

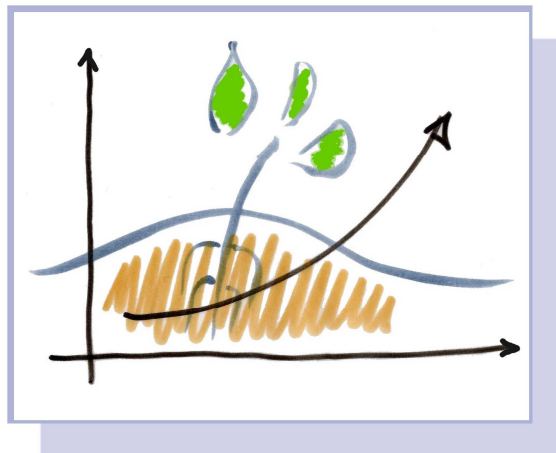
**Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren im ökologischen
Landbau auf Bodenstruktur und Wasserhaushalt.**

**Ergebnisse und Zusammenfassung
aus der
Diplomarbeit**

Andrea Beste

Geographisches Institut
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
1996

unveröffentlicht



***Büro für Bodenschutz
und
Ökologische Agrarkultur***

Diskussion der Ergebnisse

Grundbodenbearbeitungsvarianten unter Roggen und Grünbrache

Die Ergebnisse der untersuchten Parameter können aufgrund der kurzen Versuchsdauer bisher nur Tendenzen aufzeigen. Diese stimmen überwiegend mit den in Kapitel 5 aufgestellten Ausgangshypothesen überein.

Ergebnisse unter Roggen

Bearbeitung mit dem Schichtengrubber:

In der Gefügebeurteilung zeigen sich keine deutlichen Unterschiede zu den anderen Bearbeitungsvarianten. Die Vermutung der guten Gefügestabilität bei dichter Lagerung bestätigt sich jedoch durch die höhere Aggregatstabilität und die höheren Werte des Abscherwiderstands sowie das geringere Gesamtporenvolumen in Ober- und Unterkrume gegenüber der Pflugvariante. Die höheren Werte der Wurzeldichte im Unterboden sprechen für ein gut durchwurzelbares Gefüge trotz der dichteren Lagerung. Der gleichmäßige Übergang der Lagerung von Unterkrume zu Unterboden und ein intaktes System von Sekundärporen aufgrund der langen Zeitspanne mit nichtwendender Bodenbearbeitung könnten dafür verantwortlich sein. Die Porengrößenverteilung ist ausgeglichener und zeigt vor allem in der Unterkrume einen größeren Anteil an Mittelporen als beim Pflug. Die eindeutig höheren Werte der Bodenfeuchte bei unterschiedlichen Probenahmetermen in Block A und Block B sprechen für die erwartete höhere Wasserspeicherkapazität. Hierbei ist der größere Anteil an Mittelporen für die Pflanzenverfügbarkeit positiv zu bewerten. Die Wasseraufnahmekapazität lässt sich nicht eindeutig einordnen, da die Ergebnisse der Infiltrationsreihen in Mai und Juli zu unterschiedlich ausfallen.

Bearbeitung mit dem Pflug:

Die Erwartungen werden entsprechend den Ergebnissen für die Schichtengrubbervariante bestätigt. Der geringere Abscherwiderstand und das deutlich höhere Gesamtporenvolumen zeigen ein stark gelockertes Gefüge. Der hohe Anteil an Grobporen unterstützt die Vermutung der stark mechanisch geprägten

Lockerungswirkung bei geringem Lebendverbau, was die niedrigere Aggregatstabilität in Ober- und Unterkrume bestätigt. Trotz des lockeren Gefüges mit hohem Anteil an Grobporen, zeigt die Pflugvariante eine geringere Wurzeldichte im Unterboden. Dafür ist unter Umständen der ungleichmäßige Übergang von stark gelockerter Ober- und Unterkrume zum dichteren Unterboden verantwortlich (EITZINGER/KLAGHOFER 1995, S.43 ff.). Die Annahme, daß die schlechtere Durchwurzelung unter Umständen auch auf die geringe Kontinuität mechanisch erzeugter Grobporen und auf die Zerstörung des ursprünglichen Porensystems (Sekundärporen) durch die Wendung zurückzuführen sein könnte, wird durch die entgegen der Erwartung geringe Infiltrationsleistung der Pflugvariante bestätigt. Die vertikale Kontinuität des Porensystems hat entscheidenden Einfluß auf die Wasseraufnahmekapazität (ROGASIK/JOSCHKO/WENDROTH/KAINZ 1995, S. 61 ff.). Mit dem geringen Anteil an Mittel- und Feinporen als Wasserspeicher in Ober- und Unterkrume, bei gleichzeitig geringer Infiltrationsleistung läßt sich die geringe Bodenfeuchte erklären.

Bearbeitung mit dem Zweischichtenpflug:

Die Annahme einer gut gelockerten Oberkrume bestätigt sich nicht. Porenvolumen, Abscherwiderstand und Porengrößenverteilung zeigen in der Oberkrume eine dichtere Lagerung als bei Pflug und Schichtengrubber. Allerdings weist die Oberkrume in Block A einen hohen Anteil an Mittelporen auf. Hier ist auch die Aggregatstabilität höher als bei Pflug und Schichtengrubber, während die Werte ansonsten zwischen Pflug und Schichtengrubber liegen. In der Gefügenote tendiert der Zweischichtenpflug insgesamt zu schlechteren Werten, vor allem in der Unterkrume. Diese weist eine sehr unausgeglichene Porengrößenverteilung auf. Im Unterboden zeigt der Zweischichtenpflug eine lockerere Lagerung als erwartet. Hohe Bodenfeuchte, eine hohe Wurzeldichte im Unterboden und zu beiden Terminen gute Infiltrationsleistungen deuten neben den beschriebenen, insgesamt statistisch noch nicht deutlich abgrenzbaren Werten jedoch auf einen relativ guten Gefügezustand, vor allem bezüglich des Wasserhaushalts hin.

Ergebnisse unter Grünbrache

Wie erwartet sind die Unterschiede unter Grünbrache weniger deutlich. Die unterschiedliche Arbeitsweise der Bodenbearbeitungsgeräte wird durch die gefügeprägende Wirkung der intensiven Durchwurzelung überdeckt. In der Gefügebeurteilung ergeben sich kaum Unterschiede, der Schichtengrubber zeigt eine leichte Tendenz zu schlechteren Werten. Das Gesamtporenvolumen ist auch hier bei Bearbeitung mit dem Pflug deutlich höher. Die Aggregatstabilität ist unter Grünbrache insgesamt höher, was auf die gute Nährstoffversorgung der Bodenorganismen zurückzuführen ist. Dies liefert auch eine Erklärung für die hohen Werte der Aggregatstabilität der Pflugvariante. In der Infiltrationsleistung (Messung nur im Mai) zeigt die Pflugvariante auch unter Grünbrache die niedrigsten Werte. Die Porengrößenverteilung ist bei der Zweischichtenpflugvariante insgesamt am ausgeglichensten. Der Pflug zeigt in allen Horizonten lockere, der Schichtengrubber etwas dichtere Lagerung.

Die Ergebnisse der untersuchten Parameter entsprechen zwar ihrer Tendenz nach den aufgestellten Hypothesen, doch ist die Ausprägung der Unterschiede im ersten Jahr des Versuchs noch nicht eindeutig genug, um eine Bewertung vorzunehmen. Besonders zur Einordnung der Auswirkungen des Zweischichtenpfluges sind deutlichere Ergebnisse nach längerer Versuchsdauer erforderlich.

Ergebnisse bei unterschiedlichen Bewirtschaftungsverfahren

Die Ergebnisse der untersuchten Parameter fallen eindeutig aus. Die integrierte und alternative Bewirtschaftungsvariante zeigen deutlich schlechtere Werte in der Gefügebeurteilung und ein geringeres Gesamtporenvolumen. Die integrierte Variante weist bei hohen Abscherwiderständen und sehr geringen Grobporenanteilen in allen Horizonten Verdichtungserscheinungen auf. Bei alternativer Bewirtschaftung sind die Verhältnisse in Oberkrume und Unterboden aufgrund höherer Grobporenanteile etwas besser. Die Wurzeldichte im Unterboden fällt für die ökologische und die integrierte Variante höher aus als für die alternative. Die schlechten

Gefügeverhältnisse der integrierten Bewirtschaftung legen nahe, die gute Durchwurzelung auf die Wirkung des Mineraldüngers zurückzuführen. In der Ober- und Unterkrume weist die alternative Variante trotz dichten Gefüges höhere Werte für die Aggregatstabilität auf als die ökologische. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die sehr gute Humusversorgung des Bodens und, trotz dichter Lagerung, ein vermutlich aktives Bodenleben aufgrund der seit zehn Jahren nichtwendenden Bodenbearbeitung. Nicht ohne weiteres verständlich sind die relativ hohen Werte der Aggregatstabilität in der Oberkrume bei integrierter Bewirtschaftung (s. Kapitel 8). Die Bodenfeuchte ist im extrem dichten Unterboden der integriert bewirtschafteten Parzelle geringer als bei alternativer Bewirtschaftung, in den übrigen Horizonten ergeben sich bezüglich der Bodenfeuchte keine deutlichen Unterschiede. Hinsichtlich der Infiltrationsleistung zeigt die ökologische Variante zu beiden Terminen höhere Werte als die alternative. Die Werte bei integrierter Bewirtschaftung schwanken.

Insgesamt zeigen die Werte für die alternativ bewirtschaftete Parzelle vor allem in der Unterkrume trotz vielfältiger Fruchtfolge mit Zwischenfrüchten einen schlechteren Zustand als erwartet. Nach Aussage von Norbert Kussel sind hierfür die feuchten Bodenverhältnisse bei der Aussaat des Roggens 1994 verantwortlich. Die dringend gebotene Aussaat führte dazu, daß der Boden unter ungünstigen Bedingungen befahren wurde, was zu Verdichtungen geführt hat.

Die extrem dichte Lagerung in allen Horizonten bei integrierter Bewirtschaftung deutet darauf hin, daß eine schonende Grundbodenbearbeitung ohne eine vielfältige Fruchtfolge, bei zusätzlicher Belastung des Bodenlebens durch synthetische Fremdstoffe, für die Erzeugung einer stabilen Lockerung nicht ausreicht.

Methodenkritik

Das inzwischen allgemein anerkannte Ziel eines nachhaltigen Umgangs mit überlebenswichtigen Ressourcen setzt die Möglichkeit voraus, die Nachhaltigkeit menschlicher Aktivitäten beurteilen, oder zumindest einschätzen zu können. Hierfür werden Untersuchungs- und Bewertungsmethoden benötigt, die gleichermaßen umfassend und vernetzt Auswirkungen auf Ökosysteme deutlich machen können. Die erweiterte Spatendiagnose stellt einen Versuch dar, diesem Anspruch bei der Bodenuntersuchung gerecht zu werden. Die Kombination von subjektiven Methoden mit wissenschaftlichen Standardmethoden liefert Ergebnisse, die sich bei der Beurteilung eines komplexen Ökosystems sinnvoll ergänzen können. Dabei ist es wichtig, die angewendeten Methoden immer wieder hinsichtlich ihrer Aussagekraft zu überprüfen und zu verbessern.

Mit der Gefügebeurteilung läßt sich der aktuelle Gesamtzustand eines Bodengefüges sehr viel unmittelbarer beurteilen, als dies mit einer behandelten Probe im Labor möglich ist.

Die Ergebnisse der Gefügebeurteilungen in der vorliegenden Untersuchung zeigen, daß bei klaren Unterschieden des Bodenzustands gute Aussagekraft gegeben ist. Besonders deutlich wird dies bei den unterschiedlichen Bewirtschaftungsverfahren. Die geringen Unterschiede bei den Grundbodenbearbeitungsvarianten kommen jedoch bei den auf jeweils einen Parameter beschränkten Ergebnissen der einzelnen Labormethoden zu diesem Zeitpunkt des Versuchs noch besser zum Ausdruck. Es stellt sich die Frage, ob sich die Gefügebeurteilung in dieser Hinsicht noch verfeinern läßt, um auch bei geringeren Unterschieden ein klareres Urteil zu erzielen.

Im Hinblick auf den Nachweis einer gesunden, durch Lebendverbau stabilisierten Bodenstruktur zeigt sich aufgrund von Widersprüchen bei den Ergebnissen von Gefügebeurteilung und Aggregatstabilitätstest die Schwierigkeit, bei der Erfassung der Stabilität eines Aggregates gegenüber Wasser die kolloidchemisch bedingte oder die durch Splashverdichtung an der Bodenoberfläche erzeugte Stabilität von der durch Lebendverbau erzeugten, biologischen zu trennen. So kommt die

Gefügebeurteilung für die Oberfläche von Parzelle 23/Pflug in Block B zu einer Note von 1,3, im Wortlaut des Boniturbogens heißt das „kantig bröckelig, beginnende Krusten“, während das Ergebnis des Aggregatstabilitätstests 72 % lautet. Die Gefügebeurteilung für die Oberkrume bei integrierter Bewirtschaftung lautet „Mischgefüge aus Bröckeln und Klumpen, geringer Krümelanteil“, bei einer Aggregatstabilität von 75 %.

Beginnende Krusten sind durch Niederschlag (Splash) bedingte Verschlammungsverdichtungen (KÖNIG 1992, S.19 ff.), die gegenüber erneuter Wassereinwirkung sehr stabil sein können. Ein hoher Anteil an Klumpen in der Oberkrume weist auf dichte Bodenverhältnisse hin. Bei einer guten Humus- oder Kalkversorgung des Bodens können jedoch auch hier sehr stabile Aggregate vorliegen. In beiden Fällen läßt sich von den hohen Werten der Aggregatstabilität nicht auf einen gesunden Gefügezustand schließen. Das bedeutet, eine Beurteilung des Gefügezustands erfordert die Einordnung der Art der Aggregatstabilität mit Hilfe der Gefügenote und chemischer Bodenuntersuchungen.

Eine Weiterentwicklung der Schälchenmethode (s. Kapitel 6.2.1.2.4) mit dem Ziel, Aufschluß über die Ursachen der Aggregatstabilität zu erhalten, würde dazu führen, daß sich die Untersuchungsmethoden zu Gefügezustand und Aggregatstabilität sinnvoll ergänzen könnten, ohne direkt voneinander abhängig zu sein. Die Umrechnung der Stabilität der Aggregate gegenüber Wasser in „Gesamtprozent Stabilität“ ist in diesem Zusammenhang ebenfalls kritisch zu hinterfragen. Der in dieser Arbeit verwendete Prozentwert repräsentiert den erreichten Anteil an einer maximal möglichen Punktzahl, die sich durch die Addition der Noten ergibt. Damit wird eine relative Vergleichbarkeit erreicht. Es läßt sich jedoch nicht zurückverfolgen, ob ein niedriger Prozentwert durch überwiegend halb zerfallene Aggregate oder wenige stabile und viele ganz zerfallene Aggregate bedingt ist.

Zu den Infiltrationsmessungen ist zu bemerken, daß die Versickerungsgeschwindigkeit zum einen aufgrund der möglichen Randstörungen von der Sorgfalt beim Einbringen der Doppelringe in den Boden abhängt und zum anderen stark von den heterogenen Bodenverhältnissen innerhalb einer Parzelle beeinflusst wird. Um hier zu klaren Ergebnissen zu kommen, sind viele sorgfältig durchgeführte Wiederholungen notwendig. Die in dieser Arbeit erhobene Anzahl von

zehn Wiederholungen erweist sich vor allem im Hinblick auf zu entfernende Ausreißerwerte als zu niedrig.

Zusammenfassung

Um die Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Bodennutzung zu gewährleisten, muß unter anderem die Puffer- und Filterfunktion der Böden aufrechterhalten werden. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist die Schaffung stabiler Agrarökosysteme und die Vermeidung von Bodenverdichtungen. Die Bodenbewirtschaftung und speziell die Bodenbearbeitung muß die Lebensbedürfnisse der Bodenorganismen berücksichtigen und diese beim Aufbau einer gesunden funktionsfähigen Bodenstruktur unterstützen.

In der vorliegenden Arbeit wurden die drei Grundbodenbearbeitungsvarianten Pflug, Zweischichtenpflug und Schichtengrubber in ökologischer Bewirtschaftung sowie die drei Bewirtschaftungsverfahren ökologischer, alternativer und integrierter Landbau auf Lößboden im Rheinhessischen Tafel- und Hügelland hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Bodenstruktur und Wasserhaushalt miteinander verglichen.

Bei der unterschiedlichen Grundbodenbearbeitung wurde für die nichtwendende Variante (Schichtengrubber) aufgrund des geringeren Eingriffs in den Lebensraum der Bodenorganismen das bessere Ergebnis erwartet, für die krummentief wendende Variante (Pflug) dementsprechend das schlechtere. Das Ergebnis der flach wendenden Variante (Zweischichtenpflug) wurde zwischen den beiden anderen vermutet. Aufgrund der kurzen Versuchsdauer ergaben die Untersuchungen nur Tendenzen. Diese stimmen überwiegend mit den Erwartungen überein. In Bezug auf die Bodenstruktur und Wasserspeicherkapazität ergibt sich für die nichtwendende Variante ein besseres Gesamtbild als für die krummentief wendende. Die Auswirkungen der flachwendenden Variante lassen sich insgesamt noch nicht einheitlich interpretieren, sind aber zwischen den beiden anderen einzuordnen.

Bei den unterschiedlichen Bodenbewirtschaftungsverfahren wurden für die ökologische und alternative Variante ähnlich gute Ergebnisse erwartet, für die integrierte Variante im Verhältnis schlechtere. Die Untersuchungen ergaben sowohl bei alternativer als auch bei integrierter Bewirtschaftung eine verdichtete Bodenstruktur und bei der ökologischen eine gute Bodenlockerung im Vergleich mit den beiden anderen. Die Ursache für die unerwartet dichte Bodenstruktur der

alternativen Variante wird in ungünstigen, zu feuchten Bodenverhältnissen bei der Aussaat im Vorjahr gesehen. Die Verdichtungserscheinungen bei integrierter Bewirtschaftung werden vor allem auf die reduzierte Fruchtfolge zurückgeführt.

Trotz der kurzen Versuchsdauer wurde deutlich, daß bei Umstellung auf ökologische Bewirtschaftung schon nach einem Jahr positive Effekte auf die Bodenstruktur und den Wasserhaushalt zu verzeichnen sind. Eine das Bodenleben schonende Grundbodenbearbeitung leistet dazu einen wirksamen Beitrag. Tendenziell zeigte die nichtwendende Variante (Schichtengrubber) bezüglich der Bodenstruktur und des Wasserhaushalts die besseren Ergebnisse gegenüber krumentief wendender (Pflug). Für die flachwendende Variante (Zweischichtenpflug) läßt sich noch keine Beurteilung vornehmen. Die Notwendigkeit eines Kompromisses zwischen lockernder und wendender Grundbodenbearbeitung besteht wegen der unkrautregulierenden Wirkung der wendenden Bearbeitung weiterhin.

Literaturverzeichnis:

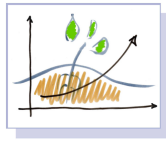
- AICHINGER, S.; KIEM, R. und KANDELER, E. (1995): Die Bedeutung von Mikroorganismen für die Aggregatstabilisierung von Böden unterschiedlicher Nutzung. (= Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76), S. 561-564.
- ANDERSON, T.-H. (1991): Bedeutung der Mikroorganismen für die Bildung von Aggregaten im Boden. (= Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H. 154), S. 409-416.
- BLUME, H.-P. (Hrsg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg/Lech.
- BROUER, B. (1990): Messen der Infiltration mit einem neuen Doppelringinfiltrometer. (= Zeitung für Kulturtechnik und Landentwicklung, H. 31), S. 305-311.
- BUCHMANN, I. (1996): Bodenkarte der Versuchsfläche des Projektes zur ökologischen Bodenbewirtschaftung am Eichenhof, Wörrstadt-Rommersheim mit Erläuterungen (unveröffentlichte Karte).
- DEUTSCHER NORMENAUSSCHUß (DNA), (1973): Felduntersuchungen Bestimmung des Makrogefüges. (= DIN 19682, Bl. 10).
- DIEZ, TH. (1991): Beurteilung des Bodengefüges im Feld. Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit. Hamburg und Berlin, S. 96-103.
- EHRENSBERGER, R.; BUTZ-STRAZNY, F. (1993): Auswirkung von unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Grubber und Pflug) auf die Milbenfauna im Ackerboden. (= Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege, Band 6), S. 188-208.
- EITZINGER, J.; KLAGHOFER, E. (1995): Einfluß unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung auf ausgewählte bodenphysikalische Eigenschaften. (= Wasser & Boden, H. 11)
- FRANKEN, H.; LOH, M. (1986): Der Einfluß ackerbaulicher Maßnahmen auf die Dynamik der Aggregatstabilität. (= Zeitung für Kulturtechnik und Landentwicklung, H. 28), S. 35-41.
- FRIEBE, B. (1995): Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf die Bodentiere und ihre Abbauleistungen. (= Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege, Band 6), S. 171-187.
- GROSS, U. (1992): Erosionsanfälligkeit in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung. (= Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Arbeitspapier 190). Darmstadt, S. 128-131.
- GRUBER, W. (1992 a): Befahrbarkeit von Ackerböden. (= Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Arbeitspapier 190), Darmstadt. S.52-58.

- GRUBER, W. (1992 b): Die Gefahr der Bodenverdichtung bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. (In: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden = Beiträge zum 3. Symposium vom 12.-13. Mai 1992 in Gießen). Gießen, S. 21-29.
- HAMPL-MATHY, U. (1991 a): Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. (= SÖL-Sonderausgabe, 52). Bad Dürkheim.
- HAMPL-MATHY, U. (1991 b): Bodengesundung - praktische Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Bodenentwicklung“. (= SÖL-Sonderausgabe, 37). Bad Dürkheim.
- HAMPL-MATHY, U. (1992): Grundbodenbearbeitung. Methoden des umweltgerechten Pflugeinsatzes. (= Sonderveröffentlichung des Bodensee-Umweltschutzprojektes der Deutschen Umwelthilfe e. V., der Fachgruppe für Technik im ökologischen Landbau und des Modellprojektes „Biotopvernetzung und Extensivierung landwirtschaftlich genutzter Flächen im Landkreis Konstanz“).
- HAMPL, U. (1994): Projekt ökologische Bodenbewirtschaftung Zwischenbericht 1994. Bad Dürkheim.
- HAMPL, U. (1995): Bodenschutz ist Hochwasserschutz (= Ökologie & Landbau H. 94), S. 38-39.
- HAMPL, U. (1996): Projekt ökologische Bodenbewirtschaftung Jahresbericht 1995. Bad Dürkheim.
- HIMMELSTEIN, G. (1994): Vergleichende Untersuchungen zur Auswirkung unterschiedlicher Erosionsschutzmaßnahmen auf den Nährstoffaustrag in Weinbergssteillagen am Niersteiner Horst (Diplomarbeit, Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz). Mainz.
- HARTGE, H.; HORN, R. (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden. Stuttgart.
- HAUG, G.; SCHUMANN, G.; FISCHBECK, G. (1990): Pflanzenproduktion im Wandel. Weinheim.
- HEINRICH, D.; HERGT, M. (1990): dtv-Atlas zur Ökologie. München.
- HEISLER, C. (1993): Einfluß von mechanischen Bodenbelastungen (Verdichtung) auf Raubmilben und Collembolen in landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen. (= Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege, Band 6), S. 209-219.
- ISENSEE, E.; WEIßBACH, M. (1995): Infiltration und Wasserabfluß. Einfluß von Bodenbearbeitung und Fahrspur. (= LANDTECHNIK, H. 1/95), S. 8-9.
- KANDLER, O. (1977): Das Klima des Rhein-Main-Nahe-Raumes. (= Mainzer Geographische Studien H. 11; Festschrift zum 41. Dt. Geographentag). Mainz, S. 285-298.
- KLAER, W. (1977): Grundzüge der Naturlandschaftsentwicklung von Rheinhessen. (= Mainzer Geographische Studien H. 11; Festschrift zum 41. Dt. Geographentag). Mainz, S. 211-225.

- KÖLLER, K. (1993): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug: wissenschaftliche Ergebnisse - praktische Erfahrungen. Frankfurt (Main).
- KÖNIG, D. (1992): Erosionsschutz in Agroforstsystemen. Möglichkeiten zur Begrenzung der Bodenerosion in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft Rwandas im Rahmen standortgerechter Landnutzungssysteme (= Mainzer Geographische Studien, H. 37). Mainz.
- KÖNIG, D. (1994): Landwirtschaft und Umwelt in Rheinhessen. (= Mainzer Geographische Studien H. 40). Mainz, S. 499-510.
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGGER, G. (1994): Bodenkunde. Stuttgart.
- LIEBEROTH, I. (1969): Bodenkunde Bodenfruchtbarkeit. Berlin.
- LUDWIG, M. (1977): Zur Bodengeographie des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes. (= Mainzer Geographische Studien H. 11; Festschrift zum 41. Dt. Geographentag). Mainz, S. 277-283.
- MÜCKENHAUSEN, E. (1985): Die Bodenkunde. Frankfurt (Main).
- PACYNA, H. (1988): Agrilexikon. Hannover.
- PREUSCHEN, G. (1977): Die Grundlagen des ökologischen Landbaus in Europa. (In: Ökologischer Landbau, eine europäische Aufgabe: Agrarpolitik und Umweltprobleme = Alternative Konzepte, 21) Karlsruhe, S. 9-20.
- PREUSCHEN, G. (1989): Bodengesundung. Aktiver Bodenschutz durch Wiederbelebung der Böden und Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen. (= SÖL-Sonderausgabe, 18). Bad Dürkheim.
- PREUSCHEN, G. (1991): Gründüngung - aber wie? Fruchtfolgen. (= SÖL-Sonderausgabe, 9). Bad Dürkheim.
- RAT DER SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN (1994): Umweltgutachten 1994. (= Bundestagsdrucksache 12/6995).
- ROGASIK, H.; JOSCHKO, M.; WENDROTH, O.; KAINZ, M. (1995): Bodenphysikalische und bodenbiologische Untersuchungen der Gefügeentwicklung im A-Horizont dreier Landnutzungssysteme. (= Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76), S. 61-64.
- SCHNEIDER, R.; EMMERLING, C.; SCHRÖDER, D. (1995): Auswirkungen von Grünbrache auf die bodenphysikalische Standortqualität. (= Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 76), S. 153-156.
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart.
- SEKERA, F.; BRUNNER, A. (1943): Beiträge zur Methodik der Garedforschung. (= Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H. 29), S. 169-212.

- SEKERA, F. (1951 a): Der allgemeine Bauplan der Bodenstruktur und die Dynamik der Bodengare. (= Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H. 52), S. 57-60.
- SEKERA, F. (1951 b): Das Krankheitsbild des Gareschwundes. (= Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H. 52), S. 150-160.
- SEKERA, M. (1984): Gesunder und Kranker Boden. Ein praktischer Wegweiser zur Gesunderhaltung des Ackers. Graz - Stuttgart.
- SIEFERT, E. (1977): Der organisch - biologische Landbau. (In: Ökologischer Landbau, eine europäische Aufgabe: Agrarpolitik und Umweltprobleme = Alternative Konzepte, 21). Karlsruhe, S. 39-52.
- SIEGRIST, S. (1995): Experimentelle Untersuchungen über die Verminderung der Bodenerosion durch biologischen Landbau in einem NW-schweizerischen Lößgebiet. (= Die Erde H. 126), S.93-106.
- SOMMER, C.; ZACH, M. (1992): Grundbodenbearbeitung mit nichtwendender Lockerung. (= Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (KTBL) Arbeitspapier 190). Darmstadt, S.35-42.
- TEBRÜGGE, F.; EICHHORN (1992): Die ökologischen und ökonomischen Aspekte von Bodenbearbeitungssystemen. (In: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden = Beiträge zum 3. Symposium vom 12.-13. Mai 1992 in Gießen). Gießen, S. 7-20.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESREGIERUNG GLOBALE UMWELTVERÄNDERUNGEN (1994): Die Welt im Wandel - Die Gefährdung der Böden. (= Jahresgutachten 1994). Bonn.
- WILKENS, K. (1992): Kennzeichnung des Makroporensystems des Bodens bei abnehmender Bearbeitungsintensität (Pflug, Grubber, Direktsaat) mittels digitaler Bildanalyse. (In: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden = Beiträge zum 3. Symposium vom 12.-13. Mai 1992 in Gießen). Gießen, S. 43-49.
- WUPPERTAL INSTITUT (1995): Zukunftsfähiges Deutschland. Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung. Basel.

Kontakt:



**Büro für Bodenschutz
& ökologische Agrarkultur**

**Bodenschutz, Naturschutz,
Regionale Vermarktung
Beratung, Fortbildung, Analyse**

Dr. Andrea Beste
Osteinstr. 14
D-55118 Mainz
Tel/Fax: +49 +6131-639901
E-Mail: A. Beste@t-online.de
Website: www.gesunde-erde.net

Aus dem Bodenschutz-Angebot:
Seminare und Vorträge über:

- Bodenökologie
- Ökologische Bodenbewirtschaftung/-bearbeitung
- Bodenschutz
- Ökologischer Landbau
- Einführung in die Erweiterte und GÖRBING-Spatendiagnose und ihre Eignungsbereiche
- Professionelle Strukturqualitätsanalyse und Aggregatstabilitätstest