

Bilanzmodell Ackerbau - Eine Standortbestimmung

Prof. Dr. L. Reiner

Ackerbau und Informatik im Pflanzenbau, TU München-Weihenstephan

1. Zusammenfassung

Das Referat versucht den Rahmen abzugrenzen, indem sich ackerbauliche Tätigkeiten heute und in der Zukunft bewegen werden. Hierbei wird man mehr von der Nutzung und Gestaltung der Landschaft, als von der landwirtschaftlichen Produktion sprechen müssen. Ackerbau soll als komplexes, dynamisches Gesamtsystem verstanden werden, in dem die wichtigsten Informations- und Stoffströme aufzuzeigen und zu bilanzieren sind.

Den derzeitigen Entwicklungsstand eines "Bilanzmodells Ackerbau" geben die folgenden Beiträge.

2. Einführung

Die Bedrohung der Umwelt ist innerhalb weniger Jahren an die vorderste Stelle des öffentlichen Interesses gerückt. Unsere Gesellschaft fordert, das Wasser, die Luft, den Wald und den Boden zu schützen. Die notwendigen Aktionen, um Segmente der Umwelt zu schützen, können erst eingeleitet werden, wenn über Laboranalysen, Meßwerte von Sensoren mit nachfolgender Auswertung genügend Kenntnisse vorliegen. Diese Kenntnisse erlauben es, die Stoffströme grob abzuschätzen und zu entscheiden, ob Grenzwerte überschritten sind. Nach dieser Vorstellung sind Bilanzmodelle für die einzelnen Segmente der Umwelt zwingend erforderlich. Aggregierte Größen werden dann in einem Bilanzmodell "Ökologie" zusammengeführt.

Nachdem jeder zweite Quadratmeter der Landschaft landwirtschaftlich genutzt wird, sollen hier Vorstellungen für ein "Bilanzmodell Ackerbau" entwickelt werden. Bei der Konzeption dieses Systems sind zwei Anwendungsebenen zu sehen (Abb. 1).

- Zunächst sollen Planungs- und Prognosemodelle Entscheidungen im Bereich Fruchtfolge, Zwischenfruchtbau, Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz unterstützen.
- Aggregierte Bilanzen der Stoffströme werden im "Bilanzmodell Ökologie" genutzt.

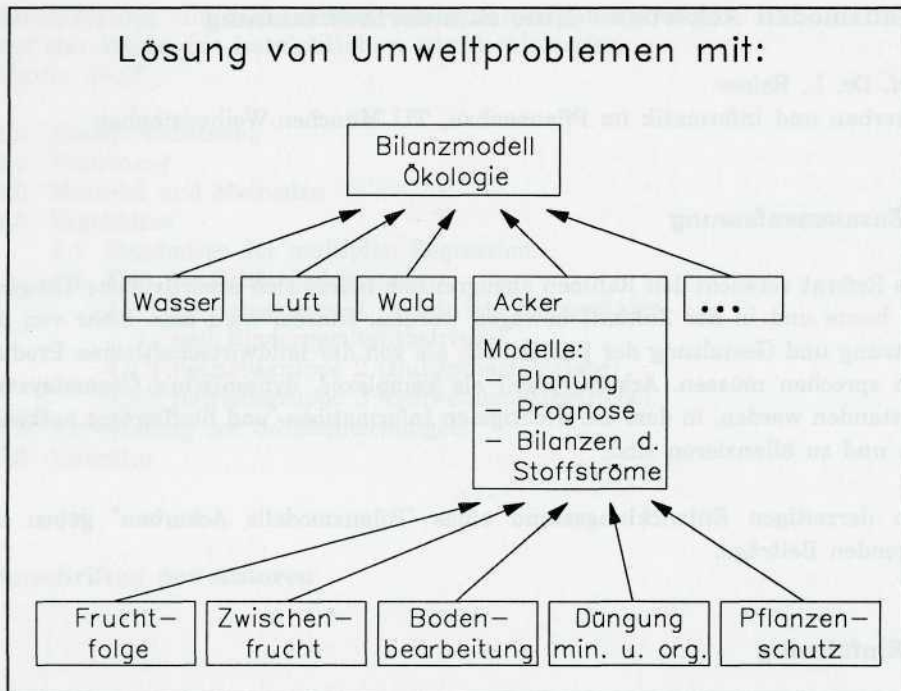


Abb. 1: Lösung von Umweltproblemen mit Bilanzmodellen. Das "Bilanzmodell Ackerbau" als Teil eines "Bilanzmodells Ökologie"

3. Ackerbau als dynamisches System

Im Ackerbau wirken dynamische, sich ständig verändernde Prozesse. In den Lehrbüchern jedoch wird ein statisches, unverzweigtes, lineares Wissen beschrieben. Für den Ackerbau wird deshalb ein anderer wissenschaftlicher Ansatz notwendig, bei dem die Veränderungen und die Vernetzung der Abläufe besser zum Ausdruck kommen.

Dieser neue wissenschaftliche Denkansatz wird von der Systemwissenschaft vertreten. Hier wird versucht, die Systeme mit den Hilfsmitteln der Mathematik zu beschreiben (Bossel, 1985).

Ein System im Ackerbau (z.B. Fruchtfolge) besteht aus sehr vielen Komponenten, die durch vielfältige Wirkungsbeziehungen miteinander verknüpft sind. Nur das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten ergibt das Verhalten des Systems mit seinen Synergiewirkungen. Nicht aber die Addition der einzelnen Eigenschaften der verschiedenen Komponenten.

Es gilt die vielfältig vernetzten Wirkungspfade ackerbaulicher Systeme offenzulegen, zu beschreiben und mit Hilfe der Mathematik zu quantifizieren. Sind die Abläufe

so formalisiert, kann die Struktur und die Dynamik dieses Systems mit den Hilfsmitteln der Softwaretechnologie am Rechner nachgebildet werden um aktuelle Probleme zu lösen. Durch Berechnungen von "was-wäre-wenn"-Situationen kann kybernetisches Wissen über das Verhalten des Systems unter verschiedenen Ausgangsbedingungen vermittelt werden.

Auf die Notwendigkeit das "lineare Denken" durch "kybernetisches Denken" zu ersetzen um Umweltprobleme zu lösen, hat vor allem Bossel (1985) hingewiesen.

3.1 Frühe Ansätze der Bilanzierung von Feldsystemen

Blättert man in alten Lehrbüchern, so stellt sich heraus, das der Ackerbau in früherer Zeit als Gesamtsystem verstanden wurde. Bereits von Wulffen (1823, 1830) ein Schüler Thaers (Thaer 1809), versuchte die Dynamik des Ackerbaues in der Formel auszudrücken:

$$\begin{array}{rcll} \text{Ertrag} & = & \text{Thätigkeit} & \times & \text{Reichtum} \\ E & = & T & \times & R \end{array}$$

Mit "Reichtum" wurde die Ertragsfähigkeit des Bodens und mit "Thätigkeit" der Teil der Ertragsfähigkeit (Reichtum) verstanden, der jedes Jahr durch die Ernte dem Boden entzogen wurde. Das 1847 erschienene Buch (von Wulffen, 1847) mit dem Titel "Entwurf einer Methodik zur Berechnung der Feldsysteme" beweist, daß in dieser frühen Zeit des Ackerbaues bereits in Stoffströmen und Bilanzierungen gedacht und gehandelt wurde (de Witt, 1974). Unzutreffenderweise bezeichnete von Wulffen diesen dynamischen Ansatz als statisches Gesetz. Er hat das komplexe System Ackerbau sorgfältig analysiert, lange bevor der Begriff der Systemanalyse eingeführt wurde. Von Wulffen ist durch diese grundlegenden Arbeiten der Begründer einer Systemanalyse für den Ackerbau.

3.2 Der "Teufelskreis" der Folgewirkungen der hohen Intensität im Ackerbau

Durch die verstärkt einsetzenden Wirtschaftlichkeitsberechnungen für einzelne Fruchtarten verkümmerte das Denken in Zusammenhängen und die Systembetrachtung mit den bekannten Folgen. Aus ökologischer Sicht sind die vereinfachten Fruchtfolgen, die Düngung, der Pflanzenschutz und die Mechanisierung kritische Bereiche. Die Probleme sind entstanden durch günstige Preis-, Kostenrelationen in der verkürzten Wirtschaftlichkeitsberechnung des Deckungsbeitrags.

Die Abbildung 2 zeigt die Kettenreaktion (Teufelskreis) der Folgewirkungen dieser Entwicklungen (links vom Pfeil):

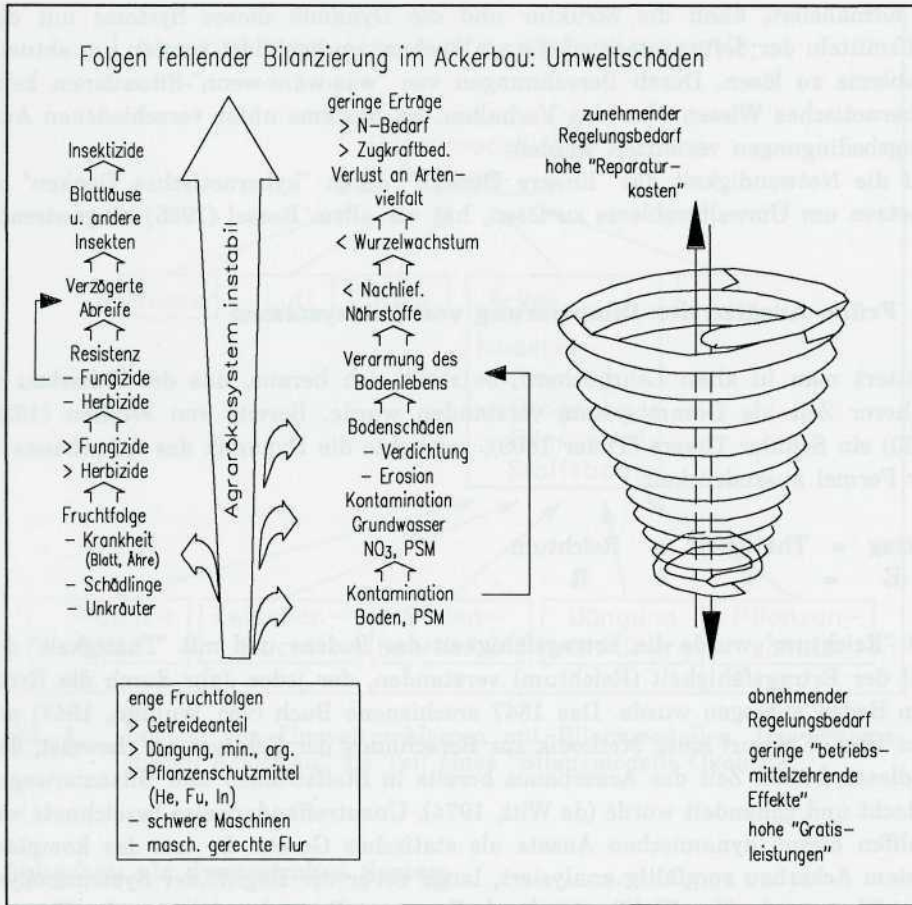


Abb. 2: Die Entwicklung des intensiven Ackerbausystems mit zunehmendem Regelungsbedarf und hohen "Reparaturkosten" (nach Bäumler, verändert)

Enge Fruchtfolgen führen zu verstärktem Befall mit Krankheiten und dem Auftreten von Unkräutern und Schädlingen.

Die Folge ist ein hoher Herbizid- und Fungizidaufwand mit verstärkt auftretenden Resistenzen gegen Herbizide und Fungizide und eine Zunahme der Aufwandmengen.

Verzögerte Abreife nach Fungizidanwendung führen zum Auftreten von Blattläusen mit der Folge des verstärkten Einsatzes von Insektiziden.

Abbildung 2 (rechts vom Pfeil):

Hoher Aufwand an Pflanzenschutzmitteln und erhöhte mineralische und organische N-Düngung führte zur Kontamination des Bodens und des Grundwassers mit Pflanzenschutzmitteln(PSM) und Stickstoff.

Durch den Einsatz schwerer Maschinen erfolgten Unterbodenverdichtungen, Strukturschäden und Bodenabtrag. Folgewirkungen sind eine Verarmung des Bodenlebens, eine geringere Nachlieferung von Nährstoffen und geringes Wurzelwachstum.

Die sinkenden Erträge dieser Entwicklung werden durch erhöhte Stickstoffdüngung ausgeglichen. Weitere Folgen sind erhöhter Zugkraftbedarf und ein Verlust an Artenvielfalt.

Pommer (1991, 1991a) konnte kürzlich in mehrjährigen Fruchtfolgeversuchen einige dieser Folgewirkungen eindrucksvoll zeigen.

Für das heutige, intensive, un stabile System des Ackerbaues ist ein zunehmender Regelungsbedarf durch Eingriffe kennzeichnend (Abb. 2, rechte Seite, oben). Die "Reparaturkosten" sind extrem hoch um die negativen Wirkungen im System wieder auszugleichen. Die Betriebswirtschaft spricht von "hohen betriebsmittelzehrenden Effekten" (Heißenhuber, 1991).

3.3 Ein stabiles Ackerbausystem mit geringen betriebsmittelzehrenden Effekten

Dieses heutige, intensive System des Ackerbaues muß "zurückreguliert" werden, um auf einer reduzierten Stufe wieder vermehrt Synergieeffekte und hohe "Gratisleistungen" (z.B. Vorfruchtwert) des Systems zu nutzen. Betriebswirtschaftlich gesprochen wäre das ein stabiles Ackerbausystem mit "geringen betriebsmittelzehrenden Effekten" (Abb. 2, rechte Seite, unten).

Ein Ziel wäre, auf der Ertragskurve in der Abbildung 3 vom konventionell intensiv wirtschaftenden (1) zum integrierten Betrieb (2) überzugehen (Albrecht u.a., 1990). Dieses integrierte System der Landbewirtschaftung könnte auf der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche durchgeführt werden, mit dem Effekt einer abnehmenden Umweltbelastung. Der extensive Betrieb (3) kann nur das Ziel für wenige Landwirte sein, da der Markt für alternative Produkte nicht so aufnahmefähig ist.

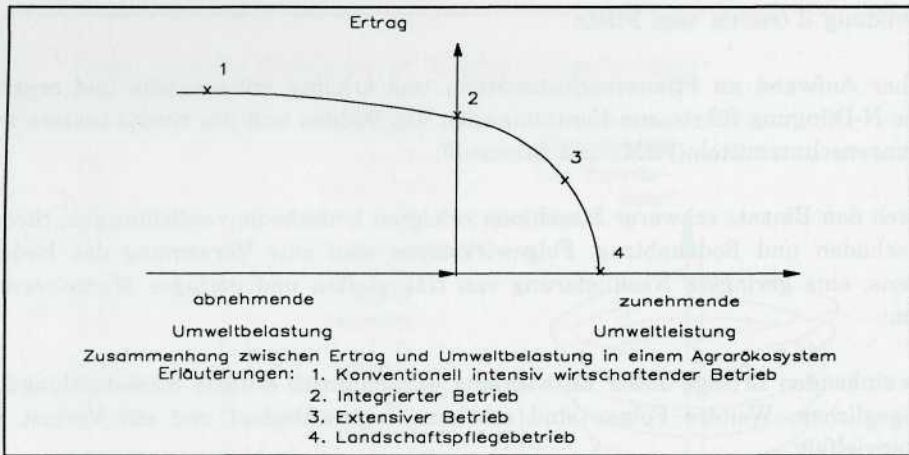


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Ertrag und Umweltbelastung in einem Agrar-
 ökosystem (Albrecht u.a., 1990)

Die integrierte Landwirtschaft wird auch durch den Preisrückgang für die landwirtschaftlichen Produkte gefördert werden (Abb. 4). Der Abbildung ist zu entnehmen, daß die Erzeugerpreise für Weizen seit dem Wirtschaftsjahr 1982/83 rückläufig sind.

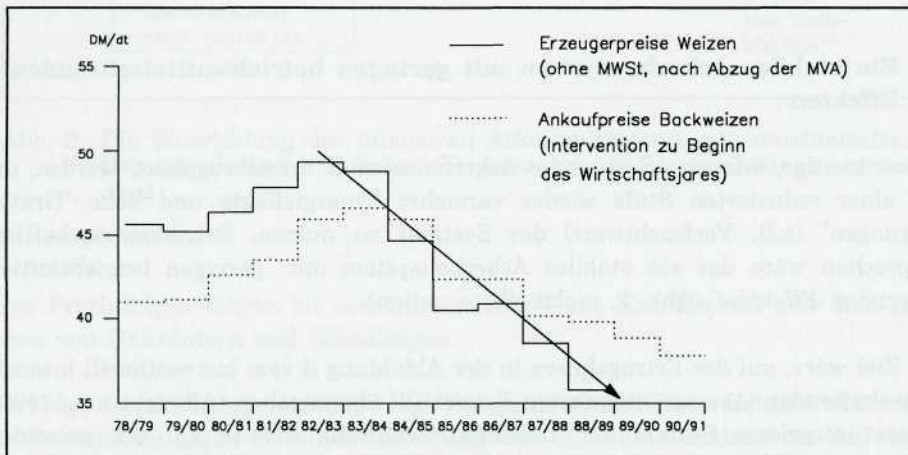


Abb. 4: Der Rückgang der Erzeugerpreise bei Weizen (Heißenhuber, 1991)

Wenn auch die Weizenpreise das Weltmarktniveau von 22 DM/dt nicht erreichen werden, wird eine Produktionstechnik gefördert, die geringe "Reparaturkosten" und geringe "betriebsmittelzehrende Effekte" erfordert. In diesem Anbausystem einer stark reduzierten Intensität gilt es die "Gratisleistungen" des Systems verstärkt zu nutzen.

Durch eine Auswertung von Schlagkarteien aus der Köln-Aachener Bucht (Heißenhuber, 1991) ist am Variationskoeffizienten des Deckungsbeitrages nachzuweisen, daß Standorte mit naturbedingtem höheren Anbaurisiko bei erhöhtem Aufwand unsicher produzieren. Durch den Vergleich der Standorte mit Ackerzahlen bis 60 Bodenpunkten und über 60 kommt das klar zum Ausdruck.

Bei fallenden Weizenpreisen wird nur die dem Standort angepasste, niedrigere Intensität rentabel sein. Die Variabilität des Deckungsbeitrages deckt einen Betrag von plus/minus 300-400 DM ab (Abb. 5).

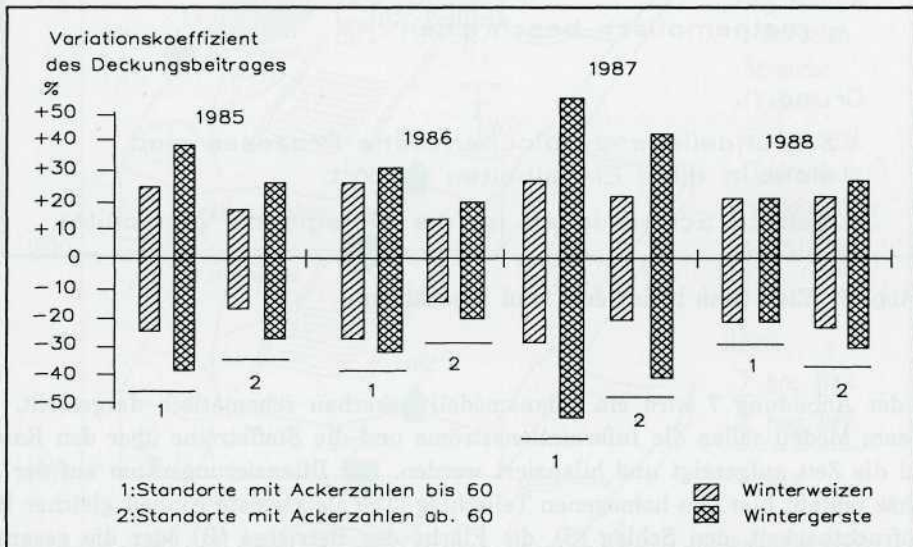


Abb. 5: Standorte mit Ackerzahlen < 60 produzieren unsicherer; Auswertung von Schlagkarteien der Köln-Aachener Bucht (Heißenhuber, 1991)

4. Das Bilanzmodell Ackerbau

Die "Gratisleistungen" des Systems können erst wirksam in Erträge umgewandelt werden, wenn die Informationsströme bekannt und die Stoffströme grob bilanziert und abgeschätzt werden (Abb. 6). Dabei genügt es zunächst, durch Feldversuche belegte, bekannte, empirische Beziehungen zu formalisieren und mathematisch zu beschreiben. In erster Näherung dieser Bilanzierung genügt diese grobe Beschrei-

bung der Zusammenhänge, da die zugrundeliegenden biochemischen Prozesse in der Regel nicht in allen Einzelheiten geklärt sind. Eine weitere Schwierigkeit ist die natürliche biologische Variabilität, die sich bei grober Betrachtung auf das Ergebnis nicht so sehr auswirkt. Ist ein grobes, nährungsweises Bilanzierungssystem erarbeitet, können weitere Details und Einzelheiten im Laufe der Zeit eingearbeitet werden.

<p>Ziel: Grob bilanzieren und abschätzen</p> <p>Wie ist die Regelstruktur des Systems im Modell abzubilden?</p> <ul style="list-style-type: none">- durch Versuche belegte, bekannte, empirische Beziehungen formalisieren und- mathematisch beschreiben <p>Grund:</p> <ul style="list-style-type: none">• zugrundeliegende biochemische Prozesse sind nicht in allen Einzelheiten geklärt.• Weitere Schwierigkeit ist die biologische Variabilität.

Abb. 6: Ziel: Grob bilanzieren und abschätzen

In der Abbildung 7 wird ein Bilanzmodell Ackerbau schematisch dargestellt. In diesem Modell sollen die Informationsströme und die Stoffströme über den Raum und die Zeit aufgezeigt und bilanziert werden. Der Bilanzierungsraum auf der X-Achse umfaßt hier den homogenen Teilschlag (TS) als kleinste Einheit gleicher Bodenfruchtbarkeit, den Schlag (S), die Fläche des Betriebes (B) oder die gesamte Region (R, z.B. Wassereinzugsgebiet).

Alle auf diesen Räumen ablaufenden Prozesse und Informationsströme sind über die Zeit zu betrachten. Auf diese Flächen werden die Betriebsmittel (organische, mineralische Düngemittel, Pflanzenschutzmittel (PS), Herbizide (HE), Fungizide (FU), Insektizide (IN)) und Nährstoffe über den Niederschlag (NS) sowie Technik und Arbeit eingeführt. Gleichzeitig wirken die Witterungselemente (Globalstrahlung (GS), Temperatur (T), Niederschläge (NS) sowie CO₂ auf diese Fläche.

Zur Bilanzierung dieser Stoffströme sind Daten aus dem digitalisierten Kataster, Labordaten, Daten von Sensoren, aus Flugbildern, der Schlagkartei und der Elektronik am Schlepper und in den Verteilgeräten zu erheben. Aus diesen Daten werden digitalisierte Feldpläne erstellt, mit deren Hilfe es möglich wird, die Teil-

Bilanzmodell Ackerbau

(Nach Infoströmen, Stoffströme über Raum und Zeit bilanzieren)

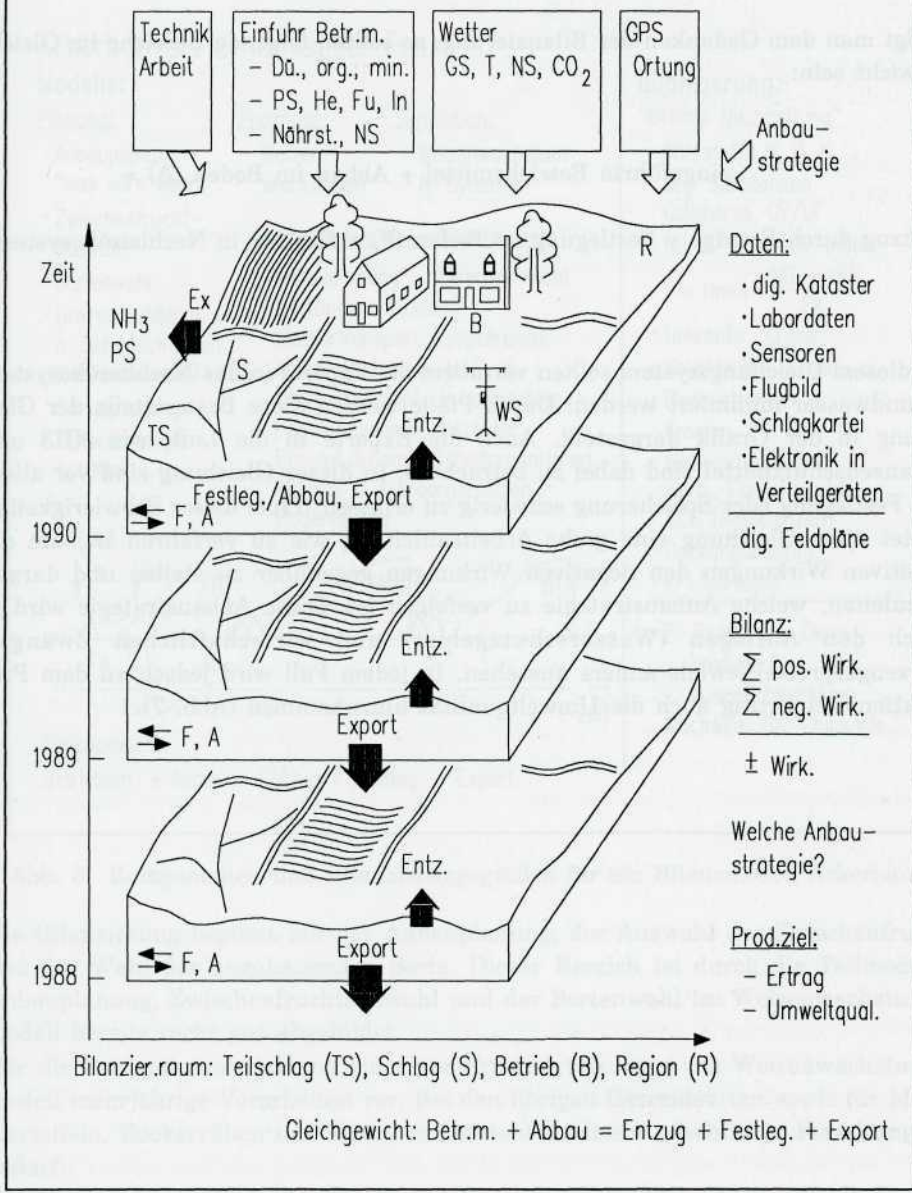


Abb. 7: Das Bilanzmodell Ackerbau

schläge gleicher Bodenfruchtbarkeit bei der Düngung und der Unkrautbekämpfung zu behandeln. Bei dieser Teilflächenbehandlung wird neben dem Raster der Fahr-gassen in Zukunft zunehmend die GPS-Ortung (Global Positioning System) einge-setzt werden.

Folgt man dem Gedanken der Bilanzierung, so sollten folgende Bereiche im Gleich-gewicht sein:

$$\text{eingeführte Betriebsmittel} + \text{Abbau im Boden (A)} =$$

Entzug durch Erträge + Festlegung im Boden (F) + Exporte in Nachbarökosysteme

In diesem Gleichungssystem sollten vor allem die Exporte in das Nachbarökosystem Grundwasser minimiert werden. Durch Pfeile werden diese Bestandteile der Gleichung in der Grafik dargestellt. Auch die Exporte in die Luft, wie NH_3 und Pflanzenschutzmittel sind dabei zu betrachten. In dieser Gleichung sind vor allem die Festlegung oder Speicherung schwierig zu erfassen. Trotz dieser Schwierigkeiten bietet diese Gleichung eine grobe Arbeitsanleitung wie zu verfahren ist, um die positiven Wirkungen den negativen Wirkungen gegenüber zu stellen und daraus abzuleiten, welche Anbaustrategie zu verfolgen ist. Diese Anbaustrategie wird je nach den Auflagen (Wasserschutzgebiet) und wirtschaftlichen Zwängen (Erzeugerpreise) jeweils anders aussehen. In jedem Fall wird jedoch zu dem Produktionsziel Ertrag auch die Umweltqualität hinzukommen (Abb. 7).

4.1 Notwendige Teilmodelle für die dynamischen Abläufe des Ackerbaues

Folgt man der Idee der Bilanzierung ackerbaulicher Stoffströme, so kommt man zu folgenden Komponenten eines Bilanzmodells Ackerbau (Abb. 8, mittlerer Teil).

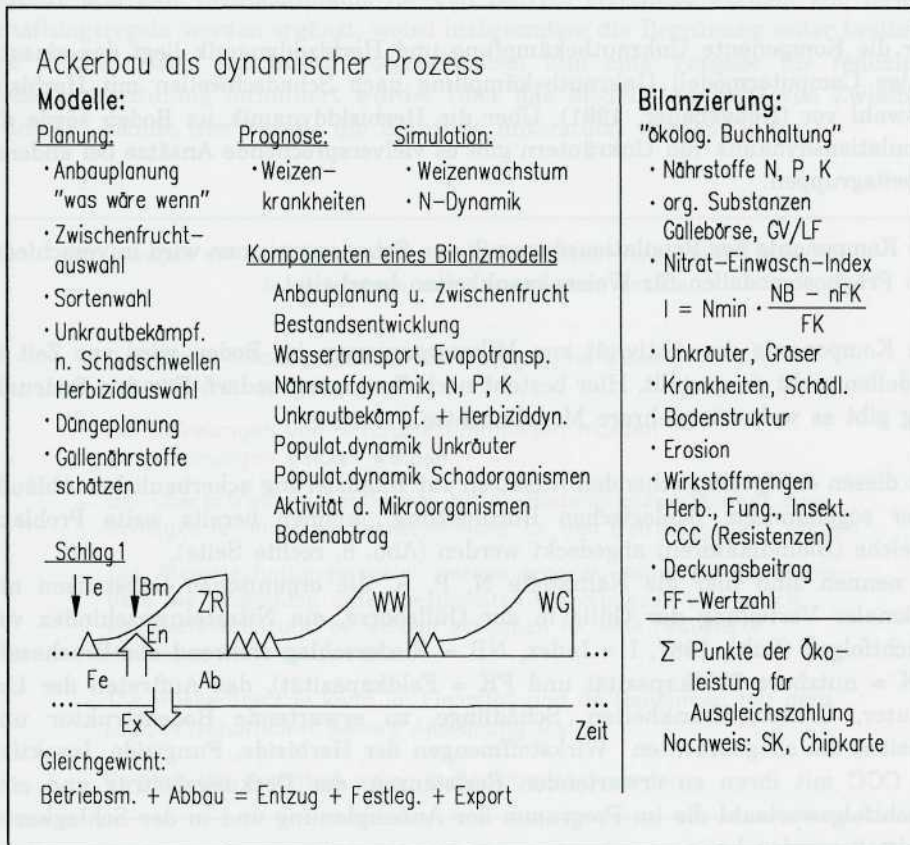


Abb. 8 Komponenten und Bilanzierungsgrößen für ein Bilanzmodell Ackerbau

Die Bilanzierung beginnt mit der Anbauplanung, der Auswahl der Zwischenfrucht und der Wahl der anzubauenden Sorte. Dieser Bereich ist durch die Teilmodelle Anbauplanung, Zwischenfruchtauswahl und der Sortenwahl im Weizenwachstumsmodell bereits recht gut abgebildet.

Für die Bestandesentwicklung einzelner Fruchtarten liegen im Weizenwachstumsmodell mehrjährige Vorarbeiten vor. Bei den übrigen Getreidearten sowie für Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben und Grünland besteht noch ein erheblicher Forschungsbedarf.

Die Komponenten Wassertransport und Evapotranspiration sind im Weizenwachstumsmodell gut abgebildet.

Hinsichtlich der Nährstoffdynamik ist das Modell N-Dynamik schon recht weit entwickelt. Die Nährstoffe N, P, K werden in der Düngeplanung über die Fruchtfolge bilanziert. Die Abschätzung von Nährstoffen der wirtschaftseigenen Dünger auf der Basis des betrieblichen Stoffkreislaufes (Fütterung, Aufstallung, Leistung) wird ebenfalls in einem erfolgversprechenden Ansatz verwirklicht.

Für die Komponente Unkrautbekämpfung und Herbiziddynamik liegt das einsatzfähige Computermodell Unkrautbekämpfung nach Schadschwellen mit Herbizid-auswahl vor (Neugebauer, 1991). Über die Herbiziddynamik im Boden sowie die Populationsdynamik von Unkräutern gibt es vielversprechende Ansätze bei anderen Arbeitsgruppen.

Die Komponente der Populationsdynamik von Schadorganismen wird in verschiedenen Prognosemodellen für Weizenkrankheiten bearbeitet.

Die Komponente der Aktivität von Mikroorganismen im Boden wird zur Zeit in Modellen nicht dargestellt. Hier besteht noch Forschungsbedarf. Für den Bodenabtrag gibt es weltweit mehrere Modellansätze.

Mit diesen erfolgversprechenden Ansätzen zur Bilanzierung ackerbaulicher Abläufe, einer sogenannten "ökologischen Buchhaltung", können bereits weite Problem-bereiche (Bioindikatoren) abgedeckt werden (Abb. 8, rechte Seite).

Zu nennen sind hier die Nährstoffe N, P, K, die organischen Substanzen mit regionaler Verteilung der Gülle in der Güllebörse, ein Nitrateinwaschindex von Fruchtfolgen (Puhl, 1987, I = Index, NB = Niederschlag während der Brachezeit, nFK = nutzbare Feldkapazität und FK = Feldkapazität), das Auftreten der Unkräuter, Gräser, Krankheiten, Schädlinge, zu erwartende Bodenstruktur und Erosion, die ausgebrachten Wirkstoffmengen der Herbizide, Fungizide, Insektizide, CCC mit ihren zu erwartenden Resistenzen, der Deckungsbeitrag und eine Fruchtfolgewartzahl die im Programm der Anbauplanung und in der Schlagkartei ermittelt werden kann.

4.2 Ausgleichszahlung nach der Summe der Punkte für die ökologischen Leistungen

Mit der Summe der Punkte dieser Bilanzierungsgrößen (Bioindikatoren) kann die ökologische Leistung eines Landwirts (Feld, Betrieb) und für die Region (Wasser-einzugsgebiet) abgeschätzt werden. Diese Leistung sollte die Grundlage sein für entsprechende Ausgleichszahlungen. Die Ökoleistungen können nachgewiesen werden durch die Aufzeichnung in der Schlagkartei oder elektronisch gespeichert auf der Chipkarte. So wird die Chipkarte zum Beweismittel (Schwarzer, 1990).

Daß diese Vorschläge einen durchaus realistischen Hintergrund haben, beweisen die nunmehr dreijährigen Erfahrungen mit der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in Baden-Württemberg (Abb. 9). Auch hier müssen bei Überschreitung bestimmter Grenzwerte für das Nitrat im Boden eine Schlagkartei geführt und eine Stickstoffbilanz für den Betrieb errechnet werden. Die Bewirtschaftungsregeln werden ergänzt, wobei insbesondere die Begrünung unter bestimmten Verhältnissen verbindlich vorgeschrieben und eine Vorgabe für reduzierte Bodenbearbeitung formuliert wurde. Über das Modell "Auswahl von Zwischenfrüchten" könnte hier bereits die Beratung unterstützt werden.

- Erfahrungen mit der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO)
in drei Jahren und Konsequenzen daraus
- Der Nitrat-Bodengrenzwert von 45 kg N/ha bleibt grundsätzlich bestehen
 - Bei Befreiungen von Schutzbestimmungen müssen Aufzeichnungen geführt werden
 - Bei Überschreitung bestimmter Nitrat-Bodengrenzwerte muß eine Schlagkartei und eine Stickstoffbilanz für den Betrieb geführt werden
 - Die "Bewirtschaftungsregeln" werden ergänzt, dabei wird insbesondere die Begrünung unter bestimmten Verhältnissen verbindlich vorgeschrieben und es werden Vorgaben für eine reduzierte Bodenbearbeitung formuliert
 - Die Wasserbehörde kann im Einzelfall und im Benehmen mit dem Landwirtschaftsamt weitere Anordnung treffen
 - Verbindliche Vorgaben sollen bußgeldbewehrt werden

Abb. 9: Erfahrungen mit der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in drei Jahren und Konsequenzen daraus (Sabel, 1991)

Diese praktischen Beispiele aus Baden-Württemberg zeigen, daß eine Bilanzierung der Stoffströme im Ackerbau zwingend notwendig ist um Umweltschäden zu vermeiden und Umwelleistungen den Landwirten zu entschädigen. Nimmt man den Gesetzestext des Düngemittelgesetzes, des Pflanzenschutzgesetzes und der Trinkwasserverordnung ernst, müßte mehr als heute üblich in der Schlagkartei aufgezeichnet und mit den entsprechenden Planungsmodellen bilanziert werden (Abb. 10).

Nach der Aussage von Priew (1989) bewegen wir uns hin "zu einer verordneten

Drei Gesetze werden Ackerbau verändern:

- **Düngemittelgesetz** (12.07.89)
"Zur guten fachlichen Praxis gehört, die Düngung nach Art, Menge und Zeit auf Bedarf der Pflanzen unter Berücksichtigung... der organischen Substanz...auszurichten".
Rechtsverordnung bestimmt "gute fachliche Praxis".
- **Pflanzenschutzgesetz** (27.07.88)
 - Zulassung verschärft
 - Novellierung vorgesehen:
"Gute fachliche Praxis bei der Anwendung wird durch Rechtsverordnung festgelegt"
- **Trinkwasserverordnung:** (22.05.1986)
 - Nitrat: Grenzwert 50 mg/l (Richtwert EG 25 mg/l)
 - Pflanzenschutzmittel: 0,1 Mikrogramm/l
 - neue Wasserschutzgebiete: Bayern 3%, Hessen Ziel 25%

Priew (1989) BML:

" Wir bewegen uns hin zu einer verordneten Landwirtschaft"

Abb. 10: Drei Gesetze werden den Ackerbau verändern

Landbewirtschaftung". Deshalb sollten auch konsequent die Stoffströme verfolgt und berechnet werden, um zu einer ordnungsgemäßen und umweltgerechten Landwirtschaft zu kommen. Wenn das jetzige System der Landwirtschaft die Umwelt belastet, dann sind Wege einzuleiten, um das abzustellen. Eine Schlagzeile "Trinkwasser ist sauber und gesund" kann solange in der Öffentlichkeit nicht überzeugen (Abb. 11), solange bei jeder dritten Wasserversorgungsanlage in Bayern der festgelegte Grenzwert von Atrazin überschritten wurde.

"Trinkwasser ist sauber und gesund"

Staatsekretär Huber: Grenzwerte werden nur selten überschritten

Zur Zeit werden, wie der Staatsekretär ausführte, durch Eindringen von Nitraten und Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser nur in einigen Fällen die niedrig gelegten Grenzwerte überschritten. Der in die Trinkwasserversorgung übernommene EG-Grenzwert von 50 Milligramm Nitrat pro Liter werde bei nur 5,8 Prozent aller Wasserversorgungsanlagen mit 2,2 Prozent der insgesamt gelieferten Wassermenge überschritten. Belastungen durch Pflanzenschutzmittel vor allem durch das inzwischen vom Markt genommene Atrazin, wurden bei jeder dritten Anlage festgestellt; bei jeder zehnten war der im Interesse des Gesundheitsschutzes besonders niedrig festgelegte Grenzwert von 0,5 Mikrogramm pro Liter überschritten.

Abb. 11: "Trinkwasser ist sauber und gesund" (Bayer. Landw. Wochenblatt, 2. März 1991, S. 17)

5. Kann das Teilschlagkonzept die Forderung der Ökologie nach einer Vernetzung der Agrarlandschaft verwirklichen?

Die Fauna findet die besten Entwicklungsbedingungen vor, wenn innerhalb einer Agrarlandschaft kleinräumig sich die behandelten Flächen mit den unbehandelten abwechseln. Durch den Einsatz der Elektronik am Schlepper und in den Verteilgeräten wird es möglich, bei der Stickstoffdüngung und bei der Unkrautbekämpfung Teilflächen zu behandeln (Amon, 1991, Amon und Reiner, 1991).

Auf der in der Abbildung 12 dargestellten Fläche wurden die Unkräuter kartiert. Mit Hilfe des Modells zur Unkrautbekämpfung nach Schadschwellen konnten die bekämpfungswürdigen und nichtbekämpfungswürdigen Teilflächen unterschieden werden (Schönleber, 1991).

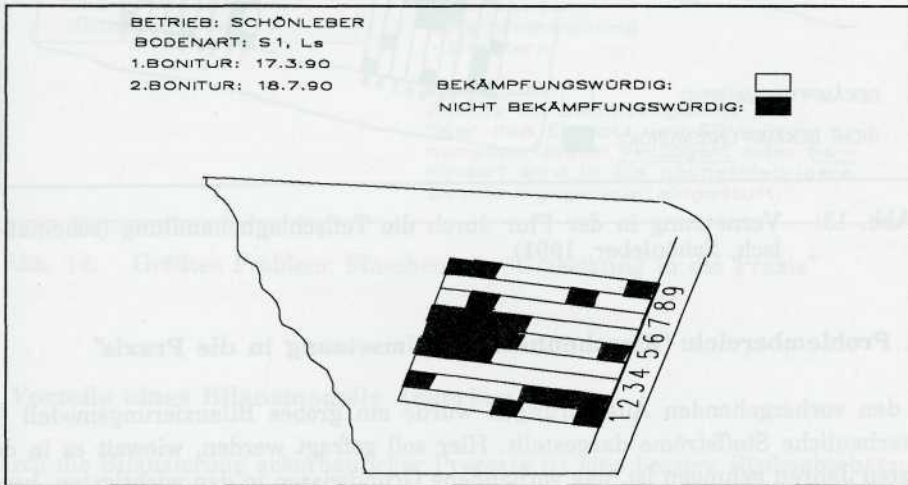


Abb. 12: Unkrautkartierung nach bekämpfungswürdigen und nicht bekämpfungswürdigen Teilflächen (Schönleber, 1991)

Die Unkrautbekämpfung nach dem Kartierergebnis erfolgt nach dem Fahrgassenraster (Abb. 12, 1-9). Um die aus der Sicht der Ökologie wünschenswerte Vernetzung in der Flur durch die Teilschlagbehandlung grob schematisch sichtbar zu machen, ist dieses Kartierergebnis in einer größeren Flur dargestellt worden (Abb. 13). Dieses schematisch dargestellte Beispiel macht deutlich, wie durch genauere Beobachtung und Kartierung der Unkrautpopulation in digitalisierten Verbreitungskarten durch Speicherung auf der Chipkarte der Bordcomputer das Ausbringungsgerät steuern kann, um nur bekämpfungswürdige Teilflächen zu behandeln. Findet diese Technik weite Verbreitung wäre die Folge eine Vernetzung der Flur, die das Überleben der Fauna sicherstellen könnte.

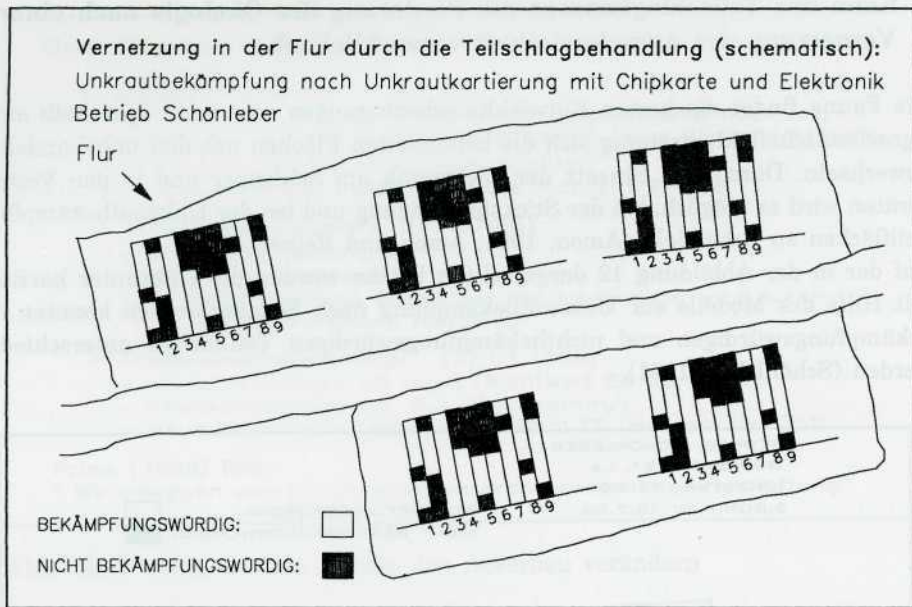


Abb. 13: Vernetzung in der Flur durch die Teilschlagbehandlung (schematisch, Schönleber, 1991)

5.1 Problembereich: "Flaschenhals der Umsetzung in die Praxis"

In den vorhergehenden Ausführungen wurde ein grobes Bilanzierungsmodell für ackerbauliche Stoffströme dargestellt. Hier soll gefragt werden, wieweit es in den letzten Jahren gelungen ist, das vorhandene Grundwissen in den wichtigsten, heute schon arbeitsfähigen Computermodellen, in der Praxis einzusetzen.

Trotz vieler Erfolge muß festgestellt werden, daß der Einsatz dieser Modelle in der breiten landwirtschaftlichen Praxis noch sehr mangelhaft ist. Dieser äußerst unbefriedigende Umsetzungswille war in der Vergangenheit sehr stark und ist heute noch vorhanden bei Landwirten, der Agrarverwaltung, vielen Beratern und Wissenschaftlern. Aus den ersten Tagen rechnerischer Planungshilfen im Ackerbau, der Entwicklung der EDV-gestützten Schlagkartei ist bekannt, daß einige Experten der staatlichen Pflanzenbauberatung die Schlagkartei heftig abgelehnt haben mit dem Argument, sie würde den exakten Feldversuch verdrängen.

Die Einführung der EDV-Düngeplanung wurde von den Düngerexperten mit dem Argument abgelehnt, die wenigen, einfachen Rechenschritte sollte man mit dem Taschenrechner ausführen.

Obwohl das Problem der Akzeptanz durchaus ernst zu nehmen ist, soll der in Abbildung 14 nicht ganz ernsthaft gemeinte Vorschlag gemacht werden. Lösungen

dieses Problems zeichnen sich ab durch den verstärkten Einsatz privater Berater der Wasserwerke und der Maschinenringe.

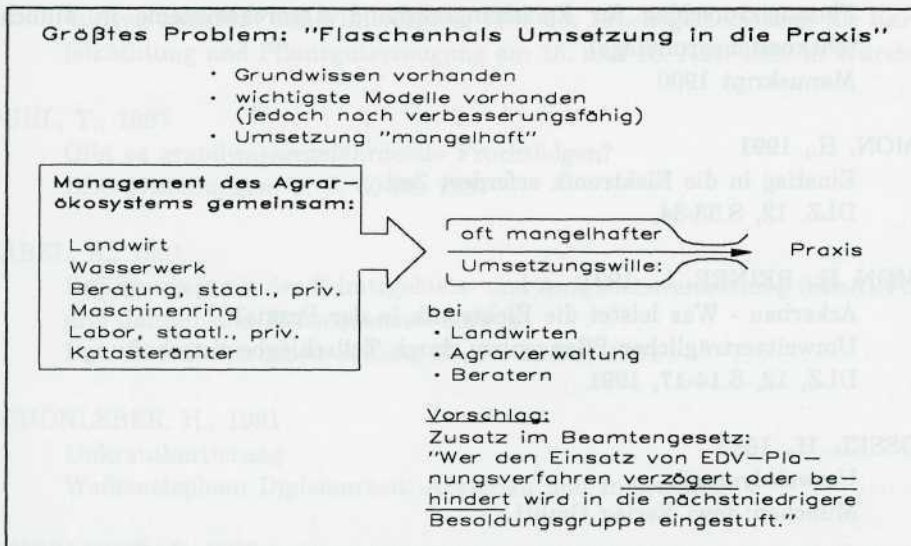


Abb. 14: Größtes Problem: Flaschenhals "Umsetzung in die Praxis"

6. Vorteile eines Bilanzmodells Ackerbau

Durch die Bilanzierung ackerbaulicher Prozesse ist eine bessere Risikoabschätzung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung möglich. Die Bilanzierung läßt die Veränderungen über die Zeit deutlich werden.

Als Vorteile ergeben sich:

- o Bessere Risikoabschätzung der Bewirtschaftung.
- o Durch Bilanzierung der Prozesse werden Veränderungen über die Zeit deutlich.

Mit Hilfe der ComputerIntegrierten Pflanzenproduktion (CIPP) ist ein Naturschutz auf 100% der Fläche möglich.

7. Literatur

- ALBRECHT, H., ANDERLIK-WESINGER, G., PFADENHAUER, J., 1990
Planungsvorschlag für Forschungsverbund Agrarökosysteme in München
(Diskussionsgrundlage)
Manuskript 1990
- AMON, H., 1991
Einstieg in die Elektronik erfordert Zeit
DLZ. 12, S.33-34,
- AMON, H., REINER, L., 1991
Ackerbau - Was leistet die Elektronik in der Praxis?
Umweltverträglicher Pflanzenbau durch Teilschlagbewirtschaftung
DLZ, 12, S.14-17, 1991
- BOSSEL, H., 1985
Umweltdynamik
München: tewi Verlag GmbH
- GANTNER, U., 1991
Plädoyer für eine ökologie- und marktorientierte Politik zur Nutzung und
Gestaltung der Landschaft
Landwirtschaft Schweiz, 10, S. 15-20, 1991
- HEIBENHUBER, A., 1991
Weizen aktuell
Frankfurt: DLG Verlag
- NEUGEBAUER, W., 1991
"Herb-Opt" hilft Kosten sparen, schneller und aktueller Überblick über Preis
und Wirkung der Mittel
Bayer. Landw. Wochenblatt, 10, 09.03.1991
- POMMER, G., 1991
Bauen Sie sehr viel Getreide an? Dann sollten Sie etwas für die Boden-
fruchtbarkeit tun
Bayer. Landw. Wochenblatt, 4, 26.01.1991
- POMMER, G., BECK, T., BORCHART, H., 1991
Zu viel Mais macht Böden "müde"
Bayer. Landw. Wochenblatt, 4, 26.01.1991

- PRIEW, H., 1989
 Welche neuen Rechtsetzungen werden unsere pflanzliche Produktion beeinflussen?
 Vortrag anlässlich der Wintertagung 1989 der Arbeitsgemeinschaft für Kartoffelzüchtung und Pflanzguterzeugung am 15. und 16. Nov. 1989 in Würzburg
- PUHL, T., 1987
 Gibt es grundwassergefährdende Fruchtfolgen?
 DLG-Mitteilungen, 2, S. 60-62, 1987
- SABEL, A., 1991
 Erfahrungen mit der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in drei Jahren und Konsequenzen daraus
 Deutsche Zuckerrüben Zeitung 27, Nr 2, S.6, 1991
- SCHÖNLEBER, H., 1991
 Unkrautkartierung
 Weihestephan: Diplomarbeit: Ackerbau und Informatik
- SCHWARZER, J., 1990
 Die Chipkarte als Beweismittel
 DLZ, 12, S. 31-32, 1990
- THAER, A., 1809
 Grundsätze der rationellen Landwirtschaft
 Berlin
- de WITT, C.T., 1974
 Early theoretical concepts in soil fertility
 Neth. J. agric. Sci. 22, 319-324
- WULFFEN, C., von, 1823
 Ideen zur Grundlage einer Statik des Landbaues,
 Mögliner Annalen, Band 11
- WULFFEN, C., von, 1830
 Die Vorschule der Statik des Landbaues
 Magdeburg
- WULFFEN, C., von, 1847
 Entwurf einer Methodik zur Berechnung der Feldsysteme
 Berlin