät und ein hochauflösendes Fourier-Transformations-Infrarot-Spektrometer (FTIR). Zur Ermittlung von Mißweisungen durch Querempfindlichkeiten bzw. zur Kalibrierung wurde eigens eine Gasmischstation entwickelt, die es gestattet, fünf Gase in genau definierter Zusammensetzung zu mischen und auch variable Luftfeuchtigkeiten einzustellen. Ein Multiplexer leitet nun im realen Versuch, der in Kooperation mit dem Institut für Tierzuchtwissenschaften der Universität Bonn durchgeführt wurde, die Luft aus drei Versuchsställen zu den beiden Geräten, so daß eine quasi kontinuierliche Bestimmung der Gaskonzentrationen im Vergleich verschiedener Haltungssysteme möglich ist.

Die Ergebnisse der umfangreichen Untersuchungen (Krahl und Munack, 1996) können hier nicht im Detail dargestellt werden, weil abschließende Arbeiten zu dem Vorhaben noch im Gange sind. Ein wichtiges Zwischenergebnis liegt jedoch schon vor: Die beobachtete erhebliche Reduzierung der Stickstoffemissionen durch Ammoniak ging beim Kompoststall leider mit einer

erheblichen Erhöhung der Lachgasemissionen einher, so daß diese Haltungstechnik aus Gründen der Klimawirksamkeit als bedenklich eingestuft werden kann. Dies zeigt sich an der in Bild 18 erfolgten Auftragung der NH_3 - und N_2O -Konzentrationen. Man erkennt die eindeutig negative Korrelation der Konzentrationen, die sich natürlich auch bei den Emissionen bemerkbar macht. Während sich der Teilspaltenstall durch relativ hohe Ammoniakkonzentrationen auszeichnete, aber geringe Lachgaskonzentrationen aufwies, zeigte der Kompoststall hohe Lachgaskonzentrationen bei - wie auch durch eine Geruchsprobe leicht festzustellen war - sehr geringen Ammoniakkonzentrationen.

Im Vergleich mit anderen Untersuchungsergebnissen muß hier angemerkt werden, daß vom Institut für landwirtschaftliche Bauforschung der FAL sogar noch ungünstigere Werte für einen Kompoststall ermittelt wurden. Bei der in der FAL durchgeführten Versuchsreihe wies der Kompoststall sowohl hohe N_2O - als auch hohe NH_3 -Emissionen auf (Hesse, 1995). Dies deutet darauf hin, daß die Emissionen aus Kompostställen in hohem Maße von den Prozeßbedingungen abhängen (Zusammensetzung und Größenverteilung des Bettmaterials, Zusatzstoffe, Häufigkeit und generelle Vorgehensweise bei der Bettbehandlung, ...).

Geruchsbelästigungen sind ein leidiges Thema im Umfeld von Tierhaltungen, insbesondere seitdem Städter die ländlichen Gebiete im Umfeld von Städten als ruhigen Wohnsitz entdeckt haben. So mancher landwirtschaftliche Betrieb hat es schwer, gegen den Einspruch von Nachbarn bauliche Veränderungen oder gar Erweiterungen genehmigt zu bekommen. Insbesondere für neue Betriebsstandorte oder Erweiterungen lassen sich durch Begehungen auch keine zuverlässigen Geruchsgutachten erstellen, da die Geruchsquelle ja noch nicht existiert. Hier kann in Ausnahmefällen eine Simulation des Geruchsausbreitungsgeschehens wertvolle Prognosen hinsichtlich der Immissionskonzentrationen und Geruchswahrnehmungshäufigkeiten liefern. Zwei Beispiele sollen die Leistungsfähigkeit solcher Berechnungen verdeutlichen.

Das erste Szenario in Bild 19 zeigt links einen Stall mit Zwangsentlüftung durch Kamine auf dem First (Krause,

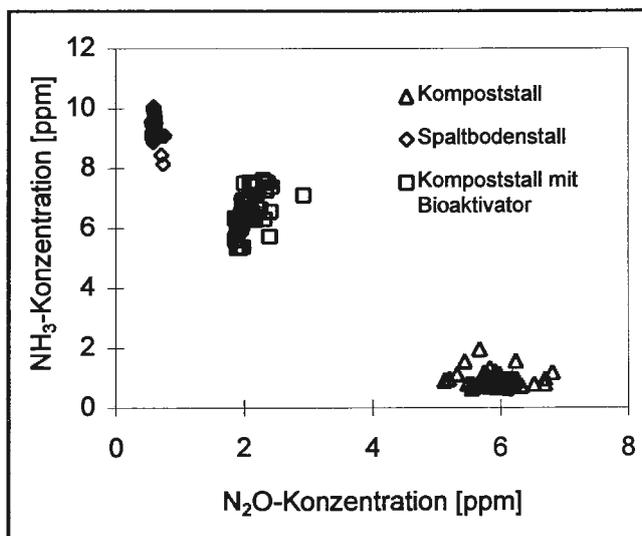


Bild 18: NH_3 - und N_2O -Konzentrationen dreier vergleichbarer Versuchsställe

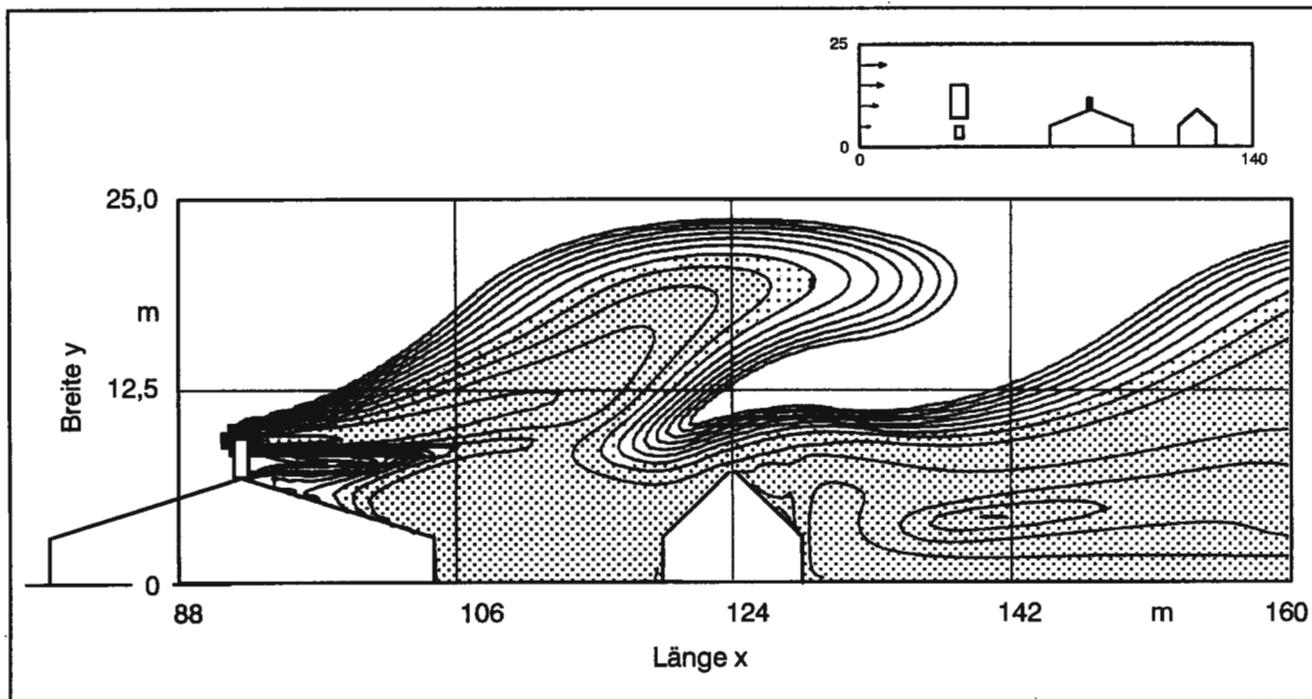


Bild 19: Ausbreitungssimulation für einen zwangsentlüfteten Stall mit Kaminen

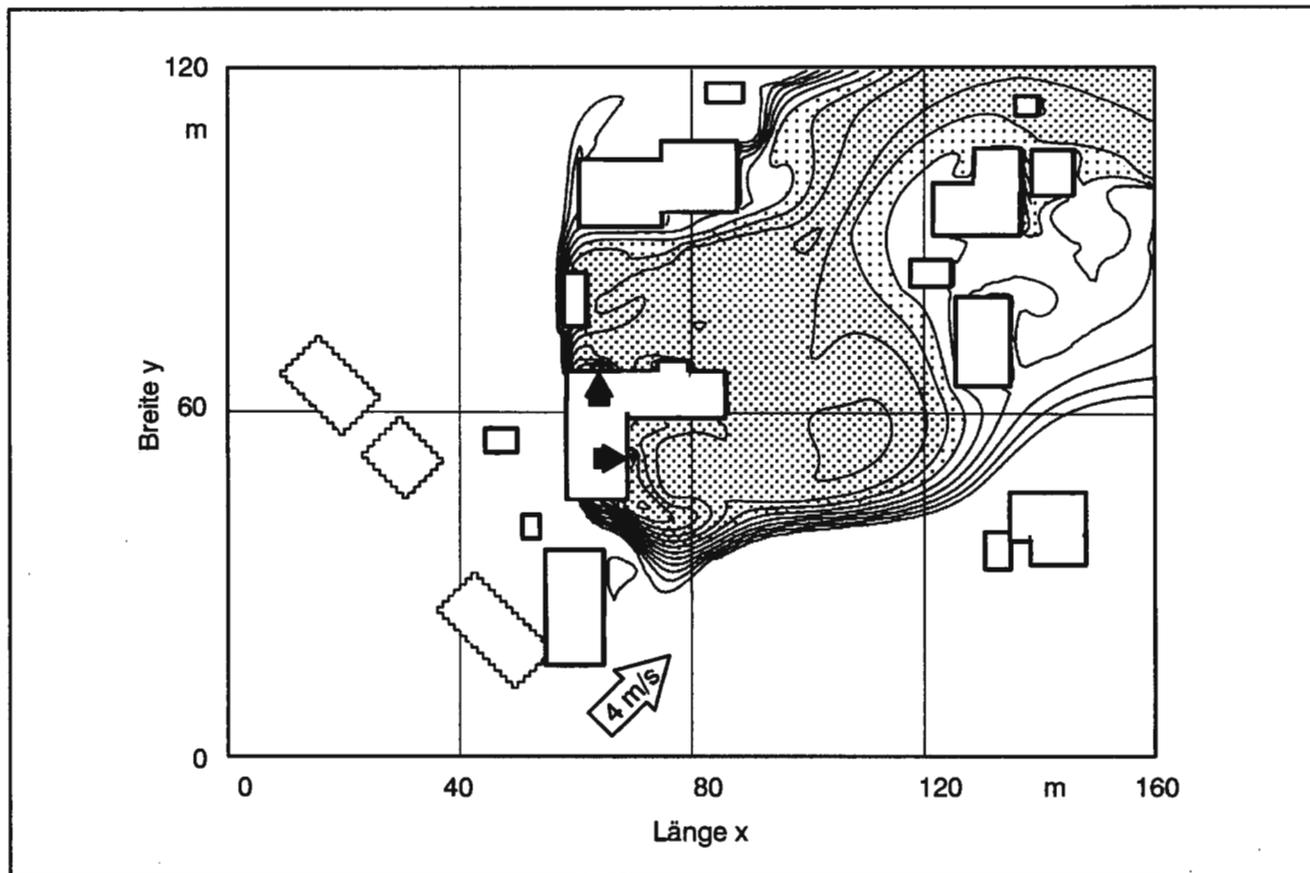


Bild 20: Komplexe Ausbreitungssimulation für einen landwirtschaftlichen Betrieb in der Nähe von Wohngebäuden

1992). Noch weiter links (und nur im oberen Übersichtsbild zu sehen) befindet sich ein Baum. Die Abbildung zeigt Geruchsisoplethen für einen zufällig herausgegriffenen Zeitpunkt; die Orte, an denen gerade Gerüche wahrnehmbar sein werden, sind gepunktet hervorgehoben. Man erkennt, daß sich eine Verwirbelung ergibt, die dazu führen kann, daß trotz einer relativ hoch über dem Stall angebrachten Emissionsquelle die im Nachlaufbereich in einem Wohnhaus lebenden Personen deutlichen Geruchsbelastungen ausgesetzt sein werden. Schuld - wenn man dieses Wort in diesem Zusammenhang benutzen darf - schuld an diesem Geschehen ist der Baum, der zu einer Wirbelbildung luvseitig vom Stallgebäude führt.

Das zweite Beispiel zeigt die Aufsicht auf ein dörfliches Gebiet; in der Mitte befinden sich Stallanlagen, rechts oben hat sich die Einfamilienhausbebauung mit Winkelbungalows dicht herangeschoben, vgl. Bild 20 (Krause und Lung, 1993). Die Windanströmung erfolgt von südwest. Durch die vielfachen Hindernisse ergibt sich eine sehr komplexe Ausbreitungssituation, die kaum mit irgendwelchen Abstandsregelungen abgeschätzt werden kann. Hier zeigt die Auswertung der Simulationen, von denen hier nur eine beispielhaft gezeigt ist, daß die zulässige Geruchswahrnehmungshäufigkeit für den Bewohner rechts oben noch nicht erreicht ist, so daß eine beantragte und hier bereits simulierte Erweiterung des Betriebes zulässig ist.

Dieses Beispiel macht deutlich, daß bei allen Bemühungen, Emissionen aus der Tierhaltung zu reduzieren, natürlich auch die Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe berücksichtigt werden muß. Landwirtschaftliche Produktion muß in den Grenzen, die ihr aus Gründen der Umweltvorsorge auferlegt werden, zulässig sein und darf nicht der administrativen Willkür ausgesetzt sein. Simulationstechnik als wertfreies Werkzeug kann dabei wertvolle Dienste leisten.

Fazit/Schlußbemerkungen

In diesem Referat wurde der Versuch unternommen, technische Beiträge für die Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Hinblick auf ökologische Verbesserungen, aber auch unter Berücksichtigung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Landwirtschaft aufzuzeigen. Diese Beiträge waren hauptsächlich von der Anwendung moderner Informationstechnik gekennzeichnet. Dies ist einerseits zu erwarten, denn der Übergang von der Agrargesellschaft in die Industriegesellschaft und in jüngster Zeit in die Informationsgesellschaft ist an der Landwirtschaft nicht vorbeigegangen. Industrielle Entwicklungen des Maschinenbaus haben bereits in der Vergangenheit zu neuen und leistungsfähigen Maschinen und baulichen Einrichtungen geführt. Die Informationsgesellschaft ebnet nun die Wege für den verstärkten Einzug der Mikroelektronik in die landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. Zukünftige Entwicklungen werden verstärkt auch die zweite wichtige Technologie des ausklingenden 20. Jahrhunderts, nämlich die Biotechnologie, nutzen.

Hinsichtlich der thematischen Auswahl für dieses Referat ist hervorzuheben, daß das sehr umfangreiche Gebiet der nachwachsenden Rohstoffe hier bewußt ausgeklammert wurde, da es schon häufig im Mittelpunkt stand und eine nur oberflächliche Behandlung nicht sachgerecht gewesen wäre. Ferner darf nicht

unerwähnt bleiben, daß Gedanken der zukünftigen stärkeren Orientierung an Kreisläufen und der nicht produktionsorientierten landwirtschaftlichen Tätigkeit, etwa im Bereich der Landschaftspflege oder auch im Freizeitbereich, künftig weitere wesentliche Rahmenbedingungen und Leitlinien für die Entwicklung der Landwirtschaft setzen werden, auf die ich hier im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit nicht eingehen konnte.

Insgesamt ist - so hoffe ich - deutlich geworden, daß nachhaltige und wettbewerbsfähige Landwirtschaft in unserer heutigen Zeit vielfältige Anstrengungen der Landwirte selbst, aber auch der Industrie sowie der Wissenschaft und Forschung erfordert. Dabei bildet disziplintübergreifende Kooperation in vielen Fällen eine wichtige Grundvoraussetzung für erfolgreiches Arbeiten. In diesem Sinne halte ich den Erhalt einer breitangelegten, leistungsfähigen Bundesforschung im Agrarbereich für essentiell und werde mich nachhaltig dafür einsetzen.

Zusammenfassung

Landwirtschaft und Umwelt stehen in enger Wechselwirkung. Ziel einer modernen landwirtschaftlichen Produktion muß es sein, die Ressourcen zu schonen und die negativen Wirkungen auf die Umwelt auf das unumgängliche Maß zu reduzieren, wobei allerdings Aspekte einer leistungs- und wettbewerbsfähigen Landwirtschaft nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Nach einer Diskussion der möglichen und tatsächlichen Umweltwirkungen der Landwirtschaft werden technische Möglichkeiten zur ökologischen Verbesserung von Produktionsverfahren aufgezeigt, die im wesentlichen jüngeren Arbeiten der Institute der FAL entstammen. Neben Anwendungen der Informationstechnik werden dabei auch Möglichkeiten für den Einsatz biotechnologischer Verfahren beispielhaft aufgezeigt.

Agriculture and the environment - contributions from engineering for a better cooperation

Agriculture and environment are closely related to each other. Modern agricultural production techniques must aim for protection of natural resources and for reduction of the negative impact onto the environment to the inevitable amount. Aspects of efficiency and competitiveness of the agricultural production, however, must be considered, too. After a discussion of possible and real impacts on the environment by agriculture, technical means for ecological improvements of agricultural production processes are demonstrated, which mainly originate from recent research work of the institutes of the FAL. Besides applications of information technology also opportunities for applications of biotechnological methods are exemplified.

Literatur

- Ahlgrimm, H.-J.; Dämmgen, U.: Beitrag der Landwirtschaft zur Emission von klimarelevanten Spurengasen. In: H. Brunnert und U. Dämmgen (Hrsg.): Klimaveränderungen und Landbewirtschaftung, Teil II. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 148, S. 75-106, FAL Braunschweig-Völkenrode, 1994.
- Auernhammer, H.: Persönliche Mitteilung, 1995.
- Auernhammer, H.; Frisch, J. (Hrsg.): Landwirtschaftliches BUS-System LBS / Mobile Agricultural BUS System LBS. KTBL-Arbeitspapier 196, Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993.
- Biller, R.H.: Optoelektronik zur Einsparung von Herbiziden in der Pflanzenproduktion. Landtechnik 50, S. 68/69, 1995.
- Biller, R.H.: Verfahren zur Reduzierung des Aufwandes an chemischen Pflanzenschutzmitteln in der Pflanzenproduktion - eine betriebstechnische Analyse. Landbauforschung Völkenrode 44, S. 205-215, 1994.
- Bundesumweltministerium (Hrsg.): Klimaschutz in Deutschland - Nationalbericht der Bundesregierung für die Bundesrepublik Deutschland im Vorgriff auf Artikel 12 des Rahmenübereinkommens der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Bonn 1994.
- Enquete-Kommission (Hrsg.): Schutz der Grünen Erde - Klimaschutz durch umweltgerechte Landwirtschaft und Erhalt der Wälder. Dritter Bericht der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre" des 12. Deutschen Bundestages, Economica-Verlag, Bonn 1994.
- Ganzelmeier, H.: Persönliche Mitteilung, 1995.
- Goering, C.E.: Recycling a concept. Agricultural Engineering, S. 25, November 1993.
- Hellebrand, H.J.; Munack, A.: Minderungsmöglichkeiten klimarelevanter Emissionen aus der Landwirtschaft. Agrartechnische Forschung 1, S. 109-119, 1995.
- Hesse, D.: Beitrag zum Kolloquium "Vergleich und Entwicklung von Mastschweinehaltungsverfahren unter besonderer Berücksichtigung von Tier- und Umweltschutz". FAL Völkenrode, Dezember 1995.
- Hildebrandt, A.; Hammer, W.; Schön, H.: Behandlungshäufigkeit und Aufwandmenge im chemischen Pflanzenschutz des Ackerbaues der Bundesrepublik Deutschland 1977 bis 1979 und 1987. Bericht aus dem Institut für Betriebstechnik der FAL Nr. 179/1989 mit Material.
- Jahns, G.; Kögl, H.: Satellitensysteme zur Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge - Ein Beitrag zur Technikfolgenabschätzung. Landbauforschung Völkenrode 43, S. 125-148, 1993.
- Jahresbericht der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft. Verschiedene Jahrgänge.
- Kling, H.: Möglichkeiten und Grenzen der Stickstoffdüngung - aus ökonomischer Sicht aufgezeigt an verschiedenen Ackerfrüchten. Der Stickstoff, H. 14, Frankfurt/M. 1986.
- Köster, W.; Severin, K.; Möhring, D.; Ziebell, H.D.: Stickstoff-, Phosphor- und Kaliumbilanzen landwirtschaftlich genutzter Böden der Bundesrepublik Deutschland von 1950-1986. Landwirtschaftskammer Hannover, 1988.
- Kraft, M.; Mejer, G.-J.; Brandes, F.; Paul, W.: Spektrale Reflexionseigenschaften von gesundem und ozongeschädigtem Weizen, Klee und Mais. Institutsbericht OZ94, Institut für Biosystemtechnik der FAL, Braunschweig 1994.
- Krahl, J.; Munack, A.: Abschlußbericht zum Forschungsvorhaben "Kontinuierliche Bestimmung der Emissionen umweltrelevanter Spurengase aus der Tierhaltung mittels FT-Infrarotmeßtechnik. Erscheint 1996.
- Krause, K.-H.: Gegenüberstellung unterschiedlicher Immissionsprognoseverfahren. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL, Hrsg.): Geruchs- und Schadgasemissionen aus der Tierhaltung. Arbeitspapier 174. Landwirtschaftsverlag, Münster, 1992.
- Krause, K.-H.; Lung, T.: Immissionsprognostik von Geruchsstoffeinträgen im Rahmen von Genehmigungsverfahren. Staub-Reinhaltung der Luft 53, S. 566-569, 1993.
- Linsley, C. M.; Bauer, F. C.: Circular No. 346, Experimental Station of the University of Illinois, 1929.
- Patel, A.; Vorlop, K.-D.: Persönliche Mitteilung, 1995.
- Paul, W.; Nielsen, H. M.: Bildverarbeitung zum Erkennen von Fahrspuren und Einzelpflanzen. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL, Hrsg.): Tagungsband zum Fachgespräch "Steuerung von Geräten zur mechanischen Unkrautregulierung", Frankfurt, 1995.
- Schön, M.; Walz, R.: Emissionen der Treibhausgase Distickstoffoxid und Methan in Deutschland. Forschungsbericht 104 02 682 UBA-FB 93-121. E. Schmidt-Verlag, Berlin 1993.
- Speckmann, H.: Manuskriptvorlage zu DIN 9684 Teil 2 (Entwurf): Schnittstellen zur Signalübertragung. Serielles BUS-System. Beuth-Verlag, Berlin, 1993.
- Speckmann, H.: Manuskriptvorlage zu DIN 9684 Teil 3 (Entwurf): Schnittstellen zur Signalübertragung. Initialisierung, Identifizierung. Beuth-Verlag, Berlin, 1993.
- Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland 1993. Landwirtschaftsverlag, Münster, 1993.
- Verfasser: Munack, Axel, Dir. u. Prof., Professor Dr.-Ing., Leiter des Instituts für Biosystemtechnik und Präsident der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode (FAL).