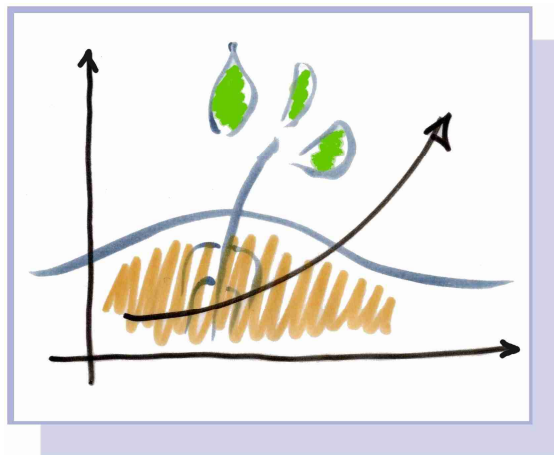
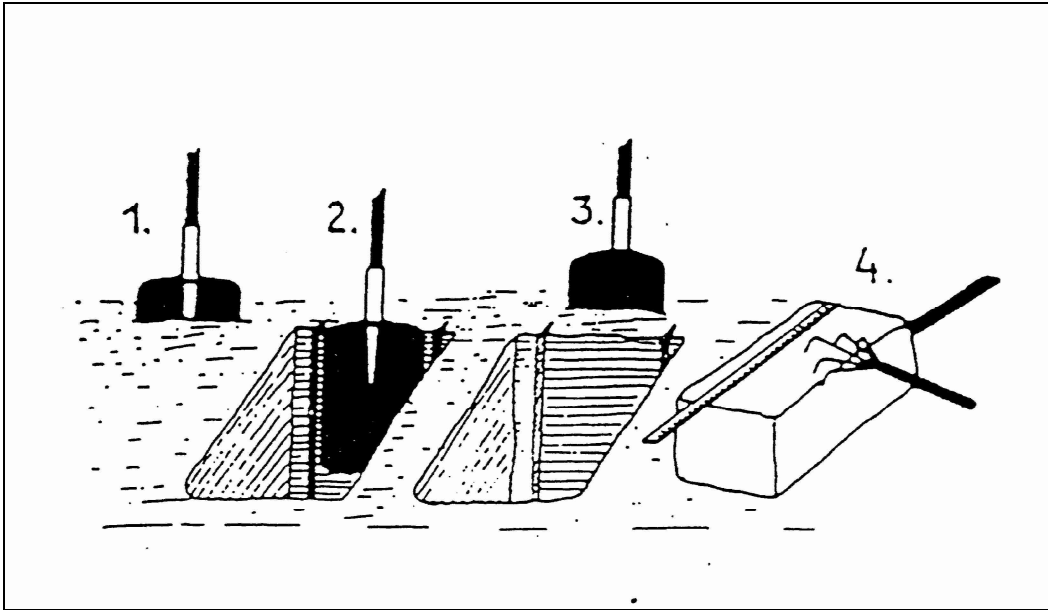


**Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur wissenschaftlichen Beurteilung ökologisch wichtiger Funktionsparameter landwirtschaftlich genutzter Böden**

Andrea Beste



**Büro für Bodenschutz  
und  
Ökologische Agrarkultur**

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 Bodenzerstörung 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 (ISCO 1996) dieser internationalen Tagung wird zur Bekämpfung der Bodenzerstörung 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.

## 1. Sinn und Zweck der „Erweiterten Spatendiagnose“ (ESD)

Auch aufgrund der Erfahrungen im vorliegenden Projekt wird vorgeschlagen, das Bodengefüge aufgrund seiner nach aktuellem Forschungsstand bekannten vielfältigen Verknüpfung mit der Lebensraum-, Regelungs-, und Produktionsfunktion als geeigneten Indikator für die ökologische Funktionsfähigkeit des Bodens heranzuziehen. Mit der „Erweiterten Spatendiagnose“ (im folgenden „ESD“ abgekürzt) nach HAMPL/KUSSEL (1994) wird eine aus der GÖRBING-Spatendiagnose (GÖRBING/SEKERA 1947) entwickelte, einfache, wissenschaftlich besser auswertbare Version der Gefügezustandsbeurteilung 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 dabei zur Anwendung kommenden Methoden hinsichtlich bewirtschaftungsbedingter Auswirkungen auf den Bodenzustand zu überprüfen.

## 2. Inhalt der ESD

Die ESD umfaßt eine Gefügebonitur, einen einfachen Aggregatstabilitätstest, die Zählung der Wurzelichte im Unterboden mittels Schablone oder mittels einer Wurzelbonitur, die Ermittlung von Bodenfeuchte, Porenvolumen bzw. Lagerungsdichte mit Hilfe von Stechzylindern sowie die Messung des Abscherwiderstands. Boniturmethode, denen nach aktuellem Forschungsstand wünschenswerte Gefügezustände 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 sollte in der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang zwischen biologisch bedingter oder verdichtungsbedingter Aggregatstabilität, der Bildung ackerbaulich wertvoller Aggregatformen (schwammartig, porös - Krümel) und dem Gefügezustand differenziert herausgearbeitet werden.

## 3. Zwei Versuchsansätze

Anhand zweier Versuchsansätze wurde 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 beinhaltete die Dokumentation der Gefügedynamik in einer typischen Fruchtfolge bei ökologischer Bewirtschaftung (Sommergerste, Grünbrache, Winterweizen; mit Zwischenfrüchten auf den Bodenzustand mit Hilfe der Gefügebönetur, der Bönetur der Aggregatmorphologie, dem Aggregatstabilitätstest und der Bodenfeuchte (Probenahmen im März, Mai, Juli und September).

Im zweiten Versuchsansatz wurde ein Vergleich der Auswirkungen von Grünbrache und Marktfrucht (Roggen) bei ökologischer Bewirtschaftung auf den Bodenzustand (Probenahme jeweils im Mai) mittels einer umfassend durchgeführten „Erweiterten Spatendiagnose“ und der zusätzlichen Bönetur 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.

## 4. Ergebnisse

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

### 4.1. Bodentiefe

Der Maßstab der Gefügebönetur ist für unterschiedliche Bodentiefen in der Bönetur unterschiedlich, das heißt, den bioökologischen Bodenhorizonten entsprechend gewählt. Die Ergebnisse der Gefügebönetur liefern eine direkte Bewertung des jeweiligen Bodenzustands (Noten 1-5) in Entfernung zum Optimalzustand (Note 5). Der bodenkundlich dokumentierte gute Gefügebönetur 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 Gefügebönetur dokumentiert. Diese wurden bei der Umstellung auf nicht wendende Grundbodenbearbeitung (hier zu zwei Dritteln der Versuchsfläche) schon häufig beobachtet.

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.

Lagerungsdichte und Abscherwiderstand bestätigen entsprechende bodenphysikalische Erfahrungen mit der Ackerkrume. Beide nehmen mit der Bodentiefe zu.

### 4.2. Ausgangssubstrat

Die Beeinflussung der Parameter durch die unterschiedlichen Ausgangssubstrate „Löß und Löß ü. Mergel“ und „Kalk- und Tonmergel“ zeigen eine Beeinflussung der Gefügebönetur in Richtung höherer Noten bei höherem Skelettanteil des Bodens (Kalk- und Tonmergel), was funktionsökologisch nachvollziehbar ist.

Die bekannte Erhöhung der Aggregatstabilität durch höhere Kalk- und Tongehalte wird bestätigt.

Der Krümelanteil wird von keinem der hier vorliegenden Ausgangssubstrate eindeutig nachweisbar beeinflusst.

Lagerungsdichte und Abscherwiderstand zeigen keine Unterschiede bei den Ausgangssubstraten.

### 4.3. Bodenfeuchte

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 Gefügebönetur 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 „Pseudokrümel“ (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 Jahresgängen einer dreijährigen Fruchtfolge beschrieben.

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.

Beim Parameter Wurzeldichte wird ein umgekehrt proportionales Verhältnis zur Bodenfeuchte bei gleichen Probenahmetermen beobachtet, was mit der Suche der Wurzeln nach Wasser im Boden erklärt wird (KÖNEKAMP/ZIMMER 1954).

#### 4.4 Auswirkungen der Grünbrache innerhalb der Fruchtfolge sowie im Vergleich zu Roggen

Die empfindliche Erfassung der Auswirkungen der Grünbrache innerhalb der Fruchtfolge und im Vergleich zu Roggen mit Hilfe der angewandten Parameter wird durch folgende Ergebnisse dokumentiert:

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

#### 4.5. Vergleich der Grundbodenbearbeitungsvarianten

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

#### 4.6. Aussagekraft der Methoden

Die Aussagekraft der im Vergleich zur Bonitur nach HAMPL/KUSSEL (1994) verbesserten Gefügebönotur wird durch die vorgelegten Ergebnisse in Übereinstimmung mit der Literatur bestätigt. Die Gefügebönotur zeigt, wie stark der Gefügezustand 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 Krumenhorizonte) und Zerfallsbonitur 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 Boniturschemas für die Verschlämmungsbonitur 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 Wurzelichte als „Bioindikator“ für den Gefügestand bleibt bei niedriger Stichprobenanzahl wage. Es wird daher empfohlen, im Falle geringer Stichprobenanzahl bei Durchführung der kompletten ESD die quantitative Methode der Wurzelzählung durch eine qualitative Wurzelbonitur zu ersetzen und im Falle von Teiluntersuchungen mit der ESD mit erhöhter Stichprobenanzahl auf die Wurzelzählung 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, 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 Gefügeböden und Aggregatstabilitätstest entwickelt und präsentiert, die aber bisher nicht getestet sind, hier besteht weiterhin Forschungsbedarf.

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 sogenannten Entwicklungsländern zu empfehlen.

## 5. Literatur

BESTE et al. (2001): Bodenschutz in der Landwirtschaft. Einfache Bodenbeurteilung für Praxis, Beratung und Forschung. Ökologische Konzepte 101, Stiftung Ökologie und Landbau, Bad Dürkheim

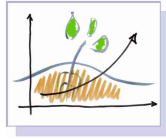
BESTE, A. (2002): Weiterentwicklung und Erprobung der Spatendiagnose als Feldmethode zur Bestimmung ökologisch wichtiger Gefügeeigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden. Dissertation Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung

GÖRBING, J.; SEKERA, F. (1947): Die Spatendiagnose - Ziel und Grundlage der zweckmäßigen Bodenbearbeitung. Hannover

HAMPL, U.; KUSSEL, N. (1994): Die Erweiterte Spatendiagnose. Unveröffentlicht

ISCO (Hg.) (1996): Conclusions and recommendations of ISCO'96. Bonn

**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](mailto:A.Beste@t-online.de)  
Website: [www.gesunde-erde.net](http://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