

Einfluß von Kulturmaßnahmen auf das Bodenleben

Günter Trolldenier

1. Wandlungen im Ackerbau in den letzten Jahrzehnten

Wie in anderen Wirtschaftszweigen haben sich in der Landwirtschaft gewaltige Veränderungen vollzogen. In den 50er Jahren beschleunigte sich unter dem Druck stagnierender Preise und steigender Lohnkosten Mechanisierung, Intensivierung und Spezialisierung. Der Mineräldüngereinsatz stieg bis 1980 steil an, um seitdem allerdings zu stagnieren oder sogar leicht abzufallen. Eine ähnliche Entwicklung nahm die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (BUNDESM. ERN., LANDW. U. FORSTEN 1956–1985).

Eine enorme Zunahme hat auch die Mechanisierung erfahren. Auf diesem Gebiet ist der Trend ungebrochen. 1960 betrug die durchschnittliche Schleppermotorleistung 20,6 kW, 1984 dagegen 31,5 kW. Je 100 ha LF stieg die Leistung von 205,9 auf 388,1 kW (BUNDESM. ERN., LANDW. U. FORSTEN 1985). Verbunden damit ist eine erhebliche Gewichtszunahme der Schlepper. Die Frage ist, wird das Bodengefüge nachhaltig geschädigt?

Um die Maschinen ökonomischer einzusetzen, wurde die Fruchtfolge stark vereinfacht. Die Getreideanbaufläche nahm im Bundesgebiet von 1951 bis 1984 von 55 auf 68% zu, wobei der Anteil von Weizen und Gerste aber von 20 auf 50% stieg, der Hackfruchtanteil fiel von 22% auf 10% ab. (BUNDESM. ERN., LANDW. U. FORSTEN 1985).

Wir alle machen uns Sorgen, ob durch diese Veränderungen nicht auf die Dauer die Bodenfruchtbarkeit leidet. Dem widerspricht allerdings, daß die Erträge noch immer weiter steigen und eine Höhe erreicht haben, die ehemals nicht für möglich gehalten wurde (STATISCHES BUNDESAMT 1985). Es steht in der Bodenschutzkonzeption (s. 14): »Daneben ist die Bodenfruchtbarkeit zur Sicherung des Bedarfs an Nahrungsmitteln, Futtermitteln und pflanzlichen Rohstoffen dauerhaft zu erhalten; langfristig bedenkliche Veränderungen der Stoffkreisläufe im Boden müssen deshalb frühzeitig festgestellt und korrigiert werden« (BUNDESMINISTER des INNEREN 1985).

Im folgenden soll versucht werden, einige relevante Einflüsse der landwirtschaftlichen Kulturmaßnahmen auf das Bodenleben darzustellen, da dieses seit jeher als wesentlicher Teil der Bodenfruchtbarkeit gilt.

Zu dieser Problematik sind in jüngster Zeit ausführliche Publikationen erschienen, z. B. das Sondergutachten des RATES von SACHVERSTÄNDIGEN für UMWELTFRAGEN (1985): »Umweltprobleme der Landwirtschaft« und die Reihe »Materialien zur Umweltforschung« von der besonders der Bd. 13 von DOMSCH (1985): »Funktionen und Belastbarkeit des Bodens aus der Sicht der Bodenmikrobiologie«, hervorzuheben sind. Beide Veröffentlichungen haben für diese Arbeit wertvolle Informationen geliefert.

2. Die Bedeutung des Edaphons in agrarischen Ökosystemen

2.1 Zusammensetzung und Biomasse

Agrar-Ökosystemen, aber auch forstlich genutzten Wäldern und landwirtschaftlich genutztem Grünland, fehlt ein wesentliches Kennzeichen natürlicher Ökosysteme, das Vermögen zur Selbstregulation. Der Mensch allein entscheidet über die anzubauenden Pflanzen und greift in den Naturhaushalt ein. Dennoch ist er darauf angewiesen, daß Teile der Biozönose, nämlich das Edaphon, weiterhin funktionieren. Unter Edaphon versteht man die Gesamtheit der im Boden vorkommenden Lebewesen, also Mikroorganismen (Bakterien u. Pilze), Bodenalgae und Bodentiere.

Von der Biomasse des Edaphons entfallen durchschnittlich 75% bis 95% auf die Mikroflora. Die Zahl der Bodenbakterien beträgt mehrere Milliarden Individuen je Gramm Boden. Die Länge der bis zu 11 µm dicken Pilzhyphen beträgt bis zu 1000 m Länge. In der mikrobiellen Biomasse sind 2–3% des organischen Kohlenstoffs des Bodens gebunden. Ihre Trockenmasse wird im Ackerboden auf 0,7 t/ha veranschlagt. Nach ANDERSON u. DOMSCH (1975) machen mit 60–90% mikroskopische Pilze den überwiegenden Anteil aus. Tiere kommen im Boden in außerordentlich vielen Formen, Größen und Arten vor (DUNGER 1983), doch haben allein die Regenwürmer ca. 95% Gewichtsanteil.

2.2 Leistungen des Edaphons

Im Stoffkreislauf spielen die Bodenlebewesen vor allem als Konsumenten und Zersetzer eine Rolle. Sie sind damit für das Recycling der in und auf den Boden gelangenden Residuen verantwortlich. Die pflanzlichen Rückstände werden in engem Zusammenwirken von Bodenfauna und Mikroflora in fein abgestufter Reihenfolge zerkleinert, mit dem Boden vermischt (Bioturbation) und umgesetzt. Etwa 70% der Rückstände werden zu Kohlendioxid und Mineralstoffen abgebaut. Der Rest wird in zunehmend stabilere Huminstoffe überführt. Die Mineralisierung erfolgt auch im Winterhalbjahr, wenn der Boden frostfrei ist. In unbepflanzten Böden oder solchen mit geringem Pflanzenbewuchs kann es dann zur Verlagerung von Nährstoffen, hauptsächlich Nitrat, in den Untergrund kommen.

2.3 Edaphon und Bodengefüge

Humus, notwendiger Bestandteil jeden Bodens, entsteht also unter Mitwirkung des Edaphons. Humus- und Tonteilchen verbinden sich zu Ton-Humus-Komplexen. Ihnen verdankt der Boden sein inneres Gefüge. Bodenorganismen sind wesentlich beteiligt an der Entstehung und Stabilität der Hohlräume, die Luft und Wasser enthalten (TROLLDENIER 1971). Die biomechanische Tätigkeit der größeren Bodentiere wirkt der Sackung der Bodenteilchen und damit einer höheren Lagerungsdichte

entgegen. Hervorzuheben ist die Tätigkeit der Regenwürmer, deren Röhren eine gute Drainage ermöglichen. Für die Stabilität der Krümel ist die sog. Lebendverbauung durch Bakterien und Pilzhypen wichtig.

2.4 Das biozönotische Gleichgewicht im Boden

Wenn auch in agrarischen Ökosystemen eine Selbstregulation nicht existiert, so besteht doch – eine gute Bewirtschaftung vorausgesetzt – ein dynamisches biozönotisches Gleichgewicht zwischen den Mitgliedern der Bodenlebensgemeinschaft. Die Sukzessionen von Organismen beim Abbau von Pflanzenrückständen funktionieren und phytopathogene bodenbürtige Organismen bleiben auf einem niedrigen Niveau.

3. Einfluß von Kulturmaßnahmen auf das Bodenleben

Ein agrarisches Ökosystem wird durch die verschiedensten Eingriffe des Landwirts geprägt bzw. gesteuert (KNAUER 1985). Die einzelnen Steuerungsmittel sollen im folgenden besprochen werden.

3.1 Düngung

Untersuchungen über die Generationszeit von Mikroorganismen im Boden haben ergeben, daß sich der größte Teil der mikrobiellen Biomasse aus Mangel an verwertbaren Nährstoffen die meiste Zeit im Ruhezustand befindet (JENKINSON u. LADD 1981). Nach Zufuhr organischer Substanzen kommt es daher fast immer zu einem Ansteigen ihrer Aktivität und zur Zunahme ihrer Zahl. Der Humusgehalt von Ackerböden läßt sich durch organische Düngung allerdings nur begrenzt steigern. Ackerböden haben in der Regel einen niedrigeren Humusgehalt als Grünland- und Waldböden. Wichtiger als die Anhebung des Gesamthumusgehaltes im Boden ist aber die Zufuhr von »Nährhumus«, der rasch abgebaut wird und zur Lebendverbauung der Aggregate führt (Krümelstabilität) und die Tätigkeit der grabenden Bodentiere anregt.

In früheren Zeiten erfolgte die Humusversorgung des Ackerbodens vorwiegend über den Stallmist, der während der Vorrotte ein C:N-Verhältnis von 15–18:1 erreicht und beim Einbringen keine Probleme aufwirft. Durch die Entkopplung von Ackerbau und Viehhaltung schien in viehschwachen Gebieten nach Fortfall des Stallmistes die Humusversorgung gefährdet zu sein. An seine Stelle traten Stroh, Gründüngung und Rübenblatt. In viehstarken Gebieten kam und kommt es teilweise zu einer überoptimalen Gülleanwendung. Wie für den Stallmist früher schon, ist für die Gülle jetzt nachgewiesen worden, daß sie im Boden gut mineralisiert wird und neue organische Verbindungen entstehen. Selbst höchste Gaben von Rindergülle üben keine toxischen Wirkungen aus (BÖNISCHOVÁ-FRANKLOVÁ 1980). Aus bodenbiologischer Sicht wirkt sich hohe Gülleanwendung zwar nicht negativ aus, wohl aber stellt die Nitratverlagerung in den Unterboden eine große Gefahr dar. Für die Abbauintensität der eingebrachten Substanzen ist das C:N-Verhältnis entscheidend. Bei einem weiten C:N-Verhältnis kommt es zu einer Immobilisierung von mineralischem Stickstoff bzw. einer Stickstoff-

sperrung. Die Verrottung von Stroh wird durch einen N-Ausgleich von 0,5–1 kg N auf 100 kg Stroh gefördert. Der mikrobielle Abbau von eingegrubbertem Stroh zeigt sich in einem Ansteigen der Bodenatmung und der Dehydrogenaseaktivität (SCHRÖDER 1980, SCHRÖDER u. URBAN 1985). Die Strohverdaulichkeit hängt von der Bodenart und den Witterungsbedingungen ab. Stroh- und Rübenblattdüngung scheinen einen gleichwertigen Ersatz für den Stallmist gebracht zu haben. Jedenfalls wurde auf Flächen, die z. T. seit 20 Jahren viehlos bewirtschaftet wurden, keine Verschlechterung bodenchemischer und -physikalischer Eigenschaften gefunden (SCHRÖDER et al. 1985). Hingegen war der Humusspiegel etwas abgefallen. Gesicherte Unterschiede hinsichtlich Bodenatmung, Biomasse und Enzymaktivitäten bestanden jedoch nicht. Organische Dünger liefern außerdem mineralische Nährstoffe. Verschiedentlich wird die Meinung vertreten, daß es auch bei organischer Düngung zu Düngungsfehlern kommen kann, denn es wird der in ihr enthaltene Stickstoff auch außerhalb der Vegetationsperiode, im Winterhalbjahr, mineralisiert, was die Gefahr der Auswaschung mit sich bringt (WELTE u. TIMMERMANN 1985, VETTER 1985).

Da die überwiegend heterotrophen Mikroorganismen des Bodens zumeist C-limitiert sind, ist in der Regel mit der Zufuhr mineralischer Düngemittel keine Veränderung mikrobieller Aktivität verbunden (DOMSCH 1985). Ausnahmen sind die erwähnte zusätzliche N-Gabe bei Strohdüngung, der vorübergehende Cyanamidschock nach Kalkstickstoffgabe und der negative Einfluß mineralischen Stickstoffs auf freilebende Stickstoffbinder, deren Rolle aber unter unseren Verhältnissen gering ist. Die Abbauleistungen von Mikroorganismen scheinen bei einer Überdosierung von Mineralstoffen weniger beeinträchtigt zu werden als die höheren Pflanzen (TROLLDENIER 1969).

Einen Sonderfall stellt die Kalkung dar. Zahlreiche Untersuchungen zeigen, daß nach Kalkung saurer Böden eine tiefgreifende Umschichtung der Bodenlebewelt erfolgt, die von zunehmender Aktivität begleitet wird (TROLLDENIER 1971). Gleichzeitig wird Rohhumus abgebaut und in stabilere wertvolle Huminstoffe überführt. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß eine Erhöhung des pH-Wertes manche Krankheiten, wie Kartoffelschorf und Schwarzbeinigkeit bei Weizen, begünstigt, andere aber zurückdrängt. Im allgemeinen muß die Wirkung der Kalkung aber als positiv für das Edaphon angesehen werden.

Mineralische Düngung hat vor allem über eine Steigerung des Pflanzenwachstums und damit die Erhöhung der abbaubaren Stoffe im Boden eine indirekte positive Wirkung auf das Edaphon. Wie Ergebnisse aus Dauerdüngungsversuchen mit 20–80jähriger Laufzeit deutlich zeigen, kann der Humusgehalt durch alleinige Mineraldüngung positiv beeinflusst werden (VETTER 1985). Die Kombination von Stallmist und Mineraldüngung führt allerdings zu besonders guter Humusmehrung.

3.2 Bodenbearbeitung

Seit Alters her werden Ackerböden gelockert und gepflügt. Dabei werden Ernterückstände, Gründüngungspflanzen und Stalldünger mit dem Mineral-

boden vermischt und so die Angriffsflächen für den Abbau vergrößert. Lockerung und Durchmischung fördern die Mineralisierung der zugesetzten organischen Substanz (Literatur bei DOMSCH 1985). Sie beschleunigen aber auch den Abbau stabilerer Huminstoffe. Das ist einer der Gründe für die niedrigeren Humusgehalte von Ackerböden gegenüber Grünland- und Waldböden. Während die mechanische Bodenbearbeitung, soweit eine Lockerung erzielt wird, die mikrobielle Aktivität fördert, werden die größeren Bodentiere stark geschädigt. Im Laufe der letzten Jahrzehnte kamen immer leistungsstärkere und schwerere Fahrzeuge mit höherer Schlagkraft zum Einsatz. So hat sich im modernen mechanisierten Ackerbau die seit langem bekannte Verdichtung der Pflugschleife in eine Schleppersohlenverdichtung verwandelt. Der Reifendruck von Schleppern, Erntemaschinen und Wagen führt allgemein zu zunehmender Bodenverdichtung. Nach MEYER (1985) sind gerade die besten unter unseren Ackerböden der Gefahr von nicht oder schwer reparablen Strukturschäden ausgesetzt. Es handelt sich um die aus Löß hervorgegangenen Schwarz- und Parabraunerden. Die Verdichtung betrifft hauptsächlich die Grobporen und bei schluffreichen Bodenarten noch die weiten Mittelporen. Daher sind die schluffreichen Böden gegen Verdichtungen am empfindlichsten. Die Bodenverdichtung wirkt sich vor allem in einer Verminderung des Anteils luftführender Poren aus, die auch für eine rasche Drainage des Regenwassers sorgen. Ein lockerer »garer« Lößboden hat eine Dichte von ca. $1,35 \text{ g/cm}^3$ und ist für Wurzeln leicht durchdringbar. In Böden mit Verdichtungsstruktur und einer Dichte von $1,7 \text{ g/cm}^3$ ist das Wachstum der Wurzeln sehr erschwert (MEYER 1985). Auch die Aktivitäten der Mikroflora und Bodenfauna werden durch Hemmung der Durchlüftung und den dadurch hervorgerufenen Sauerstoffmangel negativ beeinflusst bzw. beeinträchtigt. Eine Folge können Stickstoffverluste durch Denitrifikation sein. Es entwickelt sich eine anaerobe Mikroflora, die die organischen Stoffe nicht mehr in der gewünschten Weise abbauen kann. Bei dem als Fäulnis bezeichneten anaeroben Abbau treten organische Säuren und toxischer Schwefelwasserstoff auf (TROLL-DENIER 1971). Die größeren Bodentiere, insbesondere die Regenwürmer, werden direkt durch Druck geschädigt. Wiederauflockerung der Schadensbereiche führte erst nach 2–6 Monaten zu einer Neubesiedlung mit Milben und Collembolen (DUNGER 1983). Bei schluffigem Lehm Boden ist eine Rückführung einer dichten in eine lockere Grundstruktur durch Pflanzenwurzeln und Bodentiere nicht möglich (MEYER 1985). Wohl aber wirken Humus und Lebendverbauung der Entstehung von Strukturschäden entgegen.

3.3 Fruchtfolge

Die moderne Landwirtschaft ist, wie erwähnt, gekennzeichnet durch eine Verengung der Fruchtfolgen. Früher wurde die Fruchtfolgegestaltung hauptsächlich unter dem Gesichtspunkt der Stickstoffsammlung durch eingeschalteten Leguminosenanbau gesehen, heute steht das Auftreten von bodenbürtigen Krankheiten im Vordergrund des Interesses. Deshalb wird reiner Getreidebau selten praktiziert. Häufig ist mit zunehmender Dauer einer

Weizenmonokultur zunächst ein Absinken der Erträge zu beobachten, gefolgt von einem Wiederanstieg, der jedoch nicht die Höhe der Anfangserträge erreicht (SHIPTON 1967). Die erste Phase ist gekennzeichnet durch Zunahme von Fußkrankheiten – hauptsächlich der Schwarzbeinigkeit (Erreger: *Gaeumannomyces graminis*). Die daraufhin erfolgende Abnahme der Schwarzbeinigkeit (decline effect) wird mit einer stärkeren Vermehrung antagonistischer Pseudomonaden in Verbindung gebracht (WONG 1985). Eine Verarmung des Spektrums an saprophytischen Mikroorganismen ist bisher bei engen Fruchtfolgen nicht nachgewiesen worden (DOMSCH 1985). Jedoch konnte bei Weizenmonokultur eine Verschlechterung bodenmikrobiologischer Eigenschaften festgestellt werden (BACHTHALER et al. 1985).

Die Fruchtfolgegestaltung ist von erheblicher Bedeutung für den Humushaushalt. Allgemein gilt, daß mit höherem Anteil von Hack- bzw. Blattfrüchten in der Fruchtfolge die Humuszehrung wächst, weil diese Früchte nur wenig Ernterückstände hinterlassen und das zur Unkrautbekämpfung erforderliche Hacken eine den Humusabbau beschleunigte Bodenbelüftung bewirkt. Die Ersetzung des Hackens durch Herbizide hat zu einer verminderten Humuszehrung geführt. Höchstmöglicher Humusgehalt wird durch mehrjährigen Anbau von Feldfutterpflanzen (Klee, Luzerne) und damit verbundene längere Bodenruhe, erreicht (RAT von SACHVERST. f. UMWELTFR. 1985).

Die Auswertung eines langjährigen Fruchtfolgeversuches hat ergeben, daß in einem völlig vegetationslosen Krumenboden (Schwarzbrache), der über 30 Jahre keinerlei C-Eintrag erhalten hatte, ein Humusabbau von etwa der Hälfte, bei Kartoffelmonokultur ohne Stallmist von etwa einem Fünftel, bei Getreide in der Fruchtfolge aber ein Anstieg von ca. 10% erfolgt ist. Gleichsinnig mit dem Humusgehalt hatte sich die stoffwechselaktive mikrobielle Biomasse verändert. Dieser Parameter weist wesentlich stärkere Unterschiede auf. So enthalten die Böden mit Getreide in der Fruchtfolge etwa 6 mal mehr mikrobielle Biomasse als Schwarzbracheboden (BECK 1984).

3.4 Minimalbodenbearbeitung

Aus der Erkenntnis, daß sich häufige Bodenbearbeitung ungünstig auf Humusdynamik, Bodengefüge und Edaphon auswirken kann, wird mit reduzierter oder Minimalbodenbearbeitung experimentiert. Infolge unterlassener Einarbeitung bilden bei dieser Wirtschaftsweise organische Residuen eine Auflage analog der in Waldböden.

Bei Direkt- oder Frässaat fanden sich nur in der obersten Bodenschicht zwischen 0–10 cm höhere C_t - und Biomassewerte als beim Pflügen (BECK 1984). In den unteren Horizonten fallen die Zahlen jedoch stark ab, während in der Pflugvariante die Maximalwerte in einer mittleren Schicht zwischen 10 und 20 cm zu finden sind, offensichtlich als Folge des Wendens der Scholle im Herbst. Bezogen auf den gesamten Bodenkörper bis 30 cm ist – trotz der höheren Werte in der obersten Schicht – die Frässaat dem Pflug beim Humusgehalt um etwa 10%, beim Biomassegehalt um 30% unterlegen. Die Werte für die Stabilität der organischen Substanz weisen aus, daß nur in der obersten Schicht

bei der Minimalbodenbearbeitung eine leicht positive, beim Pflügen jedoch über alle 3 Bodenhorizonte hinweg, eine deutlich positive Humusbilanz vorliegt. Mehr Biomasse in den oberen 5 cm ist selbst dann festgestellt worden, wenn vorher das Stroh abgebrannt wurde (LYNCH u. PANTING 1980).

Bei Direktsaat können höhere N-Verluste durch Denitrifikation auftreten als bei Pflugbearbeitung (COLBOURN u. DOWDELL 1984). Leider treten auch durch Rhizoctonia spp. und Gaeumannomyces graminis verursachte Fußkrankheiten bei Weizen nach Direktsaat stärker auf (ROVIRA u. VENN 1985).

Günstiger stellt sich die Minimalbodenbearbeitung im Hinblick auf die Tätigkeit der Regenwürmer dar. EHLERS (1975) fand, daß durch Minimalbodenbearbeitung bei der die Oberfläche mit Stroh bedeckt blieb, die Wasserinfiltration in tiefere Bodenschichten wesentlich verbessert wurde. Verantwortlich dafür waren die bis zur Oberfläche reichenden Regenwurmröhren, die durch Bodenbearbeitung nicht zerstört wurden. Der Regenwurmbesatz steigt in der Reihenfolge – offener Boden, strohbedeckter Boden, begrünter Boden – wie für Rebanlagen gefunden wurde (SCHRUFTE et al. 1982). Der günstige Einfluß unterlassener oder Minimalbodenbearbeitung auf die Meso- und Makrofauna, insbesondere auf die Regenwürmer wurde mehrfach festgestellt (BAUCHHENS 1983, GRAFF 1964, HOUSE u. PARMELEE 1985, SCHWERTLE 1969). Nach Umstellung von Pflügen auf Direktsaat nimmt das Verhältnis der Regenwurmbzahl bei Direktsaat zu der bei Pflügen ständig zu (BARNES u. ELLIS 1979). Nach 17-jähriger Minimalbodenbearbeitung war die Zahl der Regenwürmer um ein Mehrfaches höher als mit konventioneller Bodenbearbeitung (HOUSE u. PARMELEE 1985). Bei den Enchytraea war es umgekehrt.

Gefördert wurden durch Minimalbodenbearbeitung auch Mikroarthropoden (Milben, Collembolen, Insekten) und räuberische Formen wie Käfer (Coleoptera) und Spinnen. In einer anderen Untersuchung wurde gefunden, daß die Zahl der Arthropoden nach Aussetzen des Pflügens trotz Verwendung des Totalherbizids Paraquat um etwa 35 % zunahm (EDWARDS u. STAFFORD 1979). Es wird angenommen, daß Regenwürmern und Mikroarthropoden bei Minimalbodenbearbeitung eine stärkere Bedeutung beim Abbau organischer Stoffe und im Nährstoffkreislauf zukommt.

Hinsichtlich des Abbaus organischer Residuen bestehen zwischen beiden Systemen wesentliche Unterschiede: Bei konventioneller Bodenbearbeitung mit Pflügen erfolgt eine schnelle Vermischung mit dem Mineralboden. Der rasche Abbau erfolgt in wenigen Schritten hauptsächlich durch die Mikroflora. Bei der Minimalbodenbearbeitung (Direktsaat) kommt es zu einer Anhäufung organischer Residuen und von Pflanzennährstoffen an der Bodenoberfläche. Der Abbau ist langsamer und erfolgt unter starker Beteiligung der Bodenfauna in vielen Schritten. Ob Minimalbodenbearbeitung der konventionellen überlegen ist, entscheidet letztlich der Ertrag. In Großbritannien wurde bei Direktsaatversuchen ohne Verbrennen des Strohs der Kornertrag um 20 % vermindert. Das Strohproblem verringert sich bei Einpflügen. Die Ursache wird in dem Auftreten anaerober Bedingungen,

die bei feuchter Witterung auftreten, gesehen. Es kommt beim anaeroben Abbau zu phytotoxischen Konzentrationen von Essigsäure und anderen organischen Säuren (LYNCH 1984).

Vergleich konventioneller und alternativer Landwirtschaft

»Das »alternative« oder »biologische« Bewirtschaftungssystem unterscheidet sich vom üblichen »konventionellen« vor allem durch seinen höheren Leguminosen- und Futterpflanzenanteil in der Rotation, durch eine stärkere organische und eine verminderte mineralische Düngung, sowie durch einen weitgehenden Verzicht auf die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. Leguminosen, Futterpflanzen und organische Düngung fördern im allgemeinen die biologische Aktivität« (SCHRÖDER 1980). Vertreter alternativer Landbaurichtungen geben an, daß ihre Wirtschaftsweise das Bodenleben und die Nährstoffverfügbarkeit besonders fördern würden. Sie betonen (HOFFMANN 1983): »Bodenbearbeitung und Düngung haben sich den Erfordernissen eines intensiven Bodenlebens unterzuordnen und anzupassen«. Auch der »RAT von SACHVERSTÄNDIGEN für UMWELTFRAGEN« gibt in seinem Sondergutachten an, daß die Betriebe des alternativen Landbaus eine vorbildliche Behandlung der organischen Substanz und Humuspflge praktizieren.

Welchen Einfluß beide Landwirtschaftssysteme auf das Bodenleben ausüben, war Gegenstand verschiedener vergleichender Untersuchungen. SCHRÖDER (1980) fand in der Krume von 5–12 Jahre »biologisch« bewirtschafteten Ackerflächen höhere Dehydrogenaseaktivität und höheren Celluloseabbau, dagegen war der Strohabbau gleich hoch wie bei einer benachbarten Fläche mit »konventioneller« Bewirtschaftung. Bei einer Weiterführung dieser Arbeiten (GEHLEN u. SCHRÖDER 1985) wurden auch höhere Katalaseaktivität, eine höhere mikrobielle Biomasse und mehr Regenwürmer gefunden. Das Ergebnis wird auf die bessere Fruchtfolge und höhere Humusversorgung zurückgeführt. Über noch umfangreichere Versuche wurde jetzt von DIETZ et al. (1985) berichtet. Es handelt sich um 20 über Bayern verstreute Schläge, die mindestens 7 Jahre unter alternativem Anbau waren. »Im Mittel aller 20 Standorte lagen die mikrobiologischen Kennwerte (Biomasse, Aktivität von Katalase, Protease, N-Mineralisierung im Brutversuch) um ca. 10–20 % höher als in benachbartem Boden mit konventioneller Bewirtschaftung. Allerdings waren die Nährstoffgehalte in der Oberkrume deutlich niedriger (NO₃-N 58 %, P₂O₅-CAL 67 %, K₂O-CAL 81 %). Nur die Mg-Gehalte waren um 20 % höher«. Aus der Vielzahl der in Bayern durchgeführten Exaktversuche, in die auch Pflanzenschutzaspekte aufgenommen wurden, läßt sich ableiten, daß weder alleinige organische, noch mineralische Düngung die biologische Komponente der Bodenfruchtbarkeit am meisten fördert. Eine Kombination beider, verbunden mit einem gezielten Pflanzenschutz, erbringt die höchste mikrobielle Biomasse, die höchsten Enzymaktivitäten und auch den höchsten Humusgehalt (BECK 1983).

Schließlich erhebt sich die Frage, ob das Bodengefüge durch unterschiedliche Bewirtschaftung beeinflusst wird. Dafür fanden KLEYER u. BABEL

(1984) keine Anzeichen. Anhand von mikromorphologischen Analysen des Ap-Horizontes stellten die Autoren fest, daß die Gefügebildung durch Regenwürmer und Enchytraeen sich bei benachbarten »biologisch« und »konventionell« bearbeiteten Schlägen kaum unterscheiden.

Diese Beispiele zeigen, daß neben mikrobiologischen auch bodenchemische und bodenphysikalische Parameter zu beachten sind, wenn über die Bodenfruchtbarkeit Aussagen gemacht werden sollen. Aus bodenbiologischer Sicht ist keines der beiden Bewirtschaftungssysteme eindeutig überlegen.

4. Folgerungen für die Praxis

Die Frage, ob die heutigen Wirtschaftsweisen mit ihrem Einfluß auf die Bodenlebewelt die Bodenfruchtbarkeit mindern oder mehr, ist nicht pauschal zu beantworten. Die organische Düngung wirkt sich fast immer günstig aus, wenn sie nicht aus überwiegend leichtabbaubaren Stoffen besteht, bei deren Zersetzung auch Dauerhumus mit abgebaut werden kann. Sie muß so in den Boden eingebracht werden, daß kein Luftabschluß eintritt und anaerobe Prozesse vermieden werden.

Beim Rügenblatt ist die Gefahr besonders groß. Die positive Wirkung organischer Düngung beruht auf einer Anregung des Bodenlebens, das eine Verbesserung der Krümelbildung und -stabilität, sowie die Vermehrung der Grobporen mit sich bringt. Durchlüftung, Wasserspeicherung und Drainage werden verbessert, die Erosionsgefahr nimmt ab. Die mineralisierten Nährstoffe kommen den Pflanzen zugute.

Die mineralische Düngung hat vorwiegend indirekte günstige Wirkungen. Vermehrtes Pflanzen-, insbesondere Wurzelwachstum, bringt mehr organische Stoffe in den Boden und regt zunächst die Rhizosphärenorganismen, dann aber auch die übrigen Glieder der Bodenbiozönose an.

Die Wirkung von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung ist in engem Zusammenhang zu sehen. Wegen des Überhandnehmens von Pflanzenkrankheiten und Schädlingen verbieten sich zumeist Monokulturen, obwohl Getreidemonokultur humus-schonender ist als häufiger Hackfruchtanbau. Die Humuswirtschaft wurde durch Anbau von Zwischenfrüchten zur Gründüngung und durch Strohdüngung in viehschwachen Betrieben verbessert. Ernste Sorgen bereitet die Bodenbearbeitung feuchter Böden mit schwerem Gerät, die alle positiven Maßnahmen dauerhaft zunichte machen kann. Leider wirft die Minimalbodenbearbeitung, für die eine positive Wirkung auf die Bodenfauna und der Schutz des Bodens vor Erosion sprechen, noch eine Reihe von Problemen auf, wie erschwerte Bestellung und u. U. Zunahme von Fußkrankheiten. Dieses Bearbeitungssystem birgt sicher noch Entwicklungschancen.

Schließlich sind die sogenannten Alternativen zur konventionellen Landwirtschaft zu erwähnen. Diese sind aus bodenbiologischer Sicht nur dann wirklich überlegen, wenn der konventionell arbeitende Bauer Grundregeln der Landwirtschaft mißachtet.

5. Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten war der Ackerbau Wandlungen unterworfen, die auch die Bodennutzung und -beanspruchung betrafen. Es wird befürchtet, daß der moderne Ackerbau die Bodenfruchtbarkeit beeinträchtigt und das Bodenleben nachhaltig schädigt. In dem Referat wird ausgehend von der Schilderung der wichtigsten Veränderungen in der Bodenkultur zunächst die Bedeutung des Edaphons (Gesamtheit aller Bodenorganismen) für agrarische Ökosysteme besprochen. Danach werden die Auswirkungen diskutiert, die neuzeitliche Kulturmaßnahmen, wie mineralische und organische Düngung, Bodenbearbeitung und Fruchtfolge, auf das Bodenleben haben. Weitere Abschnitte sind der Minimalbodenbearbeitung sowie den Ergebnissen vergleichender Untersuchungen über die Auswirkungen konventionellen und alternativen Landbaus auf das Edaphon gewidmet.

6. Literatur

- ANDERSON, J. P. E. u. DOMSCH, K. H. (1975): Measurement of bacterial and fungal contributions to respiration of selected agricultural and forest soils. *Can. J. Microbiol.* 21, 314–322.
- BACHTHALER, G., BECK, Th., BEHRINGER, P. u. BORCHERT, H. (1985): Kornträge, Schaderregerauftreten und Bodenzustand bei einem Weizendaueranbau (1968 bis 1982) innerhalb einer 30-jährigen Getreiderotation. – *Bodenkultur* 36, 213–235.
- BAUCHHENS, J. (1983): Die Bedeutung der Bodentiere für die Bodenfruchtbarkeit und die Auswirkung landwirtschaftlicher Maßnahmen auf die Bodenfauna. – *Kali-Briefe (Büntehof)* 16, 529–548.
- BARNES, B. T. u. ELLIS, F. B. (1979): Effects of different methods of cultivation and direct drilling, and disposal of straw residues, on populations of earthworms. – *J. Soil Sci.* 30, 669–679.
- BECK, Th. (1983): Mehr Bodenleben durch alternativen Landbau? – *DLG-Mitteilgn.* 98 (3), 144–146.
- (1984): Der Einfluß unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen auf bodenmikrobiologische Eigenschaften und die Stabilität der organischen Substanz in Böden. – *Kali-Briefe (Büntehof)* 17, 331–340.
- BÖNISCHOVÁ-FRANKLOVÁ, S. (1980): Einfluß der gesteigerten Düngungsgaben auf die potentielle Aktivität der Bodenmikroflora. – *Rostl. Vyroba*, 26, 89–95.
- BUNDESMINISTER des INNEREN (Ed.) (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung; W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz.
- BUNDESMINISTERIUM für ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und FORSTEN (BML): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland – Verlag Paul Parey, Hamburg – Berlin (1956–1975) und Landwirtschaftsverlag Münster – Hiltrup (1976–1985).
- COLBOURN, P. u. DOWDELL, R. J. (1984): Denitrification in field soils. – *Pl. Soil*, 76, 213–226.
- DIETZ, Th., BORCHERT, H. u. BECK, Th. (1985): Bodenphysikalische, -chemische und -biologische Vergleichsuntersuchungen auf konventionell und alternativ bewirtschafteten Betriebsschlägen. – *VDLUFA-Schriftenreihe*, H. 14, 58–59.

- DOMSCH, K. H. (1985):
Funktionen und Belastbarkeit des Bodens aus der Sicht der Bodenmikrobiologie. Materialien zur Umweltforschung, Nr. 13. Herausgeber: Rat von Sachverständigen für Umweltfragen; W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz.
- DUNGER, W. (1983):
Tiere im Boden; Neue Brehm-Bücherei, A. Ziemsen, Wittenberg.
- EDWARDS, C. A. u. STAFFORD, C. J. (1979):
Interactions between herbicides and the soil fauna: - Ann. Appl. Biol. 91, 132-137.
- EHLERS, W. (1975):
Observations on earthworm channels and infiltration on tilled and untilled loess soil. - Soil Sci 119, 242-249.
- GEHLEN, P. u. SCHRÖDER, D. (1985):
Enzymtätigkeiten, mikrobielle Biomasse und Regenwurmbesatz in »biologisch« und »konventionell« bewirtschafteten Böden unterschiedlicher Nutzung. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 43/II, 643-648.
- GRAFF, O. (1964):
Untersuchungen über die Bodenfauna im Ackerboden. - Habil.-Schrift, Gießen.
- HOFFMANN, M. (1964):
Bodenbearbeitung im alternativen Landbau. Landtechnik. 38, 55-57.
- HOUSE, G. J. u. PARMELEE, R. W. (1985):
Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agrosystems. Soil and Tillage Res. 5, 351-360.
- JENKINSON, D. S. u. LADD, J. N. (1981):
Microbial biomass in soil: Measurement and turnover; In: PAUL, E. A. u. LADD, J. N. (Eds.): Soil Biochemistry, Vol. 5. S. 415-471; M. Decker, New York - Basel.
- KLEYER, M. u. BABEL, U. (1984):
Gefügebildung durch Bodentiere in »konventionell« und »biologisch« bewirtschafteten Ackerböden. - Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 147, 98-109.
- KNAUER, N. (1985):
»Natürliche« oder »agrarische« Ökosysteme; In: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft (Herausgeber): Unsere Landwirtschaft - eine Zwischenbilanz; DLG-Verlag, S. 145-163, Frankfurt/Main.
- LYNCH, J. M. (1984):
Interactions between biological processes, cultivation and soil structure. - Pl. Soil 76, 307-318.
- LYNCH, J. M. u. PANTING, L. M. (1980):
Cultivation and the soil biomass. - Soil Biol. Biochem. 12, 29-33.
- MEYER, B. (1985):
Moderner Acker- und Pflanzenbau aus Sicht der Gestaltung des Bodengefüges durch Bodenbearbeitung; In: BASF (Ed.): Unser Boden S. 111-134, Verlag Wissenschaft u. Politik, Köln.
- RAT von SACHVERSTÄNDIGEN für UMWELTFRAGEN (1985):
Umweltprobleme der Landwirtschaft, Sondergutachten; W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz.
- ROVIRA, A. D. u. VENN, N. R. (1985):
Effect of rotation and tillage on take-all and Rhizoctonia root rot in wheat; In: PARKER, C. A., ROVIRA, A. D., MOORE, K. J., WONG, P. T. W. u. KOLLMORGEN, J. F. (Eds.): Ecology and management of soilborne plant pathogens. S. 255-258. - Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minn.
- SCHRÖDER, D. (1980):
Stroh- und Zelluloseabbau sowie Dehydrogenaseaktivität in »biologisch« und »konventionell« bewirtschafteten Böden. - Landwirtsch. Forsch. 37. Sonderh., 169-175.
- SCHRÖDER, D., HOFFMANN, G. u. WERITZ, N. (1985):
Ausprägung von Parametern der Bodenfruchtbarkeit in viehhaltenden und viehlosen Betrieben. - Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 43/II, 685-690.
- SCHRÖDER, D. u. URBAN, B. (1985):
Bodenatmung, Celluloseabbau und Dehydrogenaseaktivität in verschiedenen Böden und ihre Beziehungen zur organischen Substanz sowie Bodeneigenschaften. - Landwirtsch. Forsch. 38, 166-172.
- SCHRUF, G., ULSHÖFER, W. u. WEGNER, G. (1982):
Faunistisch-ökologische Untersuchungen von Regenwürmern (Lumbricidae) in Rebanlagen. - Weinwissenschaft 37, 11-35.
- SCHWERDTLE, F. (1969):
Untersuchungen zur Populationsdichte von Regenwürmern bei herkömmlicher Bodenbearbeitung und bei »Direktsaat«. - Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz, 76, 635-641.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (Ed.) (1985):
Wirtschaft und Statistik. H. 1, W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz.
- SHIPTON, P. J. (1967):
Take-all decline. Proc. Fourth Brit. Insecticide and Fungicide Conference, Vol. 1, 96-107.
- TROLLDENIER, G. (1969):
Einfluß variiert Mineralstoffangebote auf den mikrobiellen Kohlenhydratabbau. - Landwirtsch. Forsch. 23/II. Sonderh. 88-101.
- (1971):
Bodenbiologie - Die Bodenorganismen im Haushalt der Natur; Kosmos Franckh, Stuttgart.
- VETTER, H. (1985):
Moderner Acker- und Pflanzenbau aus Sicht der organischen Düngung; In: BASF (Ed.): Unser Boden. S. 139-156. Verlag Wissenschaft und Politik, Köln.
- WELTE, E. u. TIMMERMANN, F. (1985):
Düngung und Umwelt. Materialien zur Umweltforschung Nr. 12. Herausgeber: Rat von Sachverständigen für Umweltfragen; W. Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz.
- WONG, P. T. W. (1985):
Interactions between microbial residents of cereal roots. In: PARKER, C. A., ROVIRA, A. D., MOORE, K. J., WONG, P. T. W. u. KOLLMORGEN, J. F. (Eds.): Ecology and management of soilborne plant pathogens. S. 144-147. - Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minn.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Günter Trolldenier
Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Büntehof
Bünteweg 8
3000 Hannover 71

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [7_1986](#)

Autor(en)/Author(s): Trolldenier Günter

Artikel/Article: [Einfluß von Kulturmaßnahmen auf das Bodenleben 51-56](#)