



## **DVWK-Merkblatt 234/1995 Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden**

**Teil 1:  
Mechanische Belastbarkeit**

ISBN 3--935067-80-1

Verantwortlicher Herausgeber:

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK), Glückstraße 2,  
D-53115 Bonn

bearbeitet vom DVWK-Fachausschuß „Standort und Boden“

### **Benutzerhinweis für die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“**

Die „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ sind das fachgerechte Ergebnis ehrenamtlicher technisch-wissenschaftlicher Gemeinschaftsarbeit und stehen jedermann zur Anwendung frei. Die in den Merkblättern veröffentlichten Empfehlungen stellen einen Maßstab für einwandfreies technisches Verhalten dar und sind somit eine wichtige Erkenntnisquelle für fachgerechtes Verhalten im Normalfall. Die Merkblätter können jedoch nicht alle Sonderfälle erfassen, in denen weitergehende oder einschränkende Maßnahmen geboten sein können. Durch das Anwenden der „DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft“ entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln. Jeder handelt insofern auf eigene Gefahr.

### **Vorwort**

Das vorliegende Merkblatt basiert auf Erfahrungen bei der Auswertung der bodenphysikalischen und bodenmechanischen Untersuchungen hinsichtlich der Schätzung der mechanischen Belastbarkeit von landwirtschaftlich genutzten Böden.

Im Vordergrund standen hierbei einerseits die zusätzliche Berücksichtigung der stabilisierenden Wirkung der Bodenstruktur und andererseits die Erkenntnisse über die Form und Auswirkung der mehrdimensionalen Druckfortpflanzung im Boden für die Belastbarkeit.

Die folgenden allgemeinen Arbeitsunterlagen

- Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte,

Teil I: Grundansprache der Böden, DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 115,

Teil II: Ermittlung von Standortkennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden, DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 116,

sowie die speziellen Publikationen zu diesem Thema:

1. AG Bodenkunde (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung, 3. Aufl., Hannover, (4. Auflage im Druck),
2. Hakansson, I., W.B. Voorhees, P. Elonen, G.S.V. Raghavan, B. Lowery, A.L.M. van Wijk, E. Rasmussen, H. Riley (1987): Effect of high axle load traffic on subsoil compaction and crop yield in humid regions with annual freezing. Soil and Tillage Res. 10, 259–268,
3. Hartge, K.-H. und R. Horn (1991): Einführung in die Bodenphysik, 2. Auflage, Enke-Verlag, Stuttgart,
4. Horn, R., Lebert, M., Burger, N. (1991): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort auf der Grundlage von Labor- und in situ-Messungen; Materialien Bd. 73, Bay. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1989, 28 Tab., 44 Abb.,
5. Graßhoff, K., Siedek, F. und Floß, L. (1979): Handbuch Erd- und Grundbau Teil II, Werner Verlag, Düsseldorf,

wurden für die Erarbeitung des Merkblattes verwendet.

Das hier vorgelegte Merkblatt ist der erste Teil des Merkblattes „Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden“. Im Teil II wird die „Abschätzung der von der Auflast abhängigen Veränderung von bodenphysikalischen Kennwerten“ dargestellt und im Teil III werden „Empfehlungen zur bodenschonenden mechanischen Belastung landwirtschaftlich genutzter Flächen“ gegeben.

An diesem Merkblatt haben mitgearbeitet:

BLUME, H.-P., Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel,

BOHNE, K.,	Fachgebiet für kulturtechnische Bodenkunde, Universität Rostock,
DÖRING, H.W.,	Technische Universität Berlin,
FLEIGE, H.,	Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover (Obmann des Ausschusses),
HORN, R.,	Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Universität Kiel,
KRAHMER, U.,	Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld,
ZAHN, M.T.,	Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München

Hannover, im Januar 1995    Heinrich Fleige

## 1 Einleitung

Unter dem Aspekt von Standortnutzung und Bodenschutz wird seit ca. 10 Jahren verstärkt über die durch intensive Bodenbearbeitung der landwirtschaftlichen Produktionsflächen zunehmend auftretenden Probleme der Bodengefügeveränderung und Bodenverdichtung diskutiert, wobei auch die Auswirkungen auf Bodenerosion und Grundwasserbelastung sowie Einflüsse atmosphärischer Einträge mit einbezogen werden. Bodengefügeschäden durch unsachgemäße Bearbeitung bzw. Befahren werden dabei durch steigende Gewichte und Leistungen der eingesetzten Geräte und Maschinen sowie häufigeres Befahren der landwirtschaftlichen Produktionsflächen auch zu Zeitpunkten zu geringer Tragfähigkeit hervorgerufen, selbst wenn durch größere und leistungsstärkere Maschinen die Effizienz erhöht und damit die Bearbeitungen auf Zeiträume mit größerer Belastbarkeit verschoben werden können.

Das vorliegende Merkblatt befaßt sich mit der Ermittlung der Fähigkeit von Böden, mechanische Belastungen zu kompensieren, die auf die ungesättigte Bodenoberfläche durch Bearbeiten, Befahren oder Betreten aufgebracht werden, ohne daß dabei der Boden bis in größere Tiefe zusätzlich irreversibel, d. h. bleibend, verformt wird. Es ist dabei zu berücksichtigen, daß sich mechanische Belastungen stets im Boden dreidimensional auch über eine größere Tiefe fortpflanzen.

Folgende Kennwerte werden daher aus einfachen Parametern abgeleitet:

1. Horizontspezifische Bodenfestigkeit anhand des Wertes der Vorbelastung (entspricht der Eigenfestigkeit des Bodenhorizontes),

2. Auflastabhängiger Wert des Konzentrationsfaktors zur Charakterisierung des Druckfortpflanzungsverhaltens und
3. Druckausbreitung im Boden zur Bewertung der Druckempfindlichkeit

Die im folgenden beschriebenen Methoden sind geeignet, die mechanische Belastbarkeit von Ackerflächen anhand von im Gelände ermittelten Kennwerten oder anhand von Labordaten vorherzusagen. Bei differenzierter Betrachtung z. B. der Bodenfestigkeit muß auf jeden Fall ein Kennwert mit der Dimension des Druckes als Quotient aus Kraft pro Fläche angewendet werden. Abstufungen, wie sie in der DIN 4220 zur Beurteilung der Belastbarkeit genannt werden, eignen sich nur für qualitative Aussagen. Bei der Beurteilung der mechanischen Belastbarkeit gilt es jedoch, die Berechnungsmethodik so einfach zu gestalten, daß sie ausschließlich mit den im Regelwerk des DVWK (Heft 115, 116 bzw. 129) und der AG Bodenkunde (4. Auflage, in Druck) beschriebenen Parametern abgeleitet werden kann. Die Bestimmungsschlüssel müssen dabei den multifaktoriellen Zusammenhängen gerecht werden, welche die Einbeziehung von mechanisch eindeutig definierten Werten erfordert. Nur auf diese Weise ist es möglich, in gewissem Umfang auf komplizierte und oft nur schwer durchzuführende Spezialuntersuchungen im Labor und im Feld zu verzichten.

Um eine auf die Fläche bezogene Aussage über die mechanische Belastbarkeit von Böden machen zu können, gilt es jedoch nicht nur, die Festigkeit eines einzelnen Bodenhorizontes zu quantifizieren, sondern auch die räumliche Ausbreitung von Drücken und ihre Tiefenwirkung im Boden zu bewerten. Intensität und Richtung der Druckfortpflanzung hängen dabei von bodeneigenen und externen Kenngrößen ab, die folglich boden- und belastungsspezifisch zu ermitteln sind. Die Beschreibung und Bewertung der Gesamtstabilität eines Bodens erfordert daher nicht nur die Kenntnis über einen einzelnen Bodenhorizont, sondern auch über den gesamten Bodenkörper, da der Horizont mit der geringsten Festigkeit über die Gesamtstabilität entscheidet. Die Stabilität ist abhängig von dem einwirkenden Druck aufgrund der möglicherweise sehr ausgeprägten auflastabhängigen Änderung der Porenverteilung und Wasserleitfähigkeit und entscheidet auch deutlich über die physikalischen und chemischen Kennwerte des Gesamtbodens als Pflanzenstandort sowie als Filter und Puffer.

Die Bestimmung der mechanischen Belastbarkeit kann dabei durch einachsiale oder triaxiale Druckversuche und durch Versuche mit behinderter Seitenausdehnung durchgeführt werden. Während bei dem einachsialen Druckversuch nur die vertikale Lastichtung definiert und die horizontalen Komponenten gleich Null sind, sind letztere in

dem Versuch bei behinderter Seitenausdehnung nicht definiert. In dem Triaxialversuch wiederum werden die Festigkeitskennwerte zwar definiert, aber sehr zeitaufwendig ermittelt. Daher wird in der bodenmechanischen Literatur vorrangig der Verdichtungsversuch unter behinderter Seitenausdehnung (d. h. in Stechzylindern) für die allgemeine Festigkeitsanalyse eingesetzt und als geeignet eingestuft.

Bei ebenen Flächen kann das im folgenden beschriebene Verfahren zur Bestimmung der mechanischen Belastbarkeit und der Druckfortpflanzung eingesetzt werden

- zur Ableitung der maximal tolerierbaren Auflast, die in Böden noch keine irreversiblen Verformungen hervorruft,
- bei der Quantifizierung des Struktureinflusses auf die Festigkeit in bezug auf den bodenabhängigen Ausgangswert,
- zur Abschätzung der Veränderung von physikalischen Kennwerten (Porengrößenverteilung, Wasserleitfähigkeit, Luftleitfähigkeit, Eindringwiderstand) als Folge der Überschreitung der mechanischen Belastbarkeit,
- zur Abschätzung von Sauerstoffmangel, Stickoxidemissionsgefährdung und Erosionsgefährdung von Böden in Hanglagen,
- zur Ableitung von Bearbeitungsstrategien und
- als Entscheidungshilfe für die Konstruktion landtechnischer Geräte.

Eine flächenbezogene Darstellung kann unter Verwendung von Bodenkarten erfolgen. Die mit diesem Verfahren abgeleiteten Kennwerte dienen der Quantifizierung des Ist-Zustandes. Unter Vernachlässigung des Struktureffektes lassen sich auch die Stabilitätskennwerte für den theoretisch möglichen lockersten Ausgangszustand bestimmen.

Das nachfolgend dargestellte Verfahren läßt jedoch keine direkten Ableitungen auf die Ursachen eines in der Vergangenheit entstandenen Belastungszustandes zu.

## 2 Theoretische Grundlagen

Böden als Dreiphasensysteme zeigen bei mechanischer Belastung im Sinne einer Zusammendrückung grundsätzlich zwei verschiedene Verformungsreaktionen: die *reversible* und die *irreversible* Verformung.

Im Auflastbereich, in dem reversible Verformungen auftreten, verhält sich der Boden vollständig elastisch und geht nach Ende der Belastung wieder in den Ursprungszustand über. Man nennt diesen Auflastbereich auch *Wiederverdichtungsbereich*. Bei der irreversiblen Verformung tritt hingegen vorrangig eine plastische Verformung auf, so daß die Setzung,