

Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf biologische und physikalische Parameter von Ackerböden

Bernd Friebe, Volker Bräutigam, Waldemar Gruber, Wilfried Henke und Friedrich Tebrügge

Synopsis

In 1986 an interdisciplinary research project started with investigations to the interrelations between reduced tillage and agricultural used soils in the Middle Hessian region. Till 1980 most of the study areas were consequently cultivated with reduced, not-turning methods and, as a result the soil structure became more mechanical stability. Homogeneous mixing-in of plant residues in the topsoil or, in direct drilling the residues rest on the soil, leads to major improvements with regard to sludging and erosion protection. The decomposition of organic matter is accelerated, the biological activity is increased and the crumb and structural stability is improved. Natural antagonists of soil living plant disease microorganisms are supported and reduce chemical plant protection. A method-adapted cultivation management of the farmer can save costs.

agro-ecosystems, soil biology, reduced tillage, interdisciplinary research

1. Einleitung

Der Boden ist nach wie vor für den Landwirt das kostbarste Betriebskapital. Bei der konventionellen Bearbeitung mit dem Pflug treten vermehrt Verdichtung, Verschlammung, Verkrustung und Erosion auf, was zu Störungen der Bodenfruchtbarkeit führen kann. In den letzten Jahren wird auch die Problematik für die Umwelt durch organische und mineralische Düngung und die Notwendigkeit, den Einsatz von chemischen Pflanzenschutzmitteln, infolge artenarmer Fruchtfolgen, zu erhöhen, verstärkt diskutiert. Die Landmaschinenindustrie ist deshalb bemüht, Bodenbearbeitungssysteme zur Verfügung zu stellen, die die oben beschriebenen Nachteile vermindern, zu einer stabilen Bodenstruktur führen, die das Bodenleben fördern und gleichzeitig dem Landwirt einen adäquaten wirtschaftlichen Deckungsbeitrag seiner Flächen garantieren.

Vom Institut für Landtechnik der Universität Gießen wurden vor zehn Jahren großflächige Versuche auf unterschiedlichen Böden des mittelhessischen Raumes angelegt, um die Auswirkungen unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung auf Bodenparameter und Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Seit 1986, nachdem sich auf den Versuchsflächen die Bodenstrukturen an die einzelnen Bearbeitungen angepaßt hatten, unterstützt das BMFT ein umfangreiches Verbundvorhaben von sieben Instituten, um möglichst umfassend die Auswirkungen auf ökosystemare Parameter zu erfassen (Tab. 1). Ziel der Untersuchungen ist es, den Landwirten Empfehlungen für eine umweltschonende, aber auch wirtschaftliche Bearbeitung in Abhängigkeit des Bodentyps geben zu können.

Im folgenden sollen bodenbiologische, bodenphysikalische und auch ökonomische Ergebnisse zur reduzierten Bearbeitung, die sich aus der interdisziplinären Zusammenarbeit ergeben haben, dargestellt werden.

Tab. 1: Untersuchungsparameter im Verbundvorhaben "Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden". In Klammern: Beteiligte Institute bzw. Arbeitsgruppen (nach EICHHORN 1990)

<u>Bodenbearbeitungssysteme</u>	
	<ul style="list-style-type: none"> - Projektkoordination (Landtechnik) - Betreuung der Feldversuche (Landtechnik) - Landtechnische Parameter (Landtechnik) - Saatgutablagetechnik (Landtechnik) - Mechanische Unkrautbekämpfung (Landtechnik) - Pflanzenbauliche Parameter (Landtechnik)
<u>Bodengefüge</u>	<u>Unkrautflora</u>
<ul style="list-style-type: none"> - Bodenphysik. Kenndaten (Bodenk./Landesk./Landtechnik) - Aggregatgrößen (Landtechnik) - Biogene Grobporen (Landtechnik) - Kontinuität der Poren (Bodenk./Landesk.) - Durchwurzelbarkeit (Bodenkunde) - Oberflächenstabilität (Landeskultur) - Befahrbarkeit (Landtechnik) 	<ul style="list-style-type: none"> - Unkräuter (Landtechnik)
	<u>Ernterückstände</u>
	<ul style="list-style-type: none"> - Einarbeitung der Ernterückstände (Landtechnik)
	<u>Bodenleben</u>
<u>Umsetzungsprozesse</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Lumbriciden (Landtechnik) - Nematoden (Phytopathologie) - Makro- und Mesofauna (Bodenfauna) - Mikroorganismen (Mikrobiologie) - Fruchtfolgekrankheiten (Landtechnik/Phytopathologie)
<ul style="list-style-type: none"> - Strohabbau (Bodenfauna) - C-, N- und P-Umsatz (Mikrobiologie) - N-Dynamik (Pflanzenernährung) - Schleimstoffe/Gefügestabilität (Mikrobiologie) - Humusqualität (Mikrobiologie) - Abbau von Pflanzenschutzmitteln (Mikrobiologie/Phytopathologie) 	<u>Verlagerungsprozesse</u>
	<ul style="list-style-type: none"> - Infiltrationsleistungen/Bodenerosion (Landeskultur) - Makroporenversickerung (Landeskultur) - Sickerwasserraten (Bodenkunde/Landeskultur) - Nitratverlagerung (Bodenkunde/Pflanzenernährung)
<u>Kulturpflanze/Ertragsbildung</u>	
<ul style="list-style-type: none"> - Ertragsparameter/Ertragsstruktur (Landtechnik/Bodenkunde/Pflanzenernährung) - Systemgerechte N-Düngung (Pflanzenernähr.) 	

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungsflächen

Die Untersuchungsflächen befinden sich im mittelhessischen Raum (Abb. 1). Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, möglichst unterschiedliche Bodentypen zu erfassen. So finden sich schwere Auenlehmböden, Schieferverwitterungsböden, Lößböden und Sandböden in der Auswahl. Eine genaue bodenkundliche Ansprache findet sich bei EICHHORN & al. (1991). Aus arbeitstechnischen Gründen werden von den einzelnen Arbeitsgruppen auch nicht alle Standorte gleichzeitig beprobt. Die ausführlichsten Bearbeitungen liegen von den Standorten Gießen, Wernborn, Ossenheim und Bruchköbel vor.

Bei den Flächen handelt es sich um komplette Schläge von einigen Hektar Größe, so daß die Bearbeitungsvarianten als Langparzellenversuche von 5 bis 17,5 m Breite und 160 bis 340 m Länge, je nach den örtlichen Begebenheiten, angelegt werden konnten.

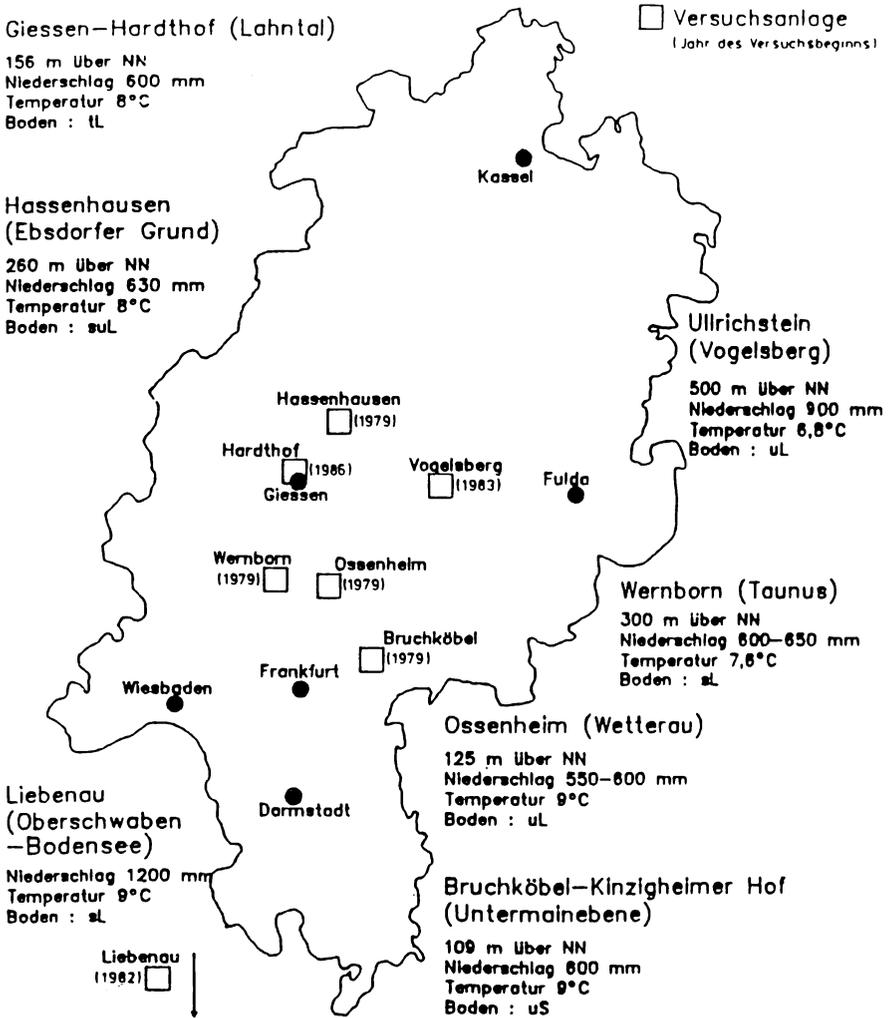


Abb. 1: Versuchsstandorte des Verbundvorhabens in Hessen. Am ausführlichsten werden die Felder in Gießen (Hardthof), Wernborn, Ossenheim und Bruchköbel beprobt

2.2 Bearbeitungsmethoden

Folgende Grundbodenbearbeitungsverfahren wurden auf allen Feldern angewendet: 1) Pflug (Bearbeitungstiefe 25 cm) mit nachfolgender Rotoregge (10 cm) bei einer zweiten Überfahrt (Variante "P"). 2) Dreibalkiger Schwergrubber (25 cm) mit nachlaufender Rotoregge (10 cm) (Variante "SR"). 3) Flügelscharrgrubber (25 cm) mit nachlaufendem Zinkenrotor (10 cm) (Variante "FR"). 4) Direktsaat (Variante "D"), bei der keine Bearbeitung des Bodens stattfindet. Die Aussaat wird mit einer speziellen Sämaschine durchgeführt. Eine exakte Beschreibung der Geräte findet sich bei GRIEBEL (1989). So wird eine Palette von Geräten erfaßt, deren Eingriffsintensität von wendender Bearbeitung (P) bis zum ungestörten Belassen des Bodens (D) reicht (Abb. 2). Wenn auf den Schlägen noch genügend Platz vorhanden ist, kommen auch einige andere Geräte, etwa die Frässaat, zur Anwendung, deren Auswirkungen auf das Ökosystem Boden sich aber einer der Hauptvarianten zuordnen lassen.

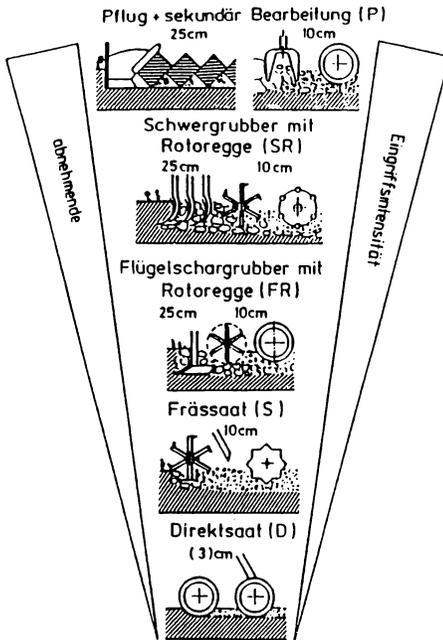


Abb. 2: Bodenbearbeitungssysteme in abnehmender Eingriffsintensität

2.3 Versuchsdurchführungen

Im Zuge von Befahrbarkeitsuntersuchungen wurden Messungen des Bodendrucks mit Hilfe von Sonden während der Überfahrt mit einem Gerät durchgeführt. Die dabei erzeugten Spurtiefen wurden auf den unterschiedlichen Varianten gemessen, ebenso die Änderung der Porenraumverteilung in unterschiedlichen Tiefen und die Luftpermeabilität (GRUBER 1990).

Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bearbeitungsmethoden auf den Befall des Getreides mit bodenbürtigen Pilzen wurden mit Hilfe visueller Bonituren nach Richtlinien der Biologischen Bundesanstalt und Labortests nach KLEWITZ (1979) und WOLF (1984) zur qualitativen und quantitativen Bewertung durchgeführt (BRÄUTIGAM 1990).

Die Beikrautentwicklung während der Wachstumsperiode des Getreides wurde mehrfach in 16 Wiederholungen pro Variante mit $1/4 \text{ m}^2$ -Zählrahmen ermittelt. Der Bekämpfungserfolg chemischer Behandlungen konnte durch Spritzfenster (Abdeckung der Kontrollfläche während des Spritzens) erkannt werden, während bei mechanischer Behandlung eine direkte Kontrolle erfolgte. Die Kultivierungsmethode nach KROPAC (1966) ergab das Unkrautsamenpotential in verschiedenen Tiefen (0-6, 6-12 und 12-25 cm).

Zur Feststellung der Abundanz von Regenwürmern wurden auf jeder Bearbeitungsvariante in achtfacher Wiederholung mit einem Edelstahlrahmen von $1/4 \text{ m}^2$ Grundfläche die Probenahmen durchgeführt. Mit 10 l 0,2 %igem Formol wurde der Rahmen ausgegossen und eine halbe Stunde lang alle Regenwürmer abgesammelt, die innerhalb des Probenrahmens an die Oberfläche kamen. Anschließend wurde die beprobte Fläche auf 35 cm Tiefe mit dem Spaten abgegraben und die verbliebenen Lumbriciden aus dem Bodenkörper ausgelesen. Die Gewinnung der Makro- und Mesofauna erfolgte mit Bodenprobenstechern, die jeweils 1 l Ober- (0-12,5 cm) und Unterboden (12,5-25 cm) erbrachten. Nähere Angaben dazu in FRIEBE (1991).

Die Messung der Strohabbauleistung von Meso- und Makrofauna mit Hilfe von Netzbeutelversuchen wird bereits bei FRIEBE & GRAMS (1991) beschrieben. Um die Leistung der Lumbriciden zu bestimmen, wurden Holzrahmen von $0,5 \text{ m}^2$ Fläche in zehnfacher Wiederholung auf den Bearbeitungsvarianten ausgelegt. Sie waren nach unten mit Gewebe von 5 und 0,5 mm Maschenweite abgeschlossen. Bei der größeren Maschenweite hatten die Regenwürmer ungehindert Zugriff zum Substrat - Strohhäcksel entsprechend der jährlich anfallenden Menge von 60 dt/ha - während dies bei der engen Maschenweite nicht möglich war. Die Differenz des fehlenden Substrates wurde nach Abschluß der Vegetationszeit bestimmt.

3. Ergebnisse

3.1 Auswirkungen auf das Bodengefüge

Untersuchungen zur Porenraumverteilung über die Bodentiefe zeigen, daß der Porenraum in D mit zunehmender Tiefe ansteigt, während er bei den lockernden Verfahren abnimmt. Die Messung der Luftdurchlässigkeitswerte ergab in den nichtgepflügten Flächen durch biogene Einflüsse (senkrechte Regenwurmröhren, Wurzelkanäle) eine mehr vertikale Ausrichtung der Poren, was Belüftung und Drainage fördert. Damit verbunden ist auch ein schnellerer Abbau des Bodendrucks bei Belastung durch Überfahrt. Abb. 3 zeigt die Druckverhältnisse in 20 und 40 cm Tiefe unter einem Fahrzeugreifen. Dabei fällt auf, daß der Druck in D in 20 cm Tiefe etwa dem in P in 40 cm Tiefe entspricht. Noch eindrucksvoller zeigt sich die Druckbelastbarkeit der Direktsaat bei Messung der Reifenspurttiefen nach der Überfahrt (Abb. 4). Während bei P etwa 7 cm gemessen wurden, waren es in D nur 1 cm.

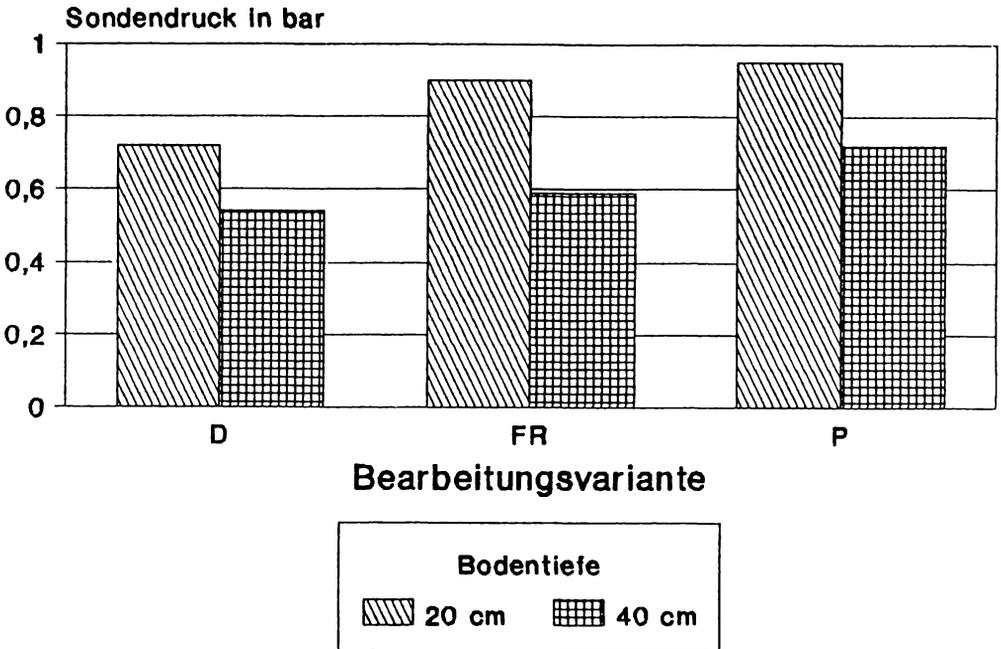


Abb. 3: Sondendruck P_{So} unter dem Fahrzeugreifen in 20 und 40 cm Tiefe bei unterschiedlich intensiver Bearbeitung. D = Direktsaat; FR = Flügelscharrubber; P = Pflug (nach Werten von GRUBER 1990)

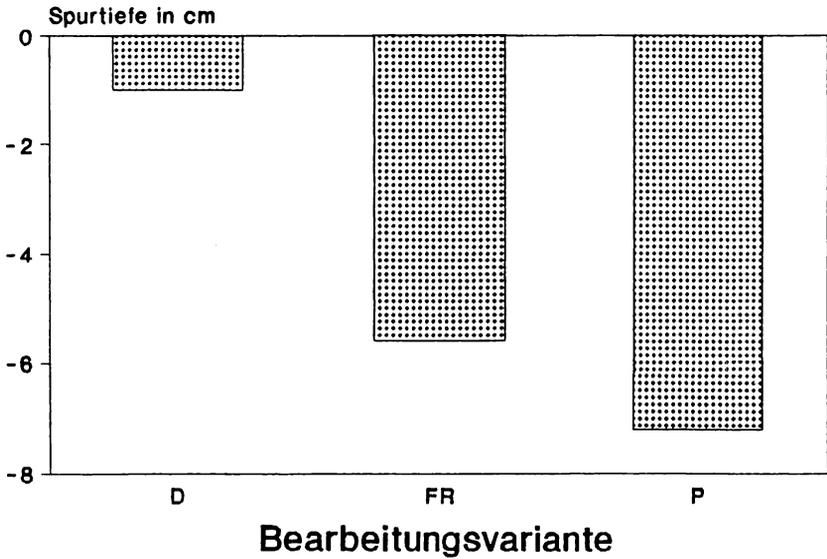


Abb. 4: Reifenspurtiefe nach Überfahrt bei unterschiedlich intensiver Bodenbearbeitung (nach GRUBER 1990)

3.2 Bodenbürtige pilzliche Krankheitserreger

Im Getreide zeigte sich nach langjähriger unterschiedlicher Bearbeitung eine deutliche Abnahme der Halmbrocherreger *Pseudocercospora herpotrichoides* und *Fusarium*-Arten (Abb. 5) sowie des Erregers der Schwarzbeinigkeit *Gäumannomyces graminis* bei nichtwendender Bearbeitung, besonders auch in D. CHUNG (1990) fand als Grund dafür in Proben von unseren Versuchsfeldern eine deutliche Zunahme biologischer Antagonisten (hauptsächlich Bakterien) in SR, FR und D, die konkurrenzfähiger gegenüber den Schaderregern sind. Die Ergebnisse konnten mit Hilfe des ELISA-Tests abgesichert werden.

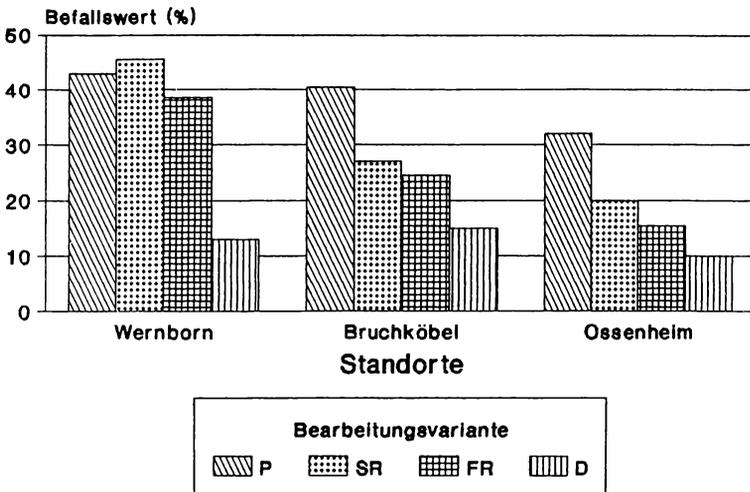


Abb. 5: Einfluß der Bodenbearbeitung auf den Befall von Winterweizen mit Halmbasiskrankheiten (*Pseudocercospora herpotrichoides* und *Fusarium spp.*) (nach Daten von BRÄUTIGAM 1990)

3.3 Beikrautentwicklung

Für die aktuelle Verunkrautung spielt das Samenpotential im Boden eine wichtige Rolle. Vor allem ist der Samenvorrat in der oberen Bodenschicht (bis 6 cm) bedeutend, da die Mehrzahl der Beikräuter aus dieser Schicht heraus keimt. Der Gehalt an keimfähigen Samen in dieser Bodenschicht war nach reduzierter Bearbeitung deutlich höher als in P (Abb. 6). Auch die Auflaufraten in den Grubbervarianten waren entsprechend hoch. In der Direktsaat jedoch waren sie sehr niedrig, da dort nur eine minimale Erdbewegung bei der Aussaat stattfindet und somit keine Keimstimulation induziert wird (Abb. 6).

Nach nichtwendender Bearbeitung beginnt das Wachstum der Beikräuter im Frühjahr eher als in P. Die zeitigere Befahrbarkeit dieser Varianten erlaubt einen Einsatz der mechanischen Unkrautregulierung vor der Bestockung des Getreides. Striegel und Netzegege erzielten eine gute Bekämpfung von Unkrautkeimlingen ohne die Kulturpflanzen nachhaltig zu schädigen. (BÖHRNSEN & BRÄUTIGAM 1990).

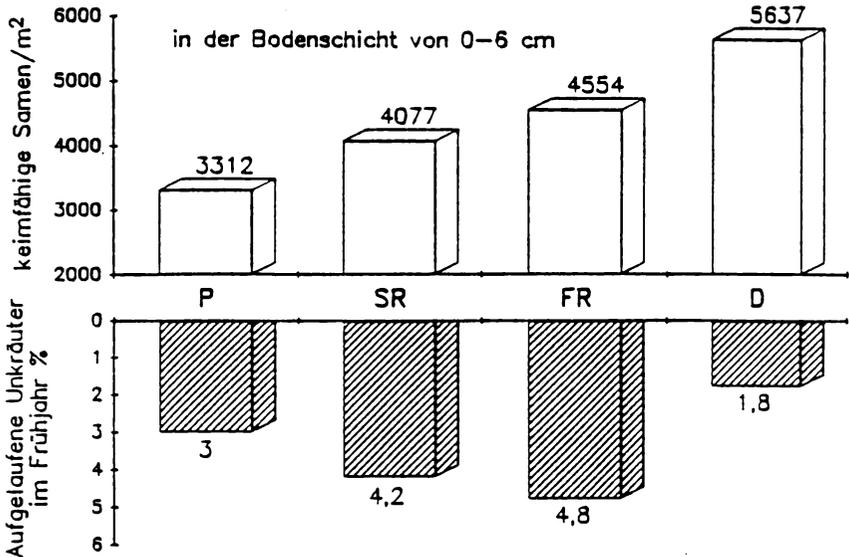


Abb. 6: Aufgelaufene Beikräuter in Relation zum Samenpotential der oberen Bodenschicht am Standort Wernborn (aus BRÄUTIGAM 1990)

3.4 Regenwurmbesiedlung

Auf den Versuchsflächen wurden insgesamt fünf Lumbricidenarten gefunden, von denen drei - *Lumbricus terrestris*, *Allolobophora caliginosa* und *A. rosea* - häufig genug waren, um in die Auswertung einzugehen, während *Lumbricus rubellus* und *Octolasion cyaneum* nur gelegentlich als Einzel Exemplare auftraten. Besonders der große *L. terrestris* als Tiefgräber, der sich die Nahrung von der Bodenoberfläche holt, findet in der Direktsaatvariante die günstigsten Lebensbedingungen vor. Die Abundanzen schwanken standortbedingt zwischen 20 und 160 Ind./m², verhalten sich aber zwischen den Bearbeitungsvarianten P:SR:FR:D recht gleichmäßig wie 1:2:2:4 (Abb. 8). Wegen der recht langen Generationszeit dieser Tiere zeigen sich die Auswirkungen der mechanischen Bearbeitung besonders deutlich. Bis zu 20 getötete Regenwürmer pro m² konnten nach der Bearbeitung gezählt werden. Zusätzlich werden die Wohnröhren der Tiere im oberen Bodenbereich zerstört. In D können sich die Lumbriciden dagegen relativ ungestört entwickeln, und durch die auf der Bodenoberfläche verbleibenden Pflanzenreste steht ihnen auch genügend Nahrung zur Verfügung.

3.5 Meso- und Makrofauna des Bodens

Für die weiteren Tiergruppen, die mit den von uns benutzten Methoden erfaßt werden können, gilt keine so einheitliche Verteilung in Abhängigkeit zur Bodenbearbeitung. Pauropoda, Chilopoda, Acari und Collembola bevorzugen eindeutig nichtgewendeten Boden, während Diplopoda, Dipluren und Dipteren-Larven in der Pflugvariante am häufigsten gefunden wurden (Abb. 7). Die speziellen Ansprüche an einen natürlichen Lebensraum können im Ackerboden in keiner Weise erfüllt werden. Durch kürzere Generationszeiten und Unempfindlichkeit gegen mechanische Störung können besonders kleinere Tiere Populationsverluste zwischen zwei Bearbeitungsintervallen ausgleichen. Fehlt eine organische Streuauflage und der dauerhafte Bewuchs der Flächen, wie es auf Ackerflächen über längere Zeit im Jahr bei konventioneller Bearbeitung üblich ist, hat der Bodentyp zusätzlich einen entscheidenden Einfluß auf die Besiedelbarkeit mit Bodentieren. Besonders deutlich wird dies beim Sandboden in Bruchköbel, der in D zu dicht lagert und auf einem Populationsniveau wie P verbleibt, während die mäßig gelockerten Grubbervarianten eine doppelt so hohe Besiedlungsdichte zeigen. In Löß- und Verwitterungsböden ist dies nicht der Fall.

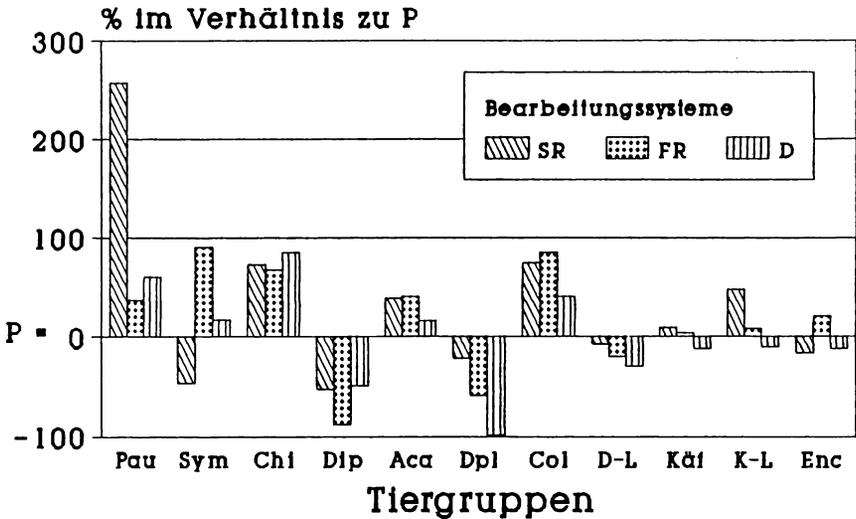


Abb. 7: Durchschnittliche relative Abundanz häufiger Bodentiergruppen in Abhängigkeit zur Bodenbearbeitung. Als Basis wird die Pflugvariante benutzt (P = 0). Pau = Pauropoda; Sym = Symphyla; Chi = Chilopoda; Dip = Diplopoda; Aca = Acari; Dpl = Diplura; Col = Collembola; D-L = Dipteren-Larven; Käf = Coleoptera; K-L = Coleopteren-Larven; Enc = Enchytraeidae

3.6 Abbauleistungen der Bodenfauna

Neben der mikrobiellen Aktivität im Boden tragen die Tiere in unterschiedlichem Umfang zum Abbau pflanzlicher Restsubstanzen, die auf dem Feld verblieben oder in den Boden eingearbeitet worden sind, bei. 76-88 % Maishäcksel bzw. 41-64 % Weizenstroh werden zwischen zwei Bearbeitungsintervallen im Boden abgebaut und remineralisiert. Bei Zugriffsmöglichkeit für die Mesofauna konnte bei Mais eine Steigerung von bis zu 10 % des Abbaus gegenüber der Kontrolle und bei Weizenstroh maximal 3 % gemessen werden. Wird auch die Makrofauna zugelassen, erhöhen sich diese Raten bei Mais um bis zu 18 % und bei Weizenstroh um maximal 8 %. Ungünstige Witterungsbedingungen, etwa anhaltende Trockenheit, wirken sich besonders auf der Direktsaat abbauehemmend aus, da das pflanzliche Substrat auf der Bodenoberfläche schnell austrocknet, wenn der Bestand der Kulturpflanzen noch nicht bodendeckend ist.

Die Leistung der Regenwürmer ist proportional zu ihrer Biomasse in den unterschiedlichen Bearbeitungsvarianten (Abb. 8). In D werden 20 dt/ha während einer Vegetationsperiode von der Bodenoberfläche entfernt. Dies entspricht der Menge, die alle anderen biologischen Komponenten bei Ausschluß von Regenwürmern leisten. In P werden dagegen nur 5 dt/ha und in den Grubbervarianten 10-12 dt/ha in den Boden eingearbeitet.

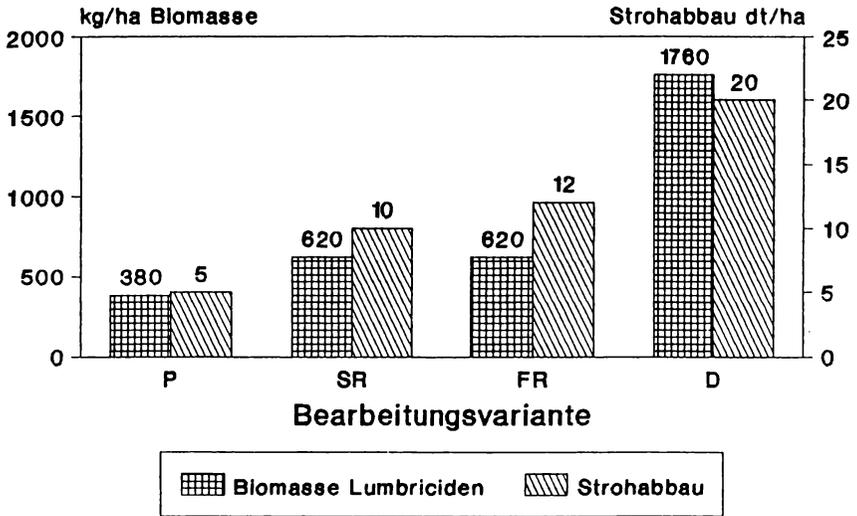


Abb. 8: Biomasse und Strohabbauleistung von Lumbriciden in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung (nach Daten von HENKE 1990)

4. Diskussion

4.1 Auswirkungen auf das Bodenleben

Reduzierte (pfluglose) Bodenbearbeitung hat nach einigen Jahren der Umstellung positive Auswirkungen auf das Bodengefüge. Unsere Untersuchungen zeigen einen mechanisch stabileren Bodenkörper mit einer günstigen Porenverteilung und -ausrichtung. Die Versorgung mit Luft und Wasser wird verbessert und in der Oberkrume werden durch die Abbauprodukte der auf dem Feld verbliebenen Pflanzenreste Nährstoffe angereichert. Als Folge davon bildet sich eine ausgewogenere Gemeinschaft von Lebewesen im Boden. Es stellt sich ein Artenspektrum ein, daß ein Überhandnehmen von pflanzenpathogenen Mikroorganismen verhindert. Das Nahrungsangebot für die Meso- und Makrofauna verbessert sich, und über das damit verbundene Nahrungsnetz werden auch räuberische Arthropoden, Fraßfeinde von Kulturpflanzenschädlingen, gefördert. Wird der Boden durch mehr Tiere besiedelt, verbessert sich die natürliche Struktur durch deren Aktivitäten. Es werden günstige Porenstrukturen geschaffen, der mineralische Anteil wird mit organischen Substraten vermischt und dadurch die Krümelstruktur stabilisiert. Besonders deutlich wird dies in der Direktsaat, wo sich die Regenwürmer deutlich vermehren können. Allerdings reagieren nicht alle Böden in dieser Weise. Bei sehr dicht lagernden Sandböden verringert sich in D die Besiedlung durch Bodentiere auf das Niveau von P. Eine gemäßigte Lockerung mit nichtwendenden Verfahren (SR, FR) verdoppelt zum Beispiel die Abundanz der Collembolen (FRIEBE 1990).

4.2 Nutzen für den Landwirt

Ein biologisch aktiver und mechanisch stabiler Boden bringt auch dem Landwirt einige Vorteile, die sich bei methodisch angepaßtem Management auch wirtschaftlich niederschlagen. Über zehn Jahre hin konnten keine signifikanten Ertragsunterschiede bei unterschiedlicher Bearbei-

tung festgestellt werden. Einzige negative Ausnahme waren Zuckerrüben im verfestigten Sandboden von D (TEBRÜGGE 1990). Wirtschaftliche Vorteile von reduzierter Bearbeitung ergeben sich durch geringere Maschinenkosten, geringeren Kapitalbedarf und größere Flächenleistungen bei weniger Leistungsbedarf. Für die Pflugbearbeitung errechneten sich Kosten in Höhe von 220,- DM/ha, für Grubber 130,- DM/ha und für die Direktsaat 30,- bis 50,- DM/ha, je nach nötigem Herbizideinsatz (TEBRÜGGE 1990). Auf der Oberfläche verbleibende oder oberflächennah eingearbeitete Pflanzenrückstände verhindern Erosion und beugen einer Verschlammung der Oberkrume vor. Die Druckstabilität des Bodens erlaubt im Frühjahr ein zeitigeres Befahren des Ackers, so daß sowohl erfolgreich mechanisch Unkraut vor dem Bestocken der Kulturpflanze bekämpft werden kann, als auch eine Verminderung der Herbizidapplikation möglich ist, da die Unkräuter in einem jüngeren Stadium erfaßt werden können. Nach einigen Jahren Direktsaat vermindert sich sogar der Unkrautdruck, da aus tieferen Bodenschichten keine Samen mehr zur Keimung stimuliert werden. Neben der höheren Stabilität des Bodens, der in den Fahrgassen extreme Verdichtungen bis in den Unterboden und tiefe Fahrspuren verhindert, wird bei reduzierter Bearbeitung auch die Anzahl der Überfahrten vermindert, was Arbeitszeit, Kraftstoffaufwand und Materialverschleiß einspart. Eventuelle geringfügigere Mindererträge bei der Ernte (max. 5 %) können so wirtschaftlich problemlos aufgefangen werden.

Danksagung

Die Untersuchungen in dem Projekt "Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden" werden seit 1986 im Rahmen eines vom BMFT geförderten Verbundvorhabens durchgeführt. Für die großzügige Unterstützung dieser interdisziplinären Forschung durch die Projekträgerchaft PBE am Forschungszentrum Jülich sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literatur

- BÖHRNSEN, A. & V. BRÄUTIGAM, 1990: Mechanische Unkrautbekämpfung mit Striegel und Netzege in Winterweizen. Z. PflKrankh. PflSchutz, SH. XII: 463-472.
- BRÄUTIGAM, V., 1990: Fruchtfolgekrankheiten und Beikrautflora. Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 41-52.
- CHUNG, J.-S., 1990: Vorkommen antagonistischer Mikroorganismen pathogener Pilze der Halmbasis des Weizens in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung. Diplomarbeit, Univ. Göttingen: 114 S.
- EICHHORN, H., 1990: Einführung und Konzeption des Verbundprojektes "Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden". Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 7-12.
- EICHHORN, H., TEBRÜGGE, F., FREDE, H. G. & T. HARRACH, 1991: Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen hinsichtlich ihrer Arbeitseffekte und deren langfristigen Auswirkungen auf das Ökosystem Boden - BMFT-Verbundvorhaben. Z. Kulturtechnik Landentwicklung 32(2): 65-70.
- FRIEBE, B., 1990: Besiedlung des Ackerbodens durch Makro- und Mesofauna. Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 109-117.
- FRIEBE, B., 1991: Die Besiedlung von Ackerböden durch die Meso- und Makrofauna in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung. Verh. Ges. Ökol. 19/2: 246-252.
- FRIEBE, B. & A. GRAMS, 1991: Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf Strohabbau und Besiedlung des Strohens mit Bodentieren - ein Netzbeutelversuch. Verh. Ges. Ökol. 19/2: 276-281.
- GRIEBEL, J., 1989: Wirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf landtechnische Leistungsparameter, Boden und Pflanze. Diss. Gießen: 123 S.
- GRUBER, W., 1990: Befahrbarkeit von Ackerböden. Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 33-40.

- HENKE, W., 1990: Lumbriciden und deren Aktivität bei differenzierter Bodenbearbeitung. Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 99-108.
- KLEWITZ, R., 1979: Zur Frühdiagnose bei *Cercospora herpotrichoides* FRON. Nachrichtenbl. Dtsch. Pflanzenschutzdienst 25: 33-34.
- KROPAC, Z., 1966: Estimation of weed seeds in arable soil. Pedobiologia 6: 105-128.
- TEBRÜGGE, F., 1990: Wirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Symposiumsband: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden; 17.-18. Mai 1989, Gießen: 155-172.
- WOLF, G., 1984: Angaben zur Probennahme von Pflanzenmaterial für die mikroskopische Frühdiagnose auf Halbrucherreger. Institut für Phytopathologie und Pflanzenschutz, Universität Göttingen.

Adressen

Dr. rer. nat. Bernd Friebe
 Dipl.-Ing. agr. Waldemar Gruber
 Dipl.-Ing. agr. Wilfried Henke
 AOR Dr. agr. Friedrich Tebrügge
 Justus-Liebig-Universität
 Institut für Landtechnik
 Braugasse 7

Dipl.-Ing. agr. Volker Bräutigam
 Amt für Landwirtschaft und Landentwicklung
 Schladenweg 39

W - 6300 Gießen

W - 3580 Fritzlar

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_1_1991](#)

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: [Auswirkungen reduzierter Bodenbearbeitung auf biologische und physikalische Parameter von Ackerböden 29-39](#)