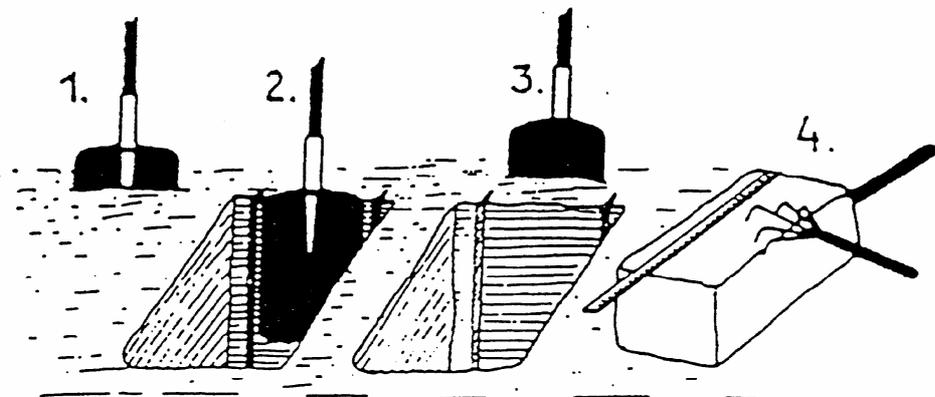


# Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden

Andrea Beste

Zusammenfassung



Dissertation  
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Gießen

## Zusammenfassung

In seinem Jahresgutachten 1994 „Die Welt im Wandel - die Gefährdung der Böden“ bezeichnete der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) das Ausmaß der weltweiten Bodenerstörung als eine ernste Bedrohung unserer Ressourcen zur Nahrungsmittelproduktion. Auf der neunten Tagung der Internationalen Gesellschaft für Bodenschutz (ISCO) „Towards Sustainable Landuse“ 1996 in Bonn wurde die Dringlichkeit der Bekämpfung der weltweit fortschreitenden Bodendegradation nochmals international betont. In den Zusammenfassungen und Empfehlungen („Conclusions and Recommendations“) dieser internationalen Tagung wird zur Bekämpfung der Bodenerstörung der Bedarf an einfachen auch für Nichtwissenschaftler anwendbaren Methoden der Bodenbeurteilung formuliert. Geeignete Indikatoren und aussagekräftige Methoden zur Erfassung und Beurteilung der Auswirkungen der Bodennutzung auf die ökologische Funktionsfähigkeit der Böden seien zu ermitteln beziehungsweise zu entwickeln. Die Beurteilungsmethoden sollten bäuerliches Wissen und Erfahrung mit einbeziehen, kurzfristig und in verständlicher Form vermittelbar sowie international verbreitbar sein. Die Aussagekraft qualitativer Daten wird in diesem Zusammenhang hervorgehoben (ISCO 1996). Die landwirtschaftliche Bodennutzung, die den flächenmäßig größten Anteil an der weltweiten Bodennutzung stellt, führt weltweit bei einem Drittel der genutzten Flächen zu Bodendegradation. Es besteht daher besonderer Bedarf an einfachen, kostengünstig anwendbaren Bodenuntersuchungsmethoden geringen technischen Aufwands, um die Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungssysteme und -praktiken auf die ökologischen Bodenfunktionen - Lebensraumfunktion, Regelungsfunktion und Produktionsfunktion - dokumentieren und beurteilen zu können.

In der vorliegenden Arbeit wird der Vorschlag gemacht, das Bodengefüge aufgrund seiner nach aktuellem Forschungsstand bekannten vielfältigen Verknüpfung mit der Lebensraum-, Regelungsfunktion, und Produktionsfunktion als geeigneten Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit des Bodens heranzuziehen. Mit der Erweiterten Spatendiagnose nach HAMPL/KUSSEL (ESD) wird eine aus der GÖRBING-Spatendiagnose entwickelte, einfache, wissenschaftlich besser auswertbare Version der Gefügestandsbeurteilung mit dem Spaten vorgestellt, die den Empfehlungen der ISCO gerade in Bezug auf leichte Vermittelbarkeit und geringen technischen Aufwand sehr nahe kommt. Das Forschungsziel der Arbeit ist es, die Aussagekraft der in der ESD zur Anwendung kommenden Methoden hinsichtlich bewirtschaftungsbedingter Auswirkungen auf den Bodenzustand zu überprüfen.

Die ESD umfaßt eine Gefügebödenur, einen einfachen Aggregatstabilitätstest, die Zählung der Wurzeldichte im Unterboden mittels Schablone, die Ermittlung von Bodenfeuchte,

Porenvolumen bzw. Lagerungsdichte mit Hilfe von Stechzylindern sowie die Messung des Abscherwiderstands. Boniturmethode, denen nach aktuellem Forschungsstand wünschenswerte Gefügestände als Maßstab zugrunde liegen, werden auf diese Weise (qualitativ, aber quantifizierbar) mit der Messung bodenphysikalischer Kennwerte (quantitativ) kombiniert.

Aktuell angewandte Methoden der Messung der Aggregatstabilität können nicht zwischen biologischer und verdichtungsbedingter Stabilität von Aggregaten unterscheiden. Dies kann zu fehlerhaften Schlußfolgerungen über die Funktionsfähigkeit der Böden führen. Mit der zusätzlichen Durchführung von Bonituren der Aggregatmorphologie der Mesostruktur soll in der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang zwischen biologisch bedingter oder verdichtungsbedingter Aggregatstabilität, der Bildung ackerbaulich wertvoller Aggregatformen (schwammartig, porös - Krümel) und dem Gefügestand differenziert herausgearbeitet werden.

Anhand zweier Versuchsansätze wird die Empfindlichkeit der angewandten Parameter bezüglich der Beeinflussung durch Standortfaktoren und Bewirtschaftungssysteme bzw. -praktiken sowie ihre Aussagekraft hinsichtlich der Beeinflussung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Bodens durch die Bewirtschaftungsfaktoren überprüft:

Versuchsansatz 1 beinhaltet die Dokumentation der Gefügedynamik in einer typischen Fruchtfolge bei ökologischer Bewirtschaftung (Sommergerste, Grünbrache, Winterweizen; mit Zwischenfrüchten) sowie den Vergleich mit den Auswirkungen einer typischen Fruchtfolge des integrierten Bewirtschaftungssystems (Zuckerrüben, Sommergerste, Winterweizen; ohne Zwischenfrüchte) auf den Bodenzustand mit Hilfe der Gefügebödenur, der Bödenur der Aggregatmorphologie, dem Aggregatstabilitätstest und der Bodenfeuchte (Probenahmen im März, Mai, Juli und September). Im zweiten Versuchsansatz wird ein Vergleich der Auswirkungen von Grünbrache und Marktfrucht (Roggen) bei ökologischer Bewirtschaftung auf den Bodenzustand (Probenahme jeweils im Mai) mittels einer umfassend durchgeführten ESD und der zusätzlichen Bödenur der Aggregatmorphologie vorgenommen. Beide Versuchsansätze umfassen die Untersuchung der drei Grundbodenbearbeitungsvarianten Schichtengrubber (nicht wendend), Schichtenpflug (bis 15 cm flach wendend) und Pflug (bis 30 cm tief wendend) und wurden drei Jahre lang (1996-1998) beprobt.

**Die Untersuchung der Beeinflussung der angewandten Parameter durch die Standortfaktoren Bodentiefe, Ausgangssubstrat und Bodenfeuchte kommt zu folgenden Ergebnissen:**

## **Bodentiefe**

1. Der Maßstab der Gefügenote ist für unterschiedliche Bodentiefen in der Bonitur unterschiedlich, das heißt, den bioökologischen Bodenhorizonten entsprechend gewählt. Die Ergebnisse der Gefügebeurteilung liefern eine direkte Bewertung des jeweiligen Bodenzustands (Noten 1-5) in Entfernung zum Optimalzustand (Note 5). Der bodenkundlich dokumentierte gute Gefügezustand des Unterbodens auf den Versuchsflächen wird mit Noten deutlich über drei treffend erfaßt. Die Oberkrume wird als noch entwicklungsfähig eingestuft und bei der Unterkrume werden leichte Mängel im Gefügezustand dokumentiert. Diese wurden bei der Umstellung auf nicht wendende Grundbodenbearbeitung (hier zu zwei Dritteln der Versuchsfläche) schon häufig beobachtet.
2. Die Ergebnisse der Parameter Aggregatstabilität und Aggregatmorphologie bestätigen den aktuellen Forschungsstand über die typische Differenzierung der biologischen Aktivität in unterschiedlicher Bodentiefe. Aggregatstabilität und Häufigkeit von Krümeln nehmen mit zunehmender Bodentiefe ab.
3. Lagerungsdichte und Abscherwiderstand bestätigen entsprechende bodenphysikalische Erfahrungen mit der Ackerkrume. Beide nehmen mit der Bodentiefe zu.

## **Ausgangssubstrat**

4. Die Beeinflussung der Parameter durch die unterschiedlichen Ausgangssubstrate „Löß und Löß ü. Mergel“ und „Kalk- und Tonmergel“ zeigen eine Beeinflussung der Gefügebeurteilung in Richtung höherer Noten bei höherem Skelettanteil des Bodens (Kalk- und Tonmergel), was funktionsökologisch nachvollziehbar ist.
5. Die bekannte Erhöhung der Aggregatstabilität durch höhere Kalk- und Tongehalte wird bestätigt.
6. Der Krümelanteil wird von keinem der hier vorliegenden Ausgangssubstrate eindeutig nachweisbar beeinflusst.
7. Lagerungsdichte und Abscherwiderstand zeigen keine Unterschiede bei den Ausgangssubstraten.

## **Bodenfeuchte**

8. Die Bodenfeuchte zeigt vor allem in Versuchsansatz 1 (mit Jahresdynamik und stark unterschiedlichen Feuchtespektren je nach Jahreszeit) eine Beeinflussung der Parameter. Diese wird in Versuchsansatz 2 (ohne Jahresdynamik) tendenziell bestätigt. Bei Bodenfeuchtwerten über 20% werden höhere Gefügenoten gegeben. Die Aggregatstabilität ist niedriger, die Krümelanteile höher. Die deutliche Beeinflussung der Gefügenote, des Krümelanteils und der Aggregatstabilität über 20% Bodenfeuchte werden

auf die Bildung von „Pseudokrümeln“ (KULLMANN 1958) zurückgeführt, die - vor allem im Frühjahr bei niedriger biologischer Aktivität und Stabilisierung - zur Ausprägung einer guten, aber gegenüber Wassereinwirkung sehr instabilen Bodenstruktur führt. Darüber hinaus werden detaillierte Beobachtungen über das Verhalten von dichten (Polyedern), wenig porösen (Subpolyedern) und krümelig-porösen Aggregaten (Krümeln) bei unterschiedlichen Feuchtezuständen und in den Jahrgängen einer dreijährigen Fruchtfolge beschrieben.

9. Lagerungsdichte und Abscherwiderstand zeigen keinen Einfluß der Bodenfeuchte. Die aus der Literatur bekannte Beeinflussung des Abscherwiderstands bei Bodenfeuchtwerten um Feldkapazität (bei dem hier vorliegenden Boden wären dies um 30% Bodenfeuchte) konnte aufgrund zu niedriger Bodenfeuchtwerte nicht dokumentiert werden.
10. Beim Parameter Wurzeldichte wird ein umgekehrt proportionales Verhältnis zur Bodenfeuchte bei gleichen Probenahmeterminen beobachtet, was mit der Suche der Wurzeln nach Wasser im Boden erklärt wird (KÖNEKAMP/ZIMMER 1954).

**Die empfindliche Erfassung der Auswirkungen unterschiedlicher Bewirtschaftungsmaßnahmen mit Hilfe der angewandten Parameter wird durch folgende Ergebnisse dokumentiert:**

**Auswirkungen der Grünbrache innerhalb der Fruchtfolge sowie im Vergleich zu Roggen:**

1. Erhöhung der Gefügenote.
2. Erhöhung der Aggregatstabilität bis unter die Folgefrucht.
3. Verstärkte Krümelbildung und -stabilisierung.
4. Die bodenphysikalischen Kennwerte zeigen eine Tendenz zu geringeren Abscherwiderständen und Lagerungsdichten unter Grünbrache.

**Vergleich der Grundbodenbearbeitungsvarianten:**

1. Keine statistisch absicherbare Unterschiede in der Gefügenote.
2. Deutlich höhere Aggregatstabilität in Ober- und Unterkrume bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber).
3. Keine statistisch absicherbaren Unterschiede im Krümelanteil.
4. Höhere Stabilität der Krümel in der Oberkrume bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber).
5. Keine Unterschiede in der Lagerungsdichte, gleichmäßigerer Anstieg des Abscherwiderstands im Bodenprofil bei nicht wendender Bearbeitung (Schichtengrubber).
6. Keine Unterschiede in der Wurzeldichte.

## **Aussagekraft der Methoden**

Die Aussagekraft der im Vergleich zur Bonitur nach HAMPL/KUSSEL (1994) verbesserten Gefügebönetur wird durch die vorgelegten Ergebnisse in Übereinstimmung mit der Literatur bestätigt. Die Gefügebönetur zeigt, wie stark der Gefügeböneturzustand des Bodens vom Optimalzustand oder Negativzustand abweicht. Qualitativ unterschiedliche Zustände, die sich über Methoden der Einzelparameter-Messung oft nicht erfassen und ausreichend bewerten lassen, gehen in ihrer Gesamtkomplexität direkt in eine Beurteilung ein. Das Ergebnis ist eine einfache Note (Zahl), die sich statistisch einfach verrechnen lässt. Mit Hilfe dieser Zahl (oder des Mittelwerts) wird der komplexe Zustand sehr übersichtlich repräsentiert und lässt sich schnell mit anderen Parametern vergleichen.

Der hier angewandte Aggregatstabilitätstest mit feldfeuchten Aggregaten zwischen 3 und 5 mm (für die Krümenhorizonte) und Zerfallsbönetur entspricht in seiner Aussagekraft den in der Literatur aktuell vorliegenden Kenntnissen über die an der Aggregatstabilisierung beteiligten Faktoren. Darüber hinaus ist er wenig aufwendig und durch die Neuentwicklung eines Böneturschemas für die Verschlämmungsbönetur im Vergleich zur Methode nach HAMPL/KUSSEL (1994) weniger abhängig von der subjektiven Einschätzung des Betrachters. Der Test führte zu klaren Unterschieden der untersuchten Varianten.

Die Aussagekraft der Wurzelbönetur als „Bioindikator“ für den Gefügeböneturzustand bleibt bei niedriger Stichprobenanzahl wackelig. Es wird daher empfohlen, im Falle geringer Stichprobenanzahl bei Durchführung der kompletten ESD die quantitative Methode der Wurzelbönetur durch eine qualitative Wurzelbönetur zu ersetzen und im Falle von Teiluntersuchungen mit der ESD mit erhöhter Stichprobenanzahl auf die Wurzelbönetur mit Schablone zurückzugreifen.

Die Aussagekraft der bodenphysikalischen Kennwerte Lagerungsdichte und Abscherwiderstand wurde in Übereinstimmung mit der Literatur bestätigt.

Die in der ESD verwendeten Parameter und Methoden zeigen, wie die überwiegende Anzahl an Bodenbeurteilungsmethoden, in gewissem Rahmen eine Beeinflussung durch unterschiedliche Bodensubstrate und unterschiedliche Bodenfeuchten. Dieser Erkenntnis wurde, soweit möglich, in Empfehlungen zum Einsatz der aktuellen Version der ESD Rechnung getragen. Darüber hinaus wurden Vorschläge für die Berücksichtigung unterschiedlicher Böden (Lehm-, Sand- und Tonböden) bei Gefügebönetur und Aggregatstabilitätstest entwickelt und präsentiert.

Die ESD kann in ihrer weiterentwickelten und erstmals erprobten Version gemäß den Anforderungen der ISCO einen Beitrag dazu leisten, wissenschaftlich und dennoch praxisnah Entscheidungsfindungen bezüglich ressourcenschonender Bewirtschaftungssysteme und -

maßnahmen zu erleichtern. Sie bietet besondere Vorteile in Regionen und Projekten, wo Untersuchungen mit hohem technologischem Aufwand nicht finanzierbar oder nicht durchführbar sind. Daher ist ihre Anwendung auch in so genannten Entwicklungsländern zu empfehlen.

Die Dissertation ist im Verlag Dr. Köster erschienen.

<p><b><u>Kontakt:</u></b></p> <p><b>Büro für Bodenschutz &amp; ökologische Agrarkultur</b></p> <p><b>Bodenschutz, Naturschutz, Regionale Vermarktung Beratung, Fortbildung, Analyse</b></p> <p>Dr. Andrea Beste <b>Osteinstr. 14</b></p> <p>D-55118 Mainz Tel/Fax: +49 +6131-639901 E-Mail: <a href="mailto:A.Beste@t-online.de">A. Beste@t-online.de</a> Website: <a href="http://www.gesunde-erde.net">www.gesunde-erde.net</a></p>	<p>Aus dem Bodenschutz-Angebot: Seminare und Vorträge über:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bodenökologie</li><li>• Ökologische Bodenbewirtschaftung/-bearbeitung</li><li>• Bodenschutz</li><li>• Ökologischer Landbau</li><li>• Einführung in die Erweiterte und GÖRBING -Spatendiagnose und ihre Eignungsbereiche</li><li>• Professionelle Strukturqualitätsanalyse und Aggregatstabilitätstest</li></ul>
---	---

## Literatur

AGÖL (1996): Rahmenrichtlinien für den ökologischen Landbau. Arbeitsgemeinschaft ökologischer Landbau (Hg.). SÖL-Sonderausgabe 17, Bad Dürkheim

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Arbeitsgemeinschaft Boden (Hg.), Hannover

AICHINGER, S.; KIEM, R.; KANDELER, E. (1995): Die Bedeutung von Mikroorganismen für die Aggregatstabilisierung von Böden unterschiedlicher Nutzung. Mitteilungen DBG 76, S. 561-564

AHRENS, E. (1983): Significance of fertilization for post-harvest conditions of vegetables, especially spinach. In: Environmentally sound agriculture. Lockeretz, W. (Hg.), New York

ALTEMÜLLER, H.-J.; HARTGE, K.-H. (1991): Einleitung und Problemstellung. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 2, BMELF (Hg.), Hamburg, Berlin, S. 9-11

ANDERSON, T.-H. (1991): Bedeutung der Mikroorganismen für die Bildung von Aggregaten im Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 154. S. 409-416

ASPIRAS, R. B. et al. (1971): Chemical and Physical Stability of Microbially Stabilized Aggregates. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35, S. 283-286

AUERSWALD, K. (1992): Bodeneigenschaften und Bodenerosion. Habilitationsschrift, TU Weihenstephan.

AUFHAMMER, G. (1958): Untersuchungen zur Garefähigkeit der Böden. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie für Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 201-206

BACKES, F. et al. (1997): Mikrobiologische Qualitätsparameter für Winterweizen aus organischem Anbau. In: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau. Köpke U.; Eisele, J.-A. (Hg.), Berlin, S. 224-230

BAEUMER, K. (1991): Bodenfruchtbarkeit als Wissenschaftlicher Begriff: Kenngrößen und Prozesse im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Produktion im Agrarökosystem. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 1, BMELF (Hg.), Hamburg, Berlin, S. 29-45

BECHER, H.; KAINZ, M. (1983): Auswirkungen einer langjährigen Stallmistdüngung auf das Bodengefüge im Lößgebiet bei Straubing. Zeitschrift für Acker und Pflanzenbau 153, S. 152-158

BECK, T. (1991): Auswirkungen abgestufter Pflanzenbauintensitäten nach 15-jähriger Laufzeit auf wichtige bodenmikrobiologische Kennwerte. Bayer. Landwirtsch. Jahrb. 68, S. 361-367

BENECKE, P. (1966): Die Geländeansprache des Bodengefüges in Verbindung mit der Entnahme von Stechzylinderproben für Durchlässigkeitsmessungen. Zeitung für Kulturtechnik, Landentwicklung und Flurbereinigung 7, S. 91-104

BERNARD, H.; LEPKE, U. (1995): Methodenvergleich zur Bestimmung der Aggregatstabilität. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1995. Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim. Unveröffentlicht

BESTE, A. (1996): Auswirkungen unterschiedlicher Bodenbearbeitungsverfahren im ökologischen Landbau auf Bodenstruktur und Wasserhaushalt. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

BESTE, A. (1997): Entwicklung und Erprobung der Spatendiagnose zur Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit landwirtschaftlich genutzter Böden im Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Bonn, S. 43-48

BESTE (1997 b): Ergebnisse der Erweiterten Spatendiagnosen 1996. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1996. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht

- BESTE (1998): Ergebnisse der Erweiterten Spatendiagnosen 1997. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1997. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- BESTE (1999): Ergebnisse der Erweiterten Spatendiagnosen 1998. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1998. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- BESTE, A.; HAMPL, U. (1999): Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung/Project Ecological Soil Management. Forschung für ein Leben aus gesunder Erde/Science for life from healthy soils. Informationsbroschüre der Stiftung Ökologie und Landbau (SÖL). Bad Dürkheim
- BEYER, L. (1991): Gefügeeigenschaften von Parabraunerden und Podsolen unter Wald- und Ackernutzung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 154, S. 107-114
- BLUME, H.-P. (Hg.) (1990): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und Bodenbelastung; vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. Landsberg/Lech
- BLUME, H.; BEYER, L. (1996): Zur Definition von Humusformen ackerbaulich genutzter Böden. I. Diagnostische Merkmale. Mitteilungen DBG 80, S. 183-185
- BMU (1996): Umwelt 10. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hg.), Bonn
- BÖCK, G. (1997): Strukturuntersuchungen am Bodenbearbeitungs-Systemversuch Triesdorf. Diplomarbeit, Fachbereich Bodenkunde, Fachhochschule Weihenstephan
- BÖHM, H.; GROCHOLL, J.; AHRENS, E. (1990): Mikrobiologische Beurteilung von Bodenbearbeitungssystemen am Beispiel dreier Bodentypen. Zeitung für Kulturtechnik und Landentwicklung 32, S.114-120
- BÖHM, W. (1979): Methods of Studying Root Systems. Berlin, Heidelberg
- BUCHMANN, I. (1996): Bodenkarte und Erläuterungen. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1995. Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- BUND/MISERIOR (1995): Zukunftsfähiges Deutschland. Studie des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie GmbH. Basel/Boston/Berlin
- CAPPELN von, J.-H. (1959): Strukturverbesserung durch Phosphatanreicherung des Bodens. = Die Phosphorsäure 19, S. 177-202
- CHESTERS, G. et al. (1957): Soil Aggregation in Relation to Various Soil Constituents. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21, S.272-277
- CHABOUSSOU, F. (1987): Pflanzengesundheit und ihre Beeinträchtigung. Die Schädigung durch synthetische Düngemittel und Pflanzenbehandlungsmittel. Alternative Konzepte 60, Karlsruhe
- CZERATZKI, W. (1957): Untersuchungen über Krümelstabilität an einem Kalkversuch. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 78, S. 121-135
- CZERATZKI, W. (1958): Zur Problematik der Krümelstabilitätsmessung. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie für Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 85-98
- CZERATZKI, W. (1972): Die Ansprüche der Pflanze an den physikalischen Bodenzustand. Landbauforschung Völkenrode 22, S. 29-36
- DEBOSZ, K. et al. (1998): Impact of Soil Management on Distribution of Carbohydrate C and Clay Dispersibility in Different Sized Soil Aggregates. Poster, NJF-Seminar no. 286. Soil Tillage and Biology. June 8-10th Ås, Norway

- DE KIMPE, C.; WARKENTIN, R. (1998): Soil Functions and the Future of Natural Resources. In: Towards sustainable land use. Furthering cooperation between people and institutions, Blume H.-P. (Hg.). Selected papers of the 9th conference of the International Soil Conservation Organisation (ISCO), Reiskirchen
- DE LEENHEER, L.; DE BOODT, M. (1954): Discussion on the Aggregate Analysis of Soils by Wet Sieving. Soil Sci. 2
- DEUTSCHER BUNDESTAG (Hg.) (1998): Bundesbodenschutzgesetz. Entwurf
- DIEZ, TH. (1982): Spatendiagnostische Untersuchungen an der Krume von Lößböden. Mitteilungen DBG 34, S. 145-148
- DIEZ, TH. (1991): Beurteilung des Bodengefüges im Feld. Möglichkeiten, Grenzen und ackerbauliche Folgerungen. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 2, BMELF(Hg.), Hamburg und Berlin, S. 96-103
- DIEZ, TH.; WEIGELT, H. (1987): Böden unter landwirtschaftlicher Nutzung. München, Wien, Zürich
- DIERKS R.; HEITEFUSS R. (Hg.) (1990): Integrierter Landbau. Systeme umweltbewußter Pflanzenproduktion. München
- DNA, (1973): Felduntersuchungen. Bestimmung des Makrogefüges. Deutscher Normenausschuß (Hg.) (= DIN 19682, Bl. 10)
- DUMBECK, G. (1986): Bodenphysikalische und funktionelle Aspekte der Packungsdichte von Böden.. Gießener Bodenkundliche Abhandlungen 3, Gießen
- DUTZLER-FRANZ, G. (1977): Der Einfluß einiger chemischer und physikalischer Bodenmerkmale auf die Enzymaktivität verschiedener Bodentypen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 140, S. 329-350
- EBERT, D. (1952): Die Spatendiagnose und ihre Anwendung. In: Die deutsche Landwirtschaft 8, S. 397-399
- ECKERT, H. (1993): Bewertungsrahmen zur Charakterisierung der ökologischen Situation landwirtschaftlicher Betriebe. Mitteilungen DBG 72, S. 1475-1478
- EHRNSBERGER, R. (1993): Bodenzoologie und Agrarökosysteme. In: Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege 6, Ehrnsberger, R. (Hg.). Cloppenburg, S. 11-41
- EHRNSBERGER, R.; BUTZ-STRAZNY, F. (1993): Auswirkung von unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Grubber und Pflug) auf die Milbenfauna im Ackerboden. In: Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege 6, Ehrnsberger, R. (Hg.). Cloppenburg, S. 188-208
- EITZINGER, J.; KLAGHOFER, E. (1995): Einfluß unterschiedlicher Primärbodenbearbeitung auf ausgewählte bodenphysikalische Eigenschaften. Wasser/Boden 47, S. 11
- EMMERLING, C. (1995): Tätigkeitsbericht. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1994. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- EMMERLING, C. (1996): Tätigkeitsbericht. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1995. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- EMMERLING, C. (1997): Tätigkeitsbericht. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1996. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- EMMERLING, C. (1997 b): Schriftliche Mitteilung
- EMMERLING, C. (1998): Tätigkeitsbericht. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1997. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht

- EMMERLING, C. (1999) Tätigkeitsbericht. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1998. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- FRANKEN, H.; LOH, M. (1986): Der Einfluß ackerbaulicher Maßnahmen auf die Dynamik der Aggregatstabilität. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 28, S. 35-41
- FRESE, H. (1958): Zur Bildung von Makrogefügetypen im Ackerboden durch atmosphärische Einflüsse. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin
- FREYER, B. (1997): Kennziffern der Nachhaltigkeit von 317 ackerbaubetonten Betrieben des biologischen Landbaus in der Schweiz, ausgewertet auf der Basis von Betriebskontrolldaten. In: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Köpke U. und J.-A. Eisele (Hg.), Berlin, S. 103-108
- FRIEBE, B. (1995): Auswirkungen verschiedener Bodenbearbeitungsverfahren auf die Bodentiere und ihre Abbauleistungen. Informationen zu Naturschutz und Landschaftspflege 6, Ehrnsberger, R. (Hg.). Cloppenburg, S. 171-187
- GÄTH, S. (1995): Ursachen der Luftporengrenzung. = Bodenökologie und Bodengenese 15. Habilitation, Gießen
- GEIER, U. et al. (1997): Ökobilanz Hamburger Landwirtschaft - Umweltrelevanz verschiedener Produktionsweisen. Handlungsfelder Hamburger Umweltpolitik. Gutachten im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg
- GISI, U. (1997): Bodenökologie. Stuttgart, New York
- GLÖSS, ST. (1997): Bodenbewertung im Rahmen von Umweltplanungen. In: Kennzeichnung und Bewertung von Böden für eine nachhaltige Landschaftsnutzung, Hierold W. und R. Schmidt (Hg.), ZALF-Bericht 28, Müncheberg, S. 81-93
- GÖRBING, J. (1947): Die Grundlagen der Gare im praktischen Ackerbau. Hannover
- GÖRBING, J.; SEKERA, F. (1947): Die Spatendiagnose - Ziel und Grundlage der zweckmäßigen Bodenbearbeitung. Hannover
- 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
- GROß, U. (1996): Einfluß unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf Verschlammungsneigung und Aggregatstabilität verschiedener Böden. Dissertation, Universität Gießen, Gießen
- 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, Friebe (Hg.), Gießen, S. 21-29
- HAAS, G.; KÖPKE, U. (1994): Vergleich der Klimarelevanz ökologischer und konventioneller Landbewirtschaftung. In: Enquete-Kommission „Schutz der Erdatmosphäre“ des 12. Deutschen Bundestages (Hg.). Studienprogramm Landwirtschaft Teilband II., Bonn
- HAAS, G. et al. (1995): Vergleich konventioneller und organischer Landbau - Teil I: Klimarelevante Kohlendioxid-Emission durch den Verbrauch fossiler Energie. Berichte über Landwirtschaft 73
- HAAS, G. (1997): Leistungen des Ökologischen Landbaus zur Verringerung der Gewässerbelastungen. In: Umweltqualitäten und Wirtschaften - Was wurde erreicht? Wo geht es hin? 30. Essener Tagung für Wasser und Abfallwirtschaft, Dohmann, M. (Hg.), Aachen

- HAINES, W. B. (1930): The Hysteresis Effect in Capillary Properties, and the Modes of Moisture Distribution Associated therewith.
- HAMPL-MATHY, U. (1991 a): Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. SÖL-Sonderausgabe 52, Bad Dürkheim
- HAMPL-MATHY, U. (1991 b): Pflanzenernährung im ökologischen Landbau. Ökologie & Landbau 78, S. 16-22
- HAMPL-MATHY, U. (1992): Grundbodenbearbeitung. In: 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. (1995 a): Bodenschutz ist Hochwasserschutz. Ökologie & Landbau 94, S. 38-39
- HAMPL, U. (1995 b): Beratung zur Umstellung auf Ökologische Bodenbewirtschaftung. Dissertation an der Universität Hohenheim. Verlag Dr. Kovac. Hamburg
- HAMPL, U. (1995 c): Ökologische Bodenbearbeitung und Beikrautregulierung. SÖL-Sonderausgabe 56, Bad Dürkheim
- HAMPL, U. (1996): Das Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung. Ökologie&Landbau 100, S. 34
- HAMPL, U. (1997): Eindringwiderstände in Grünbrache und Roggen. In: Ergebnisbericht Projekt Ökologische Bodenbewirtschaftung 1996. Stiftung Ökologie und Landbau. Bad Dürkheim. Unveröffentlicht
- HAMPL, U.; KUSSEL, N. (1994): Die Erweiterte Spatendiagnose. Unveröffentlicht
- HARRACH, T. (1984): Lockerungsbedürftige Böden einfach und sicher erkennen. In: Bodenfruchtbarkeit in Gefahr? Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) (Hg.), Frankfurt, S. 115-121
- HARRACH, T. (1998) Gefügebeurteilung im Gelände insbesondere Bewertung der Packungsdichte und Schätzung der nFK im Wurzelraum. In: Boden und Bodenschutz. Beiträge zum Seminar am 10. und 11. 9. 1998 in Emmelshausen. Bildungsseminar für die Agrarverwaltung Rheinland-Pfalz (Hg.), Mainz, S. 34-41
- HARRACH, T.; VORDERBRÜGGE, T. (1991): Die Wurzelentwicklung von Kulturpflanzen in Beziehung zum Bodentyp und Bodengefüge. In: Bodennutzung und Bodenfruchtbarkeit 2, BMELF (Hg.), Hamburg, Berlin, S. 69-82
- HARRACH, T.; RICHTER, U. (1992): Wirkung von Bodenbearbeitungsverfahren auf den Stickstoffhaushalt im System Boden-Pflanze. In: Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen auf das Ökosystem Boden. Beiträge zum 3. Symposium vom 12.-13. Mai 1992 in Gießen, Friebe (Hg.), Gießen, S. 81-96
- HARTGE, K.H. (1987): Einführung in die Bodenphysik. Stuttgart
- HARTGE, H.; HORN, R (1992): Die physikalische Untersuchung von Böden. Stuttgart
- HASINGER, G. (1993): Bodenbeurteilung im Feld. Forschungsinstitut für biologischen Landbau. CH, Oberwil
- HAUG, G.; SCHUMANN, G.; FISCHBECK, G. (1990): Pflanzenproduktion im Wandel. Weinheim
- HELAL, M. (1991): Bodengefüge, Wurzelentwicklung und Wurzelfunktionen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 154, S. 403-407
- HENK, U. (1989): Untersuchungen zur Regentropfenerosion und Stabilität von Bodenaggregaten. Dissertation TU Braunschweig.

- HIEROLD, W.; SCHMIDT, R. (Hg.) (1997): Kennzeichnung und Bewertung von Böden für eine nachhaltige Landschaftsnutzung. ZALF-Bericht 28, Müncheberg
- HÖFLICH, G. (1996): Standort- und fruchtartenspezifische Interaktionen zwischen Rhizosphärenbakterien und Pflanzenwachstum. Mitteilungen DBG 81, S. 331-334
- HOFFMANN, M. (2000): Mündliche Mitteilung
- HÖVELMANN, L.; FRANKEN, H. (1992): Zum Einfluß der Grundbodenbearbeitung auf Aggregatstabilität, Eindringwiderstand und Wurzelentwicklung in rekultivierten Böden aus Löß. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (ktBL). Arbeitspapier 190. Darmstadt, S. 63-67
- HÖVELMANN, L.; FRANKEN, H. (1993): Einfluß von Fruchtfolge und Bodenbearbeitung auf die Stabilität oberflächennaher Bodenaggregate rekultivierter Böden aus Löß. Mitteilungen DBG 72, S. 127-130
- HURNI, H. with the assistance of an international group of contributors (1996): Precious Earth: From Soil and Water Conservation to Sustainable Land Management. International Soil Conservation Organisation (ISCO) and Centre for Development and Environment (CDE). Bern
- ISCO (Hg.) (1996): Conclusions and recommendations of ISCO'96. Bonn
- JUNG, G. (1988): Die Spatendiagnose nach Görbing, Johannes. Ihre Aussagekraft im Vergleich mit bodenphysikalischen Untersuchungen. Diplomarbeit Fachhochschule Weihenstephan.
- KÄMPF, R. (1953): Ein Beitrag zur Beurteilung und Erfassung der Bodengare bei Lößlehmböden. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 96, S. 333-366
- KANDELER, E.; MURER, E. (1993): Aggregate Stability and Soil Microbial Processes in a Soil with Different Cultivation. Geoderma 56, S. 503-513
- KANDELER, E. et al. (1995): Bodenmikrobiologische Prozesse als frühzeitige Indikatoren für die Änderung der Bodennutzung. Mitteilungen DBG 76, S. 637-640
- KANDLER, O. (1977): Das Klima des Rhein-Main-Nahe-Raumes. Mainzer Geographische Studien 11, Festschrift zum 41. Dt. Geographentag, Mainz, S. 379-387
- KATSCHINSKI, N. A. (1958): Die Natur der mechanischen Stabilität und Wasserstabilität der Bodenstruktur. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin
- KAUER, R. (1993): Vergleichende Untersuchungen zum integrierten und ökologischen Weinbau - Ausgewählte Ergebnisse zur Schaderregerbekämpfung. In: Forschung im ökologischen Landbau, Zerger, U. (Hg.), SÖL-Sonderausgabe 42, Bad Dürkheim, S. 244-248
- KELLER, L. (1990): Methoden für die Beurteilung umweltschonender Bewirtschaftungstechniken in der Landwirtschaft. Instrumente zur Beurteilung der Umweltwirkung von umweltgerechter Landwirtschaft. Liebefeld-Bern
- KEMPER, W. D. et al. (1985): Gas Displacement and Aggregate Stability of Soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49, S. 25-28
- KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. (1986): Aggregate stability and size distribution. In: Methods of soil analysis, Part1. Physical and mineralogical methods, Klute, A. (Hg.), Agronomy Monograph 9, S. 425-442
- KLAER, W. (1977): Grundzüge der Naturlandschaftsentwicklung von Rheinhessen. Mainzer Geographische Studien 11, Festschrift zum 41. Dt. Geographentag, Mainz, S. 211-225
- KÖLLER, K. (1993): Erfolgreicher Ackerbau ohne Pflug: wissenschaftliche Ergebnisse - praktische Erfahrungen. Frankfurt (Main)

- KÖNEKAMP, A.; ZIMMER, E. (1954): Ergebnisse der Wurzeluntersuchungen Völkenrode 1949-1953. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 65, S. 158-169
- KOEPP, H. (1953): Die biologische Aktivität des Bodens und ihre experimentelle Kennzeichnung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 64, S. 138-146
- KÖPKE, U. (1979): Ein Vergleich von Feldmethoden zur Bestimmung des Wurzelwachstums landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Dissertation. Universität Göttingen
- KUBIENA, W. (1938): Über das Elementargefüge des Bodens. = Bodenkundliche Forschung 4. Wien
- KÜHNELT, W. (1958): Zoogene Krümelbildung in ungestörten Böden. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie für Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 193-200
- KULLMANN, A. (1956): Methoden zur Krümelstrukturuntersuchung des Bodens. In: Die deutsche Landwirtschaft 9, S. 442-446
- KULLMANN, A. (1958): Zur Problematik der Krümelstabilitätsmessungen und zur Methodik des Durchflußverfahrens. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 7-34
- KULLMANN, A., KOITZSCH, R. (1956): Zur Krümelstabilitätsmessung auf leichtem Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 73, S. 224-235
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G.; SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde. Stuttgart.
- KUSSEL, N. (1998): Schriftliche Mitteilung
- KUSSEL, K. (1999): Schriftliche Mitteilung
- LAL, R.; GREENLAND, D.J. (Hg.) (1979): Soil Physical Properties and Crop Production in the Tropics. Chichester
- LEITHOLD, G. (2000): Mündliche Mitteilung
- LIEBEROTH, I. (1969): Bodenkunde Bodenfruchtbarkeit. Berlin.
- LUDWIG, M. (1977): Zur Bodengeographie des Rheinhessischen Tafel- und Hügellandes. Mainzer Geographische Studien 11, Festschrift zum 41. Dt. Geographentag, Mainz, S. 277-283
- LYNCH, J. M. (1983) Soil Biotechnology. Blackwell, Oxford
- MÄDER, P. (1993): Effekt langjähriger biologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf das Bodenleben. In: Forschung im ökologischen Landbau, Zerger, U. (Hg.), Söl-Sonderausgabe 42, Bad Dürkheim, S. 271-278
- MEUSER, H. (1991): Bodenkundliche Aspekte bei Wurzeluntersuchungen an Kulturpflanzen. Die Geowissenschaften 8, S. 247-250
- MÜCKENHAUSEN, E. (1947): Die Spatendiagnose im Rahmen der Bodenkunde. Neue Mitteilungen für die Landwirtschaft 2, 159-161
- MÜCKENHAUSEN, E. (1993): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen, 4. Aufl., Frankfurt (Main)
- MÜLLER, G. (1958): Beziehungen zwischen Biologie und Struktur des Bodens. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 167-192

- MÜLLER-SÄMANN, K. (1986): Bodenfruchtbarkeit und Standortgerechte Landwirtschaft in den Tropen. Eschborn
- MULLA, D.J. et al. (1992): Temporal Variation in Aggregate Stability on Conventional and Alternative Farms. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56, S. 1620-1624
- MUNKHOLM, L. (1998): Non-Inverting Soil Tillage as a Means of Optimising Soil Tilth. Proceedings, NJF-Seminar no. 286. *Soil Tillage and Biology*. June 8-10th, Ås, Norway
- MURER, E. J. et al. (1993): An Improved Sieving Machine for Estimation of Soil Aggregate Stability (SAS). *Geoderma* 56, S. 539-547
- NEUDECKER, E. (1997): Untersuchungen zur Frage der Durchwurzelung bei wendender und nicht wendender Bodenbearbeitung im ökologischen Landbau. Diplomarbeit, Fachbereich Gartenbau, Fachhochschule Osnabrück
- OADES, J.M. (1984): Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. *Plant and Soil* 76, S. 319-337
- ÖDORFER, A.; POMMER, G. (1997): Zusammenhänge zwischen Anbauintensität und Befall mit Weizenkrankheiten. In: Beiträge zur 4. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Köpke U.; Eisele, J. A. (Hg.), Berlin, S. 302-307
- PIFFNER, I. (1993): Einfluß langjährig ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung auf Regenwurmpopulationen. In: *Forschung im ökologischen Landbau*, Zerger, U. (Hg.), Söl-Sonderausgabe 42, Bad Dürkheim, S. 280-287
- PORTRATZ, K. U. (1993): Bedeutung von Feuchte und Struktur der Bodenoberfläche für die Bodenerosion. *Bonner Bodenkundliche Abhandlungen* 11, Bonn
- PREUSCHEN, G. (1989): Bodengesundung. Aktiver Bodenschutz durch Wiederbelebung der Böden und Herstellung der natürlichen Bodenfunktionen. SÖL-Sonderausgabe 18, Bad Dürkheim
- RID, H. (1961): Strukturveränderungen des Ackerbodens im Bereich der Krume, der Pflugsohle und des Untergrundes, nachgewiesen durch Strukturdiagnosen und Messungen der Grobstruktur. In: *Sinderdruck Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 114, S.58-86
- REX, M. (1984): Der Einfluß der Durchwurzelbarkeit des Bodens auf den Ertrag und den Nährstoffentzug von Getreide. = *Gießener Bodenkundliche Abhandlungen* 1. Dissertation Gießen
- RSU (1985): Umweltprobleme der Landwirtschaft. Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (Hg.), Sondergutachten. Bonn
- RSU (1987): Umweltgutachten. Bonn
- RSU (1994): Umweltgutachten. Bonn
- ROBERT BOSCH STIFTUNG (Hg.) (1994): Schwäbisch Haller Agrarkolloquium zur Bodennutzung, den Bodenfunktionen und der Bodenfruchtbarkeit. *Denkschrift für eine umweltfreundliche Bodennutzung in der Landwirtschaft*. Gerlingen
- ROGASIK, H. et al. (1995): Bodenphysikalische und bodenbiologische Untersuchungen der Gefügeeentwicklung im A-Horizont dreier Landnutzungssysteme. *Mitteilungen DBG* 76, S. 61-64
- ROTH, C. H. (1996): Aggregation Indices to Characterize Structural Breakdown of Dry Soil Samples by Air Slaking. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159, S. 429-435
- SCHACHTSCHABEL, P.; HARTGE, K. (1958): Die Verbesserung der Strukturstabilität von Ackerböden durch eine Kalkung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 83, S.193-202
- SCHAFFER, G. (1960): Eine Methode zur Abscherwiderstandsmessung von Ackerböden zur Beurteilung ihrer Strukturfestigkeit im Felde. *Landwirtschaftliche Forschung* 13, S. 25-44

- SCHNEIDER, R.; EMMERLING, C.; SCHRÖDER, D. (1995): Auswirkungen von Grünbrache auf die bodenphysikalische Standortqualität. *Mitteilungen DBG 76*, S. 153-156
- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 13. Aufl., Stuttgart
- SCHELLER, E. (1994): Pflanzenernährung und Düngung im organischen Landbau. In: Springer Loseblatt System Ökologische Landwirtschaft. Pflanzenbau, Tierhaltung, Management 1, Lünzer, I.; Vogtmann, H. (Hg.), Heidelberg, New York, Sektion 02.02, S. 1-21
- SCHINNER, F.; SONNLEITNER, R. (1996 a): *Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Bodenökologie 1: Grundlagen, Klima, Vegetation, Bodentyp*. Berlin
- SCHINNER, F.; SONNLEITNER, R. (1996 b): *Mikrobiologie und Bodenenzymatik. Bodenökologie 2: Bodenbewirtschaftung, Düngung und Rekultivierung*. Berlin
- SCHLICHTING, E. et al. (1995): *Bodenkundliches Praktikum*. 2. Aufl. Hamburg
- SEITZ, L. (1997): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung im Ökologischen Landbau auf Nährstoffhaushalt und mikrobiologische Eigenschaften von Böden sowie die Besiedelung durch Regenwürmer. Diplomarbeit Universität Trier, Fachbereich Angewandte Geographie/Geowissenschaften. Trier
- SEKERA, F.; BRUNNER, A. (1943): Beiträge zur Methodik der Garesforschung. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 29*, S. 196-212
- SEKERA, F. (1951 a): Der allgemeine Bauplan der Bodenstruktur und die Dynamik der Bodengare. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 52*, S. 57-60
- SEKERA, F. (1951 b): Das Krankheitsbild des Gareschwundes. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 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 126*, S. 93-106
- SIEGRIST, S. et al. (1998). Does Organic Agriculture Reduce Soil Erodibility? The Results of a Long-Term Field Study on Loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems & Environment 69*, S. 253-264
- SLATER, C.; HOPP, H. (1951): Winter decline of soil structure in clean-tilled soils. In: *Agron. Journ.* 43, S.1
- SOBOTIK, M. (1989): Auf die Wurzel kommt es an! Bedeutung der Wurzelökologie für die praktische Landwirtschaft. *Der Förderungsdienst 6*, S. 174-177
- SOMMER, C.; ZACH, M. (1992): Grundbodenbearbeitung mit nicht wendender Lockerung. In: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (ktBL). *Arbeitspapier 190*. Darmstadt, S. 35-42
- STOCKFISCH, N. et al. (1995): Einfluß reduzierter Bodenbearbeitung auf biologische und chemische Kennwerte in verschiedenen Tiefen einer Löß-Parabraunerde. *Mitteilungen DBG 76*, S. 697-700
- STOOPS, G.; JONGERIUS, A. (1975): Proposal for a Micromorphological Classification of Soil Materials. I. Classification of the Related Distribution of Fine and Coarse Particles. *Geoderma 13*, S. 189-199
- SUNKEL, R. (1961 a): Über die Porosität von Bodenaggregaten. 2. Mitteilung: Untersuchungsergebnisse. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 3*, S.221-234

SUNKEL, R. (1961 b): Über die Porosität von Bodenaggregaten. 3. Mitteilung: Vergleich zwischen Stabilität und Porosität von Aggregaten und Beziehungen zum Kohlenstoffgehalt und zur Korngrößenverteilung. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 3, S.234-244

TEBRÜGGE, F. (1989): Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystemen im 10-jährigen Versuch auf technische Leistungsparameter, Bodenstruktur, biologische Aktivität, Pflanzenkrankheiten und Ertrag. Proc. 11th International Congress on Agricultural Engineering, 24.-26. 11. 1990, Berlin, S. 21-22

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

TEIPEL, R. (1952 a): Das Ausmaß der Strukturschäden auf verschiedenen Böden Thüringens - 1. Teil. In: Die deutsche Landwirtschaft 11, S. 587-591

TEIPEL, R. (1952 b): Das Ausmaß der Strukturschäden auf verschiedenen Böden Thüringens - Schluß. In: Die deutsche Landwirtschaft 12, S. 650-653

TEIWES, K. (1988): Einfluß von Bodenbearbeitung und Fahrverkehr auf physikalische Eigenschaften schluffreicher Ackerböden.

TIPPKÖTTER, R. (1993): Klassifikation von Aggregierungsmerkmalen mit Hilfe der Ultraschalldiagnostik. Mitteilungen DBG, 72, S. 273-276

TISDALL, JM.; OADES, JM. (1982): Organic matter and water-stable Aggregates in soils. Journal Soil Sci. 33, S. 141-163.

UBA (1997): Nachhaltiges Deutschland. Wege zu einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Umweltbundesamt (Hg.), Berlin

UBA (1998): Maßstäbe bodenschonender landwirtschaftlicher Bodennutzung - Erarbeitung von Beurteilungskriterien und Meßparametern als Grundlagen für fachliche Regelungsansätze. Umweltbundesamt (Hg.), Berlin

UNEP/ISRIC (1990): The extend of human-induced soil degradation. Annex 5. United Nations Environment Programme; International Soil Reference and Information Center (Hg.), Wageningen. Netherlands

VASILIU, A. (1958): Der Einfluß einiger Dauergramineen- und Leguminosengemische auf die Wasserstabilität der Struktur einiger Böden der rumänischen Volksrepublik. In: Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Deutsche Akademie für Landwirtschaftswissenschaften. Berlin, S. 207-216

VOGTMANN, H.; FRAGSTEIN, P., von (1984): Qualitätsbeurteilungen von Lebensmitteln aus alternativer Sicht. VDLUFA-Sonderdruck

VOIGT, S. (1998): Bodenstruktur und Bodenwasserhaushalt bei unterschiedlicher Bodenbewirtschaftung und -bearbeitung im Verlauf einer Vegetationsperiode. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

VORDERBRÜGGE, TH. (1989): Einfluß des Bodengefüges auf Durchwurzelung und Ertrag bei Getreide - Untersuchungen an rekultivierten Böden und einem langjährigen Bodenbearbeitungsversuch. Dissertation. Gießener Bodenkundliche Abhandlungen 5. Niederkleen

WAIBEL, H.; FLEISCHER, G. (1998): Kosten und Nutzen des chemischen Pflanzenschutzes in der deutschen Landwirtschaft aus gesamtwirtschaftlicher Sicht. Kiel

WILDENHAYN, M. (1994): Persönliche Mitteilung. In: Integrierter Landbau. Systeme umweltbewußter Pflanzenproduktion. Grundlagen, Praxiserfahrungen, Entwicklungen, Dierks, R.; Heitefuss, R. (Hg.), München/Münster Hiltrub/Wabern-Bern, S. 109

WBGU (1994): Die Welt im Wandel - Die Gefährdung der Böden. (= Jahresgutachten 1994). Bonn.

WERNER, J.; THÄMERT, W. (1988): Zur Diagnose des physikalischen Bodenzustandes auf Produktionsflächen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkunde 12, Berlin, S. 729-739

WERNER, D. (1993): Ergebnisse röntgenmorphologischer Untersuchungen verdichteter und gelockerter ?odengefüge. Mitteilungen DBG 72, S. 281-284

WEST, A. W. (1987): Relationships between Mycelial and Bacterial Populations in Stored, Air-Dried and Glucose-Amended Arable and Grassland Soil. Soil Biol Biochem 19, S. 599-605

WICHTMANN, H. (1955): Untersuchungen zur Frage der Aggregatbindekräfte in lufttrockenen Bodenkrümeln. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 71, S. 232-246

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, Friebe, B. (Hg.), Gießen, S. 43-49

ZACHARTSCHENKO, I. (1956): Zur Meßmethodik der Stabilität der Bodenstruktur. Bodenkunde 1, S. 54-62