

Bewertung ökologischer Betriebssysteme

Bodenfruchtbarkeit, Stoffkreisläufe,
Biodiversität

KTBL Schrift 458



Bundesanstalt für
Landwirtschaft und Ernährung

TUM TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

Projektbetreuung

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen
Lehrstuhl für ökologischen Landbau
Alte Akademie 12 | 85350 Freising

Dipl.-Ing. Helmut Döhler
Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V.
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt

In Zusammenarbeit mit der KTBL-Arbeitsgemeinschaft „Ökologischer Landbau“

Die Autoren sind für den Inhalt ihrer Beiträge selbst verantwortlich.

© 2007

Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. (KTBL)
Bartningstraße 49 | 64289 Darmstadt
Telefon: (06151) 7001-0 | Fax: (06151) 7001-123
E-Mail: ktbl@ktbl.de | www.ktbl.de

Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung von Texten und Bildern, auch auszugsweise, ist ohne Zustimmung des KTBL urheberrechtswidrig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgegeben mit Förderung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) | Bonn im Rahmen des Bundesprogramms „Ökologischer Landbau“

Redaktion

Dr. Ulrike Klöble, Monika Pikart-Müller | KTBL

Titelfoto

© www.oekolandbau.de/Copyright BLE 2002–2005/Thomas Stephan

Vertrieb

KTBL | Darmstadt

Druck

Druckerei Lokay e. K. | Reinheim

Printed in Germany

ISBN 978-3-939371-34-2

Vorwort

Ein Leitbild des ökologischen Landbaus ist der weitgehend geschlossene Stoffkreislauf in einem vielseitig strukturierten Betriebssystem. Aufgrund der Prinzipien des ökologischen Landbaus, Fruchtbarkeit und Produktivität aus der Gestaltung des Betriebssystems zu erzeugen und Selbstregulationsprozesse zu nutzen, ist für einen dauerhaften Erfolg die Optimierung des Systems als Ganzes notwendig. Dies setzt grundlegende Analysen der ökologischen Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten innerhalb des Systems voraus. Vorhandene Methoden zur Analyse und zur Bewertung von Betriebssystemen wurden überwiegend für den konventionellen Landbau entwickelt und nur teilweise an die Bedingungen des ökologischen Landbaus adaptiert.

Dieser Tagungsband gibt die Beiträge des Fachgesprächs am 14. und 15.04.2005 in Freising wieder. Ziel des Fachgesprächs war es, den Entwicklungsstand von Instrumenten zur ökologischen Analyse und zur Bewertung von Produktions- und Betriebssystemen darzustellen und deren Eignung für den ökologischen Landbau einzuschätzen. Der Schwerpunkt der Diskussion lag auf den Themen Bodenfruchtbarkeit, Stoffkreisläufen und Biodiversität.

Allen, die mit ihren Beiträgen am Erfolg des Fachgesprächs und an der Erstellung der Schrift beteiligt waren, sei hiermit herzlich gedankt. Mein besonderer Dank gilt dem Lehrstuhl für ökologischen Landbau der Technischen Universität München für die Ausrichtung des Fachgesprächs sowie dem Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, das dieses Fachgespräch im Rahmen des Bundesprogramms „Ökologischer Landbau“ gefördert hat.

KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN
IN DER LANDWIRTSCHAFT E. V. (KTBL)

Dr. Karl Kempkens
Vorsitzender der KTBL-Arbeitsgemeinschaft
Ökologischer Landbau

Anschriften der Autorinnen und Autoren

Dr. Johann Bachinger
Zentrum für Agrarlandschaft- und
Landnutzungsforschung e. V.
Institut für Landnutzungssysteme und
Landschaftsökologie
Eberswalderstr. 84
15374 Müncheberg

Dr. Dorothee Braband
Scheuenbergstr. 2
75173 Pforzheim

Prof. Dr. Gerhard Breitschuh
Thüringer Landesanstalt für
Landwirtschaft
Naumburger Str. 98
07743 Jena

Christopher Brock
Professur für Organischen Landbau
Justig-Liebig-Universität Giessen
Karl-Glöckner-Str. 21c
35394 Giessen

Prof. Dr. Olaf Christen
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Institut für Acker- und Pflanzenbau
Ludwig-Wucherer-Str. 2
06108 Halle (Saale)

Dr. Hans Eckert
Landesanstalt für Landwirtschaft
Naumburger Str. 98
07743 Jena

Dr. Hauke Heuwinkel
Technische Universität München
Lehrstuhl für Pflanzenernährung
Am Hochanger 2
85350 Freising

Dr. Wolfgang Heyer
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Institut für Acker- und Pflanzenbau
Ludwig-Wucherer-Str. 2
06099 Halle (Saale)

Dr. Bodo Hofmann
Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg
Institut für Acker- und Pflanzenbau
Landwirtschaftliche Fakultät
Ludwig-Wucherer-Str. 2
06108 Halle (Saale)

Ute Hoyer
Technische Universität München
Lehrstuhl für ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising

Prof. Dr. Kurt-Jürgen Hülsbergen
Technische Universität München
Lehrstuhl für ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising

Dr. Maximilian Kainz
Technische Universität München
Lehrstuhl für ökologischen Landbau
Alte Akademie 12
85350 Freising

Björn Küstermann
Technische Universität München
Lehrstuhl für ökologischen Landbau
Alte Akademie 16
85354 Freising

Stefan Lange
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung
Geschäftsstelle Bundesprogramm Ökologischer Landbau in der BLE
Projekträger Agrarforschung
Deichmanns Aue 29
53179 Bonn

Prof. Dr. Günter Leithold
Justus-Liebig-Universität Giessen
Professur für Organischen Landbau
Karl-Glöckner-Str. 21C
35394 Giessen

Dr. Ralf Loges
Christian-Albrecht-Universität Kiel
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Hermann-Rodewald-Str. 9
24118 Kiel

Jan Rücknagel
Dienstleistungszentrum ländlicher Raum
Rhein Hessen-Nahe-Hunsrück (DLR)
Rüdesheimer Str. 60-68
55545 Bad Kreuznach

Dr. Karin Stein-Bachinger
Zentrum für Agrarlandschaft- und
Landnutzungsforschung e. V.
Institut für Landnutzungssysteme und
Landschaftsökologie
Eberswalderstr. 84
15374 Müncheberg

Wijnand Sukkel
Wageningen UR
Praktijkonderzoek Pland &
Omgeving Akkerbouw
Groene ruimte en Vollegrondsgroenten
Edelhertweg 1
NL-8219 PH Lelystad

Prof. Dr. Friedhelm Taube
Christian-Albrecht-Universität Kiel
Institut für Pflanzenbau und
Pflanzenzüchtung
Hermann-Rodewald-Str. 9
24118 Kiel

Dr. Thomas van Elsen
Universität – Gesamthochschule Kassel
FB 11 Ökologische Agrarwissenschaften
Nordbahnhofstr. 1 a
37213 Witzenhausen

Dr. Wolfgang Zehlius-Eckert
Technische Universität München
Lehrstuhl für Landschaftsökologie
Am Hochanger 6
85350 Freising

Inhalt

Einleitung KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN.....	9
---	---

Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit

Ist die Allgemeine Bodenabtragsgleichung geeignet, den Bodenabtrag in ökologischen Landbausystemen zu beschreiben? MAXIMILIAN KAINZ.....	13
Anpassung der Humusbilanzierung an die Bedingungen des ökologischen Landbaus GÜNTER LEITHOLD, CHRISTOPHER BROCK, UTA HOYER, KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN.....	24
Konzept zur Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung JAN RÜCKNAGEL, BODO HOFMANN, OLAF CHRISTEN	51

Stoffhaushalt

Stickstoffbilanz: Datengrundlagen und Bilanzierungsansätze für Betriebe des ökologischen Landbaus KARIN STEIN-BACHINGER, JOHANN BACHINGER.....	62
Symbiotische N ₂ -Fixierung im ökologischen Landbau: Ansätze zur Verbesserung der Schätzwerte HAUKE HEUWINKEL.....	70
Stickstoffflüsse im ökologischen Futterbaubetrieb RALF LOGES, FRIEDHELM TAUBE.....	84

Biodiversität

Floristische Diversität – ein Erfahrungsansatz für Ackerflächen im ökologischen Landbau DOROTHEE BRABAND, THOMAS VAN ELSSEN.....	95
Analyse- und Bewertungsansatz für die biologische Vielfalt auf der Ebene des Landwirtschaftsbetriebes WOLFGANG HEYER, OLAF CHRISTEN.....	109
Biodiversität auf Landschaftsebene – Analyse- und Bewertungsansätze für den ökologischen Landbau WOLFGANG ZEHLIUS-ECKERT	139

Gesamtbewertung von Betriebssystemen

Organic agriculture and changing roles in research and extension WIJNAND SUKKEl.....	160
Das KUL-Verfahren: Möglichkeiten der Anwendung in Betrieben des ökologischen Landbaus GERHARD BREITSCHUH, HANS ECKERT.....	167
Das Modell REPRO – Möglichkeiten der Anwendung in Betrieben des ökologischen Landbaus KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN, BJÖRN KÜSTERMANN.....	184

Schlussbetrachtung

Systembewertung – nur ein Modewort oder praktische Notwendigkeit? STEFAN LANGE.....	207
KTBL-Veröffentlichungen zum Themenbereich.....	213

Einleitung**KURT-JÜRGEN HÜLSBERGEN**

Der vorliegende Tagungsband hat zum Ziel, einen Überblick zum Entwicklungsstand von Methoden der Analyse und Bewertung von Betriebssystemen zu geben. Der Schwerpunkt wird auf den Bereich Boden und Pflanze gelegt; Aspekte der Tierhaltung werden in einem weiteren Fachgespräch behandelt. Die Beiträge sollen nicht nur Wissenschaftler ansprechen, sondern können auch interessierten Landwirten und Beratern Anregungen geben.

Ausgangspunkt des Fachgespräches waren folgende Überlegungen: Für die Weiterentwicklung des ökologischen Landbaus ist es wichtig, nicht nur einzelne Produktionsverfahren zu optimieren. Der landwirtschaftliche Betrieb als Ganzes mit den vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen den Betriebszweigen, den biologischen und technischen Prozessen, den steuernden Eingriffen des Menschen muss mehr zum Gegenstand der Forschung und der Betriebsberatung werden.

Die Betrachtung des Betriebes als System ist nicht neu, sondern in den Ideen und Prinzipien des ökologischen Landbaus fest verankert. Hierfür stehen beispielsweise der Begriff des „landwirtschaftlichen Betriebsorganismus“ und das Leitbild des weitgehend geschlossenen Stoffkreislaufes in einem vielseitig strukturierten Betriebssystem. Inzwischen haben sich viele Ökobetriebe von diesem Leitbild entfernt: Die Spezialisierung greift weiter um sich. Vielfach wird die Tierhaltung aufgegeben. Es entstehen Marktfruchtbetriebe, neuerdings auch intensive Biogasbetriebe. Die strukturellen Veränderungen haben vielfältige Konsequenzen für die Fruchtfolgen, die Nährstoffkreisläufe, die Humusversorgung der Böden, und damit letztlich auch für die Ertragspotenziale, die Produktqualitäten sowie die Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung. Die komplexen Wirkungen sind nur langfristig und gesamtbetrieblich unter Berücksichtigung der jeweiligen Standortbedingungen zu beurteilen.

Wir müssen uns fragen, ob wir geeignete Methoden und Instrumente besitzen, um diese Effekte auf Betriebsebene sicher beurteilen zu können. Sind wir in der Lage, Schwachstellen im Betriebssystem zu erkennen bzw. bei einer Betriebsumstellung die Wirkungen auf Böden, Pflanzen und Umwelt zu prognostizieren? Welche Ansätze sind derzeit verfügbar? Werden sie den Anforderungen der Praxis und Beratung gerecht? Sind sie ausreichend an die Situation des ökologischen Landbaus angepasst?

Das Fachgespräch und so auch der Tagungsband gliedern sich in die Themenkomplexe Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz, Stoffhaushalt, Biodiversität und Gesamtbewertung von Betriebssystemen.

Konzept zur Analyse und Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung

JAN RÜCKNAGEL, BODO HOFMANN, OLAF CHRISTEN

1 Einleitung

Mit größer werdenden Ackerbaubetrieben und der zunehmenden Bedeutung des überbetrieblichen Maschineneinsatzes steigen in der pflanzlichen Produktion die Anforderungen an die Zugkräfte der Maschinen. Größere Zugkräfte und Bunkerkapazitäten der Erntemaschinen führen jedoch in der Regel zu höheren Radlasten. Damit steigt das Risiko der Entstehung von Schadverdichtungen. Das gilt insbesondere beim Befahren der landwirtschaftlichen Produktionsflächen zu Zeiten geringer Tragfähigkeit.

Die Folgen schädlicher Bodenverdichtungen sind vielfältig und beeinträchtigen alle wesentlichen ökologischen Bodenfunktionen. So werden die Luftkapazität und der Gasaustausch im Profil vermindert und eine verringerte Infiltrationsleistung infolge plattiger und kompakter Gefüge führen zu einer Zunahme von Oberflächenabfluss und Wassererosion (BALL und ROBERTSON 1994; HORN et al. 1995; HORN und ROSTEK 2000). Sowohl aus landwirtschaftlicher als auch ökologischer Sicht ist bedeutsam, dass bei starker Bodenverdichtung deutliche Ertragseinbußen möglich sind (HERBST und HOFMANN 2005; VOORHEES 2000). Das Ertragspotenzial wird nur unzureichend ausgenutzt und die Effizienz der eingesetzten Betriebsmittel vermindert sich. Besonders problematisch sind diese Gefahren vor dem Hintergrund, dass Verdichtungen über einen langen Zeitraum Bestand haben und so langfristige Einschränkungen auftreten können (ALAKUKKU 1996).

Schadverdichtungen müssen vorbeugend vermieden werden, da eine gezielte Melioration aufwändig, kostenintensiv und oft von geringer Nachhaltigkeit ist. Es ist relativ einfach, prinzipielle Empfehlungen zur Verringerung des Risikos zu geben. Eine exakte quantitative Abschätzung der spezifischen Boden- und Witterungsverhältnisse und der Produktionsbedingungen ist jedoch außerordentlich schwierig, da eine große Anzahl von Einflussgrößen in komplexen Interaktionen wirken. Deshalb sind mathematisch-empirische Modelle ein Weg situationsbezogene Analysen vorzunehmen, um anschließend konkrete Handlungsempfehlungen zu erarbeiten. Mit solchen Modellansätzen können aufwändige Messungen eingeschränkt, das zu erwartende Verhalten des Bodens simuliert und aus den erkannten Risiken komplexe Maßnahmen zur langfristigen Vermeidung von technogenen Bodenschäden abgeleitet werden.

2 Struktur des Moduls

Das Modul „Verdichtungsgefährdung“ ermöglicht eine spezielle Analyse und Bewertung des Schadverdichtungsrisikos innerhalb des Betriebsbilanzierungsmodells REPRO (siehe Beitrag Hülsbergen in diesem Band). Es enthält die vier Grundkomponenten

- Bodenwassergehalt,
- Gefügestabilität,
- Bodendruck sowie
- Auswertung und Bewertung.

In den Stammdaten sind Datenbanken zum Bodenwassergehalt verschiedener Messstationen, Standortgrundwerte der Gefügestabilität und Reifenparameter enthalten, so dass sich eine erste Abschätzung des Schadverdichtungsrisikos bereits mit wenigen Eingabeparametern durchführen lässt.

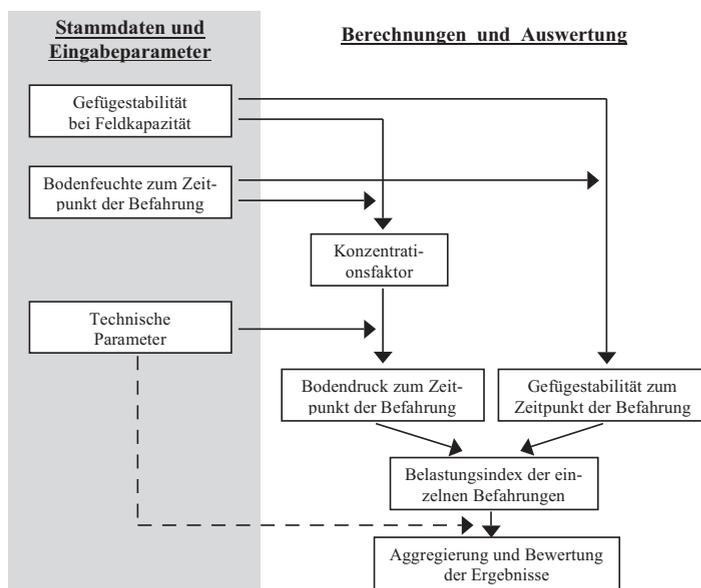


Abb. 1: Konzeption des Moduls zur Bewertung der Schadverdichtungsgefährdung im Modell REPRO

2.1 Bodenwassergehalt

Der Bodenwassergehalt zum Zeitpunkt der Befahrung beeinflusst maßgeblich die Gefügestabilität und Druckausbreitung. Er unterliegt einem Jahresgang, der prinzipiell durch abnehmende Wassergehalte mit Beginn der Vegetation im Frühjahr, einem Minimum in den Sommermonaten und der Wiederauffüllung der Wassergehalte im Herbst charakterisiert ist. Die Ausprägung dieses Jahresverlaufs ist von der Lage des Standortes, der tat-

sächlichen Witterung und dem Vegetationsverlauf im einzelnen Jahr, den physikalischen Bodeneigenschaften und der angebauten Kulturart abhängig. Zur Berücksichtigung des Bodenwassergehaltes im Rahmen der Abschätzung der Verdichtungsgefährdung wurde im Modell REPRO eine Datenbank integriert. Diese enthält langjährige Mittelwerte und aktuelle Bodenwassergehalte auf Tagesbasis für verschiedene Klimastationen, zwei Bodentiefen (20 und 35 cm) und drei Fruchtartengruppen. In der ersten Gruppe sind alle Getreidearten, Körnerleguminosen sowie einjährige Begrünungen von Stilllegungen und Futterpflanzen zusammengefasst. Die zweite Gruppe enthält die im Frühjahr ausgesäten oder gepflanzten Hack- und Blattfrüchte mit einem Wachstumsverlauf bis in den Herbst. Alle mehrjährigen Stilllegungs begrünungen und Futterpflanzen sowie die Grünlandvarianten sind in der letzten Gruppe vereinigt.

Im Rahmen der bisherigen Nutzung des Moduls wurde auf simulierte Bodenwassergehalte des Deutschen Wetterdienstes zurückgegriffen. Diese stehen in Deutschland flächendeckend für bis zu 180 Klimastationen zur Verfügung. Die Berechnung erfolgt mit dem Wasserbilanzmodell AMBAV (BRADEN 1992) auf Tagesbasis für eine Tiefe von 60 cm. Als Standortdaten werden die physikalischen Bodenbedingungen am Ort der Klimastation genutzt.

2.2 Abschätzung der Gefügestabilität

Zum Schutz des Bodengefüges werden unterschiedliche Belastbarkeitsgrenzen genutzt. Im krumennahen Unterboden (35 cm Tiefe) gewährleistet die Einhaltung der Vorbelaugungswerte, dass das bestehende Bodengefüge in seinem Porenvolumen und seiner Geometrie weitgehend unbeeinflusst bleibt. Gefügeschäden sind in dieser Bodenschicht durch mechanischen Bodeneingriff und pflanzenbauliche Maßnahmen praktisch nur schwer zu regenerieren.

Die Belastbarkeit der unteren Ackerkrume (20 cm Tiefe) orientiert sich dagegen an der Erhaltung eines Mindestgefügezustandes. Diese Belastbarkeitswerte sind, unabhängig von der vorhandenen Vorbelastung, insbesondere für die zunehmende Umstellung auf nicht wendende und tiefenreduzierte Bodenbearbeitung von Bedeutung und sollen die langfristige Erhaltung wichtiger Bodeneigenschaften und der Ertragsfunktion sichern.

Vorbelastung und Belastbarkeit der unteren Ackerkrume werden nach einem neu entwickelten Verfahren (RÜCKNAGEL et al 2005) aus der Trockenrohdichte und Aggregatdichte bei einer Wasserspannung von -6 kPa für die Schläge des Betriebes ermittelt:

$$\log \sigma_p = -3,15 \cdot \text{ARD}/\text{TRD} + 0,60 \cdot \text{TRD} + 4,49 \quad [1]$$

$\log \sigma_p$ Logarithmus der Vorbelastung

ARD Aggregatdichte [g/cm³]

Zur Berechnung der Belastbarkeit in der Unterkrume wird anstatt der tatsächlichen Dichte ein experimentell begründeter Richtwert der Lagerungsdichte verwandt. Dieser wurde für die im Modell hinterlegten Standardwerte anhand von Regressionen aus einer Luftkapazität von 8 Vol. % und einer gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf-Wert) von zehn cm/d ermittelt. Diese Standardschätzwerte können genutzt werden, wenn keine Messdaten für Trockenrohichte und Aggregatdichte vorliegen. Sie sind an die Hauptbodenarten nach der Bodenschätzung geknüpft und werden nach konventioneller und konservierender Bodenbearbeitung untergliedert. Liegen dem Modellnutzer gemessene oder kartierte Gefügestabilitätswerte vor, so können auch diese im Modul verwandt werden.

Zur Bewertung von Befahrungen im Jahresablauf ist es notwendig die Vorbelastung sowie Belastbarkeit für trockenere Bedingungen zu kennen. Anhand der Arbeiten von ARVIDSON (2001), ARVIDSON et al. (2003), BERLI et al. (2003), BRADFORD u. GUPTA (1986), KELLER et al. (2004) und LEBERT (1989), in welchen die Vorbelastung auch bei größeren Wasserspannungen ermittelt wurde, ist ein Regressionsmodell zur stufenlosen Berechnung eines Korrekturfaktors zur Vorbelastung des Unterbodens und der Belastbarkeit der Ackerkrume entwickelt worden. Dieser Korrekturfaktor wird aus der Höhe der Vorbelastung und dem Wassergehalt zum Zeitpunkt der Befahrung berechnet.

$$k_{GS} = 2,8335 + (-0,9271 \cdot \log \sigma_p) + (-0,0279 \cdot FK) + (1,67 \cdot 10^{-7} \cdot FK^2) + (0,00906 \cdot \log \sigma_p \cdot FK) \quad [2]$$

k_{GS} Korrekturfaktor zum Logarithmus der Vorbelastung
 $\log \sigma_p$ Logarithmus der Vorbelastung
 FK Wassergehalt in % der Feldkapazität

2.3 Berechnung des Bodendrucks

Für die Berechnung des Bodendrucks (1. Hauptspannung) aus Radlast und dem doppelten Reifeninnendruck wird die Formel von Koolen et al. (1992) genutzt.

$$\sigma_1 = 2p_i \cdot 100 \cdot (1 - \cos^k (\arctan ((1/z) \cdot (m_R/\pi 2p_i)^{1/2}))) \quad [3]$$

σ_1 1. Hauptspannung [kPa]
 p_i Reifeninnendruck [bar]
 k Konzentrationsfaktor
 m_R Radlast [kg]
 z Bodentiefe [cm]

Eine Überprüfung verschiedener Berechnungsansätze an 117 einzelnen Bodendruckmessungen u. a. von ARVIDSON et al. (2000), GYSI et al. (1999), HAMMEL (1994), HORN et al. (2003), KELLER et al. (2004), TRAUTNER u. ARVIDSON (2003) sowie WEISSKOPF et al. (2000) hatte die be-

ste Reproduzierbarkeit der gemessenen Bodendrücke mit dieser Formel ergeben. Analog der Abschätzung der Gefügestabilität erfolgt die Berechnung für die untere Ackerkrume (20 cm) und den krumennahen Unterboden (35 cm).

Zur Ableitung des Konzentrationsfaktors wurde aus den o. g. Arbeiten ein einfaches lineares Regressionsmodell entwickelt. In diesem wird berücksichtigt, dass der Konzentrationsfaktor mit zunehmender Vorbelastung sowie mit sinkendem Wassergehalt abnimmt:

$$k_{20 \text{ cm}} = -2,0 \cdot \log \sigma_{p 20 \text{ cm}} + 0,03 \cdot FK_{20 \text{ cm}} - 3,2 \quad [4]$$

$k_{20 \text{ cm}}$ Konzentrationsfaktor für die Bodentiefe 20 cm
 $\log \sigma_{p 20 \text{ cm}}$ Logarithmus der Vorbelastung in 20 cm Bodentiefe
 $FK_{20 \text{ cm}}$ Wassergehalt in % der Feldkapazität in 20 cm Bodentiefe

Zur Ermittlung des Konzentrationsfaktors in 35 cm Tiefe erfolgt zusätzlich die Berücksichtigung der Vorbelastung und des Bodenwassergehaltes der darüber liegenden Bodenschicht (20 cm):

$$k_{35 \text{ cm}} = -2,0 \cdot (\log \sigma_{p 20 \text{ cm}} + \log \sigma_{p 35 \text{ cm}}) / 2 + 0,03 \cdot (FK_{20 \text{ cm}} + FK_{35 \text{ cm}}) / 2 - 3,2 \quad [5]$$

$k_{35 \text{ cm}}$ Konzentrationsfaktor für die Bodentiefe 35 cm
 $\log \sigma_{p 35 \text{ cm}}$ Logarithmus der Vorbelastung in 35 cm Bodentiefe
 $FK_{35 \text{ cm}}$ Wassergehalt in % der Feldkapazität in 35 cm Bodentiefe

2.4 Auswertung und Bewertung

Als erster Auswertungsschritt wird für jede einzelne Überfahrt in den Bodentiefen 20 und 35 cm die Differenz zwischen dem berechneten Bodendruck und der Gefügestabilität gebildet. Dazu wird auch der Bodendruck in logarithmischer Form verwandt.

$$BI_{\text{Ein}} = \log \sigma_1 - \log \sigma_p \quad [6]$$

BI_{Ein} Belastungsindex der Einzelüberfahrt
 $\log \sigma_1$ Logarithmus der ersten Hauptspannung
 $\log \sigma_p$ Logarithmus der Vorbelastung bzw. Belastbarkeit

Diese Differenz ermöglicht als dimensionsloser Belastungsindex der Einzelbefahrung eine Einschätzung der Belastbarkeit. Werte größer als 0 weisen auf einen höheren Bodendruck als die Bodenstabilität hin. Negative Werte, bei welchen der Bodendruck die Bodenstabilität nicht überschreitet, werden für die weiteren Auswertungsschritte gleich 0 gesetzt.