DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE

ZUM ÖKOLOGISCHEN LANDBAU

OKTOBER 1978
HEFT 31

Zur Ökologie des Landbaus

Ergebnisse des vom Deutschen Rat für Landespflege
durchgeführten Europäischen Seminars mit dem Thema
„Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung –
Probleme der Düngung und der Biozidanwendung
in der Landwirtschaft"
und Einzelberichte von Sachverständigen

Heft 31 – 1978
DER SCHRIFTENREIHE DES DEUTSCHEN RATES FÜR LANDESPFLEGE

Für den Inhalt verantwortlich: Prof. Dr. Gerhard Olschowy

im Auftrag des Deutschen Rates für Landespflege

Redaktion: Dipl.-Ing. Clemens Schulte

Der Druck des Heftes wurde ermöglicht
durch die freundliche Unterstützung der Siemens AG München

Inhaltsverzeichnis

1. Konrad Buchwald: Vorwort 5
2. Hans Eisenmann: Eröffnung des Europäischen Seminars „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung" 6
3. Georg Gallus: Grußwort des Parlamentarischen Staatssekretärs 8
4. Konrad Buchwald: Einführung und geschichtlicher Rahmen zum Europäischen Seminar „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung" 10
5. Gerhard Brümmer: Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre . . . 13
6. Anthony Deavin: Soil-cover, soil organic matter, the rhizosphere and plant growth 21
7. Fritz Pauli: Biodynamik organischer Reste im System – Boden und Pflanze – als Garant für die Bodenfruchtbarkeit 35
8. Günter Kahnt: Ordnungsgemäße Düngung in der Landwirtschaft 40
9. Otto Buess: Die Gesundheit von Boden und Pflanze aus der Sicht des alternativen Landbaues 43
10. Peter Grosch: Alternative Betriebsmodelle in ökonomischer und ökologischer Hinsicht 51
11. Gerhard Maas: Zum Problem der Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln in der Landwirtschaft 58
12. Gustav Wellenstein: Zum Problem der Biozidanwendung in der Forstwirtschaft 63
13. Claude Aubert: 1 Stellungnahme zu dem im Auftrag der EG erstellten Bericht „Ökologische Folgen der Anwendung moderner Produktionsverfahren in der Landwirtschaft". 2 Entwicklung auf dem Gebiet des alternativen Landbaus in Frankreich 70
14. Winfried Felderer: Bericht über den Rapport der niederländischen Regierungskommission zum alternativen Landbau. Welche Konsequenzen zeichnen sich ab? 72
15. Hans A. Staub: Energiebilanzen in der Landwirtschaft 75
16. Wolfgang von Trotha: Schlußwort Europäisches Seminar: „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung" 80

Anschriften der Autoren 84

Nachweis der Abbildungen 85

Verzeichnis der bisher erschienenen Hefte 86

Verzeichnis der Ratsmitglieder 88

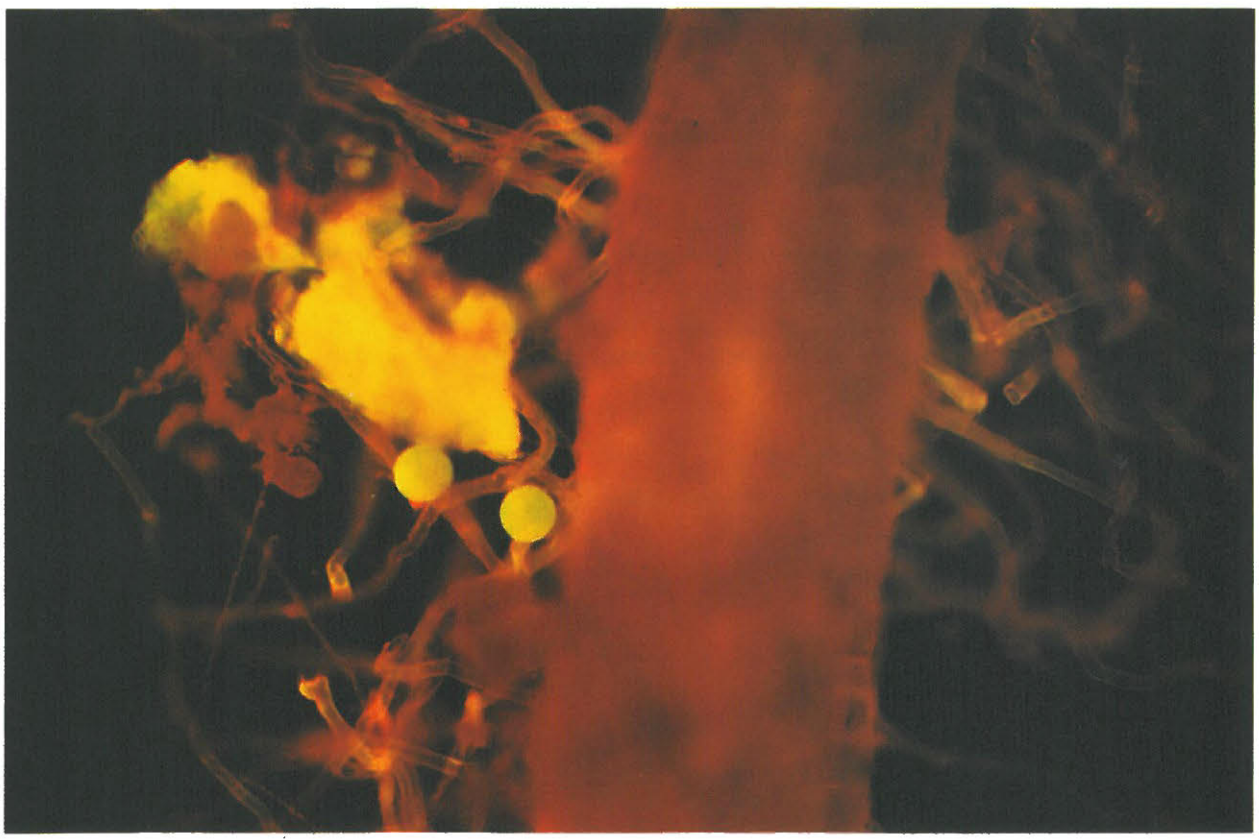


Abb. 3: Graswurzelhaarzone als Biotop für sämtliche Mitglieder des Edaphon (Bakterien, Actinomyceten, Nematoden usw.). Sekundärfluoreszenz mit Acridinorange ($1 : 10^{-4}$); x 380 Vergr.; 15 sec Belichtung. AGFACOLOR CT 18 (vgl. Beitrag Pauli S. 35).

Vorwort

Am 15. und 16. Juni 1978 führte der Deutsche Rat für Landespflege unter der Schirmherrschaft von Staatsminister Dr. Eisenmann und mit Förderung des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und der Siemens Aktiengesellschaft/München das Europäische Seminar „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung – Probleme der Düngung und Biozidanwendung in der Landwirtschaft" in den Räumen der Carl-Friedrich von Siemens Stiftung in München-Nymphenburg durch.

Referenten aus England, Frankreich, den Niederlanden, der Schweiz und der Bundesrepublik berichteten über ihre Erfahrungen und Forschungen. Unter den 125 Teilnehmern waren Gäste aus Italien, Österreich, Schweden und der Schweiz. Das Seminar kann als Fortsetzung einer Diskussion gesehen werden, die vom Dachverband wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e.V. am gleichen Ort vor zwei Jahren über das gleiche Thema geführt wurde. Es kam darauf an, das Gespräch weiterzuführen und die deutlich gewordenen ideologischen Verhärtungen durch Konzentration auf die Sachfragen zu lockern.

Aufgabe des Seminars war es, Fragen des Einsatzes von Dünger und Bioziden im Hinblick auf eine Optimierung nachhaltiger Ertragsleistungen nach Qualität und Quantität, einer Minimierung ungünstiger ökologischer Nebenwirkungen sowie Fragen eines alternativen Landbaues nach Anhörung von Experten sachlich und unvoreingenommen zu erörtern. Es war nicht die Aufgabe des Rates, einseitige Stellungnahmen für oder gegen die unterschiedlichen Formen des Landbaues abzugeben. In aller Deutlichkeit sollten aber die Möglichkeiten und Grenzen umweltverträglicher und zugleich betriebswirtschaftlich realisierbarer Anbaumethoden diskutiert werden. Als Ergänzung sollte die Frage der Anwendung von Bioziden in der Forstwirtschaft behandelt werden.

In den Referaten wurden folgende Fragenkomplexe behandelt bzw. Darstellungen gegeben:

- Als Einführung ein Überblick über die historische Entwicklung der Agrarökosysteme einschließlich der alternativen Ansätze sowie
- eine Skizzierung der heutigen agrarökologischen Situation;
- Untersuchungen zum System Boden – Pflanze im Hinblick auf die Bodenfruchtbarkeit;
- Begriff und Problematik der ordnungsgemäßen Düngung in der Landwirtschaft;
- Energiebilanzen in vorindustriellen, heutigen konventionellen und alternativen Landbausystemen;
- alternative Betriebsmodelle in ökonomischer und ökologischer Hinsicht;
- Bericht über den Rapport der niederländischen Regierungskommission zum alternativen Landbau und ein
- Bericht zum Problem der Biozidanwendung in der Forstwirtschaft.

Der Rat weiß, daß mit der Behandlung der genannten Themenkreise keine umfassende Diskussion des komplexen Stoffes möglich sein konnte. Entscheidend ist, daß einige zentrale Fragen vertieft behandelt und durch Berichte über neue Untersuchungen in Vortrag und Diskussion weitergeführt wurden.

Hier haben insbesondere die im Seminar vorgetragenen Untersuchungen zum System Boden – Pflanze (wie u.a. zur Funktion der Rhizosphäre für das Bodenleben und zur ökologischen Bedeutung einer ständigen Gründecke), Untersuchungen zur Optimierung der Düngung, die ökologisch-ökonomischen Bestandsaufnahmen alternativer Betriebe sowie die dreijährigen Untersuchungen alternativer Betriebe durch eine Kommission der niederländischen Regierung sachlich weitergeführt und Anregungen gegeben. Auch die Herausstellung der Energiebilanz in ihrer Bedeutung gegenüber dem üblichen Finanzaufwand wurde als interessanter Aspekt diskutiert.

Als eine wegweisende Feststellung der lebhaften Aussprachen muß herausgehoben werden, daß eine Begegnung von konventionellen und alternativen Landbaumethoden vor allem auf der ökologischen Ebene möglich ist. So sind Art und Ausmaß der Anwendung von Dünger und Bioziden weitgehend abhängig vom Standort und seinen Faktoren Boden, Wasser und Klima. Die genaue Kenntnis des Standortes, seiner ökologischen Gegebenheiten und Eigenschaften ist Voraussetzung, um in der Wahl der Fruchtfolge und der geeigneten Mittel zur Düngung und Schädlingsbekämpfung sowie ihrer zeitlichen und mengenmäßigen Anwendung die richtige Entscheidung zu treffen. Hierdurch können Schäden an Boden und Pflanze, Mensch und Tier ausgeschlossen oder doch minimiert und ein bei nachhaltigen Leistungen rentabler Landbau ermöglicht werden. Im Waldbau sind darüber hinaus Ausbringungsweise, aufzuwendende Menge und Konzentration der chemischen Präparate vor allem dem zu behandelnden Waldbestand, seinem Alter, seiner Zweig- und Blattmassen, aber auch dem Entwicklungszustand des Schädlings anzupassen.

Diese Erkenntnisse sollten Anlaß sein, die noch offenen ökologischen Fragen im Bereich des Landbaus wie speziell bei alternativen Verfahren durch gezielte Forschungen zu beantworten. Es ist sehr zu begrüßen, daß in einigen Bundesländern seitens der Verwaltung und der Hochschulen Versuchsbetriebe zur Überprüfung alternativer Methoden im Landbau eingerichtet wurden.

In seinem die Ergebnisse zusammenfassenden Schlußwort hat Herr von Trotha thesenhaft die Situation und die künftige agrarökologische Aufgabenstellung des Landbaues in der Bundesrepublik umrissen:

1. Die Entwicklung des heutigen Landbaues birgt erhebliche Risiken in biologisch-ökologischer, technologischer und betriebswirtschaftlicher Hinsicht in sich;
2. es ist notwendig, Alternativen zum heutigen konventionellen Landbau zu entwickeln und zu fördern;
3. diese alternativen Lösungen haben bestimmte Voraussetzungen in ökologischer wie ökonomischer Hinsicht zu erfüllen, die gekennzeichnet werden.

Der Rat hofft, mit diesem Seminar Anstöße zur Weiterentwicklung umweltverträglicher Landbaumethoden und damit zu einer landespflegerisch positiven Entwicklung des ländlichen Raumes gegeben zu haben.

Professor Dr. Konrad Buchwald

Leiter des Seminars und Mitglied des
Deutschen Rates für Landespflege

Eröffnung des Europäischen Seminars „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung" durch Staatsminister Dr. Hans Eisenmann.

In wenigen Tagen, am 1. Juli, werden es genau 120 Jahre, daß in Heufeld bei Bad Aibling der Grundstein für die erste Düngemittelfabrik, in der Superphosphat hergestellt wurde, gelegt worden ist. 18 Jahre nach JUSTUS VON LIEBIGs Schrift „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" glaubte man, einen wesentlichen Schritt in eine neue und sicherere Zukunft der Landwirtschaft gemacht zu haben. Es schien, als könnte man erstmals den Wettlauf mit dem Hunger mit Aussicht auf Erfolg aufnehmen. Und in der Tat, wenn wir heute in Europa seit etwa 60 Jahren keine naturbedingte Hungerkatastrophe mehr kennen, verdanken wir dies zu einem wesentlichen Teil dem Einsatz von Dünge- und anderen chemischen Mitteln in der Landwirtschaft.

Heute, zwei Menschenalter nach diesen ersten Anfängen des Einsatzes der Agrikulturchemie, ist diese Euphorie nicht nur verflogen. Wir sind z.T. auch ernüchtert. Die ungehemmte Anwendung organischer und anorganischer chemischer Stoffe im Acker- und und Pflanzenbau hat Folgen gezeigt, die Anlaß zu einem Umdenkungsprozeß waren. Wir dürfen nicht mehr fortfahren, unbedacht jeden Preis für oftmals ungeheure Investitionen von Energie und Chemie zu zahlen.

Ganz offensichtlich stehen wir in einer entscheidenden Entwicklungsphase des Landbaues. Durch den steigenden Einsatz chemischer Hilfsstoffe entfernen wir uns immer mehr vom organischen Kreislauf. Wenn heute vielfach über diese Problematik diskutiert wird, so sollten wir auch nicht darauf vergessen, daß schon vor 150 Jahren mit ideologischem Eifer über die Weiterentwicklung des Landbaues gestritten und nach dem richtigen Weg gesucht wurde.

Der Deutsche Rat für Landespflege hat es in Zusammenarbeit mit dem GOTTLIEB-DUTTWEILER-INSTITUT und unter Förderung der SIEMENS AG unternommen, nach Antworten auf die anstehenden Fragen zu suchen.

Die eigentliche Problematik dieses Bereiches der Landwirtschaft läßt sich wie folgt umreißen:

- Die Landwirtschaft steht im Kreislauf der Natur. Ihre Aufgabe ist letztlich die Erhaltung der menschlichen Art durch Bereitstellung ausreichender und die Gesundheit des Menschen fördernder Nahrungsmittel.
- Die Landwirtschaft kann diese Aufgabe nur erfüllen, wenn sie die natürliche Produktionsgrundlage, den Boden, nachhaltig fruchtbar und den organischen Kreislauf in der Natur über Pflanze und Tier gesund erhält.
- Die Landwirtschaft ist aber als Nahrungsmittelerzeuger gleichzeitig auch ein Teil der Wirtschaft. Sie muß daher stets auch ökonomisch handeln.

Daraus entsteht ein Spannungsfeld zwischen den ökologischen Erfordernissen und den ökonomischen Bedingungen.

Der Weg, den es in dieser Situation einzuschlagen gilt, ist umstritten.

Aus ökonomischer Sicht ist eine Alternative zum modernen Landbau nicht nötig. Wissenschaftler versichern uns, daß sie auch aus ökologischer Sicht nach den gegenwärtigen Erkenntnissen nicht erforderlich ist.

Biologen und Landwirte, die nach alternativen Methoden wirtschaften, behaupten, daß dennoch die biologischen Landbausysteme von großer Bedeutung sind. Für uns sind sie Vorbilder für bestimmte Landbauverfahren. Vor allem sind sie dies wegen ihrer Gesamtschau des landwirtschaftlichen Betriebes innerhalb des ganzen Regelkreises der Natur. Ich sehe daher keinen Grund, diesen mit Idealismus betriebenen Methoden nicht mit Achtung und Toleranz – die jedoch eine gegenseitige sein muß – zu begegnen. Deshalb haben wir im Bereich unseres Hauses auch damit begonnen, diese Landbaumethoden objektiv zu untersuchen. Auf zwei Staatsgütern versuchen wir, auch diesen Dingen auf den Grund zu gehen. Zudem haben wir in Bayern auch für diesen Bereich der Landwirtschaft eine gezielte Beratung angeboten und die Bildung von Erzeugerringen ermöglicht.

Alles in allem kann aber unsere Landwirtschaft zur Zeit auf den Einsatz chemischer Mittel nicht verzichten. Wovor wir warnen, ist ein Streben nach totaler Maximalisierung in der Landwirtschaft unter Einsatz aller chemischen und technischen Mittel. Für Wissenschaft und Forschung, aber auch für den Staat erwächst auf diesem Gebiet eine große Verantwortung. Es stellt sich letzten Endes für uns die Frage, ob unsere gegenwärtigen, vorwiegend analytischen Methoden überhaupt ausreichend sind, diesen ganzen Komplex zu bewältigen. Es geht bei allen diesen Fragen doch um die Gesundheit des Menschen, damit letztlich um das Leben. Leben aber besteht nicht nur aus Materie, sondern auch aus Seele und Geist. Die Dimension des Lebens überschreitet daher die Grenzen der reinen Naturwissenschaften. Gefühle, Ehrfurcht und Verantwortung vor dem Leben stellen Regulative dar, die uns – Gott sei Dank – daran hindern, blindem Fortschrittsoptimismus zu verfallen. „Ich weiß, daß ich nichts weiß", diese alte Weisheit griechischer Philosophen ist uns fortschrittsgläubigen und fortschrittsüberzeugten Menschen vielfach verloren gegangen. Gerade in diesen Fragen, wo es um Gesundheit und Leben geht, stünde dem Menschen etwas mehr Bescheidenheit gut an. Überdies ist uns vielfach durch eine immer stärkere Spezialisierung auf allen Gebieten die Sicht für das Ganze zum Teil verlorengegangen. Deshalb halte ich eine noch stärkere interdisziplinäre Zusammenarbeit, vor allem auch in der Medizin, für erforderlich. Die Gesundheit des Menschen ist umfassend. Man kann von Agrarpolitik und Landwirtschaft zu Recht verlangen, daß sie für einwandfreie, biologisch hochwertige und rückstandsfreie Nahrungsmittel als Voraussetzung für die gesunde Ernährung der Mitbürger sorgen. Man kann jedoch nicht erwarten, daß durch diese Nahrungsmittel die Schäden ausgeglichen werden, die durch den Mißbrauch von Medikamenten oder durch Genußgifte verursacht werden.

Es ist mein Wunsch als Schirmherr dieses europäischen Seminars, daß durch die Beratungen führender Wissenschaftler aus Europa hier Antworten auf viele derartige offene Fragen gesucht werden. Deshalb danke ich schon zu Beginn dieser Veranstaltung dem Deutschen Rat für Landespflege, an der Spitze Herrn Professor Dr. BUCHWALD, für diese Initiative, dem GOTTLIEB-DUTTWEILER-INSTITUT für seine Mitarbeit sowie der SIEMENS AG für die Förderung. Den wissenschaftlichen Beratungen und Vorträgen wünsche ich einen sehr erfolgreichen Verlauf.

München, am 15. Juni 1978.

Grußwort des Parlamentarischen Staatssekretärs Georg Gallus

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

es ist mir eine große Freude, Ihnen heute seitens des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten herzliche Grüße zu überbringen.

Herr Bundesminister Ertl, der gern selbst zu Ihnen gesprochen hätte, aber leider verhindert ist, läßt durch mich seine besten Grüße übermitteln. Er wünscht Ihrem Seminar einen guten und erfolgreichen Verlauf.

Persönlich bedauere ich sehr, daß ich nicht schon heute morgen bei der Eröffnung dabeisein konnte und bitte um Verständnis dafür, daß ich anschließend auch nur noch kurz an Ihrer Veranstaltung teilnehmen kann.

Ich darf Ihnen sagen, daß ich das Thema Ihres Seminars für sehr wichtig und aktuell halte und es außerordentlich begrüße, daß sich hier ein interdisziplinärer Teilnehmerkreis zu einem Meinungs- und Erfahrungsaustausch trifft.

Ganz besonders freue ich mich über die „europäische Dimension" dieses Seminars.

Ein Blick über die Grenzen ist immer nützlich. Bei der immer stärker gewordenen internationalen Verflechtung sind die Probleme der Nachbarn häufig ähnlich gelagert, so daß deren Lösungen auch Anhaltspunkte für das eigene Vorgehen bieten können.

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten hat sich daher sehr gerne zu einer finanziellen Förderung dieses Seminars bereit erklärt, als der Deutsche Rat für Landespflege kurzfristig um Unterstützung bat.

Meine Damen und Herren, Sie haben sich – wie das Programm ausweist – im bisherigen Verlauf Ihres Seminars mit der Bedeutung des Bodens, der wichtigsten Grundlage jeglicher Landbewirtschaftung befaßt. Damit der Boden seine Aufgaben als Standort und Ernährer der Pflanzen gut erfüllen kann, muß er – so kann man es umschreiben – gesund sein. Sicherlich ist es schwierig, eine umfassende und wissenschaftlich korrekte Definition dessen zu geben, was einen gesunden Boden auszeichnet. Sie stimmen sicherlich mit mir überein, wenn ich sage, daß ein Boden, der reiche Frucht trägt, im allgemeinen auch gesund sein wird.

Die Sorge des Menschen um die Erhaltung und Mehrung der Bodenfruchtbarkeit läßt sich hier in Mitteleuropa weit zurückverfolgen. Die Pflege des Bodens ist eine alte und immer wieder neu gestellte Aufgabe.

Von den ersten Anfängen des Ackerbaues bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts konnten die Bodenerträge nur in geringem Umfang angehoben werden. Dadurch kam es in früheren Jahrhunderten immer wieder zu Hungersnöten.

Hier trat mit den ersten Anfängen der mineralischen Düngung etwa um 1850 eine entscheidende Wende ein.

Mit der Ergänzung der althergebrachten organischen Dünger durch die mineralischen Düngemittel, die auch heute noch gelegentlich zu Unrecht als „Kunstdünger" diskriminiert werden, konnten die Erträge erheblich gesteigert und die Versorgung der Bevölkerung mit Nahrungsmitteln verbessert werden.

Seit Beginn der 50er Jahre haben sich die Erträge im Pflanzenbau abermals stark erhöht. Natürlich sind diese bemerkenswerten Ertragsverbesserungen nicht nur auf den gestiegenen und gezielteren Einsatz von Mineraldüngern zurückzuführen.

Daran sind auch die Züchtung und der Anbau leistungsfähigerer Sorten, eine wesentlich verbesserte und zeitgerechtere Bodenbearbeitung sowie der Einsatz der Pflanzenschutzmittel beteiligt. Durch diese Maßnahmen sind nicht nur die Erträge gestiegen, sondern sind auch die Ernten sicherer und die Qualität der Produkte besser geworden.

Es ist unbestritten, daß die große Mehrheit der Landwirte jetzt und in Zukunft auf den Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln nicht verzichten kann. Denn ohne ihre Hilfe könnten weder ausreichende Mengen Lebensmittel zur Ernährung der Weltbevölkerung erzeugt, noch könnten qualitativ hochwertige Nahrungsmittel zu angemessenen Preisen angeboten werden. Ein totaler Verzicht auf Dünge- und Pflanzenbehandlungsmittel würde das ernährungspolitische Hauptziel, die sichere und ausreichende Versorgung, in höchstem Maße gefährden und wäre daher nicht zu verantworten. Ein solcher Verzicht ist auf der anderen Seite aus ökologischen und gesundheitlichen Gründen auch nicht erforderlich.

Lassen Sie mich dazu ein paar Feststellungen treffen:

Die Bundesregierung hat durch umfassende gesetzliche Regelungen zum Schutz der Verbraucher und der Umwelt auch in den hier angesprochenen Bereichen des Düngemittel-, Pflanzenschutz- und Lebensmittelrechts die Voraussetzung geschaffen, daß bei Anwendung dieser Mittel kein Schaden entstehen kann.

Bei Düngemitteln zum Beispiel werden nur solche Typen zugelassen, die bei sachgerechter Anwendung die Fruchtbarkeit des Bodens und die Gesundheit von Menschen und Tieren nicht schädigen sowie den Naturhaushalt nicht gefährden. Natürlich ist das kein vollkommener Schutz gegen Düngungsfehler, da eine mißbräuchliche Anwendung von Düngemitteln durch kein Gesetz ausgeschlossen werden kann. Hier ist ergänzend eine entsprechende Aufklärung der Landwirte über gezielte Düngung erforderlich.

Gleiches gilt für den Bereich des Pflanzenschutzes.

Die Zulassung eines Mittels wird erst dann erteilt, wenn durch umfangreiche Prüfungen sichergestellt ist, daß dieses Mittel bei bestimmungsgemäßer und sachgerechter Anwendung keine schädlichen Auswirkungen für Mensch und Tier hat.

Seit geraumer Zeit werden verstärkt auch ökotoxikologische Prüfungen durchgeführt, um die Auswirkungen der Mittel auf die Umwelt besser beurteilen zu können. Es liegen inzwischen für keinen Bereich – vielleicht mit Ausnahme der Arzneimittel – so viele Einzelinformationen über jeden einzelnen Stoff vor wie gerade im Pflanzenschutzbereich.

Das Schema für diese Prüfungen ist so anerkannt und erfolgreich, daß es auch als Vorbild für neuere gesetzliche Bestimmungen in anderen Bereichen dient. Ich weise hier nur beispielhaft auf den Entwurf eines Umweltchemikaliengesetzes hin.

Die verbesserten Kenntnisse über die Pflanzenschutzmittel führten zu weiteren gesetzlichen Maßnahmen. So wurde z. B. die Verordnung über Anwendungsverbote und Anwendungsbeschränkungen für Pflanzenschutzmittel 1971 erlassen und 1974 neu gefaßt. Mit dieser Verordnung und ergänzt durch das DDT-Gesetz von 1972 konnte die Anwendung aller unerwünschten Pflanzenschutzmittel verboten oder doch soweit beschränkt werden, daß möglichen Gefahren für die Gesundheit der Menschen oder für die Umwelt vorgebeugt wird.

So wurden insbesondere die persistenten chlorierten Kohlenwasserstoffe ganz verboten oder weitreichende Anwendungsbeschränkungen erlassen.

Meine sehr verehrten Damen und Herren! Mit diesen kurzen Ausführungen wollte ich Ihnen einen kleinen, wenn auch unvollständigen Einblick in unsere Bemühungen geben, die Risiken, die sich durch die notwendige Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln ergeben, so gering wie möglich zu halten. Lassen Sie mich aber auch zu dem in dem Thema Ihres Seminars gleichfalls angesprochenen Ernährungsaspekt noch einige Worte sagen.

Die elementare Bedeutung der Ernährung für unser Leben und für unsere Gesundheit setzt die Maßstäbe, die heute an die Ernährungspolitik zu legen sind.

Eine Gesellschaft, die den Menschen verpflichtet ist, muß es als eine ihrer wesentlichen Aufgaben ansehen, die Voraussetzungen für eine stabile, vielfältige Versorgung der Verbraucher mit gesundheitlich unbedenklichen und preiswerten Nahrungsmitteln zu schaffen und zu erhalten. Gerade die deutschen Verbraucher sollten anerkennen, daß in der Bundesrepublik bei der Bereitstellung von Nahrungsmitteln die Gesundheit Vorrang vor wirtschaftlichen Aspekten hat. Wir haben damit eine Schrittmacherrolle in der Europäischen Gemeinschaft übernommen.

Diese Politik verlangt von den an der Bereitstellung der Nahrungsmittel Beteiligten gegenwärtig viel Einsicht, weil der Gemeinsame Markt in dieser wichtigen Frage noch nicht überall gemeinsam handelt. Sie wird jedoch vom Verbraucher mehr und mehr honoriert, und sie wird damit langfristig auch den deutschen Produzenten und Verarbeitern nützen.

Der Schutz unserer Verbraucher und die Wahrung der Interessen der deutschen Erzeuger, der Verarbeiter und des Handels machen es jedoch erforderlich, unsere Partner immer wieder davon zu überzeugen, daß unserer Kompromißbereitschaft bei der Einfuhr von Nahrungsmitteln, die unseren gesundheitlichen Anforderungen noch nicht voll gerecht werden, Grenzen gesetzt sind. Wir erwarten, daß auch unsere Partner der Gesundheit Vorrang vor wirtschaftlichen Überlegungen geben. Das gilt gleichermaßen für die Einfuhr von Nahrungsmitteln aus Drittländern. Der weitere Ausbau des Verbraucherschutzes auf dem Ernährungssektor ist eines unserer Hauptziele.

Wir müssen auf diesem Gebiet konsequent weiterarbeiten. Hierzu gehört auch eine Verstärkung der Lebensmittelkontrollen.

Meine Damen und Herren, ich will aber auch nicht verschweigen, daß trotz unserer umfassenden Regelungen zum Schutz der Verbraucher und der Umwelt des öfteren Kritik an den modernen Produktionsmethoden in der Landwirtschaft geübt wird. Ich bin mit Ihnen der Meinung, daß der Zeitpunkt gekommen ist, manche Methode hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Boden, Pflanze, Tier, Mensch und Naturhaushalt kritisch zu überprüfen. Es gibt einige Entwicklungen, die uns Sorge bereiten. Ich nenne hier die Auswaschung von Nitrat in das Grundwasser und die hier und da zu beobachtenden Erosionen.

Ein Beispiel aus dem Pflanzenschutzbereich sind die vorbeugenden Behandlungen, die aus einem Sicherheitsdenken heraus geschehen und fachlich nicht immer gerechtfertigt sind. Auch durch übertriebene Verbraucheransprüche an die äußere Qualität können die Erzeuger zu nicht unbedingt erforderlichen Behandlungen veranlaßt werden.

Eine wichtige Schlüsselfunktion hat hier nach wie vor die Forschung bei der Aufklärung von Ursachen, Zusammenhängen und Wirkungen.

Beim Pflanzenschutz dienen schon heute 80 % der eingesetzten Forschungsmittel der Entwicklung integrierter Pflanzenschutzsysteme. Wir verfolgen damit das Ziel, chemische Pflanzenschutzmittel einzusparen.

Wir werden uns in den nächsten Jahren bemühen, den integrierten Pflanzenschutz auf breiter Ebene in der Praxis zu verwirklichen. Allerdings sind dazu erhebliche gemeinsame Anstrengungen von Bund und Ländern erforderlich, da der Erfolg dieser Maßnahme nicht zuletzt von einer sehr wirkungsvollen Aufklärung und Beratung der Landwirte abhängt.

Auch in der Pflanzenschutzgerätetechnik werden Verbesserungen angestrebt. Hier sind wir dabei, gesetzliche Anforderungen an derartige Geräte aufzustellen und die Gerätekontrollen auszubauen.

Meine Damen und Herren, Sie werden sich im weiteren Verlauf des Seminars in einigen Referaten und engagierten Diskussionen auch mit den Möglichkeiten alternativer Landbausysteme beschäftigen. Ich darf Ihnen sagen, daß auch wir für eine sachliche Diskussion der Probleme offen sind und uns nach Kräften um neue Erkenntnisse bemühen.

Wir sollten aber erkennen, daß uns ein Freund-Feind-Denken mit manchmal verunglimpfender Kritik nicht weiterhilft. Man muß zur sachlichen Diskussion bereit sein. Das gilt sowohl für den Bereich der Forschung als auch den der Beratung.

Neben der Förderung gezielter Forschungsvorhaben hat deshalb Herr Bundesminister Ertl die DLG gebeten, sich des Themas „Alternativen im Landbau" anzunehmen. Nach meiner Information besteht im Rahmen eines dort gebildeten Arbeitskreises ein fruchtbarer Meinungsaustausch.

Dem soll auch der kürzlich in der Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten „Landwirtschaft – Angewandte Wissenschaft" erschienene Statusbericht aus dem Forschungsbereich meines Hauses dienen. Mit der Veröffentlichung soll, wie Herr Bundesminister Ertl in seinem Geleitwort zu diesem Statusbericht sagt, „das Thema nicht abgeschlossen, sondern zu kritischem Überdenken unseres Wissensstandes angeregt. werden".

Ich würde mich sehr freuen, wenn auch dieses Seminar dazu beiträgt, unseren Wissensstand zu erweitern und uns durch vorurteilslose und konstruktive Diskussionen dem notwendigen Ausgleich zwischen den ökonomischen und ökologischen Interessen näherzubringen.

Konrad Buchwald

Einführung und geschichtlicher Rahmen zum Europäischen Seminar

„Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung"

Zur heutigen agrarökologischen Situation

In den industrialisierten Ländern haben die Erträge der Landwirtschaft in den letzten Jahrzehnten ein bisher nicht bekanntes Niveau erreicht. Hinter diesem Ergebnis steht eine enorme Leistung, gerade auch der deutschen Landwirtschaft.

Entscheidend für diese Leistung waren moderne Agrarverfahren. Diese sind im idealtypischen Fall gekennzeichnet durch:

- Kapitalintensive, arbeitsextensive, hochrationalisierte Betriebsstrukturen,
- eine den Ertrag maximierende Düngung,
- einen vorbeugenden, hohen Biozideinsatz,
- hochertragreiche, häufig dann aber weniger resistente Kultursorten, überwiegend in Monokultur; in jedem Falle durch eine Vereinfachung der Fruchtfolge und schließlich
- durch die Trennung von Viehhaltung und Pflanzenproduktion.

Voraussetzung der Ertragsmaximierung waren schnell wirkende, meist wasserlösliche Mineralsalze. Ihr Abtrag in die Vorfluter trägt zur Eutrophierung bei (Phosphate), ihr Eintrag ins Grundwasser kann bei Überschreitung von Grenzwerten toxische Auswirkungen im Trinkwasser haben (Nitrate).

Der hohe Kapitaleinsatz hatte die optimale Ausnutzung des Maschinenparks und sonstiger Anlagen, damit aber stark spezialisierte, arbeitsextensive Betriebsformen mit hohem Verbrauch an Energie zur Konsequenz.

Der Technisierungsgrad bedingte zugleich den Trend zur Großflächenwirtschaft und damit die Beseitigung der ökologisch wie visuell vielfältigen Landschaftsstrukturen der Feldflur. Damit verschwanden zugleich die Reste naturnaher Ökosysteme.

Der Spezialisierungsgrad der Betriebsformen erforderte, wie erwähnt, die Beschränkung auf wenige, im äußersten Fall auf eine einzige Kulturart. Deren häufig enge genetische Variabilität und schmale Resistenz bedingte ihre erhöhte Anfälligkeit gegen Schädlinge. Zugleich können die engen Fruchtfolgen zu einseitigen Entwicklungen am Standort führen und damit ihrerseits die Entwicklungen von Schadpopulationen begünstigen. Der Biozideinsatz gegen sie wird in der Regel eine biologische Verarmung des eigenen Standortes und Umweltbelastungen für benachbarte Ökosysteme bedeuten.

Viele dieser Maßnahmen sind im weitesten Sinne umweltbelastend, andere können als umweltfreundlich gelten, weitere sind in ihren Auswirkungen nicht eindeutig geklärt. Dies alles ist skizzenhaft und sicher sehr pauschal gesagt. Halten Sie dies bitte einer gestrafften Einführung in den Problemkreis zugute!

Entscheidend für den Ökologen ist, daß mit der wachsenden Intensität der Eingriffe in die Agrarökosysteme und der erhöhten Unterbrechung der Kreisläufe eine Verringerung der Fähigkeit zur Selbstregulation erfolgt.

Dies erfordert zur Steuerung des Systems Boden/Pflanze einen wachsenden und kostenaufwendigen Einsatz von Energie, z.B. in Form von Bioziden. Damit werden die Schwierigkeiten bzw. Grenzen moderner Agrarverfahren deutlich, darüber hinaus die im ökonomisch-ökologischen Gesamtsystem entstehenden Engpässe.

Überprüfung „ökologisch-alternativer" Landbauverfahren

Dies läßt die Frage nach möglichen landbaulichen Alternativen zu den skizzierten modernen Verfahren stellen.

Solche sogenannten „ökologischen" Alternativen bestehen, sind zu prüfen und zu diskutieren.

Insgesamt ergeben sich aus dem Dargelegten folgende Problemkreise, die zu untersuchen und zu diskutieren wären:

1 Ein Vergleich der Umweltverträglichkeit der konventionellen wie der alternativen Agrarverfahren,

2 die Frage der Nahrungsqualität,

3 die Frage des Energieverbrauches angesichts der Verteuerung der Energie (Energieverbrauch durch Kraftstoffe, für Maschinenbau, für die Produktion von Bioziden und die Stickstoffdüngersynthese),

4 die Verknappung der Vorräte an Mineraldüngern wie Phosphate und Kali,

5 ein Vergleich der Betriebsstruktur und Rentabilität von konventionellen und alternativen Betrieben,

6 agrarsoziale Fragen im Zusammenhang mit Fragenkreis 5 und

7 agrarpolitische Konsequenzen aus den Problemkreisen 1 – 6.

Wir werden uns in diesem Seminar überwiegend mit den ökologischen Auswirkungen der Landbauverfahren, d.h., mit der Frage ihrer Umweltverträglichkeit befassen, in je einem Referat mit der Frage der Energiebilanz in der Landwirtschaft sowie mit den Betriebsmodellen alternativer Landbaubetriebe im Vergleich zu denen konventioneller.

Geschichtliche Entwicklung der Agrarökosysteme *)

Als Grundlage der Behandlung der Umweltverträglichkeit von Landbauverfahren für den eigenen Standort wie für benachbarte Ökosysteme sowie als geschichtlicher Rahmen für die Thematik des Seminars sollen die wichtigsten Agrarökosysteme und deren Wirkungsgefüge analysiert werden.

Dargestellt sind die Stoffkreisläufe und der Energiefluß in einem natürlichen Ökosystem, verglichen mit verschieden bewirtschafteten Agrarökosystemen. Die Schemata zeigen den Energiefluß zu Organismen in den Freßketten, die Transportströme von totem organischem Material und die Nährsalzströme. Die mehr oder weniger starke Ausschaltung einer Komponente des Systems ist durch gestrichelte Umrahmung gekennzeichnet (vgl. Abb. S. 12).

Als Ausgangspunkt für eine vergleichende Betrachtung sind die Stoffkreisläufe und der Energiefluß in einem natürlichen Ökosystem, etwa eines Waldes, dargestellt. Wie jedes Ökosystem ist ein natürlicher Wald ein offenes System. Es bezieht seine Energie durch die Sonneneinstrahlung, es strahlt Energie in die Atmosphäre aus, es gibt begrenzt Stoffe wie Wasser, Nährsalze, lebende Tiere und den Bestandesabfall von Pflanzen und Tieren an benachbarte Ökosysteme ab. Die Primärproduktion der Pflanzendecke wird in der Freßkette von der Konsumentengruppe der pflanzenfressenden und räuberischen Tiere aufgenommen. Reste werden als Bestandesabfall dem Boden aufgelagert. Bodentiere arbeiten ihn ein, Bakterien bauen ihn ab, so daß die Nährsalze wieder für den Assimilationsprozeß zur Verfügung stehen. Die Stoffkreisläufe Pflanze-Boden-Pflanze und Pflanze-Tier-Boden-Pflanze sind vom Menschen nicht unterbrochen.

Nehmen wir an, daß der Mensch in der Gesellschaft der Jäger und Sammler, also vor der jungsteinzeitlichen Revolution um rd. 3000 v. Chr., in Wald-, Heide- oder Tundrenökosystemen lebte. Die Stoffkreisläufe bzw. Energieflüsse der Ökosysteme sind von ihm durch seine geringfügigen Entnahmen von Holz, Früchten, Laub und Wurzeln oder von gefangenen und gejagten Tieren noch nicht oder nur geringfügig und örtlich unterbrochen. Er tritt, wie pflanzen- und fleischfressende Tiere, als Konsument, nur minimal als Störfaktor auf.

Die Zäsur setzt mit der neolithischen Revolution ein. Aus den Landnutzungssystemen der Agrargesellschaft, die nun an Stelle der Jäger und Sammler tritt, greifen wir nur wenige heraus. Der frühe jungsteinzeitliche und bronzezeitliche Ackerbau hat vermutlich in einer Umlagelandwirtschaft stattgefunden. Die durch Brandrodung des Waldes geschaffenen Ackerflächen wurden bis zur Erschöpfung des Bodens genutzt, um sie dann der natürlichen Wiederbewaldung zu überlassen und an anderer Stelle neu zu roden – ähnlich dem tropischen Wanderhackbau.

Zu germanischer Zeit kennen wir Feldgraswirtschaften mit längeren Perioden begrünter Brache oder einen einfachen Wechsel von Brache und Getreidebau nach Art der Zweifelderwirtschaft in düngerloser Wirtschaft. Allen diesen Bewirtschaftungsformen war gemeinsam, daß sie arbeits- und ertragsintensiv waren und das bebaute Land bis zur Erschöpfung nutzten, ohne ihm durch Düngung die entzogenen Nährstoffe wiederzugeben.

Diese Formen wurden spätestens um 800 zunächst im fränkischen Raum durch die Dreifelderwirtschaft abgelöst, vermutlich ausgelöst oder beschleunigt durch wachsende Bevölkerungsdichten und Hungersnöte. Das Landbausystem der Dreifelderwirtschaft ist gekennzeichnet durch einen dreijährigen Zyklus mit Wechsel von Wintergetreide, Sommergetreide und Brache, Flurzwang und regelmäßige Ausbringung von Stalldünger. Aus ökologischer Sicht stellt die Dreifelderwirtschaft den ersten Schritt dar, der bei Monokulturen entstehenden Bodenmüdigkeit entgegenzuwirken und die Erträge nachhaltig zu steigern. Seit dem 8. Jahrhundert war dieses Anbausystem in Mitteleuropa für nahezu ein Jahrtausend die beherrschende Form der Landbewirtschaftung.

Gegenüber dem natürlichen Ökosystem der Naturlandschaft des Vorneolithikums sind nun nicht nur der Mensch als Konsument, sondern auch Haustier und Kulturpflanze in die Kreisläufe eingefügt.

Im wesentlichen sind der bäuerliche Betrieb bzw. die Dorfmarkung einschließlich von Wald, Heide, Streuwiesen und Magerrasen ökologisch ein integriertes, wenn auch nach außen offenes System. Die Nährstoffergänzung geschieht durch organischen Dünger der Haustiere, Einbringung von Wald- und Heidestreu sowie durch die Brache oder Formen der Feldgraswirtschaft. Die Bekämpfung von Unkräutern sowie tierischen Schädlingen erfolgt mechanisch. Durch die Brache wird gleichzeitig die den Bestandesabfall der Kulturpflanzen abbauende Tätigkeit der Bakterien als Mineralisierer gefördert. Entscheidend für den überwiegenden Teil des mitteleuropäischen Raumes waren in diesem System die bäuerliche Rohstoff- und Energieautarkie sowie die geschlossenen Kreisläufe der Höfe. Dieser in sich weitgehend geschlossene Stoffwechselprozeß zwischen dem Mensch und den von ihm genutzten Ökosystemen bedeutete zugleich, daß beeinträchtigende Wirkungen auf die Ökosysteme der umgebenden Landschaftsräume nur gering waren.

Wir verzichten hier auf eine Darstellung der schrittweisen Änderungen in den Landbausystemen mit Eintritt in die industrielle Phase:
Durch Aufhebung des Flurzwanges, Aufteilung der Allmende, Einführung der Mineraldüngung und Maschineneinsatz. Ich nenne nur die verbesserte Dreifelderwirtschaft mit Ablösung der Brache, die Fruchtwechselwirtschaften mit einem jährlichen Wechsel einer Frucht von Schlag zu Schlag, u.a. zur besseren Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit.

Inzwischen sind die Fruchtwechselwirtschaften unter den Rationalisierungszwängen der letzten Jahrzehnte häufig zugunsten einer Beschränkung auf wenige Fruchtarten bei Ansteigen des Getreideanteils bis zu 80% aufgegeben oder vereinfacht worden.

Die Abbildung 3 stellt das Wirkungsgefüge eines Agrarökosystems in einem Getreidebaubetrieb des heutigen konventionellen Landbaues dar. Aus dem Schema wird im Vergleich zu dem Wirkungsgefüge im Agrarökosystem der klassischen Dreifelderwirtschaft folgendes deutlich: Der Kreislauf Boden · Nutzpflanzen – Haustier – Mensch · Boden ist bei dem viehlosen Betrieb und Fehlen des organischen Düngers unterbrochen. An seiner Stelle werden Mineraldünger in das System eingebracht. An die Stelle der mechanischen tritt die chemische Bekämpfung von Unkräutern, pflanzenfressenden Tieren, parasitischen Pilzen usw. durch Biozide mit erst z.T. voll übersehbaren, belastenden Nebenwirkungen auf Glieder des Agrarökosystems sowie auf benachbarte Ökosysteme. Mehr oder weniger stark sind lebende und z.T. wichtige Komponenten des Systems wie Bodentiere und räuberische Tiere, mineralisierende und nitrifizierende Bakterien ausgeschaltet (vgl. die mit gestrichelten Linien umrandeten Felder). In der menschlichen Nahrung kann mit Biozidrückständen gerechnet werden.

Positiv sind u.E. die Wirkungen des Einsatzes von Nitrifikationshemmern zu beurteilen. Die Austräge von Bioziden und Mineraldüngern (Phosphate, Nitrate) aus dem System mit Beeinträchtigungen anderer Ökosysteme und Nutzungen sind im Schema nicht dargestellt. Einschneidender als in den vorindustriellen Agrarökosystemen sind hier die natürlichen Kreisläufe unterbrochen, die Fähigkeit zur Selbstregulation bei Belastungen reduziert und durch menschliche Steuerung (Mineraldüngung, Biozideinbringung) ersetzt.

Die Betriebe des sog. „ökologisch-alternativen" Anbaues versuchen bei weitgehendem oder völligem Verzicht auf Mineraldüngung (wenn, dann Rohphosphate und Kali, aber keine leicht löslichen Stickstoffverbindungen) und auf Biozidverwendung, bei Einsatz von organischer Düngung und Komposten den unterbrochenen Kreislauf Boden – Pflanze – Haustier – Mensch – Boden weitgehend wieder zu schließen mit dem Ziel der Qualitätssteigerung der Produkte und einer erhöhten Umweltverträglichkeit des Anbaues.

---

*) Sämtliche Abbildungen aus „Umweltgutachten 1978" des Rates der Sachverständigen für Umweltfragen (nach BICK).

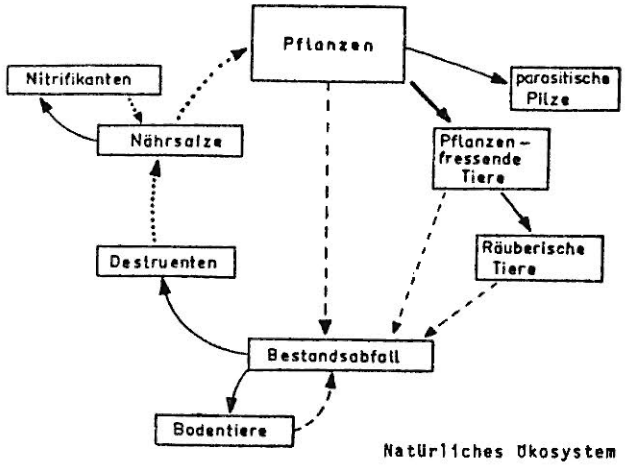


Abb. 1: Natürliches Ökosystem*) (SR-U 1978).

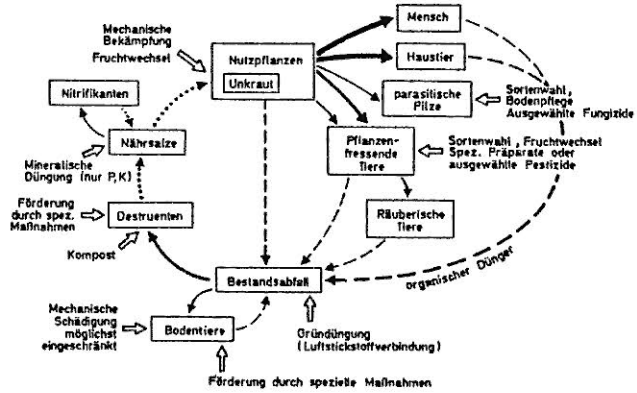


Abb. 4: Agrarökosystem des „Ökologisch alternativen" Anbaus (SR-U 1978).

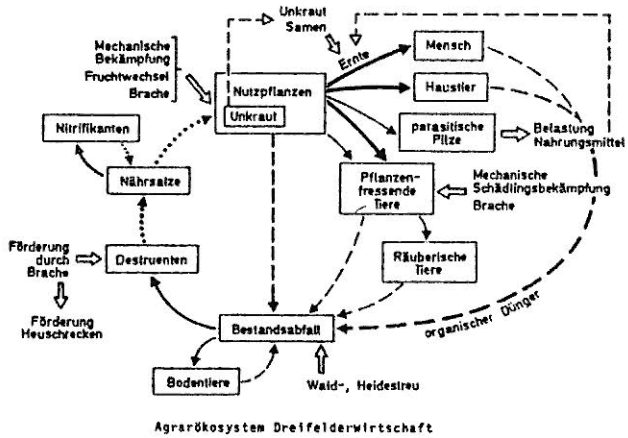


Abb.2: Agrarökosystem Dreifelderwirtschaft (SR-U 1978).

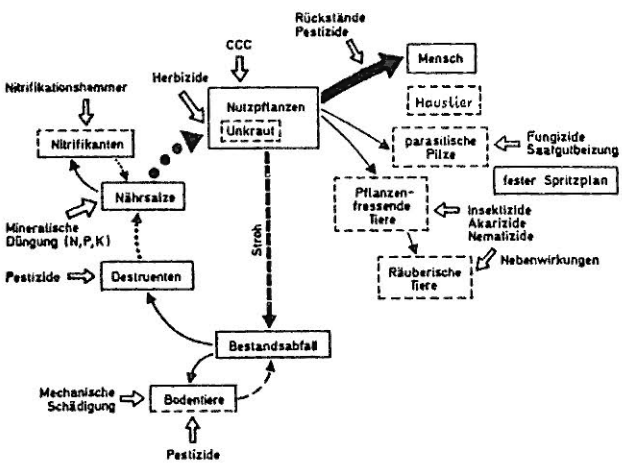
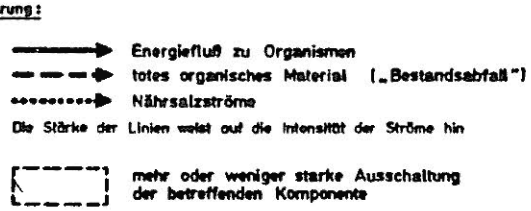


Abb.3: Agrarökosystem des heutigen konventionellen Landbaues (Getreidebaubetriebe) (SR-U 1978).



Wesentlich sind hierbei

- die Erhaltung einer ständigen Vegetationsdecke zur Minimierung des Düngeraustrages infolge Abschwemmung und Eintrag ins Grundwasser sowie zur Reduzierung der Unkräuter,
- die Förderung der Tätigkeit der den organischen Bestandesabfall abbauenden Bakterien und der Bodentiere (u.a. der Regenwürmer) durch spezielle Maßnahmen,
- die Bevorzugung organischer Düngung und
- keine oder nur geringe Verwendung von Pflanzenschutzmitteln.

Aufgabe des Seminars

Angesichts der bekannten wie möglichen Nebenwirkungen der heutigen konventionellen Landbauverfahren

- auf das Agrarökosystem Boden/Pflanze:Tier/Mensch und
- auf benachbarte Ökosysteme, insbesondere auch auf Grund- und Oberflächenwasser,
- angesichts der auf uns zukommenden Engpässe in der Energieversorgung,
- der Verknappung von Rohstoffen wie Phosphate und Kali und
- der Nutzungskonflikte mit Erholungsverkehr, Wasserwirtschaft und Naturschutz

sollten die möglichen Alternativen zum heutigen Landbau, aber auch alle Ansätze eines integrierten Pflanzenschutzes mittel- und langfristig überprüft werden, und zwar in biologisch-ökologischer, betriebs- und volkswirtschaftlicher Hinsicht – einschließlich der eventuellen agrarpolitischen Konsequenzen.

Die angeschnittenen Probleme sind keine rein landwirtschaftlichen Probleme mehr, sondern von allgemein umweltpolitischer wie gesellschaftspolitischer Bedeutung. Dieses Seminar sollte die komplexe Problematik ohne Emotionen, rational und nüchtern diskutieren. Insgesamt befindet sich die Diskussion bereits in einer Phase der Versachlichung.

Es ist nicht die Absicht des Rates, einseitige Stellungnahmen für oder gegen diese oder jene Form der Landbewirtschaftung abzugeben. Wohl aber sollen die Grenzen und Möglichkeiten umweltverträglicher und zugleich betriebswirtschaftlich realisierbarer Anbaumethoden diskutiert werden. Hier einen Schritt weiterzukommen, ist Sinn und Aufgabe dieses Seminars.

Gerhard Brümmer

Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre

Böden sind die mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzten Umwandlungsprodukte mineralischer und organischer Substanzen. Sie stellen hochkomplexe Vielkomponenten-Systeme dar, die einen eigenen Stoffbestand, eine für die verschiedenen Bodentypen charakteristische Stoffverteilung und räumliche Verknüpfung mit anderen Bodentypen in der Pedosphäre (Bodendecke) aufweisen.

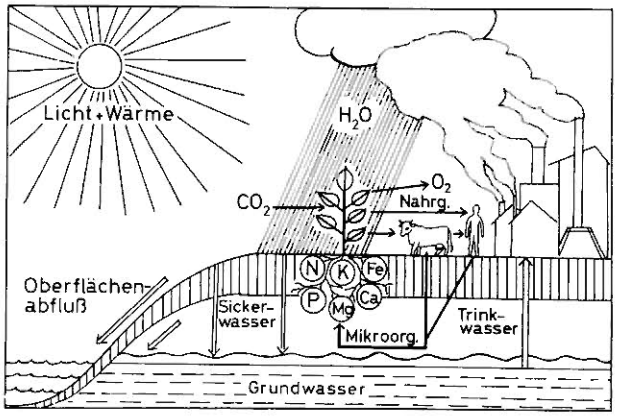


Abb. 1: Stellung und Funktion von Böden und Sedimenten in der Ökosphäre.

In Abbildung 1 ist die Stellung und Funktion der Böden in der Ökosphäre dargestellt. Die Ökosphäre umfaßt den Bereich an der Erdoberfläche, der von Lebewesen besiedelt ist und durch vielfältige miteinander verknüpfte Stoffkreisläufe von Luft und Wasser sowie mineralischen und organischen Stoffen gekennzeichnet wird. Innerhalb der Ökosphäre stellen Böden die Basis dar, auf der menschliches und tierisches Leben existiert. Sie bilden den Standort, in dem die höheren Pflanzen wurzeln und unter Ausnutzung der Sonnenenergie aus dem Kohlendioxid der Atmosphäre, aus dem mit den Niederschlägen in den Boden gelangenden Wasser und aus den Nährstoffen des Bodens unter Abgabe von Sauerstoff organische Substanzen aufbauen. Diese stehen dann Tier und Mensch als Nahrung zur Verfügung. Mit dem Absterben der Lebewesen unterliegen deren organische Körpersubstanzen einer mikrobiellen Zersetzung im Boden, durch die die gebundenen Nährstoffe wieder freigesetzt und erneut in den Stoffkreislauf der Ökosphäre überführt werden.

Das Niederschlagswasser gelangt zum Teil als Oberflächenabfluß oder als unterirdischer Abfluß in die eine Landschaft entwässernden Bäche und Flüsse oder gelangt als Sickerwasser in das Grundwasser. Böden und ebenso die an der Erdoberfläche anstehenden Lockersedimente wirken dabei mit ihrer Wasserspeicherkapazität als Regulatoren des Landschaftswasserhaushaltes. Sie bilden außerdem ein wirkungsvolles Filter- und Puffersystem, das gelöste und suspendierte Schmutz- und Schadstoffe, die heute in zunehmendem Maße durch anthropogene Emissionen den Stoffhaushalt der Ökosphäre beeinflussen, zu binden vermag. Das Niederschlagswasser steht deshalb nach der Bodenpassage in der Regel als sauberes Grundwasser für eine Trink- und Nutzwassergewinnung zur Verfügung.

Im Stoffhaushalt der Ökosphäre bilden damit Böden

- die Basis des Lebensraumes von Mensch und Tier,
- den Standort, in dem die höheren Pflanzen wurzeln und ein geeignetes Milieu für ihr Wachstum vorfinden,
- ein wirkungsvolles Filter- und Puffersystem
  - für die Regulation des Landschaftswasserhaushaltes,
  - für die Grundwasserneubildung und -reinhaltung und
  - für die Bindung und Immobilisierung potentieller Schadstoffe.

Böden und ebenso Sedimente werden außerdem zur Rohstoffgewinnung, Abfallagerung und als Baugrund genutzt. Als Basis der Ökosysteme dienen sie außerdem dem Natur- und Landschaftsschutz sowie der Schaffung von Erholungsräumen.

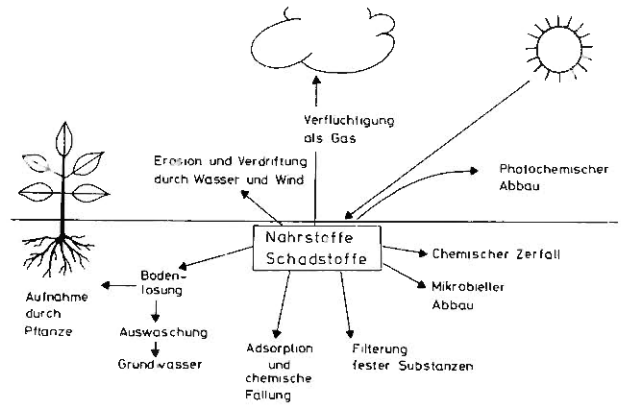
Das menschliche Leben ist damit an die Funktion der Böden und Sedimente sowie deren Nutzung und Erhaltung gebunden.

Der Boden als offenes System

Böden unterliegen als offene Systeme der Zufuhr und Abfuhr von Stoffen. Unter natürlichen Bedingungen führt die Bodenentwicklung im humiden Klimabereich infolge einer ständigen Durchfeuchtung und eines Oberflächen- sowie unterirdischen Abflusses durch Stoffabfuhr zu einer zunehmenden Degradation und Nährstoffverarmung der Böden. Diese Vorgänge werden verstärkt, wenn Pflanzensubstanzen mit den aus dem Boden aufgenommenen Nährstoffen als Ernteprodukte abgeführt werden, ohne daß ein Ersatz der entzogenen Nährstoffe stattfindet.

Eine Stoffzufuhr zum Boden durch Meliorations-, Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen und heute in zunehmendem Maße durch Immission von Schadstoffen aus anthropogenen Quellen der verschiedensten Art führt sehr oft nicht nur zu Veränderungen der Bodeneigenschaften, sondern infolge von komplexen, im Stoffhaushalt der Ökosphäre miteinander verknüpften Stoffkreisläufen auch zu nicht vorgesehenen oder vorhersehbaren Umweltveränderungen in anderen Teilbereichen der Ökosphäre.

Abb. 2: Verhalten von Nähr- und Schadstoffen im Boden.



In Abbildung 2 ist das Verhalten von Nähr- und Schadstoffen im Boden schematisch dargestellt. Suspendierte Nähr- oder Schadstoffpartikel werden durch Filterung mechanisch im Boden gebunden. Gelöste Nähr- oder Schadstoffe können zu mehr oder weniger großen Anteilen von den Bodenaustauschern (Tonminerale, Humussubstanzen, Eisen- und Aluminiumoxide) adsorbiert oder nach Reaktion mit bodeneigenen Substanzen chemisch gefällt und damit immobilisiert werden. Je nach Art und Menge des Nähr- und Schadstoffs verbleibt jedoch immer ein definierter Anteil in der Lösungsphase. Gelöste Nähr-und Schadstoffe können sowohl durch die Pflanzen aufgenommen werden und auf diese Weise in die Nahrungskette gelangen als auch nach Auswaschung im Grundwasser und damit auch im Trinkwasser angereichert werden. Damit sind vor allem die gelösten und in die Lösungsphase überführbaren Anteile eines Nähr- oder Schadstoffs von ökologischer Relevanz (Abb. 2).

Eine Umverteilung und zunehmende Dispersion von im Boden angereicherten Nähr- und Schadstoffen ist durch Erosion und Verdriftung von Oberbodenmaterial durch Wasser und Wind möglich. Schadstoffe mit merklichem Dampfdruck (z.B. Quecksilber und einige Biozide) sowie im Boden durch mikrobielle Umsetzungen gebildete gasförmige Abbauprodukte verschiedener Substanzen (z.B. von N_2O durch Reduktion von Nitraten) können aus dem Boden in die Atmosphäre entweichen und nach Verdriftung z.T. an anderer Stelle mit den Niederschlägen wieder in den Boden gelangen.

Organische Substanzen natürlicher Herkunft (pflanzliche und tierische Substanzen) und anthropogener Herkunft (Siedlungsabfälle, Biozide u.a.) unterliegen im Boden – je nach Art ihres Molekülaufbaues – mehr oder weniger schnell einer mikrobiellen Zersetzung. Damit wirkt der Boden im Stoffhaushalt der Ökosphäre als ein mikrobielles Transformationssystem, das bei hoher biotischer Aktivität von großer Wirksamkeit sein kann. Außerdem unterliegen organische Substanzen z.T. einem durch Bodensubstanzen katalysierten, rein chemischen Zerfall sowie unter dem Einfluß des Sonnenlichts photochemischen Abbauvorgängen (Abb. 2).

Das komplexe Verhalten der verschiedenen Substanzen im Boden bedingt, daß die Funktion von Böden und Sedimenten als Filter-, Puffer- und mikrobielles Transformationssystem von einer Vielzahl von Bodeneigenschaften bestimmt wird. Insbesondere sind hierfür die Gehalte von Ton, Schluff und Sand sowie an organischer Substanz, Eisenoxiden, Aluminiumoxiden und Carbonaten von Bedeutung.

Ton, Schluff und Sand

Die Ton-Fraktion besteht aus oberflächenaktiven Teilchen – vor allem aus Tonmineralen –, deren Durchmesser kleiner als 2 µm ist. Tonminerale besitzen – durch die Art ihres Aufbaues bedingt – vorwiegend negative, z.T. aber auch positive elektrische Ladungen an ihren Oberflächen. Zum Ladungsausgleich werden an den negativ und positiv geladenen Oberflächenpositionen bodenbürtige Kationen und Anionen austauschbar gebunden (Abb. 3). Diese stehen dann den Pflanzen als Nährstoffe zur Verfügung. Auch die mit der Mineraldüngung in den Boden gelangenden Nährstoffe (z.B. K^+, Mg^{++}) werden zum größten Teil austauschbar gebunden.

Mit dem Niederschlagswasser in den Boden transportierte potentielle Schadstoffe mit positiver Ladung (z.B. Schwermetalle und einige organische Biozide wie Simazin, Atrazin u.a.) oder negativer Ladung (z.B. Arsenate, Chromate, Selenite und die Herbizide 2,4-D und Dicamba) oder Substanzen mit ausgeprägt polarer Struktur (z.B. die Herbizide Amitrol, Dichlobenil) können entweder im Austausch gegen bodeneigene Ionen oder unter Einbeziehung dieser als koordinative Ion-Dipol-Bindungen so-

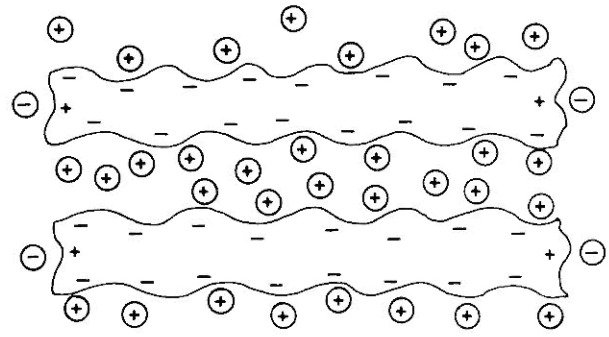


Abb. 3: Tonminerale (Smectit) mit negativen (–) und positiven (+) Ladungen sowie austauschbaren Kationen (Ⓞ), und Anionen (Ⓞ) an den äußeren und inneren Oberflächen (vereinfachte Darstellung).

wie über Wasserstoff-Brückenbindungen an den Tonteilchen adsorbiert werden. Eine besonders feste Bindung und weitgehende Maskierung kationischer Biozide (z.B. von Paraquat) findet mit der Einlagerung in Zwischenschichten von aufgeweiteten Tonmineralen statt. Auf Grund ihrer Fähigkeit, Substanzen an der Oberfläche und z.T. in Zwischenschichten zu binden, bewirken die Tonminerale, daß Böden und Sedimente mit ausreichenden Tongehalten ein hohes Pufferungsvermögen besitzen.

Auch die Filterwirkung tonreicher Böden und Sedimente ist sehr gut, da infolge der geringen Korngröße der Tonteilchen vorwiegend sehr feine Wasserleitbahnen ausgebildet werden und auch Schmutz- und Schadstoffe von kolloidaler Größe aus dem Sickerwasser herausgefiltert werden können. Dagegen ist die Filterleistung, d.h. die Menge an Wasser, die pro Zeiteinheit gereinigt werden kann, wegen der sehr geringen Durchlässigkeit toniger Substrate in der Regel nur äußerst gering.

Im Gegensatz zur Tonfraktion bestehen die gröberen Sand-, Kies-, Grus- und Steinfraktionen (Durchmesser der Partikel > 63 µm) in der Regel aus primären Mineralen (Quarz, Feldspat u. a.) und Gesteinsbruchstücken, die nur eine sehr geringe Oberflächenladung und Pufferkapazität besitzen. Nährstoffe wie auch Schadstoffe können deshalb nur in geringer Menge gebunden werden. Die Filterwirkung dieser Fraktion ist in Abhängigkeit von dem mit der Korngröße zunehmenden Durchmesser der Wasserleitbahnen nicht so gut wie bei der Tonfraktion, die Filterleistung dagegen ist wesentlich höher. Böden und Sedimente mit hohen Sand-, Kies- und Steingehalten weisen dementsprechend eine hohe Filterleistung, jedoch eine geringe Pufferkapazität auf.

Die Schluff-Fraktion liegt in ihrer Korngröße (Durchmesser 2–63 µm) zwischen der Ton- und Sandfraktion. Diese Mittelstellung nimmt sie auch in der Pufferwirkung ein. Die Filterleistung schluffreicher Böden und Sedimente kann dagegen sehr unterschiedlich und z.T. ebenso niedrig wie in tonreichen Substraten sein, da mit hohen Schluffgehalten oft ungünstige Gefügeformen (dichte Lagerung) und eine sehr geringe Durchlässigkeit verbunden sind.

Organische Substanz

Die organische Sustanz des Bodens besteht aus lebenden Organismen (Pflanzenwurzeln, Bodenflora und -fauna) sowie abgestorbenen und mehr oder weniger stark zersetzten Humusstoffen pflanzlicher und tierischer Herkunft. Von diesen besitzen die beim Ab- und Umbau organischer Ausgangssubstanzen neu gebildeten und im obersten humushaltigen Bodenhorizont angereicherten Huminstoffe eine besondere Bedeutung. Diese dunkelgefärbten organischen Kolloide sind – wie die Tonminerale – in der Lage, Kationen, Anionen und polare Moleküle zu

binden. Sie weisen eine relativ offene Struktur auf, so daß andere organische sowie anorganische Substanzen in ihnen eingeschlossen und fixiert werden können. Ihre Bindungskapazität ist erheblich höher als die der Tonminerale. Huminstoffe besitzen weiterhin komplexierende Wirkung, so daß vor allem Schwermetallkationen sehr fest gebunden werden können. Außerdem findet in hohem Maße eine Festlegung von Bioziden durch Huminstoffe statt.

Mit zunehmendem Gehalt an organischer Substanz nehmen in der Regel sowohl der Gehalt an puffernd wirkenden Huminstoffen als auch die biotische Aktivität der Böden und Sedimente zu. In den oberen Zentimetern eines Bodens können pro Gramm bis zu 10^9 Bakterien, 10^6 Actinomyceten und 10^5 Pilze enthalten und tätig sein. Die Aktivität dieser Organismen und damit die Wirksamkeit des Bodens als mikrobielles Transformationssystem steigt mit zunehmenden Gehalten an zersetzbaren organischen Substanzen und Optimierung der Feuchtigkeits-, Temperatur-, Nährstoff- und Reaktionsverhältnisse.

Die organische Substanz trägt außerdem wesentlich zur Ausbildung eines für das Wachstum der Pflanzen günstigen Bodengefüges bei und wirkt gleichzeitig über eine Erhöhung der Durchlässigkeit positiv auf die Filterfunktion der Böden.

Insgesamt ist damit die Funktion der Böden als Filter-, Puffer- und mikrobielles Transformationssystem in hohem Maße mit dem Gehalt und den Eigenschaften der bodeneigenen organischen Substanz verknüpft.

Eisenoxide, Aluminiumoxide und Carbonate

Die Filterwirkung der Böden und Sedimente wird vorwiegend indirekt durch den Gehalt an Eisenoxiden, Aluminiumoxiden und Carbonaten beeinflußt. Hohe Gehalte an diesen Bodenkomponenten bewirken im allgemeinen die Ausbildung eines günstigen, gut durchlässigen Bodengefüges und führen damit in der Regel zu einer Erhöhung der Filterleistung.

Die Pufferwirkung wird dagegen direkt durch die chemischen Eigenschaften der Oxide und Hydroxide des Eisens und Aluminiums sowie der Calciumcarbonate (Kalk) bestimmt. Diese Bodenkomponenten bewirken eine Pufferung sowohl durch Adsorption als auch durch chemische Fällung. Sie sind im Gegensatz zu den Tonmineralen vor allem zur Bindung von Anionen – insbesondere von Phosphaten, Molybdaten, Arsenaten u. a. – befähigt und bestimmen damit im wesentlichen die Pufferkapazität der Böden für Anionen.

Zur vollständigen Beurteilung der vielfältigen Funktionen des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre müssen außerdem der Säure-Basenhaushalt (vor allem die Bodenreaktion) und die Oxidations-Reduktionsbedingungen sowie horizontale und vertikale Veränderungen in der stofflichen Zusammensetzung der Böden berücksichtigt werden.

Anthropogene Einflüsse auf den Stoffhaushalt des Bodens

Landwirtschaftliche Bodennutzung

Um die Ernährung der ständig wachsenden Menschheit sicherzustellen, zwingt die begrenzte Fläche an landwirtschaftlich nutzbarem Boden zu einer ständigen Steigerung der Ernteerträge pro Flächeneinheit. Die in den vergangenen Jahrzehnten erzielte Steigerung der Flächenerträge ist ganz wesentlich auf den zunehmenden Einsatz von Mineraldüngern und Pflanzenschutzmitteln (Biozide) zurückzuführen.

Da zwangsläufig alle gravierenden Eingriffe des Menschen in den Stoffhaushalt der Ökosphäre zu Umweltveränderungen führen, die oft erwünscht, zum Teil aber auch unerwünscht sind, kann auch der Einsatz der Mineraldünger und Biozide in der Landwirtschaft neben den erwünschten Effekten auf Boden und Pflanzenertrag unerwünschte Auswirkungen auf die Qualität der Ernteprodukte (Erhöhung der NO_3^--Gehalte) oder auf andere Teilbereiche der Ökosphäre (NO_3^--Anreicherung im Grund- und Trinkwasser, Eutrophierung der Oberflächengewässer) mit sich bringen.

Mineraldüngung

Da der Boden als offenes System mit dem Entzug der Nährstoffe durch die angebauten Pflanzen und der Nährstoffauswaschung unter humiden Klimabedingungen mit dem Oberflächenabfluß und dem Sickerwasser ständige Nährstoffverluste erfährt, ist eine Ergänzung der entzogenen Nährstoffe durch die Mineraldüngung für die landwirtschaftliche Bodennutzung unumgänglich.

Phosphor

Für die heute beobachtete zunehmende Eutrophierung der Oberflächengewässer wird u. a. als wesentliche Ursache die Nährstoffauswaschung und -erosion – insbesondere von Phosphor – aus intensiv gedüngten Ackerflächen angesehen. Jedoch besonders für Phosphor weisen belüftete, nicht unter Wassereinfluß stehende Böden eine außerordentlich hohe Bindungskapazität auf. Dies ist aus Abbildung 4 anhand der Gehalte an Gesamtphosphor in verschiedenen Tiefen von zwei unterschiedich stark gedüngten Böden ersichtlich.

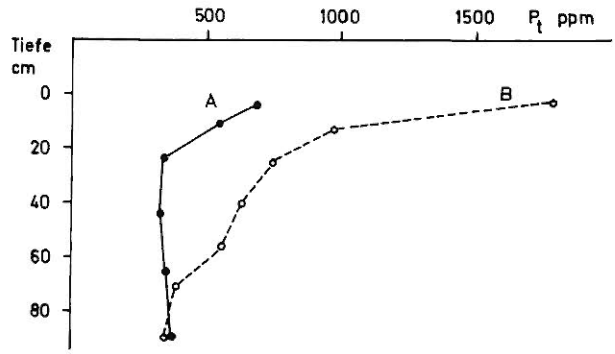


Abb. 4: Gehalte an Gesamt-Phosphor (P_t) in verschiedenen Tiefen eines wenig (A) und eines stark gedüngten Bodens (B) (ppm P_t = mg P_t pro kg Boden).

Im wenig gedüngten Boden (A) haben die mit der Mineraldüngung zugeführten Phosphate ausschließlich in den obersten 20 cm zu einer Erhöhung der natürlichen, bereits im Ausgangsmaterial vorhandenen Phosphorgehalte geführt und sind nicht in tiefere Bodenhorizonte verlagert worden. Im stark gedüngten Boden hat eine Erhöhung der Phosphorgehalte bis zu einer Tiefe von 60 cm stattgefunden. Dann wird auch in diesem Boden der natürliche bereits im Ausgangsmaterial vorhandene Phosphorgehalt (ca. 350 ppm) erreicht. Damit werden die Phosphorgehalte des Sickerwassers nach einer Bodenpassage von etwa 50 – 70 cm nicht mehr durch die gedüngten Phosphormengen bestimmt, sondern ausschließlich durch den von Natur her im Boden vorhandenen Phosphor. Die Phosphorauswaschung mit dem Sickerwasser ist damit vor allem von den natürlichen Phosphorvorräten der tieferen Bodenhorizonte abhängig und zeigt deshalb in Ackerböden (ausgenommen Moorböden) auch durchweg nur sehr niedrige Werte von weniger als 0,5 kg/ha und Jahr, die in der Regel weder durch die Düngung noch durch die Bodennutzung beeinflußt werden (FURRER und GÄCHTER 1972, KÖHNLEIN 1972, ZWERMAN und Mitarbeiter 1972, COOKE und WILLIAMS 1973).

Unter anaeroben, reduzierenden Bedingungen, wie sie für hydromorphe Böden (Stau- und Grundwasserböden) charakteristisch sind, kann dagegen eine höhere P-Mobilisierung und -Auswaschung stattfinden, da Eisenoxide und -hydroxide, die beträchtliche Mengen an Phosphor binden, durch Reduktionsvorgänge zerstört und damit die von ihnen gebundenen Phosphate freigesetzt werden (BRÜMMER 1975). Ausgeprägte Feuchtgebiete sollten deshalb nach Möglichkeit nur extensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

Von größerer Bedeutung für die Gewässereutrophierung kann die Erosion und Einspülung nährstoffreichen – insbesondere P-reichen – Bodenmaterials von intensiv gedüngten Böden sein, wenn sich Ackerflächen mit ausgeprägter Hanglage im unmittelbaren Einzugsbereich eines Gewässers befinden. Dies läßt sich aber in einfacher Weise durch Anlegen von wenige Meter breiten, bepflanzten Uferstreifen vollständig beheben.

Stickstoff

Im Gegensatz zum Phosphor weist der Boden eine wesentlich geringere Bindungskapazität für Stickstoff auf, so daß die Düngung mit diesem Nährelement zu entsprechend höheren Auswaschungsverlusten führt.

Stickstoff liegt im Boden zum größten Teil in organischen Substanzen gebunden vor, zum geringeren Teil als NH_4^+- und NO_3^--Stickstoff. Auch der als mineralischer oder organischer N-Dünger dem Boden zugeführte Stickstoff liegt in einer dieser drei Formen vor. Da die Bindungskapazität des Bodens besonders für einwertige Anionen sehr gering ist, unterliegt vor allem der Nitrat-Stickstoff der Auswaschung. Die Höhe der NO_3^--Auswaschung hängt im wesentlichen ab von der Ausnutzung des vorhandenen Stickstoffs durch den Pflanzenbestand, von der den Boden perkolierenden Sickerwassermenge, von der Menge des ausgebrachten N-Düngers und von der Dynamik (Umwandlung organisch gebundenen Stickstoffs in NO_3^--N und umgekehrt) und N-Bindungskapazität des Bodens.

Je nach Art des Pflanzenbestandes und der Dauer der Bodenbedeckung können 30 bis 100% des gedüngten Stickstoffs durch die Pflanzen aufgenommen werden (30–50% beim Getreide, 70–100% bei Weidenutzung). Da die Auswaschung des im Boden verbleibenden N-Anteils vor allem während der vegetationsfreien Zeit stattfindet, kann die N-Auswaschung durch solche Fruchtfolgen herabgesetzt werden, die nur kurze Bracheperioden – z.B. durch den Anbau geeigneter Zwischenfrüchte – mit sich bringen. In Abhängigkeit von der Höhe der Niederschläge und der den Boden perkolierenden Sickerwassermenge ist in trockenen Jahren nur eine geringe, in feuchten Jahren dagegen eine hohe N-Auswaschung feststellbar. Bei einer ganzjährigen Bodennutzung (Weiden, Wiesen) wird die Sickerwassermenge durch den Wasserverbrauch der Pflanzen deutlich herabgesetzt, so daß der Einfluß der Vegetation neben einer Herabsetzung der NO_3^--Konzentration in der Bodenlösung auch in einer Verminderung der Sickerwassermenge besteht.

Außerdem beeinflußt die Menge des ausgebrachten N-Düngers die Höhe der Auswaschungsverluste. Diese betragen in der Regel 5–20% der Düngergabe. Eine Verminderung der N-Verluste kann erreicht werden, wenn die Düngung dem Nährstoffbedarf der Pflanzen angepaßt und in mehreren Teilgaben ausgebracht wird.

So empfiehlt sich z. B. für Getreide (Winterweizen), die zu Vegetationsbeginn im Frühjahr übliche N-Gabe, die – oft schon vor Vegetationsbeginn gegeben – bei feuchter Witterung in hohem Maße der Auswaschung unterliegt, relativ niedrig zu dosieren (ca. 40 bis 60 kg N/ha), am Ende der Bestockung dann eine höhere zweite Teilgabe auszubringen (60–80 kg N/ha) und als Ertragsspätdüngung schließlich eine dritte Teilgabe (40 bis 80 kg N/ha – je nach Witterung und zu erwartendem Ertrag) vorzusehen (HANUS 1975).

Insgesamt kann die Stickstoffauswaschung unter ungünstigen Bedingungen bis über 100 kg N/ha und Jahr betragen. Sie ist insbesondere auf gut durchlässigen, wenig puffernden Sandböden hoch (27–113 kg/ha · a, im Mittel ca. 55 kg/ha · a), dagegen auf ton- und humusreichen Böden, die eine höhere N-Bindungskapazität besitzen, deutlich niedriger (9–66 kg/ha · a, im Mittel ca. 24 kg/ha · a) (AMBERGER und SCHWEIGER 1974, BAKER und CHESNIN 1975, CZERATZKI 1973, FURRER und GÄCHTER 1972, KÖHNLEIN 1972, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1976, BOYSEN 1977).

Kalium

Kalium wird dem Boden vorwiegend in Form von KCl zugeführt. Da die Pufferkapazität des Bodens allgemein für Kationen höher als für Anionen ist und außerdem K^+-Ionen selektiv in den Zwischenschichten aufgeweiteter Tonminerale gebunden werden können, zeigt die Kalium-Auswaschung im Vergleich zur Nitrat-Auswaschung deutlich niedrigere Werte. Insbesondere auf Böden mit ausreichenden Tongehalten (lehmige bis tonige Böden) ist in der Regel nur eine geringe K-Auswaschung feststellbar (2–10 kg K/ha · a). Ein höheres Ausmaß können die Auswaschungsverluste dagegen auf sandigen Böden erreichen (20–40 kg K/ha · a; Lit. s. oben).

Die mit der Mineraldüngung einhergehenden Auswaschungsverluste können herabgesetzt werden, wenn die Ausbringung leichtlöslicher Nährstoffe (N-, K-, Mg-Dünger) zum richtigen Zeitpunkt (nicht vor Vegetationsbeginn), nach dem Bedarf der Pflanzen (aufgeteilt in mehrere Gaben und in der richtigen Relation) und unter Berücksichtigung der Bindungskapazität der Böden (keine Vorratsdüngung auf Sandböden) erfolgt.

Insgesamt hat die Landbewirtschaftung durch Meliorationsmaßnahmen der verschiedensten Art sowie durch Kalkung, Düngung und Bodenbearbeitung zu einem Anstieg der Bodenreaktion und damit zu einer Verbesserung des Säure-Basenhaushalts, zu einer Erhöhung der Nährstoffreserven in den Böden sowie zu einer Homogenisierung der Oberböden und zur Vertiefung der Krume geführt. Damit ist durch die Tätigkeit des Menschen nicht nur einer weiteren Degradierung der Böden entgegengewirkt worden, sondern es ist auch eine außerordentliche Erhöhung der Fruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit) der Kulturböden gegenüber vergleichbaren Naturböden unter Wald erreicht worden.

Organische Biozide

Der Einfluß der Biozide auf den Stoffhaushalt der Ökosphäre wird langfristig vor allem durch das Verhalten der Biozide im Boden bestimmt. Wie in Abbildung 2 für Schadstoffe dargestellt, liegt auch von den Bioziden ein mehr oder weniger großer Teil in der biologisch wirksamen löslichen Form im Boden vor und kann so von Pflanzen und Mikroorganismen aufgenommen und im Boden transportiert werden. Die löslichen Anteile befinden sich im Gleichgewicht mit den durch Adsorption, chemische Fällung und Einlagerung in mineralische und organische Substanzen gebundenen Anteilen.

Der Abbau organischer Biozide in oder auf dem Boden ist vor allem durch mikrobielle Prozesse, daneben durch rein chemische Reaktion (Hydrolyse, Oxidation und Isomerisation), die z.T. durch Bodenbestandteile (z. B. Tonminerale) katalysiert werden und durch photochemische Vorgänge möglich (Abb. 2).

Die mikrobielle Zersetzbarkeit der verschiedenen Biozide ist sehr unterschiedlich und hängt sowohl von der Persistenz der jeweiligen Substanz als auch von der biotischen Aktivität des Bodens ab. Alle Bedingungen und Maßnahmen, die zu einer Steigerung der mikrobiellen Transformationsvorgänge führen (optimale Feuchtigkeits- und Temperaturbedingungen, Zufuhr von frischer, zersetzbarer organischer Substanz, ausreichende Nährstoffversorgung, günstige Bodenreaktion) bewirken einen zunehmenden

Abbau organischer Biozide. Wechselnde Oxidations-Reduktionsbedingungen können die Zersetzung mancher Biozide beschleunigen. So werden z. B. chlorierte Kohlenwasserstoffe (Insektizide DDT, Lindan u. a.) sowie einige Herbizide (Atrazin, Trifluralin) unter reduzierenden Bedingungen schneller zersetzt als unter oxidierenden. Insgesamt nimmt die mikrobielle Zersetzbarkeit der Biozide – bezogen auf eine 75- bis 100%ige Abnahme der Gehalte im Boden – in folgender Reihe zu: Chlorierte Kohlenwasserstoffe (Insektizide) 2-10 Jahre < Harnstoffderivate, Triazine (Herbizide) 2-18 Monate < Phenoxyfettsäuren (Wuchsstoffherbizide) 1-6 Monate < P-Ester (Insektizide) 2-12 Wochen.

Durch den Einsatz von Bioziden ist kurzfristig eine Gefährdung freilebender Tiere durch direkten Kontakt und indirekt durch Aufnahme frischbehandelter Pflanzen möglich. Auch Mikroorganismen und niedere Tiere im Boden können vorübergehend geschädigt werden. Diese haben jedoch in der Regel innerhalb weniger Wochen oder Monate wieder ihre normale Populationsdichte aufgebaut. Bei längerer Anwendung wurde sogar für einige Biozide eine zunehmende Abbauintensität beobachtet, so daß offenbar eine Anpassung der Mikroorganismen an die applizierten Substanzen stattgefunden hatte.

Gegen Abbauvorgänge weitgehend persistente Biozide (Chlorierte Kohlenwasserstoffe) oder durch Einbau in Bodenkomponenten weitgehend maskierte Substanzen (z. B. Paraquat) können bei häufiger Anwendung im Boden angereichert werden. Ein wesentliches Auswahlkriterium für Zulassung und Verwendung von Bioziden muß deshalb deren mikrobielle Zersetzbarkeit sein (BETZ 1975, GROVER 1975, HELLING und Mitarbeiter 1971, MATHUR und SAHA 1975, MOREALE und VAN BLADEL 1976, PARR und SMITH 1974, SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL 1976, WEGMANN 1977).

SO_2-, NO_x- und F-Immission

Neben den im Rahmen der Landbewirtschaftung dem Boden zugeführten Substanzen findet heute eine zunehmende Beeinflussung des Stoffhaushalts der Böden durch anthropogene Emissionen der verschiedensten Art statt. So haben vor allem in den letzten Jahrzehnten eine steigende industrielle Produktion und ein zunehmender Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung vor allem durch die Verbrennung steigender Mengen an Kohle- und Erdölprodukten zu einer zunehmenden Emission von Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxiden (NO_x) und Fluor (F) in die Atmosphäre geführt (Abb. 5, BUNDESMINISTERIUM DES INNERN, 1971).

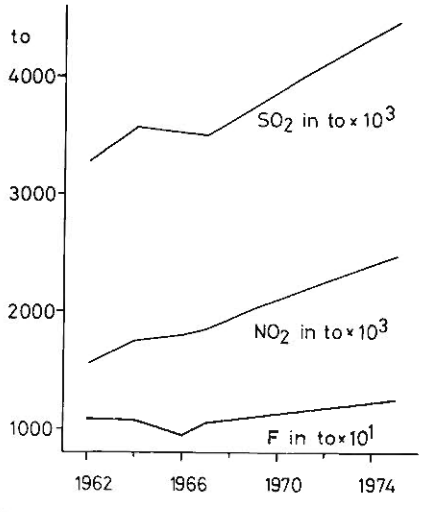


Abb. 5: Emission an Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffoxiden (NO_2) und gasförmigen Fluorverbindungen (F) in der BRD von 1962–1975 (aus „Materialien zum Umweltprogramm der Bundesregierung", 1971).

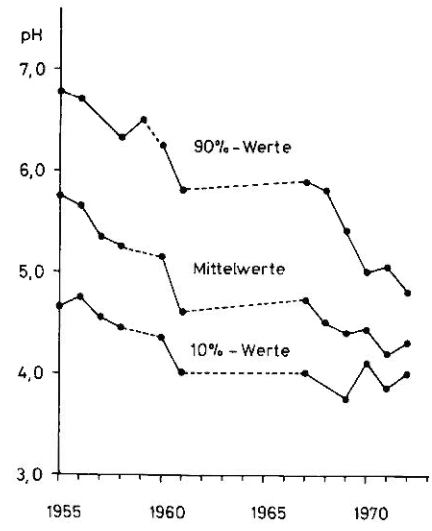


Abb. 6: Veränderung der pH-Werte der Niederschläge in Mitteleuropa (JESSEL 1974).

Schwefeldioxid- und Fluor-Emissionen können direkte Schäden an den oberirdischen Teilen der Pflanzen auslösen und im Boden eine zunehmende Versauerung bedingen. Durch Reaktion mit dem in der Atmosphäre enthaltenen Wasser bilden sich aus den emittierten Gasen starke Säuren (H_2SO_3, H_2SO_4, HNO_2, HNO_3, HF), die zu einer Absenkung der pH-Werte im Niederschlagswasser führen. In Abbildung 6 sind die mit ansteigender Gasemission einhergehenden Veränderungen der pH-Werte der Niederschläge dargestellt (JESSEL 1974).

Vor allem der SO_2-Einfluß ist mengenmäßig bei diesen Vorgängen von Bedeutung. In der Nähe von Industriegebieten und Großstädten gelangen mit den Niederschlägen bis 100 kg Schwefel/ha · a und mehr in Form von Schwefelsäure, schwefliger Säure oder deren Salzen in den Boden. Neben der Entfernung von emittierenden Ballungsräumen hängt die Schwefelbelastung der Böden auch von der Art der Vegetation ab. So gelangen in industriefernen Gebieten auf Freiflächen ca. 20–30 kg, unter Buche ca. 45 kg und unter Fichte ca. 80 kg S/ha · a mit den Niederschlägen in den Boden (MAYER und ULRICH 1974, ULRICH 1975). Vor allem Fichten bewirken mit ihrem ganzjährigen Nadelbestand und ihrer entsprechend hohen Adsorptionsfähigkeit für Schwefelverbindungen eine beträchtliche Erhöhung der Schwefeleinwaschung.

Die Wirkung auf den Boden zeigt sich besonders bei wenig puffernden Sandböden in einer starken Versauerung (bis pH < 3) der obersten Bodenhorizonte, einer Zunahme der Nährstoffauswaschung – insbesondere von Calcium, Magnesium und Mangan – und einer Freisetzung toxisch wirkender Aluminium-Ionen aus Tonmineralen (MAYER und ULRICH 1974, ULRICH 1975). Zur Kompensation der durch die Säure-Einwaschung bedingten Bodenveränderungen ist neben einer Ergänzung der ausgewaschenen Nährstoffe vor allem eine Kalkung erforderlich, mit der einer zunehmenden Versauerung der Böden entgegengewirkt werden kann. Durch den Anstieg der SO_2-Emission treten in der Bundesrepublik Deutschland zusätzliche Kosten für Kalkungsmaßnahmen in Höhe von mehreren Mio. DM auf, die von der Landwirtschaft getragen werden.

Nährstoff-Immission

Neben hohen Gehalten an Schwefel und Stickstoff in Form löslicher Sulfate (SO_4^{2-}) und Nitrate (NO_3^-) sind außerdem als Nährstoffe lösliche Phosphate ($H_2PO_4^-$) und Kalium-Ionen (K^+) in den Niederschlägen enthalten (Tab. 1).

Tabelle 1: pH-Wert und Gehalte an löslichen Nährstoffen im Niederschlagswasser (Berlin) (BLUME und Mitarbeiter 1975)

pH	SO_4^{2-}	NO_3^-	in mg/l $H_2PO_4^-$	K^+
3,3	5,5	o,5	o,3	o,4

Weitere Anteile dieser und anderer für die Ernährung der Pflanzen benötigten Elemente gelangen als staubförmige Partikel mit den Niederschlägen und durch die Filterwirkung der Vegetation auf den Boden. Insgesamt können in Abhängigkeit vom jeweiligen Standort pro Hektar und Jahr im Mittel 10–30 kg Stickstoff, 0,5–1,0 kg Phosphor, 2–19 kg Kalium, 1,8–4,4 kg Magnesium und 12–32 kg Calcium in den Boden gelangen (LOW und ARMITAGE 1970, MAYER und ULRICH 1974, ULRICH 1975). Durch diese Nährstoffzufuhr bedingt wird heute mehr oder weniger ausgeprägt in allen Ökosystemen eine Tendenz zur Eutrophierung ausgelöst.

Die Menge aller durch Emission in die Atmosphäre und anschließend mit den Niederschlägen in gelöster Form oder als Staub dem Boden zugeführten Nähr-, Schmutz- und Schadstoffe wird für die Bundesrepublik Deutschland im Mittel auf etwa 800 kg pro ha und Jahr geschätzt (KLOKE 1972).

Schwermetall-Immission

In die Atmosphäre emittierte Luftverunreinigungen aus der Kohle- und Erdölverbrennung, aus Industrieproduktion und Kraftfahrzeugverkehr sowie in Flüsse, Seen und Meere eingeleitete industrielle Abwässer führen nach Verdriftung durch Wind und Wasser zu einer zunehmenden Belastung von Böden und Sedimenten mit Schwermetallen. Jährlich werden z.B. $10-15 \times 10^6$ t Brennstoffrückstände über Nordwesteuropa in die Atmosphäre emittiert, die zu einer geschätzten Belastung der Erdoberfläche in diesem Gebiet (einschließlich der freien Wasserfläche) von im Mittel 70–100 kg Rückständen mit etwa 400 g Metall pro ha und Jahr führen (ERLENKEUSER und Mitarbeiter 1974). Beträchtliche Mengen an Schwermetallen werden auch durch metallverarbeitende u.a. Industrieanlagen in die Atmosphäre und Gewässer emittiert. So wurden z.B. von einem Hüttenwerk in Niedersachsen im Mittel der sechziger Jahre etwa 250 t Zink, 90 t Blei und 1,7 t Cadmium über die Luft in die unmittelbare Umgebung abgegeben (VETTER und Mitarbeiter 1973). Durch den Kraftfahrzeugverkehr sind seit der Einführung verbleiter Benzine im Jahre 1923 bis heute etwa $4-5 \times 10^6$ t Blei in die Umwelt emittiert worden (HILDEBRAND 1974).

Untersuchungen von Niederschlägen haben gezeigt, daß auch in industriefernen Gebieten Deutschlands Schwermetalle aus Luftverunreinigungen zu einer beträchtlichen Belastung der Landschaft führen (SEEKAMP und FASSBENDER 1974, RUPPERT 1975; Tab. 2).

Tabelle 2: Schwermetallgehalte in den Niederschlägen industrieferner Gebiete (Solling und Landreis Göttingen, Stadtgebiet Göttingen) und Schwermetallbelastung der Landschaft mit dem Niederschlagswasser

Element	Solling u. Landkreis Göttingen*)		Stadtgebiet Göttingen**)	
	ug/l	g/ha und Jahr	ug/l	g/ha und Jahr
Zink	-	-	12-77	324
Blei	19-1oo	82-533	o,5-15	4o
Kupfer	8-71	23o-286	1-14	52
Nickel	1-13	53-197	-	-
Cadmium	o,5-8	16	o,1-1	3,5
Chrom	1-4	7-9	-	-
Quecksilber	-	-	o,o2-o,o8	o,2

*) Nach SEEKAMP und FASSBENDER 1974.
**)Nach RUPPERT 1975.

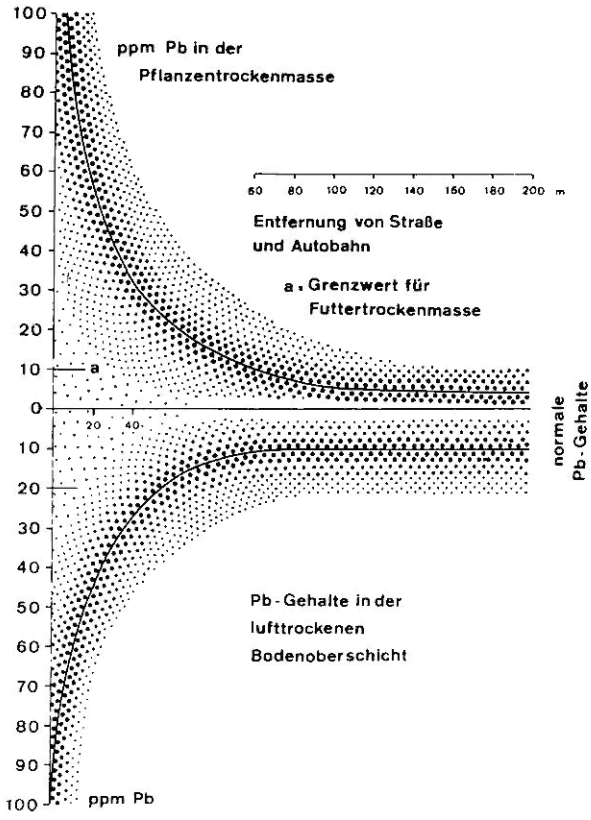


Abb. 7: Schematische Darstellung der Anreicherung von Blei in und auf Pflanzen und in Böden beiderseits stark befahrener Straßen und Autobahnen (KLOKE 1974).

Tabelle 3: Gehalte an Schwermetallen von unbelasteten und stark belasteten Böden, von Elbe- und Rheinsedimenten sowie von Klärschlämmen (JANSSON 1972; DE HAAN 1972; VETTER und Mitarbeiter 1973; DE GROOT 1974; BRÜMMER 1975; LICHTFUSS und BRÜMMER 1977)

Element	unbelasteten Böden	stark belasteten Böden	Elbe-Sedimenten*)	Rhein-Sedimenten**)	Klärschlämmen (Mittelwerte)
Zink	5-1oo	23oo	46oo	29oo	25oo
Chrom	5-1oo	-	6oo	124o	15oo
Blei	5-4o	2ooo	6oo	8oo	6oo
Kupfer	2-4o	7o	115o	6oo	1ooo
Arsen	2-2o	-	275	22o	15
Cadmium	<o,5	4o	42	45	15
Quecksilber	<o,5	-	28	23	1o

*) Gehalte bei 1oo% <2o µm (LICHTFUSS und BRÜMMER 1977).
**)Gehalte bei 1oo% <16 µm (DE GROOT 1974).

In Tabelle 3 sind die Gehalte an Schwermetallen von unbelasteten und stark belasteten Böden (in 0,75 km Entfernung eines niedersächsischen Hüttenwerkes, s.o.), von Elbe- und Rhein-Sedimenten sowie von Klärschlämmen aufgeführt. Wie die Ergebnisse zeigen, kann die Schwermetallanreicherung etwa auf das 10–300fache der für unbelastete Böden gemessenen Gehalte ansteigen.

Eine besonders starke Belastung der Böden findet vor allem in der unmittelbaren Umgebung der Emittenten statt. So zeigen Untersuchungen an den Rändern vielbefahrener Straßen, daß vor allem direkt neben der Fahrbahn bis zu einer Entfernung von 30–50 m eine deutliche Erhöhung der Bleigehalte im Boden stattgefunden hat (KLOKE 1972, 1974; Abb. 7).

In weiterem Abstand ist eine Bleibelastung anhand von Bodenanalysen in der Regel nicht mehr nachweisbar.

Auch die Bleigehalte der angebauten Pflanzen – bedingt durch äußere Staubkontamination und Pb-Aufnahme aus dem Boden – sind nur in der Nähe der Straßen beträcht-

lich. Durch Baum- und Buschbepflanzungen an den Seitenstreifen vielbefahrener Straßen läßt sich eine Bleibelastung der Kulturpflanzen weitgehend verhindern.

Nach Untersuchungen von VETTER und Mitarbeitern (1972, 1973) kommt es bis zu einer Entfernung von etwa 3 km um ein Schwermetalle emittierendes Werk zu einer akuten Schädigung der Ökosphäre. Die werksnah gelegenen Böden sind vor allem in den oberen 5 bis 10 cm mit Zink, Blei, Kupfer und Cadmium angereichert (Tab. 3) und weisen auch in den unteren Bodenhorizonten stark erhöhte Schwermetallgehalte auf. In Abhängigkeit von der Pufferkapazität der Böden werden Schäden an der Vegetation bei Gesamtgehalten des Bodens von 1000 – 2000 ppm Blei, 100 – 500 ppm Zink, 50 – 200 ppm Kupfer und 20 bis 50 ppm Cadmium beobachtet (VETTER und Mitarbeiter 1973; HASLER 1974; v. HODENBERG 1974; KLOKE 1974). Treten mehrere Schwermetalle gemeinsam auf, so ist mit einer additiven oder multiplikativen Schadwirkung zu rechnen. In den in unmittelbarer Umgebung des Werkes gelegenen Gebieten wird entsprechend den in Tabelle 3 (Spalte 2) aufgeführten Gehalten die Pufferkapazität der Böden überschritten, so daß es zu erhöhten Schwermetallgehalten in der Lösungsphase kommt (Bodenlösung, Graben- und Zisternenwasser) und eine Schädigung der Pflanzen- und Tierwelt stattfindet. Auf dem Grünland sind Lückenbildung, Blattverfärbungen und herabgesetzter Massenwuchs sowie eine Verminderung der Artenzahl von 20 bis 25 (in 5 km Entfernung) auf 3 – 4 (in 400 – 500 m Entfernung) festzustellen. Die toxische Wirkung der Schwermetalle führt zu einer Hemmung der Mikroorganismentätigkeit, so daß die abgestorbenen Pflanzen unvollständig abgebaut werden und eine Vertorfung des Bodens einsetzt. Über kontaminierte Weide- und Futterpflanzen kommt es zu gesundheitlichen Schäden der Haustiere, insbesondere der Rinder. Die Folge der Schwermetallimmissionen sind erhöhte Schwermetallgehalte (Blei, Cadmium) in den Nahrungsmitteln, die zu einer überhöhten Schwermetallaufnahme der Menschen in diesem Gebiet bei der üblichen Mitverwertung der selber erzeugten Nahrungsmittel führen kann (VETTER und Mitarbeiter 1972, 1973).

Über ähnliche Beispiele für Schwermetalltoxizitäten ist mehrfach berichtet worden. Vor allem in stark belasteten fluvialen Sedimenten (Tab. 3) treten z.T. so hohe Gehalte an Schwermetallen auf, daß toxisch wirkende Konzentrationen in der Porenlösung der Sedimente und in den sedimentnahen Wasserschichten auftreten können, die dann zu einer Schädigung der Flora und Fauna führen.

Auch in Siedlungsabfällen können je nach Belastung mit industriellen Abfällen oder Abwässern beträchtliche Gehalte an Schwermetallen akkumuliert sein (s.Tab. 3: Klärschlämme). Die Ausbringung kompostierter Siedlungsabfälle mit hohen Schwermetallgehalten kann deshalb ebenfalls zu einer Schwermetallanreicherung in Böden führen.

Tabelle 4: Schwermetallgehalte in der Gleichgewichtslösung einer kontaminierten Parabraunerde (Ap-Horizont) (HERMS und BRÜMMER 1977)

pH	Zn	Cd mg/l	Cu	Pb
3	25,2	4,45	4,0	1,26
4	13,0	2,77	0,8	0,28
5	5,6	1,47	0,7	0,12
6	0,9	0,29	0,5	0,09
7	0,2	0,05	0,4	0,02
8	0,4	0,05	0,8	0,05

Wie die in Tabelle 4 aufgeführten Löslichkeiten von Zink, Cadmium, Kupfer und Blei in einem mit Schwermetallen kontaminierten Boden zeigen, steigen vor allem die Gehalte an Zink und Cadmium in der Bodenlösung bei pH-Werten unter 6 exponentiell an. Die Kupfer- und Blei-Löslichkeit nimmt dagegen erst unterhalb pH 4 deutlich zu (HERMS und BRÜMMER 1977).

Da vor allem die löslichen und in die Lösungsphase überführbaren Schwermetallanteile von ökologischer Bedeutung sind, können Schäden an der Vegetation landwirtschaftlicher und gärtnerischer Nutzflächen, die eine verstärkte Schwermetall-Immission aufweisen, vermieden werden, wenn die Bodenreaktion durch Aufkalken auf pH-Werte um 7 eingestellt wird. In diesem pH-Bereich findet eine Festlegung der Schwermetalle als schwerlösliche Oxide, Hydroxide und Carbonate statt. Zusätzliche hohe Phosphatdüngergaben führen mit der Bildung schwerlöslicher Metallphosphate ebenfalls zu einer Immobilisierung der Schwermetalle im Boden.

Die Gesamtheit der landwirtschaftlichen und gärtnerischen Nutzflächen, die im Bereich verstärkter Immissionen und einer akuten Schädigungsmöglichkeit der Ökosphäre liegen, werden in der BRD auf etwa 7% (etwa 10^6 ha) der gesamten Nutzfläche (etwa 14×10^6 ha) geschätzt (KLOKE 1972).

Bodeneigenschaften und Bodennutzung

Das Spektrum in der Zusammensetzung der Böden und Sedimente reicht einerseits von extrem tonreichen Ablagerungen (bis 80% Ton) bis zu fast tonfreien sandig-kiesigen Substraten und andererseits von nahezu humusfreien Sedimenten bis zu fast ausschließlich aus organischer Substanz bestehenden Mooren. Ähnlich groß ist die Variationsbreite in den Gehalten anderer Bodenkomponenten. Die damit einhergehenden großen Unterschiede in den Bodeneigenschaften machen eine der jeweiligen Bodeneignung entsprechende Nutzung erforderlich.

Fruchtbare Böden, die in der Regel bei mittleren Tongehalten (15 – 25% Ton) ein günstiges Gefüge und eine gute Nährstoffversorgung aufweisen, sollten bevorzugt der Nahrungsmittelproduktion dienen und landwirtschaftlich genutzt werden. Diese Böden sind auch in ihrer Funktion als mikrobielles Transformationssystem für die Verwertung größerer Mengen tierischer Abfälle sowie von kompostierten Siedlungsabfällen mit niedrigen Schadstoffgehalten geeignet.

Sehr tonreiche Böden und Sedimente weisen infolge ihrer hohen Pufferkapazität und sehr geringen Filterleistung eine besondere Eignung zur Lagerung umweltbelastender Siedlungs- und Sonderabfälle auf.

Gebiete mit vorwiegend nährstoffarmen sand- und kiesreichen Böden und Sedimenten sollten vorwiegend forstlich genutzt werden. Infolge der hohen Filterleistung dieser Böden eignen sie sich bevorzugt zur Trink- und Nutzwassergewinnung. Wegen der geringen Pufferwirkung sandiger und kiesiger Substrate muß jedoch eine Belastung mit Schmutz- und Schadstoffen weitgehend vermieden werden (WOHLRAB 1976).

Um negative Veränderungen im Stoffhaushalt der Ökosphäre und damit verknüpfte Umweltschäden zu vermeiden, ist deshalb für eine optimale Landschaftsplanung und Bodennutzung erforderlich, die jeweilige Bodeneignung als Pflanzenstandort (Acker, Grünland, Wald), Filtersystem (Grundwassergewinnung), Puffersystem (Abfallagerung) oder als mikrobielles Transformationssystem (Abbau organischer Abfälle) verstärkt als Planungsgrundlage zu verwenden.

Literatur

AMBERGER, A. und SCHWEIGER, P.: Sickerwassermenge und Stickstoffauswaschung in Lysimeterversuchen. Z. f. Wasser- u. Abwasserforschg. 7, 18 – 25, 1974.

BAKER, D. E. u. CHESNIN, L.: Chemical monitoring of soils for environmental quality and animal and human health. Adv. Agron. 27, 306 – 374, 1975.

BETZ, H.-G.: Das Verhalten von Paraquat in einem ausgedehnten Entwässerungssystem. Diss. Agrarw. Fachber. Univ. Kiel, 1975.

BOYSEN, P.: Nährstoffauswaschung auf gedüngten und ungedüngten Böden in Abhängigkeit von Standorteigenschaften und Nutzung der Moränen- und Sandergebiete Schleswig-Holsteins. Diss. Agrarw. Fachber. Univ. Kiel, 1977.

BLUME, H.-P., DÜMMLER, H. und RÖPER, H.-P.: Böden und Gewässer Westberlins. Ldw. Forsch. 31, 1. Sonderheft, 234–239, 1975.

BRÜMMER, G.: Pedologische Aspekte der Gewässereutrophierung und -verschmutzung. Schriftenreihe Agrarw. Fachber. Univ. Kiel 52, 113–124, 1975.

BRÜMMER, G.: Belastung und Belastbarkeit von Böden und Sedimenten mit Schadstoffen. Bayer. Ldw. Jb. 53, Jg., SH 3/76, 136–157, 1976.

BRÜMMER, G.: Funktion des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. In: Olschowy, G., Natur- und Umweltschutz in der Bundesrepublik Deutschland. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 1978.

BUNDESMINISTERIUM DES INNERN: Umweltplanung – Materialien zum Umweltprogramm der Bundesregierung. Schriftenreihe des Bundesministeriums des Innern, Bd. 1, Verlag W. Kohlhammer, 1971.

COOKE, G. W. und WILLIAMS, R. I. B.: Significance of man-made sources of phosphorus: Fertilizers and farming. Water Research 7, 19–33, 1973.

CZERATZKI, W.: Die Stickstoffauswaschung in der landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion. Landbauforsch. Völkenrode 23, 1–18, 1973.

ERLENKEUSER, H., SUESS, E. und WILLKOMM, H.: Industrialization affects heavy metal and carbon isotop concentrations in recent Baltic Sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta 38, 823–842, 1974.

FURRER, O. J. und GÄCHTER, R.: Der Beitrag der Landwirtschaft zur Eutrophierung der Gewässer in der Schweiz. II. Einfluß von Düngung und Nutzung des Bodens auf die Stickstoff- und Phosphormengen im Wasser. Schweiz. Z. Hydrol. 34, 71–93, 1973.

GAMAR, J. und MUSTAFA, M. A.: Adsorption and desorption of Diquat and Paraquat on arid zone soils. Soil Sci. 119, 290–295, 1975.

DE GROOT, A. J.: Silt and heavy metals in fluvial and marine waters. Hydro Delft 34, 7–11, 1974.

GROVER, R.: Adsorption and desorption of urea herbicides on soils. Canad. J. Soil Sci. 55, 127–135, 1975.

DE HAAN, S.: Ergebnisse aus Versuchen mit Abwasserklärschlamm. Landw. Forsch. 25, 27. Sonderheft, 102–108, 1972.

HANUS, H.: Aktuelle Fragen der N-Düngung zu Getreide. Schriftenreihe Agrarw. Fachber. Univ. Kiel 54, 28–39, 1975.

HASLER, A.: Landwirtschaftliche Klärschlamm-Verwertung. 4. Über die Eigenschaften von Klärschlamm und seine Eignung als Düngemittel. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung u. Gewässerschutz, Annexanstalt der ETH, Dübendorf 1974.

HELLING, Ch. S., KEARNEY, Ph. S. und ALEXANDER, M.: Behavior of pesticides in soiles. Adv. Agrar. 23, 147–240, 1971.

HERMS, U. und BRÜMMER, G.: Der Einfluß des pH-Wertes auf die Löslichkeit von Schwermetallen in Böden und Komposten. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 25, 139–142, 1977.

HILDEBRAND, E. E.: Die Bindung von Immissionsblei in Böden. Freiburger Bodenkundl. Abhandlungen 4, 148 S., 1974.

v. HODENBERG, A.: Ermittlung von Toxizitäts-Grenzwerten für Kupfer, Zink und Blei in Getreide, Rotklee und Rüben sowie Aufklärung der Toxizitätsschäden an Feldpflanzen im Harzvorland. Diss. Kiel, 169 S., 1974.

JANSSON, S. L.: Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft Schwedens. Ldw. Forsch. 25, 27. Sonderheft, 61–66, 1972.

JESSEL, U,: Seven years experience in air pollution monitoring in Germany. DFG-Mitt. 2/74, 41–48, 1974.

KLOKE, A.: Die Belastung der gärtnerischen und landwirtschaftlichen Produktion und Erntegüter durch Immissionen. In: DOMSCH, K. H.: Umweltschutz in Land- und Forstwirtschaft, 57–68, Hamburg u. Berlin, Verlag Paul Parey, 1972.

KLOKE, A.: Blei-Zink-Cadmium, Anreicherung in Böden und Pflanzen. Staub-Reinhalt. Luft 34, 18–21, 1974.

KÖHNLEIN, J.: Nährstoffauswaschung aus der Ackerkrume bei unterschiedlicher Nutzung und Düngung. Bayer. Ldw. Jb. 49, 392–424, 1972.

LICHTFUSS, R. und BRÜMMER, G.: Schwermetallbelastung von Elbe-Sedimenten. Naturwissenschaften 64, 122–125, 1977.

LOW, A. J. und ARMITAGE, E. R.: The composition of the leachate through cropped and uncropped soils in lysimeters compared with that of the rain. Plant a. Soil 33, 393–411, 1970.

MATHUR, R. und SAHA, J. G.: Microbial degradation of Lindane-C^{14} in a flooded sandy loam soil. Soil Sci. 120, 301–307, 1975.

MAYER, P. und ULRICH, B.: Conclusions on the filtering action of forests from ecosystem analysis. Oecol. Plant. 9, H. 2, 157–168, 1974.

MEINCK, F.: Industrie-Abwässer. Stuttgart, F. Fischer-Verlag, 1968.

MOREALE, A. und VAN BLADEL, R.: Influence of soil properties on adsorption of pesticide-derived anilin and p-chloroanilin. J. Soil Sci. 27, 48–57, 1976.

PARR, J. F. und SMITH, S.: Degradation of DDT in an everglades muck as affected by lime, ferrous iron, and anaerobiosis. Soil Sci. 118, 45–52, 1974.

RUPPERT, H.: Geochemical investigations on atmospheric precipitation in a mediumsized city. Water, Air, Soil Pollution 4, 447–460, 1975.

SCHEFFER, F. und SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1976.

SCHLICHTING, E.: Funktion von Böden in der Ökosphäre. Dokumentationsstelle der Universität Hohenheim, Nr. 22, 9–12, 1978.

SCHROEDER, D.: Bodenkunde in Stichworten. Verlag Ferdinand Hirt, Kiel 1978.

SEEKAMP, G. und FASSBENDER, H. W.: Zur Erfassung der Schwermetall-Belastung von industrie- und verkehrsfernen Waldökosystemen durch Niederschlagswasser. Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges. 20, 493–499, 1974.

ULRICH, B.: Die Umweltbeeinflußung des Nährstoffhaushaltes eines bodensauren Buchenwalds. Forstw. Cbl. 94, 280–287, 1975.

VETTER, H. und MÄHLHOP, R.: Untersuchungen über Blei-, Zink- und Fluor-Immissionen und dadurch verursachte Schäden an Pflanzen und Tieren. Landw. Forsch. 24, 294–315, 1971.

VETTER, H., FRÜCHTENICHT, K. und MÄHLHOP, R.: Immissionen und Nahrungsqualität. Ldw. Forsch. 26, 30. Sonderheft, 29–39, 1973.

VETTER, H., MÄHLHOP, R. und FRÜCHTENICHT, K.: Immissionsstoffbelastung im Raum Nordenham. Bericht der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt der Landw. Kammer Weser-Ems, Oldenburg 1973.

WEGMANN, E.: Untersuchungen über die Paraquatakkumulation in limnischen Sedimenten am Beispiel des Schwentineeinzugsgebietes. Diss. Agrarw. Fachber. Univ. Kiel, 1977.

WOHLRAB, B.: Beurteilungskriterien und Empfehlungen zur Bodennutzung in Zone II von Schutzgebieten für Grundwasser. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 17, 221–228, 1976.

ZWERMAN, P. J., GREWELING, Th., KLAUSNER, S. D. und LATHWELL, D. J.: Nitrogen und phosphorus content of water from tile drains at two levels of management and fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36, 134–136, 1972.

Anthony Deavin

Soil-cover, soil organic matter, the rhizosphere and plant growth.

Introduction

Without interference by man "natural" eco-systems, such as a wood, tend to equilibrium, i.e. to the stationary growth phase, so that there is no net production. However, all forms of agriculture create eco-systems which are maintained at the stage of production increase, i.e. in the exponential growth phase, by regular removal of crops from the soil, so that in this case a net production or surplus is achieved. Agricultural eco-systems, whether "conventional" or "biological" may therefore be said to be "artificial" from this point of view. As has been pointed out by MATILE (1971) the distinction between "biological" and "conventional" agriculture is to be found in the manner in which this net increase in production, or surplus, is achieved:

"..... (Conventional) agriculture achieves the aim of a quantitatively extraordinary production by way of interference at particular points in the eco-system (use of immediately available fertilisers, elimination of undesirable populations by the spraying of pesticides and herbicides, control of the food intake of animals, medication of domesticated animals, etc.). This scientific approach is analytical and quantitative."

"(Biological agriculture) is founded on a qualitative approach to wholeness. The agricultural unit is considered to be an organism of complex order, into which the farmer fits as a guiding and integrating member. In the place of interference at particular points, steps are taken which influence the dynamics of the whole living system, especially that of the soil .....The method is rightfully called the biological one (i.e. consistent with living processes) because it attempts to bring into play the biological laws governing the farm as a whole".

It would seem that employing practices which "influence the dynamics of the whole living system" results in the tendency for the several processes linking soil, plant and animal to function synergistically, i.e. in a co-operative manner so that the whole becomes greater than the sum of the parts. Thus production levels may be achieved comparable to those of conventional agriculture (see review by HODGES, 1978), without giving rise to the environmental, nutritional, disease, raw material and energy problems attendant upon the conventional approach. Now the key point for influencing the "dynamics of the whole living system" is that of the soil, hence the often repeated injunction in the biological movement to "feed the soil and not the plant." In this lecture, therefore, we shall consider the soil and plant as an integrated system, with the potential for synergistic behaviour between its components.

Soil organic matter and humus formation

KONONOVA (1966 a) describes humus formation as a complex two-stage process involving "profound transformations" of plant and animal residues:

"1. The decomposition of the original components of tissues, and their conversion by micro-organisms into simpler chemical compounds and partially to products of complete mineralisation (CO_2, NO_2^-, NO_3^-, CH_4, H_2O etc.)."

"2. The synthesis of organic compounds with the formation or high molecular-weight substances .....".

The activities of decomposition, production of simpler organic substances, and polymerisation to humic compounds proceed simultaneously. Polymerisation takes place by the condensation of reactive groupings of the "building blocks of humic compounds" (PAULI, 1967 a), the process producing compounds of great stability (see below).

Thus soil organic matter, although extremely complex from the point of view of the chemistry of its constituent compounds (KONONOVA, 1966 b; ALLISON, 1973 a) may be divided into three broad categories (KONONOVA, 1966 c).

a) Fresh and incompletely decomposed plant and animal residues.

b) Products of advanced decomposition of organic residues and products resynthesised by micro-organisms (protein-like substances, organic acids, carbohydrates, gums, waxes, fats, tannins, lignins, etc.)

c) High molecular-weight humic substances: fulvic acids (alkali and acid soluble), humic acids (alkali soluble, acid insoluble), and humin (acid and alkali insoluble) (ALLISON, 1973 b).

In fact "in all probability there will be a continuum of materials, with physically protected but otherwise decomposable materials at one end and free organic matter that is highly resistant to biological attack at the other" (JENKINSON and RAYNER, 1977).

"Humus" is taken to be the collective term for categories (b) and (c). KONONOVA (1966 c) distinguishes (c) from (b) by naming (c) "strictly humus substances". (See POVOLEDO and GOLTERMAN, 1973 for a comprehensive account of these compounds). According to KONONOVA (1966 c) they comprise 85-90 per cent of soil organic matter.

In the case of non-acidic soils, organic matter is mixed with mineral matter by earthworm activity and the growth and decay of roots (EDWARDS and LOFTY, 1972; BARLEY, 1961; RUSSELL, 1971; PEERLKAMP, 1950), so that separate organic and mineral layers are not formed; this may be observed in deciduous woodland (Fig. I.). The litter layer which covers the soil is transient, becoming fully incorporated by earthworms by the Spring, when it is replaced by green vegetation. The maintenance of a soil cover, whether of decaying material or of growing plants is of fundamental importance to biological soil husbandry, and will be referred to later.

Earthworms cannot tolerate pHs much below 5, (EDWARDS and LOFTY, 1972) so that under acidic conditions mineral and organic matter are not blended together by their activity. This may be observed in pine forest or heathland: organic matter forms a separate layer on the surface above the mineral horizon. This organic matter divides into three overlapping layers: Litter (L), Fermentative (F) and Humus (H) (Courtney and Trudgill 1976; Babel, 1975). These correspond to KONONOVA's categories (a), (b) and (c) of soil organic matter, so that in this case the progression from fresh organic matter to humic substances is visibly represented in the soil profile, unlike the case for non- or mildly acidic earthworm-worked soils, which are those of interest to agriculture.

Organic matter fractions (b) and (c) will now be discussed in relation to their significance to soil structure and plant growth, under the headings: "The active fraction of soil organic matter" (KONONOVA's category (b)) and "High molecular weight humic substances (category (c)); the latter will be discussed first.

Fig. 1: Deciduous woodland, showing the litter layer and horizon of organic matter blended with mineral matter (clay, pH 5.8) beneath.

High molecular-weight humic substances

PAULI (1967 b) has described humic compounds, KONONOVA's category (c) of soil organic matter, as "three dimensionally interlinked, amorphous, colloidal systems of predominantly aromatic nature". They are acidic substances with molecular weights in the range 2,000–400,000 (ALLISON, 1973 b) and may be extremely stable, i.e. resistant to microbial attack: the age of the humic fraction in soils ranges from several hundreds to several thousands of years (ALLISON, 1973 c; CAMPBELL, 1978). The presence of functional groups, e.g. amino, hydroxyl, and carboxyl in humic compounds gives rise to a high cation exchange capacity (RUSSELL, 1973 a) and the ability to complex with clays, thus contributing to aggregate stability in soils (ALLISON, 1973 g,h; KONONOVA, 1966 h; RUSSELL, 1973 b). However, the lower molecular weight humic compounds are the most effective, the higher molecular weight compounds being the most stable and therefore least reactive forms of organic matter, having a "limited effect on structure stabilisation" (ALLISON, 1973 h).

Both cation exchange capacity and ability to absorb water are in the order of four times greater for humic compounds than for clays (BUCKMAN and BRADY, 1969). Thus humic compounds gives rise to a high cation exchange capacity (RUSSEL, 1973 a) and the ability to complex with their contribution to the structural stability of the soil. Moreover, since they act as ion-exchangers they will also regulate nutrient uptake by the plant to some degree.

Humic acids also exert a direct effect on a variety of plant physiological and biochemical processes. (KONONOVA, 1966 e; SCHNITZER, 1978; VAUGHAN and LINEHAN, 1976.) For example, root growth may be stimulated (Fig. 2). According to KONONOVA (1966 e):

"These observations are of the utmost importance in plant nutrition problems. According to modern ideas, plants utilise the mineral forms of nitrogen, phosphorus, potassium and other elements. In addition, however, investigations indicate that numerous organic compounds (particularly humus substances) activate physiological and biochemical processes in the plant, leading in turn to an increased plant uptake of nutrients from the soil and from applied fertilisers. .....Therefore, in any general scheme for increasing the yields of agricultural crops, the theory of the physiological action of organic substances must be included. This increase may be accomplished both by replenishing the reserve of fresh organic matter in the soil and by using humus fertilisers".

(VAUGHAN and MCDONALD, 1976 and SCHNITZER, 1978 also consider that humic acids may play an important role in influencing soil fertility.)

Fig. 2: Effect of 1. fulvic acids; 2. sodium humate on the development of maize roots. 3 is a control. (KONONOVA, 1966).

According to KONONOVA, humus fertilisers, prepared for example, by treating peat and weathered coal with aqueous ammonia solution followed by superphosphate, should be in a highly dispersed state to be effective "since this favours their penetration into the plant". It is not clear from KONONOVA's account how much of the favourable effect of humus fertilisers is attributable to their content of plant nutrients and how much to an additional stimulatory effect by humic compounds.

The active fraction of soil organic matter

According to ALLISON (1973 j) "Active organic matter may be defined as organic matter that contains a considerable amount of plant materials still undergoing active decomposition in the process of being converted into microbial material and humic substances". This view is in agreement with Greenland (1971), who states that ".....non humified organic materials would normally constitute a more rapidly decomposable fraction of organic matter".

Part of this active organic matter is likely to comprise amino acids and amino sugars in view of the fact that these compounds are the chemical fractions mainly involved in the turnover process of nitrogen in the soil (CAMPBELL, 1978).

It seems reasonable to equate KONONOVA's category (b) of soil organic matter (see above) with this active fraction. According to KONONOVA (1966 c) who worked with Russian soils, this fraction comprises 10–15% of the soil organic matter. Greenland (1971), working on Australian soils, describes a "light fraction" of soil organic matter containing little or no humified material (RUSSELL, 1973 k), which also corresponds to the "active fraction". The light fraction comprised 7–23% of the total soil N, the same order of magnitude as KONONOVA's category (b), but accounted for 25–60% of the nitrogen mineralised (CAMPBELL, 1978).

Active organic matter and plant growth

It is clear that biological soil husbandry, which eschews the addition of soluble nutrients to soil, is dependent on the microbial decomposition of a pool of active organic matter for the provision of plant nutrients (ALLISON, 1973 j): this pool must be maintained at an adequate level throughout the growing season if the crop is not to experience nutrient stress, i.e., if yields are not to fall below those achieved by "artificially" ensuring optimal nutrient supply. Biological systems of farming must, therefore, ensure constant additions of fresh organic matter to the soil since "if no new sources of organic matter have been added recently, then the organic matter consists largely of humic substances and is comparatively inactive biologically" (ALLISON, 1973, j).

It is generally accepted that nutrients derived from the degradation of active organic matter and taken up by the plant comprise nitrate or ammonium, phosphate, sulphate and a variety of minerals. However, RUSCH (1968 a) and KRASILNIKOV (1961) believe that organic matter need not necessarily be completely mineralised prior to uptake, but may be taken up whole by the plant, contributing significantly to its nutrition:

"Alongside the assimilation of inorganic compounds, plants also assimilate various organic – carbonaceous and nitrogenous substances. Some of these are utilised to meet the plant's energy requirements, others serve as biocatalysts. The processes of synthesis of various organic compounds proceeds incessantly in the soil. Owing to such uninterrupted synthesis (be as it may in small amounts) the total production of these compounds may be sufficient to meet the needs of plants." (KRASILNIKOV, 1961 a).

In support of this view, it is known that the plant may take up a range of organic molecules (KASTORI, 1968; WILD and OKE, 1966) including herbicides (ASHTON and CRAFTS, 1973), antibiotics of molecular weight 600 (BURSTRÖM, 1965), and humic substances which may have a molecular weight of several thousands (see "High molecular weight humic substances", above). Moreover, according to HALSTEAD and MCKERCHER (1975) "it has never been fully resolved whether organic phosphorus must be mineralised prior to uptake".

Nutrient supply is probably not the sole function of active organic matter: a range of physiologically active compounds such as plant growth hormones, vitamins, and antibiotics, all products of microbial activity, may be produced from soil organic matter (KONONOVA, 1966 i; KRASILNIKOV, above quotation), presumably mainly from the active organic matter fraction since this is readily ammenable to microbial transformation. These compounds, taken up by the plant, may affect its performance. Crop yield may therefore not be entirely dependent on nutrient release from active organic matter alone if the uptake of physiologically active substances has a substantial beneficial effect on plant growth. Both KONONOVA and KRASILNIKOV incline to this view:

"Although a plant organism can independently synthesize in its tissue the vitamins necessary for itself, a supplementary supply of vitamins may have a substantial positive effect on the plant. (KONONOVA, 1966 i)".

"We assume that the active principles of composts, manure, and of humus in general are not the mineral elements of nutrition or more strictly, not so much they, as some special compounds of an organic character. These compounds vary in their nature and comprise a special group of the so-called biotic substances". (KRASILNIKOV 1961 b).

In this connection it is interesting to note that Low (1975) has reported lower cereal yields in an arable rotation compared with one incorporating a grass break, which could not be compensated for with extra nitrogen. This was ascribed to a beneficial effect of grass and the physical structure of the soil (loam to sandy-loam), but could equally well have been interpreted, in part at least, by a difference in the production of physiologically active substances in the two systems.

ALLISON, (1973 m) points out that toxic as well as growth stimulatory substances may be produced in soil, and that much more work is needed to elucidate the factors governing the production and effect of physiologically active substances in soil. Nevertheless, it seems clear that substances toxic to plant growth are likely to be produced in soil by fresh organic matter decomposing under relatively anaerobic conditions. This may occur, for example, for straw that has been ploughed-in too deeply (LYNCH, 1977; PATRICK and TOUSSOUN, 1965).

Thus, the process of plant nutrition and growth in soil as opposed to nutrient solution is potentially far more complicated than simply that of the uptake of soluble nutrients; the part played by rhizosphere in plant nutrition (see later section) further substantiates this point of view.

Soil structure and root development

As was pointed out in the previous section, a pool of active organic matter is required in order to ensure adequate nutrient supply throughout the growing season. However, it is also necessary for the soil to be amenable to extensive exploitation by roots in order that the plant may gain access to that quantity and balance of nutrients from the nutrient supply required for optimal growth, i.e. both a constant nutrient supply and the means to exploit that supply are required if recourse to the use of soluble

nutrients is to be avoided. Water uptake is the other vital aspect of root function; these factors are emphasized by Weaver in his classical book on root development (WEAVER, 1926):

".....The ideal root system is not necessarily one with the most extensive branching but one that fully occupies the soil to an adequate depth and throughout a radius sufficient to secure enough water and nutrients at all times".

RUSSELL (1973 f) makes a similar point:

"The ability of the plant to find space in which to grow, or to force its way into the soil, is often the most important factor limiting plant growth".

As pointed out by EAVIS and PAYNE (1969) the effectiveness of exploitation as well as the volume of exploitation is a critical factor; effectiveness of exploitation is a function of the soil-plant interface or rhizosphere, and will be discussed later.

Exploitation of soil by roots depends on the nature of the pore structure which penetrates the solid fabric of the soil. The pore structure comprises the spaces within and between soil aggregates (also known as "granules" or "crumbs"), which consist of mineral particles bonded together with organic matter. Pores may be divided into the largest, which drain freely under gravity, and are therefore important for aeration (minimum size 30–60 μm), medium pores which hold water under gravity but which release it to absorbing roots (minimum size approximately 0,2 μm), and fine pores that are inaccessible to roots. Consideration of pore sizes is important since:

"the rate at which roots elongate is much reduced if they have to exert quite small pressures to enlarge pores smaller than themselves. Thus, the existence of a sufficient number of continuous pores which roots can enter freely is an important requirement for their growth." (SCOTT RUSSELL, 1977 a).

The majority of roots exceed 60 μm (root hairs are in the order of 10 μm) so that the pores that roots can enter are characterised by the property of being filled with air when the soil is below field capacity. Thus an adequate number of these pores is necessary for ease of exploitation of soil by roots, and hence for optimal plant nutrition.

Aggregate stability, upon which the integrity of the pore system depends, is achieved by bacterial gums-polysaccarides and polyuronides:

"It is plausible that these substances (bacterial gums) cement the particles of light soils and thus strengthen the weak binding forces in these soils. On the other hand the cementing substances can form a separating layer between the particles of a clay soil and in this way replace the strong clay-clay binding force by the weaker cohesion of the substances mentioned." (PEERLKAMP, 1950).

The same point is made by SCOTT RUSSEL (1977 a):

"The stability of the soil appears to be determined not so much by its total content of organic matter, but by some components of it which can readily be destroyed. Polysaccaride gums of bacterial origin are believed to be involved."

The instability of a structure stabilising organic component is illustrated by the work of Low (1972), cited SCOTT RUSSELL (1977 a). They observed that the percentage of air filled pores and aggregate stability in "old" grassland soil (calcareous clay, organic matter 10%, undisturbed for over 100 years), fell markedly on ploughing-up, approaching that of a pedalogically similar arable soil (organic matter 4%, no grass-break for 100 years) after only four years, although the organic matter content was little affected. (Table 1; Fig. 3).

Effect of management on pore space and density of chalky boulder clay soil (Hanslope series).

Description of field	Percentage of total soil volume			Apparent density g cm $^{-3}$
	Total pore space	Occupied* by water	Occupied* by air	
Old arable	41·8	36·8	5·0	1·47
Old grassland unploughed	55·6	35·3	20·2	1·08
Old grassland ploughed four years earlier	55·3	47·5	7·8	1·09

* Measurements were made when the soil was close to field capacity. (Based on Low, 1972.)

Table 1: Effect of management on pore space and density of chalky boulder clay soil.

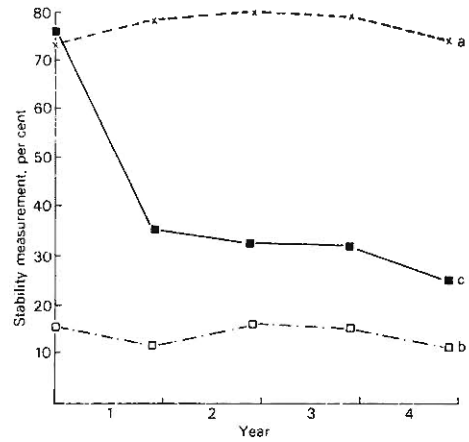


Fig. 3: Influence of cultivation on the water stability of air-dry aggregates 3–5 mm in diameter in the upper 15 cm of a chalky boulder clay. (a) Permanent grassland for c. 100 years. (b) Continuous arable for c. 100 years. (c) Permanent grassland ploughed at the begining of observation and then cultivated annually. Stability was measured in the autum of each year. (SCOTT RUSSELL, 1977 a).

Fig. 4: Comparison of the structure of a chalky boulder clay soil in adjacent fields which had been (a) in continuos arable cultivation or (b) under permanent grassland for approximately a century (LOW and STUART, 1974).

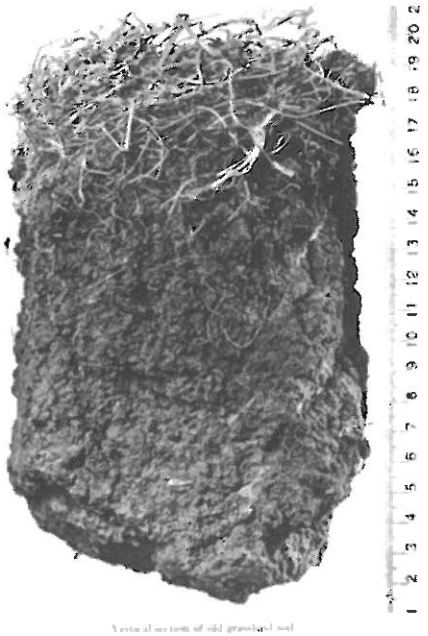


Figure 4 demonstrates vividly the difference in structure between the "old" grassland and "old" arable soils, while figure 5 shows scanning electron micrographs of the two soils: the mineral particles of the "old" grassland soil appear to be "largely enveloped in humus" (LOW and STUART, 1974). According to RUSSELL (1973 m), this film of humus is presumably responsible for the greater aggregate stability of the "old" grassland soil compared with the arable, and for increasing the proportion of air-filled pores.

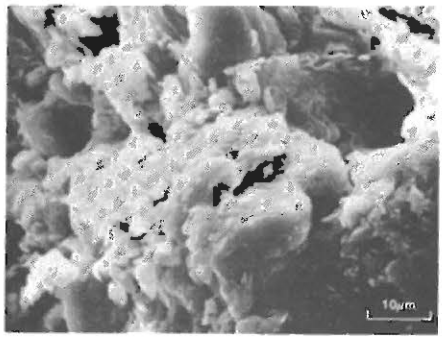


Fig. 5: Scanning electron micrographs of the two soils shown in fig. 4, showing a film of humus covering mineral particles of the permanent grassland soil (b); angular edges of mineral particles may be discerned in the arable soil (a). (LOW and STUART, 1974).

In stressing the importance of bacterial gums to aggregate stability, it should be noted that these bonding agents may well originate in the earthworm gut (next section), and that the contribution of humic substances (see above) should not be discounted (RUSSEL, 1971).

Soluble nutrients, organic manures and root development

It has long been observed that roots proliferate where they come into contact with a rich supply of nutrients. This may occur, for example, where plant roots pass through clay layers in a sandy soil (WEAVER, 1926), or develop under a mulch (RUSSELL, 1973 h). In the case of the mineral nutrition of plants, it has been demonstrated that roots multiply at the site of placement of phosphate, nitrate or ammonium (potassium appears to affect the whole root system) (Fig. 6), (DREW, 1975. SCOTT RUSSELL, 1977 b). The conventional practice of surface applications of soluble nutrients will therefore tend to encourage surface rooting and "retard normal penetration into the soil below" (WEAVER, 1926).

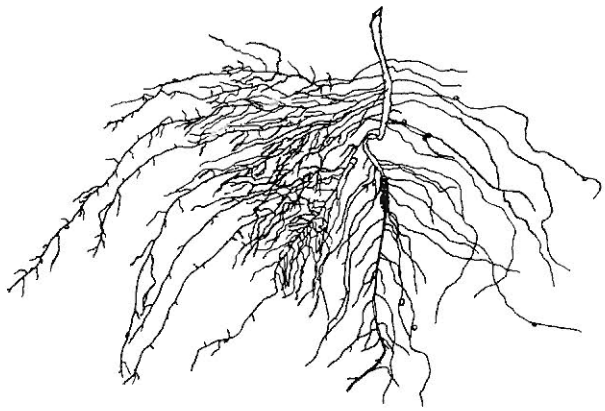
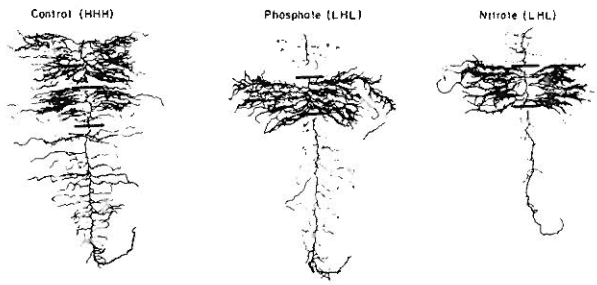


Fig. 6: Modification of root systems by placement of soluble nutrients. (a) Pea: proliferation of roots where phosphate and potassium have been placed 5 cm to the left of the seed (SCOTT RUSSELL, 1977 b). (b) Barley: effect of enhanced supply of nitrate or phosphate (LHL) to the middle portion of the root system. The control (HHH) received complete nutrient solution. (L = low; H = high; DREW, 1975).



According to WEAVER:

"Fertilising the surface layers of soil, especially with nitrates, and thus stimulating surface root production in regions where these layers have little or no available water during periods of drought, appears to be distinctly detrimental to normal crop production".

(Uptake of trace elements may also be limited where deep root penetration does not take place.)

The same view is held by WEBBER (1975), who points out the advantage of organic manures in respect of nutrient distribution in the soil:

"The pattern of distribution of nutrients through the soil when applied in an organic manure, may be very different from the average fertilizer treatment which is normally incorporated onto the top few inches of soil only. This may be very important in dry seasons..... . Where continued applications of organic manures are made year after year.. ...levels of nutrients, especially phosphate and potash, are raised throughout the soil layer and ..... these readily available nutrients may be very important in stimulating early growth of crops. In the case of potash, the effect cannot be simulated with fertiliser dressings because of the dangerously high salt concentration which would be produced around germinating seedlings."

(WEBBER also refers to the beneficial physical changes associated with organic manures (see next section), and that they may prevent loss of nitrogen by leaching and phosphorus from immobilisation. (See also M.A.F.F. 1976, summarised by HODGES, 1978.)

Inducement of surface rooting by fertilisers has been suggested to be the explanation for the problem of grass pulling in intensively stocked grassland (ARCHER 1975). Overall, it would appear that the effect of soluble nutrients on rooting patterns has not been given the emphasis which it deserves in view of the practical implications to soil husbandry.

In contrast to the results cited above, NEWBOULD (1969) did not observe surface stimulation of roots with added NPK fertiliser for barley growing in a clay soil with flints, while for a parallel experiment on a sandy soil, in-depth rooting was actually stimulated. This could have been due to the greater effect of leaching and ease of root penetration in the sandy soil; these factors must be born in mind when considering the effect of NPK fertiliser on rooting patterns.

The importance of regular additions of fresh organic matter to soil

It was pointed out above that a regular addition of fresh organic matter to soil is needed to maintain the level of organic matter consistent with the requirements of biological soil husbandry (see "Active soil organic matter"); regular addition of fresh organic matter is also required to maintain the presence of structure-stabilising bacterial gums. These are part of the active fraction of soil organic matter, and, as mentioned in the previous section, are transient in nature:

"Organic materials which decompose rapidly increase aggregation within about 20 to 30 days, and then gradually lose their effectiveness; .....if new raw material for producing polysaccharides (bacterial gums) is not fed into the ground at frequent intervals, the old material is destroyed and the crumbs lose their stability". (STALLINGS, 1957).

Like SCOTT RUSSELL quoted in the previous section, PEERLKAMP (1950) also recognised the transient nature of bacterial gums and pointed out that total organic matter need not necessarily be increased in order to improve soil structure, provided organic manuring is carried out periodically to maintain the presence of bacterial gums. Such peridic additions of fresh organic matter are automatically achieved by the growth and decay of roots, such as occurs in a grass-break. PERLKAMP calls this process "natural organic manuring" (see also KONONOVA, 1966 f), and for cereals considers root growth produced during the growing season plus root and stubble residues adequate for the maintenance of soil structure. (Residues from potatoes were not found to suffice). However, judging from the data given by KONONOVA (1966, g), the "natural organic manuring" of grasses for uncut steppe – 18.3t/ha, for second year under grass – 14.5t/ha and for cereals –5.8t/ha.

RUSSELL (1971) gives an extremely clear account of the role of roots in soil structure formation:

"Plant roots may have two effects on structure. By growing through the soil they make channels, and some root tips will exert sufficient pressure to push soil particles or micro-crumbs apart, changing the pore space distribution in their environment. When the roots die, some of the bacteria decomposing the root and living on the surface of the root are likely to produce gums which will diffuse into the wall of the soil channel on their death. .....Thus the root not only merely produces a channel in the soil whilst it is alive, but on its death it stabilises the channel walls through these bacterial gums". (See also OADES, 1978.)

RUSSELL also considers that fungal hyphae on grass roots contribute to soil structure.

Thus although root development requires an adequate pore-structure system, it is in its turn instrumental in creating that system.

These observations led RUSSELL to favour methods of soil husbandry that do not disturb the soil:

"..... stabilisation is of most value if the soil is undisturbed ..... cultivations can rapidly undo an important part of the structure produced by the previous crop by breaking up the existing system of stabilised channels. Thus techniques based on minimum tillage should be of particular value for perennial crops or when pastures or grass leys are to be converted to arable crops".

This observation is in line with the results of ploughing up "old" grassland discussed in the previous section. The question of nondisturbance of the soil will be referred to in the next section.

Earthworms as well as roots are an important factor in soil structure formation in soils where conditions are not too acid (see above). According to RUSSELL (1971):

"Their casts, even if voided underground in the soil itself, have an excellent structure due probably to the way soil and organic compounds are mixed together in their gut and then the mixture voided as a collection of small crumbs."

Since the principal food of earthworms is dead or decaying organic matter, (EDWARDS and LOFTY, 1972; RUSSELL, 1973 n), continuous supply of fresh organic matter for soil structure formation may be appreciated from another point of view.

STEWART (1975; 1978) lays great emphasis on the importance of the burrowing earthworm to soil structure formation, implicating it as the initiator of soil structure formation rather than roots, as implied by RUSSELL above.

"I find it difficult to accept plant roots as the initiators of the granular structure typical of a pasture soil in good heart. Field and experimental evidence seem to me to indicate that on loamy soils, with their inherent tendency to pack into a uniform fine-pore system, and their inadequate clay content for restructuring by cracking, grass roots, far from being able to initiate structure development, cannot even maintain it when burrowing earthworms are absent. My experience suggests that, on the loams, burrowing earthworms are the essential initiators of soil granulation. Grass roots, taking advantage of the structure they create, then ramify through it and reinforce it."

A point of some practical relevance arises from the above discussion: in view of the importance of relatively fresh organic matter to soil structure formation, whether by microbial production of bacterial gums from decaying organic matter such as roots or through earthworm activity, well rotted manures and composts are unlikely to be very effective as stabilising agents (ALLISON, 1973 h). This does not, of course, detract from their value in respect of

water retention, cation exchange capacity, and possibly, direct physiological effects on the plant. (See "High molecular weight humic substances" above). However, it does appear that in general maximum value from organic matter will be realised by using it in a relatively fresh form, for example as a mulch (see next section).

Soil-cover

Soil-cover may take the form of vegetative growth of decaying material.

The value of vegetative growth in respect of soil structure formation has been covered in the previous section. From the point of view of plant nutrition, growth and decay of roots provides a constant input of active organic matter. Moreover, nitrogen fixation on roots may make an appreciable contribution to the nitrogen economy of the soil, while association of roots with mycorrhizal fungi will increase the amount of phosphorus in organic combination available for release by microbial degredative activity (see section on the rhizosphere below). Hence the importance of a soil-cover of vegetative growth to soil fertility may be appreciated.

ALLISON (1973 i) has reviewed the advantages of a soil-cover of decaying material or mulch: "Mulches ..... increase water infiltration, reduce evaporation, modify soil temperatures, control weeds, prevent evaporation, and increase crop yields. They also increase the biological activity in the soil, modify the level of available nutrients, and help to maintain or increase the level of soil organic matter." RUSSELL (1973 h) points out that a mulch encourages surface rooting, and thereby improves uptake of phosphorus; this is released from decomposing organic matter near the roots, and may be taken up readily in the moist conditions prevailing under a mulch. (This mechanism of phosphorus nutrition would appear to be important in view of the generally low concentration of phosphate in the soil solution (RUSSELL, 1973 f). Potassium is released along with other minerals and nitrogen from the decomposing mulch, which may also provide a medium for N-fixation (next section). Thus mulching is an efficient means for providing the three macro-elements: N,P,K.

A permanent mulch is the ideal means for achieving a regular input of fresh organic matter, the fundamental importance of which has been discussed above. In the case of a mulched crop, soil structure formation will be taking place through the activity of earthworms in incorporating mulch material into the soil below, by the growth and decay of roots, and also, according to STALLINGS (1975) by rain-water dissolving organic substances as it passes through the surface organic matter;

"This dissolved material is held in the capillary film surrounding indiviual soil particles. It is in this uniform layer ..... around the individual soil grains where micro-organisms use it as food ..... and produce the polysaccharides and polyuronides which bind soil grains into stable crumbs or aggregates."

Surface organic matter and nitrogen fixation

A mulch, or relatively fresh organic matter incorporated into the surface, may give rise to nitrogen fixation by providing a habitat for soil fauna, blue-green algae and free-living nitrogen fixing bacteria.

CITERNESI et al. (1977) isolated anaerobic nitrogen fixing bacteria from the digestive tracts of two beetles, one worm, one snail and one millipede, and concluded that "preservation of this fauna should be an objective of good agricultural practice". Termites have also been reported to fix nitrogen in their guts (FRENCH, TURNER and BRADBURY, 1976; POTRICUS and BRESNAK, 1977).

The proliferation of nitrogen – fixing blue-green algae will be favoured by the moist conditions which prevail in a mulch (GRANHALL 1975). Measurements made on the Broadbalk field at Rothamsted demonstrated that nitrogen fixation was often higher on sections not treated with herbicides. This was thought to be due to the maintenance of moist surface conditions by weed cover (DART and DAY, 1975).

For temperate climates there is little quantitative information on the levels of nitrogen fixation which may be achieved in mulches or surface incorporated organic matter. According to DART and DAY (1975), addition of straw or farmyard manure may increase nitrogen fixation, particularly under anaerobic conditions. KALININSKAYA (1972) measured nitrogen fixation for various soils ammended with straw or glucose and concluded that in the presence of plant residues and a "propitious hydrothermic regime", the "activity of free-living nitrogen fixers can play an important role in restitution of the soil nitrogen reserves". In sub-tropical and tropical regions, e.g. North India (DHAR 1960; 1972; 1974), the surface incorporation of fresh organic matter has been reported to give rise to levels of nitrogen fixation, probably through the activity of blue-green algae, which abviate the requirement to use soluble nitrogen. DHAR dresses the organic matter e.g. straw, with a slow release form of phosphorus such as basic slag before surface incorporation, claiming that this increases nitrogen fixation. PRIMAVESI and PRIMAVESI (1973) in Brazil confirmed the value of using straw in this way. According to HERNANDO de FERNANDEZ (1974) working in a Mediteranean climate (Spain): "..... my experience ..... is that we need not increase the nitrogen in the soil when we leave the straw on the surface during the whole summer, not placed completely down in the soil, and at fall mix it with the soil on the top. This material will be decomposed during the growing season of the crop.....". Nitrogen fixation by blue-green algae in the presence of organic matter is particularly important in rice production: "In China (Suchan Wan province) in winter organic residues (bamboo, branches of trees and so on) are taken to the rice fields. During the subsequent growing period, a mass of algae which serves as a fertiliser develops in the soil in the presence of the organic fertilisers." (MISHUSTIN and SHIL'NIKOVA 1971). "..... In the Philipines, rice has been grown and grain yields maintained; repeatedly, for three thousand years. The people of this area incorporate liberal amounts of organic matter on to the soil and keep the land continuously waterlogged". (YONEYAMA, LEE & YOSHIDA, 1977).

The nitrogen fixation in paddy fields is probably due to bacterial fixation in the rice rhizosphere (DART and DAY, 1975) as well as blue-green algae. MISHUSTIN and SHIL'NIKOVA (1971) report values in the order of 50 kg. per ha. for nitrogen fixation by blue-green algae in rice fields, while the blue-green alga Anabaena azollae may fix up to 120 kg N per ha. in symbiotic association with the fern Azolla (DART and DAY, 1975). Combined nitrogen, whether ammonium or nitrate, may inhibit nitrogen fixation by blue-green algae (FOGG, STEWART, FAY and WALSBY, 1973).

The rhizosphere

In the foregoing discussion (see: "Active organic matter and plant growth") the importance to biological soil husbandry of the active fraction of soil organic matter as a source of plant nutrients, and possibly also of plant growth regulatory substances, was stressed. However, the process of plant nutrition and growth stimulation is not simply one of production of substances in the soil via microbial activity, followed by their uptake by the plant. The plant itself influences soil metabolic events in the neighbourhood of its root by exuding substances ("root exudates"– see next section) which support the growth of micro-organisms at the root surface ("rhizoplane") and in the soil

surrounding the root ("rhizosphere"), so that numbers and kinds of micro-organisms in the root region are greater than in soil distant from the root. (There will obviously be a gradation from rhizoplane through rhizosphere to soil.) In addition to exudates and micro-organisms in the rhizosphere, substances drawn from the soil, e.g. plant nutrients, are also present; this gives a picture of the soil-plant interface which is more complete than that of a surface across which nutrients are transferred from soil to plant.

Soil conditions in respect of the amount of active organic matter, soil structure, etc. will determine the nature of soil micro-organisms from which rhizosphere micro-organisms are developed. The nature of the plant determines the composition of its exudates, and therefore the kinds of micro-organisms which are selected from the soil population to colonise its rhizosphere. In their turn, the activity of rhizosphere micro-organisms may effect the growth of the plant (see later section). Therefore the plant, soil and microbial life at their interface constitute one organism. This striking fact may be appreciated from another point of view. The root is surrounded by polysaccharide material 1-10 µm thick. It is thickest at the zone of root elongation and at the junction of epidermal cells, and on the root cap provides lubrication for root growth (BOWEN and ROVIRA, 1976). This material is known as micigel or mucilage, and allows the root to make thorough contact with the irregular surfaces of soil particles (OADES, 1978). Bacteria penetrate the mucigel, and, judging from morphology, there is a gradation of bacterial types from rhizoplane to the outer rhizosphere. Moreover, mycorrhizal fungal hyphae can penetrate root cells whilst maintaining contact with the soil (GERDEMANN, 1975, see later section). Therefore, it is clearly not possible to specify where the root surface ends and the soil begins: plant, rhizosphere and soil constitute one organism, (Comprehensive accounts of the rhizosphere are given in RUSSELL, 1973, ROVIRA and DAVEY, 1974; BOWEN and ROVIRA, 1976; BAKER and SNYDER, 1965; SCOTT RUSSELL, 1977).

Root exudates

Root exudates comprise a variety of substances which may be insoluble ("miculage" – see previous section), soluble or volatile. (SCOTT RUSSELL, 1977; ROVIRA, 1969; ROVIRA and DAVEY, 1974). Although the volatile substances may be quantitatively the most important (ROVIRA and DAVEY, 1974), almost nothing is known of their effect in soil, although it could be that they play a part in root – root interactions (see next section).

The total amount of organic matter released by roots in soil is surprisingly high. (It comprises both exudates and lysed cells). For cereal plants grown in sterile soil, 5 to 10 per cent of the increase in dry weight over a three week period ($^{14}CO_2$ studies) was released from roots (BARBER and MARTIN, 1977, cited OADES, 1978). It is interesting to note that mucilage formation is also greater in the presence of micro-organisms (OADES, 1978) so that both the plant and its associated rhizosphere micro-organisms can be seen to have an effect at the root surface.

The soluble substances comprise sugars, amino acids, organic acids, enzymes, and various other substances. In general, sugars and amino acids are quantitatively the most important and provide the energy source and favourable C/N ratio for microbial proliferation in the rhizosphere. (From the data quoted by ROVINA and DAVEY, 1974 and SCOTT RUSSELL, 1977 d) it would appear that the C/N ratio lies between 5 : 1 and 30 : 1; it is difficult to be precise in view of the variable contribution from decaying root cells, and the fact that most determinations of exudate production have been carried out in nutrient solution under axenic conditions).

Several factors affect the composition of root exudates, which in turn influence the numbers and kinds of rhizosphere micro-organisms. These factors are: Age of the plant, plant species, light, temperature, foliar application, nature of the rhizosphere micro-flora, and soil conditions (plant nutrition). The last factor is of particular interest to biological soil husbandry, but has received scant attention. This factor will be referred to later.

Even a slight difference in plant genotype can affect exudation, e.g. for a Spring wheat variety, NEAL et al (1973) demonstrated that when one chromosome pair was substituted by a pair from a variety with different rhizosphere microbial characteristics, its rhizosphere microbial characteristics changed and became similar to that of the donor. The possibility therefore exists to change the rhizosphere microflora in a beneficial or pathological direction by genetic manipulation of the plant genetic material.

Foliar sprays, e.g. urea and herbicides, also affect the exudation pattern. It is therefore possible to change the rhizosphere micro-flora by genetic manipulation or use of foliar sprays in a direction that could be beneficial or detrimental to the plant. Obviously, this is a point of practical relevance that should be borne in mind, particularly in relation to soil conditions, which also affect the nature of the rhizosphere micro-flora (later section).

Phosphatase is produced by roots and may release phosphate from phosphorus in organic combination (ESTERMAN and MACLAREN, 1961). BIELESKI and JOHNSON (1972), cited in DAHAL (1977) showed that the phosphatase activity was 50 times greater for Spirodela oligorrhiza growing under phosphorus deficient conditions compared with sufficient conditions. These results permit the speculation that the plant may be able to modify nutrient provision in the rhizosphere in a manner that compensates for inbalances in the soil nutrient status, a kind of homeostasis. This impression is strengthened by the fact that pine seedlings over a 2–4 week period exuded in the order of 5 times more amino acids when grown in complete nutrient solution compared to nitrogen deficient solution (ROVIRA and DAVEY, 1974).

Root exudates and allelopathy

Root exudates may contain small amounts of biologically active substances such as eelworm cyst hatching factors and stimulators of fungal spore germination. This is the mechanism whereby potato eelworm cysts and club-root spores become active (BAKER and SNYDER, 1965).

Other substances influence plant-plant interactions (ROVIRA and DAVEY, 1974), i.e. they have allelopathic activity. (Allelopathy is the study of plant-plant interactions and is clearly a subject of importance in agriculture. There are several ways in which plants may affect each others growth (TUKEY, 1969), e.g. by substances generated from leaf litter, by leaf leachates, and by exudates.)

For example, couch grass produces root secretions which are antipathetic to other plants (RUSSELL, 1973 i); gualyule roots exude trans-cinnamic acid, which is toxic to its own root development but not to tomatoes. In this way mixing of roots from neighbouring plants is avoided. (The quantity of trans-cinnamic acid involved is very small: 1.6 mg could be isolated from 20,000 gualyule roots.) Lecern roots exude saponins which retard the growth of cotton but not of wheat. This effect of small quantities of substances in root exudates probably explains the repulsion between soya bean roots (RAPER and BARBER, 1970 cited RUSSELL, 1973 e). Interesting results of a similar nature have been reported by KOLESNIKOV (1971 a) for fruit trees; apple roots from different trees and also peach roots repel each other, but apple and cherry, apple and peach and apple and apricot freely mingle (Fig. 7).

It seems reasonable to suggest that volatile as well as soluble exudate substances play a part in these root-root interactions. Another possibility is that metabolic products produced by rhizosphere micro-organisms from exudates are sometimes responsible for root attractions and repulsions, rather than the unmodified exudates themselves.

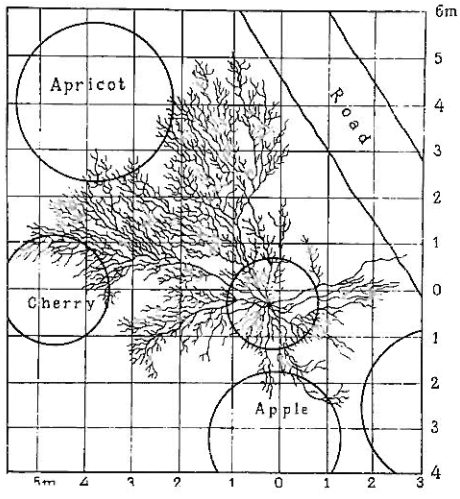


Fig. 7: Root system (horizental section) of an apple tree. The roots spread freely to the area of the apricot and cherry roots, but avoid the area of a neighbouring apple tree or extend downwards, and do not spread under an adjoining road (KOLESNIKOV, 1961 a).

In view of the importance of extensive exploitation of the soil by roots for optimal plant nutrition (see soil structure and root development) these results suggest that attention should be given to the mixed planting of orchards with a view to sympathetic (symbiotic) root interactions. It is likely that such interactions account in part for the success of some intercropping systems. In this connection, it has been reported that perennial rye grass and ribwort plantain, both grassland species, increase the abundance of bacteria and fungi on each others roots. Moreover, the yield of rye grass is greater in the mixed stand than when grown alone (CHRISTIE, NEUMANN and CAMPBELL, 1974). (For a review of the biomass productivity of mixtures see TRENBATH, 1974). A further example of the beneficial effect of mixed cropping is that of forage grasses or cereals grown together with legumes, the roots of which liberate nitrogen "fixed" from the atmosphere (see below).
For example:

"The yield of shelled corn was 3080 kg/ha when corn was interplanted with Phaseolus aureus but only 1790 kg/ha when the legume was absent. The enhancement was not evident if 45 kg of fertiliser nitrogen was applied per hectare." (AGBOOLA and FAYEMI, 1972, cited ALEXANDER, 1977 a).

Rhizosphere microbial activity and symbiosis

Nitrogen fixation by rhizosphere bacteria, and phosphorus provision by root-infecting fungi (Mycorrhizae) are clear-cut examples of a symbiotic, i. e. mutually beneficial, relationship between microbe and plant, the microbe benefiting from root-exudate substances.

Nitrogen Fixation

The most familiar example of nitrogen fixation by rhizosphere bacteria is that of rhizobium species in the root nodules of legumes (RUSSELL 1973), whose importance to agriculture has long been recognised (e.g. see KING, 1911), but in recent years the roots of a wide variety of mono- and di-cotyledonous plants have been shown to be associated with nitrogen fixing bacteria. This type of nitrogen fixation has been reviewed by DART and DAY (1975): "In temporate regions ..... under the present systems of tillage for cereals the open soil structure perhaps militates against (agriculturally significant) nitrogen fixation associated with plant roots where high crop yields demand massive inputs of fertiliser nitrogen. Only in woodland and rough grazing areas does nitrogen fixation appear to have a significant role ..... At present we are ignorant of the potential of temperate grasses to stimulate nitrogen fixation in their rhizospheres. ..... For tropical soils the contribution ..... is much greater".

Nitrogen fixation in the rhizosphere is important for the tropical cereals rice, sorghum and millet and for sugar cane (DART and DAY, 1975). High levels of available nitrogen depress nitrogen fixation and nodulation (NEYRA and DOBEREINER, 1977: MISHUSTIN and SHIL'NIKOVA, 1971: ALEXANDER, 1977 b). According to DART (1975):

"Inorganic combined nitrogen in the root medium usually inhibits nodule formation and reduces the amount of nitrogen fixed by the plant. The extent of this inhibition varies with the host and the Rhizobium strain. ..... Effectively nodulated cow peas grown in good environmental conditions yield significantly more grain than plants liberally and continuously supplied with inorganic combined nitrogen ..... . This suggests that nodules are capable of supplying all the nitrogen plants need for high yields."

Mycorrhizae

The essential feature of all mycorrhizal systems is the fungal mycelium connecting the plant to the soil (HARLEY, 1975): as pointed out by HAYMAN (1975), they play an important part in the phosphorus nutrition of plants:

"Their role (Mycorrhizal fungi) in phosphorus cycling in natural ecosystems is vital. In crop production mycorrhizal inoculation of plants such as citrus seedlings, which are especially dependent on mycorrhiza for nutrient uptake, may well be a practical alternative to large applications of fertiliser ..... the successful inoculation of pine seedlings in countries where pines and hence their mycorrhizal symbionts are not indigenous, is well known ..... . The importance of the rhizobium symbiosis in legume production is well known. It may now be rivalled by the importance of the mycorrhizal symbiosis on the broader scale, because most of the soils in the world are phosphate – deficient, and the mycorrhizal condition is the norm for most plant species so far examined."

In then ectotrophic mycorrhiza of trees such as pine and beech a fungal sheath is formed around the root. Mycorrhizal roots have a greater ability to take up phosphate from the soil than uninfected plants – phosphate is accumulated in the sheath and passed on steadily to the plant (RICHARDS, 1974). According to KOLESNIKOV (1971 b):

"The mycorrhiza on the root system of fruit plants is of great importance. It apparently occurs on all stone fruits, nuts, subtropical fruits, and berried fruits and apple and pear.....".

One important function of ectotrophic mycorrhizae may be protection against disease, frost and drought; such effects could explain the reported failure of fertiliser alone to encourage the healthy growth of young trees (HARLEY 1969).

The so-called endotrophic mycorrhizae do not form a visible sheath-like ectotrophic mycorrhizae. Most abundant are the vescular-arbuscular (V.A.) type, the name being derived from two kinds of organ – vesicles and arbuscles; vesicles are the swellings which are formed on the main hyphae, and are probably storage organs

(RICHARDS, 1974). V.A. mycorrhizae are very wide-spread, occurring in "practically all families of angiosperms, in most gymnosperms and in many pteridophytes and bryophytes and is the type of mycorrhiza present in the main crop families" (Nicolson, 1967). A similar point has been made by MCLAREN (1977):

"Perhaps one of the most dramatic generalities to impress botanists recently is that almost all terrestial plants contain either ectotrophic or endotrophic mycorrhiza. No longer can plant nutrition be taught as simply growth of axenic plants in salts solution, except as an asymptotic concept."

This insight into the importance of mycorrhizae in plant nutrition was strikingly anticipated nearly 40 years ago by HOWARD (1940):

"The mycorrhizal association therefore is the living bridge by which a fertile soil and the crop are directly connected and by which food materials ready for immediate use can be transferred from soil to plant."

V.A. mycorrhizae facilitate the uptake of phosphorus and possibly of trace elements (SCOTT RUSSELL, 1977; GERDEMANN, 1975). For example, rock phosphate was shown to be available to mycorrhizal clover and ryegrass but not to non-mycorrhizal plants by POWELL and DANIELL, 1978), who also demonstrated field inoculation with efficient mycorrhizal species, e.g., Glomus tenuis, to be a practical possibility.

In respect of soil conditions, it is salutary to note that "generally, additions of P, N, or complete fertilisers reduce the amount of infection ..... however, the effect of fertilisation can vary depending on the soil type". (GERDEMANN, 1975). For wheat, KHAN (1975) found that "the extent of root infection was greatest in mycorrhizal plants in soil not supplemented with phosphate and it decreased in inoculated plants in the plot supplemented with superphosphate". The negative effect of phosphate on onion could also be demonstrated by application of phosphate as a foliar spray which caused reduction in intensity and spread of infection and the weight of external mycelium, and "depression of the supply of phosphorus to the host parasite via the mycorrhizas, reducing the status of the endophyte to that of a benign parasite", (SANDERS, 1975). Monoculture of rye, wheat, barley and oats with high levels of NPK fertiliser markedly reduced mycorrhizal infection (STREMSKA, 1975), while wheat seed treatments with systemic fungicides inhibited the development of V.A. mycorrhizae (JALALI and DOMSCH, 1975).

Thus, several aspects of conventional agricultural practice may lead to a detrimental effect on mycorrhizal function, and hence on the provision of phosphorus through a biological process. Similarly, nitrogen fixation may be inhibited by the use of soluble nitrogen (see above). The tendency of conventional agriculture, therefore, is to depress biological processes, leading towards a system dependent on "interference at particular points in the ecosystem" (MATILE, see introduction).

Recently it has become clear that rhizobium and V.A. mycorrhizae may take part in a dual symbiosis. For example, DAFT and EL-GIAHMI (1974; 1975) demonstrated an increase in yield for dual infected French beans compared with those infected with Rhizobium alone, while according to POWELL (1976) working on New Zealand soils "clover is highly dependent on infection by mycorrhizal fungi for growth in many hill country soils"; HAYMAN (1977) reported improved yields of white clover in the field as a result of mycorrhizal inoculation. Further evidence for dual symbiosis comes from the work of BAGYARAJ and MENGE (1978). They demonstrated a greater increase in the growth of tomato plants inoculated with Glomus (V.A. mycorrhiza) and Azotobacter compared to the effect produced by inoculation with either organism alone, and postulated a "synergistic of additive beneficial effect".

Rhizosphere microbial activity and soil conditions

A variety of activities have been reported for rhizosphere micro-organisms in addition to those of nitrogen fixation and phosphorus provision discussed above, e.g., mobilisation of minerals and influence on mineral uptake (ROVIRA and DAVEY 1974; MILLER and CHAU, 1970; LOUTIT and BROOKS, 1970; GREAVES and WEBLEY, 1965), plant hormone and inhibitor production (BROWN, 1975; BAREA et al. 1976) and production of carbon dioxide which may be taken up by the plant root (D'YAKANOVA, 1970; KONONOVA, 1966 j). Although micro-organisms exploiting root exudates clearly benefit from the presence of the plant, it is not clear whether the overall balance of rhizosphere microbial activities is generally beneficial to the plant, other than for nitrogen fixing bacteria and mycorrhizae discussed above. In particular it would be of practical interest to agriculture to know how soil conditions affect the degree of symbiosis between microbe and plant: unfortunately, little information is available, except for the particular cases of nitrogen fixation and phosphorus provision. DEAVIN and HORSGOOD (1976) compared bacterial isolates from soil, rhizosphere and rhizoplane by a numerical taxonomic procedure for wheat growing on a sandy soil enriched with compost or ammonium sulphate fertiliser. Principle coordinate analysis demonstrated distinct differences in Spring in the overall properties of bacterial isolates from the two treatments, which became more pronounced at the rhizoplane. The distinction was almost lost at senescence indicating sessation of root exudation (Fig 8).

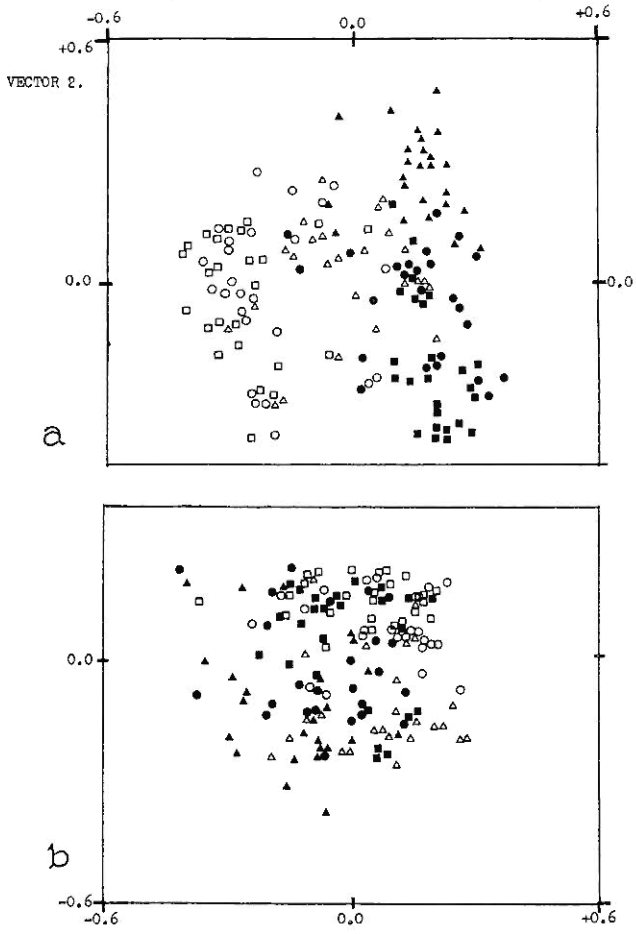


Fig. 8: Principal co-ordinate analysis plot for bacterial isolates from rhizoplane (■ □), rhizosphere (● ○), and soil (▲ △) for the same soil treated with compost (closed symbols) or ammonium sulphate (open symbols); (a) Spring, (b) Senescence. Each isolate was subjected to 80 physiological and morphological tests.

Thus, changes in soil conditions may alter the nature of the rhizosphere micro-flora, but in view of the complexity of interactions in the soil-plant-microbe system, it is not generally possible to determine whether such changes lead to a greater or lesser degree of symbiosis. If plant growth is satisfactory one may possibly conclude that rhizosphere activity contributes positively in this respect, along with good soil structure, adequate nutrient provision, and other factors.

The rhizosphere and uptake of genetic material

In recent years it has been demonstrated that the cancerous growth (crown gall tumors) induced in dicoyledonous plants by the bacterium Agrobacterium radiobacter var. tumafaciens is caused by the transfer of genetic information by plasmids from bacterium to plant (COCKING, 1977). For example, peach trees develop crown galls on their roots; these may be prevented by innoculating seeds or roots with a non-pathogenic Agrobacterium radiobacter strain (HTAY and KERR, 1974). The new genetic information is stably maintained through subsequent cell divisions (DRUMMOND et al, 1977). According to COCKING (1977), "this is the first example of a natural system in which genetic elements of bacterial origin (the Tiplasmids) play a part in the gene expression in eucaryotic cells."

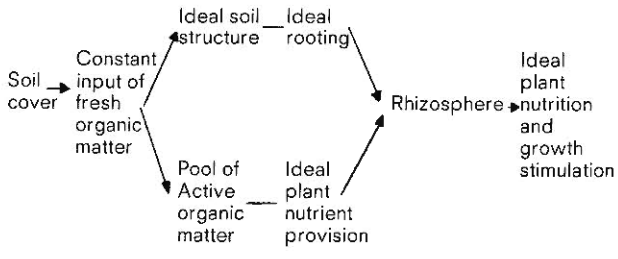
(Several authors have reported modification of plant characteristica by treatment of seeds with exogenous DNA, the modification being carried over to subsequent generations (COCKING, 1977; HOLL 1975). However, COCKING has cast doubt on the validity of this work).

If it is true, as postulated by RUSCH (1968 h) that the pathological case is the model for the normal ("der pathologische Fall ist nur das Modell für den physiologischen"), one may suppose that plasmid transfer of genetic information could be the norm in the rhizosphere. Such a process could explain the remarkable inheritable changes which may be induced in flax varieties by growing plants under different fertiliser conditions (CULLIS, 1976, 1977); – these could give rise to a different rhizosphere microflora, and hence different plasmid transfer. The question of the effect of soil conditions on the plant therefore takes on an aspect little dreamt of until recent years.

Conclusion

The aim of this paper was to consider the soil and plant as an integrated system with the potential for synergistic behaviour between its components; such an effect could explain the success of biological soil husbandry in achieving yields comparable to those of conventional agriculture.

The various aspects of the soil-plant system which have been reviewed may be represented by the following flow diagram:



It is clear that such a dynamic multi-component system would have the potential for synergistic behaviour: soil structure and active organic matter formation, generation of plant nutrients and growth regulatory substances, efficient exploitation of the soil by the root system, and symbiotic microbial activity in the rhizosphere, could well synchronise to give growth rates comparable to those achieved with the use of "artificial" fertilisers, without importing the problems attendant upon their use.

When input of organic matter is not adequate and soil structure and root growth less than ideal, recourse to soluble nutrients i. e., "interference at a particular point in the eco-system" (see introduction), will be required for high yields. However, the use of soluble nitrogen and phosphorus may well reduce biological nitrogen fixation and phosphorus mobilisation by rhizosphere bacteria and mycorrhizal fungi respectively, so that the use of soluble nutrients tends to replace, rather than supplement, their biological provision. The mineral deficiencies in crop plants resulting from the use of potassium and nitrogen fertiliser (for examples and literature see HODGES, 1978) are usually ascribed to a change in the balance of elements caused by the fertilisers in the soil. However, the tendency of surface applications of soluble nutrients to induce surface rooting may also contribute to mineral deficiency by reduction of the depth of soil explored by the roots. Surface rooting may also increase susceptibility to drought. Therefore, in respect of plant nutrition and growth, biological methods enjoy advantages that were not evident to the agricultural chemist, for the soil-plant system is infinitely more subtle than he was able to envisage.

Literatur (References)

ALEXANDER, M.A. (1977) Soil Microbiology. 2nd. ed. John Wiley (New York etc) a: 317–318; b: 321–322.

ALLISON, F.E. (1973) Soil Organic Matter and its Role in Crop Production. Developments in soil science 3. Elsevier (Amsterdam, London, New York) a: chap.8; b: 143; d:8; e: 10; f:11; g:315; h:325–326; i:chap 25; j:418–419; m:361.

ARCHER, F. (1975) Soil Physical Conditions and Crop Production. M.A.F.F. Technical bulletin no.29. H.M.S.O. (London) Discussion, 481.

ASHTON, F.M. and Crafts, A.S. (1973). Mode of Action of Herbicides. John Wiley (New York, London, etc), 44.

BABEL, U. (1975). Micromorphology of soil organic matter, in: Soil Components, Vol. 1. Organic Components. (J.E. Gieseking,ed.) Springer (Berlin, Heidelberg, New York), 369–473.

BAGYARAJ, D.J. and Menge, J.A. (1978). Interaction between a VA mycorrhiza and Azotobacter and their effects on rhizosphere microflora and plant growth, New Phytol., 80, 567–573.

BAKER, K.F. and SNYDER, W.C. (1965). Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens. Prelude to biological control. John Murray (London).

BAREA, J.M., NAVARRO, E. and MONTOYA, E. (1976). Production of plant growth regulators by rhizosphere phosphate – solubilising bacteria. J. appl. Bact. 40, 129–134.

BARLEY, K.P. (1961). The abundance of earthworms in agricultural soils and their possible significance in agriculture. Adv. in Agron. 13, 249–268.

BOWEN, G.D. and ROVIRA, A.D. (1976). Microbial colonisation of roots. Ann. Rev. Phytopath. 14, 121–145.

BROWN, M.E. (1975). Rhizosphere micro-organisms-opportunists, bandits or benefactors, in: Soil Microbiology. A critical review. (N.Walker,ed.) Butterworths (London and Boston).

BUCKMAN, H.O. and BRADY, N.C. (1969). The Nature and Properties of Soils. 7th.ed. Macmillan (London), 144.

BURSTRÖM, H.G. (1965) The physiology of plant roots. in: Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens. Prelude to biological control. (K.F. Baker and W.C.Snyder, eds.) John Murray (London) 156.

CAMPBELL, C.A. (1978). Soil organic carbon, nitrogen and fertility, in: Soil Organic Matter (M.Schnitzer and S.U.Kahn, eds), Elsevier (Amsterdam and New York).

CHRISTIE, P; NEWMAN, E.I. and CAMPBELL, R. (1974). Grassland species can influence the abundance of microbes on each others roots. Nature, 250, 570–571.

CITERNESI, U. et al (1977). Nitrogen fixation in the gastroenteric cavity of soil animals. Soil Biol. Biochem. 9, 71–72.

COCKING, E.C. (1977). Genetic modification of plant cells: a reappraisal. Nature, 266, 13–14.

COURTNEY, F.M. and TRUDGILL, S.T. (1976). The Soil. An introduction to soil study in Britain. Edward Arnold (London).

CULLIS, C.A. (1976) Environmentally induced changes in ribosomal RNA cistro number in flax. Heredity, 36, 73–76. Comment by R.Franklin, (1977), Environmentally induced changes in ribosomal RNA cistron number: purported lack of correlation with phenotype. Heredity, 39, 175–176.

CULLIS, C.A. (1977). Molecular aspects of the environmental induction of heritable changes in flax. Heredity, 38, 129–154.

DAFT, M.J. and EL-GIAHMI, A.A. (1974). Effect of Endogone mycorrhiza on plant growth. V11, Influence of infection on the growth and nodulation in french bean (Phaseolus vulguaris). New Phytol, 74, 1139–1147.

DAFT, M.J. and EL-GIAHMI, A.A. (1975). Effects of Glomus infection on three legumes, in: Endomycorrhizay. (F.E. Sanders, B. Mosse and P.B.Tinker, eds.) Academic Press (London, New York, San Francisco). 581–592.

DALAL, R.C. (1977). Soil organic phosphorus. In: Advances in Agronomy. (N.C.Brady, ed.) Academic Press (New York, San Francisco, London), 29, 83–117.

DART, P.J. (1975) Legume root nodule initiation and development, in: The Development and Function of Roots. 3rd. Cabot symp. Academic Press (London, New York, San Francisco) 467–506.

DART, P.J. & DAY, J.M. (1975). Non-symbiotic nitrogen fixation in soil. In Soil Microbiology. A critical review. Ed. N. Walker. Butterworths. 225–252.

DEAVIN, A. and HORSGOOD, R.F. (1976). An Investigation of Rhizosphere and Soil Micro-organisms during the Growing Season. Thesis by R.F.Horsgood (CNAA), N.E. Surrey College of Technology, Ewell, Surrey, England.

DHAR, N.R. (1960). Role of Organic Matter in Soil Fertility, in: 7th Intern Congress of Soil Science, Madison, Wisc, U.S.A., 314–318.

DHAR, N.R. (1972). World Food Crisis and Land Fertility Improvement. The Kamala lectures, 1953. University of Calcutta.

DHAR, N.R. (1974) Soil + phosphates for bumper crops, in: The Soil Association, 2, (1) 3–4.

DREW, M.C. (1975). Comparison of the effects of a localised supply of phosphate, nitrate, ammonium and potassium on the growth of the seminal root system, and the shoot, in barley. New Phytol, 75, 479–490.

DRUMMOND, M.H., GORDON, M.P., NESTER, E.W., and CHILTON, M.D. (1977). Foreign DNA of bacterial plasmid origin is transcribed in crown gall tumours. Nature 269, 535–536.

D'YAKONOVA, K.V. (1970). Soil as a source of carbon dioxide for plants on irrigated and non-irrigated Ciscaucasian chernozems, in: Microorganisms and Organic Matter of soils. (M.M.Kononova,ed.) Israel prog.sci. trans. Jerusalem.

EAVIS, B.W. and PAYNE, D. (1969). Soil physical conditions and root growth, in: Root Growth. (W.J.Whittington,ed.) Butterworths (London) 315–316.

EDWARDS, C.A. and LOFTY, J.R. (1972). Biology of Earthworms, Chapman and Hall (London).

ESTERMANN, E.F. and MCLAREN, A.D. (1961). Contribution of rhizoplane organisms to the total capacity of plants to utilise organic nutrients. Plant and Soil. 15, 243–260.

FOGG, G.E., STEWART, W.D.P., FAY, P. and WALSBY, A.E. (1973) The Blue-Green Algae. Academic Press (London and New York. 196.

FRENCH, J.R.J., TURNER, G.L. and BRADBURY, J.F. (1976). Nitrogen fixation by bacteria from the hindgut of termites. J.Gen.Micro. 95, 202–206.

GERDEMANN, J.W. (1975). Vesicular-arbuscular Mycorrhizae, in: The development and function of roots. Third Cabot Symp. (J.C.Torrey and D.T.Clarkson, eds). Academic Press (London, New York, San Francisco). 575–591.

GRANHALL, U. (1975). Nitrogen fixation by blue-green algae in temperate soils, in: Nitrogen fixation by Free-living Micro-organisms. (W.D.P. Stewart, ed.). International biological programme 6. Cambridge University Press 189–197.

GREAVES, M.P. and WEBLEY, D.M. (1965). A study of the breakdown of organic phosphates by micro-organisms from the root region of certain pasture grasses. J.appl. Bact., 28, 454–565.

GREENLAND, D.J. (1971). Changes in the nitrogen status and physical condition of soils under pastures, with special reference to the maintenance of the fertility of Australian soils used for growing wheat. Soils and Fertilisers, 34, 237–251.

HALSTEAD, R.L., and MCKERCHER, R.B. (1975) Organic phosphorus and plant nutrition, in: Soil Biochemistry, (E.A.Paul and A.D.McLaren,eds.) Marcel Dekker (New York). 31–63.

HARLEY, J.L. (1969). The Biology of Mycorrhiza. Plant science monographs (N.Polunin, ed.). Leonard Hill (London), 157.

HARLEY, J.L. (1975). Problems of mycotrophy, in: Endomycorrhizas (F.E.Sanders, B.Mosse, P.B.Tinker eds.) Academic Press (London, New York, San Francisco) 14.

HAYMAN, D.S. (1975). Phosphorus cycling by soil microorganisms and plant roots, in: Soil Microbiology. A critical review. (N.Walker,ed.) Butterworths (London and Boston).

HAYMAN, D.S. (1977). Mycorrhizal effects on white clover in relation to hill land improvement, ARC Research Review, 3 (3), 82–85.

HERNANDO DE FERNANDEZ, V. (1974). Fertilisers, Crop Quality and Economy. (Vatican City conference), (V.Hernando de Fernandez, ed.). Elsevier (Amsterdam). Discussion 458–461.

HODGES, R.D. (1978). Who Needs Inorganic Fertilisers anyway? The case for biological agriculture. International Institute Biological Husbandry. Review Paper, No.1. (Martello House, Stowmarket, Suffolk, England.) (B. Mosse, P.B.Tinker eds.) Academic Press (London, N.Y., San Francisco) 14.

HOLL, F.B. (1975). Innovative approaches to genetics in agriculture. Can. J. Genet. Cytol. 17, 517–524.

HOWARD, A. (1940). An Agricultural Testament. Oxford Univ. Press. 25.

HTAY, K. and KERR, A. (1974) Biological control of crown gall: seed and root inoculation. J.app.Bact. 37, 525–530.

JALALI, B.L. and DOMSCH, K.H. (1975). Effect of systemic fungitoxicants on the development of endotrophic mycorrhiza, in: Endomycorrhizas. (F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker, eds.) Academic Press (London, New York, San Francisco).

JENKINSON, D.S. and RAYNER, J.H. (1977) The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments. Soil Science, 123, 298–305.

KALININSKAYA, T.A. (1972). Decomposition of cellulose and fixation of nitrogen in the soils of various types. Symp. Biol.Hung. 11, 135–138.

KASTORI, R. (1968). Mechanism of organic molecule uptake by plants. Savremena Poljoprivreda (Contempory Agric.), 16, (5), 85–92.

KHAN, A.G. (1975). The effect of vesicular arbuscular mycorrhizal associations on growth of cereals, 11. Effects on wheat growth. Ann.appl.Biol. 80, 27–36.

KING, F.H. (1911). Farmers of Forty Centuries or Permanent agriculture in China, Korea and Japan. Madison, Wis.

KOLESNIKOV, V. (1971). The Root System of Fruit Plants. MIR Publishers (Moscow) a. 53–61; b: 30.

KONONOVA, M.M. (1966). Soil Organic Matter. Its nature, its role in soil formation and on soil fertility. 2nd. ed. Pergamon (London and New York, etc.) a: 113; b: chap.2; c: 47–48; d: 196; e: 217–228; f: 200; g: 346; h: 190; i: 214–215; j: 206–207.

KRASILNIKOW, N.A. (1961) Soil Microorganisms and Higher Plants. Israel programme for scientific translations. a: 263; b: 226.

LOUTIT, M.W., and BROOKS, R.R. (1970). Rhizosphere organisms and molybdenum concentrations in plants, Soil Biol. and Biochem., 2, 131–135.

LOW, A.J. (1975). Ley fertility experiments at Jealott's Hill, in: Soil Physical Conditions and Crop Production. M.A.F.F. Technical Bulletin 29. 360–387. H.M.S.O. (London). 360–387.

LOW, A.J. and STUART, P.R. (1974). Micro-structural differences between arable and old grassland soils as shown in the scanning electron microscope. J.Soil Sci. 25, 135–137.

LYNCH, J.M. (1977). Phytotoxicity of acetic acid produced in the anaerobic decomposition of wheat straw. J. appl. Bact., 42, 81–87.

MATILE, (1973). Biologie und Landwirtschaft. ANS. Mitteilung N.39 (Association for the Utilisation of Town Wastes). Sonderteil: Müll und Kompostbereitung, Wasser und Abwasser.

MCLAREN, A.D. (1977) Editorial. Soil Biol.Biochem. 9, 375–376.

MILLER, R.H. and CHAU, T.J. (1970). The influence of soil micro-organisms on the growth and chemical composition of soybean. Plant and Soil, 32, 146–160.

M.A.F.F. (1976). Organic Manures, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Bulletin No.210, H.M.S.O. (London).

MISHUSTIN, E.N. & SHIL'NIKOVA (1971) Biological Fixation of Atmospheric Nitrogen. Macmillan. 295.

NEAL Jr. J.L., LEARSON, R.I., and ATKINSON, A.G. (1973). Changes in rhizosphere populations of selected physiological groups of bacteria related to substitution of specific pairs of chromosomes in spring wheat. Plant and Soil, 39, 209–212.

NEWBOULD, P. (1969). The absorption of nutrients by plants from different zones in the soil, in: Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants. (I.H. Rorison, ed.) (Blackwell, Oxford & Edinburgh), 185 – 186.

NEYRA, C.A. and DÖBEREINER, J. (1977). Nitrogen fixation in grasses. Advances in Agronomy, 22, 1–38.

NICOLSON, T.H. (1967). Vesicular-arbuscular mycorrhizae – a universal plant symbiosis. Sci.Prog.,Oxf., 55, 561–581.

OADES, J.M. (1978) Mucilages at the root surface. J.Soil Science, 29, 1–16.

PATRICK, Z.A. and TOUSSOUN, T.A. (1965). Plant residues and organic amendments in relation to biological control, in: The Pathology of Soil-Borne Plant Pathogens. (K.F. Baker and W.C. Snyder, eds.) John Murray (London) 440–459.

PAULI, F.W. (1967) Soil Fertility. A biodynamical approach. Adam Hilger (London). a: 64; b: 22.

PEERLKAMP, P.K. (1950). The Influence on Soil Structure of the "natural organic manuring" by Roots and Stubbles of Crops. in: 4th. Int. Congr. Soil Sci. (Amsterdam) Vol.1. Hoitsema Brothers (Netherlands). 50–54.

POTRIKUS, C.J. and BREZNAK, J.A. (1977). Nitrogen fixing Enterobacter agglomerans from guts of wood-eating termites. Applied and Environmental Microbiology, Feb. 392–399.

POVOLEDO, D. and GOLTERMAN, H.L. (1973) Humic Substances. Their structure and function in the biosphere. Wageningen (Holland).

POWELL, C. (1976). Mycorrhizal fungi stimulate clover growth in New Zealand hill country soils. Nature, 264, 436–438.

POWELL, C. and DANIEL, J. (1978). Mycorrhizal fungi stimulate uptake of soluble and insoluble phosphate fertilizer from a phosphatedeficient soil. New Phytol., 80, 351–358.

PRIMAVESI, A.M., and PRIMAVESI, A. (1973). Nitrogen increase in soil by semi-aerobic decomposition in presence of phosphorus and calcium, in: Proc. Nat. Acad. Sci., India, 43(A), (1 & 2), 161–169.

RICHARDS, B.N. (1974). Introduction to the Soil Ecosystem, Longman (Essex, England) 185–213.

ROVIRA, A.D. (1969). Plant root exudates. The Botanical Rev., 35, 35–57.

ROVIRA, A.D., and DAVEY, C.B. (1974). Biology of the rhizosphere, in: The Plant Root and its Environment, (E.W. Carson, ed.). Univ. Press Virginia. 153–203.

RUSCH, H.P. (1968) Bodenfruchtbarkeit. Haug Verlag (Heidelberg) a: 153; b: 54.

RUSSELL, E.W. (1977) Soil structure: Its maintenance and improvement. J. Soil Sci., 22, 137–151.

RUSSELL, E.W. (1973) Soil Conditions and Plant Growth. 10th ed. Longman (London and New York). a: 298; b: 309; c: chap.23; d: 493; e: 197–198; f: 573; g: 513–519; h: 805; i: 553; j: 357–374; k: 282; m: 502–503; n: 190.

SANDERS, F.E. (1975). The effect of foliar-applied phosphate on the mycorrhizal infections of onion roots, in: Endomycorrhizas. Academic Press (London, New York, San Francisco). 261–276.

SCHNITZER, M. (1978) Humic substances: Chemistry and reactions, in: Soil Organic Matter. (M. Schnitzer and S.U. Khan, eds.) Elsevier (Amsterdam and New York).

SCOTT RUSSELL, R. (1977) Plant Root Systems: Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill (London and New York etc.) a: 151–157; b: 82–86; c: 14; c: 117; e: 52–53; f: 129–131.

STALLINGS, J.H. (1957). Soil Conservation. Prentice Hall (New Jersey; U.S.A.), 84–96.

STEWART, V.I. (1975) Soil Structure. The Soil Association. Quarterly review 1, (1) 6–8.

STEWART, V.I. (1978). Private communication. Soil Science Unit. University College of Wales, Aberyswyth.

STREMSKA, J. (1975). Mycorrhiza in farm crops grown in monoculture, in: Endomycorrhizas (F.E. Sanders, B. Mosse and P.B. Tinker, etc.) Academic Press (London, New York, San Francisco). 527–535.

TRENBATH, B.R. (1974). Biomass productivity of mixtures. Adv. in Agron., 26, 177–209.

TUKEY, Jr, H.B. (1969). Implications of allelopathy in agriculture plant science. The Botanical Rev., 35, 1–16.

VAUGHAN, D. and LINEHAN, D.J. (1976). The growth of wheat plants in humic acid solutions under axenic conditions. Plant and Soil, 44, 445–449.

VAUGHAN, D. and MCDONALD, I.R. (1976) Some effects of humic acid on cation uptake by parenchyma tissue. Soil Biol. Biochem, 8, 415–421.

WEAVER, J.E. (1926), Root Development of Field Crops. McGraw-Hill (New York and London).

WEBBER, J. (1975). The influence of bulky organic materials and soil conditioners on soil properties and crop yields, in: Soil Physical Conditions and Crop Production. M.A.F.F. technical bulletin no. 29 H.M.S.O. (London) 406–416.

WILD, A. and OKE, O.L. (1966) Organic phosphate compounds in calcium chloride extracts of soils: identification and availability to plants. J. Soil Sci., 17, 356–371.

YONEYAMA, T., Lee, K., & Yoshida, T. (1977) Decomposition of rice residues in tropical soils. 1V. The effect of rice straw on nitrogen fixation by heterotrophic bacteria on some Philipine soils. Soil Sci. PLant Nutr., 23, 287–295.

Bodendecke, organische Substanzen, Wurzelbereich und Pflanzenwachstum

Zusammenfassung des Beitrags Deavin:*)

Nährstoffzufuhr organischer Stoffe in den Boden, Abbau und Umwandlung der organischen Stoffe, Bodenstruktur und -aufbau, Biodynamik, Wurzelausbreitung im Boden und mikrobielle Aktivitäten im Wurzelbereich stellen eine zusammenspielende Folge von Faktoren dar, die die Nahrung und das Wachstum der Pflanzen beeinflußen.

Um im „Biologischen Anbau" Produktionsergebnisse zu erreichen, die mit dem „Konventionellen Anbau" vergleichbar sind, müssen diese Faktoren in einer kooperativen Art und Weise synergistisch zusammenwirken, so daß das Ganze größer wird, als die Summe der einzelnen Teile.

Jeder der o.g. Bereiche wird in bezug auf neuere wissenschaftliche Erkenntnisse im Text behandelt.

In diesem Zusammenhang wird besonders kritisch die Bedeutung eines konstanten Inputs von frischer organischer Substanz und einer Bodenstruktur hervorgehoben, die dem „Biologischen Landbau" extensive Ausnutzung des Bodens durch die Wurzeln der angebauten Planzenarten erlaubt.

Der Wert einer ständigen Bodendecke zur Erhaltung der Bodenstruktur und als Nährstoffquelle wird erörtert.

Die Eigenart des Zusammenspiels von Boden und Pflanze im Wurzelbereich wird in bezug auf physikalische Eigenschaften und mikrobielle Aktivitäten beschrieben; Möglichkeiten für eine symbiontische Verbindung von Wurzelbereich und Pflanze werden aufgezeigt.

*) Übersetzung: Dipl.-Ing. Angelika Wurzel

Fritz Pauli

Biodynamik organischer Reste im System – Boden und Pflanze – als Garant für die Bodenfruchtbarkeit

Nicht die Fläche, sondern der durchwurzelte Bodenraum ist unser Grundbesitz.
F. SEKERA, 1951.

Die engen Beziehungen zwischen BODEN – KLIMA – PFLANZE – TIER und MENSCH wurden nachweislich zuerst gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Rußland durch Beobachtungen der Boden-Klimazonen deutlich. Dagegen wurde die Rolle der biologischen Parameter, vor allen Dingen das enge Zusammenleben der Pflanzenwurzel mit dem EDAPHON (Das im Boden Lebende), für die Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeit fast vollständig übersehen. Das Wurzelsystem der höheren Pflanze, wenn auch praktisch unsichtbar, ist von überragender Bedeutung für das Überleben sämtlicher Bodenorganismen. Wurzelbild, Wurzelverteilung und Aufbau der Wurzeln sind bestimmend für die BIODYNAMIK organischer Reste im System – BODEN und PFLANZE –. Hierbei schneiden die mehrjährigen Gräser mit ihrem stark verholzten Wurzelgewebe hervorragend ab.

Bei all den Überlegungen ist naturgemäß der jeweilige Bodentyp zu berücksichtigen, wobei die Klimazone mit dem damit verbundenen Klima der bodennahen Luftschichten und dem eigentlichen Boden-Mikroklima als gleichwertiger System-Parameter auftritt. Obwohl die grünen Pflanzen seit vielen Millionen Jahren mittels der Strahlungsenergie der Sonne aus Kohlendioxyd mannigfaltige organische Verbindungen synthetisieren, hat sich keiner dieser Stoffe in nennenswertem Maße angereichert. Unter aeroben Bedingungen sind alle biosynthetischen Verbindungen abbaubar! Für jede auch noch so komplizierte Verbindung existiert im Boden ein Mikroorganismus, der mit seinen vielfältigen Enzymketten einen teilweisen oder vollständigen Abbau zuwege bringt. In ihrer Gesamtheit erscheinen die dem Edaphon angehörenden Mikroorganismen als biochemisch omnipotent, und man spricht von einem Prinzip der mikrobiellen Unfehlbarkeit.

Neben den Bruchstücken der Riesenmoleküle, die beim Abbau entstehen, erscheinen auch fortwährend deren Umwandlungs- und Resyntheseprodukte durch die mikrobielle Aktivität. Die überall in der Natur reichlich auftretenden Humusstoffe, die aus vielfältigen, miteinander vernetzten Bausteinen bestehen, gehören zu solch komplexen Makromolekülen.

Der ständige Auf-, Ab- und Umbau organischer Reste, einschließlich der tierischen Substanz, und deren teilweise Verknüpfung mit anderen Bodenkomponenten verleiht der Pedosphäre (Treffpunkt der Atmo-, Hydro-, Lithos- und Biosphäre) jenen dynamischen Zustand, der als Fließgleichgewicht bezeichnet wird.

Es ist dieser Kreislauf der organischen, energiereichen Stoffe, der unser aller Überleben auf diesem Planeten erst möglich macht und sicherstellt. Wird diese Biodynamik, die auch die Basis und der Garant für die Fruchtbarkeit eines jeden Bodens ist, zerstört, dann ist jede weitere Technisierung unseres Alltags unnütz, ja sogar widersinnig! Dem System – BODEN und PFLANZE – als Grundlage der Landwirtschaft kann man die in der Industrie geltenden Prinzipien nicht aufzwingen, da es ein lebendes und damit aktives System ist.

Die Methode der Fluoreszenzmikroskopie mit ihren modernen Verbesserungen und vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten ist in der Lage, die intimen Beziehungen des Bodenlebens, zu dem Edaphon und Pflanzenwurzeln als System-Parameter ihren Beitrag leisten, „in situ" aufzuzeigen. Mikro-biochemische Methoden helfen hierbei, die stofflichen Signale der Partner zu entziffern.

Abb. 1: Ausgepflügtes Gras *(Eragrostis curvula,* Ermelo Typ) nach 5 Jahren innerhalb eines Fruchtfolge-Systems, um den Mais als Monokultur abzulösen. Deutlich erkennbar die dunkle Färbung des Bodens in der Wurzelzone durch Humusbildung, d.h. bodenfruchtbarkeitsverbessernde Wirkung des sog. Dauergrases. Ort: Versuchsfarm Potchefstroom/TVL. Republik von Südafrika.

Die engen Beziehungen zwischen BODEN – KLIMA – PFLANZE – TIER – MENSCH wurden nachweislich zuerst von V.V. DOKUCHAEV gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Rußland durch Beobachtungen der Boden-Klima-Zonen erkannt. Dagegen wurde die Rolle der biologischen Parameter, vor allem das enge Zusammenleben der Pflanzenwurzel mit dem Edaphon für die Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeit fast vollständig übersehen. Erst P.A. KOSTYCHEV, ein Schüler DOKUCHAEV's, untersuchte die gegenseitige Beeinflußung bestimmter Vegetationsformen und Bodentypen, z.B. die Nadelhölzer und Bleicherden oder die Steppengräser und Schwarzerden.

Später war es dann V.R. VIL'YAMS, der Sohn eines amerikanischen Eisenbahn-Ingenieurs in Rußland, der die physikalische, geochemische und biochemische Wirkung der Pflanzendecke auf die Bodendynamik erkannte. In den beiden ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts schuf VIL'YAMS die Grundlagen für das später in der UdSSR praktizierte„ Trawapolnaja-System" (Grasfeldfruchtfolge), mit dessen Hilfe große Landstriche allmählich in Kultur genommen werden können. Auch können auf diese Weise durch anhaltende Monokultur geschädigte Böden langsam amelioriert werden.

Diese in der UdSSR oft zur Doktrin erhobene Kulturmaßnahme erfuhr neuerdings große Unterstützung durch die Arbeiten von Johanna DÖBEREINER in Brasilien (Instituto de Pesquisas Agropecuarias do Centro-Sul in Rio de Janeiro), die bei einer Reihe tropischer Gräser in deren Wurzelhaarzone symbiotische und nichtsymbiotische, stickstoff-bindende Mikroorganismen entdeckte, die nicht nur übersehen wurden, sondern laut Lehrmeinung auch nicht dasein durften. Damit wurde die bodenverbessernde Rolle der Gräser erneut untermauert.

Während sich die jährlich anfallenden Reste der Baumvegetation fast ausschließlich an der Bodenoberfläche ansammeln, verteilen sich die Überbleibsel der Gräser und Sträucher ziemlich gleichmäßig an der Oberfläche durch Blätter und Zweige und im Boden durch das fortwährend entstehende und absterbende sehr dichte Wurzelwerk.

Um die Rolle der Vegetationsdecke für den fortwährenden Nachschub an Ausgangsmaterialien mit ihrem unerschöpflichen Reservoir an praktisch allen Verbindungen im Kreislauf der Biosphäre zu verstehen, muß daran erinnert werden, daß fast 30 % der kontinentalen Erdoberfläche mit Wald bedeckt sind, etwas mehr als 10 % sind zur Zeit kultiviert, weitere 20 % sind Wiesen und Weiden, während der Rest von fast 40 % ungenutzt sind und zum Teil natürliches Feld als karges Weideland darstellen.

So sind 99 % der Erd-Biomasse Pflanzen, die Jahr für Jahr allein auf dem Land 121,7 x 10^9 t Trockenmaterial erzeugen und als Energie-Substrat für Mikroorganismen hinterlassen (LIETH, 1975). Unter Berücksichtigung des Mineralgehaltes dieser Pflanzenreste von rund 5 %, was eine ziemlich zurückhaltende Schätzung ist, ergibt das 6,1 x 10^9 t von Mineralstoffen, die jährlich durch die Pflanzenwurzeln den Weltböden entzogen werden. Das sind 11,600 t pro Minute (EPSTEIN, 1977). Lebensgemeinschaften oder Assoziationen von Gräsern und Büschen mit vereinzelten Sträuchern erzeugen bis zu 1,5 t Pflanzenmaterial/ha, während ein Wald in den gemäßigten Zonen zwischen 90 und 260 t auf der gleichen Fläche hervorbringt. In tropischen Regenwäldern ist diese Menge noch höher und kann wie in Ghana bis zu 150 t/ha als Trockenmaterial betragen, was mindestens 1 000 t frischer Reste pro Jahr entspricht. Das gesamte organische Material über und im Boden beträgt bei einer Halbwüstenflora rund 2,5 – 4,0 t/ha; bei einer Steppenvegetation 15 – 35 t und bei Baumvegetation zwischen 150 und 500 t/ha.

Bei der arid-semiariden Flora kommt der Wurzelmasse bis zu 75 % des Gesamtmaterials zu.

Die jährliche Zunahme an der Gesamtmenge der organischen Reste ist stark vom Klima abhängig und es liegen nur ganz allgemeingehaltene Werte vor. Immerhin ist der jährliche Zuwachs in Wüsten und Halbwüsten fast 0,5 t/ha, während er im tropischen Dschungel 30–60 t/ha betragen kann. Beträgt der jährliche Blattfall in Halbwüsten und Steppen für Bäume nur 1–4 t/ha, so ist er in der gemäßigten Zone bereits wesentlich höher, um bei Baumanpflanzungen auf Schwarzerden bei Esche auf 28,5 t, bei Eiche auf 9,7 t und bei anderen Baumarten bis zu 12,5 t/ha anzusteigen.

Nun ist der gesamte Fragenkomplex der ständigen Nachlieferung pflanzlicher Reste aus vielen Problemen zusammengesetzt, wozu noch die jahreszeitlichen Schwankungen kommen. Vor allem besteht ein besonders enger Zusammenhang zwischen den hydrothermischen Bedingungen und der jährlichen Zunahme organischen Materials.

Recht deutlich wird diese Beziehung beim Vergleich der Wälder in den kalt-nassen Gebieten der nördlichen Hemisphäre mit einer Zunahme von nur 0,7 bis 1,5 t/ha, während diese in den feuchten Tropen bei 12,5 bis 50 t/ha liegt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das jährliche Inkrement vor allem dann sehr mäßig ist, wenn entweder wie in der Wüste die Feuchtigkeit stark abfällt oder wie in der Tundra die Durchschnittsjahrestemperatur sehr niedrig bleibt.

Das Problem der Anhäufung organischer Reste über und im Boden durch Ernterückstände und Wurzelreste verlangt auch Untersuchungen über das Wurzelbild der jeweiligen Pflanzen.

Wenn man von den feuchten zu den trockenen Zonen und von den warmen zu den kalten Regionen gelangt, bemerkt man, daß die Angiospermen-Pflanzen (Bedecktsamige) in zunehmendem Maße ihre zum Stamm oder Stengel gehörenden Teile in den Boden verlagern. Noch stärker ist die Wurzelverteilung vom Wasser- und Wärmehaushalt des Bodens abhängig.

So hat z.B. die Sandwüste KARA KUM in Zentralasien ihre Pflanzenspezies mit zweifachem Wurzelsystem ausgebildet, wovon der obere Teil direkt unter der Bodenoberfläche für die optimalen Bedingungen (Feuchtigkeit und Wärme) im Frühjahr ausgebildet ist. In den tieferen Regionen, nahe der Wassertafel, kommt es dann zur Ausbildung eines zweiten, stark entwickelten Wurzelwerks. In Tonböden überwiegt die Wurzelmenge die oberirdischen Pflanzenteile um das Achtfache.

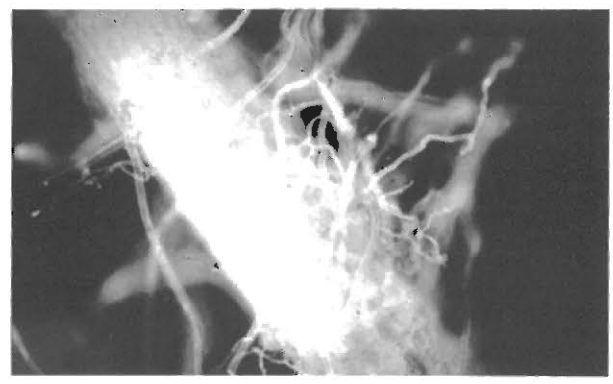


Abb. 2: Wurzelhaarzone des Grases mit feinem Streptomyceten-Mycel zwischen den ebenfalls rötlichen Wurzelhaaren, die aber wesentlich dicker sind. Sekundärfluoreszenz mit Acridinorange (1 : 10^4); x 380 Vergr.; 15 sec Belichtung. AGFACOLOR CT 18.

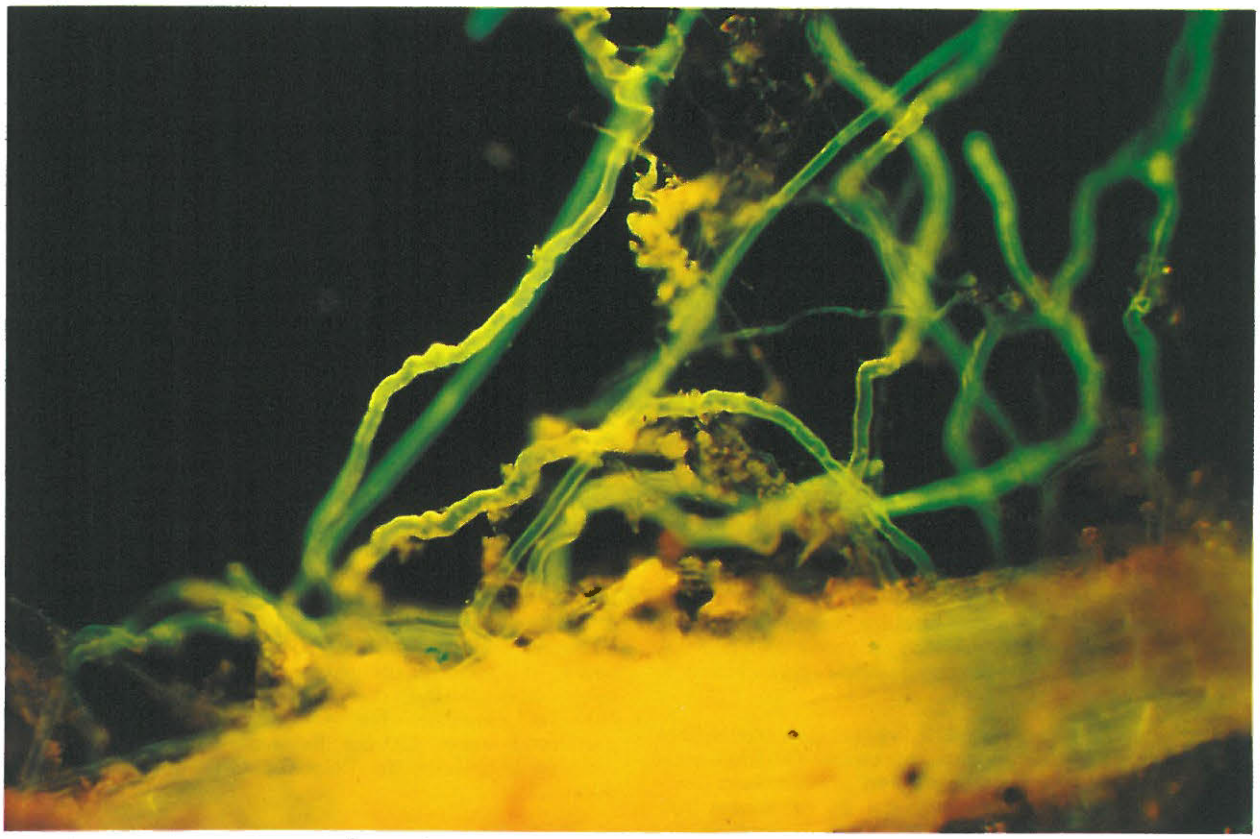
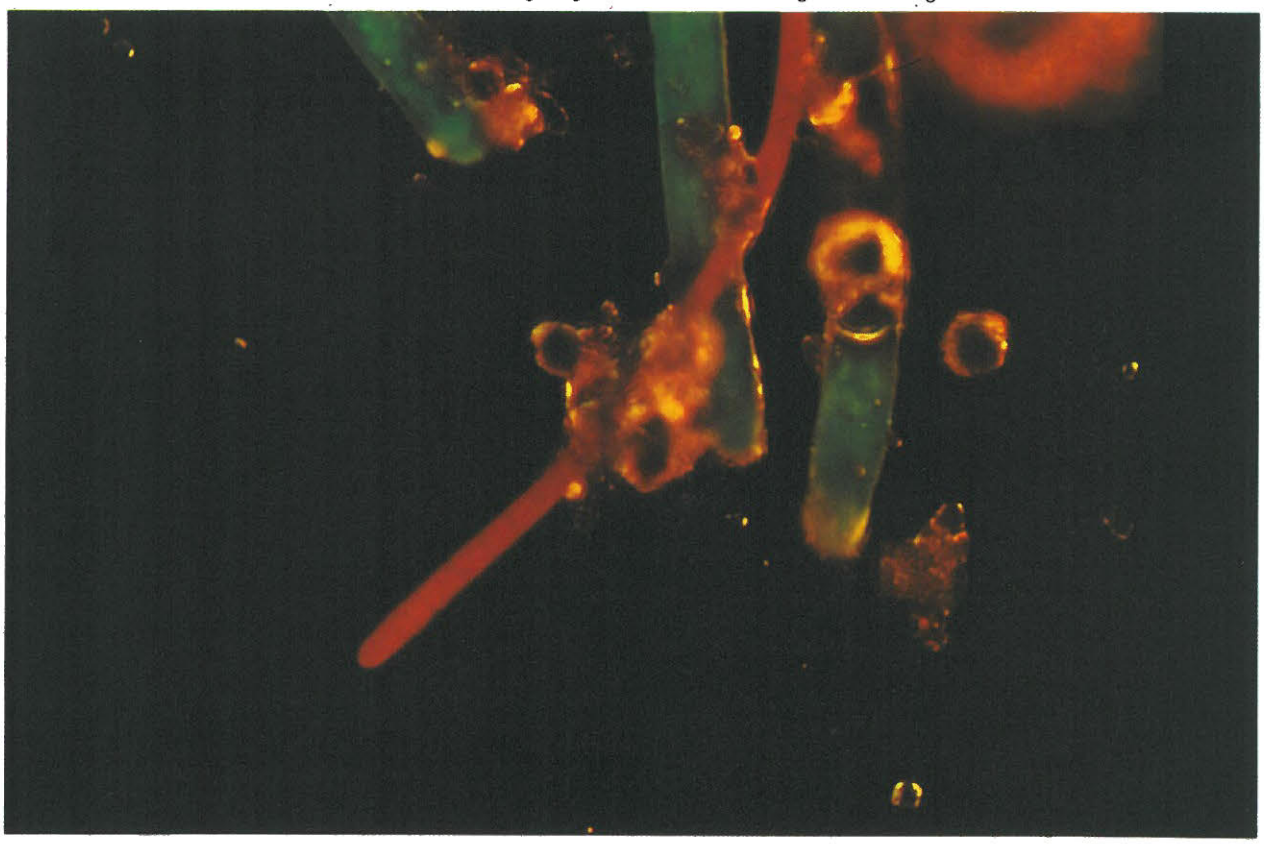


Abb. 4: Graswurzelhaarzone als Biotop für die Biocoenose „Rhizosphäre" und „Rhizoplan". Sekundärfluoreszenz; x 450 Vergr. und Acridinorange-Verdünnung 1 : 10^{-5}; 15 sec Belichtung. AGFACOLOR CT 18.

Abb. 5: Sekundärfluoreszenz von Graswurzelhaaren (grünlich) mit daransitzenden Mineralteilchen (gelblich durch eingespiegeltes Normal-Licht) und rot-fluoreszierender Blaualge, deren Phycoerythrin und/oder Phycocyanin diese Primärfluoreszenz hervorrufen bei geeigneter UV-Bestrahlung. x 980 Vergr.



In den Hochlandwüsten des PAMIR mit ungünstigen Temperaturverhältnissen befindet sich die Hauptwurzelmasse zwischen 0 und 40 cm, doch ein anderer, nicht unbeträchtlicher Teil der Wurzeln dringt in große Tiefen vor, so daß sie die oberirdischen Teile der Pflanze um das 25- bis 45fache ihrer Länge überwiegen. In der amerikanischen Prärie von Kansas, Iowa, Illinois und Missouri bei geringen Trockenperioden im Sommer, aber reichlichen Regenfällen im Winter, befinden sich 65 % der Wurzelmasse der dort wachsenden Pflanzen bis 1,5 m Tiefe. Ein weiterer Teil dringt bis 2,7 m vor; einige Wurzeln erreichen sogar 6 m Tiefe. So ist es nicht verwunderlich, daß künstliche Bewässerung von Kulturpflanzen zu erheblichen Veränderungen des Wurzelbildes und der Wurzelverteilung führt.

Bei Baumarten sind die Wurzeln schon allein aus Festigungsgründen verhältnismäßig tiefer ausgebildet, doch schwanken auch hier die Werte je nach Bodenart und Baumspezies zwischen 40–50 cm bei der Kiefer und 11–14 m bei der Eiche.

Bei den Überlegungen, inwieweit die Vegetation die Hauptmasse des organischen Ausgangsmaterials für die Mineralisation und Humifizierung in der Biosphäre stellt, ist es naheliegend, das Verhältnis zwischen oberirdischem und unterirdischem Material einigermaßen festzulegen. Hierbei schneidet das letztere, vor allem bei den Gräsern, hervorragend ab, nämlich zwischen 0,05 und 0,4, während es bei der Waldvegetation gewichtsmäßig zwischen 3 und 9 liegt.

Doch kann diese Verhältniszahl in Trockengebieten erheblich absinken, wobei es fast zu einem Gleichgewicht zwischen oben und unten kommt. Im Pamirhochland überwiegen deutlich die unterirdischen Teile mit einem Verhältnis von 0,10 bis 0,05. Da aber die Zersetzung der organischen Reste in den oberen, luftnahen Schichten wesentlich schneller verläuft, kommt es über längere Zeiträume hinweg zu Unterschieden in der Akkumulation der in Zersetzung befindlichen organischen Reste. So ist auch der Bodentyp wiederum von Bedeutung, denn in der Bleicherde und im Grauboden laufen anfallende Wurzelmenge und daraus gebildete Humusstoffe nicht miteinander parallel, während in der Schwarzerde und in den kastanien- bis zimtfarbenen Waldböden eine gute Korrelation festzustellen ist. In jüngster Zeit hat man durch den Einsatz ausgeklügelter pflanzenphysiologischer Methoden und Boden-Präparationstechniken einen guten Einblick in das individuelle Wurzelbild unserer Kulturpflanzen erhalten. Bei einem vereinzelten Vertreter des Winterroggens wurde dessen Gesamtwurzellänge mit 600 km festgestellt, wobei mit einem täglichen Inkrement von mehr als 5 km zu rechnen ist. Nimmt man jedoch alle Wurzelteile und -teilchen des Roggens zusammen, dann erreicht das im Boden verankerte Wurzelwerk eine Gesamtlänge von 10000 km bei einem täglichen Inkrement von 80 km. Diese außerordentliche Verzweigung ist vor allem darauf zurückzuführen, daß die Pflanze in ihrem Bestreben, Feuchtigkeit und Nährstoffe zu erreichen, alle vorhandenen Räume im Bodengefüge aufsucht, um ihr Überleben zu sichern.

Im übrigen richtet sich die Verteilung des Wurzelwerks hauptsächlich nach den physikalischen Eigentümlichkeiten des Bodens. Hohes Porenvolumen und Beschaffenheit der Poren erlauben eine freie, fast ungehinderte Durchdringung des Bodens. Daneben sind Wassergehalt und Wasserhorizont des Bodens mit der hiervon beeinflußten Bodenatmosphäre, dem Bodenmikroklima, die wichtigsten Parameter der Wurzelverteilung.

In der Vergangenheit befaßte sich die Erforschung des pflanzlichen Wachstums hauptsächlich mit dem Sproßsystem, das die Sonnenenergie für die Photosynthese ausnützt. In der zunehmenden Erkenntnis von der Einheit des Systems BODEN und PFLANZE, die gerade in der Wurzelhaarzone deutlich wird mit den dort reichlich vorhandenen und äußerst aktiven Rhizosphären-Mikroorganismen, genießt das Wurzelwerk der höheren Pflanze neuerdings das wissenschaftliche und praktische Interesse, was ihm allein schon vom Standpunkt des fortwährenden Nachschubs organischer Reste zukommen sollte.

Das bevorzugte Versuchsmaterial für Untersuchungen über die engen und gegenseitigen Beziehungen von Boden und Pflanze sind die Keimpflanzen der Gräser. Das wachsende Ende der Keimwurzel ist durch eine mehrschichtige Zell-Lage, der Wurzelhaube *(Calyptra)* gegen mechanische Behinderung durch feste Bodenkomponenten geschützt. Außerdem befindet sich dort eine gallertartige Masse, die Schleimhülle. Erst kürzlich wurde elektronenmikroskopisch festgestellt, daß diese Hülle aus extrazellulären Mikrofibrillen besteht, die wiederum aus Poly-Galacturonsäuren linearen Charakters zusammengesetzt ist.

Kurz hinter der Wurzelspitze beginnt eine mehrere cm lange Zone, die aus mehreren mm langen Ausstülpungen einzelner Wurzel-Epidermiszellen besteht. Bei diesen Wurzelhaaren handelt es sich um nackte Protoplasten oder Gymnoplasten, die amöben- oder plasmodienhaft dahinkriechen. Sie bleiben nur wenige Stunden am Leben, werden aber ständig bei gleichzeitiger Elongierung der Wurzel neugebildet und ausgestülpt. Bei Gramineen stehen pro mm^2 bis zu 400 solcher Wurzelhaare, die einen Durchmesser von 30 μm haben. Mit einem Querschnitt-Bedarf von rund 800 qμm pro Wurzelhaar ist zwischen den einzelnen Wurzelhaaren noch genügend Raum für die Beherbergung der verschiedensten Mitglieder der Rhizosphären-Biozönose vorhanden.

Die Wurzelhaare und der Wurzelgelee mit den stets darin vorkommenden Mikroorganismen sind für die Mobilisierung der Nährstoffe aus den Bodenkomponenten durch die höhere Pflanze, für die Verfügbarkeit der einzelnen Elemente und für die Selektivität durch die beteiligten Organismen von höchster Bedeutung.

Hypothesen über pflanzenphysiologische Mechanismen zur Erklärung der Aufnahme von Stoffen aus Nährlösungen müssen deshalb mit äußerster Vorsicht entgegengenommen werden.

Unter Feldbedingungen muß die Rhizosphäre mit ihren dort vertretenen Mikroorganismen berücksichtigt werden, haben doch jüngste Markierungsversuche von pflanzlichen und mikrobiellen Stoffwechselprodukten, die in den betreffenden Organismen aus Radio-Isotop-Verbindungen synthetisiert worden waren, gezeigt, daß sie sozusagen als stoffliche Signale in diesem Bereich hin und her kursieren. Außerdem dienen die ausgeschiedenen Stoffwechselprodukte als prominente Träger für anorganische Elemente. Hinter der Wurzelhaarzone beginnen die Wurzel-Epidermiszellen allmählich zu verkorken, wobei sie absterben. So besitzen die Wurzeln der mehrjährigen Gräser in ihrer Rinde (Exodermis) stark verkorkte (Suberin) Zellen. Die darauf folgende innere Schicht oder Endodermis bildet einen zusammenhängenden Ring mit stark verholzten (Lignin) und verdickten Zellwänden. Als Abschluß lebender Gewebemassen nach außen dienen in der Dauergras-Wurzel lebendige, prismatische und radial angeordnete Zellen mit den Caspary'schen Streifen aus korkähnlichen Substanzen. Weiter nach innen folgt schließlich das parenchymatische Perizykel, in das die Gefäßbündel eingelagert sind. Diese morphologisch-anatomischen Besonderheiten der Gräserwurzeln sind für die Dynamik der Mineralisierung und Humifizierung, und damit für den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit von höchster Bedeutung.

Zusammen mit den Ernterückständen und dem Laufball ist das Wurzelwerk der photosynthetisierenden Pflanzen der Energie-Nachschub im Kreislauf der organischen Stoffe,

der unser aller Überleben auf diesem Planeten erst möglich macht und sicherstellt. Wird diese Biodynamik, die auch die Basis und der Garant für die Fruchtbarkeit eines jeden Bodens ist, durch Sprengung der Nahrungskette zerstört, dann ist jede weitere Technisierung unseres Alltags unnütz, ja sogar widersinnig!

Die Methode der Fluoreszenzmikroskopie mit ihren modernen Verbesserungen und vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten wie Simultan-Fluoreszenz ist in der Lage, die intimen Beziehungen des Bodenlebens aufzuzeigen. Die nicht-letale „supravital" Färbung führt das Zusammenleben von Edaphon und Pflanzenwurzeln als System-Parameter „in situ" vor Augen. Mikro-biochemische Methoden helfen, die exsudierten stofflichen Signale der Partner zu entziffern.

Literatur

Di Gleria, J., Klimes-Szmik, A. & Dvoracsek, M., 1962: Bodenphysik und Bodenkolloidik. Jena: VEB Gustav Fischer Verlag. 795 S.

Döbereiner, J., 1977: N2 Fixation associated with non-leguminous plants. In: Genetic Engineering for Nitrogen Fixation. Alexander Hollaender et al. eds. N.Y.: Plenum Publ.Comp. 451–61.

Epstein, E., 1977: The role of roots in the chemical economy of live on earth. Bio-Science, 27, 12, 783–87.

Greaves, M.P. & Darbyshire, J.F., 1975: Microbial decomposition of plant roots.

Hubbard, C.E., 1976: Grasses. Harmondsworth: Penguin Books. 463 pp.

Klapp, E., 1974: Taschenbuch der Gräser. B.-H.: Verlag Paul Parey. 260 S.

Köhnlein-Vetter, 1953: Ernterückstände und Wurzelbild. ibidem.

Kononova, M.M., 1958: Die Humusstoffe des Bodens. Berlin: VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften. xi + 341 S.

Kutschera, L., 1960: Wurzelatlas. Frankfurt: DLG Verlag.

Lieth, H. & Whittacker, R.H.eds., 1975: Primary productivity of the biosphere. N.Y.: Springer Verlag.

Pauli, F.W., 1967: Soil fertility – a biodynamical approach. London: Adam Hilger LTD. xi + 202 pp.

Pauli, F.W., 1970: Ecosystem performance and soil biodynamics. Darmstadt: AIV-Institut. 15 S.

Pauli, F.W., & Deelman, J.C., 1976: Soil-plant interface in the roothair zone as a unity of opposites. Persp.biol.med., 19, 4, 493–99.

Scheffer-Ulrich, 1960: Humusdüngung. Band I. III. Teil im Lehrbuch der Agrikulturchemie und Bodenkunde. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag. vii + 266 S.

Scott-Russel, R., 1972: Wurzelsysteme und Pflanzenernährung – einige neue Gesichtspunkte.

Steward, F.C., 1969: Pflanzenleben. Eine Einführung in die Physiologie und Biochemie der Pflanzen. M.-Z.: Bibliographisches Institut. 268 S.

Abb.: Gepflegte Moränenlandschaft des Alpenvorlandes am Irschenberg/Obb.

Günter Kahnt

Ordnungsgemäße Düngung in der Landwirtschaft

Mit einer Zufuhr von Nährstoffen in rein mineralischer oder organisch gebundener Form können verschiedene Ziele angestrebt werden:

1 maximale Trockenmasse oder Proteinerträge/Flächeneinheit;
2 eine dem Verwendungszweck entsprechende optimale Qualität der Ernteprodukte;
3 die Erhaltung und/oder Steigerung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit (Fruchtbarkeit) des Bodens;
4 ein höheres Transformationsvermögen des Standortes für eingestrahlte, organisch gebundene Energie;
5 eine geringe Umweltbelastung (KAHNT, 1978).

Ordnungsgemäße Düngung bedeutet auch den Ersatz der durch Verkauf der Boden- oder Veredelungsprodukte und durch Auswaschung oder gasförmiges Entweichen dem Boden verlorengegangenen Mineralstoffe und der organischen Substanz (Humus), und sie bedeutet eine Bereitstellung von Mineralstoffen in pflanzenaufnehmbarer Form, die dem zeitlichen Bedarf, also dem Wachstumsrhythmus der Pflanzenarten angepaßt ist.

Aus den 35 chemischen Briefen LIEBIG's ist zu entnehmen, „daß die Engländer seit 1824 vierzig Millionen Zentner Knochen und damit unserem Boden eine der Hauptbedingungen für die Produktion von etwa 3000 Mio. Ztr. Korn entführt haben" (MEYER, 1857).

Tab. 1: Stickstoffbindungsvermögen/ha/Jahr verschiedener Pflanzenarten

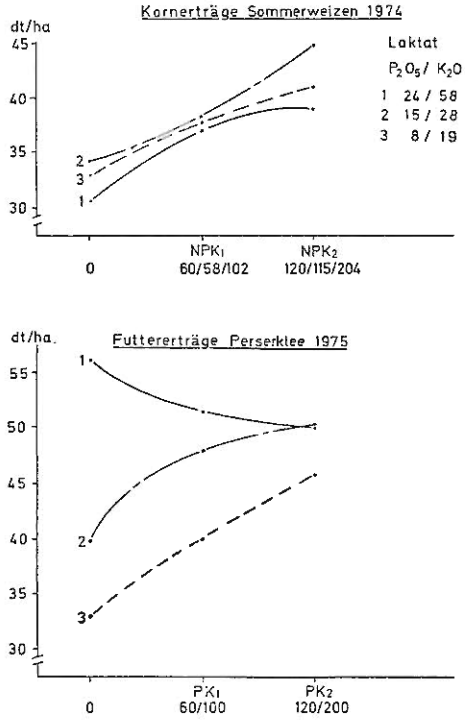
	Korn-ertrag	Stroh-/ Futterertrag	Eiweißgehalte im		N-Rückstände im Boden	Gesamt-N
	dt TM/ha		Korn	Stroh/ Futter	kg/ha	kg/ha
1. Erbse	10-30	20- 50	27	6	40- 60	105-245
2. Ackerbohne	15-60	30- 70	24	6	60- 80	150-390
3. Rotklee	-	60-120	-	15-18	80-100	230-460
4. Luzerne	-	80-150	-	15-18	100-120	300-550

Tab. 2: N-Gehaltszunahme bei Bodenruhe (n. Russel)

In den oberen 22,5 cm Bodentiefe	Jahr 1856	1873	1888	1912
% N	0,152	0,205	0,235	0,338
N-Menge kg/ha*	3420	4612	5287	7537
Zunahme kg N/ha/Jahr	-	52	75	94
Gesamte N-Zunahme in 56 Jahren				4117 kg

*Berechnung der N-Menge bei Bodendichte 1,4 = 3,575 Mio kg/ha Boden.

Abb. 1:



Tab. 3: N-Bilanz dreier Fruchtfolgen

Fruchtfolge I

Fruchtart	N-Bindung	N-Verkauf	N-Verlust		N aus Leguminosen für Nichtleguminosen
1. Klee oder Luzerne	300	200	30		-
2. Klee / Luzerne	400	200	30		-
3. Kartoffeln	-	100	-	}	300
4. Weizen	-	100	-		
5. Ackerbohnen/Lupine	300	150	30		-
6. Wintergerste	-	80	-		150
Summe	1000	830 (920)	90		450

notwendiger N-Zukauf: 0 kg/ha, da die N-Rückstände der Leguminosen und N im Mist für Kartoffel-, Weizen- und Gersten-Anbau ausreichen.
In dieser Fruchtfolge sind 50% des Flächenanteils mit Leguminosen zu bestellen.

Fruchtfolge II

1. Rotklee/Luzerne	400	200	30		-
2. Wi.Weizen	-	100	-		
3. Hafer	-	60	10	}	200
4. Kartoffeln	-	100	-		
5. Roggen	-	80	-		
6. Leguminosen/Futtergemenge/Perserklee	250	150	30		-
7. So.Gerste	-	50	10		100
Summe	600	740 (820)	80		300

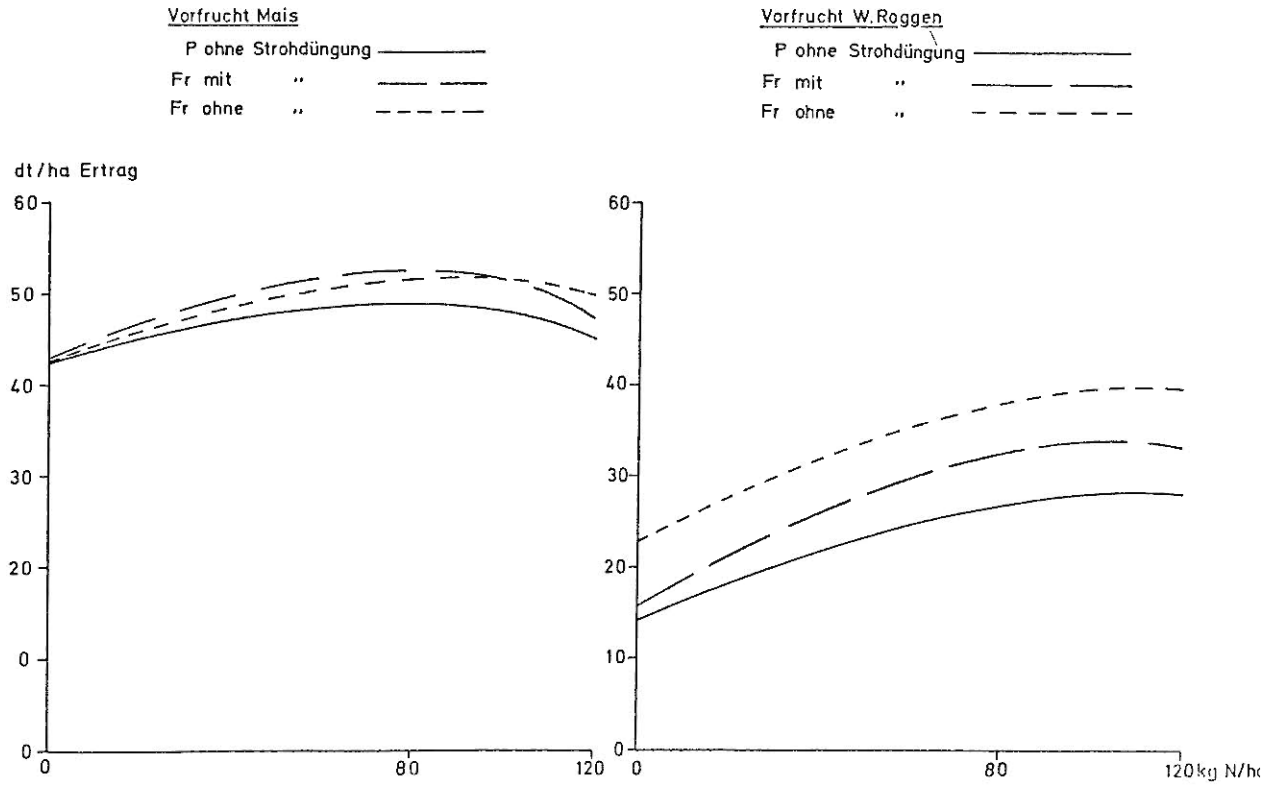
notwendiger N-Zukauf bei 70% Ausnützung des zugekauften Mineraldüngers:
314 kg/7 ha = 45 kg/ha.

Fruchtfolge III

1. Mais	-	120	30	-
2. Wi.Weizen	-	120	30	-
3. Wi.Gerste	-	120	30	-
4. Zu.Rübe (Blatt einpflügen)	-	100	20	-
5. Wi.Weizen	-	120	30	-
6. Zwischenfrucht	50			
7. Hafer	-	100	20	50
Summe	50	680 (840)	160	50

notwendiger N-Zukauf bei 70% Ausnützung = 1128 kg/6 ha = 188 kg N/ha.

Abb. 2: Weizenerträge (Vuka) in einer Mais- und Getreidefruchtfolge mit und ohne Stickstoffdüngung (Hohenheim 1976)



Die Geschichte von 2000 Jahren Ackerbau von Schottland bis Afrika zeigt uns, daß der fehlende oder nicht ausreichende Ersatz der entzogenen Bodennährstoffe im Verlauf von 2–50–100 Jahren zu einer Bodendegradation bis fast zur Ertragslosigkeit führt, die bis heute durch Futtermittelimporte in Industrieländer aus Entwicklungsländern ohne ausreichende Mineraldüngung an diesen Standorten anhält.

Wer ist „wir" bei der Frage: Düngen wir richtig?

Die Verluste eines Bodens an Mineralstoffen können bei Stickstoff über N-Bindung auf biologischem Wege und über N-Zufuhr aus chemisch-synthetischer Luftstickstoffüberführung in NO_3 oder NH_4 erfolgen. Ersteres findet am Ort des Bedarfs, also auf dem Acker, statt, letzteres erfordert neben der Syntheseenergie auch einen Transport.

Alle anderen Mineralstoffe müssen zum Boden in Form von Exkrementen oder als Mineralsalze zurücktransportiert werden, da sie nicht wie der Stickstoff in der Natur gasförmig vorhanden sind. Sowohl durch Leguminosen als auch durch freilebende N-bindende Mikroorganismen können in kurzer Zeit (Tab. 1) oder über längere Zeiträume (Tab. 2) beachtliche N-Mengen/ha akkumuliert werden.

Ein Ackerbau ohne N-Mineraldüngung erfordert jedoch, wie die Bilanzen dreier Fruchtfolgen (Tab. 3) zeigen, ca. 50% Leguminosenanteile an der Betriebsfläche. Das würde bedeuten, daß der heutige Getreideanteil von ca. 70% in der Bundesrepublik Deutschland auf ca. 30–40% reduziert werden müßte, wenn es nicht gelingt, die N-Akkumulation bei Leguminosen von ca. 300 kg N/ha auf 600 kg/ha zu erhöhen. N-Mineraldüngung ist also beim jetzigen Niveau der N-Bindung durch Leguminosen und dem Nahrungsbedarf bzw. den Verzehrsgewohnheiten der Weltbevölkerung notwendig.

Der Pflanzenertrag eines Standortes wird außer vom Mineralstoffangebot noch von anderen Wachstumsfaktoren, wie Wasser und Temperatur, bestimmt bzw. von Konkurrenten der Nutzpflanzen (Unkraut, Schädlinge) begrenzt.

Ein Überangebot an PK im Boden wirkt auf Getreidearten in der Regel nicht ertragsdepressiv, ein Zuviel an N dagegen sehr. „Überangebot" soll hier das Vorhandensein von höheren Mineralstoffmengen bedeuten, als sie zur Erzielung eines durch andere Wachstumsfaktoren begrenzten Höchstertrages im Wurzelbereich notwendig sind. Höhere PK-Gaben können dagegen bei Vorhandensein hoher Bodenvorräte dieser beiden Nährstoffe bei Leguminosen zu Ertragsdepressionen führen (Abb. 1).

Die landwirtschaftlich genützten Standorte lassen sich deshalb in 3 Gruppen einteilen:

1 Böden, deren Ertrag z.B. dem N-Angebot entspricht, gemessen am Weizenertrag. Diese Böden sind im landläufigen Sinne in Ordnung, d.h. alle Wachstumsfaktoren sind für das N-Angebot in ausreichend harmonischem Maß vorhanden.

2 Böden, deren Ertrag langjährig höher liegt als das N-(PK-) Düngungsniveau. Hier werden N-(PK-) Bodenvorräte mobilisiert, über deren Höhe und Dauer der Nachlieferung Klarheit bestehen sollte, denn ein Entzug, der größer als die Zufuhr ist, bedeutet ab einem bestimmten Erschöpfungszustand des Bodens Raubbau an diesem.

3 Böden, deren Ertrag niedriger liegt als das N-(PK-) Angebot, sind „krank", wobei die „Krankheit" chemische (Spurenelemente pH), physikalische (Strukturschäden) oder biologische Ursachen haben kann (Krankheiten, Schädlinge), und die zwei erstgenannten sowohl im Unterboden wie in der Ackerkrume zu suchen sind, letzte dagegen vorwiegend in den oberen 10–30 cm Bodentiefe.

In Abbildung 2 deuten die auf zwei nebeneinander liegenden Parzellen erhaltenen Weizenerträge auf einen der zweiten Gruppe angehörenden (Vorfrucht Mais) und einen der ersten oder dritten Gruppe zuzuordnenden Boden (Vorfrucht Roggen) hin. Der Boden wurde durch Roggen-Vorfrucht und Stroh + Pflug zu Weizen krank

gemacht, während mit Fräsbearbeitung ohne Stroh durch ca. 100 kg N die zu erwartenden 40 dt Weizenertrag erreicht wurden. Der Boden kann also in diesem Falle nicht als krank bezeichnet werden.

Die Wirkung sowohl der organischen wie der Mineraldüngung auf die Höhe eines Ertrages wird also außer von Klima und Witterung vor allem von den verschiedenen Anbaumaßnahmen (Bodenbearbeitung, Fruchtfolge) mitbestimmt. Mehr noch als bei Mineraldüngung bestimmen bei der Festmistdüngung Bodenbearbeitung (und Witterung) die Ertragswirksamkeit des N-Anteils in diesem Düngemittel. Je intensiver die Bodendurchlüftung ist, umso intensiver ist die Düngewirkung eines Mistes (Tab. 4). Festmist zu Wintergetreide ohne intensive Frühjahrs-Bodenlockerung (Hacke) vermindert das ertragswirksame Nährstoffangebot, der Stickstoff verbleibt in organisch gebundener Form im Düngemittel im Boden.

Tab. 4: Relative Ausnutzung von Stallmist- und mineralischem Stickstoff (aus Rauhe: Ackerbau)

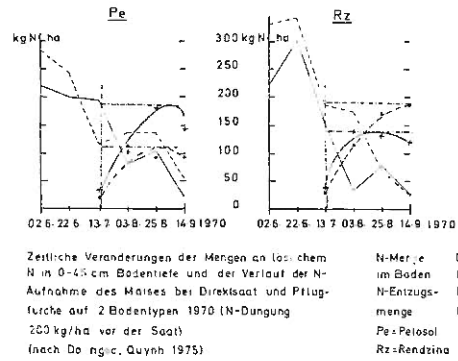
	Mineral-N	*Stallmist-N*
Kartoffeln und Steckrüben	*100*	*80 - 100*
Futterrüben	*100*	*40 - 50*
Sommergetreide	*100*	*35 - 40*
Wintergetreide	*100*	*20 - 35*

Hackfrüchte (wenn diese noch gehackt werden) zeigen eine wesentlich bessere N-Ausnutzung. Eine zu frühe N-Mineraldüngergabe kann dagegen aus der Hauptwurzelzone in einen den Pflanzenwurzeln nicht mehr zugänglichen Bodenhorizont verlagert werden (Abb. 3). Hier ist ein dem Aufnahmeverlauf der Pflanzen angepaßtes Angebot (Düngungszeitpunkt), abhängig von Bodenart und Niederschlag, wichtiger als bei organischer Düngung, wo durch Bodenbearbeitung der Abbau noch während des Pflanzenwachstums geregelt werden kann, jedoch eben nur bei entsprechenden Fruchtarten, die dann noch gehackt werden können. Mineraldünger kann zu Getreide deshalb bedarfsgerechter gegeben werden als Festmist; dieser wäre hier durch Flüssigmist (mit allen Problemen) zu ersetzen, vorausgesetzt, der Anteil an löslichem N liegt nicht, wie bei falscher Aufbereitung, bei 10–20, sondern bei 60–80% des Gesamt-N-Gehaltes.

Die einzelnen Anbaumaßnahmen sind für einen verlustarmen Umsatz von Düngergaben in Pflanzenmasse aufeinander abzustimmen. Dies muß standort- und fruchtfolgegerecht erfolgen. Nähere Ausführungen hierzu sind in Vorbereitung, sie verbieten sich wegen der Komplexität und des daraus resultierenden Umfanges an dieser Stelle.

Die Gesamtbilanz der Nährstoffausfuhr und -einfuhr in einem landwirtschaftlichen Betrieb sollte jedoch ausgewogen sein, wenn nicht ein sehr hoher natürlicher Bodenvorrat die vorübergehende Nutzung von Reserven im Boden erlaubt. Anhand von 4 Betriebs-Bilanzen mit 0, 1, 2 und 10 GVE/ha soll jedoch versucht werden, aufzuzeigen, in welchem Umfang diese Betriebe Nährstoffe in mineralischer Form zukaufen müssen oder aber in organischer Form zukaufen, sogar über den Bedarf des Entzugs hinaus. Betriebe mit sehr hoher Viehhaltung können also über die Veredelung ihr Mineraldüngerkonto erheblich entlasten oder sogar noch durch Mistverkauf Nebeneinnahmen erzielen.

Abb. 3:



Zeitliche Veränderungen der Mengen an löslichem N in 0–45 cm Bodentiefe und der Verlauf der N-Aufnahme des Maises bei Direktsaat und Pflugfurche auf 2 Bodentypen 1970 (N-Düngung 200 kg/ha vor der Saat) (nach Do Ngoc Quynh 1975)

N-Menge im Boden — DS, -- P
N-Entzugsmenge ↔ DS, ↔ P
Pe = Pelosol
Rz = Rendzina

Ziel der Düngung ist die Ausschöpfung des ökologischen (Boden + Klima) und des genetischen Ertragspotentials, und zwar

ohne Belastung der Umwelt,

ohne Qualitätsminderung, und

ohne Beeinträchtigung der nachhaltigen Ertragsfähigkeit des Bodens unter Berücksichtigung ökonomischer und Welternährungs-Gesichtspunkte.

Eine Aufgabe, die das Zusammenwirken aller wissenschaftlichen Erkenntnisse und praktische Erfahrungen erfordert.

Literatur

Do Ngoc, Qu., 1975: Diss. Hohenheim.

Kahnt, G., 1977: Ackerbau ohne Pflug. Ulmer-Verlag Stuttgart.

Kahnt, G., 1978: Erosion bei Extensivierung oder Intensivierung der Bodennutzung. Daten und Dokumente zum Umweltschutz Nr. 22 der Universität Hohenheim.

Meyer, J.H., 1857: Der rationelle Pflanzenbau. Verlag Enke, Erlangen, 3. Teil, S. 212.

Rübesam, E. und Rauhe, K., 1964: Ackerbau. VEB Dtsch. Landw. Verlag.

Russel, E.J., 1914: Boden und Pflanze. Verlag Theod. Steinkopff, Dresden und Leipzig.

Tab. 5: NPK-Nährstoffbilanzen von 4 Betrieben mit unterschiedlichem Viehbesatz

Betrieb	*Verkauf* kg/ha			*Zufuhr* (über Leguminosen (N) oder Futtermittelzukauf (NPK)) kg/ha			*Bedarf* (notwendiger Zukauf (-) als Mineraldünger oder Überschuß (+) = Erhöhung des Nährstoffvorrates im Boden oder möglicher Verkauf) kg/ha		
	N	P_2O_5	K_2O	*N*	P_2O_5	K_2O	*N*	P_2O_5	K_2O
I (0 GVE)	*86,7*	*40,7*	*72,5*	*7,0*	*-*	*-*	*- 79,7*	*- 40,8*	*- 72,5*
II (1 GVE)	*67,1*	*30,3*	*29,1*	*57,8*	*5,7*	*5,4*	*- 9,3*	*- 24,6*	*- 23,7*
III (2 GVE)	*39,4*	*14,5*	*13,5*	*101,5*	*50,4*	*34,4*	*+ 62,1*	*+ 35,9*	*+ 20,9*
IV (10 GVE)	*178,5*	*34,3*	*70,4*	*448,3*	*347,5*	*144,7*	*+ 269,8*	*+ 313,2*	*+ 74,3*

Otto Buess

Die Gesundheit von Boden und Pflanze aus der Sicht des alternativen Landbaues

Wenn wir an das Thema „Die Gesundheit von Boden und Pflanze" gehen, steht sofort die Frage vor uns: Was ist Gesundheit? Weil die Antwort schwer fällt, soll das Lexikon helfen. Aber die Hilfe von dort ist schwach: Gesundheit sei ein fiktiver Begriff, heißt es da, bilde einfach einen Gegensatz zu Krankheit.

Tatsächlich ist es schon so: Alles Lebendige trägt nach dem Werden bereits das Vergehen in sich. So gesehen ist die Gesundheit sicher nie etwas Absolutes, auch nie von Dauer.

Trotzdem streben wir natürliche Gesundheit stetig an. Die Gesundheit, so sagt man, sei unser wertvollstes Gut. Ein Sprichwort lautet:

Gesundheit ist nicht alles, aber ohne Gesundheit ist alles nichts.

Das gilt nicht nur für uns, sondern auch für Böden und Pflanzen. Dabei wollen wir uns bewußt sein, daß Boden und Pflanze eine Einheit darstellen. Die Grenzen im Wurzelbereich sind fließend. Dieses Zusammenhängen hat Hannes AN DER LAN in seinem Aufsatz „Umwelt und lebende Zelle" (1) sehr eindrücklich dargestellt. Er schreibt vom biologischen Stoffkreislauf, daß dieser wie ein unsichtbares Band das ganze lebendige System durchziehe. Den Anfang finden wir bei kleinsten Organismen, die anorganische Stoffe in organische umwandeln. Damit ist die Basis für alles Pflanzen- und Tierleben gelegt. Ein Organismus gibt sich dem andern weiter, es bestehen Nahrungsketten mit zahllosen Gliedern.

> In der lebenden Natur
> geschieht nichts,
> was nicht in einer
> Verbindung mit dem
> Ganzen steht.

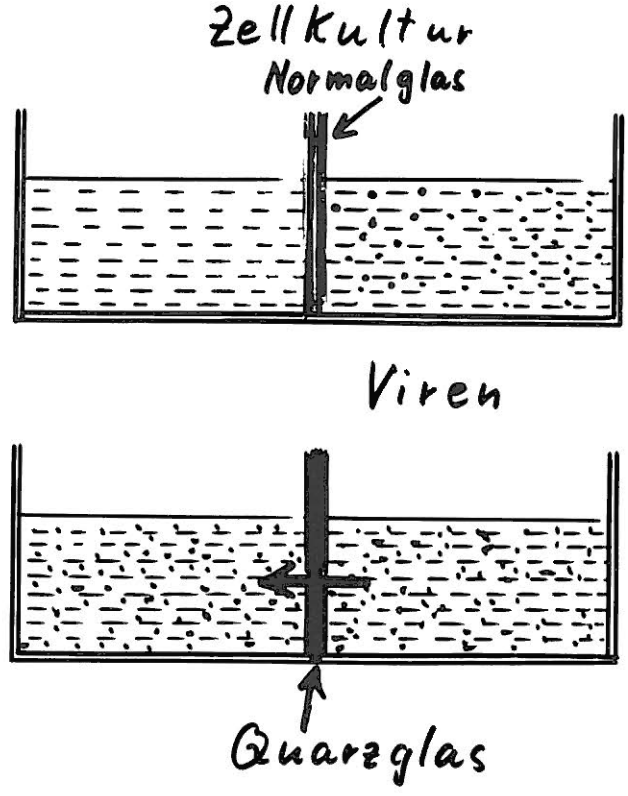
Er wußte, daß die Ökosysteme sich erdgeschichtlich als eine Ganzheit herausgebildet haben und daß sie sich immer wieder aufeinander abstimmen.

Heute wird viel über Ökologie geschrieben; aber trotz des vielen Wissens springt man mit der Natur noch so um, wie wenn sie aus lauter isolierten Einzelgliedern bestünde, wie wenn ein schädlicher Eingriff nur punktuell wirken könnte, wo er doch Verbindung mit dem Ganzen hat.

Dennoch darf man sich heute daran freuen, daß jene Zeiten vorbei sind, wo sich die Naturwissenschaften in nur analytischen Arbeiten erschöpften. Der große Aufbruch zur Umweltforschung hat begonnen.

Es steht nach AN DER LAN (1) außer Zweifel, daß sogar jede Einzelzelle dem Einfluß ihrer Umwelt ausgesetzt ist. Die Einflüsse gehen sogar über das Stoffliche hinaus in den Bereich der Strahlung hinein.

Biophysiker machten folgendes Experiment: Sie hielten in einem Glasgefäß zwei Zellkulturen. Eine Glaswand trennte die beiden. Sie infizierten die eine Kultur mit Viren. Die Nachbarkultur blieb gesund. Nun wurde die Trennwand, aus gewöhnlichem Glas bestehend, durch Quarzglas ersetzt. Und jetzt erkrankte die gesunde Kultur nebenan. Also hatten die kranken Zellen durch Ultraviolettstrahlen den gesunden Zellen eine krankmachende Information übermittelt (Bild der Wissenschaft, 1976, H.1, S. 58).



So fein spielt das Übermittlungswesen, resp. die Umweltbeeinflussung im Zellverband. Wir aber probieren immer noch recht bedenkenlos mit Zellgiften, oft sogar in rauhen Mengen. Dabei weiß man, daß es möglich ist, schon mit einzelnen Molekülen oder Atomen die Harmonie der Abläufe in einer Zelle zu stören und damit den Grundstein für kranke Prozesse auszulösen. Auch das ist keine neue Weisheit. 1770 erschien in Paris das Werk „Système de la Nature". Der Name des Autors ist unbekannt. Wir finden von ihm folgende Aussage:

1770 Paris
»Système de la nature«:

„Es braucht nur einen kleinen Zufall, ein Atom am falschen Platz, um dich zu verderben, um dich zu erniedrigen, um dir deinen Verstand zu nehmen, auf den du stolz bist."

Dieser Unbekannte ist heute nach 200 Jahren in vollem Umfang bestätigt.

Nach diesen Hinweisen dürfte klar sein, daß der Gesundheit von Böden und Pflanzen eine zentrale Stellung zukommen muß.

Gesundheit des Bodens

Was heißt nun das? Wann ist ein Boden gesund, wann, Boden bist du krank? Ich meine, auch beim Boden gibt es keine absolute Gesundheit. Aber das System behebt Mängel in Kürze wieder aus eigener Kraft.

Gesunder Boden kann nur da gesund bleiben oder wieder gesund werden, wo wir sein natürliches reiches Ökosystem erhalten und mehren. Nur bruchstückhaft möchte ich Ihnen einzelne Glieder des Systems vor Augen führen.

Die Bakterien

Man neigt dazu, sie als primitiv zu taxieren. Aber diese Einzeller vollbringen Leistungen, die wahrhaftig einmalig sind. Sie stellen das erste Glied der Nahrungskette dar. Sie sind wohl die einzigen Erdbewohner, die tatsächlich aus Steinen „Brot" machen können. Es gibt wunderschöne elektronenmikroskopische Aufnahmen, die zeigen, wie Bakterien Löcher in Mineralien „fressen", sich also anorganische Nährstoffe aneignen und diese in organische Körpersubstanz einbauen. Das Bakterienleben dauert wohl kaum eine halbe Stunde. Ein kurzes Leben, werden wir sagen. Aber in diesen dreißig Minuten haben sich große Dinge abgespielt: komplizierte Stoffe wurden umgebaut, ein Verdauungs- und Enzymsystem war in Funktion, der Nachwuchs wurde sichergestellt und außerdem die Umwelt beeinflußt.

Der Stoffumsatz steht proportional zur Oberfläche, nicht zum Inhalt. (Rubner)

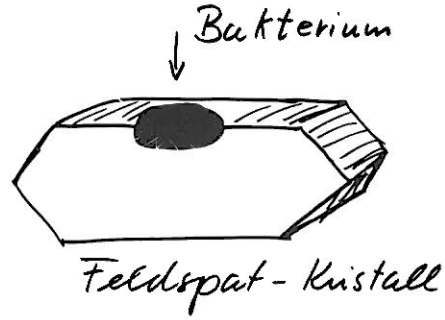
Bakterien haben darum sehr aktiven Stoffwechsel

Sauerstoffaufnahme in cm^3 pro Gramm Trockensubstanz u. Stunde:

Azotobakter	28°C	2000
Bäckerhefe	30°C	110
Niere	37°C	10-20
Blätter	20°C	0,5-4

Nun denken Sie sich diese kleinste Einzelheit in millionen-, ja sogar milliardenfacher Ausführung pro Gramm Bodens – und schon reicht unser Vorstellungsvermögen bei weitem nicht mehr aus. Das milliardenfache Vergehen der Bakterien setzt ungelöste Nährstoffe in lösliche pflanzenverfügbare Formen um. Das riesige Heer der Abbauer und Umwandler erhält allein unsere Erde funktionsfähig. PATURI (2) hat ausgerechnet, wie groß die gesamte Assimilationsleistung zu Land und Wasser im Laufe eines Jahres ist. Es gäbe dies einen Güterzug, der vierzigmal das gesamte Schienennetz der Erde brauchte.

Bakterien machen „aus Steinen Brot"



Bakterien lösen Mineralien auf, d.h. sie bauen aus Mineral-Substanz Körpersubstanz

Was in solchen Mengen pro Jahr aufgebaut wurde, muß auch wieder zerlegt werden. Unsere kleinsten Helfer sind maßgeblich an dieser Demontage beteiligt.

Vergessen wir vor allem die Stickstoffbakterien nicht, die, mit Klee vergesellschaftet, den Stickstoff der Luft gratis binden, zum Ärger der Düngerindustrie.

Der Alternativlandwirt träumt davon, daß ihm Bakteriologen mit der Zeit luftstickstoffsammelnde Bakterienstämme zur Verfügung stellen, die mit Getreide und Hackfrüchten eine Symbiose eingehen.

Besondere Bedeutung kommt im Blick auf die Bakterien der wurzelnahen Zone zu. In dieser sogenannten Rhizosphäre leben sie unglaublich stark massiert. Sie leben hier von Wurzelausscheidungen.

Wurzeln wie Bakterien atmen. Die dadurch entstehende Kohlensäure erhöht die lösende Kraft des Wassers auf Mineralien beträchtlich. Daraus folgert der Alternativland-

Der Auf- u. Abbau in der Natur

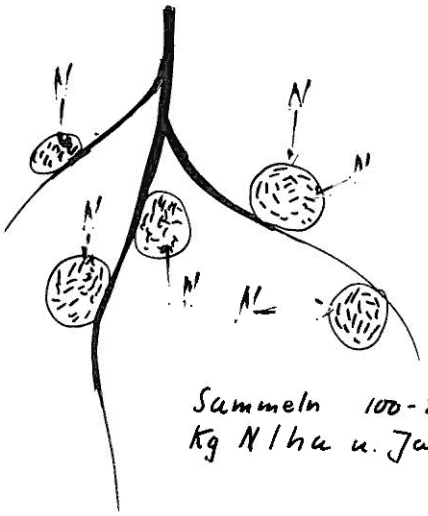
Entstehung von 1 kg Traubenzucker durch Assimilation bedeutet:

aus 2250 m^3 Luft wurden
750 l CO_2 entnommen,
750 l O_2 abgegeben,
0,6 l H_2O zerlegt
4,4 kWh Energie verbraucht

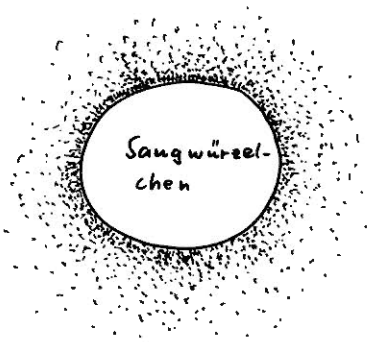
Alle Land- u. Meerespflanzen pro Jahr: 100 Mia t Zucker
40 x Schienennetz der Erde
130 x Zug Erde – Mond

(nach Paturi)

Knöllchenbakterien der Kleearten



Düngen heisst: Boden beleben



Je g Boden
bis
200 Mia Bakterien

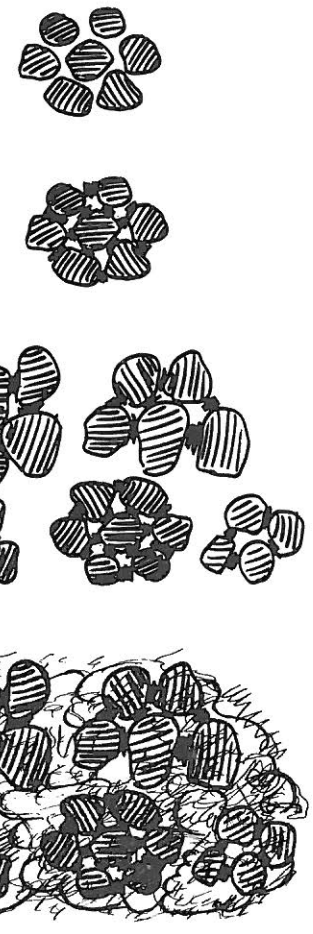
Je mehr Wurzeln im Boden, um so mehr Leben in ihm.

wirt: je mehr Wurzelmasse, um so mehr Mikroben, um so mehr Kohlensäure, um so mehr Nährstoffe aus dem Bodenvorrat. Je mehr CO_2 dem Boden entströmt, um so höher ist die Assimilationsleistung. Je zahlreicher die Bodenmikroben, um so stabiler werden die Krümel, um so dauerhafter die Gase (SEKERA (3)).

Neben den Bakterien existieren natürlich noch unzählige weitere Glieder an Bodenbewohnern.

Bakterienmengen im Boden und in Wurzelnähe (je g Boden)
(nach Krassilnikow 1952)

Boden I	ausserhalb Wurzeln	Wurzelnähe
Weizen	2,5 Mill.	1,7 Mia
Klee	1,2 "	2,5 "
Boden II		
Weizen	14 Mill.	2,1 Mia
Luzerne	13,8 "	3,7 "



Da wären die Aktinomyceten zu erwähnen. Es sind Riesenbakterien, die pilzfadenähnliche „Zweige" bilden. Von ihnen stammt der berühmte Erdgeruch. Sie werden sogar mit harten Substanzen fertig, z.B. mit Zellulose und Chitin.

Actinomyceten

Bakterien, bilden verzweigte querwandlose pilzartige Fäden.

scheiden oft Antibiotikas aus

Von Streptomyceten stammt Erdgeruch

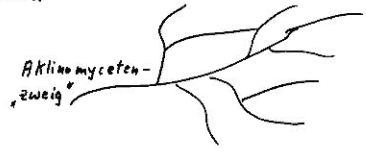
Treten erst nach dem Abbau der leicht zersetzbaren Stoffe auf.

greifen Cellulose u. Chitin an.

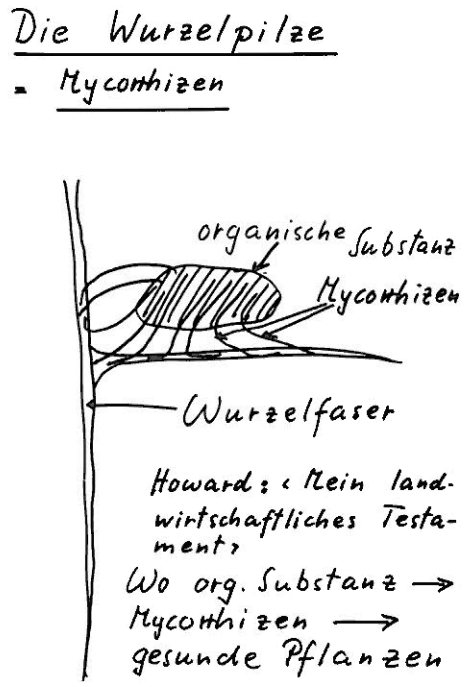
massgeblich an Humusbildung beteiligt

empfindlicher auf saures pH als übrige Bakterien.

mehr in trockenen als in feuchten Böden.



Ganz besonders erwähnenswert sind die Wurzelpilze oder Mykorrhizen. Einer der Väter der Alternativlandwirtschaft, der Engländer Sir Albert HOWARD, war wohl einer der ersten, der die Bedeutung der Mykorrhiza für die Gesundheit der Pflanzen erkannt hat. Seine Erkenntnisse finden Sie im Klassiker „Mein landwirtschaftliches Testament" (4) niedergelegt. Seine Fragestellung war zu seiner Zeit ganz neu. Er fragte die Pflanze: warum bist du krank geworden. Er suchte die Gründe der Krankheit und erst in zweiter Linie das Heilmittel. In seinen Forschungen kristallisierte sich folgendes heraus:



Humus ist für die Gesundheit der Kulturpflanzen der wesentliche Stoff. Wo genügend gesunder Humus vorkommt, da lebt eine reiche Mykorrhizenflora. Diese Pilzfäden, vorwiegend aus Eiweiß bestehend, bilden eine lebendige Brücke vom Humus in die Wurzelfaser hinein. Wo Mykorrhizen existieren, stellt sich automatisch größere Resistenz ein. Howard wörtlich: „Es scheint, daß die Natur uns in der Mykorrhiza einen Mechanismus gegeben hat, der weit wichtiger und allgemein verbreiteter als die Wurzelknöllchen der Kleearten ist. Ich habe gerade bestätigende Ergebnisse erhalten, die zeigen, wie weitgehend Humus dem Apfelbaum hilft, sich von Krankheiten zu befreien. Im Jahre 1935 begann ich, durch Humuszufuhr meinen eigenen Garten wieder herzustellen, dessen Boden vollständig ausgemergelt war. Die Apfelbäume waren buchstäblich von Mehltau, grünen Blattläusen und fruchtzerstörenden Raupen, wie der Apfelmotte, überdeckt. Die Qualität der Frucht war schlecht. Zur Bekämpfung dieser Schädlinge wurde nichts weiter unternommen, als eine allmähliche Erhöhung des Humusgehaltes der Böden. In drei Jahren verschwanden die Schmarotzer, die Bäume waren wie umgewandelt. Das Laub und das neue Holz lassen jetzt nichts zu wünschen übrig. Die Qualität der Früchte ist ausgezeichnet."

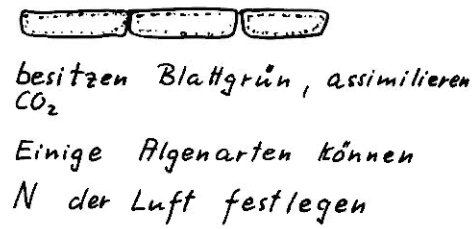
Die Humusanreicherung wurde bei HOWARD (4) mittels Kompost erreicht. Über glänzende Erfolge mit Obst und Gemüse berichtet Alwin SEIFERT in dem lesenswerten Buch „Gärtnern, Ackern – ohne Gift" (5). Auch er erreichte Gesundheit und weitgehendes Fehlen von Schädlingen mittels Kompost.

Aus unserem eigenen Betrieb kann ich folgendes melden: Wir düngen in der Obstanlage seit sechs Jahren nur mit Kompost. Der Humusspiegel ist angestiegen. Der Apfelmehltau ist bis heute weggeblieben, sogar die anfälligste Sorte, der Jonathan, blieb frei. Darüber hat schon mancher Besucher gestaunt. Allerdings spritzen wir gegen Schorf Bio-S. Das mag teilweise auch gegen Mehltau wirken.

Wenden wir uns nach den Pilzen weiteren Bodenbewohnern zu. Da wären

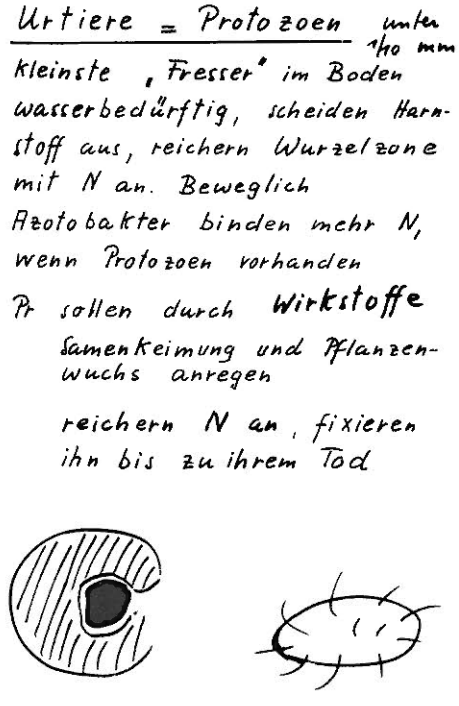
die Algen

zu erwähnen. Dank ihres Blattgrüns assimilieren sie wie höhere Pflanzen. Einzelne vermögen beträchtliche Stickstoffmengen zu sammeln.

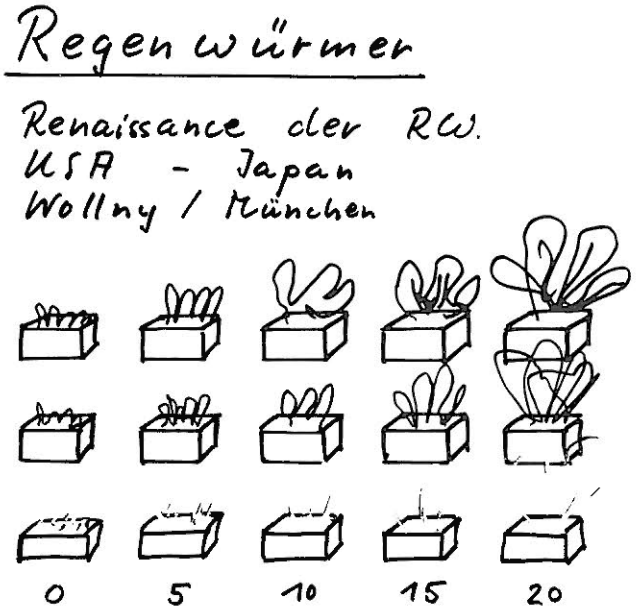


Urtiere

oder Protozoen stellen wandelbare Eiweißklümpchen dar. Neben Zersetzerarbeit bewirken sie noch andere Dinge. Sie sollen Samenkeimung wie auch Wachstum von Pflanzen und Bakterien anregen. Wichtig ist sicher, daß sie in ihrem Körper Stickstoff festlegen. WAKSMANN hat 1930 nachgewiesen, daß freilebende Stickstoffbakterien mehr N binden, wenn Protozoen anwesend sind. Vom

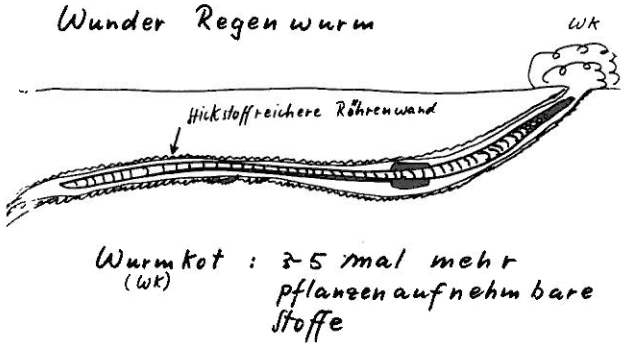


müßte man ausführlich und lange referieren. Er verdiente diese Ehre. Zwar kommt er in den letzten Jahren wieder zu seinem Recht. Nach den Zeiten Prof. WOLLNYS war er lange Zeit fast vergessen. Das müssen noch Zeiten großer Regenwurmbegeisterung gewesen sein, als der streitbare Professor in München seine Batterien aus Holzkisten aufgestellt hatte. Die Kisten enthielten 0, 5, 10, 15 oder 20 Würmer. Sie wurden mit verschiedenen Pflanzensamen besät und brachten in Aussehen und Ertrag schlagende Beweise, daß Wurmreichtum gesunde Pflanzen und größeren Ertrag bringt.



Neben der Bodendränage, die der Regenwurm kostenlos vollzieht, ist er vor allem wegen des wertvollen Wurmkotes ein Bodenwunder. Wenn man in Büchern auf Angaben stößt, stellen sich oft Zweifel über deren Wahrheitsgehalt ein. Wie vieles wird doch abgeschrieben. Aber wenn der erste falsch abgeschrieben hat, folgt dann eben oft eine ganze Kette von Falschmeldungen. Darum prüften wir die Wurmkotgeschichte nach. Und siehe, die Sache stimmte! Wurmkot hat 2-3fach höhere Gehalte an pflanzenaufnehmbarem Kali und Phosphor als die Vergleichserde.

Welches ist der optimale Regenwurmbesatz? Stimmen die Zählungen? Allgemein gilt, daß im Wald- und Grünlandboden die Individuen- wie Artenzahl am größten und im Ackerland am kleinsten ist. Man kann im großen Mittel in gutem Grünland mit 3 Mio. Individuen je ha rechnen, was einem Gewicht von ca 2000 kg entspricht (6). Im Acker dürften es ca. 1. Mio. Stück sein mit 500 kg Gewicht. Exakte Feldversuche sind mir unbekannt, die angeben, wie sich die Besatzdichte auf die Erträge auswirkt.



Immerhin sind viele positive Beobachtungen über die Regenwurmtätigkeit bekannt. Daraus darf geschlossen werden, daß sie eindeutig positiv auf die Bodengesundheit wirkt. Der alternative Landwirt trachtet danach, die Regenwürmer, wo irgend möglich, zu schonen. Was heißt das für die Praxis?

- Rotierende und schneidende Bodenbearbeitungsgeräte sind nie oder nur im Notfall zu gebrauchen.
- Das Pflügen stark feuchter Äcker im Frühjahr und im Herbst, wenn die Würmer maximal oberflächennah arbeiten, sollte selten vorkommen.
- Das Düngen mit stark ammoniakhaltiger Gülle auf stark nasse Böden soll vermieden werden.
- Starke Bodenaustrocknung schadet dem Regenwurm. Humusmehrung, Bodendeckung, stetes Pflanzendach, all das wirkt positiv.

Was die Pflanzendecken anbelangt, praktizieren wir nun am Ebenrain schon das 6. Jahr folgendes Verfahren:

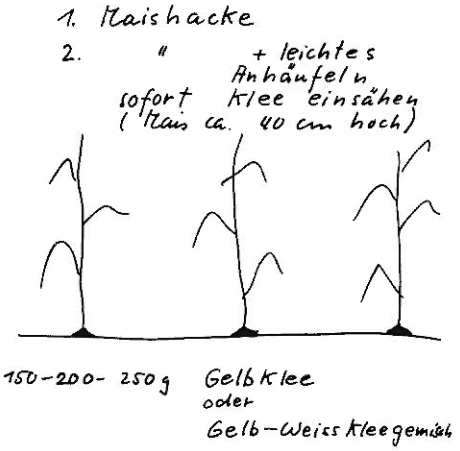
- alles Getreide wird im Frühjahr mit Gelb- oder Weißklee eingesät. Dies geschieht nach dem Durchgang des Striegels oder der Hacke. Die Getreidemonokultur ist damit zur Mischkultur geworden. Das Getreide beschattet so gut, daß der Klee kurz bleibt. Unsere schweren Böden sind dank dieses Systems bereits garer geworden.

Die Getreideerträge waren in den letzten Jahren erstaunlich stabil. Dabei litten 1976 alle Äcker unter einer schlimmen Trockenheit, 1977 waren Frühjahr und Vorsommer zu naß. In beiden Jahren waren die Dreschergebnisse vieler Landwirte in unserer Umgebung enttäuschend. Wir aber erreichten folgende Erträge in Kilogramm je Art:

	1972	73	74	75	76	77
Winterweizen	+	o	o	o	o	o
	42,1	57,4	58,4	51,4	50,8	50,8
Wintergerste	46,2	51,0	57,6	55,3	49,9	47,3

+ Sorte Probus ° Sorte Zenith

Wir können aber nicht sagen, welche bestimmten Faktoren zu diesem guten Ergebnis geführt haben. Sicher sind es verschiedene. Einer davon wird sein, daß der Humusspiegel leicht angestiegen ist, ein weiterer, daß unser Getreide mit der Kleeuntersaat keine Monokultur mehr darstellt. In sechs Jahren haben wir nur einmal in höchster Not ein Herbizid angewendet, als wegen übergroßer Frühjahrsnässe keine mechanische Unkrautbekämpfung möglich war.



Übrigens praktizieren wir die Kleeuntersaat auch beim Mais. Nach der zweiten Maishacke bei ca 30 cm hohen Maispflanzen säen wir ein. Es bildet sich eine schöne lebende Bodendecke. Unter ihr bleibt der Boden auch bei Trockenheit feucht. Sicher ist er damit bis an die Oberfläche belebt. Ein großer Vorteil dieser Bodendecke zeigt sich bei der Ernte in einem nassen Herbst. Liegt ein solcher Acker an einem Hang, so wird der deckenlose Boden von den schweren Traktoren, Häckslern, Wagen, Mähdreschern in eine Wüste verwandelt. Die gute Struktur wird total zerstört. Anders bei gedecktem Boden. Die Decke trägt, und der Acker bleibt heil, zum großen Nutzen für die Nachkultur.

Ein so bedeckter Boden wird auch nie Abschwemmschäden erleiden, wie das sonst bei heftigen Sommergewittern in Hanglagen ab und zu vorkommt.

Das feine und überaus vielgliedrige Ökosystem des Bodens wird auch durch falsches Düngen strapaziert. Sowohl Mangel wie Überfluß eines Nährstoffes kann die Anfälligkeit der Pflanzen für Krankheiten erhöhen. SCHARPF (7) hat anhand eines großen Literaturmaterials dargelegt, wie vor allem organische Dünger Boden- und Pflanzengesundheit positiv beeinflussen. Allerdings ist es schwierig, genaue Rezepte für die Praxis herauszugeben.

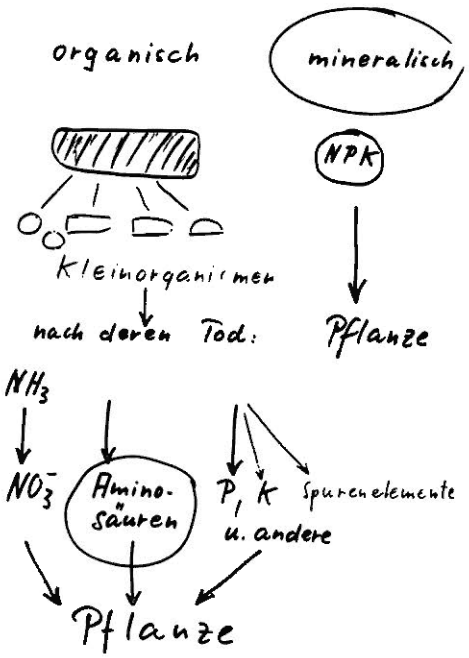
Im Freiland wirken derart viele Faktoren im Boden und um die Pflanzen, daß es unmöglich wird, diese allseitigen Einwirkungen auseinanderzuhalten, wie das die exakte Versuchsauswertung erfordert. Für die Praxis ist aber schon wertvoll, wenn klare Tendenzen sichtbar werden.

Man darf diesbezüglich als gesichert ansehen, daß gesteigertes Bodenleben zu höherer Abwehrkraft gegen eine Vielzahl von Schädlingen führt. Jede organische Düngung führt zu starker Organismenvermehrung. Also darf man folgern, daß organische Düngung mehr als nur bloße Nährstoffzufuhr ist. Auch diese Weisheit ist alt. Der Satz „Mist ist des Bauern List" steht schon in den ältesten Büchern über Düngerlehre. Selbstverständlich muß man auch die Gründüngung aus dieser Sicht besonders würdigen. Von ihr ist vielfach bezeugt, daß sie die Bodenaktivität fördert und die Bodengesundheit hebt. Nun möchte man natürlich auch wissen, warum organische Dünger derart positiv wirken. Mit radioaktiver Markierung ist der Nachweis gelungen, daß Pflanzen Zersetzungsprodukte von Humus aufnehmen. Es sind dies Aminosäuren, Zuckerabkömmlinge, organische Säuren und Abbauprodukte des Lignins. Das Aufnehmen dieser Stoffe in Form großer Moleküle bewirkt in den Pflanzen einen verstärkten Energiestoffwechsel, was vor allem in einer erhöhten Atmung zum Ausdruck kommt. Seit den Fünfzigerjahren ist nachgewiesen, daß auch antibiotische Stoffe durch die Wurzeln aufgenommen und in die oberirdischen Organe transportiert werden. Wo reiches Bodenleben vorhanden ist, die Streptomyceten sind hier Hauptproduzenten, entstehen antibiotische Stoffe in wirksamen Mengen.

Der alternativ wirtschaftende Landwirt verabfolgt die Dünger in schwer löslichen Formen. Die Dünger müssen durch die Bodenorganismen in pflanzenaufnehmbare Formen umgewandelt werden. Hier liegt der grundlegende Unterschied zwischen konventionellem und sog. biologischem Düngen.

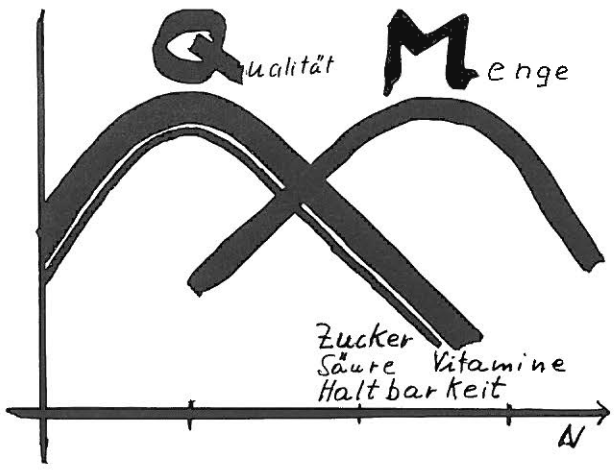
Wenn wir das Bodenleben zwischen Dünger und Pflanze schalten, so stehen beim biologischen Düngen der Pflanze nicht nur einfache Nährionen zur Verfügung, sondern auch Aminosäuren. Sie stammen aus dem Eiweiß abgestorbener Mikroben. Anders verhält es sich bei der Düngung mit leichtlöslichen Mineraldüngern. Hier finden wir nur einfachste Nährionen. Die Aufnahme derselben ist „kurzgeschlossen".

Neben der Art der Dünger spielt selbstverständlich das Quantum derselben für die Produktequalität eine ausschlaggebende Rolle. Diesbezüglich liegen viele Untersuchungen vor, die das belegen. Ich greife nur wenige heraus, die den Stickstoff betreffen.



Erhöhte N-Gehalte fördern Schäden durch Nematoden, rote Spinnen, Thrips, Läuse, Schorf, Mehltau an Getreide. Neben Resistenzminderung durch unsachgemäßes Düngen tritt eine weitere ernstzunehmende Erscheinung auf: Die stoffliche Zusammensetzung der Pflanze wird anders. Es ist das unsterbliche Verdienst von Prof. W. SCHUPHAN, daß er durch hunderte von Analysen nachwies, wie man die Zusammensetzung einer Pflanze durch Düngung verändern kann. Das klassische Beispiel stellt der Spinat dar. Diese Pflanze lohnt übertriebene Stickstoffgaben durch hohen Mehrertrag, allein ihr Gesundheitswert hat sich ins Gegenteil verkehrt. STOLL (8) hat viele Apfelsorten nach Inhaltsstoffen und Lagerfähigkeit untersucht. Die Ergebnisse sind eindeutig: Das Optimum an Lagerfähigkeit und innerer Qualität wird nur erreicht, wenn die Düngermengen, vor allem an N, maßvoll sind.

Für Boden- und Pflanzengesundheit spielt selbstverständlich die Fruchtfolge eine dominierende Rolle. Ideal wäre, wenn man alle landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in bunter Mischung nebeneinander wachsen lassen könnte. Dadurch käme man den guten ökologischen Bedingungen einer Naturwiese oder des Mischwaldes recht nahe. Aus anbautechnischen Gründen ist das ausgeschlossen. Statt nebeneinander lassen wir die Kulturen aufeinander folgen. Dadurch werden die sicher bekannten guten Wirkungen erzielt:



- Die Anreicherung von Schädlingen ist unmöglich;
- der Boden wird an Nährstoffen nicht einseitig ausgenutzt;
- die Verunkrautung wird hintangehalten;
- Tiefwurzler schließen den Boden auch unter der gepflügten Schicht auf und beleben dadurch den Untergrund.

Im Zuge der sogenannten Rationalisierung von Landwirtschaftsbetrieben hat man vielerorts die Fruchtfolge extrem vereinfacht. Wir praktizieren das Gegenteil, die Vielfalt:

1. Jahr:	Kartoffeln
2. Jahr:	Winterweizen *)
3. Jahr:	Rüben
4. Jahr:	Winterweizen *)
5. Jahr:	Silomais *)
6. Jahr:	Ackerbohnen/Hafer *)
7. Jahr:	Winterweizen *)
8. Jahr:	Wintergerste *)
9. Jahr:	Kleegras
10. Jahr:	Kleegras

*) mit Gelbklee-Weißklee-Einsaat

Man sieht, daß mit Ausnahme von Kartoffeln und Rüben alle Schläge Mischkulturen tragen und dadurch die Pflanzenkrankheiten zurückgedämmt werden.

Wer ist nun eigentlich modern? Sind es die extremen Vereinfacher oder gehört das wahre Modernsein der Vielfalt?

Wie gesunde Böden zu gesunden Pflanzen und dieselben zu gesunden Tieren führen, das hat Prof. GOTTSCHEWSKI (9) treffend nachgewiesen. Meines Wissens gibt es keine überzeugendere Rechtfertigung für alternativen Land- und Gartenbau als seine Tierversuche. GOTTSCHEWSKI wußte, wie schwierig es ist, wenn man die Wirkung einzelner Schadstoffe in der Nahrung nachweisen will. Es wirken ja immer ganze Faktorenbündel. Eine Substanz wirkt nie isoliert, sie ändert zugleich die Wirkung anderer Stoffe. GOTTSCHEWSKI verglich drei verschiedene Futter an Kaninchen während fünf Jahren. Futter I war ein vitaminiertes und mineralisiertes Würfelfutter, das sich jahrelang als gut geeignet für die Haltung und Zucht erwiesen hatte. Beim Futter II handelte es sich um normales Marktfutter bester Qualität, aus konventionell wirtschaftenden Betrieben stammend. Zum Futter gehörten Rüben, Möhren, Heu, Hafer und Weizen. Futter III entsprach genau dem Futter II, aber es wurde aus Betrieben gekauft, die keine Herbizide und Pestizide einsetzten und die in erster Linie mit Stallmist und Kompost arbeiteten.

Folgende Daten wurden regelmäßig erhoben:

Anzahl Belegung pro Wurf,
Anzahl Gelbkörper *(Corpora lutea)*,
Junge pro Wurf,
Totgeborene Junge,
Säugefähigkeit,
Nestbau,
Gestorbene Junge bis 60 Tage alt,
Lebende Junge älter als 60 Tage,
Lebende Junge älter als 90 Tage.

Fruchtbarkeit und Wurfgröße waren offenbar wegen idealer Vitaminierung und Mineralisierung beim Würfelfutter am besten. Bei allen anderen Größen schnitt das rückstandsfreie Futter gesichert besser ab. Tiere mit Futter III zeigten nach einem operativen Eingriff eine bedeutend höhere Resistenz. Es lohnt sich für alle Zweifler, diese überzeugende Arbeit von nur 21 Druckseiten zu studieren.

„Gesunder Boden, gesunde Pflanzen, gesunde Tiere, gesunde Menschen – dieser Zusammenhang, dessen Wahrung die Hauptaufgabe der Landwirtschaft ist und bleiben wird, ist heute zerrissen und zerstört", so schreibt SCHUHMACHER (10). Wer sein Buch mit dem Titel 'Es geht auch anders' liest, stößt darin auf eine Schilderung, die uns heutigen Menschen kaum mehr glaubhaft erscheint. Es heißt da: „In Westeuropa gibt es das historische Beispiel einer Landwirtschaft, welche die Gesetze des natürlichen Kreislaufes auf's Genaueste einhielt und damit die glänzendsten Resultate erzielte. Es war die Herrschaft der Mauren in Spanien von 711 bis 1472 n.Chr.. Dort wurde von ihnen eine Landwirtschaft entwickelt, die es Spanien erlaubte, mit etwa 30 Mio. Einwohnern das volkreichste Land Europas zu werden und mehr Menschen auf einem Niveau hoher Kultur zu erhalten als England, Frankreich, Deutschland und Italien zusammen genommen. Es war das vielfältigste, wissenschaftlichste, vollkommenste System, das je von der Findigkeit der Menschen entworfen worden ist.... Für alle organischen Substanzen galt das Gesetz des Rückflusses; nichts wurde zu Abfall und damit veschwendet oder vernichtet. Die Landwirtschaft wurde überwiegend von kleinen unabhängigen Bauern betrieben, die ihr Geschäft nicht nur verstanden, sondern mit einer unvergleichlich zähen Hingabe ausübten, unter dem Schutze einer ihnen außerordentlich wohlwollenden Gesetzgebung. Auf dieser Basis erblühte eine Zivilisation von überragender Schönheit und Beständigkeit, mit Künsten und Wissenschaften, die im übrigen Europa nicht ihresgleichen hatte..."

Warum hatte man im christlichen Abendland nicht vermocht, die Landwirtschaft „unter den Schutz einer ihnen außerordentlich wohlwollenden Gesetzgebung" zu stellen, wie es die Mauren taten. Wie viele Betriebe hat man bei uns dem Wachstumswahn geopfert. Gesund ist das, was wächst, alles Bleibende aber wurde als zurückgeblieben, als krank bezeichnet und hatte zu verschwinden. Wie weit sind wir entfernt von jener wahren Agrikultur. Wie vieles müßte man ändern, um etwas Analoges neu zu schaffen? Es wäre aber sicher falsch, in Wehmut zurückzuschauen. „Wer die Hand an den Pflug legt" darf nicht rückwärtsschauen, so lesen wir schon in der Bibel. Uns steht nur eines zu, mutiger als bisher in die Zukunft zu gehen, und zwar in eine Zukunft, in der Landwirtschaft wieder echter Kulturträger geworden ist. Und auf dieses Ziel hin mit aller Kraft und Ausdauer zu arbeiten, ist wahrhaftig den Schweiß aller Edlen wert!

Ich hoffe, daß auch Sie zu diesen Edlen gehören, mutig bereit, die notwendigen Schweißtropfen zu vergießen.

(Alle Skizzen: O. Buess)

Literatur

1	AN DER LAN, H.:	Umwelt und lebende Zelle, in: Scheidewege, Heft 1, 1978, Klett-Cotta, Stuttgart.
2	PARTURI, F.R.:	Geniale Ingenieure der Natur, Econ 1974.
3	SEKERA, F.:	Gesunder und kranker Boden, Leopold Stocker Verlag, Graz.
4	HOWARD, A.:	Mein landwirtschaftliches Testament, Siebeneichen Verlag, Frankfurt a.M. 1948.
5	SEIFERT, A.:	Gärtnern – Ackern – ohne Gift, Biedenstein Verlag München 1971.

6 PALISSA, A.: Bodenzoologie, Akademie-Verlag Berlin 1964.

7 SCHARPF, H.CHR.: Die Auswirkungen der organischen Düngung auf das Abwehrpotential des Bodens, Ing.-Arbeit an der Forschungsanstalt für Gartenbau, Geisenheim/Rheingau 1971.

8 STOLL, K.: Elemente einer programmiert integrierten Obstkultur, erläutert im Experiment der Lagerung. Die Bodenkultur, Wien, 24, S.75-90, 1973.

9 GOTTSCHEWSKI, G.H.M.: Neue Möglichkeiten zur grösseren Effizienz der toxikologischen Prüfung von Pestiziden, Rückständen und Herbiziden, in: Qualitas Plantarum Vol. 25, No. 1, 1975.

10 SCHUMACHER, E.F.: Es geht auch anders, Desch Verlag München, 1974.

11 SCHUPHAN, W.: Mensch und Nahrungspflanze – Der biologische Wert der Nahrungspflanze in Abhängigkeit von Pestizideneinsatz, Bodenqualität und Düngung, Dr. W. Junk B.V.-Verlag Den Haag 1976.

Peter Grosch

Alternative Betriebsmodelle in ökonomischer und ökologischer Hinsicht

Meine Themenstellung läßt den Schluß zu, daß ich mich vor allem auf die Betriebsebene konzentrieren werde. Erlauben Sie mir, daß ich das nicht ganz so eng fasse und zunächst, aber auch im weiteren Verlauf, einige Bemerkungen allgemeiner Art anbringe, die nur scheinbar wenig, tatsächlich aber sehr viel mit der Betriebsebene zu tun haben. Ich halte dieses Vorgehen für wichtig aus verschiedenen Gründen:

erstens, um einige verbreitete oder beliebte Mißverständnisse zu vermeiden,

zweitens, um wesentliche Bestimmungsfaktoren zu kennzeichnen, denen der Betrieb unterliegt und

drittens, um durch den Hinweis auf zunehmende ökologische und ökonomische Probleme konventioneller Betriebsalternativen die Überlegungen nochmals zu verdeutlichen.

Ich will mich bemühen, diese Vorrede und die Einschübe, die zur Versachlichung der Diskussion und zur Klärung der Rahmenbedingungen beitragen sollen, möglichst kurz zu halten und den Schwerpunkt 'alternative Betriebsbeispiele' nicht zu kurz kommen zu lassen. Dabei werde ich mich dann zunächst mit Methoden alternativer Landbauformen und möglichen ökologischen Auswirkungen beschäftigen. Im Anschluß daran will ich durch konkrete Buchführungsdaten einige Hinweise auf die betriebswirtschaftliche Durchführbarkeit geben. Volkswirtschaftliche oder globale Aspekte kann ich nur am Rande berühren. Zum Energieproblem, das ja hierzu gehört, werden wir morgen ohnedies Näheres hören.

Doch ich möchte nun zum ersten Punkt kommen und sagen, was ich mit meinen Ausführungen nicht beabsichtige:

- es geht mir nicht darum, die konventionelle Landwirtschaft insgesamt oder aber den einzelnen Bauern zum Umweltbuhmann erster Ordnung zu stempeln;
- ich werde nicht die Interessen irgendeiner Richtung alternativer Landwirtschaft vertreten und bin nicht der Ansicht, daß eine der bestehenden Formen der Landbewirtschaftung „alleinseligmachende" Wahrheit und Weisheit gepachtet hat und daß alles andere falsch ist;
- ich werde nicht einer Diskussion über biologische oder ökologische Landwirtschaft folgen, die nur Vorurteile wiederholt und Vorwürfe austauscht, da ich dies für ebenso überflüssig und unschön wie unergiebig und unnütz halte;
- und schließlich bin ich mir bewußt, daß weder negative ökologische Auswirkungen intensiver Agrarproduktion, noch ökonomische Erfolgsdaten der Alternativbetriebe ohne weiteres verallgemeinerungsfähig sind. Es sollte sich also niemand provoziert fühlen oder polemisch reagieren. Eine sachliche, differenzierte Diskussion ist erfahrungsgemäß schwieriger aber ergiebiger und befriedigender.

Um Mißverständnisse aber noch weiter auszuschließen, will ich noch einiges anfügen, was mir sehr wichtig scheint, und das ist die sachliche Orientierung alternativer Konzepte an der Praxis. Ich glaube, daß Alternativvorschläge und Entwicklungskonzepte – von welcher Seite sie auch kommen mögen – nur dann eine Chance haben und nur dann wirklich weiterhelfen können, wenn sie sich an den Erfordernissen und Möglichkeiten, an den Gegebenheiten und Problemen der Praxis orientieren. Und dazu gehört auch wesentlich die Berücksichtigung der Ökonomie. Schließlich – und das will ich vor der Erörterung der äußeren Bestimmungsfaktoren einflechten und betonen, weil es mir bei dieser Diskussion meist zu kurz zu kommen scheint – schließlich müssen alle, die sich auf verschiedenen Ebenen mit der Ausprägung und Veränderung der Landwirtschaft, mit Planungsaktivitäten und Zielsetzungen befassen, sie alle müssen sich darüber klar sein, daß nicht einfach Produktionsfaktoren und -kapazitäten ge- und verplant werden müssen, daß es nicht einfach um die ökonomisch optimale Allokation des Arbeits- und Kapitaleinsatzes geht. Diese rein quantitative Ausrichtung würde an der Tatsache vorbeigehen, daß letztlich immer Menschen und die Qualität ihres Lebens und ihrer Umwelt betroffen sind und daß hierher der wichtigere Maßstab bezogen werden muß, der zu alternativen Überlegungen und konkreten Maßnahmen schon dann verpflichtet, wenn nur ein Risiko besteht und nicht erst, wenn etwas schiefgegangen ist.

Ich komme damit zu den wesentlichen Bestimmungsfaktoren, die zur Ausprägung der konventionellen Landwirtschaft geführt haben. Ich möchte hier nur mehr stichwortartig erinnern an das Landwirtschaftsgesetz und den EG-Vertrag, insgesamt an die wirtschafts- und agrarpolitischen Gegebenheiten.

Es läßt sich aus den agrarpolitischen Aktivitäten, aus den Marktordnungen, an der langjährigen Förderungspraxis und aus der Orientierung und Ausfüllung agrarpolitischer Instrumente unschwer das Hauptziel der Agrarpolitik ablesen: Parität durch Produktivität. Das Umweltziel, das formal konsistent und an sich mit gleichem Stellenwert ein Teil des Zielsystems ist, wird nicht gleichgewichtig praktiziert. Es liegt ein interner programmierter Zielkonflikt vor, der über Maßnahmen und Instrumente auf die Praxis durchschlägt. Ich will dies nicht weiter vertiefen, da es Ihnen sicher weitgehend bekannt ist und uns zu weit abführen würde. Halten wir aber diese grundlegenden Zusammenhänge, dieses Spannungsfeld von Ökonomie und Ökologie fest, in dem sich die landwirtschaftliche Erzeugung abspielt.

Das Ineinanderwirken der beiden Ebenen der Ökologie und Ökonomie wird deutlich, wenn wir uns vergegenwärtigen, was wir unter Ökonomie verstehen sollten und wie rein betriebswirtschaftliche oder rein volkswirtschaftliche Erfolgsgrößen sich verändern, wenn eine ökologische Bilanzierung über Vermeidungskosten oder auf dem Wege des Verursacherprinzips negative externe Effekte miteinbezieht. Ich komme damit zum dritten Punkt der Vorbemerkung, zu Anlaß und Notwendigkeit alternativer Überlegungen. Ökonomisch wirtschaften bedeutet ja entweder: mit vorhandenen begrenzten Mitteln ein möglichst hohes Ziel zu erreichen oder: ein vorgegebenes Ziel mit möglichst geringem Mitteleinsatz zu realisieren. Und es ist keineswegs nur auf die Landwirtschaft zu beziehen, wenn unter begrenzten Mitteln nicht nur technische, arbeitswirtschaftliche und finanzielle Kapazitäten verstanden werden müssen. Damit sind ebenso die Begrenztheit natürlicher Ressourcen, die

Toleranzgrenzen der Belastbarkeit von Ökosystemen und der Gedanke der Nachhaltigkeit der Erzeugung einbezogen. Für den Bauern heißt das, daß ein gesunder Boden, eine gesunde Pflanze, ein gesundes Tier und ein intakter Naturhaushalt eine solide Grundlage für den betriebswirtschaftlichen Erfolg darstellen. Das heißt aber auch, daß es notwendig ist und sich lohnt, darüber nachzudenken, wie ökologische Schäden intensiver Landbewirtschaftung verhindert werden können, die andere Nutzungen treffen. Ebenso hat natürlich die Landwirtschaft den berechtigten Anspruch, daß Verschlechterungen ihrer Produktionsbedingungen durch die Einflüsse anderer Nutzungen vermieden werden. Und es gehört auch hierher, daß auch die Leistungen der Landwirtschaft für die Gesellschaft honoriert werden müssen. Ökonomisch wirtschaften kann, so gesehen, für die Landwirtschaft nur bedeuten, nicht Gewinnmaximierung um jeden Preis, sondern durch genaue, umfassende Abwägung des ökonomisch und ökologisch Notwendigen und Möglichen die Ernährungsgrundlage und eine intakte Umwelt für Erzeuger und Verbraucher langfristig zu sichern.

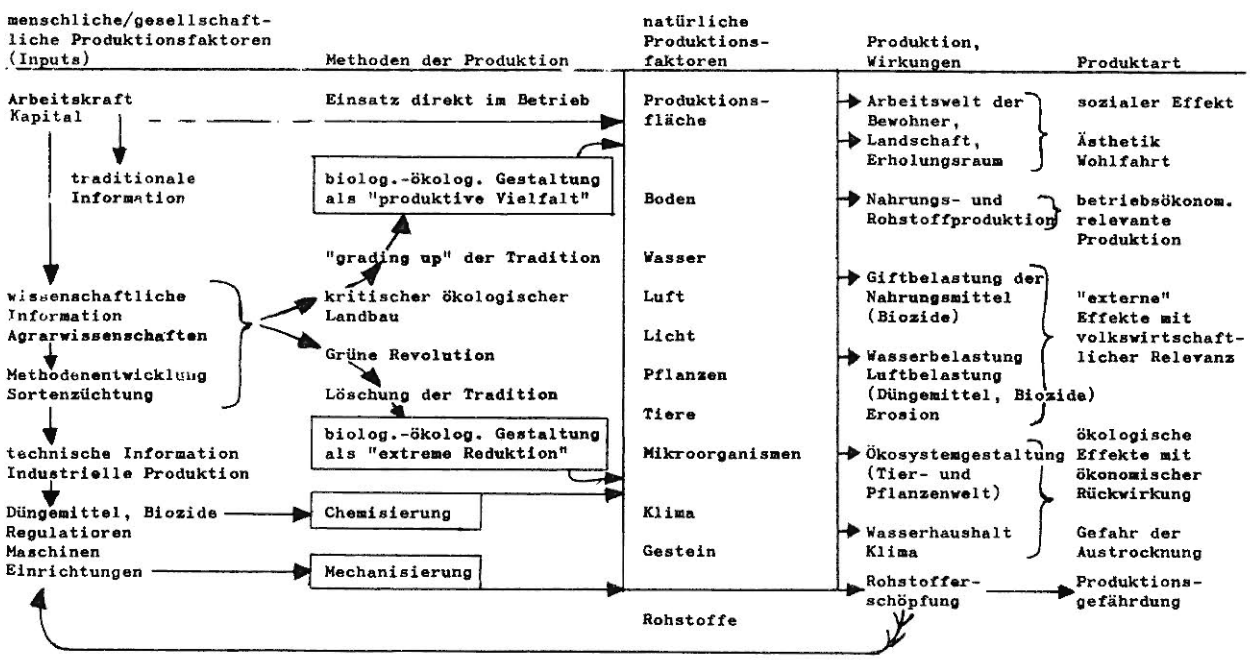
Ebendies ist aber unter den bekannten Intensivierungstendenzen zur Steigerung der Produktion und Produktivität nur bedingt gültig. Auch hierzu nur kurze Anmerkungen, da morgen über ökologische Auswirkungen intensiver Agrarproduktion berichtet werden wird, und da Sie alle diese Probleme kennen. Ich erinnere an die Risiken, die mit der Anwendung von Bioziden verbunden sind (Akzelleration in der Verarmung an Tier- und Pflanzenarten, Rückstandsproblematik, Langzeiteffekte, aber auch die menschlichen und technischen Unzulänglichkeiten, die ordnungsgemäße Anwendung verhindern. Wenn Sie es für wichtig halten, können wir uns dafür in der Diskussion Zeit nehmen und dies belegen); ich erinnere auch an die Möglichkeit der Verunreinigung und Belastung von Grund- und Oberflächenwasser durch Nährstoffauswaschung und -abtrag, ich erwähne die möglichen negativen Auswirkungen der Tierhaltung in Großbeständen und ich nenne die Veränderung der Landschaftsstruktur und des Landschaftsbildes dadurch, daß „maschinengerechte" Fluren geschaffen werden, die nicht nur ästhetisch, sondern auch ökologisch Verarmung mit sich bringen. Dieses Diagramm von EGGER gibt in übersichtlicher Form das Angesprochene wieder.

Ich sage damit nicht: die konventionelle Landwirtschaft – und jeder, der konventionell wirtschaftet – bringt in jedem Fall all diese genannten Probleme mit sich. Ich betone, daß dies so nicht zulässig ist. Ich lege aber ebenso Wert auf die Feststellung, daß die Möglichkeit negativer ökologischer Auswirkungen unter bestimmten Bedingungen nachgewiesen ist und daß die Notwendigkeit von Alternativen füglich nicht bestritten werden kann. Echte Alternativen müssen ökologische Risiken vermeiden, zumindest aber verringern können. Zugleich muß das ökonomische Funktionieren gesichert werden können. Wir wollen darum beispielhaft erfahren, wie vorhandene Alternativbetriebe arbeiten und welche Konsequenzen sich für die beiden Bereiche Ökologie und Ökonomie ergeben. Da wir vor allem zur Ökologie bereits einiges gehört haben und noch manches hören werden, kann ich mich hier relativ kurz fassen und meine Ausführungen dann den betriebswirtschaftlichen Verhältnissen von alternativen Betriebsmodellen widmen.

Zunächst möchte ich in wenigen Worten versuchen, das Grundprinzip biologisch oder ökologisch orientierter Landwirtschaft zu charakterisieren und wesentliche Methoden zu kennzeichnen. Ich verzichte darauf, einzelne Richtungen mit ihren Unterscheidungsmerkmalen darzustellen, da es in diesem Zusammenhang viel wesentlicher um das gemeinsame Grundprinzip eines wirklich alternativen Denkansatzes geht. Ich will auch nicht über die Richtigkeit der Bezeichnungen biologisch oder ökologisch diskutieren, die ich nicht für ganz glücklich halte, da eine völlig abiologische oder unökologische Landbewirtschaftung kaum vorstellbar ist. Lassen Sie uns also hier keine Grenzwälle errichten, es geht um den Inhalt.

Und dieser Inhalt läßt sich wohl zunächst wieder dadurch erhellen, daß ich sage, was alternative Landwirtschaft ist. Mit Sicherheit ist es keine Definition zu sagen, „na die lassen Handelsdünger und chemische Unkrautbekämpfung und Pflanzenschutzmittel weg. Und dann kleben sie ein Schildchen ‚biologisch' drauf und verkaufen es doppelt so teuer." Nun, es gibt auch hier „Schwarze Schafe", die so vorgehen. Wer aber behauptet, die bestehenden Alternativ-Betriebe seien generell hier einzuordnen, der sollte sich einmal näher mit der Sache befassen, denn er weiß nicht, wovon er redet oder er will gezielt miesmachen.

Diagramm: Faktoren und Wirkungen der landwirtschaftlichen Produktion



nach EGGER

Maschinenfunktionen in einem Arbeitsgang.

1. **Tiefenlockerung** (3 Grindel; Arbeitsbreite 2,40 m; max. Arbeitstiefe 0,40 m);
2. **Walzen** (Stangenwalze: z. Bodenschluss und Trageelement f. 1.);
3. **Saat** (Breitsaat);
4. **Einarbeiten** der Saat (Zinkenrotor);
5. **Anwalzen** der Saat (Nachläufer);
6. **Herausarbeiten** der organischen Substanz und oberflächliche Ablage (Zinkenrotor).

Was ist aber dann eigentlich alternativ?

Alternativ wirtschaften heißt einerseits, die Ausgangsbedingungen, die Standortverhältnisse genau zu beachten und die Art der Bewirtschaftung in allen Einzelaktivitäten danach auszurichten. Es heißt andererseits, die Entwicklung, die Folgen von Maßnahmen in die Planung im voraus einzubeziehen und genau zu beobachten, um schädliche Auswirkungen für eigene und andere Nutzungen zu vermeiden. Alternativ wirtschaften heißt, einen Betrieb mit allen seinen Teilen und Eigenheiten, mit den natürlichen Bedingungen und mit seiner Umgebung als Ganzes zu begreifen und alle Einzelaktivitäten in Verbindung zu diesem Ganzen, zu dem Vorher und Nachher zu bedenken und zu planen.

Um dies praktisch zu verdeutlichen: das bedeutet Beobachtung und Fallentscheidung nach Lage der Dinge und nicht blinde, planmäßige Spritzung als Präventivmaßnahme auf Verdacht; es beinhaltet das Abstimmen und Dosieren von Maßnahmen etwa der Bodenbearbeitung im Hinblick auch auf das übernächste Fruchtfolgeglied; das heißt Förderung natürlicher Prozesse und ausgleichender Faktoren in einem möglichst geschlossenen System, um dadurch die Zufuhr von synthetischen Hilfsmitteln mit potentiell schädlichen Nebenwirkungen überflüssig zu machen.

Ich glaube nicht, daß man diesen Denkansätzen, die ich für das eigentlich Alternative halte, das Etikett der Rückkehr zum Holzpflug anhängen kann. Ich möchte Ihnen dazu eine Maschine vorstellen, die von einem alternativ wirtschaftenden Bauern in Zusammenarbeit mit anderen entwickelt wurde und deren Arbeitsweise ich als ökologisch angepaßt bezeichnen würde. Wie Sie sehen, erfüllt diese Maschine in einem Arbeitsgang sechs Funktionen:

1 Tiefenlockerung (3 Grindel mit Gänsefuß, je 80 cm breit)

2 Walzen mit Stangenwalze (Bodenschluß, Tragefunktion für 1)

3 Saat (Breitsaat, einziger Bodenkontakt: Antriebsrad)

4 Einarbeiten der Saat (Zinkenrotor)

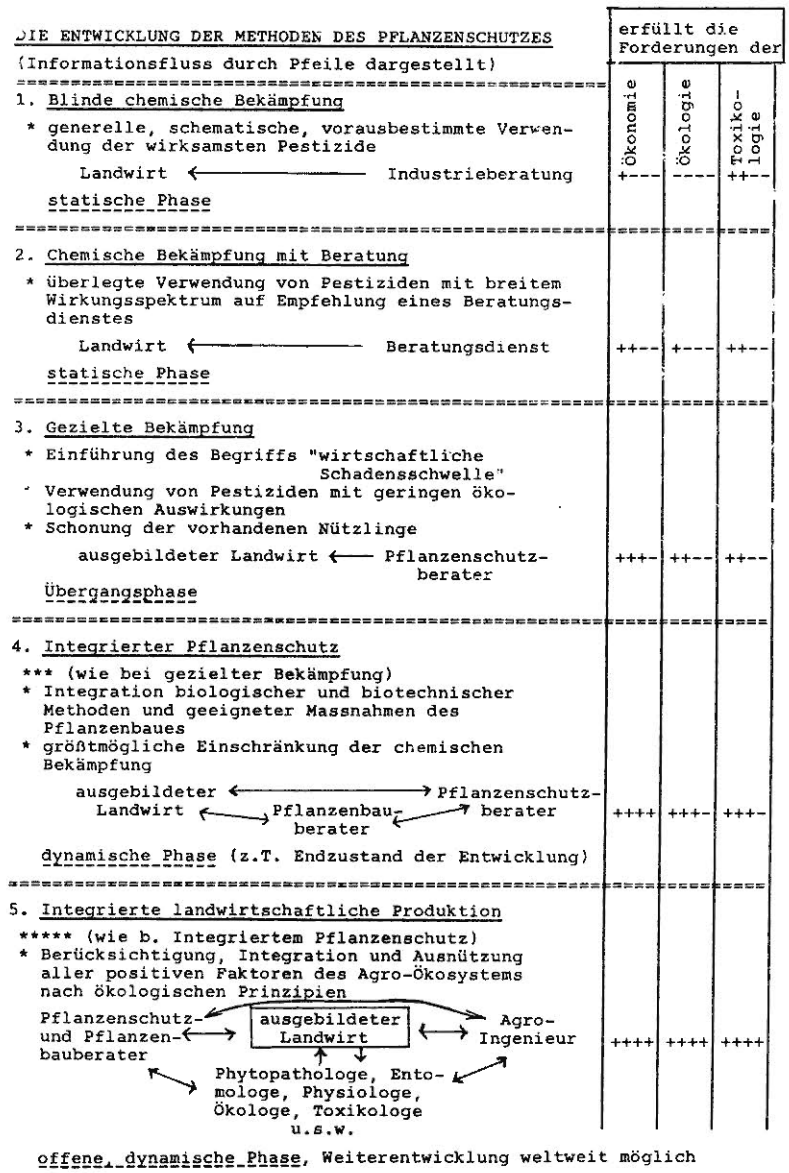
5 Anwalzen der Saat (Nachläufer)

6 Herausarbeiten der organischen Substanz (Stoppeln, Wurzeln etc.) und Ablegen auf das eingesäte Feld durch Rotationsentmischung (Zinkenrotor).

Es gibt eine Reihe ähnlicher Geräte für unterschiedliche Bedingungen, und sie bringen neben Arbeitsvereinfachung und Zeitersparnis auch Vorteile aus ökologischer Sicht:

- Der Boden wird nicht gewendet, die Struktur bleibt erhalten, es ergeben sich günstige Auswirkungen im Hinblick auf Nährstoffverbleib und Unkrautbekämpfung;
- es entsteht weniger Bodenverdichtung durch weniger Arbeitsgänge, und es entstehen keine Pflugsohlen;
- die organische Substanz wird entmischt und sorgt zugleich für Bodenbedeckung;
- Bodenflora und -fauna werden möglichst wenig gestört.

Von der Darstellung dieses Maschinensystems möchte ich zum Anbausystem in diesem Betrieb übergehen, das sich mit dem Begriff Multikultur beschreiben läßt. In diesem System werden Pflanzen gemeinsam angebaut, die sich gegenseitig vertragen und fördern, die für Zufuhr von organischer Substanz und von Nährstoffen für die Folgefrucht sorgen, die Bodenlockerung bewirken und die sich ohne Behinderung nacheinander oder gleichzeitig ernten lassen. Es wird also mit diesen Gemeinschaftskulturen etwas ähnliches angestrebt wie Fruchtfolgeeffekte. Die Zusammenstellung dieser Pflanzengemeinschaften muß nach Standortgegebenheiten variieren, und dies ist unter hiesigen Bedingungen in der Erprobung. Ich gebe Ihnen einige Beispiele: da werden etwa Kartoffeln mit Lupinen und Serradella oder mit Erbsen angebaut und weder Ertrag noch Qualität lassen zu wünschen übrig. Es wird anerkanntes Saatgut erzeugt.



Betriebswirtschaftliche Daten

(Gemischtbetrieb Bodenseeraum)

LN: Acker 21 ha
Grünland 33 ha

Viehbesatz: Milchvieh 36 Stck. } 89,8 GVE
Mastvieh 30 Stck. }
Jungvieh 54 Stck. }

AK-Besatz: 2,5 AK

	Ökol. Betr.	Konv. Betr.
Betriebsaufwand	867,- DM/ha	2.228,- DM/ha
Betriebsertrag	2.674,- "	3.683,- "
Betriebseinkommen	1.886,- "	1.529,- "
Milchleistung	3.203 kg	4.000 kg
DB Milchviehhaltung	1.568,- DM	1.528,- DM

Eine andere Pflanzengemeinschaft setzt sich zusammen aus Roggen, Erbse und Gelbsenf. Hier wird die gesamte Bodenbearbeitung und Drillarbeit in einem Arbeitsgang geleistet.

Weitere Kombinationen sind Hafer-Erbsen-Gerste als Futtergemenge oder Hafer-Bohnen-Futterraps-Sommerwicke. Diese beiden Kombinationen sind typische Sommerkulturen, auf die eine Winterzwischenfrucht folgt. Auch hier entwickeln sich die Erträge günstig.

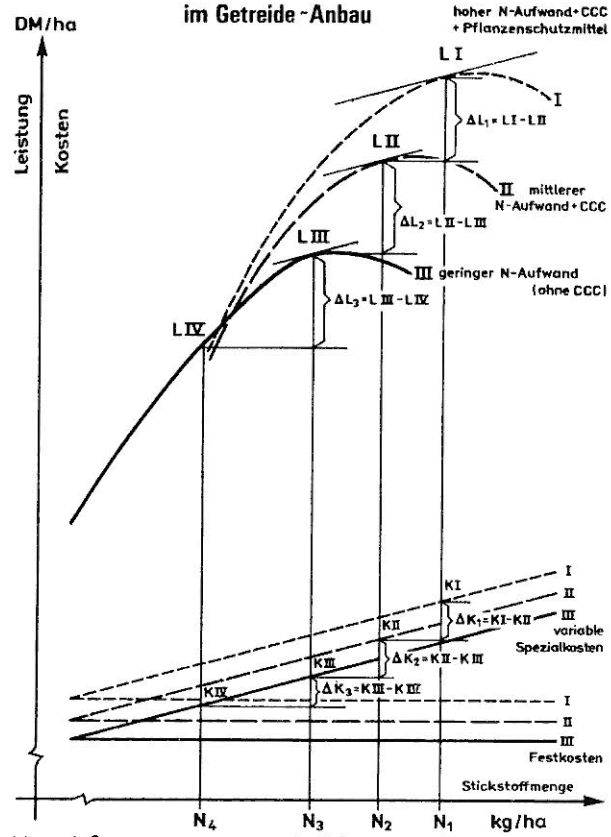
Das hat man noch lange nicht für alle Kulturen und Standortbedingungen im Griff, und manches wird vielleicht schwierig werden. Es ist aber sicher, daß sich auf diesem Wege in gewissem Umfang Unkrautwuchs und Schädlingsbefall steuern lassen. Düngewirkungen lassen sich ebenso erzielen wie Verbesserungen des Bodenzustandes und der Humusversorgung. Zugleich wird ein stabiles, aufeinander eingestelltes und reagierendes System aufgebaut, das sich risikomindernd auswirkt. Die Düngemittelzufuhr kann erheblich gesenkt werden und negative ökologische Auswirkungen durch Düngemittel- und Pestizideinsatz können ausgeschlossen werden.

Da Systeme wie dieses hier erst seit kurzer Zeit und in geringem Umfang praktiziert werden, wäre eine betriebswirtschaftliche Auswertung noch wenig repräsentativ, und ich will mich daher auf die Darstellung der Methode beschränken. Die bisherigen Ergebnisse und die positiven ökologischen Effekte geben jedenfalls interessante Hinweise auf alternative Möglichkeiten und sollten Anlaß zu intensiverer Untersuchung und Förderung sein.

Die Abstimmung der Kulturen auf den Standort, die Ausrichtung der Bodenbearbeitung auf Kultur und Standort, die Anpassung der Düngung auf das Nährstoffniveau des Standortes, die Berücksichtigung der Effekte der Fruchtfolge, kurz: das Begreifen und Durchführen von Einzelmaßnahmen als ein umfassendes, harmonisches Ganzes ist die Konzeption alternativer Landwirtschaft. Es kann nicht sinnvoll sein, isoliert an Symptomen zu kurieren, wie das heute in der Unkraut- und Schädlingsbekämpfung oft genug geschieht. In einem integrierten Gesamtkonzept sind die Ursachen zu beheben und hier ist das ökologisch Angepaßte auf Dauer mit Sicherheit das ökonomisch Optimale. Beispielhaft für diese Orientierung der Entwicklung scheint mir dieses Entwicklungs-Schema, das den Integrierten Pflanzenschutz als Ausgangspunkt für eine integrierte landwirtschaftliche Produktion zeigt (s. S. 53).

Ich möchte diese Ausrichtung an weiteren Betriebsbeispielen verdeutlichen. Dabei bin ich mir völlig darüber

Wirkung von Begrenzungen beim Einsatz von Stickstoff, Wachstumsregulatoren u. Pflanzenschutzmitteln im Getreide-Anbau



klar, daß es nur bedingt möglich ist, das hier Vorgestellte zu verallgemeinern. Und wenn zwischen Betrieben verglichen wird, so sind wegen mangelnder Homogenität und wegen der schwer kalkulierbaren Größe des Betriebsleitereinflusses einige Unsicherheiten zu erwarten.

Tabelle 23: Auswirkung von Begrenzungen beim Einsatz von Stickstoff, Pflanzenschutzmitteln und Wachstumsregulatoren

Umweltstufen	Einheit	I (ohne Begrenzungen)	II	III
		160 kg N/ha, mit Pflanzenschutzmitteln mit CCC	160 kg N/ha ohne Pflanzenschutzmittel mit CCC Diff. zu I	120 kg N/ha ohne Pflanzenschutzmittel ohne CCC Diff. zu II
1. Ertrag	dt/ha	62	- 6,2	- 5,5
2. Variable Leistung	DM/ha	3 224	- 322,40	- 286,-
3. Variable Spezialkosten der N-Düngung				
N-Dünger	DM/ha	224,-		- 56,-
var. Maschinenkosten	DM/ha	12,-		- 4,-
4. Variable Spezialkosten des Pflanzenschutzes				
Aretit (5,5 l/ha)	DM/ha	64,10	- 64,10	
MCPA (1,5 l/ha)	DM/ha	15,82	- 15,82	
Cercobin-M (1,0 l/ha)	DM/ha	49,40	- 49,40	
Calixin (0,75 l/ha)	DM/ha	32,47	- 32,47	
var. Maschinenkosten	DM/ha	19,08	- 19,08	
5. Variable Spezialkosten des CCC-Einsatzes				
Mittelkosten (1,5 l/ha)	DM/ha	34,97		- 34,97
var. Maschinenkosten	DM/ha	4,77		- 4,77
6. Grenzgewinn (+)/-verlust (-)	DM/ha		- 141,70	- 195,26

Table 3. Operating costs, by type of farm.

	Fertil-izers*	Field Operations	Manur-ing**	Pesti-cides	Other***	Total
anic						
$/A	6.17	11.92	1.37	.36	11.16	30.95
% of value of production	4%	7%	1%	.2%	7%	19%
Conventional						
$/A	17.33	11.09	.90	5.23	13.77	47.32
$ of value of production	10%	6%	1%	3%	8%	27%

* Includes trace minerals, organic fertilizers, and other soil amendments.

** Average manure spreading rate is 8 t/A on 24% of cropland for organic sample; 6 t/A on 21% for conventional sample. (This is in addition to manure from grazing livestock.)

*** Includes hauling, crop drying, and seeds.

Daher ist es zumindest wichtig, nicht Spitzenbetriebe und Spezialfälle auszuwählen, sondern Betriebe, die z.B. auf gleichem Preis-Kosten-Niveau wirtschaften und die vergleichbar sind von ihren Bedingungen und Kapazitäten her.

Für viele Bauern ging der Anstoß zu alternativer Wirtschaft von Problemen in der Viehwirtschaft aus. Das trifft auch auf den Grünlandbetrieb zu, den ich Ihnen nun vorstellen will. Er bewirtschaftet 45 ha Grünland und hält 60 Milchkühe und 50 Stück Jungvieh. Nach der Umstellung vor neun Jahren gingen die Probleme mit der Tiergesundheit und -fruchtbarkeit fast schlagartig zurück, die Milchleistung konnte auf einem hohen Niveau von 5150 kg gehalten werden. Es scheint keineswegs abwegig, den Grund für diese Änderung der Verhältnisse in der Umstellung, vor allem in der Düngung mit belüfteter Gülle zu suchen. Der Betrieb bringt in drei Einzelgaben insgesamt 25 m^3/ha aus. Die Untersuchungen von ABELE mit belüfteter und anderweitig aufbereiteter Gülle zu Grünland führten u.a. zu dem Ergebnis, daß mit belüfteter Gülle höhere Erträge und eine höhere Nährstoffausnutzung erzielt wurden. Futterzusammensetzung und Futterwert wurden eindeutig positiv beeinflußt. Im Beispielsbetrieb ist gerade diese letzte Tatsache am Bestand und im direkten Vergleich mit konventionell bewirtschafteten Nachbarflächen sehr anschaulich zu erleben. Die Untersuchungen von HAHN und AEHNELT weisen in dieselbe Richtung, so daß sich hier ein Weg anbietet, die noch wenig gesicherten Zusammenhänge der Abhängigkeit der Qualität der Erzeugnisse von der Wirtschaftsweise genau zu erforschen.

Neben diesen Vorteilen der alternativen Bewirtschaftung, die sich sehr greifbar ökonomisch niederschlagen, bringt

Table 2. Average contributions of major crops to overall value of production per acre, by type of farm.

Crop	Organic	Conventional
Corn		
Yield (bu./A)	69	74
Value*	$209	$224
Percent of cropland	26%	40%
Soybeans		
Yield (bu./A)	28	27
Value	$188	$178
Percent of cropland	21%	28%
Wheat		
Yield (bu./A)	34	31
Value	$140	$128
Percent of cropland	8%	9%
Oats		
Yield (bu./A)	61	61
Value	$95	$95
Percent of cropland	10%	10%
All **		
Value	$165	$179

* Value of production for individual farms computed from average crop prices in the specific state.

** Includes other small grains, milo, hay, silage, rotation pasture, and unharvested acreage. The main difference in the land not described in the table is the larger proportion in hay on the organic farms.

Tabelle 21 Deckungsbeitrag (DB) bei Getreide in b.-d. und k. Betrieben nach den Ergebnissen der Betriebsrechnung (DB 1) und auf gleicher Preisbasis (DB 2)

Vergleichsgebiet Wirtschaftsweise		2 b.-d.	2 k.	13/14 b.-d.	13/14 k.	Betrieb[14] Nr. 7 b.-d.	Betrieb[14] Nr. 7 k.	20 b.-d.	20 k.
Naturalertrag dt/ha	abs.	38,0	42,0	32,0	43,0	30,9	36,1	40,0	44,0
	rel.	90	100	74	100	86	100	91	100
Bruttoleistung DM/Einheit	abs.	1870,—	1616,—	1413,—	1664,—	1638,—	1390,—	1932,—	1611,—
	rel.	116	100	85	100	118	100	120	100
veränderl. Kosten DM/Einheit	abs.	335,—	496,—	340,—	538,—	385,—	449,—	334,—	481,—
	rel.	168	100	63	100	86	100	69	100
Deckungsbeitrag DB 1	abs.	1535,—	1120,—	1073,—	1126,—	1253,—	941,—	1598,—	1130,—
	rel.	137	100	95	100	133	100	141	100
Deckungsbeitrag DB 2	abs.	1127,—	1120,—	898,—	1126,—	805,—	941,—	1130,—	1130,—
	rel.	101	100	80	100	86	100	100	100

diese Düngung mit belüfteter Gülle eine Minderung ökologischer Risiken im Hinblick auf hygienische Probleme, aber auch hinsichtlich potentieller Auswaschung oder Abtrag von Nährstoffen. Dabei ist nicht nur die Aufteilung der Gabe wichtig, sondern auch die Ausbringungsbedingungen – also z.B. Trockenheit – sind von Bedeutung.

Zur Kennzeichnung der ökonomischen Verhältnisse will ich einige wichtige Zahlen nennen. Einem Betriebsaufwand von 3700,– DM/ha LN steht ein Betriebsertrag von 5740,– DM/ha LN gegenüber. Der Deckungsbeitrag in der Milchviehhaltung beläuft sich auf 2100,– DM. Diese Zahlen können ausdrücken, daß der Betrieb ökonomisch funktioniert, und die derzeit laufende tiefergehende Untersuchung erhärtet dies. Es ist wichtig, daß wir uns klar sind, daß dieses Ergebnis nicht über höhere Absatzpreise erzielt wird, sondern durch den geringeren Aufwand. Die wichtigsten Faktoren sind dabei vor allem die niedrigen Düngungskosten und die stabile Tiergesundheit und -fruchtbarkeit.

Da wir aber schon bei der Ökonomie sind, will ich den nächsten Betrieb zunächst mit einigen Zahlen vorstellen.

Es handelt sich also um einen Gemischtbetrieb mit 21 ha Ackerland und 33 ha Grünland. Sie sehen eine kleine Auswahl von Buchführungsdaten, und Sie sehen sie im Vergleich zu denen eines konventionellen Betriebes, der übrigens vom zuständigen Landwirtschaftsamt benannt wurde. Da im ökologischen Betrieb die Milchleistung deutlich niedriger liegt, wäre an sich ein niedrigerer Deckungsbeitrag zu erwarten. Daß er trotzdem höher liegt als im konventionellen Betrieb, liegt wiederum nicht an höheren Absatzpreisen, sondern an einem erheblich geringeren Aufwand. Die niedrigere Leistung wird also durch den geringeren Aufwand in der Endabrechnung kompensiert. Der Getreideertrag liegt übrigens in diesem Betrieb auf dem Niveau der Vergleichsbetriebe oder leicht darüber.

Tabelle 24 Erfolgsdaten von b.-d. und k. Betrieben

Vergleichsgebiet Wirtschaftsweise		2 b.-d.	2 k.	12 b.-d.	12 k.	13/14 b.-d.	13/14 k.	14 b.-d.	14 k.	20 b.-d.	20 k.
Betriebseinkommen	DM/AK	34.848	24.051	8.679	16.056	17.783	22.750	27.648	27.189	17.152	17.941
	rel.	144	100	54	100	78	100	102	100	96	100
"	DM/ha LF	2,519	1.579	867	1.241	1.264	1.296	2.095	1.719	1.780	1.449
	rel.	159	100	69	100	98	100	122	100	123	100
Roheinkommen	DM/AK	32.700	23.789	8.679	15.850	12.258	21.800	26.863	27.285	16.767	17.914
	rel.	137	100	55	100	56	100	98	100	94	100
"	DM/ha LF	2.363	1.562	867	1.225	871	1.242	2.033	1.725	1.740	1.447
	rel.	151	100	71	100	70	100	118	100	120	100

Ich möchte mich noch kurz der praktischen Seite und möglichen ökologischen Auswirkungen zuwenden. Auch in diesem Betrieb wird mit belüfteter Gülle gedüngt. Es wird eine 10gliedrige Fruchtfolge durchgeführt, die einen hohen Leguminosenanteil aufweist. Die Leguminosen – als Haupt- und Zwischenfrüchte – sind im biologischen Landbau neben der Tätigkeit freilebender Mikroorganismen mit der Fähigkeit der Luftstickstoffbindung wesentlich für die Stickstoffnachlieferung. Sie spielen also eine große Rolle, hier im Betrieb aktuell neben 2jährigem Luzernegras als Hauptfrucht vor allem die Erbse als Zwischenfrucht.

Die Bodenbearbeitung folgt dem Grundsatz, tiefe, strukturverändernde Eingriffe zu vermeiden. Ein weiteres Charakteristikum läßt sich herausstellen: möglichst langandauernde Bodenbedeckung, um Nährstoffverluste zu minimieren und für die Nachlieferung organischer Substanz zu sorgen. Und schließlich, daß gilt für alle der hier vorgestellten Betriebe: es werden keinerlei chemisch-synthetische Mittel zur Bekämpfung pflanzlicher oder tierischer Schadorganismen eingesetzt.

Wie sich dies wiederum ökonomisch auswirken könnte, damit befaßt sich eine Arbeit von STEFFEN. Hier wird versucht aufzuklären, wie sich verschiedene Intensitätseinschränkungen der Mineraldüngung und des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln auf den Ertrag und auf den Gewinn auswirken. Das Ergebnis halte ich für ebenso eindrucksvoll wie unvollständig und letztlich recht wertlos.

Dies vor allem aus zwei Gründen:

- Erstens wird nicht gesagt, daß man diese Intensitätseinschränkungen durch umweltkonformere Methoden auffangen kann, und es wird nicht gezeigt, inwieweit sich die Ertragseinbußen dadurch kompensieren lassen.
- Zweitens enthält die Rechnung keine Bewertung von negativen externen Effekten intensiver Produktion, und also wird auch nicht gezeigt, welche positiven ökologischen Auswirkungen und ökonomischen Einsparungen die Intensitätseinschränkungen mit sich bringen könnten.

Sie sehen, wie gefährlich und irreführend eine dermaßen isolierte Sichtweise sein kann.

Lassen Sie mich in diesem Zusammenhang einen Gedanken äußern, der zu verfolgen und zu belegen wäre und der sich mit dem Preisniveau für konventionell erzeugte und viele biologisch erzeugte Nahrungsmittel befaßt. Mir scheint es wert, einmal durchzurechnen, wie die Preise konventionell erzeugter Nahrungsmittel aussehen müßten, wenn ihnen alles direkt angerechnet würde, was eigentlich logisch mit diesem Erzeugungssystem verbunden ist.

- Das sind einmal die Kosten negativer ökologischer Effekte, die im Moment natürlich bezahlt werden, aber nicht im Produktionspreis direkt zu spüren sind.

Es wäre dies zu vergleichen mit den Kosten, die alternative Erzeugungssysteme mit sich bringen, mit eventuell notwendigem Einkommensausgleich, mit niedrigerem Ertragsniveau, mit niedrigeren Umweltkosten.

Das ist eine noch wenig differenzierte Idee, noch viel zu wenig belegt und konkretisiert, sie scheint mit der genaueren Betrachtung Wert im volkswirtschaftlichen Zusammenhang zu haben.

Ich möchte noch kurz auf zwei Vergleichsuntersuchungen der letzten Jahre hinweisen, die Ihnen sicher z.T. bekannt sind. Es handelt sich dabei jeweils um mehrjährige Betriebsvergleiche, und ich will Ihnen nur ganz weniges über die ökonomischen Ergebnisse berichten. Da ist zunächst eine Arbeit aus den USA, in der seit 1973 verschiedenste Aspekte in je 16 organisch und konventionell arbeitenden Betrieben untersucht wurden. Dabei zeigte sich deutlich der Unterschied im Aufwand, hier in Bezug gesetzt zum Output. Es fand sich in der ökonomischen Gesamtbilanz, daß der Wert der Gesamtproduktion – bezogen auf gleiches Preisniveau – in der organisch wirtschaftenden Gruppe statistisch nicht signifikant niedriger lag. Es ergab sich, daß dieser praktisch gleiche Output von den organisch wirtschaftenden Betrieben mit einem Drittel des Energieinputs erzielt wurde. Diese Arbeit wird fortgeführt und endgültige Gesamtergebnisse liegen noch nicht vor. Die Tendenz der Zwischenergebnisse scheint mir dennoch erwähnenswert.

Die zweite Untersuchung, die ich anführen möchte, ist der Betriebsvergleich, der unter Mitwirkung des Landwirtschaftsministeriums in Baden-Württemberg durchgeführt wurde. Bei allen Vorbehalten, Relativierungen und Einschränkungen, denen diese Untersuchung unterlag und die im Abschlußbericht hervorgehoben werden, lassen sich doch auch hier gewisse Tendenzen ablesen, die in beschränktem Umfang auch auf weitere Betriebe zutreffen dürften.

Diese Tabelle zeigt die Ergebnisse aus neun biologisch-dynamischen bzw. konventionell bewirtschafteten Vergleichsbetrieben. Eindeutige Verhältnisse bzw. Unterschiede finden sich nur beim Ertrag und bei den Kosten, wobei die Unterschiede bei letzteren z.T. beachtlich sind. Bei der Umrechnung der höheren Preise auf die gleiche Preisbasis – das ist die letzte Zeile, DB2 – ergibt sich kein einheitliches Bild für die ökonomische Gleichwertigkeit. Eine eindeutige Unterlegenheit der Alternativbetriebe oder eine völlige Abhängigkeit vom höheren Preisniveau läßt sich hieraus nicht ableiten.

Auch die nächste Tabelle, die Betriebseinkommen und Roheinkommen vergleicht, läßt keine eindeutigen Schlüsse zu. Tendenziell sind die Alternativ-Betriebe jeweils in bezug auf das Einkommen je AK überwiegend unterlegen und in bezug auf das Einkommen je ha LF mehrheitlich überlegen. Auch dieses uneinheitliche Bild, das keinen Schluß auf die ökonomische Unterlegenheit der untersuchten Betriebe oder alternativer Betriebsformen an sich ermöglicht, läßt die Forderung sinnvoll erscheinen, die ökonomischen und ökologischen Konsequenzen alternativer Bewirtschaftungsformen gezielter zu untersuchen.

Zum Abschluß meiner Ausführungen möchte ich in einigen Thesen versuchen, ein zusammenfassendes Ergebnis zu formulieren.

> Es kann als gesichert gelten, daß durch intensive Methoden konventioneller Landwirtschaft, die durch politische und ökonomische sog. Sachzwänge ständig zunehmen, irreversible ökologische Veränderungen akuter und schleichender Art verursacht werden können. Diese Veränderungen können sich sowohl ökologisch wie ökonomisch negativ auswirken.
>
> Wenn – bedingt durch die genannten möglichen negativen ökologischen Konsequenzen unverzichtbare – nicht ersetzbare – natürliche Ressourcen gefährdet sind, so ist die Notwendigkeit zum Einsatz alternativer Bewirtschaftungsformen gegeben. Notwendigkeit darf dabei nicht verkürzt werden auf den Sinngehalt, eine 'eingetretene Not zu wenden', sondern muß auch verstanden werden im Sinne der 'Abwendung einer drohenden Not'.
>
> Plausible Annahme, ernstzunehmende Beobachtungen und Hinweise aus der Praxis und wissenschaftlich exakte Untersuchungen führen zu einer ökologisch positiveren Einschätzung der Konsequenzen alternativer Landwirtschaft. Vorhandene Schäden und schwer kalkulierbare Risiken zwingen dazu, diese Tendenzen weiter zu untersuchen, um ein realistisches Bild des Ausmaßes der ökologischen Vorteilhaftigkeit zu erhalten. Die Förderung bestehender und der Aufbau weiterer Alternativbetriebe bieten die Chance, zugleich mehr über die Wettbewerbsfähigkeit und ökonomische Tragfähigkeit dieser Betriebssysteme zu erfahren. Der schon heute spürbar enger werdende Spielraum in der Ökonomie und in der Ökologie erfordert solche konkreten Initiativen möglichst bald.

Um mit einem treffenden Wort zu enden:

Packen wir's an!

Aufgliederung der in der Bundesrepublik Deutschland verschollenen und gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen nach Pflanzenformationen

	verschollen	akut bedroht	stark gefährdet	gefährdet	pot. gefährdet (Arealrand)	pot.gefährdet (selten)	gesamt
	%	%	%	%	%	%	%
1. Trocken- und Halbtrockenrasen	16(9)	15(27)	17(29)	18(41)	12(24)	19(13)	16(143)
2. Subalpine Vegetation	-	6(10)	4(7)	0,5(1)	48(94)	6(4)	13(116)
3. Flußufer-und Teichvegetation, Quellfluren	13(7)	17(30)	16(27)	13(29)	4(7)	6(4)	12(104)
4. Feuchtes Extensivgrünland	7(4)	14(25)	11(19)	15(34)	3(5)	8(5)	10(92)
5. Moore	5(3)	10(18)	13(22)	12(27)	--	1(1)	8(71)
6. Unkrautfluren der Äcker, Gärten und Weinberge	16(9)	11(19)	10(17)	9(20)	2(4)	4(3)	8(72)
7. Thermophile Säume und Gebüsche	7(4)	4(7)	2(4)	7(15)	9(18)	15(10)	6(58)
8. Wälder	5(3)	4(8)	4(6)	9(22)	5(10)	12(8)	6(57)
9. Zwergstrauchheiden und Borstgrasrasen	13(7)	3(5)	6(11)	3(6)	3(5)	3(2)	4(36)
10. Schlammbodenvegetation	9(5)	3(5)	8(13)	4(8)	3(5)	--	4(36)
11. Salzvegetation	4(2)	2(4)	3(5)	3(7)	4(8)	9(6)	4(32)
12. Küsten- und Binnendünen	2(1)	7(12)	3(5)	1(3)	3(6)	5(3)	3(30)
13. Rudealfluren und nitrophile Säume	4(2)	3(6)	1(2)	6(13)	2(5)	1(1)	3(29)
14. Felsspaltengesellschaften	--	2(4)	2(3)	0.5(1)	2(4)	10(7)	2(19)
	(56)	(180)	(170)	(227)	(195)	(67)	(895)

Quelle: TRAUTMANN, W.:
Veränderungen der Gehölzflora und Waldvegetation in jüngerer Zeit, in: Derselbe und H. SUKOPP (Hrsg.): Veränderungen von Flora u. Veg. in der BRD, Schr.R. f.Veg.kd. Bd.10, Bonn-Bad Godesberg 1976, S.103.

Literatur

ABELE, U. 1977: Untersuchung des Rotteverlaufs von Gülle bei verschiedener Behandlung und deren Wirkung auf Boden, Pflanzenertrag und Pflanzenqualität.

AEHNELT, E. und HAHN, J. 1969: Beobachtungen über die Fruchtbarkeit von Besamungsbullen bei unterschiedlicher Grünlandbewirtschaftung. Den Haag.

Dieselben, 1971: Uterus- und Ovarbefunde bei Kaninchen nach Fütterung mit Heu von ungedüngtem und intensiv gedüngtem Grünland. In: Deutsche tierärztliche Wochenschrift, H.4.

Dieselben, 1972: Die Fruchtbarkeit der Tiere als biologischer Indikator für Umweltbelastungen. Tagungsbericht d. Ges. f. Ökologie Gießen.

Dieselben, 1973: Fruchtbarkeit der Tiere – eine Möglichkeit zur biologischen Qualitätsprüfung von Futter- und Nahrungsmitteln? In: Tierärztliche Umschau Nr. 4.

COMMONER, B. et al. 1974: The effect of recent energy price increases on field crop produktion costs.

Derselbe et al. 1975: The vulnerability of crop production to energy problems.

GROSCH, P. 1977: Verträglichkeitsprüfung in Vorrangsgebieten für die Wassergewinnung. (Forschungsprojekt im Auftrage des BMBau). Zwischenbericht III: Wassergewinnungsverträgliche Nutzungskonzepte und Einzelmaßnahmen der Agrarwirtschaft, deren Wirksamkeit und Realisierungschancen. Unveröffentl. Manuskript.

Derselbe, 1978: s.o. Zwischenbericht V, Teil A: Wassergewinnungsverträgliche Nutzungskonzepte und Einzelmaßnahmen der Agrarwirtschaft: Vorstellung von drei alternativen Betriebstypen. Unveröffentl. Manuskript.

HOFFMANN, B. und GROSCH, P. 1978: Biologische Landwirtschaft. In: Entwicklung eines ökologisch-ökonomischen Bewertungsmodells für die Mehrfachnutzung von Landschaften. ARL, Beiträge Bd. 21.

KLEPPER, R. et al. 1977: Economic performance and energy intensiveness on organic and conventional farms in the corn belt: a preliminary comparison.

LOCKERETZ, W. et al. 1975: A comparison of organic and conventional farms in the corn belt.

Derselbe et al. 1976: Organic and conventional crop production in the corn belt: a comparison of economic performance and energy use for selected farms.

MELU – Baden-Württemberg 1977: Auswertung dreijähriger Erhebungen in neun biologisch-dynamisch wirtschaftenden Betrieben.

RONNENBERG, A. 1973: Ökonomische Aspekte der Biologisch-Dynamischen Wirtschaftsweise – Konsequenzen für den Einzelbetrieb und für den Produktmarkt.

SRU 1978: Umweltgutachten 78. Kapitel 1.2.7: Möglichkeiten der Erzeugung fremdstoffarmer Nahrungsmittel im konventionellen und alternativen Landbau. Im Druck.

Derselbe, 1978: Ebenda, Kapitel 3.: Volkswirtschaftliche Aspekte des Umweltschutzes.

STEFFEN/BERG, 1977: Einfluß von Begrenzungen beim Einsatz von Umweltchemikalien auf den Gewinn landwirtschaftlicher Unternehmen. (Hrsg.: SRU).

Gerhard Maas

Zum Problem der Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln in der Landwirtschaft

Pflanzenbehandlungsmittel sind Pflanzenschutzmittel und Wachstumsregler.

Pflanzenschutzmittel sind Stoffe, die dazu bestimmt sind, Pflanzen (einschließlich deren Früchte und Samen) vor Schadorganismen oder Krankheiten oder Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen. Der Begriff Stoff ist im Pflanzenschutzgesetz folgendermaßen definiert: chemische Elemente, Verbindungen, sowie deren Gemische und Lösungen; bearbeitete oder unbearbeitete Pflanzen, Pflanzenteile und Pflanzenbestandteile; Mikroorganismen, Viren sowie ihre Bestandteile oder Stoffwechselprodukte.

Wachstumsregler sind Stoffe, die dazu bestimmt sind, die Lebensvorgänge von Pflanzen zu beeinflussen, ohne ihrer Ernährung zu dienen.

Zu den Pflanzenbehandlungsmitteln gehören auch Stoffe, die dazu bestimmt sind, diesen bei ihrer Anwendung zugesetzt zu werden, um ihre Eigenschaften oder ihre Wirkungsweise zu verändern.

Zum Bekämpfen gehört auch das Verhüten des Auftretens oder der Ausbreitung von Schadorganismen oder Krankheiten.

Tab.1: Pflanzenbehandlungsmittel

Pflanzenschutzmittel	Wachstumsregler
Akarizide	Herbizide (ohne Schutzzweck für Nutzpflanzen)
Bakterizide	Keimhemmungsmittel
Fungizide	Pflanzenwachstumsregulatoren
Herbizide (mit Schutzzweck für Nutzpflanzen)	(Sonstige)
Insektizide	
Leime, Wachse, Baumharze	
Molluskizide	
Nematizide	
Repellents, Wildschadenverhütungsmittel	
Rodentizide	
(Sonstige)	

(nach Laermann 1978)

Nach dem Pflanzenschutzgesetz dürfen Pflanzenbehandlungsmittel nur eingeführt oder gewerbsmäßig vertrieben werden, wenn sie von der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft zugelassen sind, wobei hinsichtlich der gesundheitlichen Voraussetzungen das Einvernehmen des Bundesgesundheitsamtes vorliegen muß. Das Gesetz regelt nicht unmittelbar die Anwendung von Pflanzenbehandlungsmitteln. Hierzu sind flankierende Verordnungen vorhanden.

Neben den Angaben zur Chemie, zur Wirksamkeit, zur Toxizität, zum Rückstandsverhalten auf Pflanzen und zur Einwirkung und dem Verhalten im Boden und Wasser gibt es weitere Richtlinien, um das Verhalten auf die belebte Umwelt zu untersuchen.

Tab. 2: Richtlinien (Prüfungsanforderungen) zu Pflanzenbehandlungsmitteln in der Umwelt

1.) Richtlinie für den Antrag auf Zulassung eines Pflanzenbehandlungsmittels
2.) Prüfung des Versickerungsverhaltens
3.) Unterlagen zum Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln im Boden
4.) Allgemeine Richtlinie für die Durchführung von Versuchen für die Bestimmung von Pflanzenschutzmittelrückständen
5.) Unterlagen zum Rückstandsverhalten eines Pflanzenschutzmittels
6.) Methodensammlung der Arbeitsgruppe Analytik
7.) Kriterien zur Beurteilung der Nebenwirkungen von Pflanzenschutzmitteln auf Bodenmikroorganismen
8.) Unterlagen zur Toxikologie eines Pflanzenbehandlungsmittels
9.) Kriterien zur toxikologischen Bewertung von Pflanzenschutz-, Pflanzenbehandlungs- und Vorratsschutzmitteln
10.) V. Richtlinien für die Prüfung von Pflanzenbehandlungsmitteln auf Bienengefährlichkeit
11.) V. Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Trichogramma cacoeciae MARCHAL als Vertreter der Mikrohymenopteren
12.) V. Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Phygadeuon trichops THOMSEN als Vertreter der Makrohymenopteren
13.) V. Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Coccygomimus turionellae (L.) als Vertreter der großen Ichneumoniden
14.) V. Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Nutzarthropoden der Baumschicht
15.) V. Richtlinie zur Prüfung der Wirkung von Pflanzenschutzmitteln auf Chrysopa carnea Steph.
16.) V. Allgemeine Vorsichtsmaßnahmen beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln
17.) Die Anwendung von Herbiziden an und in Gewässern
18.) Merkblatt „Beseitigung von Pflanzenschutzmittelresten"

(nach Becker 1978)

Darüber hinaus haben die Zulassungsbehörden die Möglichkeit, weitere Untersuchungen zu fordern z. B. auf Geschmacksbeeinflussung, auf Inhaltsstoffe (die bei Getreide und Zuckerrüben generell durchgeführt werden und für Gemüse gerade vor dem Abschluß stehen). Damit ist eine große Flexibilität gegeben bei Problemen, welche sich zukünftig durch neue Mittel und Einsatzbereiche stellen können.

So zeigte sich z. B. bei der Feldmaus, die auf den extensiv genutzten, küstennahen Dauergrünlandgebieten besonders im Bereich der Landwirtschaftskammer Weser-Ems regelmäßig in kurzen Abständen bei etwa 200000 ha Schäden und bei etwa 10000 ha schwerste Schäden anrichtet, zuerst die Bekämpfbarkeit und dann die Bekämpfung als problematisch.

Das Pflanzenschutzmittel „Castrix-Pellets" (Wirkstoff Crimidin) bot neben einer guten Wirksamkeit den Vorteil, daß es sich einfach auf den Grünlandflächen ausbringen läßt. Mit dem Mittel wurden Laborversuche mit Vögeln und Frettchen und auf mehr als 400 ha Freilandversuche durchgeführt, bei denen 30 Vogelarten – vor allem Greifvögel – beobachtet wurden. Geringe Verluste traten bei Möwen auf, die jedoch ohnehin reduziert werden. Aufgrund der Prüfung wurde das Mittel befristet zugelassen. Bei der folgenden Anwendung auf insgesamt mehr als 10000 ha gingen von einigen hundert Störchen in diesem Gebiet einige Störche durch Aufnahme vergifteter Mäuse ein.

Hierauf wurde sofort die Zulassung widerrufen und vom Bundesminister für Landwirtschaft und Forsten ein Anwendungsverbot erlassen. Es ist, neben der Unmöglichkeit, alles zu prüfen, auch eine Frage der Verhältnismäßigkeit der Mittel, und so sind dem einen schon einige Störche zuviel, während vor allem bei den von der Feldmaus Betroffenen das Verständnis für das Anwendungsverbot nicht oder nur schwer eingeht.

Fast alle Pflanzenschutzmittel sind, in unverdünnter Form und in entsprechender Menge durch Mund, Atmungsorgane oder die Haut aufgenommen, „giftig". Die Eigenschaft „giftig" einer Substanz ist mit ihr nicht so unabänderlich verknüpft wie etwa die Eigenschaft rot. Trotzdem wird häufig vorbehaltlos der Aspekt der Giftigkeit von Pflanzenschutzmitteln in den Bereich ihrer kleinsten Rückstände übertragen, obwohl wir aus vielen Bereichen des täglichen Lebens wissen, wie unlösbar der Begriff „Gift" mit Konzentration und Menge einer Substanz verbunden ist.

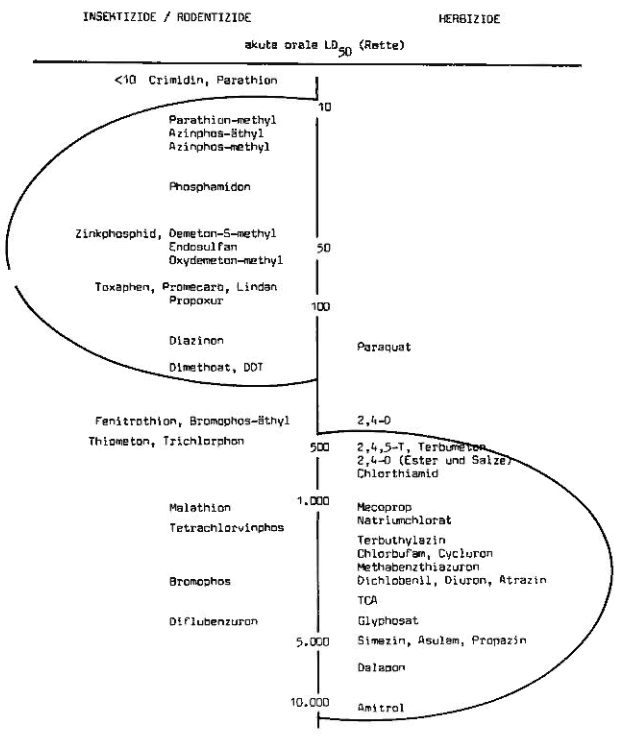


Abb. 1: Logarithmische Toxizitätsskala für einige Pflanzenbehandlungsmittel (Aus Allg. Forstz. Wien 78, 4, 113–117).

Um Ihnen hierzu eine Vorstellung zu vermitteln, gebe ich Ihnen für eine Reihe anderer Stoffe vergleichbare LD50-Werte:

Nikotin (Base)	55
Coffein	233
Luminal (u. a. Schlafmittel)	660
Phenacetin (Schmerzmittel)	1700
Lupulin (Hopfenharz)	1800
Kochsalz (nüchtern)	3750
Kochsalz (normal gefüttert)	6140
Äthanol (abs. Alkohol)	13660

Selbstverständlich läßt sich die „Giftigkeit" nicht allein nach der akut oralen Rattentoxizität messen. Für die Beurteilung eines Pflanzenbehandlungsmittels werden Ergebnisse von Prüfungen auf akute (Anwenderschutz) und chronische (Verbraucherschutz) Toxizität gefordert. Versuche zur Kurzzeit- (bis 28 Tage) und Langzeit-Toxizität (ständige Aufnahme kleinster Dosen, die, einmal aufgenommen, unschädlich sind), werden meist an Ratten und Hunden, Versuche zur Haut-Toxizität an Kaninchen durchgeführt. Weiterhin werden Untersuchungen auf allergische, kanzerogene (krebsbildende), teratogene (Mißbildung hervorrufende) und mutagene (Erbänderung verursachende) Effekte gefordert. Die toxikologischen Untersuchungs- und Bewertungsverfahren sind – und werden weiterhin – international harmonisiert.

Der Mensch lebt heute in seiner Umwelt in einer unbewußten Giftangst, die sogar von fachlicher Seite oft noch geschürt wird, andererseits übt er sich mit erstaunlicher Bedenkenlosigkeit im Gebrauch von modernen Zivilisationsmitteln, deren Mißbrauch gewiß zu schweren Gesundheitsstörungen führt. Innerhalb der vielfältigen – einmal unterschätzten, einmal überschätzten – Vergiftungsquellen, denen wir ausgesetzt sind oder uns selbst aussetzen, haben wir die Pflanzenschutzmittel und ihre Rückstände an den ihnen zukommenden Platz zu stellen. Tödliche Vergiftungsfälle durch Pflanzenschutzmittel sind sehr selten und beruhen bisher ausschließlich auf Unfall, Selbstmord oder Verbrechen.

Leider wird oftmals der Verdacht auf Pflanzenschutzmittel-Vergiftungen in der Presse groß herausgestellt; über nähere Untersuchungsbefunde jedoch nichts mitgeteilt. So berichtete eine Tageszeitung: „Nicht gewaschene, stark gespritzte Trauben aß Robert Lobner (15 Monate) in Groß-Siegharts. Er starb im Rettungsauto ...". Eine Nachprüfung ergab, daß der Junge nicht an den Folgen des Genusses der gespritzten Trauben, sondern an einer Gehirnhautentzündung starb. Dies wurde bei der Obduktion in einem gerichtsmedizinischen Institut festgestellt. Darüber jedoch wurde die alarmierte Öffentlichkeit von der Presse nicht informiert (BERAN 1964). Solche makabren „Zeitungsenten" findet man leider immer wieder.

Die spektakuläre „Selbstmordserie mit ‚E 605'" um 1950 – weniger als 1% aller Selbstmorde – wird auch heute, nach etwa 28 Jahren, noch gerne erwähnt, obwohl wegen der pflichtgemäßen Zugabe von Geruchsstoffen bzw. Brechreizmitteln kein weiterer Fall bekannt geworden ist. Über Unglücksfälle in landwirtschaftlichen Betrieben weisen jüngste Statistiken aus Großbritannien und der Bundesrepublik Deutschland darauf hin, daß nur etwa 1–2 Prozent auf Pflanzenschutzmittel zurückzuführen sind.

Pflanzenbehandlungsmittel dringen auch in die Kulturpflanze ein, und es ist wegen der engen Verwandtschaft von Unkraut und Kulturpflanze verständlich, daß vor allem bei der Anwendung von Herbiziden (chemische Unkrautbekämpfungsmittel) Pflanzen je nach Standort und Witterungsbedingungen, vor allem bei einem Zusammentreffen von für die Aufnahme günstigen und für den Abbau in der Kulturpflanze ungünstigen Bedingungen eine vorübergehende oder bleibende Schädigung eintritt.

In der Praxis und dem Versuchswesen wird gelegentlich beobachtet, daß Getreide nach Herbizidanwendung vorzeitig oder stärker lagert. In ausführlichen Untersuchungen über die möglichen Ursachen wurde festgestellt, daß für

die Standfestigkeit von Getreide wichtige morphologische, anatomische und biophysikalische Merkmale je nach Herbizid, Anwendungstermin, Sorte und Standort z. T. positiv und/oder negativ beeinflußt werden (Abb. 2).

Es ist anzunehmen, daß die Pflanze in ihren für die Standfestigkeit wichtigen Eigenschaften so gut ausgestattet ist, daß sie den normalen, im Durchschnitt der Jahre auftretenden Belastungen auch nach Herbizidanwendung standhalten kann.

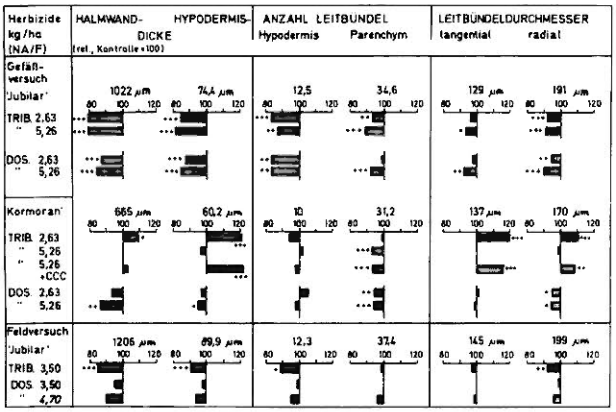


Abb. 2: Herbizideinfluß auf anatomische Merkmale bei Winterweizen (Milch-Teigreife); Differenz zur Kontrolle gesichert bei: +P = 5%, ++P = 1%, +++ P = 0,1 %.

Anders kann es unter extremen Bedingungen sein, wo die festgestellten negativen Veränderungen eine verminderte Standfestigkeit bewirken können, wie es gelegentlich auftritt.

Der Nachweis, daß Pflanzen aus kleinen Körnern – die schon eine längere Jugendentwicklung haben – durch Herbizide relativ stärker geschädigt werden können als Pflanzen aus großen Körnern, kann für die Praxis von Bedeutung sein, weil im neuen Saatgut-Verkehrsgesetz keine Siebsortierung mehr vorgeschrieben ist.

Darüber hinaus können die hier festgestellten morphologischen und anatomischen Veränderungen auch eine Erklärung dafür sein, daß es beim Einsatz einiger Herbizide in unkrautarmen Beständen unter bestimmten Witterungsbedingungen zu Mindererträgen kommen kann. Es sei nur am Rande erwähnt, daß Pflanzenschutzmittel auch die physiologischen Vorgänge in der Pflanze stimulieren können.

Wie aus der Abbildung 3 ersichtlich, müssen diese Fragen in Zusammenhang mit dem Grad der Verunkrautung gesehen werden. Sie werden uns noch später bei den Schadschwellen beschäftigen. Aus dieser Darstellung läßt sich aber auch ableiten, daß Überdosierung von Herbiziden vor allem den Anwender durch Mindererträge so empfindlich treffen kann, daß die Wahrscheinlichkeit einer bewußten Überdosierung sehr gering ist.

Der mehr oder weniger kurze Einfluß auf physiologische Vorgänge in der Kulturpflanze kann sich auch auf die Anfälligkeit gegenüber Krankheiten und Schädlingen auswirken. (Die im Laborversuch oft gefundene pilzgiftige Potenz von Herbiziden spielt in der Praxis keine entscheidende Rolle.)

Wichtiger als die direkten Einflüsse scheinen jedoch die indirekten zu sein. Durch die Ausschaltung der Nährstoffkonkurrenz – es spielt keine Rolle, ob Unkräuter mecha-

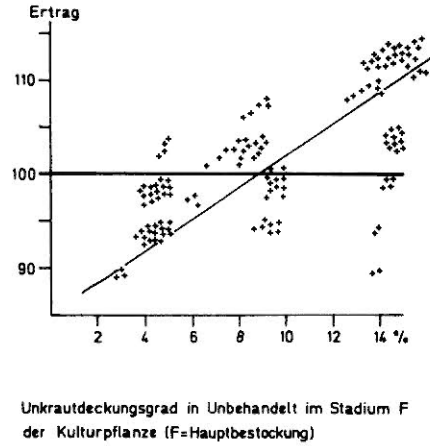


Abb. 3: Erträge von Winterweizen nach Herbizidbehandlung (rel., Kontrolle = 100), 1973 – 1976, 13 Herbizide, 10 Standorte.

nisch oder chemisch beseitigt werden – und die damit verbundene Veränderung des Mikroklimas im Boden können bestimmte Schaderreger positiv oder negativ beeinflußt werden. Auch ist bekannt, daß nach Einsatz einiger Mittel unter bestimmten Standort- (Abb. 4) und Umweltbedingungen (hohe Temperatur = Verdampfung, hohe Lichtintensität = Zersetzung) nicht nur die gewünschte Wirkung ausbleibt, sondern daß es zu verstärktem Befall durch Pilze und Schädlinge kommen kann, so daß evtl. mit anderen Mitteln dem erhöhten Risiko entgegengetreten werden muß.

Mittel, deren Persistenz nicht vertretbar ist, werden nicht zugelassen, und bei denen, deren Persistenz aufgrund neuer Erkenntnisse nicht mehr vertretbar ist, wird die Zulassung nicht verlängert bzw. widerrufen.

Da der biologische Abbau, der bei vielen Stoffen eine größere Bedeutung hat, besonders stark von der Bodenfeuchte abhängt, kann es in trockenen Lagen zu Nachbauschwierigkeiten kommen z. B. Getreide nach Mais, Raps nach Getreide. Auch hier ist die Beratung gefordert, diese möglichen Probleme in die Anwendungsempfehlungen einzubauen.

Nutzpflanzenbestände sind mehr oder weniger künstliche Ökosysteme, in die zum Schutz der pflanzlichen Erzeugung oft regulierend eingegriffen werden muß, um ihre Produktivität zu erhalten und Nahrungskonkurrenten des Menschen zu bekämpfen. Die heute besonders stark empfundene Spannung zwischen der Ökonomie und der Ökologie, die an sich immer bestand, hat darin ihre Wurzel, daß hochproduktive Ökosysteme instabil sind.

Die Menschheit ist heute darauf angewiesen, künstliche oder halbnatürliche Ökosysteme zu bewirtschaften, sie kann mit der Idee des ungestörten Ökosystems praktisch nicht existieren. Langfristig können auch Ökologie und Ökonomie keine Antagonisten sein, da der wirtschaftende Mensch die ökologischen Gesetze in sein Handeln einbeziehen muß, um auf die Dauer den höchsten ökonomischen Effekt zu erzielen.

Manche behaupten zwar, man könne auch im Acker- und Gartenbau auf einen intensiven, vor allem chemischen Pflanzenschutz durch Änderung der Wirtschaftsweise verzichten. Bis die revolutionäre Entwicklung des chemischen Pflanzenschutzes nach dem Zweiten Weltkrieg einsetzte, ist auf allen denkbaren Wegen intensiv geforscht worden, und auch heute konzentriert sich die mit öffentlichen Mitteln finanzierte Forschung in der ganzen Welt auf die Aus-

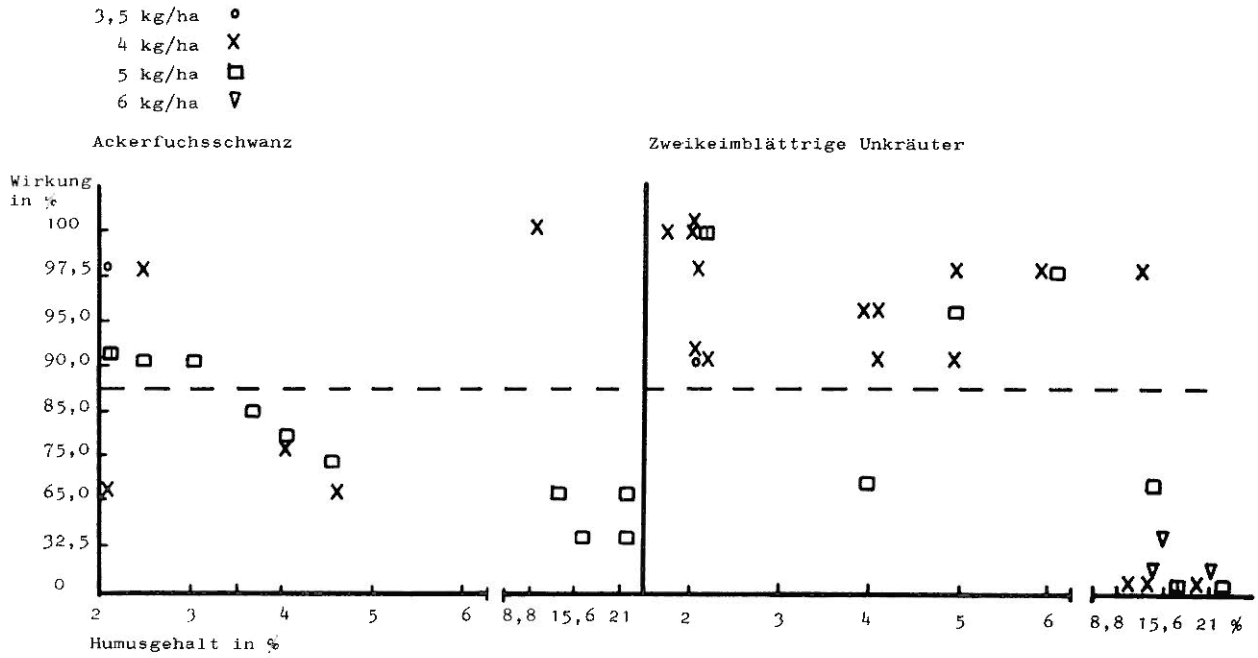


Abb. 4: Einfluß des Humusgehaltes des Bodens auf die Wirkung eines Herbizides, welches nach dem Auflaufen der Kulturpflanzen angewandt wurde.

schöpfung nichtchemischer Verfahren. Leider müssen wir immer deutlicher erkennen, daß ihrer Nutzanwendung Grenzen gesetzt sind. Während bei Insekten in verschiedenen Klimagebieten gute Ergebnisse erzielt werden, ist man in der Unkrautbekämpfung in Kulturpflanzenbeständen bisher nicht weitergekommen. Ich erinnere z. B. an die hoffnungsvoll begonnene Unkrautbekämpfung durch Insekten, oder von Wasserunkräutern mittels Graskarpfen, ohne daß sich hier durchschlagende und allgemein anwendbare Verfahren abzeichnen.

Eine Zurücknahme der chemischen Unkrautbekämpfung würde zwar in einigen Fällen den Unkrautbesatz wieder ansteigen lassen – ich darf daran erinnern, daß schon vor 1900 einige Betriebsleiter ihren Gästen ein Goldstück für jedes in ihren Zuckerrüben gefundene Unkraut gaben, und daß nach der „Roten Liste" der Farn- und Blütenpflanzen nur 9 Arten auf den Unkrautfluren der Äcker, Gärten und Weinberge verschollen (nicht „ausgerottet") sind, darunter die den Lein begleitenden Arten und daß sich inzwischen auch wieder neue, eingeschleppte Arten angesiedelt haben. Ferner befindet sich der totgesagte Maikäfer wieder in der Progradation. Auch ist 1978 und war 1977 z.B. der Mohn auf ihm zusagenden Flächen wegen der günstigen Keim- und winterlichen Witterungsbedingungen wieder sehr zahlreich vertreten. Erstaunlicherweise ist die Frage noch vollkommen offen, ob nicht etwa eine mechanische Unkrautbeseitigung das Lebensgefüge nachhaltiger stört als eine chemische. Die Zuckerrübe z. B., über Generationen als die „Hackfrucht" angesehen, gedeiht mit chemischer Unkrautbekämpfung gleich gut oder oft sogar besser als mit der Hacke, die ihr die flachliegenden Wurzeln nimmt. Alle Experten, die sich mit der Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und -schädlingen unmittelbar auseinanderzusetzen haben, wissen sich darin einig, daß chemische Pflanzenschutzmittel durch nicht chemische Verfahren in absehbarer Zeit nur sehr begrenzt zu ersetzen sind.

Es bleibt zur Zeit daher nur der Weg, die chemischen Verfahren mit den nicht chemischen Methoden ökologisch sinnvoll zu kombinieren, um die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln auf das unbedingt notwendige Maß zu beschränken.

Der integrierte Pflanzenschutz hat den Sinn, durch gezieltes Eingreifen in die Populationsdynamik die Dichte von Schaderregern bei der Schadschwelle abzusenken und dabei das Potential der Antagonisten zu schonen. Prophylaktische und breit wirkende Bekämpfungsmaßnahmen passen nicht in dieses Konzept. Wenn insbesondere die Prophylaxe heute im praktischen Pflanzenschutz dennoch eine bedeutende Rolle spielt, dann liegt dies zu einem großen Teil an der herrschenden Prognoseunsicherheit, zum anderen kann eine notwendig werdende Maßnahme nicht immer termingerecht durchgeführt werden, weil entweder die Mittel fehlen oder eine Behandlung technisch nicht durchführbar ist, z. B. bei plötzlich eintretender Regenperiode, in der die Felder nicht befahren werden können. Um dieses Risiko so gering wie möglich zu halten, zieht die Praxis aus einzelbetrieblicher Sicht im Zweifelsfall eine frühzeitige Behandlung vor. Damit diese Behandlungen nach dem Versicherungsprinzip auf ein Minimum reduziert werden können, bedarf es verstärkter Forschungen auf dem Gebiet der Schadensprognose in Verbindung mit der Erarbeitung von Schwellenwerten für die tolerierbare Populationsdichte von Schaderregern unter den verschiedensten produktionstechnischen Bedingungen.

Der Anwender von Pflanzenbehandlungsmitteln erwartet in der Regel einen höheren Ertrag durch seine Maßnahme. Ist der finanzielle Mehrertrag größer als die Kosten der Behandlung, dann war die Schadschwelle überschritten. Bei Anwendung mehrerer Mittel ist die Bewertung der einzelnen Maßnahmen oft nicht möglich. Während Schadschwellen für viele Schädlinge und einige Krankheitserreger erarbeitet sind, befinden sich derartige Untersuchungen bei Unkräutern noch am Anfang.

Viele Versuchsergebnisse der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Mehrerträge nach Anwendung einer chemischen Unkrautbekämpfung im Wintergetreidebau oft im Bereich von nur 5–10 % liegen, und damit wirtschaftlich meist nicht mehr interessant sind (Abb. 3). Doch die Situation kann je nach Standort so schnell variieren, daß eine Fehlprognose schwere Schäden nach sich ziehen kann, denn neben der Ertragshöhe sind auch der Mähdrusch, eine mögliche erhöhte Kornfeuchte oder unzulässiger Schwarzbesatz,

Pflanzenbehandlungsmittel werden über verschiedene Wege abgebaut (Abb. 5).

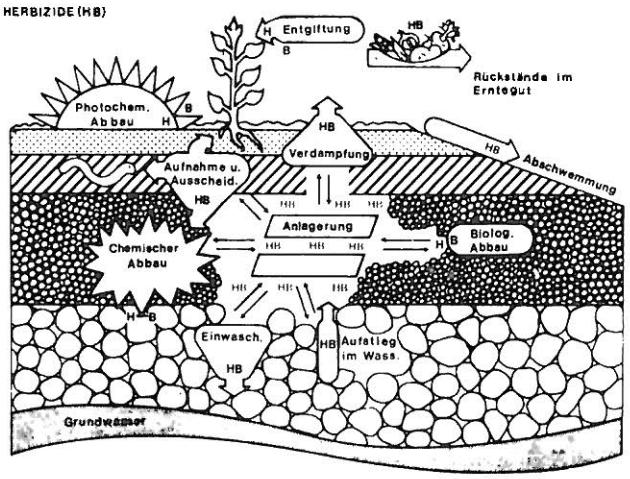


Abb. 5: Abbau und Verbleib eines Herbizidwirkstoffes im Boden. (Aus Weeds Today, 1974, 4, 16–17.)

Durchwuchs bei Lagergetreide und, im Hinblick auf eine Samenbildung, die Folgekulturen in die Überlegungen einzubeziehen.

Da nicht alle Pflanzenschutzfragen – auch nicht mit chemischen Mitteln – problemlos zu lösen sind und es keine fertigen Rezepte zur Bekämpfung von Krankheiten und Schädlingen gibt, die eine dauerhafte Gültigkeit besitzen, sind wir sicher gut beraten, alle möglichen Wege zu verfolgen. Der Mensch greift seit etwa 2000 Jahren verstärkt in das Ökosystem ein und schafft, wie es HABER provisorisch bezeichnet, ein Gesellschaft-Umwelt-System. Wir kennen heute noch viel zu wenig die Funktionen, durch die uns dieses Gesamtsystem begegnet.

Der Praktiker ist als einzelner überfordert, in der Bewältigung seiner täglichen Aufgaben allen Forderungen in der Anwendung gerecht zu werden; es sind ihm daher durch intensive Beratung Entscheidungshilfen für folgende Zielsetzung zu bieten (DIERCKS, 1978):

Rationelle Produktionstechnik unter Berücksichtigung ökologischer Notwendigkeiten,

Erzeugung qualitativ hochwertiger und gesunder Nahrungsmittel und

Erhaltung eines gesunden Lebensraumes.

Literatur

DIERCKS, R.: Pflanzenschutzberatung – eine kritische Gesamtbilanz. Ausbildung und Beratung in Land- und Hausw. **31** (1978) 43–46.

HABER, W.: Die Bedeutung ökologischer Gesetzmäßigkeiten bei der Landbewirtschaftung. Ref. z. Koll. des Dachverb. Wiss. Ges. der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e.V. am 19.7.1976 in München.

Abb.: Wallheckenlandschaft in der Grafschaft Dorset/Südengland.

Gustav Wellenstein

Zum Problem der Biozidanwendung in der Forstwirtschaft

Zum besseren Verständnis der Biozid-Situation in der Forstwirtschaft sei folgendes vorausgeschickt:

Die Wälder Mitteleuropas sind im Gegensatz zu landwirtschaftlich genutzten Flächen und Weinbergen noch recht stabile Ökosysteme, deren Korrektur durch Forstschutzmaßnahmen relativ geringe Aufwendungen verlangt; diese liegen im Staatswald Baden-Württemberg im langjährigen Durchschnitt bei 9,50 DM/ha = 4,8 % aller Betriebsausgaben. In einigen anderen deutschen Bundesländern und in Österreich sind zum Schutz der dort weniger krisenfesten Forsten höhere Aufwendungen notwendig.

Stürme, Schnee, Hagel, Frost, Dürre und Feuer verursachen immer wieder mehr oder weniger große Bestandsschäden und Holzverluste, in seltenen Fällen von katastrophalem Ausmaß. Diese abiotischen Einflüsse bestimmen in erster Linie den Schadholzanfall, der im langjährigen Mittel 17 % der jährlichen Holzernte ausmacht (17,61).

Tabelle 1:

Jährliche Aufwendungen für Forstschutz in Baden-Württemberg (1977).

Wildschaden-Verhütung	72%
Insekten-Bekämpfung	16%
Ameisenhege u. Vogelschutz	5%
Mäuse-Bekämpfung	3%
Bekämpfung schädlicher Pilze	1%
Feuerschutz, Geräte u.a.	3%

Unter den schädlichen Waldbewohnern stehen unsere Wildarten, besonders das Rot- und Rehwild, in den Alpen auch das Gamswild, an erster Stelle. Dies bestätigt ein Blick auf die Verteilung der Forstschutz-Ausgaben (Tab. 1). Ein beträchtlicher Teil der durch Wild bedrohten Waldflächen ist eingezäunt; im restlichen Teil werden die Pflanzen mechanisch oder durch Aufbringen chemischer Abwehrmittel geschützt. Die hierfür amtlich zugelassenen 30 Präparate sind hygienisch unbedenklich und belasten nur die einzelne Pflanze geringfügig. Die betriebswirtschaftlich günstigere Flächenverwitterung ist wenig wirksam und auch wildbiologisch unerwünscht.

Zum Einsatz von Fungiziden kommt es meist nur in Pflanzgärten und in Kiefernkulturen. Die viele Jahrzehnte lang mit Erfolg verwendeten Kupferkalk-Brühen sind durch die betriebswirtschaftlich günstigeren organischen Pilzgifte (z.B. MANCOZEB, MANEB, METIRAM, ZINEB) verdrängt, ohne daß es bisher dadurch ernste Probleme gegeben hat.*)

*) Nach Untersuchungen des Forstbotanischen Institutes der Universität Freiburg i.Br. haben sich allerdings einige Fungizide (z.B. ORTHOPHALTAN, DITHANE-ULTRA, POLYRAM-COMBI und ORTHOZID) im Labortest an Hefepilzen als mutagen erwiesen (47). Auch haben Fungizide einen tiefgreifenden Einfluß auf Bodenpilze und damit auf einen wichtigen Bestandteil der Rhizosphäre (50).

Das läßt sich allerdings nicht sagen für die chemische Bekämpfung forstschädlicher Mäuse. Zwar ist durch alljährliche Fallenkontrolle eine frühzeitige Bekämpfung sichergestellt. Die 11 amtlich zugelassenen Präparate sind jedoch keineswegs risikoarme Standard-Mittel. So konnten wir schon vor 20 Jahren nachweisen, daß ein Verfüttern der mit TOXAPHEN (Staub 10 % bzw. Emulsion 50 % Wirkstoff) vergifteten Mäuse auch die Hälfte der Versuchstiere tötet; es waren Greifvögel, Eulen, Dohlen und Spitzmäuse (35). Sogar noch 1977 sind Weißstörche, Lachmöven, Marder und Füchse nach dem Ausstreuen 10 kg/ha CRIMIDIN-PELLETS durch Hubschrauber an krampfartigen Symptomen verendet (22). Es ist sehr zu begrüßen, daß die Biologische Bundesanstalt daraufhin das bereits amtlich zugelassene Präparat schneller aus dem Verkehr gezogen hat, als nach ihrer bisherigen Praxis zu erwarten war. Hygienisch tragbar sind nach wie vor die ARREX-E und ARREX-M-Köder, deren Wirkstoff Zinkphosphid sich im verendeten Tier schnell zersetzt und deshalb den Vertilgerkreis der Mäuse nicht gefährdet (35). Obwohl diese Köder von der sehr schädlichen Erdmaus *(Microtus agrestis)* nur zögernd angenommen werden, basiert die Mäusebekämpfung zum größten Teil auf ihnen.

Sorge macht z. Zt. noch die vorbeugende chemische Bekämpfung des Großen braunen Rüsselkäfers *(Hylobius abietis)* und der Borkenkäfer durch Schutztauchung oder Schutzspritzung der Kulturpflanzen bzw. Nutzholz-Stapel. Die hierbei verwendeten Präparate – früher Kalkarsenat, dann DDT, heute LINDAN und TETRACHLORVINPHOS – sind nicht unbedenklich, bei sorgfältiger Ausbringung jedoch als Punkt- und Polderbegiftung landschaftshygienisch tragbar (16). Es bleibt aber ein Unbehagen, wenn man bedenkt, daß hier der Einsatz von Insektengiften zur Routinemaßnahme geworden ist, die bei der Größe der Forstreviere meist unkontrolliert von Waldarbeitern durchgeführt wird. Keinesfalls darf gespritztes Stammholz in Seen gelagert werden, wie seiner Zeit in Schweden (2), und auch die Verarbeitung von chemisch vorbehandelten Wert-Eichen zu Faßdauben ist riskant.

An der großflächigen Bekämpfung der – wenigstens in der Bundesrepublik Deutschland – selten gewordenen Raupenplagen entzündet sich meist die Kritik der Öffentlichkeit, aber auch ernst zu nehmender Naturschützer. Auf sie sei deshalb etwas näher eingegangen:

Zur Ausbringung der Pestizide haben sich langsam fliegende Doppeldecker wegen ihrer kurzen Start- und Landebahn, aber auch wegen ihrer relativ hohen Zuladung sehr bewährt (32,52). Heute bevorzugt man jedoch Hubschrauber, weil sie das Präparat genauer auszusprühen vermögen als schnell fliegende Startflugzeuge. Als Raupengifte wurden zunächst 40%ige, dann 17%ige, schließlich 8%ige Kalkarsenat-Stäube, seit 1936 auch 7 – 10%ige DINITROKRESOL-Stäube, nach dem Zweiten Weltkrieg DDT-, HEXACHLORCYCLOHEXAN- und organische Phosphorsäure-Präparate verwendet, letztgenannte meist als Suspensionen oder Emulsionen, wobei Wasser oder Dieselöl als Träger diente.

Der jahrzehntelange Lernprozeß war zunächst von häufigen und schweren Nebenschäden begleitet. Dafür einige Beispiele:

- Zartes Laub und junge Triebe wurden durch die ätzende Wirkung von DINITROKRESOL-Stäuben abgetötet (52). Kalkarsenat und moderne Berührungsgifte verursachten Verluste an Kleinvögeln, aber auch an Wild und Weidevieh (48,52,55,59,64).
- Die mit der Ausbringung dieser Präperate Beauftragten litten unter Erbrechen (ARSEN), langjähriger Mageninsuffizienz (DINITROKRESOL), temporärer Lähmung der Gliedmaßen (HEXACHLORCYCLOHEXAN) und – in einigen Fällen tödlich verlaufener – Leberschädigung sowie chronischer Allergien (74).
- Schon bei einer geringen Überschreitung der Dosis fanden wir auch noch vor wenigen Jahren gelähmte Kleinvögel nach großflächigem Versprühen einer organischen Phosphor-Verbindung (74).
- Da die Honigbienen den Arsenstaub als Pollen in ihre Stöcke eintragen und an die Brut verfüttern, überstiegen in der Frühzeit der Waldbestäubungen die Entschädigungssummen für vergiftete Bienenvölker manchmal die reinen Bekämpfungskosten (5,24). Seit dem Übergang zum Spritzen sind die Bienenverluste rückläufig. Wo als Trägerstoff kein Wasser, sondern Diesel verwendet wurde, gingen selbst beim Ausbringen bienengefährlicher Insektizide keine Völker verloren (56).
- Ein Dieselöl-Spray bis zu 30 kg/ha wird in den obersten Waldbodenschichten festgehalten, erreicht also nicht die in tieferen Zonen lebenden Organismen und das Grundwasser (13).
- Es hat sich gezeigt, daß Raupen mit jedem Häutungsstadium widerstandsfähiger werden gegen den insektiziden Wirkstoff; eine frühzeitig durchgeführte Begiftung erzielt also den gewünschten Erfolg mit einem relativ geringen Aufwand an Präparat und Kosten (52,59).

In deutschen Wäldern sind von 1925-1978 mindestens 1,4 Mio. ha mit Pestiziden belegt worden, pro Jahr also ca. 26000 ha; das ist auf 10 Mio. ha Waldfläche und gemessen an den Aufwendungen der Landwirtschaft nicht viel*). Nur ca. 5% aller in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten Präparate gegen Tiere und Pilze werden alljährlich von der Forstwirtschaft beansprucht. Im Staatswald Baden-Württemberg ist ihr Verbrauch von 1970-1973 weiter zurückgegangen: in der Wildschadenverhütung um 41%, bei den Mäusegiften um 18%, bei den Insektiziden um 32% und bei den Pilzgiften sogar um 87% (15). Dieser erfreuliche Prozeß ist sicher nicht nur die Auswirkung einer intensiven Beratung durch die Abteilung Waldschutz der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt in Freiburg/Wittental, sondern auch bedingt durch eine ökologisch orientierte Waldbaupraxis. Nur in großen, gleichaltrigen Reinbeständen außerhalb des natürlichen Verbreitungsgebietes der Hauptbaumart und nach abiotisch verursachten Katastrophen oder nach extrem warmtrockenen Sommern treten auch heute noch ernste Forstschutzprobleme auf, die manchmal einen größeren Pestizid-Einsatz notwendig machen. Früher beherrschte die Bekämpfungs-Strategie mit chemischen Mitteln, oft als Folge falschen waldbaulichen Planens und Handelns, den forstlichen Pflanzenschutz. Heute aber sehen wir unsere Hauptaufgabe in einer genauen Prognose, die aufgrund bekannter und neu entwickelter Verfahren der Schädlingsüberwachung gestellt wird (18). Erst wenn mit hoher Wahrscheinlichkeit schwere wirtschaftliche Einbußen und Biotop-Zerstörungen durch Schadorganismen zu erwarten sind, wird der Einsatz eines Pestizides als „ultima ratio" vorbereitet.

*) SCHON 1962 wurden mehr als 30% der 4 Mio. ha großen Getreideanbaufläche der Bundesrepublik Deutschland mit Unkrautvernichtungsmitteln behandelt (31), 1971 waren es bereits 75%.

Ausbringungsweise, Aufwandmenge und Konzentration des chemischen Präparates sind dem zu behandelnden Waldbestand, seinem Alter, seiner Zweig- und Blattmasse, aber auch dem Entwicklungszustand des Schädlings und seiner natürlichen Feinde anzupassen.

Solche Eingriffe in ein empfindliches Ökosystem sollten deshalb stets unter verantwortlicher Leitung eines erfahrenen Biologen vorgenommen werden. Die immer wieder im landwirtschaftlichen Pflanzenschutz auftretenden Pannen sind in erster Linie auf die Nichtbeachtung vorgenannter Forderungen zurückzuführen.

Wenn also Forstschutzmaßnahmen heute nur in Ausnahmefällen eine zusätzliche, bedenkliche Umweltbelastung verursachen, so müssen doch die auch im Walde spürbaren Unzulänglichkeiten und Gefahren der Chemotherapie offen diskutiert werden (54,55,57,59,64-71), denn die Zeiten, in denen man glaubte, unter Hinweis auf die Segnungen des technischen Fortschrittes jedes biologische Wagnis eingehen zu können, sind unwiderruflich vorbei!

Drei Probleme scheinen mir besonders aktuell:
- Die Ausbringungsweise von Pestiziden,
- der Einsatz chemischer Präparate bei der Kulturpflege und Durchforstung und
- die amtliche Mittelprüfung und Zulassung neuer Präparate.

Die Ausbringung einer möglichst umweltschonenden, aber auf den Schädling gerade noch sicher wirkenden Pestizidmenge stellt in hohen, tiefbeasteten Waldbeständen wegen der Abfilterung durch die Zweig- und Laubmasse der Bäume den Bekämpfungsleiter vor schwierige Entscheidungen (52). Der aus betriebswirtschaftlichen Erwägungen verständliche Entwicklungsprozeß vom Verstäuben und Verspritzen geringprozentiger Präparate zum Versprühen und Vernebeln hochkonzentrierter Wirkstoffe ist human- und landschaftshygienisch ein Rückschritt. Denn je feiner ein als hochtoxische Stammemulsion geliefertes Präparat verteilt wird, umso größer ist sein Wirkstoffverlust durch Abtrift, umso größer und unspezifischer auch seine Wirkungsbreite innerhalb der Lebensgemeinschaft eines Ökosystems.

Tabelle 2:

Wirkung verschiedener Ausbringungsverfahren eines Kontaktgiftes (HEXACHLORCYCLOHEXAN) in praxisüblicher Dosierung auf die Waldbiozönose gemessen am Totenfall auf je 60 Leimtafeln in 31 Tagen (59).

Insekten	zusammen	schädliche	nützliche u. indifferente		
absolut:					
1 Rauch	2267	477	261 + 1529 = 1790		
2 Staub	1738	385	223 + 1130 = 1353		
3 grober Spray	1682	481	198 + 1003 = 1201		
relativ:					
1 Rauch	100	100	100	100	100
2 Staub	77	81	85	74	75
3 grober Spray	74	100	76	66	67

1 und **2** mit Bodengerät, **3** mit Flugzeug

Tab. 2 zeigt, daß Rauch und Spritzmittel auf die an Blättern bzw. Nadeln fressenden Schädlinge gleich gut wirken; die nützlichen und indifferenten Insekten aber werden vom wässrigen Spray – wohl wegen seines groben Rasters – geringer dezimiert. Der Staub hat demgegenüber keine selektionierende Wirkung und insgesamt eine schlechtere Abtötung erzielt als die beiden anderen Ausbringungsformen.

Die schweren Verluste an Bienen in Baden, der Pfalz und in Rheinhessen (9) sowie an Waldameisen und honigtauerzeugenden Baumläusen, die vor einigen Jahren in drei Waldgebieten Österreichs nach Vernebeln des reinen Wirkstoffs organischer Phosphorverbindungen (MALATHION bzw. NEXION + DIPTEREX) eintraten, bestätigen diese alte Erfahrung erneut (27,28). Was bei der chemischen Bekämpfung grundsätzlich beachtet werden sollte, ist aus Tabelle 3 zu ersehen.

Tabelle 3:

Abhängigkeit der Breitenwirkung von Pestiziden von der Begiftungsfläche, Giftart u. Ausbringungsweise

Begiftung	Vom hygienischen Standpunkt aus ist die tragbar	gefährlich	höchstbedrohlich
punktförmig	Kontaktgift* Tauchen, Spritzen Streuen	Kontaktgift* Stäuben Sprühen	– – –
kleinflächig	Fraßgift Spritzen Streuen	Kontaktgift* Stäuben Sprühen	– – –
großflächig (Hubschrauber, Flugzeug oder Nebelblaser	Selektives Pestizid** mit Wasser abregnen versprühen oder als Granulat ausstreuen	Kontaktgift* Stäuben Dieselölspray	Kontaktgift* hochkonzentriert als Nebel oder Rauch ausgebracht

* zur Bekämpfung von Insekten und nicht erwünschter Vegetation.

** Pflanzenschutzmittel von geringer Wirkungsbreite, z.B. insektentötende Viren oder andere art- bzw. gruppenspezifische Krankheitserreger.

Tab. 3: In der Bundesrepublik Deutschland werden, örtlich wechselnd, 10–20% der Forstkulturen chemisch gereinigt. Dazu kommt der Herbizid-Einsatz bei der Umwandlung von Niederwald, Ödland und Sozialbrache in Koniferenbestände, aber auch entlang den Waldstraßen und Entwässerungsgräben.

Der chronische Mangel an Arbeitskräften hat den chemischen Präparaten zur Beseitigung oder Zurückdrängung unerwünschter Vegetation auch den Wald geöffnet; heute stehen diese im Mengenverbrauch an der Spitze aller Forst-Pestizide.

Die chemische Industrie hat diese Marktlücke frühzeitig erkannt und bemüht sich durch eine ebenso geschickte wie auch massive Werbung um das forstliche Absatzgebiet. Obwohl der zunächst sprunghafte Anstieg im Verbrauch von Forstherbiziden offensichtlich zum Stillstand gekommen ist, wirft ihr Einsatz in den Wäldern nach wie vor sehr ernste Probleme auf (3,6,11,12,21,30,31, 38-41,65-70). Die ca. 53 zugelassenen Präparate sind von sehr verschiedener chemischer Struktur und haben dementsprechend auch eine sehr verschiedene Wirkungsweise. Unter ihnen ist besonders die Gruppe der Wuchsstoffmittel heute weltweit umstritten. Ihre der pflanzenbürtigen Beta-indolyl-Essigsäure verwandte aktive Substanz greift massiv in fein abgestimmte Stoffwechselvorgänge der Pflanze ein und steuert sie um. Über die dabei entstehenden neuen chemischen Verbindungen (Metabolite) ist unser Wissen noch sehr lückenhaft. Nach Versuchen von PÄTZOLD, SCHILLER, SCHUPHAN und WEINMANN (26,33,41,76) haben sie selbst noch in Spuren (Micro- und Nano-Gramm-Bereich) Nachkommenschaftsschäden an Nagetieren hervorgerufen, was für den reinen Wirkstoff erst bei höherer Dosis zutrifft. Wer solche Versuchsergebnisse ignoriert, setzt sich dem Vorwurf mangelnder Objektivität aus! Bedenklich ist, daß diese keineswegs harmlosen Pflanzenkiller auf den mit artenreicher Schlagflora bedeckten Waldblößen und jungen Kulturen oft recht unbekümmert versprüht werden, obwohl sich gerade hier die Tiere des Waldes vom kleinsten Insekt bis zum Schalenwild konzentrieren. Da der Empfindlichkeitsgrad der Pflanzen gegenüber Wuchsstoffmitteln nach Alter und Art in weiten Grenzen schwankt, ist es nicht möglich, eine Dosis festzulegen, die eine Vernichtung oder auch nur Zurückdrängung unerwünschter Konkurrenzpflanzen ohne Nebenschäden erreicht. Am erträglichsten ist noch die punkt- oder streifenförmige Ausbringung als schwach konzentrierte Brühe in großer Aufwandmenge, also mindestens 600 l/ha, mit der Rückenspritze. Aber dagegen sprechen nicht nur betriebswirtschaftliche sondern auch humanhygienische Überlegungen. Bei ganzflächigem Versprühen durch Luftfahrzeuge oder Nebelblaser sind Schäden durch Abtrift der sehr flüchtigen, noch in der Gasphase stark wirkenden Präparate unvermeidbar.

In Forstkulturen der Eifel und des Hunsrück haben nach Aussprühen amtlich zugelassener Aufwendungen von 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure-Ester durch Hubschrauber bis zu 40% aller jungen Fichten und Douglasien die Masse ihrer Nadeln verloren und sind zum großen Teil abgestorben (68). Auch eine 1200 m vom Sprühgebiet entfernte Trinkwasser-Talsperre wurde kontaminiert (29). Wiederholt traten nach Herbizid-Aktionen schwere Bienenverluste ein (23,31,67,68) und in den Waben benachbarter Bienenstöcke fanden wir noch nach neun Monaten das Wuchsstoffmittel, wenn auch nur in Spuren. In Pflanzen, Beeren und Pilzen aber überstiegen die gaschromatisch nachgewiesenen Rückstände den für Nahrungsmittel festgelegten Höchstwert wochenlang um das 30-400 fache (25,68-70 und Abbildung). Bis heute ist nicht untersucht, wie sich diese Rückstände an Herbiziden und ihren Metaboliten auf die Bienenbrut und die Waldbiozönose auswirken.

Diese allen bisherigen Erkenntnissen widersprechende, nur betriebswirtschaftlich motivierbare Herbizid-Ausbringung durch Luftfahrzeuge muß man als einen gefährlichen Irrweg bezeichnen, der den Pflanzenschutz und die Forstwirtschaft in gleicher Weise belastet und deshalb generell verboten werden sollte (68,75).

Die chemischen Mittel zur Beseitigung unerwünschter Vegetation liefern auch Beispiele für die Unzulänglichkeit der amtlichen Mittelprüfung, auf die unter anderem Gesichtspunkt schon mehrfach hingewiesen worden ist (8,42-45). Wie wäre es sonst zu verstehen, daß erst lange Zeit nach unbeschränkter Zulassung der Viehauftrieb auf mit Wuchsstoff-Präparaten behandelte Weiden in den ersten drei Wochen nach der Besprühung untersagt werden mußte, weil wiederholt Nutztiere -zum Teil tödlich- erkrankten (1)? Die Feststellung hoher Rückstände an 2,4,5-T in Waldfrüchten hatte sogar erst 22 Jahre nach amtlicher Zulassung ein begrenztes Anwendungsverbot zur Folge (70). Ein Herbizid der PARAQUAT-Gruppe wurde erst in eine Giftabteilung eingestuft, nachdem es bei Waldarbeitern Erkrankungen der Atemwege ausgelöst hatte (11,70,72). Bei allem Verständnis für die Zwangslage, in der sich die Zulassungsbehörden befinden, erscheint nicht nur dem Referenten die Forderung nach einer längeren, ökologisch ausgerichteten Mittelprüfung vordringlich zu sein (71). Notwendig ist auch deren Ausdehnung auf die bereits in einigen Fällen erwiesene Toxizität der Ab- und Umbauprodukte von Pestiziden (44). Das gilt besonders für systemische Insektengifte und Wuchsstoff-Herbizide, die tief in die Pflanzen eindringen. Auch die Lieferung chemischer Bekämpfungsmittel in Form hochkonzentrierter Stammemulsionen ohne deutlich lesbaren, warnenden Hinweis auf deren hohe Giftigkeit fordert die Kritik heraus (71). Die Fahrlässigkeit im Umgang mit bedenklichen Fremdstoffen wird durch dieses schon oft beanstandete Versäumnis noch gefördert! Trotz der eindeutigen Empfehlungen des Deutschen Forstvereins zum Thema „Pestizide

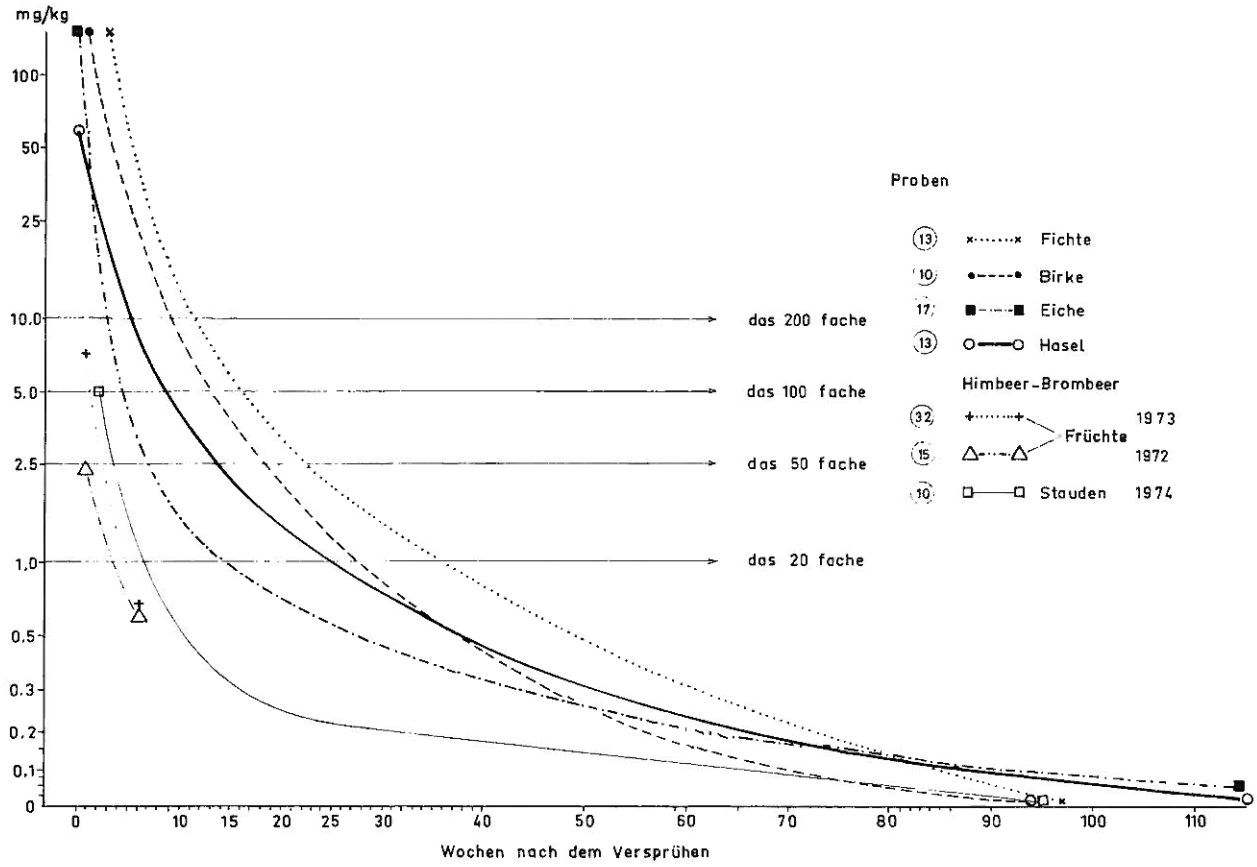


Abb. 1: Rückstände an Wuchsstoff-Herbiziden der 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure in verschiedenen Forstpflanzen und Waldbeeren bezogen auf den Toleranzwert der Höchstmengen-Verordnung = 0,05 mg/kg (70).

im Wald" (1974), trotz der Schulungskurse und Merkblätter beobachtet man immer wieder da und dort eine erstaunliche Leichtfertigkeit bei der Planung und Durchführung chemischer Maßnahmen.

Deshalb sollten letztlich verantwortliche Bundesbehörden (Biologische Bundesanstalt und Bundesgesundheitsamt) ihre Stellungnahmen (7, 49) sorgfältiger abwägen, damit sie nicht als Freibrief für unbekümmerten Pestizid-Einsatz ausgelegt werden können (72). Die wachsende Erkenntnis, daß breit wirkende Gifte nicht der Weisheit letzter Schluß sind, hat dazu geführt, daß sich auch die Pflanzenschutz-Industrie an der Entwicklung von umweltfreundlicheren Verfahren der Schädlingsbekämpfung beteiligt. Schon heute besitzen wir synthetisch hergestellte Insekten-Lockstoffe und Häutungshemmer, aber auch Präparate, die art- oder gruppenspezifische Raupenkrankheiten auslösen (14,36,37,51,62). Augenmerk verdienen auch Mittel, die bisher ausschließlich unter dem Gesichtspunkt der Walddüngung bewertet wurden. Wir wissen ja seit langer Zeit, daß Stickstoffdünger die Entwicklung von Blatt- und Rindenläusen fördern, die natürliche Sterblichkeit der Blattwespenlarven jedoch erhöhen. Kalidünger hemmt das Wachstum forstschädlicher Pilze und Müllklärschlamm-Kompost Rüsselkäferschäden (60,63). Gegen Raupenfraß krisenfeste Kiefernbestände haben in ihren Nadeln einen signifikant höheren Gehalt an Kieselsäure (SiO_2) als die häufig von Raupenplagen heimgesuchten Waldteile desselben Forstreviers (19). Auch auf diesem Sektor liegt also ein großes, noch wenig beackertes Arbeitsfeld vorausschauenden Pflanzenschutzes.

Alle bisher kritisch besprochenen Maßnahmen bezwecken eine Vernichtung oder wenigstens eine fühlbare Schwächung gefährlicher Schadorganismen durch gezielte Bekämpfungsmaßnahmen biologischer oder chemischer Natur. Es wird auch in der Forstpraxis noch immer zu wenig beachtet, daß durch eine ökologisch ausgerichtete Waldbau-Planung und Waldbau-Technik sich viele Forstschutzprobleme von selbst erledigen. Hierfür einige Beispiele:

- Pflanzenparasitäre Fadenwürmer (Nematoden), in der Landwirtschaft als gefährliche Schädlinge gefürchtet, spielen forstlich nur in den großen Baumschulen eine Rolle, deren Böden intensiv bearbeitet und mit hohen Gaben humuszehrender, synthetischer Stickstoffdünger belastet werden.
- Ein starker Seegras-Filz *(Carex brizoides)* begünstigt den Strahlungsfrost und die gefährliche Erdmaus; er bildet sich aber nur auf Kahlflächen und macht dann eine kostspielige „Unkrautbekämpfung" erforderlich. In Naturverjüngungsbeständen ist eine kulturbehindernde Vergrasung selten.
- Auch der große braune Rüsselkäfer, von dem wir gehört haben, daß er heute durch routinemäßige Begiftung von den Kulturpflanzen ferngehalten wird, ist nur auf Kahlschlagflächen mit frischen Stöcken schädlich; in

Vollumbruchkulturen, wo die für den Käfer wichtigen Baumstubben fehlen, und auch in Naturverjüngungen kennen wir keine Rüsselkäferprobleme. Dasselbe gilt für den Hallimasch-Pilz *(Agaricus melleus)*.

- Der südlich von Mannheim liegende ca. 3000 ha große Schwetzinger Hardtwald wurde in 110 Jahren 27mal von Raupen befressen. Seitdem die kurzfristig wiederkehrende Waldstreunutzung, also Humusentnahme, abgestellt wurde und die einförmigen Kiefernbestände sich durch Laubholz-Unterbau in einen zweistufigen Mischwald verwandelt haben, gibt es dort keine Raupenplagen mehr. (10,20).

Es ist legitimer Anspruch jedes Experten, zu den Entwicklungstendenzen im eigenen Fachgebiet kritisch Stellung zu nehmen und gangbare Wege zu zeigen, die aus dem Dilemma herausführen. Ich folge hier nicht nur meinem Gewissen, sondern auch dem Beispiel der Forstzoologen Escherich, Schimitschek, Schwerdtfeger und Zwölfer, die bei gegebenem Anlaß vor gefährlichen Entwicklungen gewarnt haben (4,34,46,53,77). Man würde mich sehr mißverstehen, wenn man in mir einen grundsätzlichen Gegner der chemischen Schädlingsbekämpfung sähe. Ich weiß aus über 40jähriger Praxis, daß Pestizide der verschiedensten Wirkstoffe viele 10000 ha Wald vor sicherer Vernichtung bewahrt haben, und daß wir auch jetzt in Zwangslagen auf sie angewiesen sind (73,74). Aber der schnelle Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Umwelt-Toxikologie macht es notwendig, die Grenzen des chemischen Einsatzes kritischer zu sehen und enger zu ziehen als bisher (71).

Der Wald ist der naturnaheste, am wenigsten mit Umweltgiften belastete Lebens- und Erholungsraum in unserer durch Industrieausweitung, Verkehr und Zersiedlung bedrohten Landschaft; er sollte es auch immer bleiben!

Literatur

(1) Blaszyk, P. (1969). Erkrankung von Rindern nach Anwendung von Wuchsstoffen auf Grünland – Gesunde Pflanzen **21**, 33–36.

(2) Erne, K. (1974). Stellungnahme zum Rentier-Sterben in Schwedisch-Lappland – Allg. Forstzeitschr. **29**, 31.

(3) Butovitsch, V. (1970). Bericht über Versuche zur Prüfung des Haftvermögens von Insektiziden auf gespritztem Holz bei Lagerung in stehendem und fließendem Wasser (schwedisch) – Institutionen för Skogszoologi, Skogshögskolan, Stockholm.

(4) Escherich, K. (1932). Los vom Arsen im Forstschutz! Der Deutsche Forstwirt, **14**, 707–708.

(5) Fischer, H. (1942). Die Kleine Fichtenblattwespe *(Nematus abietum* Htg.) im Forstamt Eichwald – Mitt. aus Forstwirtschaft u. Forstwissenschaften, Schaper-Verlag Hannover **13**, 197–210.

(6) GEMEINSAME ERKLÄRUNG unabhängiger Wissenschaftler zum Einsatz chemischer Unkrautbekämpfungsmittel – Trierischer Volksfreund v. 13. 9. 1973, Kosmos, Dez.-Heft 1973, Wiener Holzkurier 1973.

(7) GEMEINSAME STELLUNGNAHME der Biologischen Bundesanstalt Braunschweig und des Bundesgesundheitsamtes Berlin zum Einsatz von Wuchsstoffherbiziden im Forst – Nachr.Blatt d. Dt. Pflanzenschutzdienstes **27**, (1975) 118.

(8) Gottschewski, G.H.M. (1975). Neue Möglichkeiten zur größeren Effizienz der toxikologischen Prüfung von Pestiziden, Rückständen und Herbiziden – Qualitas Plantarum, Den Haag, **25**, 21–42.

(9) Hauck, E. (1973). Praktische Erfahrungen im Gelände mit der Abdrift von Pflanzenschutzmitteln – Allg. Dt. Imkerzeitung **73**, 3–7.

(10) Klimetzek, D. (1972). Vergleichende Studien über das Auftreten nadelfressender Kiefernraupen in Süddeutschland seit 1810 – Forstl. Hochschulwoche, Freiburg i.Br.

(11) Klimmer, O.R. (1971). Pflanzenschutz- u. Schädlingsbekämpfungsmittel, Abriß einer Toxikologie und Therapie von Vergiftungen 2. Aufl. Hundt-Verlag Hattingen.

(12) Kohm, A. (1973). Tödliche Herbizid-Vergiftung bei Davidshirschen des Zoolog. Gartens der Stadt Karlsruhe – Verh.Ber.d.XV.Intern.Sympos. über die Erkrankung der Zootiere, Kolmarden, Akademie-Verlag Berlin, 135–141.

(13) König, E. u. Bogenschütz, H. (1971). Zur Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers im oberrheinischen Tiefland mit und ohne DDT – Allg. Forst- u. Jagdzeitung **142**, 179–184.

(14) König, E. (1974). Zur Bekämpfung der Kleinen Fichtenblattwespe *(Pristophora abietina* Christ.) mit *Bacillus thuringiensis*-Präparaten – Zeitschr. angew. Entom. **77**, 424–429.

(15) König, E. (1975). Nimmt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln auch im Walde zu? – Unser Wald **27**, 11–12.

(16) König, E. (1975). Tauchbehandlung im Forst – Schriftenreihe des Vereins f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene **46**, 19–28.

(17) König, E. (1976). Forstschutz, Wildbiologie und Jagd – in: Die Forstwirtschaft in Baden-Württemberg 3. Aufl. Schriftenreihe d. Landesforstverwaltung **9**, Stuttgart.

(18) König, E. et al. (1976). Zum integrierten Pflanzenschutz im Walde – Allg. Forstzeitschr. **31**, 292–295.

(19) Lüdge, W. (1963). Über die ökologischen Voraussetzungen der Befallsdisposition für Kiefern-Großschädlinge in der Schwetzinger Hardt, Diss. Univ. Freiburg i.Br.

(20) Lüdge, W. (1971). Der Einfluß von Laubholzunterbau auf die Schädlingsdichte in den Kiefernbeständen der Schwetzinger Hardt – Allg. Forst- u. Jagdzeitung **142**, 173–178.

(21) Münch, W.D. (1972). Änderungen der Artzusammensetzung von Unkräutern in Forstkulturen nach Anwendung von Herbiziden – Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz **79**, 485–496.

(22) Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt (1978). Briefliche Mitteilung vom 18. 4. 1978.

(23) Niemczuk, R. (1973). Wirkung von Herbiziden auf die Honigbiene (polnisch) – Pszczelnicze zeszyty naukowe, Grudzień ROK XVII, 205–227.

(24) NIKLAS, O.F. (1942). Die Wirkung der Nonnenbegiftung auf die Kerbtierwelt in: WELLENSTEIN, Die Nonne in Ostpreußen, Monogr. Nr. 15 zur ang. Ent. Parey-Verlag Berlin, 645–658.

(25) OLBERG, R. et al. (1974). Untersuchungen über 2,4, 5-T-Rückstände auf Waldhimbeeren – Nachr. Blatt d. Dt. Pflanzenschutzdienstes **26**, 66–69.

(26) PÄTZOLD, CHR. u. SCHILLER, K. (1972). Auswirkungen der Anwendung von Wachstumsregulatoren auf Kartoffeln – Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten u. Pflanzenschutz **25**, 41.

(27) PECHHACKER, H. (1974). Über die Wirkungen chemischer Forstschädlingsbekämpfungen aus der Luft auf Honigtau-Erzeuger und Ameisen – Anzeiger f. Schädlingskunde, Pflanzen- u. Umweltschutz **47**, 42–45.

(28) PECHHACKER, H. (1977). Die Reaktion der Honigtauerzeuger und Ameisen auf chemische Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen im Wald – Bienenvater **98**, 103–106.

(29) QUENTIN, K.E. (1974). Auswirkungen des Einsatzes von Pestiziden im Trinkwassertalsperren-Einzugsgebiet auf die Qualität des Oberflächenwassers – Dt. Verein v. Gas- u. Wasserfachmännern DVGW-Schriftenreihe Wasser Nr. 1, Frankfurt/Main, 79–84.

(30) RAAKE, W. (1972). Zur Wirkung von (2-Methyl-4-Chlorphenoxy-Essigsäure (MCPA) bei Rindern und kleinen Labortieren – Naunyn-Schiedeberg's Arch. Pharm.Suppl.to Vol. **274**, 274 R 88.

(31) REHM, H. (1968). Untersuchungen über Beeinträchtigung der Flugbiene von *Apis mellifica* L. durch Unkrautbekämpfungsmittel (MH 30, U 46 KV-Com-Fluid, mit Citowettzusatz) Diss. Tierärztl. Fakultät Univ. München.

(32) REIER, J. (1942). Die Entwicklung der Flugzeugbekämpfung in technischer Hinsicht in: WELLENSTEIN, Die Nonne in Ostpreußen, Monogr. Nr. 15 zur angew. Entom. Parey-Verlag Berlin, 605–630.

(33) SCHILLER, K. (1964). Beeinflußung der Fertilität von Ratten durch Stoffe mit Sonderwirkung im Kartoffelanbau 1. Mitt.: Unkrautbekämpfungsmittel 2,4-D u. MCPA. Landbauforschung Völkenrode **14**, 111–114.

(34) SCHIMITSCHEK, E. (1968). Grundlagenforschung und Waldhygiene – Allg. Forstzeitschr. **23**, 527–532.

(35) SCHMIDT, E. u. WELLENSTEIN, G. (1958). Untersuchungen über die Auswirkungen von Begiftungsaktionen auf die Waldlebensgemeinschaft – Allg. Forstzeitschr. **13**, 301–305.

(36) SCHÖNHERR, J. (1970). Biozönoseschonende Bekämpfung von Forstschädlingen mit Hilfe insektenpathogener Viren – Schweizer Zeitschr. f. Forstwesen **121**, 134–142.

(37) SCHÖNHERR, J. (1972). Die Wirkung von Disparlure auf die Nonne – Zeitschr. f. ang. Entom. **71**, 260–263.

(38) SCHUCK, H.J. (1975). Der Einfluß von Herbiziden auf das Florengefüge – European Journ. of Forest Pathology **5**, 250–252.

(39) SCHÜTT, P. (1974 a). Probleme des Herbizideneinsatzes in Waldökosystemen – Forstwiss. Centralblatt **93**, 52–56.

(40) SCHÜTT, P. (1974 b). Zu: Herbizideinsatz in der Forstwirtschaft – Allg. Forstzeitschr. **29**, 324.

(41) SCHUPHAN, W. et al. (1957). Maßnamen zur Prüfung phytoprotektiver u. wachstumsregelnder Mittel auf Pflanzenqualität, insbesondere auf biochemische Wertmerkmale – Dt. Lebensmittelrundschau **53**, 78–83.

(42) SCHUPHAN, W. (1969). Pestizide, Nutzen und möglicher Schaden – Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten u. Hygiene I Orig. **210**, 240–258.

(43) SCHUPHAN, W. (1974). Die Situation im Pflanzenschutz als Problem der Qualitätsforschung – Anzeiger f. Schädlingskunde, Pflanzen- u. Umweltschutz **47**, 49–58.

(44) SCHUPHAN, W. (1976). "Translocations"-Toxicity ought to be considered in tests for pesticide registration – Qualitas Plantarum, Den Haag, **26**, 321–329.

(45) SCHUPHAN, W. (1978). Nebenwirkungen von Pestiziden in der Landwirtschaft unter besonderer Berücksichtigung des Verbraucherschutzes – in: Probleme der Insekten- u. Zeckenbekämpfung, Erich Schmidt-Verlag Berlin, 170–183.

(46) SCHWERDTFEGER, F. (1975). Ökologie der Tiere III. Synökologie Parey-Verlag Hamburg u. Berlin.

(47) SIEBERT, D. et al. (1970). Genetic effects of fungicides – Mutation Research **10**, 533–543.

(48) STEINFATT, O. u. WELLENSTEIN, G. (1942). Folgeerscheinungen der Giftbestäubung auf die höheren Tiere und die Pflanzenwelt in: WELLENSTEIN, Die Nonne in Ostpreußen, Monogr. Nr. 15 zur angew. Entom. Parey-Verlag Berlin, 659–681.

(49) STELLUNGNAHME zur Anwendung von 2,4,5-T bei der Unkrautbekämpfung im Forst – Mitt. a. d. Biol. Bundesanstalt f. Land- u. Forstwirtschaft Berlin-Dahlem (1978) Heft 181.

(50) TISCHLER, W. (1965). Agrarökologie – VEB-Verlag Fischer, Jena Abb. 142, S. 354.

(51) VITÉ, J.P. (1978). Einsatz von Lockstoffen bei der Borkenkäferbekämpfung – Allg. Forstzeitschr. Sonderteil v. 15. April, 428–431.

(52) WELLENSTEIN, G. (1942). Vier Jahre Nonnenbekämpfung in Ostpreußen – Monogr. Nr. 15 zur ang. Entom. Parey-Verlag Berlin 554–604.

(53) WELLENSTEIN, G. (1952). Das Schwingfeuernebelgerät im Forstschutz – Der Forstmann in Baden-Württemberg H. 7/8, 12–13.

(54) WELLENSTEIN, G. (1958 a). Die Problematik des chemischen Pflanzenschutzes – Dt. Jägerzeitung Nr. 7, 76–78.

(55) WELLENSTEIN, G. (1958 b). Kritische Stellungnahme zur chemischen Bekämpfung im Walde – Mitt. d. Bad. Landesvereins f. Naturkunde u. Naturschutz (N.F.) **7**, 221–227.

(56) WELLENSTEIN, G. (1962). Insektizide im Forst und Bienenzucht. Ein neuer Weg zur Lösung dieses Problems – „Spiess-Post", Grünstadt/Pfalz. Druckerei Knopf Mannheim.

(57) WELLENSTEIN, G. (1964 a). Chemischer Pflanzenschutz und Lebensschutz – DAS LEBEN, Zeitschr. f. Biologie u. Lebensschutz **1**, 150–155.

(58) WELLENSTEIN, G. (1964 b). Schädlingsbekämpfung und Lebensschutz – Vitalstoffe – Zivilisationskrankheiten H.6.

(59) WELLENSTEIN, G. (1965). Die Chemotherapie in Land- u. Forstwirtschaft, Erfolge, Problematik und Gefahren – Schriftenreihe d. Forstl. Abt. Univ. Freiburg/Br. **4**, 266–283.

(60) WELLENSTEIN, G. (1969). Landschaftshygienische Verwertung von Siedlungsabfällen aus der Sicht des Forstmannes – Der Forst- u. Holzwirt **24**, 487.

(61) WELLENSTEIN, G. (1971). Die Forstschutzstelle Südwest, 25 Jahre Forstschutz in Südwestdeutschland – Allg. Forst- u. Jagdzeitung **142**, 121–126.

(62) WELLENSTEIN, G. u. LÜHL, R. (1972). Bekämpfung schädlicher Raupen mit insektenpatogenen Polyederviren u. chem. Stressoren – Die Naturwissenschaften **59**, 517.

(63) WELLENSTEIN, G. (1973). Der Forstschutz im Zeitalter des Umweltschutzes – Allg. Forst- u. Jagdzeitg. **144**, 69–75.

(64) WELLENSTEIN, G. (1974 a). Forstschutzmaßnahmen im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit u. Landschaftshygiene – Dt. Verein v. Gas- u. Wasserfachmännern DVGW – Schriftenreihe Wasser Nr. **1**, Frankfurt/Main, 85–88.

(65) WELLENSTEIN, G. (1974 b). Nochmals: Diskussion um Herbizide – Der Forst- u. Holzwirt **29**, 98–99.

(66) WELLENSTEIN, G. (1974 c). Abschließende Stellungnahme zum Einsatz von Pestiziden, besonders Herbiziden in der Forstwirtschaft – Allg. Forst- u. Jagdzeitg. **145**, 78–79.

(67) WELLENSTEIN, G. (1974 d). Imkerei und Umweltgifte – Allg. Dt. Imkerzeitung Delta-Verlag Bonn-Bad Godesberg 191–196.

(68) WELLENSTEIN, G. (1975 a). Biologische und öko-toxikologische Probleme bei einer Flugbegiftung unserer Wälder mit Derivaten der Phenoxyessigsäure – Qualitas Plantarum, Den Haag, **25**, 1–20.

(69) WELLENSTEIN, G., EICHNER, M. u. SCHOLL, W. (1975 b). Das Rückstandsproblem nach Anwendung von Wuchsstoff-Herbiziden in der Forstwirtschaft – Allg. Forst- u. Jagdzeitung **146**, 62–72.

(70) WELLENSTEIN, G. (1975 c). Unerlaubt hohe Pestizidrückstände in Waldbeeren – Die Umschau in Wissenschaft u. Technik, Frankfurt/Main **75**, 510–512.

(71) WELLENSTEIN, G. (1976). Ist unsere Gesundheit in Gefahr? – Ein kritischer Rück- u. Ausblick auf den chem. Pflanzenschutz – H. Schwab-Verlag, Schopfheim.

(72) WELLENSTEIN, G. (1977 a). Kritische Bemerkungen zur „Gemeinsamen Stellungnahme der Biol. Bundesanstalt und des Bundesgesundheitsamtes zum Einsatz von Wuchsstoffherbiziden im Forst" – Leben u. Umwelt **14**, 109–113.

(73) WELLENSTEIN, G. (1977 b). Agrochemikalien und Lebensschutz – Garten organisch, H.4, 113–114.

(74) WELLENSTEIN, G. (1978 a). Chemische Forstschädlingsbekämpfung – in: Probleme der Insekten- u. Zeckenbekämpfung, Erich Schmidt-Verlag Berlin 157–169.

(75) WELLENSTEIN, G. (1978 b). Zur Problematik des Einsatzes von Luftfahrzeugen und erdgebundenen Großgeräten (Nebelbiasern) im chemischen Pflanzenschutz – Anzeiger f. Schädlingskunde, Pflanzen-Umweltschutz **51**, 83–84.

(76) WEINMANN, W. (1957). Untersuchungen über den Einfluß einer Wuchsstoffbehandlung von Tomatenpflanzen auf den ernährungsphysiologischen Wert der Früchte-Nachwuchssterblichkeit bei Albinoratten – Materiae Vegetabiles **2**, 342–349.

(77) ZWOLFER, W. (1952). Zum Giftnebeleinsatz im Forstschutz – Allg. Forstzeitschr. Nr. 15.

Abb.: Eine geordnete und gegliederte Kulturlandschaft, die den Einsatz moderner Maschinen zuläßt (Grafschaft Dorset/Südengland).

Claude Aubert

1 Stellungnahme zu dem im Auftrag der EG erstellten Bericht „Ökologische Folgen der Anwendung moderner Produktionsverfahren in der Landwirtschaft."

2 Entwicklung auf dem Gebiet des alternativen Landbaus in Frankreich

1 „Ökologische Folgen der Anwendung moderner Produktionsverfahren in der Landwirtschaft" (DR. NOIRFALISE)

Es ist unmöglich, diesen 400-Seiten-Bericht in 15 Minuten durchzudiskutieren. Aber es gibt zwei Punkte, die nach meiner Meinung besonders wichtig sind:

a) Die Frage des Einflusses der Düngung auf die Qualität der Ernährung.

NOIRFALISE schreibt, daß das Nitratproblem die einzige Gefahr ist, aber er sagt sehr wenig über diese Gefahr.

Das Hauptproblem der Düngung ist zweifellos die Stickstoffdüngung. Hohe Stickstoffgaben haben verschiedene schlechte Einflüsse auf die Umgebung und auf die Qualität der Ernährung. Beispielsweise reduziert sich der Gehalt an Spurenelemten, insbesondere Eisen, Mangan und in gewissen Fällen Kupfer, wenn die Stickstoffgaben erhöht werden. Das Hauptproblem ist jedoch das Nitratproblem. Es ist wissenschaftlich erwiesen, daß der Nitratgehalt der Gemüse (besonders Spinat, Karotten, Radieschen, Salat, Rote Rüben) sehr hoch sein kann, wenn eine starke Düngung mit Stickstoff vorausging.

Spinat kann von	50 bis 4000mg Nitrat/kg enthalten,
Salat kann von	700 bis 3000mg Nitrat/kg enthalten,
Rote Beete können von	700 bis 3000mg Nitrat/kg enthalten.

Wie schädlich sind die Nitrate? Dieser Punkt wird meist unterschätzt. Man weiß seit langem, daß Nitrate in der Säuglingsernährung schädlich sind und daß wahrscheinlich Hunderte von Säuglingen daran gestorben sind; aber Wissenschaftler haben neuerdings bewiesen, daß auch mit Langzeitgefahren gerechnet werden muß:

- Nitrate können Krebserreger (Nitrosamine) erzeugen.
- Die Nitrosamine (Nitrate + Amine — Nitrosamine) können auch mutagen sein.
- Nur 12 mg NO2/kg können definitive Änderungen des Enzephalogramms ergeben.
- Nitrate stören den Vitamin-A-Metabolismus (Karotin kann nicht mehr in Vitamin A transformiert werden).

In einem internationalen Symposium in Frankreich im Jahre 1976 mit dem Thema „Nitrate und Nitrite in menschlicher Nahrung" haben viele Wissenschaftler festgestellt, daß die Menge Nitrate, die bisher als nicht gefährlich galt, doch gefährlich sein kann.

In Wasser findet man auch mehr und mehr Nitrate, in gewissen Fällen über 100 mg/l (Maximaltoleranz ist 44 mg/l).

b) Tierische Abfälle der industriellen, intensiven Viehzucht (Schweine, Geflügel, Rinder usw.)

Die Verschmutzung der Umgebung durch tierische Abfälle (besonders Gülle) ist eines der größten Probleme der modernen Landwirtschaft, wie allgemein bekannt ist. Aber Noirfalise hat etwas sehr Interessantes gefunden: wenn alle tierischen Abfälle wieder gut verteilt auf die Felder gegeben würden, dann wäre es in ganz Belgien nicht nötig, auch nur ein einziges kg P und K zu kaufen: in den tierischen Abfällen gibt es 1,7 mal mehr K (173 Kg/ha) und 2mal mehr P (141 kg/ha), als für den gesamten Kulturboden in Belgien benötigt würde. Nur die Stickstoffmenge (191 kg/ha) würde nicht ganz genügen.

2 Entwicklung auf dem Gebiet alternativen Landbaus in Frankreich

a) Die heutige Situation

Es gibt keine genauen Statistiken, aber wir haben in Frankreich ungefähr 5000 biologische Betriebe. Diese Anzahl vergrößert sich allmählich, nicht sehr schnell aber gleichmäßig.

Es gibt zwei Hauptorganisationen für biologischen Anbau in Frankreich: Die erste ist die Lemaire-Banebes-Gruppe. Dies ist eine Firma, die Dünger für biologischen Anbau herstellt und verkauft. Sie verkauft auch Maschinen, Tierarzneimittel usw. Sie kauft einen Teil der Produkte der biologischen Bauern, insbesondere Weizen, und verkauft Lemaire-Brot in ganz Frankreich. Diese Lemaire-Gruppe ist manchmal — auch in biologischen Kreisen — kritisiert worden, weil die wissenschaftlichen Grundlagen ihrer Methoden teilweise umstritten waren und noch sind. Beispielsweise haben sie sehr häufig (jetzt nicht mehr so oft) die KERVRAN-Theorie über biologische Transmutationen benutzt, um ihre Düngungsmethode zu rechtfertigen. Man kann ihnen auch keinen Vorwurf machen, daß sie ihren Dünger sehr teuer verkaufen.

Es gibt eine zweite Firma ähnlich der Lemaire-Banebes-Gruppe, jedoch kleiner: 1'UFAB. Der Leiter der UFAB, M. Racineuse, war vorher ein Mitarbeiter der Lemaire-Gruppe.

Die zweite Hauptorganisation ist Nature et Progrès. Dies ist ein Verein mit 7000 Mitgliedern, aber nur 1000 davon sind Bauern; die anderen sind Konsumenten oder besitzen privat einen Garten.

'Nature et Progrès' ist in Frankreich gut bekannt und hat gute Beziehungen zu vielen konventionellen Wissenschaftlern. 'Nature et Progrès' hat eine Schutzmarke. Die Produzenten, die die 'N. et P.'-Anbaurichtlinien anwenden, können ihre Produkte mit dieser Schutzmarke verkaufen.

Es gibt auch einen biologisch dynamischen Verein, noch klein, aber sehr aktiv, und eine ANOC-Gruppe.

b) Probleme und Zukunft des biologischen Landbaus in Frankreich

Bisher waren die meisten biologischen Betriebe Viehbetriebe, insbesondere mit Milchproduktion, oder Gemüsebetriebe. Seit einigen Jahren zeichnet sich eine neue Entwicklung ab, nach der auch viehlose Betriebe – besonders Getreidebetriebe – sich für den biologischen Anbau interessieren; einige haben mit der Umstellung bereits angefangen. Warum und mit welchem Erfolg?

Warum?

Weil diese hochspezialisierten Betriebe (Hauptproduktion sind Mais, Weizen, Gerste, manchmal Zuckerrüben und Kartoffeln) mehr und mehr Schwierigkeiten haben. Jahrelang haben sie guten Erfolg gehabt: hohe Erträge, keine großen Schädlingsschwierigkeiten, gute Einkommen. Aber seit einigen Jahren haben sie mehr und mehr Sorgen: die Erträge steigen nicht mehr oder gehen zurück, die Kosten sind höher, die Schädlinge vermehren sich usw.

In Frankreich waren die Getreide bis vor 4 bis 5 Jahren praktisch ungespritzt, mit der Ausnahme der Unkrautbekämpfung, die seit 20 Jahren in allen intensiven Betrieben chemisch ist. Aber es gab sehr selten Spritzungen mit Fungiziden oder Insektiziden. Seit 2 oder 3 Jahren wird in den meisten intensiven Getreidebetrieben (z.B. im Paris-Gebiet, Nord-Frankreich) ein- bis zweimal mit Fungiziden und meist ebenso oft mit Insektiziden behandelt. Die Landwirte sehen, daß die Rentabiliät immer geringer wird.

Vom Standpunkt der Qualität der Ernährung und Fruchtbarkeit des Bodens ist diese Situation ganz beunruhigend. Werden die Landwirte in 5 oder 10 Jahren ihre Getreidefelder 10 oder 20 mal spritzen, wie sie das jetzt schon im Obstbau machen?

Der zweite Grund, weshalb der biologische Landbau immer interessanter wird, ist der jährlich ansteigende Preis für biologischen Weizen. Die Nachfrage nach diesem Weizen ist viel größer als die Produktion. Außerdem ist der Preisdurchschnitt für biologischen Weizen in diesem Jahr 45% höher als der normale Marktpreis.

Mit welchem Erfolg?

Kann man biologischen Landbau ohne Vieh oder mit nur wenig Vieh machen? Diese Frage ist sehr wichtig, weil von ihrer Antwort teilweise die Zukunft des biologischen Landbaus abhängt.

Wir haben noch wenig Erfahrung in diesem Bereich; aber es gibt doch einige biologische Betriebe ohne oder mit nur wenig Vieh. Ich spreche hier nicht von Gemüsebetrieben, die viel Stroh oder Mist oder anderes organisches Material kaufen können, sondern von Getreidebetrieben.

Was man zuerst sagen kann, ist, daß diese Betriebe in sich unökologisch sind. Einige sind bereit, wieder Vieh zu halten, z.B. Schafe, aber nicht wieder Milchkühe.

Welche Möglichkeiten haben solche Betriebe? Sollen sie weiter konventionell arbeiten mit immer mehr Kunstdünger und Spritzungen? Das wird wahrscheinlich nicht mehr lange möglich sein. Aber wie können sie umstellen? Ich kenne ein gutes Beispiel:

Ein typischer Getreidebetrieb, 180 ha groß – Hauptproduktion: Weizen und Gerste – in der Nähe von Paris. Eines Tages hat sich der Bauer entschieden: keinen Kunstdünger mehr, keine Herbizide, keine Spritzungen. Er hat jedoch seine Fruchtfolge nicht geändert, keine Unkrautbekämpfung gemacht, keine organische Impfung. Ergebnis?

Vorher hatte er durchschnittliche Erträge von 50 dz/ha Weizen. Im ersten Jahr nach der „Umstellung" hat er 17 dz/ha geerntet.

Er hat schnell verstanden, daß er seine Fruchtfolge ändern muß. So hat er die Fruchtfolge mit Weißklee begonnen – ein ganzes Jahr nur Weißklee, der nicht geerntet wurde sondern nur 4mal geschnitten und auf dem Boden liegen gelassen wurde. In den folgenden Jahren baute er Weizen, danach Gerste, dann Hafer oder Flachs, danach wieder Klee an. So ist ein Viertel seiner Ackerfläche Klee, der nicht geerntet wird. Seine Erträge sind wieder gestiegen, wenn auch nicht ganz so hoch, wie sie vorher waren; aber das Ergebnis ist gut: 45 dz/ha für Weizen. Einmal hat er sogar 72 dz/ha Weizen erzielt, ohne mineralisch oder organisch zu düngen.

Es gibt andere Beispiele: ein Betrieb – auch im Gebiet um Paris – baut seit 25 Jahren biologisch an. Er hat Schafe, wenn auch nur wenige. Aber das erlaubt ihm, von Zeit zu Zeit Luzerne in seiner Fruchtfolge zu haben. Andere wieder säen Klee oder Luzerne zur Saatgewinnung. Diese Betriebe haben nicht solch hohe Getreideerträge wie die konventionellen, aber die Differenz ist nicht sehr groß (5 bis 8 dz/ha).

Man kann aus diesen Beispielen ableiten, daß man auch mit wenig oder ganz ohne Vieh biologisch anbauen kann, wenn nur die Fruchtfolge gut ist. Fruchtfolge und Gründüngung (Gründüngung ist ein Teil der Fruchtfolge) sind die Schlüsselwörter im biologischen Landbau.

Es gibt keine gute Fruchtfolge ohne Klee oder Luzerne oder aber mehrjährige Klee-Gras-Mischungen. Aber wie kann ein viehloser Betrieb Klee oder Luzerne verwenden? Hier stellt sich die Hauptfrage nach der Struktur der modernen Landwirtschaft – ich meine die Spezialisierung der Betriebe.

Aber es gibt auch eine andere Frage: wie soll das Vieh gefüttert werden? Vieh mit Getreide füttern – als Hauptfutter – sei es mit Maissilage oder mit Gerste, Hafer usw. – ist ein ökologischer und biologischer Unsinn. Rinder sind physiologisch Grasfresser und keine Getreidefresser. Und man kann nur dann eine gute Fruchtfolge mit Klee oder Luzerne haben, wenn man das Vieh auch damit füttert und nicht mit Mais oder Gerste.

Ich kenne in Frankreich einen biologischen Betrieb, in dem die Kühe nie ein Kilogramm Kraftfutter fressen. Und doch ist die Milchproduktion ganz gut (über 4500 l pro Kuh). Aber der Bauer hat seine Kühe zu diesem Zweck selbst gezüchtet: er wollte Kühe, die nur mit Grünfutter eine hohe Milchproduktion haben; er hat es erreicht.

Als Schlußwort möchte ich sagen, daß eine ökologische Landwirtschaft notwendig und auch möglich ist; aber nur, wenn nicht nur die Düngungsmethoden sondern die ganze Struktur unserer Landwirtschaft geändert wird. Insbesondere sollten die industriellen Viehzuchtmethoden durch ökologische Systeme ersetzt werden, d.h., wieder Vieh und Kulturen im gleichen oder zumindest auf benachbarten Betrieben, die zusammenarbeiten.

Winfried Felderer

Bericht über den Rapport der niederländischen Regierungskommission zum alternativen Landbau.

Welche Konsequenzen zeichnen sich ab?

Um die Konsequenzen dieses im vorigen Jahr erschienenen Rapports der Kommission „Alternative Landbaumethoden" zu erläutern, erscheint es notwendig, auf einige Aussagen des Rapportes selbst einzugehen.

In den Schlußfolgerungen des Rapports wurden als Ergebnis der Untersuchungen, die im übrigen mehrere Jahre andauerten und sehr ausführlich erörtert werden, 7 Punkte ausgearbeitet:

- Die Kommission ist zu der Überzeugung gelangt, daß bestimmte Formen des alternativen Landbaues ernstgenommen werden müssen und ihre Erfahrungen nützlich sein werden für diejenigen, die eine Erneuerung des Produktionsprozesses und eine Neugestaltung der Ernährungsgewohnheiten unserer Gesellschaft anstreben.
- Die Methoden unterscheiden sich voneinander sehr stark, bedingt durch die unterschiedliche Auffassung des Naturgeschehens.
- Es fällt auf, daß für einige der angeführten Methoden alternativen Landbaues die Natur mehr umfaßt, als die traditionelle Naturwissenschaft mit ihren Mitteln erfassen kann, daher sieht sich die Kommission außerstande, über Richtigkeit bzw. Unrichtigkeit alternativen Landbaues zu urteilen. Obwohl die bisherigen Resultate ungenügend Beweiskraft haben, sollte in Zukunft mehr, wenn auch kritisch, Aufmerksamkeit den alternativen Einsichten geschenkt werden.
- Rücksicht auf die verschiedenen Werte, die für das menschliche Dasein wichtig sind, ist im alternativen Landbau vielseitiger gestaltet. Der alternative Landbau, der den Zusammenhang von Mensch und Natur als primär betrachtet, ist grundsätzlich vorsichtiger mit diesen verwundbaren Strukturen gewesen. Dies ist ein großer Pluspunkt.
- Die Betriebsführung nach alternativen Methoden bietet dem Bauern eine Existenz in einer im übrigen konventionellen Landwirtschaft. Bei einer Anzahl Gewächsen wird unter diesen Umständen ein Produktionsniveau erreicht, das vergleichbar ist mit dem des gängigen Landbaues.
- Alternativer Landbau in Großgebieten führt zu einem niedrigeren Produktionsniveau als im gängigen Landbau. Dies hat jedoch keine schwerwiegenden Folgen, wenn zugleich eine Änderung in den Ernährungsgewohnheiten zu erwarten ist.
- Für viele Probleme des alternativen Landbaues hat man noch keine passende Lösung gefunden; hier werden Maßnahmen getroffen, die auch im gängigen Landbau angewandt werden (Schädlingsbekämpfung).

Um die Untersuchung, die der Kommission vorschwebte, beurteilen zu können, nimmt sie eine kurze Charakterisierung des alternativen Landbaues vor:

Das Handeln im alternativen Landbau erfolgt aus dem Bewußtsein der Verantwortung des Menschen gegenüber der Natur.

Die Konsequenz daraus ist, daß man sich durch natürliche Prozesse leiten läßt beim Anbau von Gewächsen und beim Halten von Tieren. Diese Charakteristik betont eine hierarchische Struktur, die vom ganzheitlichen Handeln ausgeht und sich in Differenzierungen von beschränktem Umfang fortsetzt. Bei der Realisierung der Untersuchungen sollen nicht nur bestimmte Unterteile, sondern gerade das integrale Niveau vorangestellt werden. Schließlich sollen die Unterteile in einem zusammenhängenden Ganzen funktionieren können. Dies bedingt eine eigene Untersuchung, wobei das Konkretisieren davon die größte Schwierigkeit darstellt. Das Problem ist der Spielraum: wann sind mechanische, chemische, physikalische oder biologische Eingriffe „zu weit" geführt? Wie muß „natürlich" aufgefaßt werden?

Für die erste Frage läßt sich keine allgemeingültige Antwort geben, da es hier die jeweiligen konkreten Umstände sind, die entscheiden, wobei jedoch als Kriterium die Bedrohung der allgemeinen Ernährungslage gelten kann. Dies ist im übrigen ein gesellschaftliches Problem, das durch die Betroffenen (Konsumenten und Produzenten) gemeinsam gelöst werden muß. Wissenschaft und Technik müssen hier aufklärend wirken.

Die zweite Frage, was „natürlich" ist, kann noch schwieriger beantwortet werden, da die Kriterien zu sehr unterschiedlich sind und selbst die Kommission solche Kriterien nicht hat. Hier müssen auch alternative, nicht naturwissenschaftliche Meinungen berücksichtigt werden.

Als Ergebnis dieser Analyse werden Vorschläge zur Untersuchung gemacht, die sich auf 3 sogenannte „Integrationsniveaus" beziehen:

das Gewächs als solches,

das Gewächs im Betriebsverband und die

Lokalisierung des Betriebsverbandes in der Gesellschaft.

Der Rapport mit den vorliegenden Schlußfolgerungen und den sich daraus erarbeiteten Empfehlungen zur Untersuchung bewirkten die Errichtung einer Koordinationsgruppe, die, eingestellt vom Nationalrat für landwirtschaftliche Untersuchung, an das Landwirtschaftsministerium eine Empfehlung ergehen lassen sollte.

Auf diesen Bericht, der inzwischen fertiggestellt ist, soll kurz eingegangen werden. Im Bericht empfiehlt die Koordinationsgruppe vor allem eine langjährige vergleichende Betriebsuntersuchung konventioneller und alternativer Betriebe (Ackerbau, Viehzucht, Gemüsebau und Obstbau). Die Analyse richtet sich dabei sowohl auf die Prüfung von Unterschieden zwischen beiden Richtungen, als auch auf die Verbesserung der konventionellen Methoden. Die Untersuchungen sollen auf den sogenannten „drei organischen Stoffbetrieben" im Nordostpolder und im östlichen Flevoland durchgeführt werden. Dabei soll, dem Bericht zufolge, größter Wert auf das Studium von Unterschieden und deren Bedeutung für den Konsumenten gelegt werden.

Es sei nochmals hervorzuheben, daß dieser Bericht ein Folgeprodukt des Rapports darstellt und sich daher auch weitgehend an den Rapport anlehnt. Auch hier werden gleich zu Beginn wieder die unterschiedlichen Betrachtungsweisen hervorgehoben und die Unklarheiten sichtbar, die bereits den Rapport kennzeichnen: die Schwierigkeit, alternativen Landbau zu definieren, Daten vorzulegen und politische sowie gesellschaftliche Entscheidungen zu beurteilen. Die Zusammenhänge zwischen Landwirtschaft und Gesellschaft sind eng verknüpft, und demzufolge sieht dieser Bericht folgende Gesichtspunkte als prioritär:

- Ernährung und Volksgesundheit:
  Hier steht die Frage noch offen, welche Art von Lebensmitteln und welche Ernährungsprinzipien als optimal für die moderne Gesellschaft betrachtet werden können.
- Die quantitative Versorgung der Bevölkerung mit agrarischen Produkten:
  Es wird betont, daß die quantitative Versorgung der Bevölkerung mit agrarischen Produkten einen wichtigen Faktor der Lebensmittelversorgung darstellt, der außerdem von Bedeutung ist für die Handelsbilanz durch den Export. Hier würden sich, dem Bericht zufolge, sicherlich negative Folgen durch geringere Produktion bemerkbar machen.
- Die Umweltbelastung:
  Jede Art agrarischer Produktion stellt eine gewisse Umweltbelastung dar, nur das Belastungsniveau ist unterschiedlich. Es wird auch auf die negativen Folgen hingewiesen, die bei Nichtanwendung von Kunstdüngern entstehen würden (Auslaugung der Böden). Es wird hier nicht unterschieden zwischen synthetisch hergestellten und durch natürliche Prozesse hergestellten Mineraldünger.
- Der Verbrauch an Grundstoffen:
  Der Verbrauch an Grundstoffen wird wie in allen anderen Wirtschaftszweigen auch von ökonomischen Kalkulationen bestimmt.
- Die Dynamik der Landschaftsformung:
  Die europäische Kulturlandschaft ist das Produkt jahrhundertelanger agrarischer Tätigkeit und hat daher im Laufe der Zeit auch tiefgreifende Umwandlungen erfahren. Diese Umwandlungsprozesse sind auch heute noch nicht abgeschlossen, sondern werden auch weiterhin noch dieser Dynamik unterworfen bleiben.
- Das psychische Wohlbefinden des Landwirtes und der Stadtbevölkerung.

Sinn und Zweck einer Untersuchung

Der Sinn und Zweck einer Untersuchung wird durch die Tatsache erschwert, daß im alternativen Landbau zum Teil beträchtliche Unterschiede in der gesellschaftlichen Auffassung gegenüber dem konventionellen Landbau anzutreffen sind. Wo Unterschiede zwischen konventionellem und alternativem Landbau durch andere Gesellschaftsformen bestimmt werden, kann eine technisch-ökonomische Untersuchung nur von geringer Bedeutung sein. Wichtiges Ziel ist das Zusammentragen von Daten, um den gesellschaftlichen Entscheidungsprozeß zu ermöglichen, so meint die Koordinationsgruppe. In diesem Zusammenhang erwähnt sie langjährige Betriebsuntersuchungen auf den „3 organischen Stoffbetrieben". Dieser Bericht liegt inzwischen beim Landwirtschaftsministerium.

Die drei organischen Stoffbetriebe

Um die erwähnten Untersuchungen durchführen zu können, hat das Landwirtschaftsministerium beschlossen, die 3 organischen Stoffbetriebe heranzuziehen. Zu diesen sei noch einiges ausgeführt, um ein Urteil über Tragweite und Aussagekraft der anzustellenden langjährigen Versuche beurteilen zu können.

Es handelt sich um 3 unabhängige landwirtschaftliche Betriebe, die im Nordostpolder nahe bei Nagele gelegen sind. Die Größe jedes Betriebes umfaßt ca 24 ha.

Welche sind die Ausgangspunkte der zukünftigen Untersuchungen?

Die 3 Stoffbetriebe wurden im Jahre 1951 gestiftet, um in langjährigen Versuchen festzustellen, welche Art und Menge der organischen Stoffversorgung am günstigsten sind, um Fruchtbarkeit und Struktur des Bodens auf lange Zeit optimal zu gestalten.

1 Betrieb: „Kunstdüngeracker":	Ausschließliche Zufuhr von mineralischem Kunstdünger. Einzige organische Stoffzufuhr sind Wurzel- und Stoppelreste. Auch Blattreste wurden abgeführt.
2 Betrieb: „Kleeland":	Intensive Gründüngung.
3 Betrieb: „Wechselweide":	Gemischter Betrieb mit intensiver organischer Stoffversorgung, wobei im Fruchtwechsel auch Kunstweiden eingeschaltet wurden und außerdem intensiv mit Stallmist gedüngt wurde.

Durch diese unterschiedliche Behandlungsweise war zu erwarten, daß als Folge davon im Laufe der Zeit Unterschiede in den Eigenschaften des Bodens zwischen diesen Betrieben entstehen würden. Strukturuntersuchungen, die ab 1958 durchgeführt wurden, sollten dies bestätigen. In den Jahren 1969 bis 1973 wurden u.a. folgende Untersuchungen durchgeführt:

organischer Stoffgehalt,
Entwässerungszustand,
Verschlämmung,
Bearbeitbarkeit,
Wasserkapazität,
aktuelle Struktur und
aktuelle Struktur und deren Einfluß auf den Ertrag.

Aufgrund dieser Untersuchungen konnte folgender Schluß gezogen werden:
Die unterschiedliche Behandlungsweise übt deutlich Einfluß auf den Gehalt an organischem Material aus.

Die Entwässerung ist auf der Kleeweide im Durchschnitt etwas günstiger als auf den anderen beiden Betrieben (bes. bei nassem Herbst und nassem Frühjahr). Die Unterschiede in der Verschlämmung sind gering.

Die Bearbeitbarkeit weist einige Unterschiede auf:

Die Wechselweide zeigte eine schlechtere Bearbeitbarkeit.

Bei nassem Frühjahr zeigte das Kleeland eine schlechtere Bearbeitbarkeit.

Während der Ernte und der Herbstbearbeitung bei Regenfall nach einer Trockenperiode ist die Bearbeitbarkeit im Kunstdüngeracker am schlechtesten.

Die Menge des pflanzenaufnehmbaren Wassers liegt bei der Wechselweide etwas höher als bei den beiden anderen Betrieben.

Im Durchschnitt von 5 Jahren sind keine Unterschiede von Bedeutung festzustellen in der aktuellen Struktur, es sind jedoch deutlich Unterschiede im Strukturniveau der verschiedenen Jahre festgestellt worden, mit den größten Schwankungen in der Wechselweide und den geringsten Schwankungen im Kunstdüngeracker.

Es konnte kein Einfluß der aktuellen Struktur auf die Produktivität festgestellt werden.

An dieser Stelle muß gesagt werden, daß der Boden äußerst günstige natürliche Voraussetzungen hat: es ist ein junger Poldergrund (1942 trockengelegt), Tongehalt 30%, hoher Kalkgehalt und gute natürliche Entwässerung.

Eine weitere Untersuchung, die in den Jahren 1968 bis 1971 durchgeführt wurde, betraf die Bodenbearbeitbarkeit aufgrund der verschiedenen Behandlungsweisen.

Auf allen 3 Betrieben wurden jährlich in fester Reihenfolge 6 verschiedene Kulturen angebaut. Fruchtfolge: Speisekartoffeln – Winterweizen – Flachs – Pflanzkartoffeln – Zuckerrüben – Sommergerste.

Diese Untersuchungen bezogen sich auf

- die Analyse der Wirkung der Hauptbearbeitung des Bodens (Einfluß der Gründüngung und einjähriger Kunstweiden, Einfluß der Vorkultur, Einfluß des Humusgehaltes auf Rauheit und Verkrümelung) und
- den Zusammenhang zwischen mechanischen Eigenschaften und benötigter Zugkraft beim Pflügen (u.a. spezifischer Pflugwiderstand).

Als Schlußfolgerung aus dieser Untersuchungsserie kann gesagt werden:

- Das Unterpflügen von Gründüngung und Kunstweiden resultiert in einer größeren Rauheit und einer größeren Krümelstabilität;
- unter nassen Bedingungen ist ein deutlicher Einfluß des Humusgehaltes auf die Abschleppspannung meßbar (größere Bindung zwischen den Bodenteilchen).

Wie aus dem bisher Gesagten leicht erkennbar ist, hat man es bei diesen 3 Stoffbetrieben nicht mit einer Neuanlage, sondern einer Neuauflage eines bereits vor 27 Jahren aufgestellten Versuchs zu tun.

Dieser Ausgangspunkt ist in gewisser Hinsicht positiv zu bewerten:

Eine Fülle von Daten kann verwertet werden, die Anlaufzeit von mindestens 10 Jahren ist überbrückt, die Betriebsstrukturen sind bereits vorgezeichnet, sofern der Kunstdüngerbetrieb in Zukunft wie bisher bewirtschaftet, das Kleeland stark organisch und die Wechselweide biologisch-dynamisch bewirtschaftet werden. In dieser Reihenfolge wird die Bewirtschaftung auch in Zukunft erfolgen.

Die gesamte Versuchsanordnung gibt jedoch auch Anlaß zu ernstzunehmender Kritik:

- Es bestehen nicht mehr dieselben Ausgangskriterien für alle drei Betriebe; dies könnte eines Tages Anlaß zu der Äußerung sein, daß nicht die alternative Behandlungsweise, sondern die gegebenen Voraussetzungen zu einem Resultat zugunsten einer alternativen Bewirtschaftung geführt haben.
- Es ist die Gefahr gegeben, daß alternative Gesichtspunkte (geistiger und gesellschaftlicher Art) immer mehr in den Hintergrund verdrängt werden, während sie doch in der Realität den alternativen Landwirt ganz entscheidend vom konventionellen Landwirt unterscheiden.
- In der Versuchsanlage sind die bodenkundlichen Voraussetzungen von vornherein nahezu optimal (guter Tongehalt, optimale physikalische Eigenschaften, sehr guter Kalkgehalt), so daß Unterschiede in der Bewirtschaftung leicht verschleiert werden können durch diese günstigen Grundvoraussetzungen, zumal dieser Boden noch ziemlich jungfräulich ist (1942 trockengelegt). Wie jedoch ist die Situation sonst überall im Landbau, wo finden sich noch so gute Voraussetzungen? Gerade der Bericht, der auf den Rapport gefolgt ist, gab zu verstehen, daß der jahrhundertelange Einfluß auf die europäische Kulturlandschaft und auf das landwirtschaftliche Areal eingewirkt hat.
- Ganz allgemein stellt sich hier die Frage, ob auf diese Weise die gesamte Untersuchung nicht in eine Richtung gedrängt wird, die es dann nicht mehr zuläßt, den spezifischen Wünschen und Freiheiten unserer Gesellschaft Rechnung zu tragen.

Literatur

COMMISSIE ONDERZOEK BIOLOGISCHE LANDBOUWMETHODEN, Alternatieve Landbouwmethoden, 1976.

BOEKEL, P.; Soil Structure and Plant rowth, Neth.J.Agric. Sci 11:120–127, 1963.

BOEKEL, P.; Handhaving van een goede Bodemstructuur op Klei-en Zavelgronden, Landb Tijdschr. 77:842–850, 1965.

BOEKEL, P.; De Luchthuishouding van de Grond in Verband met de Zuurstofvoorziening van de Gewassen. Bodem, 66/67:2–9, 1966.

BOEKEL, P. 1970; De Structuur van de Grond op de drie Organische Stofbedrijven. Landbode, 120–1281.

PELGRUM, A.; De Bodemstructuur op de drie organische Stofbedrijven. Bodenvruchtbaarheid, Haren, Rapp.5–76.

BOEKEL, P.; The influence of organic matter on the structure of clay soils, Nath.J.Agric.Sci.11:250–263.

OUWERKERK, C. van; Resultaten van grondonderzoek naar mechanische eigenschappen van de grond op de drie organische stofbedrijvan te Nagele in 1968. Inst.Bodenvruchtbaarheid, stencil 6731. 1969.

OUWERKERK, C. van, POT, M.; Resultaten van onderzoek naar de reologische eigenschappen van de grond en het resultaat van de grondbewerking op de drie organische stofbedrijven te Nagele in 1969. Inst.Bodemvruchtbaarheid, stencil C 7315, 1970.

OUWERKERK, D. van, POT, M.; Het resultaat van het op wintervoor ploegen en de kwaliteit van aardappelruggen op de drie organische stofbedrijven te Nagele enop het proefveld Pr Lov 6 te Marknesse in 1970; Inst. Bodemvruchtbaarheid, stencil C 7917, 1971.

PELGRUM, A.; Resultaten van het onderzoek naar de bodemstructuur op de drie organische stofbedrijven over de jaren 1969 – 1973. Inst. Bodemvruchtbaarheid, regno 0–440.

Hans A. Staub

Energiebilanzen in der Landwirtschaft

Messungen der energetischen Rentabilität in der Nahrungsmittelerzeugung, -verarbeitung und -verteilung zeigen ein weltweites System der Verschwendung auf, aber auch Wege zu einem ökologisch vernünftigeren Ernährungssystem.

Solange billige Erdölprodukte in scheinbar unbeschränkten Mengen der westlichen Wirtschaft zur Verfügung standen, befaßten sich nur einzelne Ökologen, wie z.B. der Amerikaner Howard T. ODUM und seine Kollegen, mit Energieflüssen in Ökosystemen. Dies geschah in den fünfziger Jahren. Erst das erwachende Bewußtwerden der Wachstumsgrenzen und dann der Zusammenschluß der ölproduzierenden Länder in der OPEC und ihre kräftigen ersten Preiserhöhungen brachten der industrialisierten Welt die dringende Notwendigkeit des weltweiten Energiesparens zum Bewußtsein. Nun erst, d.h. zu Anfang der siebziger Jahre, befaßten sich mehrere Forscher intensiver mit Energiefragen in der Landwirtschaft. Im folgenden wird über einige Resultate dieser ersten Studien berichtet.

Wenn bis vor kurzem jedermann ohne landwirtschaftliche Energiebilanzen auskam, warum sollten wir uns nun damit befassen? Antwort: die allgemein übliche, betriebswirtschaftliche Analyse genügt nicht, um die längerfristigen Entwicklungen im Landbau zu erfassen. Sie genügt insbesondere nicht zum Erkennen der genaueren Auswirkungen der zunehmenden Brennstoff-Knappheit, zum Aufzeigen von Möglichkeiten von Energie-Einsparungen, zur Beschaffung von Unterlagen für die Zuteilung der noch verfügbaren Energie-Reserven an die verschiedenen Zweige der Volkswirtschaft, zur Entwicklung von alternativen Energiequellen. Wir brauchen also die energetische Analyse, so wie übrigens auch die ökologische, die soziale und die gesundheitspolitische Analyse, um den Kurzzeithorizont und die Einseitigkeit der betriebswirtschaftlichen Analyse zu ergänzen und ein umfassenderes Bild der Wirklichkeit zu erhalten.

„Energiebilanz" kann ein irreführendes Wort sein. Es handelt sich vielmehr um eine Input/Output-Analyse, also um eine Durchfluß-Messung während einer Zeitperiode. Der Energie-Input entspricht dem Aufwand in der Wirtschaftlichkeitsrechnung, der Energie-Output dem Ertrag, der Unterschied dem Gewinn oder Verlust. Anstelle der Währungseinheit (DM, Fr., $) tritt die Energie-Einheit (Kalorie, BTU, kWh; neuerdings das Joule). Wir ziehen die Sprachregelung „energetische Rentabilitätsrechnung" vor. Bei allen Möglichkeiten der energetischen Betrachtungsweise muß man sich jedoch bewußt sein, daß sie noch in den Kinderschuhen steckt, also die Resultate ihrer Analysen anfechtbar und approximativ sind, und daß beim Addieren von Kalorien oder Joules ebenso verschiedene Dinge in einen Topf geworfen werden wie beim Addieren von Geldbeträgen.

1 Energierechnungen für einzelne Produkte und Kulturen

Die Energieproblematik der modernen Landwirtschaft und Ernährung ist schon am Beispiel ersichtlich (1), s. Tabelle 1, Seite 77.

Wenn 11 kcal fossile Energie notwendig sind, um eine Nahrungskalorie zum Verbraucher zu bringen, dann handelt es sich um ein enormes energetisches Verlustgeschäft. Bei diesem Beispiel ist schon der Aufwand der Landwirtschaft allein größer als der Ertrag für den Verbraucher. Verarbeitung, Verpackung und Transport verschlingen ein Mehrfaches der landwirtschaftlichen Energiemenge.

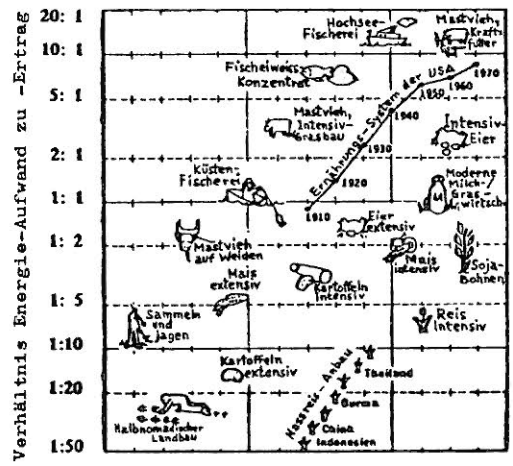
Finanziell gesehen ist dieses Verlustgeschäft jedoch rentabel. Energieverschwendung kann also gemäß unserem Wirtschaftsdenken durchaus „normal" und „rational" sein. Es dürfte zu erwarten sein, daß die Wirtschaft weiterhin mit der Nahrung solche energetisch unsinnigen Geschäfte machen wird, solange die Energie so billig ist und solange die sozialen, ökologischen und gesundheitlichen Kosten dieser Wirtschaftsweise dem Produkt nicht angelastet werden können.

Es gibt noch krassere Beispiele von Energieverschwendungsgeschäften in der Nahrungsproduktion. Gemäß dem Engländer Gerald LEACH (2) verschlingt die Produktion und Vermarktung eines im geheizten Gewächshaus gezogenen Winterkopfsalates in England ca. 500 mal soviele Energieeinheiten als er dem Verbraucher bringt!

Blickt man sich bei den einzelnen Kulturen und Nahrungsbeschaffungsarten mittels der Energie-Brille etwas um, so fällt auf, daß die kommerziellen Fleisch- und Fischproduktionen stets schlecht bis sehr schlecht abschneiden, wie die Zahlen der Tabelle 2, S. 77, belegen (3).

Auch die amerikanischen Fischereien und üblichen Tierhaltungen sind energiedefizitär, wie die Grafik 1 von STEINHART (s.d.!) zeigt. Eine erwartungsgemäß positive „Energiebilanz" zeigt die Rinder-Weidewirtschaft sowie die Freilandhühnerhaltung. Die Grasfutter-Milchwirtschaft hingegen verbraucht etwa so viel Energie wie sie produziert. Da die zusätzliche energetische Produktion mit steigendem Energie-Einsatz offenbar nicht Schritt halten

Grafik 1: Energetische Rentabilität verschiedener Nahrungs-Produktionen und Ernährungssysteme (USA 1910–1970 als Kurve)



kann, ist man versucht, aus diesen Beispielen eine grobe Faustregel abzuleiten, etwa so: je energieintensiver, desto energiedefizitärer. Das Gesetz vom abnehmenden Ertragszuwachs gilt offenbar auch hier.

Im Pflanzenbau kann eine gute Energie-Effizienz eher erwartet werden, wie die folgenden Zahlen in Tabelle 3 zeigen (4).

Mais ist die wichtigste Körnerfrucht der USA. Eine Forschergruppe um David PIMENTEL analysierte deshalb den Energie-Haushalt des amerikanischen Maisanbaus in vielen Einzelheiten (5), s. Tabelle 4.

Man ersieht aus der Tabelle 4:

- Der USA-Maisanbau ist energetisch nach wie vor rentabel.
- Die energetische Rentabilität verschlechterte sich zunächst mit steigender Intensität, hielt sich dann aber stationär.
- Der bekannte gewaltige Strukturwandel in Richtung immer stärkerer Industrialisierung und Chemisierung ist auch energetisch klar ersichtlich. Überraschend für viele dürfte sein, daß heute am meisten Energie in Form von synthetischen Mineraldüngern verwendet wird, davon weitaus am meisten in Form von Stickstoffdünger.
- Starke Preiserhöhungen für Energie dürften sich angesichts des ungeheuren Energieeinsatzes dieser Anbauweise verheerend auswirken. Je früher alternative Methoden gefunden werden, desto besser. Alternative, energiesparende Methoden dürften unter diesen Umständen rasch auch ökonomisch interessant werden.

2 Energievergleiche für ganze Landwirtschaften und Ernährungssektoren

Die energetische Analyse einzelner landwirtschaftlicher Produkte und Kulturen zeigte starke Unterschiede im Input/Output-Verhältnis. Wie steht es nun aber bei ganzen Landwirtschafts- und Nahrungsmittelbranchen?

Die Unterschiede sind ebenfalls beträchtlich, wie die folgende grafische Darstellung zeigt (6):

Zunächst ist der Vergleich des US-Ernährungssystems von heute mit dem früheren interessant: noch 1910 war es energetisch rentabel, 1970 aber sehr stark defizitär. Um eine Einheit Nahrungsenergie auf den Teller des Verbrauchers zu bringen, wurden 1970 8,7 Einheiten Fossilenergie aufgewendet.

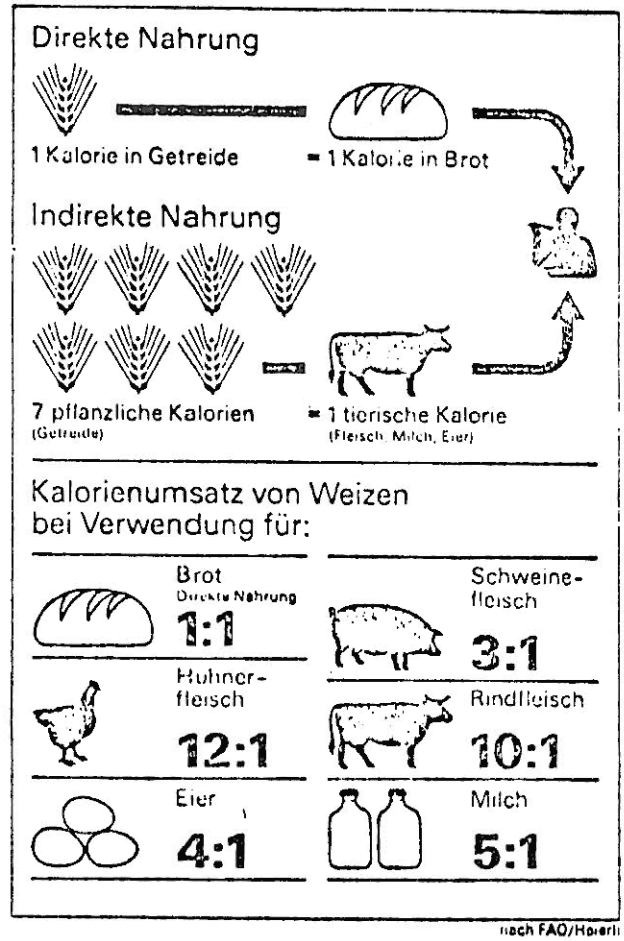
Betrachtet man nur die amerikanische Urproduktion für sich, ohne den Weg zum Verarbeiter und zum Verbraucher, so betrug das defizitäre Verhältnis 2,1 zu 1 im Jahre 1970. Noch im Jahre 1940 war es 0,8 zu 1 gewesen, also rentabel.

Ferner fällt auf, wie „energierentabel" die vorindustriellen Nahrungssysteme waren und in den Entwicklungsländern noch sind. An der Spitze der Energie-Effizienz marschiert der Naßreis-Anbau in Indonesien und China, sowie das halbnomadische Landbausystem vieler Tropenvölker.

Ähnliche Verhältnisse wie in USA fanden andere Autoren in anderen Ländern. Wir stellen deren Resultate in Tab 5 summarisch zusammen, obschon diese Zahlen nicht auf genau gleiche Art errechnet wurden und somit die Vergleichbarkeit etwas hinkt:

Grafik 2 :

Getreideverschwendung durch Fleischproduktion



nach FAO/Hoerli

Die Schweiz scheint insofern eine Ausnahme zu sein, als ihr landwirtschaftliches Energiedefizit sehr klein ist und seit 1939 etwa gleich groß geblieben ist (relativ dezentralisierte, kleinräumige Verhältnisse, kurze Transportwege, viel Hofdüngerverwendung). In der Zusammensetzung des Energieaufwand-Bündels hat sie sich in neuester Zeit allerdings den anderen Ländern einigermaßen angeglichen (Treib- und Schmierstoffe an erster, Handelsdünger an zweiter Stelle beim Input, ähnlich wie die USA 1964).

Mit dieser halben Ausnahme bietet sich überall in diesen „entwickelten" Ländern dasselbe Bild:

- die Landwirtschaft ist energiemäßig ein enormes Verlustgeschäft.
- der Nahrungssektor als ganzer ist geradezu skandalös energiesubventioniert.
- der Ernährungssektor als ganzer konsumiert absolut gesehen beträchtliche Energiemengen: in Großbritannien 22% des nationalen Energie-Budgets (LEACH), in USA etwa 13% des nationalen Energieverbrauchs im Jahre 1970 (STEINHART). Unter den Wirtschaftszweigen der USA rangiert der Ernährungssektor in Bezug auf Energieverbrauch an vierter Stelle.

Tabelle 1

Energieaufwand für eine Büchse Zuckermais zu 455g (1 USA-Pfund)

	Aufwand Fossilenergie kcal
Landwirtschaftliche Produktion	450
Verarbeitung und Büchse	1760
Transport durch Verbraucher	800
Sonstiger Verteil- und Transportaufwand	1090
Aufwand total	4100
	Ertrag Nahrungsenergie kcal
Energetischer Nahrungsgehalt von 455g Z.	375

Energetische Rentabilität: Aufwand = 11 kcal für 1 kcal Ertrag

Tabelle 2

Energetisch defizitäre Nahrungsbeschaffung: Aufwand > Ertrag

Milch GB 1970	2,7 zu 1
Hatteriseier GB 1970	7,1 zu 1
Masthühner GB 1970	10,1 zu 1
Fischerflotten GB 1969	20 zu 1
Garneelenfischerei Australien	50-90 zu 1
Fischerflotten Adria 1970-71	100 zu 1
Garneelenfischerei Mexiko 1974	170 zu 1
Andere Fischereien Hochsee, bis	250 zu 1

Tabelle 3: Energetisch rentable Kulturen: Aufwand < Ertrag

Kassawawurzel, Tropen, Selbstversorgung	0,015 zu 1
Andere tropische Selbstversorger-Kulturen	0,03-0,08 zu 1
do., mit etwas Dünger & Brennstoffen	0,1-0,2 zu 1
Zuckerrübe, GB	0,24 zu 1
Weizen GB	0,3 zu 1
Mais USA	0,38 zu 1
Gerste GB	0,42 zu 1
Mais GB	0,44 zu 1
Kartoffel GB	0,62 zu 1
Reis USA	0,77 zu 1

Tabelle 4: Energieaufwand und -ertrag im Maisanbau der USA (kcal)

	1945	1954	1970
Stickstoff	58'800	226 800	940'800
Treibstoff	543'400	688'300	797'000
Maschinen (Herstellung & Unterhalt)	180'000	300'000	420'000
Elektrizität	32'000	100'000	310'000
Trocknung	10'000	60'000	120'000
Transport	20'000	45'000	70'000
Kalium	5'200	50'400	68'000
Saatgut	34'000	18'900	63'000
Phosphor	10'600	18'200	47'100
Bewässerung	19'000	27'000	34'000
Herbizide	0	1'100	11'000
Insektizide	0	3'300	11'000
Arbeit (Kalorienbedarf, 40-Std./Wo.)	12'500	9'300	4'900
Gesamter Energieaufwand	925'500	1'548'300	2'896'800
Maisertrag in kcal	3'427'200	4'132'800	8'164'800
Verhältnis Aufwand zu Ertrag	0,27 zu 1	0,37 zu 1	0,35 zu 1

Tabelle 5: Land- und ernährungswirtschaftliche Energie-Defizite in einigen Industrieländern

	Energie-Verhältnis Aufwand zu Ertrag	Quelle
Ganzes Ernährungssystem:		
GB 1968 (ohne Haushalt-Input)	5 zu 1	Leach 1976
USA 1970	8,7 zu 1	Steinhart 1974
Australien 1965-69 (7)	5-7,1 zu 1	Gifford 1973
Frankreich 1970 (8)	5,4 zu 1	Aubert 1976
Nur Landwirtschaft:		
USA 1970	2,1 zu 1	Steinhart 1974 & Aubert 1976
GB 1952	2,2 zu 1	Leach 1976
Schweiz 1970 (9)	1,1 zu 1	Studer 1978
Frankreich 1970 (10)	2,5 zu 1	Aubert 1978
GB 1968	2,9 zu 1	Leach 1976

Tabelle 6: Energetischer Vergleich von biologischem und üblichem Ackerbau im amerikanischen Mittelwesten: im Ackerbau verbrauchte Fossilenergie pro Dollar geerntete Feldfrüchte (Durchschnitt aller Feldfrüchte), Mcal/$

Jahr	Biologisch	Ueblich
1974	1,81	4,36
1975	1,66	3,78
1976	1,76	4,79
Durchschnitt	1,74	4,31

3 Energetisch gute Beispiele

Vorindustrielle Ernährungssysteme

In der Grafik 1 von STEINHART sahen wir einige sehr gute Energie-Quotienten. Sie stammen durchwegs von „einfachen", vorindustriellen Agrarsystemen und von Sammler- und Jägerkulturen. Was für Schlüsse können wir daraus zur energetischen Verbesserung unseres Agrarsystems ziehen?

„Landwirtschaft, die innerhalb der Kreisläufe produziert und nicht an den Energievorräten des Planeten zehrt, wird als „primitiv" bezeichnet, während jene Produktionsweisen, die auf wachsende Mengen an fossilen Energien angewiesen sind und damit vom Kapital des Planeten zehren, das Prädikat „fortschrittlich" erhalten" (11). Wir müssen uns also zunächst von der Geringschätzung der vorindustriellen Kulturen (auch jene unserer eigenen Ahnen) befreien, um überhaupt von ihnen zugunsten unserer eigenen Zukunft lernen zu können. Außer einigen Ethnologen und Anthropologen wissen heute nur noch wenige, daß die sog. primitiven Landwirtschaften und Sammelwirtschaften nicht „unterentwickelt", sondern „höchst genial und den Verhältnissen angepaßt" waren (12), solange sie in ihrem eigenen Kulturkreis voll funktionieren konnten. Die Träger dieser Kulturen kannten Hunderte von verschiedenen Pflanzenarten und -unterarten, deren Eßbarkeit, Heilkräfte und andere Eigenschaften. Vielerorts genügte in diesen Gesellschaften ein Arbeitsaufwand (Energie-Input!) von zwei Stunden pro Tag, um die Nahrung zu besorgen; der größere Rest der Zeit konnte der Muße gepflegt werden. Wenn dies heute meist nicht mehr so ist, heute, da z.B. die schwarzafrikanische Landfrau den halben Tag damit verbringt, etwas Holz zu ergattern und mit miserablem energetischem Wirkungsgrad im offenen Feuer zu verbrennen, so dürfte das auf die durch den langen europäischen Einfluß gestörten kulturellen und demografischen Verhältnisse zurückzuführen sein. Voraussetzung für das gute Funktionieren der so außerordentlich energie-rentablen Ernährungssysteme war somit ein gewisses Eingebettetsein in die bodenständige Kultur und ein gewisses Gleichgewicht zwischen der Bevölkerung und ihrer natürlichen Umwelt.

Sehr energiesparende Ernährungssysteme scheinen also unentwirrbar mit sehr energiesparenden kulturellen Lebensweisen verknüpft zu sein. Wie weit werden wir selbst in absehbarer Zeit gezwungen sein, unsere eigene gesamte Lebensweise und Kultur und nicht nur unsere Agrikultur auf ein energiesparendes Niveau einzustellen? Dies widerspricht dem europäischen Geiste, der stets eine technische Lösung sucht. Aber viele ahnen da schon etwas und versuchen sich in der Selbstversorgung zu üben.

Ökologisch angepaßte Landbausysteme

Nicht nur in exotischen Kulturen, sondern auch unter uns funktionieren Landbauweisen, die mit sehr viel weniger Energie auskommen als üblich ist. Im Unterschied zu den vorindustriellen Systemen könnte man die meisten Spielarten des ökologischen oder biologischen Landbaus nachindustriell, oder wenigstens teilweise nachindustriell nennen, denn sie kennen die industriellen Agrarmethoden, wählen die ökologisch am wenigsten schädlichen aus, verzichten bewußt auf die übrigen und ergänzen mit Eigengewächs, d.h. mit Methoden, die aus langer Naturbeobachtung herausgewachsen sind. Das energetische Resultat, sogar unter stark mechanisierten Verhältnissen im amerikanischen Maisgürtel, läßt sich sehen, wie z.B. die Untersuchung von LOCKERETZ und Kollegen zeigt (13):

Hauptresultat: Die Gruppe der 14 biologisch geführten Farmen war nur 40% so energie-intensiv wie die Gruppe der konventionellen Betriebe. Dies war hauptsächlich auf

die andersartige Stickstoffdüngung im biologischen Landbau zurückzuführen (kein N-Mineraldünger, dafür organische Düngung).

In Frankreich errechnete Max CROUAU (14) den „direkten" Energieaufwand (Düngungs- und Pflanzenschutzmaterialien und Arbeiten) für zwei gleich große Weizenfelder, das eine biologisch, das andere auf übliche Weise bewirtschaftet. Für das konventionell bewirtschaftete Feld errechnete er einen 3-4mal höheren Aufwand an Energie-Einheiten. Bezogen auf je 100 kg geernteten Weizen betrug der Energie-Aufwand für das konventionell bearbeitete Feld 2,5 bis 3,5mal mehr als für das biologische.

Wer den biologischen Landbau kennt, ist von diesen Resultaten nicht überrascht, denn es ist ein typisches Verhalten ökologisch angepaßten Wirtschaftens, nicht nur keinen Kunstdünger, sondern überhaupt möglichst wenig von allem zuzukaufen und dafür möglichst viel aus dem eigenen Betriebskreislauf herauszuholen. Dieses Verhalten ist nicht nur ökologisch angepaßter, es spart auch Fremdenergie und Geld. Die ökologische Landwirtschaft hat also immer Energie gespart, ohne daß sie es wußte.

4 Energie-Sparvorschläge und andere Konsequenzen

Wenn heute allgemein gefordert wird, Energie zu sparen, dann dürfte dies auch für die Landwirtschaft und die Ernährungsweise gelten. Die energetische Erfolgsrechnung ist zur Erarbeitung von Energiesparmaßnahmen ein wertvolles Hilfsmittel, das noch weiter entwickelt werden sollte. In der von uns zitierten Literatur und an der kürzlich in Rüschlikon bei Zürich abgehaltenen internationalen Tagung „Energie und Landwirtschaft" wurden denn auch eine ganze Reihe von Sparvorschlägen gemacht. Entsprechend der sehr umfassenden Natur der energetischen Betrachtungsweise – praktisch jeder Vorgang auf der Welt hat eine energetische Seite – reichen die Sparvorschläge über die gesamte Skala der Tätigkeiten und verwendeten Materialien. Weil das Ernährungs-System kein geschlossenes System ist, sondern engmaschig mit dem ganzen Gesellschaftssystem auf der einen Seite und mit der Nutzung der gesamten Biosphäre auf der anderen Seite vernetzt ist, können Energie-Sparmöglichkeiten für die Bereiche Nahrungserzeugung, -verarbeitung, -verteilung und -verwendung nicht nur innerhalb des Ernährungssystems gefunden werden, sondern auch außerhalb.

Eine umfassende, systematische Erfassung aller möglichen Energiesparmaßnahmen und alternativen Energienutzungsmöglichkeiten in Landwirtschaft und Ernährung wäre also sehr umfangreich und fehlt noch. Es wäre sehr nützlich und verdienstvoll, Arbeiten auf diesen Gebieten zu fördern. Im Rahmen der gegenwärtig laufenden Arbeiten der schweizerischen Kommission für die Gesamt-Energie-Konzeption dürften einige politisch ausgehandelte Vorschläge und weitere Unterlagen zu erwarten sein. Und was tut die FAO? Ein FAO-Experte an der Rüschlikoner Tagung sagte aus, daß ein früherer FAO-Generaldirektor, der das Problem der Energieverschwendung in der Landwirtschaft und Ernährung ernsthaft anpacken wollte, gehen mußte. Dies zeigt die Widerstände auf. Die meisten Vorschläge der Rüschlikoner Tagung waren entweder technischer Natur wie bessere Nutzung der Stallwärme, Biogas, Sonnenenergieeinrichtungen, Windenergieeinrichtungen, Wärmepumpen oder forderten tiefgreifende Verhaltensänderungen wie die folgenden:

a) Das Abgehen vom allgemeinen Fleischkonsum in den Industrieländern zugunsten einer besseren Versorgung der armen Länder mit Getreide (vgl. hierzu Grafik 2, [15]). Dies hätte große Strukturänderungen in unseren Landwirtschaften zur Folge. Auch Gerald LEACH kommt in seinem Buch „Energy and Food Production" aufgrund seiner Daten zum Schluß, daß die Fleischeßgewohnheiten der reichen Länder, welche zu den intensiven Tierhaltungen geführt haben, für den größten Teil des Energie-Defizits im heutigen Agrar- und Ernährungssystem verantwortlich sind (16). Wir verweisen hierzu auf unsere Tabellen 3 und 4. Es ist ja in der Tat so, daß heute in reichen Ländern etwa 2/3 des Getreideverbrauchs auf das Konto des lieben Viehs gehen; in den armen Ländern nur ein sehr kleiner Teil. Überdies wird der starke Fleischkonsum von vielen modernen Ernährungsfachleuten als mitverantwortlich für eine Reihe von Zivilisationskrankheiten bezeichnet.

b) Das Umdenken und Umschwenken auf die energiesparenden Methoden des ökologischen Land- und Gartenbaus, insbesondere das Abgehen vom sehr energie-aufwendigen mineralischen Stickstoffdünger. Wir verweisen hierzu auf unsere Tabelle 4. Dahinter steht die Erkenntnis, daß die industrialisierte Landwirtschaft, so wie wir sie heute kennen, auf der Ausbeutung vor allem des Erdöls beruht und ihre Zukunft wegen der absehbaren Erschöpfung der billigen Energierohstoffe nicht gerade rosig aussieht. Je früher man sich damit befaßt, desto besser.

c) Einfacher essen. Dies ist etwas anderes als weniger Fleisch essen. Es umfaßt eine ganze Reihe von energiesparenden Änderungen in den Verarbeitungs-, Verteilungs- und Konsumgewohnheiten und würde auch stark in die landwirtschaftliche Produktion zurückwirken. Damit hängt zusammen eine höhere Priorität für die sog. innere Qualität der Nahrungspflanze, wie Prof. Schuphan sie erforschte und forderte, aber auch staatliche, erzieherische und aufklärende Maßnahmen. Viele dieser Änderungen würden mit Sicherheit zu einer besseren Volksgesundheit führen. Dies haben die Erfahrungen während des letzten Weltkrieges in Ländern wie der Schweiz und Dänemark eindeutig gezeigt. Energiesparender kann also auch „gesünder" bedeuten.

Mit dieser kurzen Aufzählung wollen wir es bewenden lassen. Zum Schluß noch ein allgemeiner Gedanke, den ich persönlich für wichtig halte. Stark steigender Energieeinsatz in der Landwirtschaft bedeutet ganz allgemein immer größere menschliche Einwirkungen auf die Kulturflächen, und indirekt auch auf die andern Flächen; somit auf alle natürlichen Lebensgrundlagen überhaupt. Dadurch wird wohl kurzfristig mehr Nahrung produziert, aber auch das Naturkapital verbraucht; und die unerwünschten Nebenwirkungen nehmen ständig zu. Steigende Schäden erfordern aber steigenden Energieeinsatz zur Reparatur dieser Schäden. Mehr Energie ruft also nach noch mehr Energie; das ganze System schaukelt sich hoch; es ergibt einen sog. Teufelskreis.

Damit steigen auch die Ansprüche an die Zurückhaltung, an die Intelligenz, an die Vernunft und den Umgang mit der wachsenden menschlichen Macht über die Natur. Eine kapitale Frage muß in diesem Zusammenhang gestellt werden: ist die Weisheit des homo sapiens seit der enormen Steigerung der Energie-Verwendung im Ernährungssektor im gleichen Ausmaß gestiegen? Oder müssen wir im langfristigen Interesse der Menschheit dankbar sein, wenn die billigen Energiereserven bald zu Ende gehen?

Literatur

(1) Nach PIMENTEL, D. & M.: Die nachgezählten Kalorien, in: Der Überblick, 1/1978, zit. bei Holenstein A.: Energie und Landwirtschaft – Strategie der Verschwendung, Konferenzmanuskript der Tagung „Energie und Landwirtschaft" am G. Duttweiler-Institut, CH-8803 Rüschlikon, Mai 1978.

(2) LEACH, Gerald: Energy accounting in food products, Konferenzmanuskript der Tagung „Ninth International TNO Conference", 26./27. Feb. 1976, S. 59.

(3) LEACH, Gerald: Energy and Food Production, IPC Science and Technology Press Ltd., Guildford, Surrey, England, 1976, S. 8.

(4) LEACH, Energy and Food Production, op. cit. S. 8.

(5) PIMENTEL, David, et al.: Food Production and the Energy Crisis, in: Science, Vol. 182, 2. Nov. 1973, S. 445.

(6) STEINHART, J. S. & C. E.: Energy Use in the U. S. Food System, in: Science, Vol. 184, 19. Ap. 1974, S. 312.

(7) GIFFORD, R. M., & MILLINGTON, R. J.: Energetics of agriculture and food production with special emphasis on the Australian situation, UNESCO Man and the Biosphere Symposium on „Energy and how we live", Adelaide, Mai 1973.

(8) AUBERT, Claude: Agriculture, alimentation, l'impasse énergétique, in: Nature et Progrès, Ap./Mai/Juni 1976, S. 16.

(9) STUDER, R.: Studie über den Energie-Input und -Output in der schweizerischen Landwirtschaft, Konferenzmanuskript des XIX. CIOSTA-Kongresses, Ermatingen, Schweiz, 1978.

(10) AUBERT, Claude: Bilan énergétique de l'agriculture conventionelle et de l'agriculture alternative, Konferenzmanuskript der Tagung „Energie und Landwirtschaft", a. a. O.

(11) HOLENSTEIN, op. cit., S. 1.

(12) IMFELD, Al: Eröffnungsansprache der Tagung „Energie und Landwirtschaft", Konferenzmanuskript, a. a. O., S. 6.

(13) LOCKERETZ, W. et al.: Organic Crop Production in the Midwest, Manuskript 1977, Center for the Biology of Natural Systems, Washington University, St. Louis, Missouri, S. 11 & 33.

(14) CROUAU, Max: Consommations Directes d'énergie en agriculture biologique et en agriculture classique, in: Nature et Progrès, Juli/Aug./Sep. 1976, S. 4–9.

(15) Nach FAO und HEIERLI, Urs, Hochschule St. Gallen, aus Konferenzmanuskript HOLENSTEIN, op. cit.

(16) LEACH, Energy and Food Production, op. cit., S. 33.

Abb.: Naturschutzgebiet und Naturpark Lüneburger Heide; Niederungslandschaft bei Wilsede.

Wolfgang von Trotha

Schlußwort

Europäisches Seminar: „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung"

Zwei Tage lang haben sich Wissenschaftler, Berater und Praktiker mit dem Thema „Gesunder Boden – gesunde Pflanze – gesunde Ernährung" auseinandergesetzt. Dabei erinnere ich mich an die Tagung des Dachverbandes wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst-, Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e.V., der sich vor zwei Jahren hier in Nymphenburg mit nahezu der gleichen Fragestellung befaßt hat. Ich freue mich, daß der damals begonnene Dialog zwischen Vertretern des konventionellen und des alternativen Landbaues fortgesetzt wurde. Wenn man nunmehr miteinander redet, dem anderen zuhört, dann ist das ein echter Fortschritt. Ich hoffe, daß damit auch die Phase der Schwarz-Weiß-Malerei abgeschlossen ist, in der der eine verteufelt und der andere der Lächerlichkeit preisgegeben wurde.

Die Thematik und Vortragsfolge sollten Anlaß sein, am Schluß der Tagung über zwei Fragen nachzudenken:
- Besteht aufgrund der technologischen Entwicklung und des steigenden Dünger- und Biozideinsatzes Grund, über Alternativen nachzudenken?
- Welcher Art können oder müssen diese Alternativen sein?

1 Wir haben Grund kritisch nachzudenken

Als die Agrarwissenschaft begann, sah man den landwirtschaftlichen Betrieb als einen Organismus. Diese ganzheitliche Betrachtungsweise, wie sie insbesondere der klassischen Betriebswirtschaftslehre eines AEROBOE und BRINKMANN zugrunde lag, droht in unserer Zeit verloren zu gehen.

Wie die Naturforschung im allgemeinen, so leidet auch unsere heutige Agrarwissenschaft darunter, daß als Folge der Analytik und Systematik die Zusammenschau in den Hintergrund getreten ist. Das gleiche erleben wir in der Praxis. Die Betriebe sind spezialisiert. Der Bauer von gestern ist ein Unternehmer, ein Milch-, Schweine- oder Getreideproduzent geworden. Die einmal umfassende landwirtschaftliche Produktion zerfällt damit in ihre Einzelbestandteile. Das früher nahezu geschlossene Ökosystem wurde immer weiter geöffnet. Die höhere Produktivität wurde bezahlt mit erkennbaren Gefahren durch die Produktionstechnik und für die Umwelt und mit dem gesellschaftspolitisch bedenklichen Rückgang an Solidarität.

Die Ursachen dieser Entwicklung sind vielschichtig. Entscheidend ist, daß sich die Landwirtschaft im Industriestaat mit Industrie und Gewerbe messen muß. Wir dürfen daher den Landwirt nicht verurteilen, wenn er aufgrund des Wettbewerbs und der Konkurrenz die von Technik und Chemie angebotenen Hilfsmittel übernimmt. Das Ergebnis aber ist:
- Viele Praktiker, Berater und auch manche Wissenschaftler sehen nicht mehr die Einheit des Systems: Boden-Pflanze-Tier und Mensch.
- Die Erfahrung um das Leben im Boden droht verloren zu gehen.
- Falsche Eingriffe in den Boden, seien sie technischer oder chemischer Art, können das Bodenleben zerstören.
- Mit Hilfe der Pflanzenzüchtung, der Agrochemie und der Agrartechnik haben wir uns in den letzten Jahrzehnten von den natürlichen Standortbedingungen vielfach gelöst. Auch die alten Landrassen im Bereich der tierischen Erzeugung wurden in große Einheitsrassen überführt. Das brachte produktionstechniche Fortschritte. Aber Loslösung vom Standort führt zu höherer Krankheitsanfälligkeit, vor allem wenn mit ihr eine nahezu unbegrenzte Leistungssteigerung gekoppelt wird.
- Wir haben Pflanzentypen geschaffen, deren Wurzelmechanismen vernachlässigt wurden. Auch bei den Rindern werden aus Rauhfutterfressern immer bessere Kraftfutterverwerter. So wie wir den Pflanzen leicht lösliche Nährstoffe anbieten, füttern wir den Tieren immer mehr Kraftfutter.
- Bei der Düngung wurden alte Erfahrungen verallgemeinert und in starren standort- und pflanzenunabhängigen Düngungsplänen fixiert. Wir vernachlässigen eine dem Bodenvorrat angepaßte Dosierung der Düngermenge und die dem Produkt entsprechende zeitliche Düngergabe. Außerdem wird bei der Bemessung des Handelsdüngeraufwands der inzwischen stark erhöhte Viehbesatz nicht genug beachtet.
- Der Zwang zu hoher Produktivität hat zu stets steigendem Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln geführt. Dadurch werden die Ökosphäre belastet und zum Teil bei Schädlingen und Krankheitserregern Resistenzen ausgelöst. Selbst bei Unkräutern ist Resistenz gegen Herbizide bekannt geworden.
- Vereinfachte Fruchtfolgen erhöhen die Erosion und Belastung der Gewässer.

Als Folge ergeben sich immer mehr Probleme bei der tierischen Produktion, die leider nicht Gegenstand dieser Tagung war:

- Bei den Rindern geht die Lebensleistung und Fruchtbarkeit zurück. Die unter Milchleistungsprüfung stehenden Kühe bringen nur noch 2 – 3 Kälber und werden nur noch 5 – 6 Jahre alt.
- Die Krankheitsanfälligkeit nimmt zu, es treten z.T. völlig neue Krankheitsbilder auf.

All diese Erscheinungen sind Anhaltspunkte dafür, daß wir nachdenken müssen. Wenn auch über den Grad der Gefährdung unterschiedliche Auffassungen bestehen und nach gegenwärtiger Erkenntnis unsere Nahrungsmittel als gesund angesehen werden können, so haben Vorträge und Diskussionen doch gezeigt, daß die Entwicklung des Landbaues erhebliche Risiken enthält. Dabei sollten wir auch erkennen, daß Erfahrungen von 10 – 20 Jahren für biologische Abläufe noch keine verbindliche Antwort auf drängende Fragen sind. Außerdem ist die Erkenntnis von heute der Irrtum von morgen. Es wäre aber auch nicht richtig, die Lage zu dramatisieren; denn die Gefahren kommen nicht vom durchschnittlich wirtschaftenden Betrieb, sondern von der Betriebsgruppe, die meint, sie müsse auch die letzten technischen Hilfsmittel einsetzen, um zur Einkommensmaximierung zu kommen. Dabei werden Anwendungsregeln aus Unwissenheit oder Gleichgültigkeit noch oft mißachtet. Wenn diese Betriebe ihre technologische Entwicklung fortsetzen, und damit müssen wir doch rechnen, dann beginnt eine Reise, von der wir nicht wissen, wohin sie geht. Ein Blick auf die Medizin zeigt uns dabei, wie falsch es ist, sich nur um die Krankheit zu kümmern und sich über die Gesundheit keine Gedanken zu machen.

In der Landwirtschaft stehen wir mittlerweile an einem Scheidepunkt. Dabei müssen wir dem Thema der Tagung entsprechend den Weg wählen, der mit größter Sicherheit den Kreislauf: Boden–Pflanze–Tier und Mensch gesund erhält. Dabei wäre es falsch, zu meinen, es sei mit der Beseitigung von Störungen durch Einsatz immer neuer Technologien getan. Gerade damit würden wir uns in einen Teufelskreis hineinbegeben, den wir auch kostenmäßig nicht durchstehen können.

Beim Nachdenken über unsere Situation dürfen wir nicht in den Fehler verfallen, irgendeine Gruppe anzuklagen; denn ich unterstelle, daß jeder, ob in Wissenschaft, Industrie, Beratung oder Praxis sich bei allem, was geschehen ist, von den besten Absichten hat leiten lassen. Es ist auch schon viel zur Vermeidung von Fehlentwicklungen gesagt und geschrieben worden.

Die Industrie bemüht sich, die Toxität ihrer Produkte laufend zu vermindern. Doch das alles reicht noch nicht.

2 Wir brauchen Alternativen

Damit komme ich zum ersten Ergebnis: Wir brauchen Alternativen. Dabei müssen wir mit einem Umdenken beginnen:

Agrarproduktion verlangt eine ethische Grundhaltung.

Wir haben in den letzten zwanzig Jahren notwendigerweise das wirtschaftliche Denken in die Praxis getragen. Das war auch richtig; denn ohne Ökonomie ist Landwirtschaft nicht denkbar. Das Gewinnstreben darf aber nicht das einzige Motiv sein. Wir erzeugen lebende Substanzen, von denen die Gesundheit der Menschen abhängt, und wir arbeiten auf dem lebendigen System des Bodens, das auch für spätere Generationen erhalten bleiben muß. Hier muß daher auch das Gewinnstreben ein Ende haben. Agrarproduktion verlangt somit eine ethische Grundhaltung, nämlich die Verantwortung vor den Mitmenschen und gegenüber den folgenden Generationen.

Wir müssen von der Spezialisierung zur Integration finden.

Die alternativ wirtschaftenden Betriebe ermahnen uns durch ihre Vielseitigkeit und die dort noch zum Teil erhaltenen geschlossenen Systeme, das Ganze zu sehen.

Wir müssen in Forschung und Lehre generell wieder zurückfinden zum komplexen Denken. Wir müssen uns stets erinnern, daß das Leben aus einem „vernetzten System" besteht. Jeder Eingriff in dieses System hat nicht nur eine, sondern zahlreiche Folgen. Die Zukunft liegt sicher nicht in einer immer weiteren Spezialisierung und Differenzierung. Unsere Aufgabe wird es sein, das spezialisierte Wissen zusammenzufassen. Die Spezialisierung muß daher durch Integration ergänzt werden. Dabei brauchen wir die Querverbindung zur Ernährungswissenschaft und zur Medizin.

Dieser Weg ist nicht leicht. Wir werden vielleicht noch lange suchen müssen, wie wir den Komplex biologischer Vorgänge am besten erfassen. Wir müssen in Systemen denken lernen, auch bei unseren Versuchen, deren Parzellen und Faktorkombinationen wir vergrößern sollen. Und wir müssen prüfen, ob wir mit den modernen Errungenschaften der Mathematik und der Rechentechnik nicht Instrumente in die Hand bekommen haben, die uns das Erfassen bio-kybernetischer Vorgänge ermöglichen. Vor allem sollten wir eingestehen, daß es nicht möglich ist, mit analytischen Methoden das zu ergründen, was in lebenden Systemen tatsächlich vorgeht. Denn im lebenden Organismus ist das Ganze mehr als die Summe der Teile.

Umdenken auch in der Agrarstrukturpolitik.

Die Agrarstrukturpolitik auf EG- und Bundesebene hat sich bisher von der Mansholt'schen Wachstumsideologie nicht lösen können. Großbetriebe führen zu Monokulturen und Großbeständen mit all ihren Risiken.

Die Agrarpolitik kann einen wesentlichen Beitrag zum ökonomisch-ökologischen Ausgleich leisten, wenn sie das gegenwärtige Förderungskonzept für Wachstumsbetriebe grundlegend ändert.

Eine bäuerliche Landwirtschaft, wie wir sie in Bayern durch ergänzende Förderungsmittel des Landes zu erhalten versuchen, ist gleichzeitig der beste Garant für die Sicherung einer heilen Umwelt.

Da in der Diskussion noch weitergehende agrarpolitische Fragen und Konsequenzen angesprochen wurden, möchte ich noch auf folgendes hinweisen:

1. Agrarpolitik ist ein Teil der Wirtschaftspolitik. Sie muß sich auf die in unserer sozialen Marktwirtschaft gegebenen Entwicklungen einstellen. Wer eine grundlegende Änderung der Wirtschaftspolitik mit dem Ziel eines Nullwachstums fordert, muß sich über die Konsequenzen, nämlich Arbeitslosigkeit und/oder Senkung des Realeinkommens, klar sein.

2. Wissenschaft und Technik können sich nicht auf die mengenmäßige Ernährungssicherung berufen, wenn sie die Notwendigkeit eines weiteren technischen und biologischen Fortschritts begründen. Die EG hat nur noch einen Einfuhrbedarf von 10%. Hierbei handelt es sich überwiegend um Futtermittel, die aus den USA (Soja) und der Dritten Welt bezogen werden. Eine Reduzierung dieser Handelsströme stößt auf politische Bedenken und beeinträchtigt die deutschen Exportinteressen.

   Auch aus der Sicht der Welternährungslage wäre eine weitergehende technologische Entwicklung nicht zu begründen. Die Entwicklungsländer können die verfeinerten technologischen Produktionsverfahren i.d.R. nicht anwenden. Aus soziologischen Gründen sind für diese Gebiete arbeitsintensive Verfahren die bessere Lösung.

   Bei den modernen Technologien ist ferner zu bedenken, daß sie den regionalpolitischen Zielen entgegenwirken. Sie verhelfen nämlich den ohnehin günstigeren Standorten zu einer noch größeren Produktivität, so daß der Abstand zu den benachteiligten Regionen noch größer wird.

Ich bitte, diese Überlegungen nicht als Argument gegen den technischen Fortschritt an sich anzusehen. Man muß aber auch diese Konsequenzen sehen, die sich ergeben, wenn sich die bisherige Entwicklung in der bisherigen Weise weiter vollzieht.

Aus übergeordneten Gesichtspunkten sollte sich unsere Wissenschaft und Forschung weniger um die Mengen-, sondern mehr um die Qualitätsproduktion kümmern. Es geht um die Erfassung und Verbesserung der inneren Wertigkeit.

Außerdem brauchen wir Produktionsverfahren für ungünstige Standorte und müssen ein größeres Gewicht auf die Futterwirtschaft legen.

3 Welche Alternative ist die richtige?

Auch wenn diese Tagung nicht zur letzten Wahrheit vorstoßen konnte, so wird man doch wohl sagen können, daß alternative Methoden folgende Voraussetzungen erfüllen müssen:

- Bei der Produktion müssen die Standortverhältnisse, das Nährstoffniveau etc. genau beachtet werden (GROSCH).
- Es müssen hochwertige Nahrungsmittel erzeugt werden.
- Die Umwelt darf nicht oder nicht wesentlich belastet werden.
- Die Erzeugung muß wirtschaftlich sein.

Abb.: Naturnaher Bestand aus Rotfichte, Weißtanne und Rotbuche (Bayerischer Wald).

Wenn die alternativ wirtschaftenden Betriebe bisher auf wenig Resonanz gestoßen sind, dann deswegen, weil sie angeblich oder tatsächlich mit nur geringem Betriebserfolg wirtschaften. Ich freue mich, daß Herr GROSCH gestern Beispiele brachte, die das Gegenteil beweisen. Ich kann dies bestätigen; denn seit einigen Tagen liegt mir die steuerliche Buchführung eines organisch-biologischen Betriebes vor, in dem ein Betriebseinkommen von 1500,– DM/ha erzielt worden ist.

Ich halte es für notwendig, daß die Betriebswirtschaft einmal darüber nachdenkt, was sich über eine Minimierung des Aufwandes einkommensmäßig erreichen läßt. Denn bei der gegenwärtigen Marktlage geht es nicht um Höchstproduktion, sondern um ein angemessenes Betriebseinkommen.

Wir sollten offen sein gegenüber den organisch-biologischen und biologisch-dynamischen Betrieben. Deswegen haben wir einen Verbindungsmann an unserer Landesanstalt zu diesen Betrieben eingesetzt. Außerdem wurde ein staatlicher Betrieb auf die organisch-biologische Wirtschaftsweise umgestellt und Untersuchungen eingeleitet. Die Beratung der alternativen Betriebe erfolgt nicht durch staatliche Stellen, sondern durch ihre eigenen Organisationen.

Obwohl wir diesen Betrieben mit Achtung und Toleranz gegenüberstehen, sind wir nicht der Meinung, daß diese spezifischen Produktionsformen auf die Allgemeinheit übertragen werden können. Denn dazu gehört nicht nur die von mir angesprochene Grundhaltung, sondern noch zusätzlich ein ausgesprochener Idealismus, ja eine besondere geistige Einstellung, die man nicht generell voraussetzen kann.

Die von uns als allgemein übertragbar angesehene Alternative ist das integrierte Pflanzenbausystem, das auch einer Entsprechung in der tierischen Produktion bedarf. Das bedeutet eine nach Sorte, Fruchtfolge, Bodenbearbeitung und Düngung – sowohl nach der Menge wie nach der zeitlichen Abfolge – auf den Standort bezogene Pflanzenproduktion. Durch den integrierten Pflanzenschutz soll hierbei der Einsatz von chemischen Hilfsstoffen soweit als möglich minimiert werden.

Wir dürfen das integrierte Pflanzenbausystem aber nicht als Feigenblatt benutzen, hinter dem wir die bisherige Entwicklung fortsetzen. Wir müssen vielmehr unsere ganze Forschung in diese Richtung lenken und die Praxis zum Umdenken bringen.

Für integrierte Pflanzenbausysteme fehlen uns noch viele Grundlagen. Unsere Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau erarbeitet Material, vor allem zur Ausdehnung des integrierten Pflanzenschutzes. Wir haben hierzu mehr als 100 Erprobungsbetriebe gefunden, die in diesem Programm mitarbeiten. Wir hoffen dabei natürlich auch auf die Unterstützung der Hochschulen, die hier im Rahmen ihrer freien Forschung ein weites Feld vor sich haben.

Mit einem integrierten Pflanzenbau wird es möglich sein, einseitige Ökobelastungen durch übertriebene Verwendung der Agrotechnik abzubauen und diese nur als Hilfsmittel im Bedarfsfall zu verwenden.

Integrierter Pflanzenbau ist nicht nur eine Alternative zum konventionellen Pflanzenbau, er ist auch eine wissenschaftliche Alternative zu den oft auf Intuition begründeten biologischen Verfahren.

4 Natur- und Geisteswissenschaften müssen wieder zusammenfinden

Geradezu paradox ist es, daß sich die Technischen Hochschulen zu einer Zeit in Technische Universitäten umbenannt haben, als eben die Universalität der Forschung immer mehr nachließ. Ich meine aber, daß die Naturwissenschaften die Verbindung zu den Geisteswissenschaften brauchen. Von ihnen kam ja letzten Endes auch der Anstoß, über unsere „Umwelt" nachzudenken, und von dort stammt wohl auch der Begriff der „Ökologie".

So scheint mir auch die Beschäftigung mit alternativen Landbaumethoden zu zeigen, daß es noch viele Dinge gibt, auf die die Naturwissenschaft keine verbindliche Antwort geben kann. Unsere „Ratio" stößt auf Grenzen. Und auch in Zukunft wird der Mensch nicht ohne Irrationalität leben können, eben weil er selber ein geistiges Wesen ist.

Zu dieser Irrationalität zählt die Einsicht in die Grenzen unserer Existenz und in die Grenzen dessen, was der Mensch vermag. Damit sind auch die Grenzen angedeutet, die sich dem jeweiligen Erkenntnisstand der Naturwissenschaft stellen. Dieser Einsicht sollten wir uns alle beugen.

5 Einsicht in die Grenzen des Machbaren führt zu Liberalität und Toleranz

Vielleicht ist es kein Zufall, wenn zum zweiten Mal hier in Nymphenburg ein Dialog zwischen dem alternativen und konventionellen Landbau stattgefunden hat. Bayern hat sich nie als ein Land der unbegrenzten Möglichkeiten verstanden. In Bayern gilt auch der Grundsatz vom „Leben und leben lassen". Beides paßt zum heutigen Seminar, das trotz unterschiedlicher Meinungen die Bereitschaft zur Toleranz erkennen läßt. Ich meine, daß wir dazu auch aus gesellschaftspolitischen Gründen Anlaß haben; denn wir leben in einer pluralistischen Gesellschaft, in der jeder das Recht hat, im Rahmen der Gesetze seine Meinung zu sagen und nach seiner Überzeugung zu leben. Wir müssen daher in der Agrarproduktion beiden Bereichen ihre Freiheit lassen. Ich bin überzeugt, daß wir bei ehrlichem Bemühen dann mit einem guten Ergebnis rechnen können.

Anschriften der Autoren

Claude Aubert
Rue de Jaubourg
F 25930 Lods/Frankreich

Prof. Dr. Gerhard Brümmer
Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Christian-Albrecht-Universität
Olshausenstr. 40-60
2300 Kiel

Prof. Dr. Konrad Buchwald
Institut für Landschaftspflege und Naturschutz der TU Hannover
Herrenhäuser Str. 2
3000 Hannover 21

Dr. Otto Buess
Kantonale land- und hauswirtschaftliche Schule Ebenrain-Sissach
CH 4450 Sissach/Schweiz

Dr. Anthony Deavin
North East Surrey College of Technology
Reigate Road
Ewell, Epsom Surry
KT 17 3 DS England

Staatsminister Dr. Hans Eisenmann
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstr. 2
8000 München 22

Drs. Winfried Felderer
Centraal Bodemkundig Bureau Ir Rispens
Singelstraat 19-21
NL Deventer/Niederlande

Parl. Staatssekr. Georg Gallus
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Postfach 140270
5300 Bonn 1

Dipl. agr. oec. Peter Grosch
Fördergemeinschaft organisch-biologischer Landbau e V
Bahnhofstr. 1
7326 Heiningen Kr. Göppingen

Prof. Dr. Günter Kahnt
Institut für Pflanzenbau der Universität Hohenheim
Postfach 106
7000 Stuttgart 70

Wiss. Dir. Dr. Georg Maas
Institut für Unkrautforschung der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft
Messeweg 11/12
3300 Braunschweig

Dr. D. Sc. Fritz Pauli
Universität Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 236
V. Labor 513
6900 Heidelberg

Dr. Hans A. Staub
Chamerstr. 10
CH 6300 Zug/Schweiz

Dr. Wolfgang von Trotha
Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
Ludwigstr. 2
8000 München 22

Prof. Dr. Dr. Gustav Wellenstein
Lettenweg 18
7800 Freiburg im Breisgau

Nachweis der Abbildungen

A. Deavin Fig. Seite 22, 24, 25(3x)
G. Olschowy Abb. Seite 39, 50, 62, 69, 79, 82, 85
F. Pauli Abb. Seite 4, 35, 36, 37(2x)

Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landespflege

Gesamtverzeichnis

Heft Nr. 1 September 1964	Straßenplanung und Rheinuferlandschaft im Rheingau Gutachten von Prof. Dr.-Ing. Gassner	
Heft Nr. 2 Oktober 1964	Landespflege und Braunkohlentagebau Rheinisches Braunkohlengebiet	
Heft Nr. 3 März 1965	Bodenseelandschaft und Hochrheinschiffahrt mit einer Denkschrift von Prof. Erich Kühn	
Heft Nr. 4 Juli 1965	Landespflege und Hoher Meißner	
Heft Nr. 5 Dezember 1965	Landespflege und Gewässer mit der „Grünen Charta von der Mainau"	
Heft Nr. 6 Juni 1966	Naturschutzgebiet Nord-Sylt mit einem Gutachten der Bundesanstalt für Vegetationskunde, Naturschutz und Landschaftspflege, Bad Godesberg	
Heft Nr. 7 Dezember 1966	Landschaft und Moselausbau	
Heft Nr. 8 Juni 1967	Rechtsfragen der Landespflege mit „Leitsätzen für gesetzliche Maßnahmen auf dem Gebiet der Landespflege"	
Heft Nr. 9 März 1968	Landschaftspflege an Verkehrsstraßen mit Empfehlungen über „Bäume an Verkehrsstraßen"	
Heft Nr. 10 Oktober 1968	Landespflege am Oberrhein	– vergriffen –
Heft Nr. 11 März 1969	Landschaft und Erholung	
Heft Nr. 12 September 1969	Landespflege an der Ostseeküste	
Heft Nr. 13 Juli 1970	Probleme der Abfallbehandlung	– vergriffen –
Heft Nr. 14 Oktober 1970	Landespflege an der Nordseeküste	– vergriffen –
Heft Nr. 15 Mai 1971	Organisation der Landespflege mit einer Denkschrift von Dr. Mrass	

Heft Nr. 16 September 1971	Landespflege im Alpenvorland	
Heft Nr. 17 Dezember 1971	Recht der Landespflege mit einer Erläuterung von Prof. Dr. Stein und einer Synopse über Rechtsvorschriften von Dr. Zwanzig	– vergriffen –
Heft Nr. 18 Juli 1972	Landespflege am Bodensee mit dem „Bodensee-Manifest"	
Heft Nr. 19 Oktober 1972	Landespflege im Ruhrgebiet	– vergriffen –
Heft Nr. 20 April 1973	Landespflege im Raum Hamburg	
Heft Nr. 21 November 1973	Gesteinsabbau im Mittelrheinischen Becken	
Heft Nr. 22 Mai 1974	Landschaft und Verkehr	
Heft Nr. 23 Oktober 1974	Landespflege im Mittleren Neckarraum	
Heft Nr. 24 März 1975	Natur- und Umweltschutz in Schweden	
Heft Nr. 25 April 1976	Landespflege an der Unterelbe	– vergriffen –
Heft Nr. 26 August 1976	Landespflege in England	
Heft Nr. 27 Juni 1977	Wald und Wild	
Heft. Nr. 28 Dezember 1977	Entwicklung Großraum Bonn	
Heft Nr. 29 August 1978	Industrie und Umwelt	
Heft Nr. 30 Oktober 1978	Verdichtungsgebiete und ihr Umland	
Heft Nr. 31 Dezember 1978	Zur Ökologie des Landbaus	

Auslieferung: city-druck *Leopold* bonn, Verlagsdruckereigesellschaft mbH, Postfach 1947, 5300 Bonn 1

DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE

Schirmherr: Bundespräsident Walter SCHEEL

Mitglieder:

Graf Lennart BERNADOTTE, Insel Mainau – Sprecher des Rates

Professor Dr. Konrad BUCHWALD, Hannover
Direktor des Instituts für Landespflege und Naturschutz
der Technischen Universität Hannover

Dr. Helmut KLAUSCH, Essen
Beigeordneter des Siedlungsverbandes Ruhrkohlenbezirk, Essen

Dr.-Ing. E. h. Hans-Werner KOENIG, Essen
Eh. Geschäftsführender Direktor des Ruhrverbandes und
Ruhrtalsperrenvereins

Professor Erich KÜHN, Aachen
Em. Direktor des Instituts für Städtebau und Landesplanung
der Technischen Hochschule Aachen

Professor Dr. Paul LEYHAUSEN, Wuppertal
Leiter der Arbeitsgruppe des Max-Planck-Instituts für Verhaltens-
physiologie
Professor für Ethologie der Universität Düsseldorf

Professor Dr. h. c. Kurt LOTZ, Heidelberg

Professor Dr. Gerhard OLSCHOWY, Bonn
Geschäftsführendes Mitglied des Rates
Lehrbeauftragter für Landschaftspflege an der Universität Bonn

Professor Wolfram PFLUG, Aachen
Inhaber des Lehrstuhls für Landschaftsökologie und Landschafts-
gestaltung der Technischen Hochschule Aachen

Dr. Peter von SIEMENS, München
Vorsitzender des Aufsichtsrates der Siemens Aktiengesellschaft

Professor Dr. Erwin Kurt SCHEUCH, Köln
Ordinarius für Soziologie und Direktor des Instituts für Angewandte
Sozialforschung der Universität Köln

Professor Dr. Hans-Werner SCHLIPKÖTER, Düsseldorf
Ordinarius für Hygiene der Universität Düsseldorf
Direktor des Medizinischen Instituts für Lufthygiene
und Silikoseforschung Düsseldorf

Dr. Dr. h. c. Theodor SONNEMANN, Bonn – Stellvertr. des Sprechers
Staatssekretär i. R.
Ehrenpräsident des Deutschen Raiffeisenverbandes e. V., Bonn

Professor Dr. Dr. h. c. Julius SPEER, Fischhausen (Schliersee)
Em. Direktor des Instituts für Forstpolitik und forstliche
Betriebswirtschaftslehre der forstlichen Forschungsanstalt
der Universität München
Eh. Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft

Professor Dr. Erwin STEIN, Annerod b. Gießen
Kultusminister a. D.
Bundesverfassungsrichter a. D.

Dr. h. c. Alfred TOEPFER, Hamburg
Kaufmann und Reeder

Dr. Benno WEIMANN, Gelsenkirchen
Vorstandsvorsitzender der Gelsenwasser AG

Geschäftsstelle: Konstantinstraße 110, 5300 Bonn 2
Tel.: 0 22 21 / 33 10 97