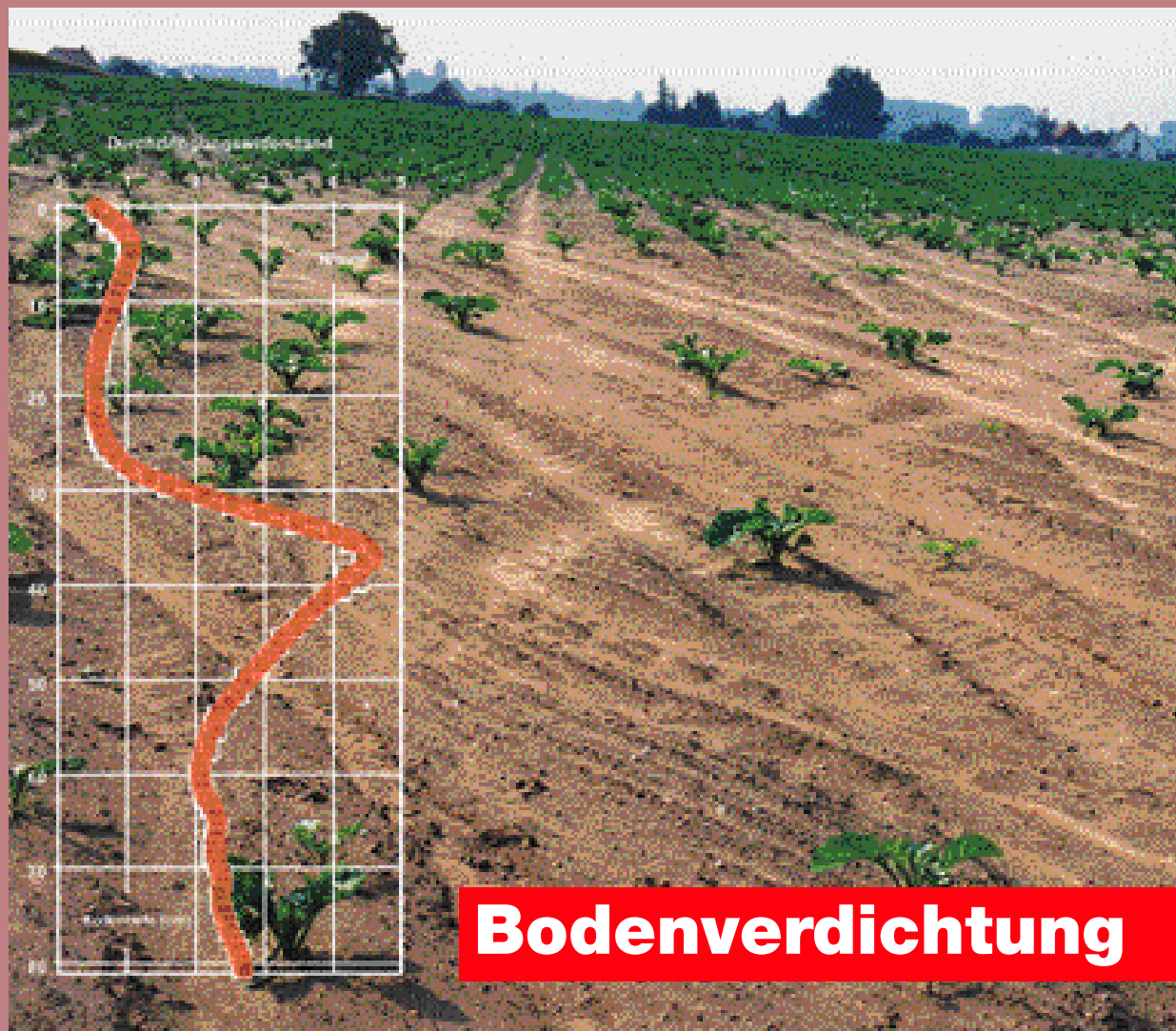


Beiträge zum Bodenschutz

in Mecklenburg-Vorpommern



Bodenverdichtung



MECKLENBURG-VORPOMMERN

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie



MECKLENBURG-VORPOMMERN

Herausgeber:

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern

Bearbeitung:

Autorenkollektiv des ZALF unter Leitung von:

Prof. Dr. Monika Frielinghaus

Dr. Heinz Petelkau

Dipl. Landw. Klaus Seidel

Dipl. agr. ing. Barbara Winnige

Dipl. agr. ing. Lidia Völker

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern

Dr. Wilfried Neubauer

Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern

Dez. 720 Bodengeologie, Dipl. Ing. Frank Idler

Verantwortliche Einrichtungen:

Landesamt für Umwelt, Naturschutz
und Geologie

Mecklenburg-Vorpommern

Geologischer Dienst

Goldberger Str. 12

18273 Güstrow

Tel.: (03843) 777-0

Fax: (03843) 777 106

e-mail: poststelle@lung.mv-regierung.de

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Mecklenburg-Vorpommern

Dorfplatz 1

18273 Gülzow

Tel.: (03843) 789201

Fax: (03843) 789111

e-mail: lfa-mv@t-online.de

Zentrum für Agrarlandschafts- und
Landnutzungsforschung (ZALF) e.V.

Institut für Bodenlandschaftsforschung

Eberswalder Str. 84

15374 Müncheberg

Tel.: (033432) 82 282

Fax: (033432) 82 212

e-mail: frielinghaus@zalf.de



Diese Broschüre wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Umweltministeriums und des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen. Mißbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, daß dies als Parteinahme des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden kann. Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist.

Beiträge zum Bodenschutz

in Mecklenburg-Vorpommern

Bodenverdichtung

INHALTSVERZEICHNIS

	Vorwort	5
1	Warum muss der Schutz des Bodens dauerhaft garantiert werden?	7
1.1	Funktionen der Böden in Landschaften	7
1.2	Ziele des Bodenschutzes	8
1.3	Was steht im Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) und in der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV)	9
1.4	Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern und die agrarpolitischen Rahmenbedingungen	10
1.5	Zusammenfassender Ausblick	11
2	Definition und Bedeutung der Bodenschadverdichtung landwirtschaftlich genutzter Böden	12
2.1	Was ist Bodenverdichtung?	12
2.2	Was ist Bodenschadverdichtung?	13
2.3	Wie können Schadverdichtungen in Böden erkannt werden?	14
2.4	Welche Indikationsmethode kann vorgeschlagen werden?	16
3	Welche Faktoren führen zu Bodenschadverdichtungen und wie verändern sich wichtige Bodenparameter?	18
4	Schritte zur Ermittlung der potentiellen und tatsächlichen Schadverdichtungsgefährdung der Böden Mecklenburg-Vorpommerns	24
5	Bewertung der Belastbarkeit der Böden	25
5.1	Bestimmung der potentiellen Schadverdichtungsgefährdungsklassen für Mecklenburg-Vorpommern	25
5.2	Präzisierte Beurteilung der Verdichtungsgefährdung einzelner Ackerschläge eines Betriebes	28
6	Bewertung der Bewirtschaftungssysteme, der Anbaufolgen und der Technik	30
6.1	Beispiel Zuckerrübenanbau	31
6.2	Beispiel Getreideanbau	35
6.3	Beispiel Kartoffelanbau	39
7	Sanierung von Schadverdichtungen in Krumbasis und Unterboden	42
8	Zusätzliche Möglichkeiten zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen	43
8.1	Senkung des Reifeninnendruckes	43
8.2	Erhöhung der Auflageflächen	43
8.3	Verminderung der Radlasten und Überrollungen	43
8.4	Schlageinteilung und Verfahrensgestaltung zur Vermeidung von Last- und Leerfahrten	43
8.5	Grundsätzliche Hinweise	44
8.6	Empfehlungen entsprechend „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“	44
9	Literatur	45

VORWORT

Die vorliegende Broschüre „Bodenverdichtung“ ist als Anleitung zum Handeln gedacht. Vorsorgender Bodenschutz ist stets mittelfristig zu planen und zu realisieren. So stellt auch diese Broschüre in erster Linie einen Beitrag zur Planung des Bodenschutzes dar.

Das Manuskript der Broschüre wurde Landwirten aus Mecklenburg-Vorpommern zur Stellungnahme vorgelegt, nachdem eine Einführung in einem Beratungsgespräch erfolgt war. In deren Stellungnahmen wird betont, dass mit dieser Broschüre ein informatives und mittelfristig umsetzbares Konzept zur umfassenden Vermeidung von Schadverdichtungen erarbeitet wurde.

Kurzfristig sollten alle vorhandenen Möglichkeiten ausgeschöpft werden, die ohne Investitionen realisierbar sind.

Im Spannungsfeld zwischen Ökologie und Ökonomie sind Reduzierung der Befahrung durch Kombination von Arbeitsgängen, Vermeidung des Befahrens bei hoher Bodenfeuchte, konservierende Bodenbearbeitung und wechselnde Pflugtiefen bei konventioneller Bodenbearbeitung, bekannte und bewährte Möglichkeiten standortangepaßter Bewirtschaftungsweisen.

Mit der Broschüre ist beabsichtigt, den Bodennutzern eine Anleitung zur Einschätzung der Schadverdichtungsgefährdung der bewirtschafteten

Flächen in die Hand zu geben. Dabei steht der Zusammenhang zwischen den natürlichen Standortbedingungen, der Nutzung der Fläche sowie der eingesetzten Technik im Vordergrund. Die vorliegende Broschüre gibt Ratschläge und Hinweise auf dem Weg zu einer durchgängigen, bodenschonenden und nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion. Damit soll ein Beitrag zur Guten fachlichen Praxis in der landwirtschaftlichen Bodennutzung geleistet werden.

1 WARUM MUSS DER SCHUTZ DES BODENS DAUERHAFT GARANTIERT WERDEN?

1.1 Funktionen der Böden in Landschaften

Der Boden ist ein Naturkörper, gegliedert in verschiedene Schichten. Je nach Wirkung der Faktoren der Bodenbildung, wie Art des Ausgangsgesteins, Klima, Geländeform, Art und Ausmaß der menschlichen Einwirkungen, sind unterschiedliche Böden entstanden. Sowohl die besseren als auch die nicht so hoch bewerteten Böden haben wichtige Funktionen zu erfüllen:

- **Produktionsfunktion:** Böden bilden mit ihrer stets erneuerbaren Fähigkeit zur Biomasseproduktion in Land- und Forstwirtschaft und im Gartenbau die Lebensgrundlage der Menschen und sind Rohstofflieferant.

- **Lebensraumfunktion:** Böden sind Lebensgrundlage und Lebensraum für den Menschen und für Flora und Fauna in ihrer genetischen Vielfalt, insbesondere für eine spezifische Bodenflora und -fauna.



Abb. 1.1: Wintergetreidebestand



Abb. 1.2: Regenwürmer als Indikator für Lebensraumfunktion



- **Regelungsfunktion:** Böden regeln die abiotische und biotische Stoffumwandlung, insbesondere den mikrobiellen Abbau organischer Stoffe einschließlich des Abbaus von Schadstoffen, die physikalische und chemische Pufferung und Filtration sowie die Grundwasserneubildung in Landschaften.



Abb. 1.3: Die Erfüllung von Bodenfunktionen ist die Basis multifunktionaler Landschaften

- **Trägerfunktion:** Böden bilden Räume und Strukturen für Wirtschaft, Verkehr, Siedlung, Ver- und Entsorgung, Freizeit und Erholung. Sie sind Senken für Emissionen und Abfälle.



Abb. 1.4: Siedlungsraum

- **Archivfunktion:** Böden sind als spezifische Lebensräume die Grundlage menschlicher Geschichte und Kultur, aber auch durch ihre Speicherfunktion eine Art Geschichtsbuch, an dem sich viele historische Vorgänge ablesen lassen.



Abb. 1.5: Warmzeitliches Torfvorkommen als Naturdenkmal in der Kiesgrube Neubrandenburg-Hinterste Mühle (Entstanden vor der letzten Eiszeit)

1.2 Ziele des Bodenschutzes

Im Mittelpunkt des Bodenschutzes steht der Erhalt der verschiedenen Bodenfunktionen. Der Boden ist eine begrenzte, nicht vermehrbare Ressource. Um so wichtiger ist es, durch sorgsamem Umgang mit der vorhandenen Ressource eine nachhaltige Nutzungsmöglichkeit zu gewährleisten.

Vorsorge = Nachhaltigkeit

ÖKOLOGISCH	→	Erhaltung der Umwelt
ÖKONOMISCH	→	Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
SOZIAL	→	Erhaltung der Lebensgrundlage

Zur Zeit beträgt der reale Bodenverbrauch in der BRD ca. 130 ha pro Tag. In Mecklenburg-Vorpommern beläuft sich der Rückgang der landwirtschaftlichen Fläche durch Flächeninanspruchnahme für Maßnahmen der Infrastruktur, Produktions- und Gewerbeflächen, Siedlungsstrukturen, Wege- und Straßenbau auf 8,6 ha pro Tag. Weiterhin gehen in Mecklenburg-Vorpommern jährlich große Bodenmengen durch Wasser-

und Winderosion unwiederbringlich verloren (Abb. 1.6 und 1.7). Auch wenn das Ausmaß von Bodenverbrauch und Bodenverlagerung im Vergleich zur Gesamtfläche nur einen geringen Teil einnimmt, bedeuten die Flächen einen quantitativen, nicht ausgleichenden Verlust für nachfolgende Generationen. Besonders wichtig ist daher, dass zu dem quantitativen Bodenverlust nicht noch eine Verschlechterung der Qualität des Bodens hinzu kommt.

Um den Boden nachhaltig zu schützen, wurde 1998 das **Bundes-Bodenschutzgesetz** verabschiedet. Es dient der nachhaltigen Sicherung und Wiederherstellung der natürlichen Funktionen des Bodens. In dem Gesetz ist die Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen und die Abwehr von Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen rechtlich geregelt.

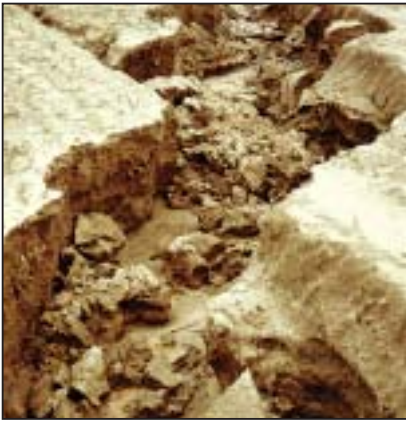


Abb. 1.6: Bodenabtrag durch Wassererosion



Abb. 1.7: Winderosionsablagerungen am und im Gewässer

1.3 Was steht im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) und in der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)?

Mit dem Inkrafttreten des Bundesbodenschutzgesetzes (BBodSchG) 1998 und der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) 1999 sind verbindliche Forderungen für einen umfassenden stofflichen und nichtstofflichen Bodenschutz zu erfüllen.

Im Sinne des Gesetzes sind als **Bodenschutzziele** definiert:

- die Erhaltung (Verbesserung) der natürlichen und Nutzungsfunktionen der Böden,
- die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit geschädigter Böden,
- die Begrenzung von bereits eingetretenen Bodenschäden.

§ 4 BBodSchG enthält die **Pflichten zur Gefahrenabwehr**: Jedermann darf keine schädlichen Bodenveränderungen hervorrufen (Vermeidungspflicht). Grundstückseigentümer und -nutzer müssen Maßnahmen zur Abwehr schädlicher Bodenveränderungen ergreifen (Abwehripflicht). Verursacher sind verpflichtet Boden und Altlasten zu sanieren (Sanierungspflicht).

§ 8 BBodSchG ermächtigt zum **Erllass von Werten und Anforderungen** zur Erfüllung boden- und altlastenbezogener Pflichten, die sich aus §4 ergeben. Das sind Prüf- und Maßnahmewerte sowie Anforderungen an Abwehr und Sanierung, Vorsorgewerte und Untersuchungsverfahren.

§ 7 BBodSchG regelt die **Vorsorgepflicht**. Grundstückseigentümer und

-nutzer müssen Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen treffen. **Die Vorsorgepflicht wird für die land- und forstwirtschaftliche Bodennutzung in §17 Abs. 1 und 2 konkretisiert.**

Im BBodSchG bestimmt § 17 Abs. 1 Satz 1, dass bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung die **Vorsorgepflicht nach § 7 BBodSchG durch die gute fachliche Praxis** erfüllt wird. Die Grundsätze der guten fachlichen Praxis definiert §17 Abs. 2 näher. Die gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung dient der nachhaltigen Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürliche Ressource.

Die „gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“ definiert im wesentlichen die Vorsorge hinsichtlich der physikalischen Beschaffenheit des Bodens.

§ 17 BBodSchG Abs. 2 - Gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft

- (1) Bei der landwirtschaftlichen Bodennutzung wird die Vorsorgepflicht nach § 7 durch die gute fachliche Praxis erfüllt. Die nach Landesrecht zuständigen landwirtschaftlichen Beratungsstellen sollen bei ihrer Beratungstätigkeit die Grundsätze der guten fachlichen Praxis nach Absatz 2 vermitteln.
- (2) Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung sind die nachhaltige Sicherung der Bodenfruchtbarkeit und Leistungsfähigkeit des Bodens als natürlicher Ressource. Zu den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis gehört insbesondere, dass....

1. die Bodenbearbeitung unter Berücksichtigung der Witterung grundsätzlich standortangepasst zu erfolgen hat,
2. die Bodenstruktur erhalten oder verbessert wird,
3. **Bodenverdichtungen**, insbesondere durch Berücksichtigung der Bodenart, Bodenfeuchtigkeit und des von den zur landwirtschaftlichen Bodennutzung eingesetzten Geräten verursachten Bodendrucks, soweit wie möglich vermieden werden,
4. Bodenabträge durch eine standortangepasste Nutzung, insbesondere durch Berücksichtigung der Hangneigung, der Wasser- und Windverhältnisse sowie der Bodenbedeckung möglichst vermieden werden,
5. die naturbetonten Strukturelemente der Feldflur, insbesondere Hecken, Feldgehölze, Feldraine und Ackerterrassen, die zum Schutz des Bodens notwendig sind, erhalten werden,

6. die biologische Aktivität des Bodens durch entsprechende Fruchtfolgegestaltung erhalten oder gefördert werden und
7. der standorttypische Humusgehalt des Bodens, insbesondere durch eine ausreichende Zufuhr an organischer Substanz oder durch Reduzierung der Bearbeitungsintensität, erhalten wird.

Die nach Landesrecht zuständigen landwirtschaftlichen Beratungsstellen sind laut § 17 BBodSchG beauftragt, den Landwirten entsprechende Hilfe und Unterstützung zu bieten und die Grundsätze der guten fachlichen Praxis zu vermitteln. Dabei sollen auch die Risiken einer unangepassten Landnutzung für den Boden, für seine Funktionen sowie für die Umwelt verdeutlicht werden. Handlungsempfehlungen auf Grundlage der guten fachlichen Praxis sollen helfen, schädliche Bodenveränderungen zu verhindern.

1.4 Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern und die agrarpolitischen Rahmenbedingungen

Vor dem Hintergrund des Bundesbodenschutzgesetzes wird für Mecklenburg-Vorpommern durch das dafür zuständige Umweltministerium ein **Bodenschutzprogramm** erarbeitet. Es ist ein umweltpolitisches Instrument zum nachhaltigen Schutz des Bodens. Der vorliegende **Bodenbericht** des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie M-V (2002) stellt die vorhandenen Kenntnisse über den Zustand der Böden dar und ist Grundlage für das Bodenschutzprogramm.

Die Agrarpolitik des Landes widmet dem vorsorgenden Bodenschutz durch gezielte Maßnahmen eine umfassende Bedeutung. Zur Erhaltung einer nachhaltig gestalteten und wettbewerbs-

fähigen Landwirtschaft bildet das **„Agrarkonzept 2000“** als Leitlinie der Agrarpolitik in Mecklenburg-Vorpommern eine wichtige Grundlage für die Gestaltung der regionalen Rahmenbedingungen der Agrarproduktion. Das Ziel ist eine flächendeckende umweltverträgliche und nachhaltige Bewirtschaftung des Bodens.

Die Allianz „Umwelt und Landwirtschaft“ zwischen Umweltministerium, Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei und dem Berufsstand beinhaltet den „Schutz des Bodens und Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit auf hohem Niveau“ als eine Hauptaufgabe und wesentliches Handlungsfeld.

Die vorliegende Broschüre bezieht sich insbesondere auf die Vorsorge zur Vermeidung von **Boden(schad)verdichtungen** - §17 BBodSchG Abs.2 Nr. 3. In Mecklenburg-Vorpommern ist durch die naturräumliche Ausstattung (Bodenarten) die Gefahr von Boden(schad)verdichtungen durch mechanische Belastung vorhanden. In den meisten Fällen kann der Pflicht zur Vorsorge unter den hiesigen Witterungs- und Standortbedingungen mit geeigneten, dem Risiko angepassten Maßnahmen erfolgreich entsprochen und Bodenschutz betrieben werden. Auf Bundesebene ist der rechtliche Rahmen für den Bodenschutz durch das BBodSchG und die BBodSchV gegeben.

Es liegt in der Verantwortung der Länder, weitere Regelungen auf Landesebene zur Ausführung und Ergänzung des Bundesgesetzes vorzunehmen.

Zuständige Behörde für die Bodenschutzgesetzgebung und die Umsetzung in Mecklenburg-Vorpommern ist das Umweltministerium und seine nachgeordneten Einrichtungen. Nach der Verordnung über die Zuständigkeit der Abfall- und Bodenschutzbehörden (Abfall- und Bodenschutz-Zuständigkeitsverordnung-AbfBodSchZV) vom Februar 1999 sind für den Bodenschutz verantwortlich:

- das Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) und
- die Staatlichen Ämter für Umwelt und Natur (StÄUN).

Für die Umsetzung des § 17 BBodSchG im landwirtschaftlichen Bereich werden durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern die rechtlichen Rahmenbedingungen geschaffen. Zuständige Fachbehörden sind dabei die:

- Ämter für Landwirtschaft (ÄfL) und für die landwirtschaftliche Beratung:
- Landwirtschaftsberatung Mecklenburg-Vorpommern / Schleswig-Holstein GmbH (LMS) mit der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt, Rostock (LUFÄ).

Zielgruppen für die Beratung sind vor allem Landwirte, landwirtschaftliche Berater und Ämter für Landwirtschaft. Die Beratungstätigkeit richtet sich verstärkt auf die Aspekte:

- Erhalt der Bodenfunktionen,
- Vermittlung der Vorsorge,
- Gefahrenabwehr und
- Schadenssanierung.

Grundlage der landwirtschaftlichen Beratung im vorsorgenden Bodenschutz sind die Grundsätze der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung.

Folgende Unterlagen stehen ergänzend zu diesem Informationsheft zur Verfügung:

- Bodenerosion - Beiträge zum Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern. LUNG (1999, Neuauflage 2002)
- Bund-Länder-Papier: „Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion“. BMVEL (2001)
- Broschüre „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“. BMELF (1999)
- Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern – Phase 1 des Bodenschutzprogramms. LUNG (2002)
- Broschüre „Böden in Mecklenburg-Vorpommern“. LUNG und LFA (in Bearbeitung)

Die Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) aus dem Umweltbereich ist mit der Umsetzung des Bundes-Bodenschutzgesetzes in die Praxis befasst.

Eine ständige Arbeitsgruppe von Bodenspezialisten der Länder, angegliedert an den Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) arbeitet intensiv an Umsetzungsempfehlungen des § 17 BBodSchG.

In Mecklenburg-Vorpommern stehen ergänzend zu den oben genannten, folgende Institutionen bzw. Einrichtungen zur fachlichen Beratung zur Verfügung:

- Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA),
- Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V),
- Arbeitsgruppe Boden und Bodenschutz des Arbeitskreises Pflanzliche Produktion des Rates für Agrarwissenschaften Mecklenburg-Vorpommern (RAW) sowie die
- Projektgruppe „Bodenschutzprogramm M-V“ des Umweltministeriums und der Arbeitskreis „Boden“ des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern (LUNG M-V).

1.5 Zusammenfassender Ausblick

• **Bodenschadverdichtung gehört zu den Risiken der agrarischen Produktion**, da die Flächen bei der Bewirtschaftung befahren werden müssen. Viele Böden des Landes Mecklenburg-Vorpommern bestehen aus Bodenarten, die als verdichtungsgefährdet gelten. Doch ist das Risiko durch standortangepasste Vorsorge zu beherrschen und zu vermindern. Nicht jede Bodenverdichtung ist eine Schadverdichtung, daher ist eine möglichst genaue Bewertung der tatsächlichen Risiken notwendig. Für Mecklenburg-Vor-

pommern liegt diese Bewertung vor – siehe Karte der potentiellen Schadverdichtungsgefährdung Abb. 5.2.

• **Schutz vor Bodenschadverdichtung erfolgt mittels Vorsorgemaßnahmen.** Nur in Ausnahmefällen dürften bei Einhaltung der guten fachlichen Praxis Schäden entstehen, die weitere Maßnahmen zur Gefahrenabwehr notwendig werden lassen. Ein Konzept zur mittel- und langfristigen Vorsorge wird für die Landwirtschaftsbetriebe Mecklenburg-Vorpommerns empfohlen.

• **Eine qualifizierte Beratung der Landnutzer** sowie der mit dem Vollzug des Bodenschutzes betrauten Einrichtungen ist unerlässlich. Das trifft besonders für den vorsorgenden Bodenschutz zu. Dazu werden speziell auf dem Gebiet des Boden- und Umweltschutzes ausgebildete Berater benötigt, die einen wesentlichen Beitrag zur Akzeptanzsteigerung leisten werden. Die Wissenschaft ist verpflichtet, entsprechend aufbereitetes Material bereitzustellen.

2 DEFINITION UND BEDEUTUNG DER BODENSCHAD- VERDICHTUNG LANDWIRTSCHAFTLICH GENUTZTER BÖDEN

Ein „idealer“ Boden hat eine ausgeglichene Zusammensetzung aus Mineralstoffen, Wasser, Luft und organischem Material (Abb. 2.1). Die räumliche Anordnung der festen mineralischen und organischen Bestandteile des Bodens mit den dazwischenliegenden Hohlräumen wird als **Bodengefüge** bezeichnet. Die Art und Ausprägung des Bodengefüges bestimmt Menge und Form der Hohlräume für Bodenluft, Bodenwasser, Bodenleben und damit die Eignung des Bodens als Pflanzenstandort. Jeder Boden hat in Abhängigkeit von seiner Zusammensetzung und vom aktuellen Wassergehalt ein charakteristisches Gefüge. Demzufolge variiert auch das Hohlraumssystem sehr stark. Tonböden mit ausgeprägtem Quellungs- und Schrumpfungsverhalten

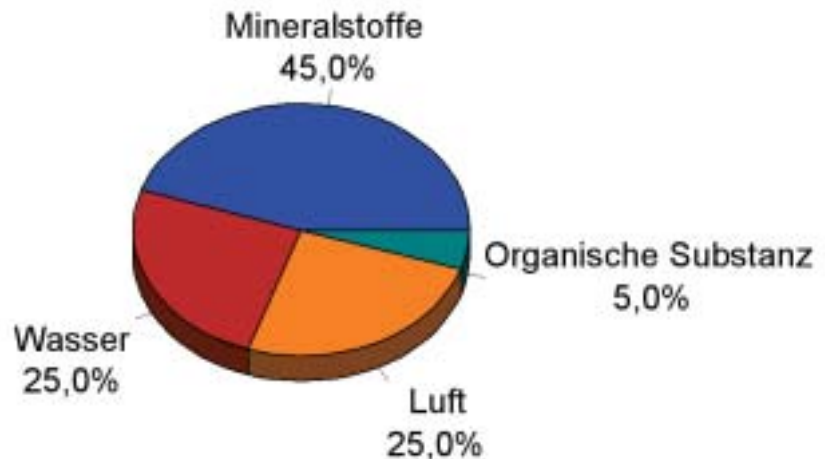


Abb. 2.1: Durchschnittliche Zusammensetzung eines „idealen“ Bodens

bilden ein ganz anderes Gefüge als z. B. tonarme Sandböden aus. Das Bodengefüge unterliegt im Laufe des Jahres Veränderungen. Das hängt

von der Bodentemperatur, dem Bodenwassergehalt, der biologischen Aktivität und den mechanischen Eingriffen infolge der Bodenbearbeitung ab.

2.1 Was ist Bodenverdichtung?

Bodenverdichtung ist eine **Gefügeveränderung**. Sie äußert sich in einer funktionalen Änderung des Poren- oder Hohlraumsystems. Nicht jede Abnahme des Porenvolumens kann schon als Schadverdichtung bezeichnet werden, denn die Böden neigen bereits wegen ihres Eigengewichtes und der Gravitation zur Verdichtung. Die Verdichtung ist in bestimmten Grenzen tolerabel, zum Teil ist eine Rückverfestigung sogar erwünscht, wie z. B. zur Herstellung

eines abgesetzten Saatbettes mit Bodenschluss. Beim Verdichtungsverfahren nimmt der Festsubstanzanteil am Bodenvolumen relativ zu, weil sich das Porenvolumen verringert. Das in den Bodenporen befindliche Wasser fördert diesen Vorgang, weil es als Gleitfilm für die Partikelbewegung wirkt.

Feuchte Böden sind deshalb wesentlich verdichtungsempfindlicher als trockene Böden.

Wird der Boden allerdings über seine Eigenstabilität hinaus belastet, so gibt das Bodengefüge dem Druck nach. Bodenpartikel und Bodenaggregate werden soweit zusammengeschoben bis ein Ausgleich mit dem einwirkenden Druck hergestellt ist. Das kann zum Beispiel geschehen, wenn Ackerböden beim Befahren mit Landmaschinen zu stark belastet werden oder wenn der Bodenwassergehalt sehr hoch ist.

2.2 Was ist Bodenschadverdichtung?

Ob Böden normal verdichtet oder schadverdichtet sind, kann nur in Zusammenhang mit ihren Funktionen beurteilt werden.

Böden sind aus ökologischer Sicht als schadverdichtet anzusehen, wenn infolge technogener Überlastung das Porensystem im Boden soweit reduziert ist, dass die Produktions-, Regelungs- und Lebensraumfunktionen zeitweilig oder dauerhaft beeinträchtigt werden. Das bedeutet für einen Pflanzenbestand eine Verschlechterung der Versorgung mit Luft und Wasser und führt zu einer dauerhaften Beeinträchtigung der Ertragsfähigkeit und Ertragssicherheit. Die Infiltration von Niederschlagswasser in den Boden und die Wasserspeicherung sind gestört. Außerdem verschlechtern sich die Lebensbedingungen für Bodentiere und Mikroorganismen drastisch.

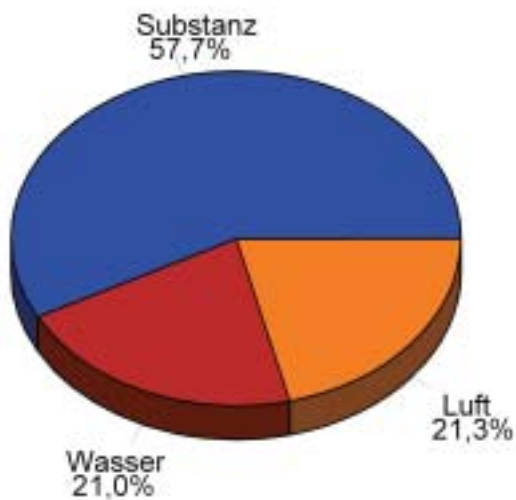


Abb. 2.2: Porenraumverteilung im gesunden Boden
(Trockenrohichte 1,51 g/cm³)

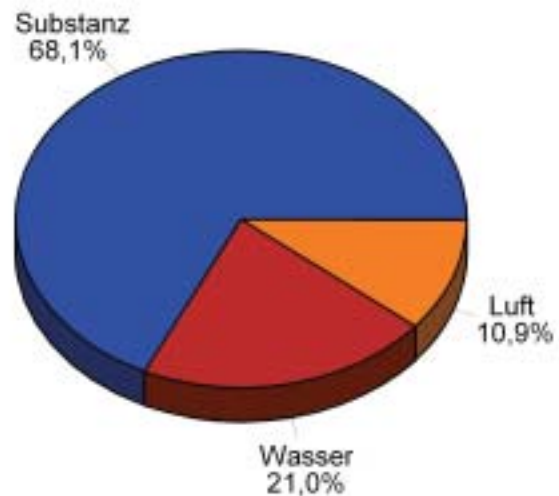


Abb. 2.3: Porenraumverteilung im schadverdichteten Boden
(Trockenrohichte 1,71 g/cm³)

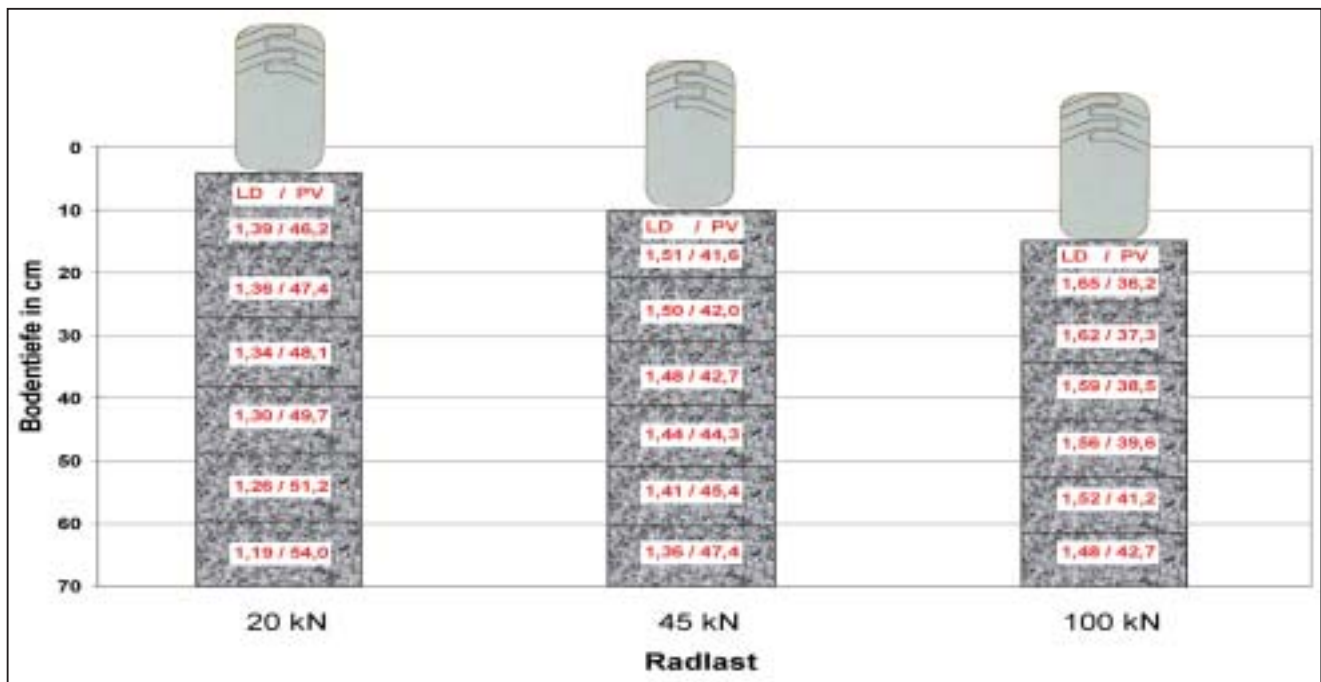


Abb. 2.4: Veränderung der Lagerungsdichte (LD in g/cm³) sowie des Porenvolumens (PV in %) in den Bodenhorizonten eines Beispielsbodens
(Ls₄; 20 % Ton; 25 % Schluff, 70 % Sand, 1,52 % organische Bodensubstanz)

2.3 Wie können Schadverdichtungen in Böden erkannt werden?

Der beste **Indikator** für den Gefügestand der Böden sind die **Pflanzenbestände** auf den Ackerflächen. Vergilbte und ungenügend entwickelte Pflanzen auf Schlagteilen, oder ungleichmäßig entwickelte Pflanzenbestände auf einer Fläche können auf sogenannte Strukturschäden in Krume oder Unterboden hindeuten. Oftmals kann man die Schadverdichtungen in Fahrspuren (Abb. 2.5) oder auf lange vernässten Teilflächen direkt erkennen (Abb. 2.6). Mittels einer speziellen **Drucksonde** oder eines Spatens kann man Beeinträchtigungen des Wurzelwachstums (Abb. 2.7) durch Schadverdichtungen und die Tiefe und Ausprägung von verdichteten Horizonten im Bodenprofil gut erkennen.

Etwas mehr Erfahrung verlangt das Erkennen von folgenden Merkmalen der Schadverdichtung:

- Das Gefüge ist kompakt, porenarm und bricht scharfkantig.
- Das durch Pflanzenwurzeln und Regenwürmer erzeugte Leitbahnsystem im Boden ist zerstört (Abb. 2.9 und 2.10).
- Die Durchwurzelung ist in Tiefe und Menge deutlich reduziert (Abb. 2.8).



Abb. 2.5: Wasser in Fahrspuren



Abb. 2.6: Vernässungen als Hinweis auf Schadverdichtungen



Abb. 2.7: Wurzeldeformationen infolge von Schadverdichtungen

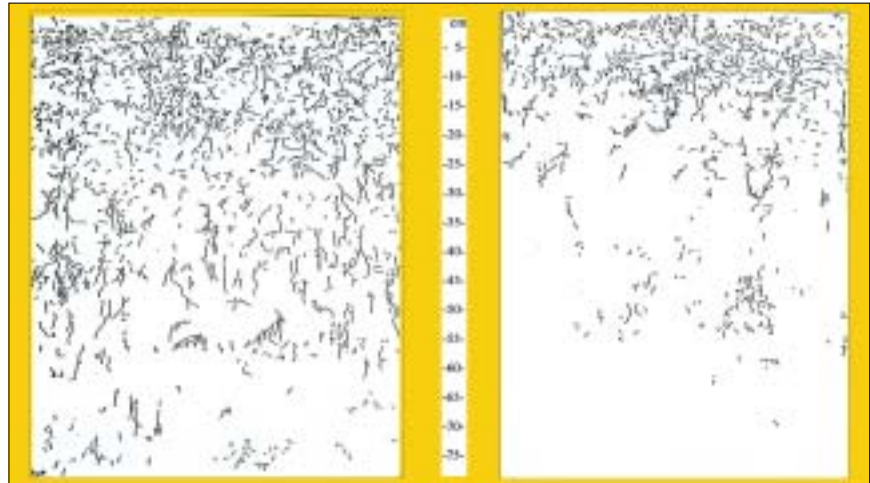


Abb. 2.8: Gute Durchwurzelung in lockerem Boden (links) im Vergleich zu gestörter Durchwurzelung in verdichtetem Boden (rechts)

Mit in der Wissenschaft verfügbaren Methoden kann man erkennen, dass in verdichteten Böden die Anzahl durchgängiger Poren reduziert oder die Durchgängigkeit unterbrochen ist (Abb. 2.9).

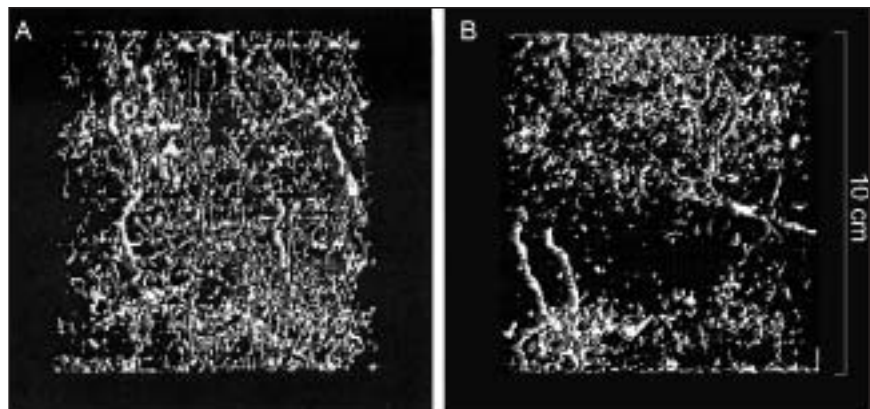


Abb. 2.9: Porenraumverteilung in normal verdichteten (A) und schadverdichteten Böden (B) am Beispiel einer Parabraunerde (Ackerkrume) (ROGASIK, 1996)

Mit Hilfe von Dünnschliffen kann man Verdichtungen an der Krumbasis sichtbar machen und gewinnt einen Eindruck, wie z. B. die Wasserinfiltration und das Wurzelwachstum abrupt unterbrochen werden (Abb. 2.10).

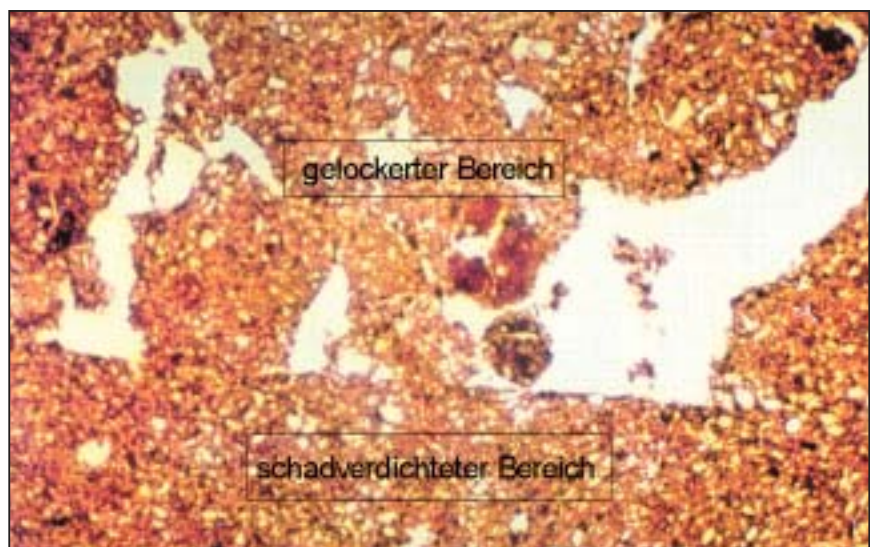


Abb. 2.10: Dünnschliff mit deutlichem Hinweis auf Krumbasisverdichtungen

2.4 Welche Indikationsmethode kann nun vorgeschlagen werden?

Es gibt verschiedene Erkennungs- und Vorsorgekonzepte und damit verschiedene Indikationsmethoden. Um Schadverdichtungen nachweisen zu können, wird der **Indikator Pflanzenentwicklung** als am sichersten angesehen, weil Pflanzenwurzeln auf alle Bodenveränderungen sensibel reagieren. Pflanzen entwickeln sich am besten, wenn sie eine intakte Bodenstruktur (Bodenlagerungszustand) vorfinden.

Aus langjährigen Versuchen wurde eine enge **Korrelation zwischen Pflanzenentwicklung und Lagerungsdichte** ermittelt (Abb. 2.11). In vorliegendem Indikationskonzept wird der optimale Lagerungsdichtebereich bearbeiteter Bodenkrumen definiert als der Lagerungsdichtewert (g/cm^3) $\pm 0,05 \text{ g}/\text{cm}^2$ (Abb. 2.11), bei dem keine Ertragseinbußen auftreten. Dieser Bereich ist für jeden Standort verschieden und abhängig von der vorherrschenden Bodenart und dem Bodenaufbau.

Sicherlich kann durch die Lagerungsdichte keine komplexe Charakterisierung des Gefügestandes gegeben werden. Dieser Parameter ist in der Praxis durch einfache Methoden, wie Penetrometermessungen (s. Abb. 5.7) bestimmbar. In Bezug zur Pflanzenentwicklung ist die Lagerungsdichte signifikant abgesichert.

Es ist für die Praxis nachvollziehbar, den Verdichtungszustand der Böden sowie Begrenzungen der mechanischen Bodenbelastung (Richtwerte für den zulässigen Bodendruck von Maschinen, Geräten und Transportmitteln) vor allem aus pflanzenökologisch definierten und verdichtungsbedingten Ertragsausfällen herzuleiten. So können ökologische Schadverdichtungsstufen und -bereiche definiert werden (Abb. 2.12).

Steigt die Lagerungsdichte über den substratspezifischen optimalen Bereich hinaus an, fallen die Erträge der Kulturarten durch eine unzureichende Pflanzenernährung immer

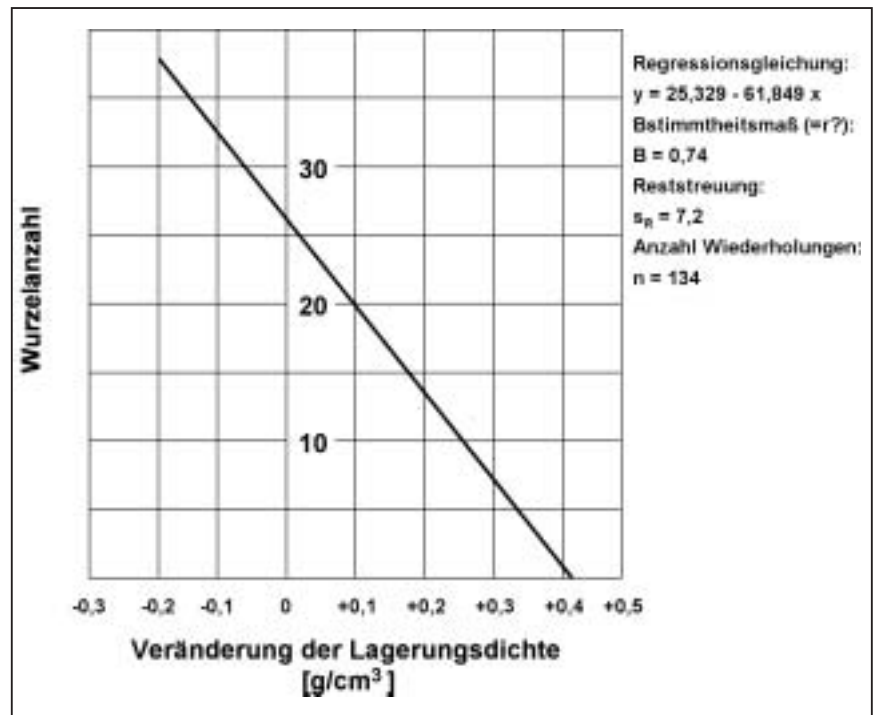


Abb. 2.11: Korrelation zwischen Wurzelnanzahl und Lagerungsdichte (Verallgemeinerung aus 134 Versuchen mit verschiedenen Böden)

stärker ab, z.B. durch verminderte Wurzelbildung. Daraus ist abzuleiten, dass eine pflanzenökologisch wirksame und nachweisbare Schadverdichtung verschiedener Stärke zu diesem Ertragsabfall führt.

Die vorgenommene Unterteilung in die **Schadverdichtungsbereiche** wird aus der Ertragskurve abgeleitet:

- 2 bis 5 % Ertragsabfall: mäßig schadverdichtet (SVB 1, grün)
- 5 bis 10 % Ertragsabfall: erheblich schadverdichtet (SVB 2, blau)
- über 10 % Ertragsabfall: stark schadverdichtet (SVB 3, rot)

Definition der Schadverdichtungsgebiete (SVB):

Optimalbereich: Pflanzenernährung und Bodenfunktionen verlaufen optimal.

SVB 1 beginnt an der oberen Grenze des optimalen Lagerungsdichtebereiches.

SVB 1 bedeutet, dass es zu mäßigen Pflanzenwurzelbeeinträchtigungen kommen kann.

SVB 2 beginnt bei Schadverdichtungen, die um $0,05 \text{ g}/\text{cm}^2$ oberhalb des optimalen Lagerungsdichtebereiches liegen.

SVB 2 bedeutet, dass ein Bereich beginnt, bei dem durch erhebliche Schadverdichtungen die Pflanzenentwicklung und indirekt die Bodenfunktionen beeinträchtigt sind.

SVB 3 beginnt bei Schadverdichtungen, die um $0,10 \text{ g}/\text{cm}^2$ oberhalb des optimalen Lagerungsdichtebereiches liegen.

SVB 3 bedeutet, dass die Pflanzenentwicklung und indirekt die Bodenfunktionen stark bis sehr stark beeinträchtigt sind.

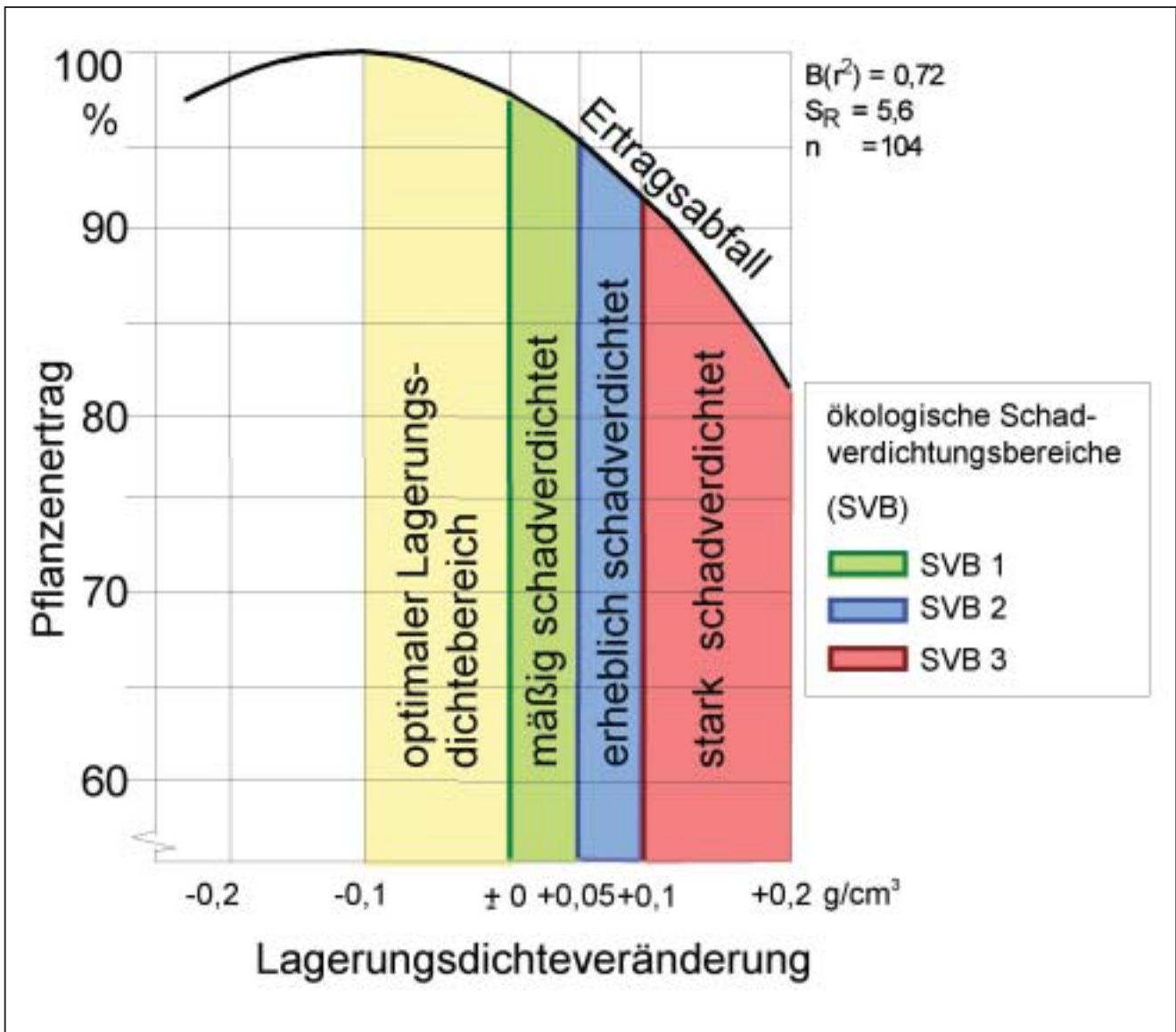


Abb. 2.12: Pflanzenabhängige ökologische Schadverdichtungsbereiche (abgeleitet aus der Beziehung zwischen Lagerungsdichteveränderung und Pflanzenertragsabfall, basierend auf 104 Ertragsermittlungen auf verschiedenen Standorten bei gleichzeitiger Lagerungsdichtebestimmung)

Die hier vorgestellte Einteilung in Schadverdichtungsbereiche erlaubt es, die Verdichtbarkeit verschiedener Bodenarten (Sand, Lehm) zu bewerten und sogenannte **Schadverdichtungsgefährdungsklassen** (SVGK) vorzuschlagen (Kapitel 5, Seite 25).

3 WELCHE FAKTOREN FÜHREN ZU BODENSCHADVERDICHTUNGEN UND WIE VERÄNDERN SICH WICHTIGE BODENPARAMETER?

Auf Ackerflächen können Schadverdichtungen in Krume und Unterboden durch **technogene Bodenbelastungen** entstehen. Die notwendige Entwicklung von leistungsstarken Acker-schleppern, Erntemaschinen und Transportfahrzeugen wird vielfach mit höheren Radlasten erkaufte. Das kann teilweise auf land- und forstwirtschaftlichen Flächen zu einer über die Verträglichkeit hinausgehenden Belastung führen. In deren Ergebnis treten Bodenschadverdichtungen verschiedener Ausprägungsgrade auf. Damit sind in der Regel Einschränkungen der Bodenfunktionen verbunden. Welche Kräfte bewirken die Zunahme der Lagerungsdichte?

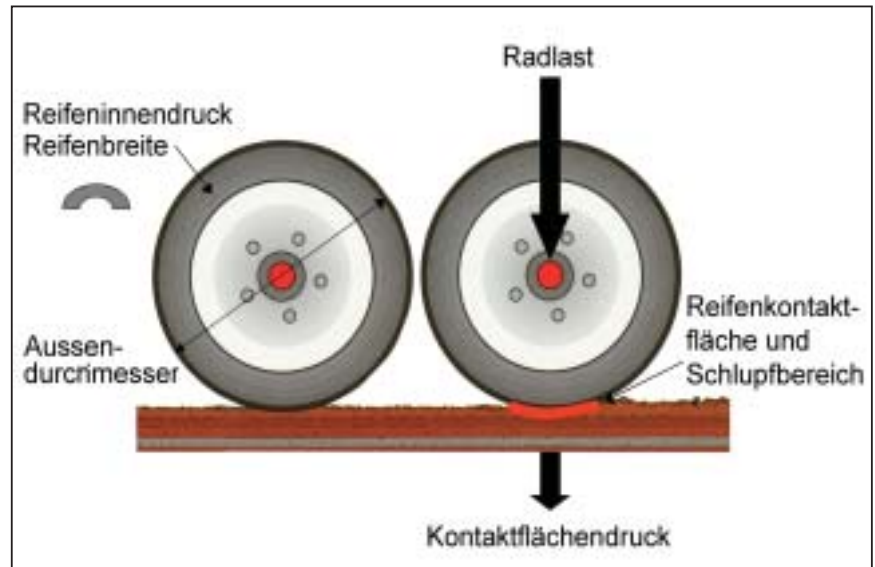


Abb. 3.1: Größen der technologischen Belastung



Abb. 3.2: Achsen und Überrollungen eines Traktors mit Gülleanhänger

In folgender Übersicht werden die Faktoren erläutert.

- Auf dem Boden entsteht hoher **Kontaktflächendruck**, der große Spurtiefen bzw. Spurquerschnittsflächen verursacht und besonders die Struktur des **Oberbodens** (Ackerkrume) schädigt und stark verdichtet.
- Je mehr die **Radlasten ansteigen**, um so stärker erhöht sich der **Bodendruck in die Tiefe**, d. h. neben der Ackerkrume kann auch der **Unterboden** geschädigt und verdichtet werden.
- **Wiederholtes Befahren** bei gleichen Radlasten hat eine zunehmende **Tiefenwirkung** im Spurbereich, d. h. immer tiefer liegende Bodenschichten werden schadverdichtet.
- Schwere **Gefügeschäden** können auch durch **Schlupf** verursacht werden. Er wirkt im Kontaktbereich der Reifen durch Verkneten des Gefüges. Das geschieht besonders dann, wenn bestimmte Arbeitsgänge wie z. B. die Ernte von Zuckerrüben im Herbst bei hoher Bodenfeuchte stattfinden muss. Diese Art der Gefügeschädigung wird in nachfolgendem Konzept nicht berücksichtigt.

Die **technogene Beanspruchung**

wird bewertet durch die Ermittlung:

- der betroffenen Flächenanteile (befahrene und summierte Spurfläche [%]),
- der Radlast F je Rad [kN],
- der Reifendimension (Tragfähigkeit [kg]), Reifenbreite B [mm], Aussendurchmesser D [mm],
- des Reifeninnendruckes P_i [bar] (Abb. 3.3),
- der Reifenkontaktfläche FR [m²] ($FR = B \cdot D / 4$),
- des Kontaktflächendrucks p [kPa] ($p = F / FR$) und
- der Anzahl der Überrollungen n .

Die Eigenstabilität eines Bodens ist abhängig von den Parametern:

- Bodenart und Humusgehalt,
- Lagerungsdichte [g/cm³] und
- der Bodenfeuchtigkeit [% nFK] (Gehalt an beweglichem Bodenwasser).

Wird durch einen Belastungsimpuls (technogene Beanspruchung) die vorhandene Eigenstabilität überschritten, wird der Boden verdichtet. Diese Überschreitung kann ohne Gegenmaßnahmen (Auflockerungen) eine negative Beeinflussung der Pflanzenentwicklung zur Folge haben, sodaß von Schadverdichtung gesprochen werden kann.

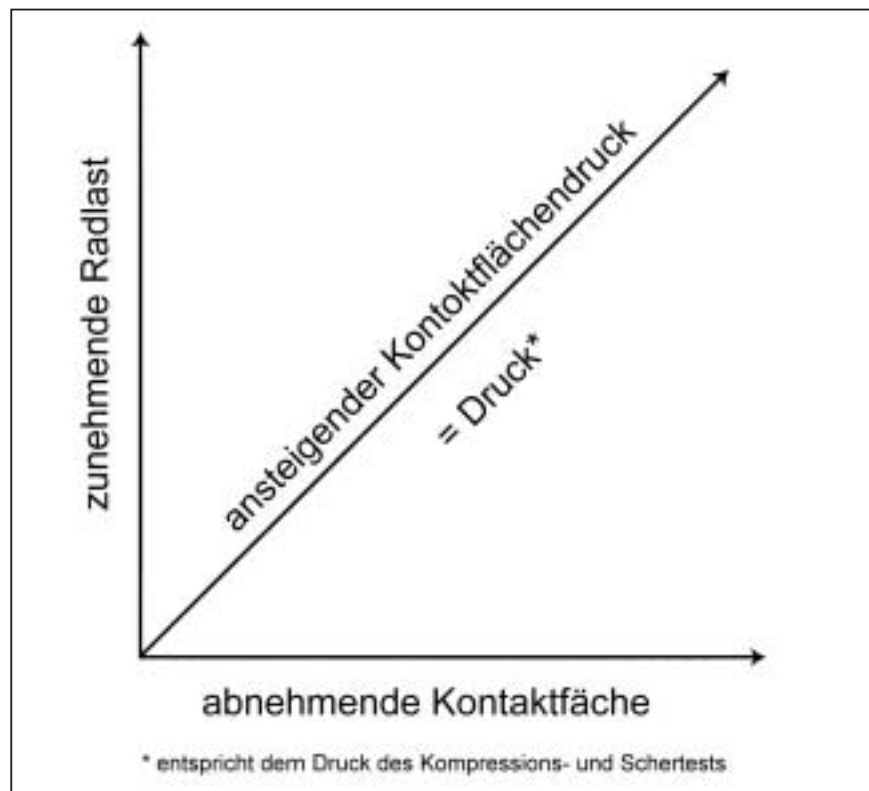


Abb. 3.4: Zusammenspiel zwischen Kontaktfläche und Radlast im Kontaktflächendruck

Folgende Parameter charakterisieren die Entstehung des Druckes durch die Lasteneinträge:

Radlast und Kontaktfläche ergeben den **Kontaktflächendruck**

Abbildung 3.4 zeigt schematisch, dass mit zunehmender Radlast und abnehmender Kontaktfläche ein Anstieg des Kontaktflächendrucks (gleich Druck) erfolgt.

Die Einflüsse der veränderten Radlasten auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens gehen aus Tab. 3.1 hervor. Als Beispiel dient ein Rad (Dimension: 60 cm breit, Außendurchmesser 1,88 m, Kontaktfläche 0,282 m²), das mit 20, 45 und 100 kN Radlast auf den Boden einwirkt. Die bisherigen Veränderungen der physikalischen Parameter wurden nach zwei Überrollungen gemessen. In der Regel finden wesentlich mehr Überfahrten statt.

Bodenart : SI4	Bodensubstrat : 14 % Ton, 32 % Schluff, 54 % Sand,
stark lehmiger Sand	2,2 % organische Bodensubstanz
	Bodenfeuchte : 70 % nFK (15,4 M%)
Belastungsparameter / Bodendruckparameter bei:	
Kontaktfläche	[m²] 0,282 (Reifenbreite : 60 cm)
Radlast	[kN] 20 45 100
	(geringe Radlast) (hohe Radlast) (sehr hohe Radlast)
Mittl. Kontaktflächendruck bei 70 % nFK	
	[kPa] 70 160 380
Bodenphysikalische Parameter	
Lagerungsdichte	[g/cm³] 1,49 1,59 1,69
Porenvolumen	[%] 42,9 39,1 35,1
Luftkapazität	[%] 14,4 8,7 4,0
Pflanzenerträge	
relative Ertragsverlust	[%] 0 8 19
Schichtstärke des Ap	
	[cm] 30,0 28,1 26,4
Ap = Pflughorizont	

Tab. 3.1: Einfluss der Bodenbelastung durch 3 verschiedene Radlasten auf wichtige bodenphysikalische Parameter und die Pflanzenerträge für einen Beispielsboden der Bodenart stark lehmiger Sand (SI4) nach 2 Überrollungen

Bodenart : Ls4	Bodensubstrat : 24 % Ton, 26 % Schluff, 50 % Sand,
stark sandiger Lehm	3 % organische Bodensubstanz
	Bodenfeuchte : 70 % nFK (19,4 M%)
Belastungsparameter / Bodendruckparameter bei:	
Kontaktfläche	[m²] 0,282 (Reifenbreite : 60 cm)
Radlast	[kN] 20 45 100
	(geringe Radlast) (hohe Radlast) (sehr hohe Radlast)
Mittl. Kontaktflächendruck bei 70 % nFK	
	[kPa] 70 160 380
Bodenphysikalische Parameter	
Lagerungsdichte	[g/cm³] 1,39 1,51 1,65
Porenvolumen	[%] 46,2 41,6 36,2
Luftkapazität	[%] 14,1 6,7 2,0
Pflanzenerträge	
relative Ertragsverlust	[%] 0 4 18
Schichtstärke des Ap	
	[cm] 31,3 28,8 26,3
Ap = Pflughorizont	

Tab. 3.2: Einfluss der Bodenbelastung durch 3 verschiedene Radlasten auf wichtige bodenphysikalische Parameter und die Pflanzenerträge für einen Beispielsboden der Bodenart stark sandiger Lehm (Ls4) nach 2 Überrollungen

Bodenart : SI2	Bodensubstrat : 6 % Ton, 24 % Schluff, 70 % Sand, 1,4 % organische Bodensubstanz
schwach lehmiger Sand	Bodenfeuchte : 70 % nFK (10,8 M%)
Belastungsparameter / Bodendruckparameter bei:	
Kontaktfläche	[m²] 0,282 (Reifenbreite : 60 cm)
Radlast	[kN] 20 45 100
	(geringe Radlast) (hohe Radlast) (sehr hohe Radlast)
Mittl. Kontaktflächendruck bei 70 % nFK	[kPa] 70 160 380
Bodenphysikalische Parameter	
Lagerungsdichte	[g/cm³] 1,57 1,64 1,72
Porenvolumen	[%] 40,1 37,4 34,3
Luftkapazität	[%] 17,5 13,8 9,6
Pflanzenerträge	
relative Ertragsverlust	[%] 4 10 20
Schichtstärke des Ap	
[cm]	28,9 27,7 26,4
Ap = Pflughorizont	

Tab. 3.3: Einfluss der Bodenbelastung durch 3 verschiedene Radlasten auf wichtige bodenphysikalische Parameter und die Pflanzenerträge für einen Beispielsboden der Bodenart schwach lehmiger Sand (SI2) nach 2 Überrollungen

Die Ergebnisse zeigen, dass bereits nach einer Überfahrt (2 Überrollungen) durch 45 kN Radlast eine Verschlechterung des Bodenzustandes (Porenvolumen, Schichtstärke der Ackerkrume und Luftkapazität) eintritt. Daraus resultiert ein relativer Ernteverlust von 8 %.

Betrachtet man den Bodenzustand nach einer Überfahrt mit einer Radlast von 100 kN wie z. B. bei einem Bunkerroderrad, so nimmt die Lagerungsdichte weiter zu und die eben genannten Bodenzustandskennwerte verschlechtern sich noch weiter. Daraus resultiert der relative Ertragsverlust von 19 %.

Diese Zunahme der Lagerungsdichte und damit verbunden die Verschlechterung des Gefügestandes verläuft nicht bei allen Bodenarten gleich. Dies wird aus den Beispielen der Tabellen 3.2 und 3.3 deutlich.

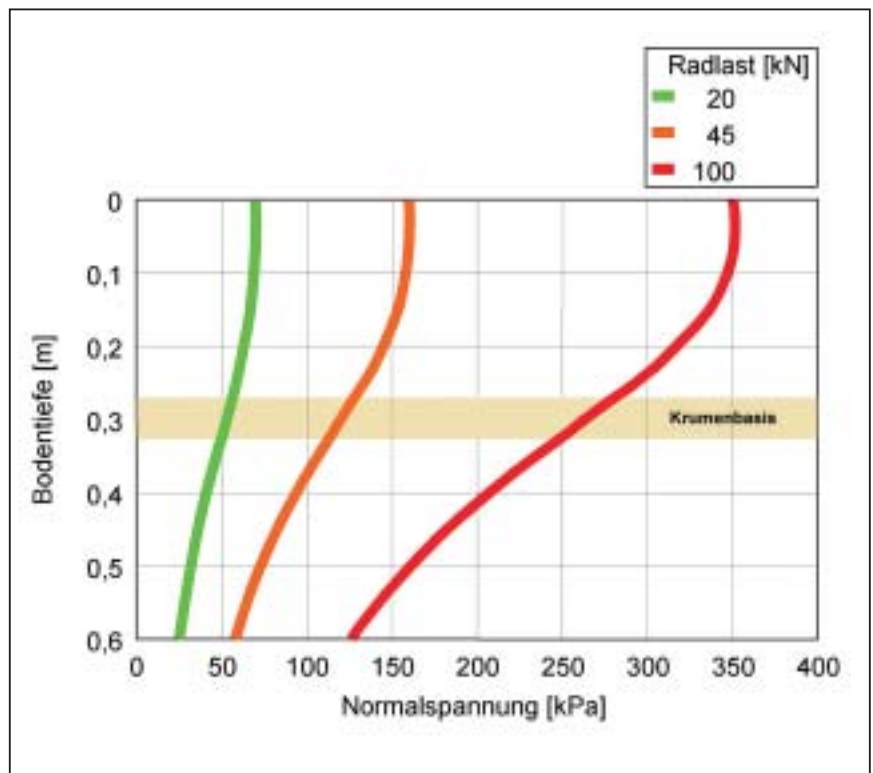


Abb. 3.5: Die durch den Druck der Räder ausgelöste Normalspannung beim Einwirken von drei verschiedenen Radlasten

Der durch die Bodenbelastung erzeugte Bodendruck setzt sich nach unten fort, wie in der Abb. 3.5 verdeutlicht wird.

Da der Boden unter der Krumbasis (ab ca. 30 cm) durch Bodenbearbeitung in der Regel nicht „repariert“ werden kann, werden die kritischen Werte bei mehrmaliger oder starker Bodenbelastung schnell überschritten. Für die ökologischen Funktionen, einschließlich des Pflanzenwachstums, ist dieser Bereich unverzichtbar und muß daher in optimalem Zustand erhalten werden.

Erhöht sich die Anzahl der Überrollungen, kommt das einer Quasi-Radlasterhöhung gleich, was die Tiefenwirkung weiter erhöht.

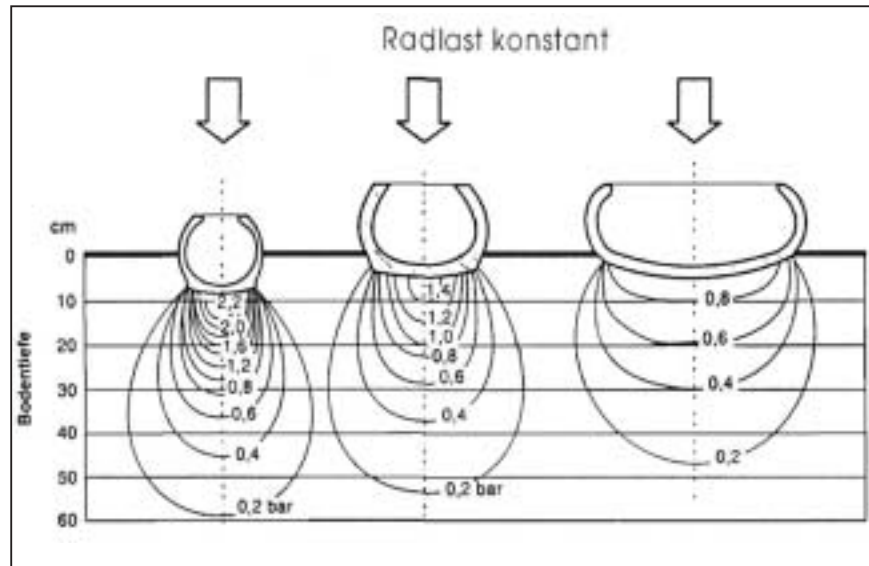


Abb. 3.6: Breitreifen (rechts) mindern bei gleicher Radlast den Bodendruck in der Ackerkrume im Vergleich zu schmalen (links) bzw. Standard-Reifen (Mitte): in 20 cm Tiefe 0,6 bar statt 1,6 bzw. 1,0 bar BMVEL (2001)

Fazit als Leitfaden für die weiteren Kapitel

Die Ackerböden und damit die Unterböden reagieren in Abhängigkeit von der Korngrößenzusammensetzung sehr unterschiedlich auf Bodenbelastungen. Das konnte durch Kompressions- und Schertests für alle Böden unter Laborbedingungen belegt werden. Die dort gewonnenen signifikanten Ergebnisse werden dazu genutzt, die Verdichtungsempfindlichkeit der ackerbaulich genutzten Böden Mecklenburg-Vorpommerns abzuschätzen. Da nicht überall neue Bestimmungen von Bodenart und Bodenform vorgenommen werden können, hat man als Datenbasis die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung (MMK) 1 : 100.000 genutzt. Sie liegt flächendeckend in digitaler Form für die landwirtschaftlich genutzten Standorte des Bundeslandes vor.

Eine **Bewertung der Verdichtungsempfindlichkeit** hinsichtlich der ökologischen Bodenfunktionen setzt einen Vergleich mit der Einhaltung oder Überschreitung der optimalen Lagerungsdichte für den Indikator Pflanze voraus (siehe Kap. 2). Erst daraus läßt sich der Terminus **Bodenschadverdichtung** und nachfolgend die **Karte der Potentiellen Schadverdichtungsgefährdungsklassen (SVGK)** ableiten.

Jeder Bewirtschafter von Ackerböden kann auf dieser Basis Informationen über die Verdichtungsrisiken seiner gegenwärtigen Bewirtschaftung erhalten. Dem jeweiligen Risiko entsprechend erhält er dann Entscheidungshilfen.

4 SCHRITTE ZUR ERMITTLUNG DER POTENTIELLEN UND TATSÄCHLICHEN SCHADVERDICHTUNGSGEFÄHRDUNG DER BÖDEN MECKLENBURG-VORPOMMERNS ALS BASIS FÜR DEN BODENSCHUTZ

Land- und forstwirtschaftliche Nutzung von Böden verlangt ihr Befahren, daher ist ein bestimmter Lasteneintrag zu tolerieren. Um aber die Risiken der Bodenschadverdichtungen erkennen und langfristig vorsorgende Schutzmaßnahmen einleiten zu können, muss zunächst die standortspezifische Belastbarkeit der Böden bestimmt werden. Unter Bodenbelastbarkeit wird hierbei verstanden, mit welcher Radlast der Boden ohne Schaden für seine Funktionalität befahren werden kann. Sie orientiert sich an der optimalen Struktur für die Pflanzenentwicklung.

Die Belastbarkeit landwirtschaftlicher Böden ist die standortspezifisch zulässige mechanische Bodenbelastung, die in Abhängigkeit von Bodenart, Bodentyp, Unterbodengefüge und aktuellem Bodenwassergehalt nicht zu Schadverdichtungen in Krume und Unterboden führt.

Während die Bodenverdichtung ein natürlicher Prozess ist oder als Rückverdichtung nach Überlockung beabsichtigt ist, sind Bodenschadverdichtungen durch die zu

hohen technologischen Belastungen bedingt. Der potentiellen Schadverdichtungsgefährdung (Belastbarkeit) wird die Belastung durch die jeweiligen Maschinen und Geräte in den technologischen Abläufen der Landnutzung gegenüber gestellt. Die vergleichende Bewertung der Belastbarkeit und der Belastung zeigt die Verdichtungsrisiken auf. Daraus lassen sich Empfehlungen zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtung ableiten (Abb. 4.1).

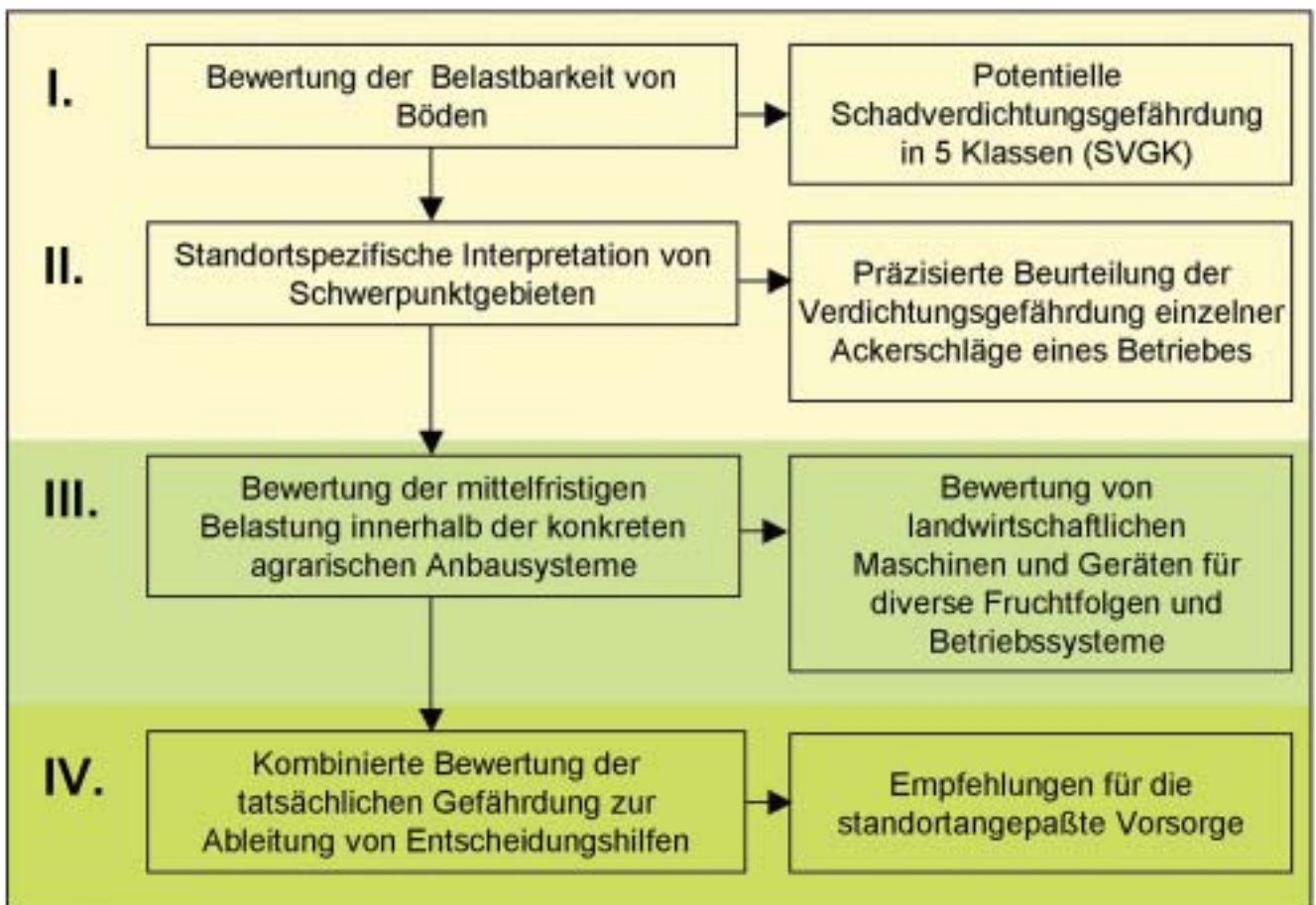


Abb. 4.1: Schritte zur Ermittlung und Bewertung der potentiellen und tatsächlichen Schadverdichtungsgefährdung

5 BEWERTUNG DER BELASTBARKEIT DER BÖDEN

5.1. Bestimmung der potentiellen Schadverdichtungsgefährdungsklassen für Mecklenburg-Vorpommern (Schritt I¹)

In Kapitel 3 wurde die von der Korngrößenzusammensetzung verschiedener Böden bestimmte Verdichtungsneigung, ermittelt aus Kompressions- und Schertests, und die daraus resultierende Veränderung wichtiger Bodenparameter dargestellt. Für die Einstufung der Verdichtungsneigung der Böden wird das Bodenartendreieck der KA4 (AG BODEN, 1994) zugrunde gelegt (Abb. 5.1). Die auf das Körnungsartendreieck projizierten Schadverdichtungsgefährdungsklassen sind das Ergebnis des Vergleichs zwischen der Verdichtbarkeit bei definierter Belastung und der Einstufung in die definierten Schad-

verdichtungsbereiche (Abb. 2.12, S. 17) nach dem Indikator Pflanzenentwicklung. So kann bei entsprechender Datengrundlage eine parzellenscharfe Ermittlung der **5 Schad-VerdichtungsGefährdungsklassen (SVGK 1 bis 5)** erfolgen. Allerdings liegt eine so detaillierte Datenbank meist nicht vor. Die Datenbanken der digital aufbereiteten Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (LIEBEROTH et al., 1983) bieten sich für eine flächenhafte Übersichtsdarstellung der Gefährdungsklassen in Mecklenburg-Vorpommern an. In der MMK sind Haupt- und Neben-

bodenformen zu Standortgruppen zusammengefasst. In den Standortgruppen sind die Bodenartengruppen (nach KA4) enthalten. Damit ist eine Festlegung der Schadverdichtungsgefährdungsklassen für die Standortgruppen (MMK) und Bodenartengruppen (KA4) in Anlehnung an THIÈRE et al. (1991) möglich (siehe Tabelle 5.1).

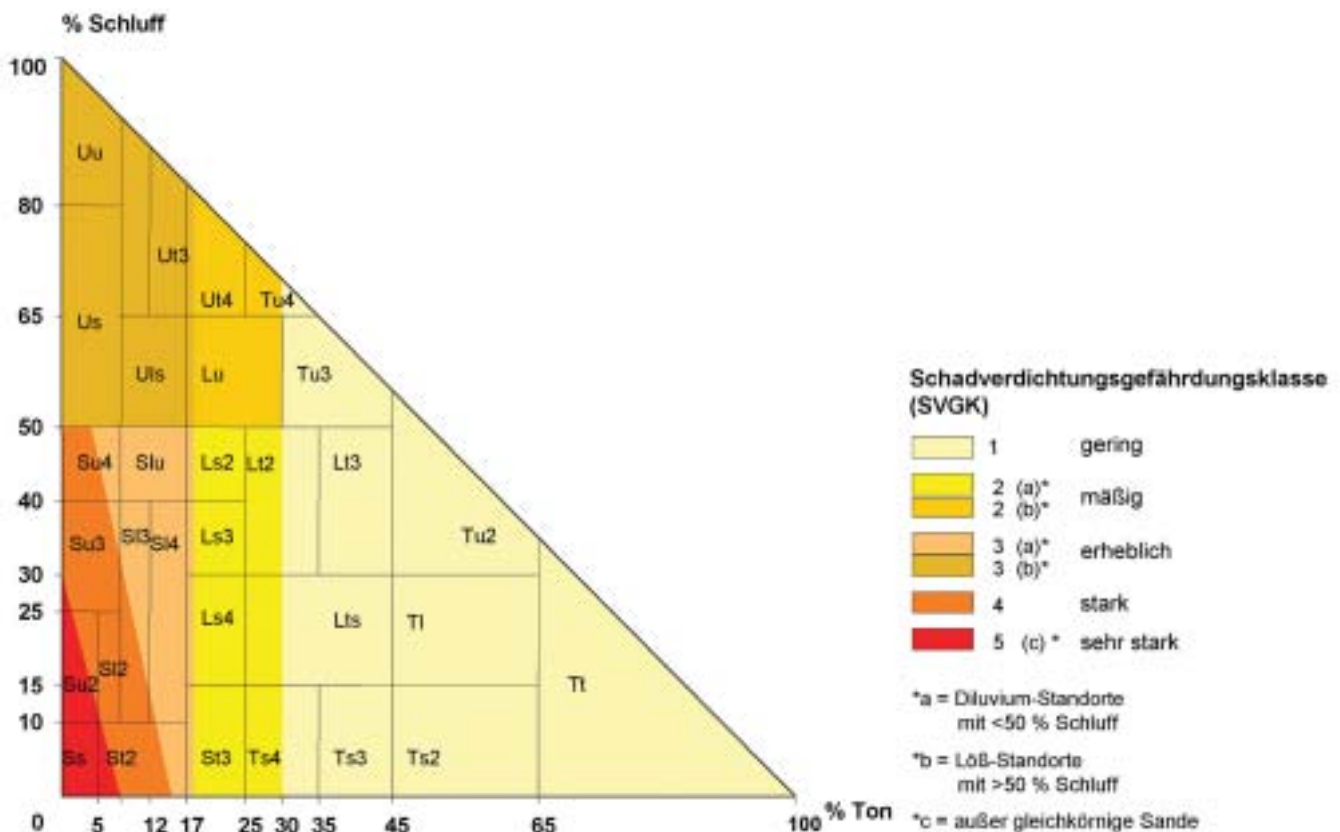


Abb. 5.1: Korngrößenabhängige Schadverdichtungsgefährdungsklassen basierend auf der KA 4 (1994)

¹ Siehe Kapitel 4, Abb. 4.1

Kurzbezeichnung	Bezeichnung	Einstufung (Gruppe, Klasse, Stufe)					
		1	8	2 / 3	4	5	6
STG	Standortgruppe der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) (LIEBEROTH ET AL., 1983)*	Grundwasserferne Sandstandorte	Grundwassersandstandorte	Sand- und Tieflehmstandorte / Tieflehm- und Lehmstandorte	Staunasse Tieflehm- und Lehmstandorte	Auenlehmstandorte	Auentonstandorte
		Reinsande		Lehm- und Schluff-sande	Sandlehme und -schluffe	Ton- und Normallehme	Lehm-, Schlufftone und Tonschluffe
SVGK	SchadVerdichtungsGefährdungsklassen nach PETELKAU, H.; FRIELINGHAUS, MO. UND SEIDEL, K. (1998) Gefährdung	5 sehr stark		4 stark	3 erheblich	2 mäßig	1 gering

* Standortgruppe 7 (Niedermoorstandorte) wurde nicht bewertet

Tab. 5.1: Zuordnung der Böden zu SchadVerdichtungsGefährdungsklassen (SVGK) als Grundlage der Karte „Potentielle Verdichtungsgefährdung der Böden Mecklenburg-Vorpommerns“ (Basisdatei: Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung, MMK)

Die Einteilung weist darauf hin, dass besonders Sandlehm-, Tieflehm- und Lehmstandorte sowie Sandstandorte verdichtungsgefährdet sind. Eine Karte mit den Anteilen der 5 Schadverdichtungsgefährdungsklassen, berechnet auf der Basis der

MMK (Grundlage MMK-Konturen) ist für Mecklenburg-Vorpommern in Abb. 5.2 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Klassen 2 (mäßig gefährdet) und 3 (erheblich gefährdet), in allen Regionen des Landes einen hohen Anteil besitzen.

Die Klasse 5 (sehr stark gefährdet) ist besonders im Südwesten des Landes verbreitet. Es ergibt sich ein Flächenanteil für die einzelnen SVGK wie in Tabelle 5.2 dargestellt:

Landesfläche: 2 309 450 ha*						
	landwirtschaftlich genutzte Fläche (nur mineralische Standorte)	SVGK 1 [gering gefährdet]	SVGK 2 [mäßig gefährdet]	SVGK 3 [erheblich gefährdet]	SVGK 4 [stark gefährdet]	SVGK 5 [sehr stark gefährdet]
ha	1 392 655	4 096	602 551	235 927	125 805	424 276
%	100	0,3	43,3	16,9	9,0	30,5

* berechnete Fläche im GIS

Tab. 5.2: Potentielle Schadverdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter, mineralischer Standorte in Mecklenburg-Vorpommern

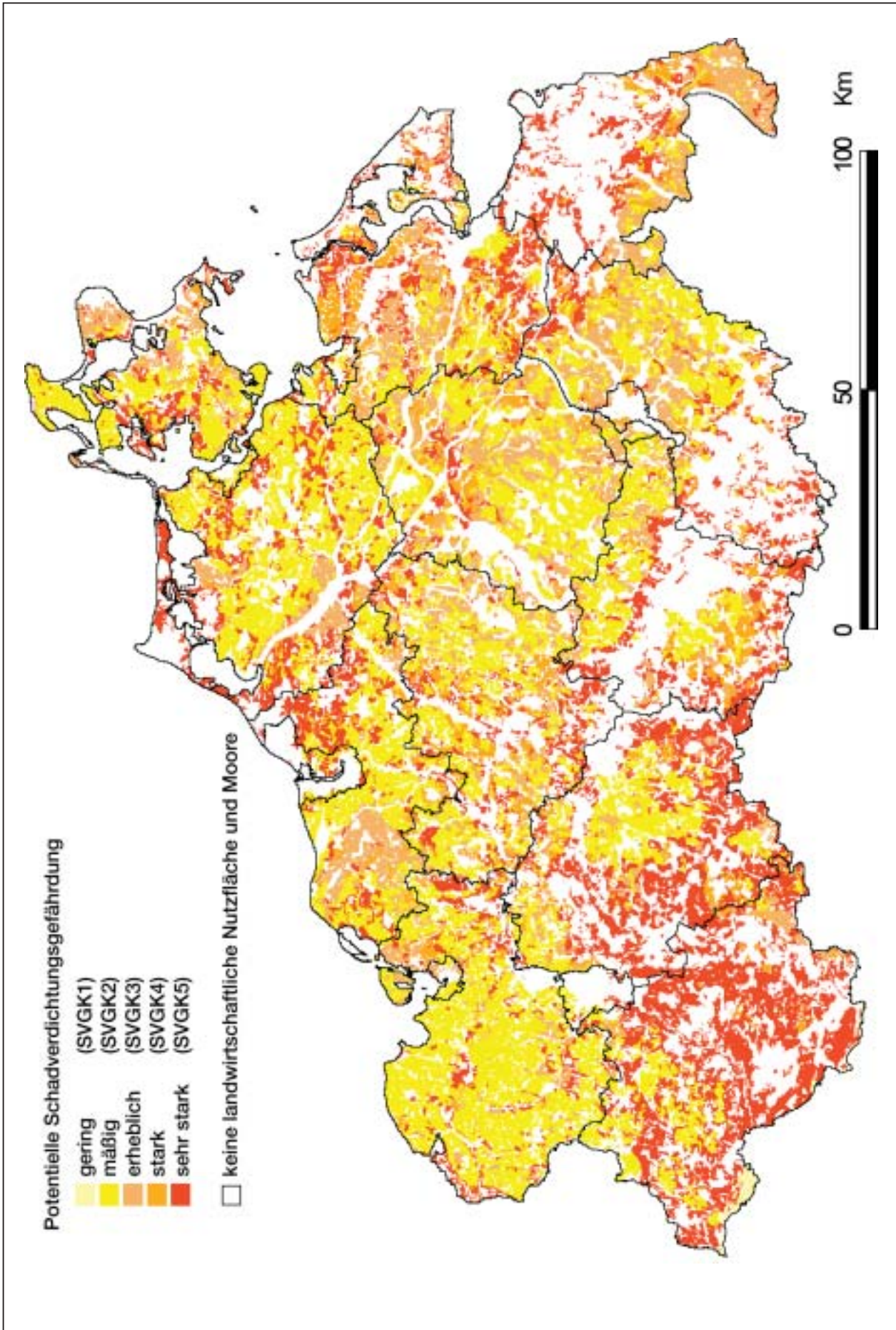


Abb. 5.2: Potentielle Schadverdichtungsgefährdung landwirtschaftlich genutzter, mineralischer Standorte in Mecklenburg-Vorpommern auf der Basis der MMK

5.2. Präzisierte Beurteilung der Verdichtungsgefährdung einzelner Ackerschläge eines Betriebes (Schritt II¹)

Im Bedarfsfall oder bei erheblicher und starker Gefährdung muss eine parzellenscharfe Beurteilung möglich werden, die durch die MMK nicht abgedeckt wird (Abb. 5.3 und 5.4).

Vorzugsweise sollte hier auf die Klassenflächenkarten der Bodenschätzung zurückgegriffen werden (Abb. 5.4). Die SVGK-Einstufung kann demzufolge Hinweise auf die potentielle Gefährdung geben. Vor der Ableitung von Empfehlungen sollte eine **schlagbezogene Analyse** unter Zuhilfenahme der Körnungsarten erfolgen. Für eine realistische **Einschätzung der tatsächlichen Gefährdung** oder bereits vorliegender Schadverdichtungen (Identifizierung des Verdichtungsgrades) in den Böden, sind Penetrometermessungen und Spatendiagnosen geeignet (Abb.5.5-5.7). Anschließend muss die Bewertung der durch die Landnutzung verursachten Schäden erfolgen.

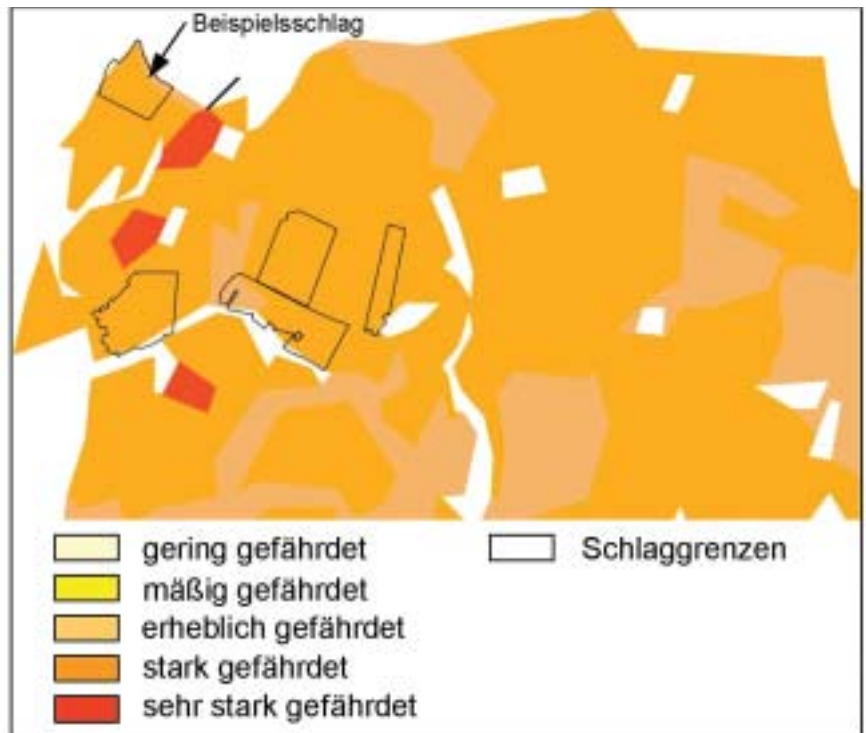


Abb. 5.3: Verdichtungsgefährdung der Böden eines Betriebes (Ausschnitt aus einer Gefährdungskarte) (aus GROBMANN, 1999)

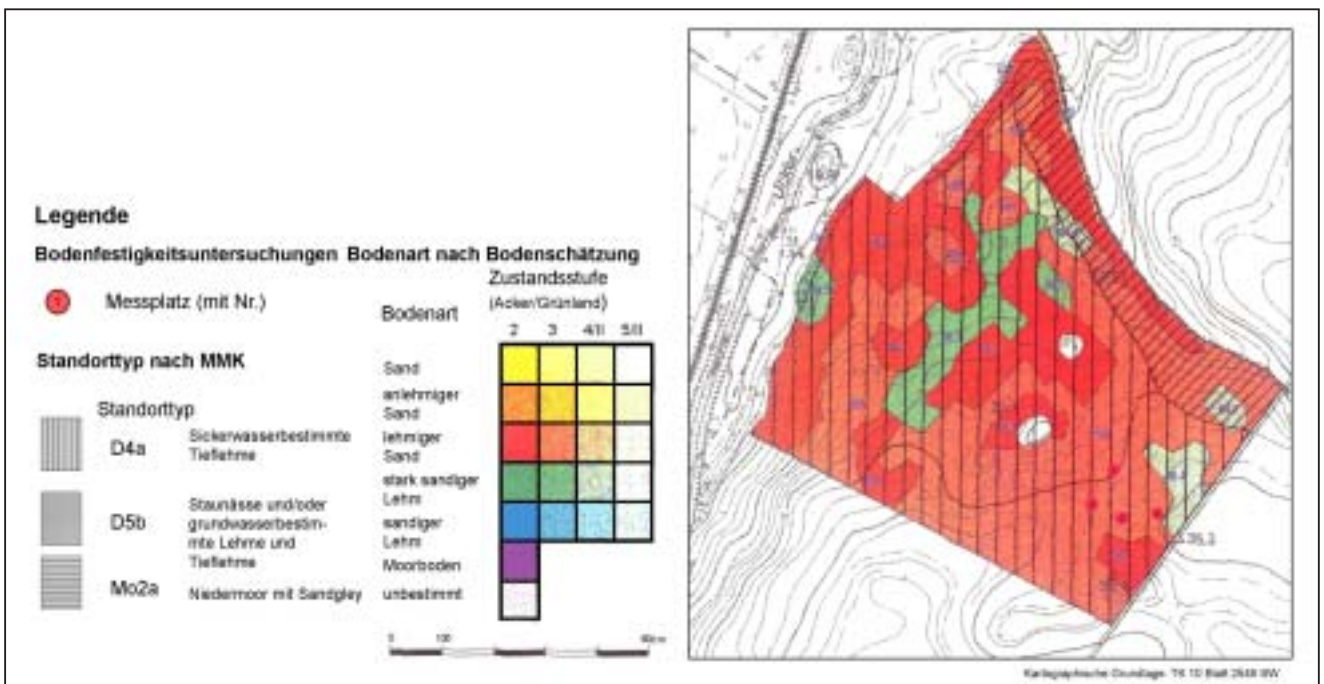


Abb. 5.4: Beispiel für die Heterogenität innerhalb eines Schlages dieses Betriebes (aus GROBMANN, 1999)

¹ Siehe Kapitel 4, Abb. 4.1

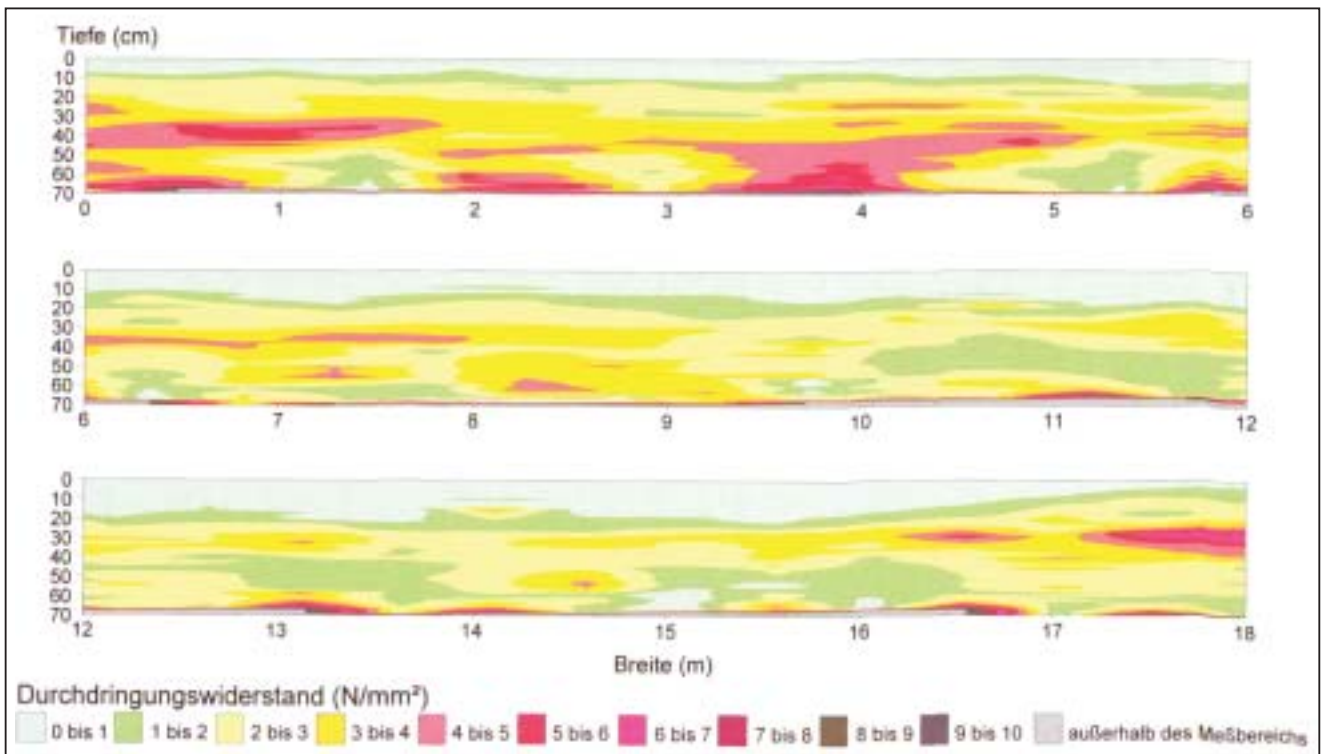


Abb. 5.5: Differenzen der Bodenfestigkeit eines Schlagausschnittes im Bereich eines Flurhindernisses (aus GROßMANN, 1999)

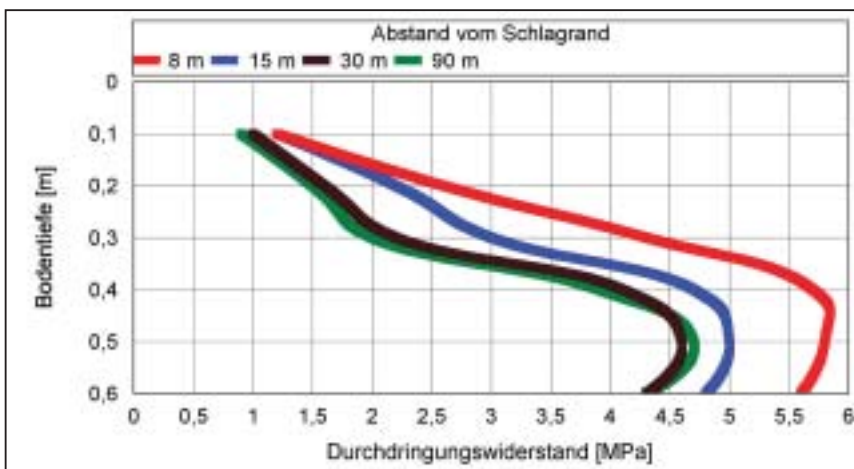


Abb. 5.6: Mittelwerte der Durchdringungswiderstände in unterschiedlicher Entfernung vom Schlagrand (Trasse mit je 23 Messpunkten) nach LEINWEBER und MENNING (1992)

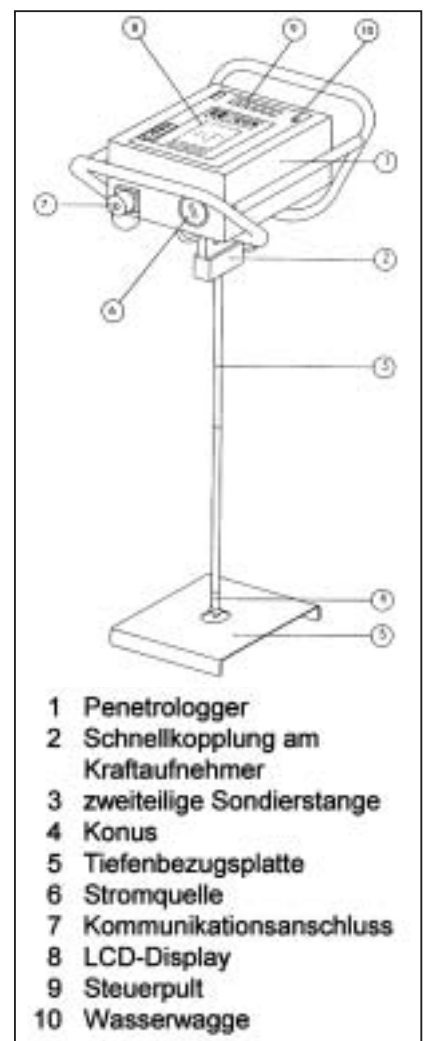


Abb. 5.7: Penetrometer (Fa. Eijkelkamp)

6 BEWERTUNG DER BEWIRTSCHAFTUNGSSYSTEME, DER ANBAUFOLGEN UND DER TECHNIK (SCHRITT III¹)

Die Festlegung der Schadverdichtungsklassen 1 bis 5 verdeutlicht, dass es für jede Klasse zur Einhaltung des optimalen Lagerungsdichtebereiches eine zulässige Belastbarkeit gibt (Abb. 6.1).

Man muss aber davon ausgehen, dass diese Belastbarkeitswerte nicht bei allen Arbeitsgängen im Pflanzenbau eingehalten werden können. Daher ist ein zweiter Wert, die **maximal zulässige Belastbarkeit**, angegeben (Abb. 6.2), weil in diesen Fällen die in der Ackerkrume auftretenden Verdichtungsschäden durch Bodenbearbeitung beseitigt werden können. Schäden in der Krumbasis oder im Unterboden treten bei 50 oder 70 % der nFK (Bodenfeuchte) noch nicht auf.

Nachfolgend wird nun an einzelnen Beispielen (Zuckerrüben-, Getreide- und Kartoffelanbau) gezeigt, wie man entsprechend der Gefährdung mit bodenschonender Technik bzw. Nachrüstung reagieren kann, um das Risiko der Schadverdichtung so gering wie möglich zu halten.

In der Tabelle 6.1 sowie den Abbildungen 6.3 und 6.4 wird ein Beispiel für den Zuckerrübenanbau auf den Böden der gering gefährdeten SVGK (1) gegeben.

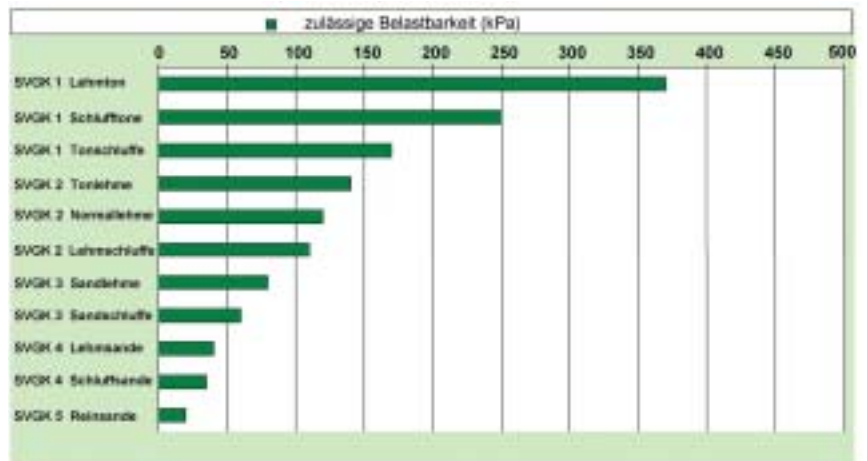


Abb. 6.1: Belastbarkeit bei einer Bodenfeuchte von 70 % nFK der Bodenartengruppen in den SVGK 1 bis 5 zur Einhaltung des optimalen Lagerungsdichtebereiches

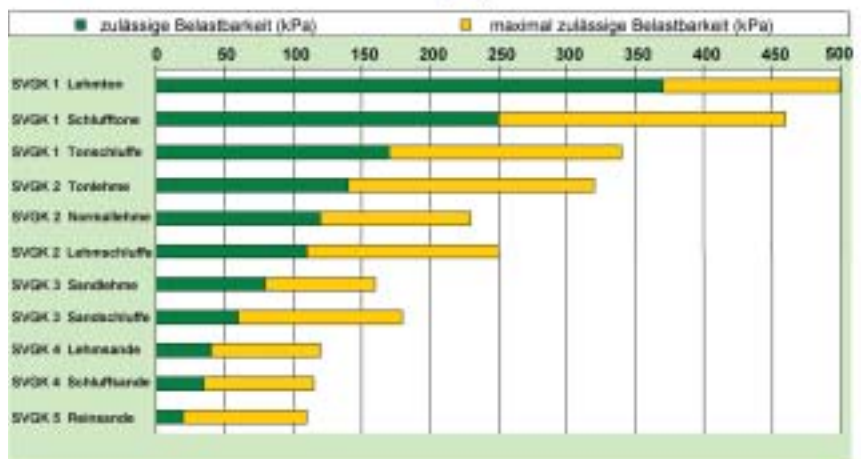


Abb. 6.2: Maximal zulässige Belastbarkeit bei einer Bodenfeuchte von 70 % nFK der Bodenartengruppen in den SVGK 1 bis 5, die durch Bodenbearbeitung reparabel sind

¹ Siehe Kapitel 4, Abb. 4.1

6.1 Beispiel Zuckerrübenanbau

Die eingesetzte Technik und die Fahrwerksparameter zeigen, dass bei keinem Arbeitsgang ein Verdichtungsrisiko für die Krumenbasis besteht. Die

bei der Rübenerte mit dem Bunkerroder in der Ackerkrume eintretenden mäßigen Schadverdichtungen können durch Bodenbearbeitung beseitigt

werden. Die rot skizzierten Kontaktflächendrücke führen in dieser Risikoklasse noch nicht zu Schadverdichtungen.

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/ Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerksparameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
1 Grunddüngung	Traktor 140 kW Düngestreuer	9,00	1	48	13,7	70						
			2	58	28,0	110		X		X		
			3	36	45,0	420						
2 Grubbern	Traktor 180 kW	6,00	1	48	13,9	70	X			X		
			2	62	36,2	120						
3 Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngerstreuer	18,00	1	39	4,0	30	X			X		
			2	48	26,0	130						
4 Grubbern	Traktor 180 kW	6,00	1	48	13,9	70	X			X		
			2	62	36,2	120						
5 Pflügen	Traktor 180 kW 9-furchig (Onland)	3,20	1	59	13,6	60	X			X		
			2	69	37,5	110						
6 Saatzbettbereitung	Traktor 140 kW SBB-Kombination	9,00	1	49	13,7	70	X			X		
			2	59	29,0	110						
			3	36	10,0	120						
7 Einzelkornsaat	Traktor 70 kW Einzelkornähle	9,00	1	44	8,5	60	X			X		
			2	48	13,0	60						
8/9 Mineraldüngung (2 X)	Traktor, 70 kW Anbaustreuer	18,00	1	44	4,0	30	X			X		
			2	48	26,0	110						
10/11 Pflanzenschutz (2 X)	Traktor, 70 kW Anhänge-Feldspritze	18,00	1	44	6,8	50	X			X		
			2	48	20,7	90						
			3	36	15,0	100						
12 Rübenroden	Bunkerroder 20 t	3,00	1	80	100,0	270		X		X		
			2	80	100,0	270						

*RB = Radbreite, RL = Radlast, KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.1: Arbeitsgangfolge und Fahrwerksparameter bodenschonender Technik für den Anbau von Zuckerrüben auf Lehmtönen, Schlufftönen und Tonschluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit geringer Schadverdichtungsgefährdung SVGK 1

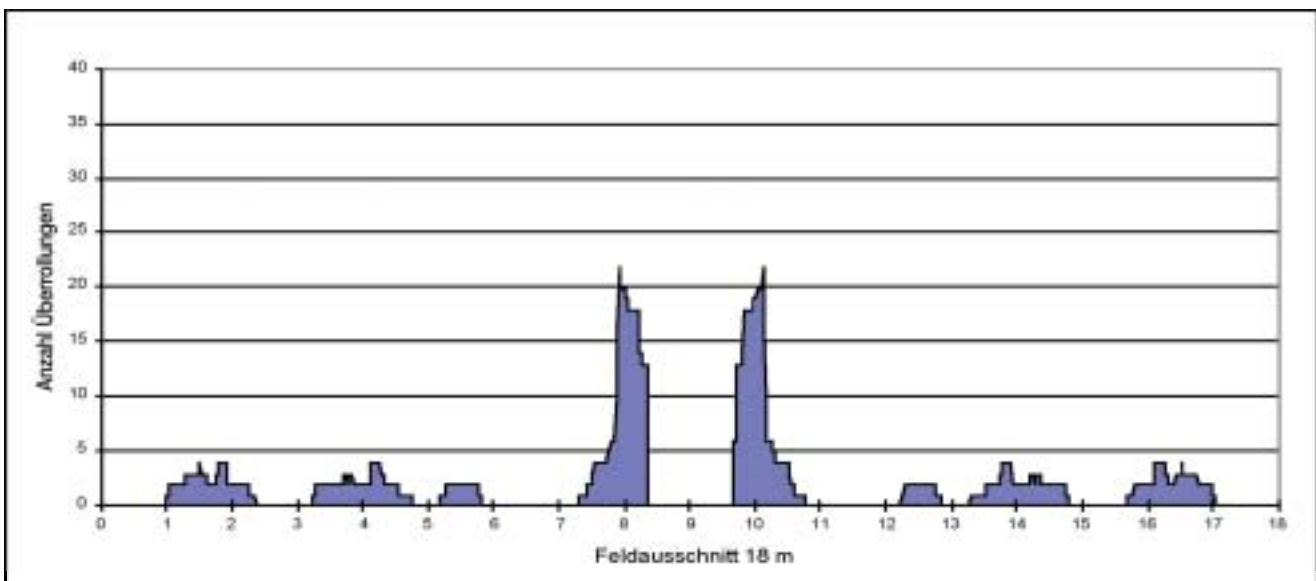


Abb. 6.3: Spurposition und Überrollhäufigkeit beim Zuckerrübenanbau in der SVGK 1 (tatsächlich befahrene Fläche 89,2 %, summierte Spurfäche (Summe aller Reifenbreiten = 405,2 %)

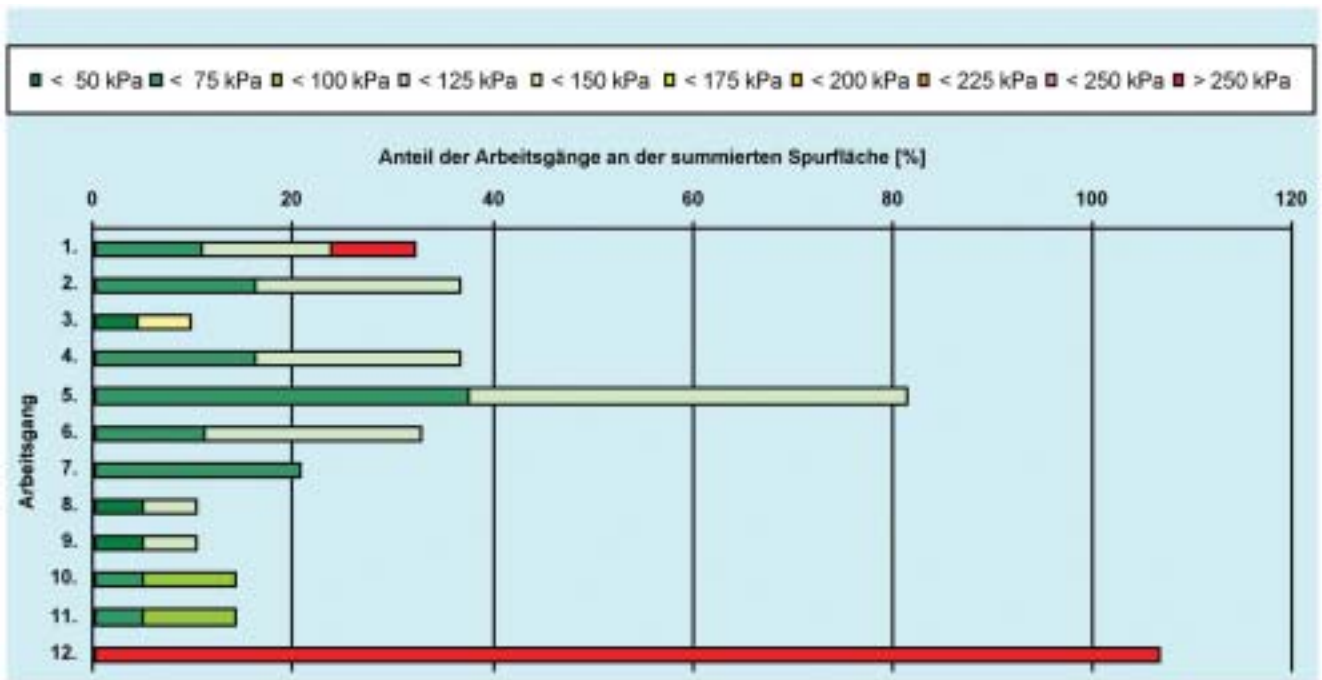


Abb. 6.4: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfäche in % beim Zuckerrübenanbau in der SVGK 1, gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa]

Würde man in der SVGK 2 die gleiche Technik einsetzen wie in der SVGK 1, muß mit stärkeren Schäden in der Krumenbasis gerechnet werden (Tab. 6.2).

Verändert man die Fahrwerksparameter durch andere Technik und breitere Reifen, wie in Tabelle 6.3 dargestellt, wird das Risiko sichtbar vermindert, die Lasteneinträge werden geringer.

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
		ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1 Grubbern	Traktor 180 kW		x*		x		
2 Kreiseltrillen	Traktor 140 kW KE-Kombination		x*		x		
9 Mähdrusch	Mähdrecher			x		x	

* Verdichtungsrisiko im Grenzbereich zwischen „ohne“ und „mäßig“

Tab. 6.2: Arbeitsgänge und eingesetzte Technik aus den Empfehlungen für die SVGK 1 (Tab. 6.1) für den Anbau von Zuckerrüben auf Tonlehmen, Normallehmen und Lehmschluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit mäßiger Schadverdichtungsgefährdung SVGK 2, die das Schadverdichtungsrisiko erhöhen

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/ Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerksparameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
1 Grubbern	Traktor 180 kW	8,00	1	60	13,9	60				x		
			2	72	36,2	100	x			x		
2 Kreiseltrillen	Traktor 140 kW KE-Kombination	4,50	1	60	13,7	60				x		
			2	72	29,0	80	x			x		
9 Mähdrusch	Mähdrecher	8,00	1	108	85,0	170					x	
			2	60	35,0	180		x			x	

*RB = Radbreite; RL = Radlast; KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.3: Vorschläge für eine bodenschonende Technik für die oben aufgeführten Arbeitsgänge mit hohem Risiko in der SVGK 2

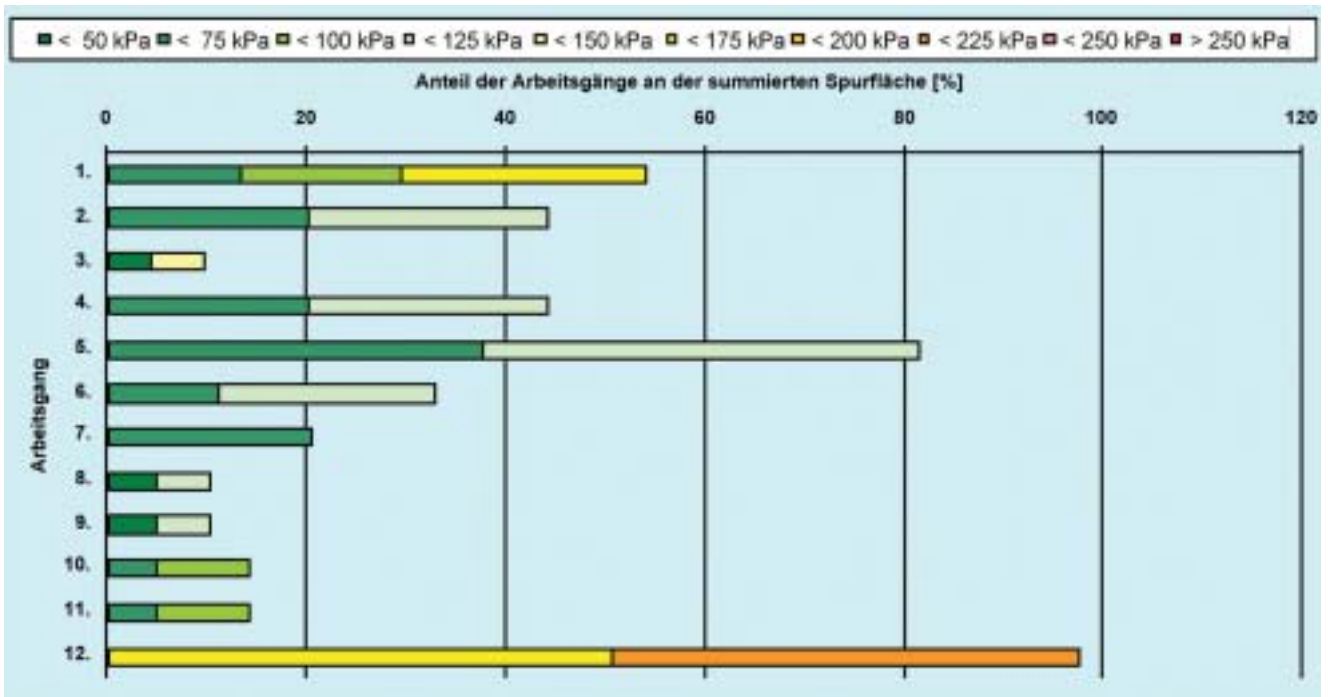


Abb. 6.5: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim Zuckerrübenanbau in der SVGK 2, gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa] (bodenschonende Variante)

Würde man die für die SVGK 1 zulässige Technik in der SVGK 3 einsetzen, würden sich noch größere Risiken für die Ackerkrume und die Krumenbasis ergeben (Tab. 6.4). Auch hier müssen die Arbeitsgänge Grunddüngung und Rübenroden entsprechend angepasst und bodenschonend gestaltet werden, um die Krumenbasis zu „entlasten“ (Tab. 6.5).

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
		ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1	Grubbern	Traktor 180 kW		X		X	
2	Krausdrillen	Traktor 140 kW KE-Kombination		X		X	
3/4	Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngerstreuer		X		X	
5-8	Pflanzenschutz	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze		X		X	
9	Mähdrusch	Mähdrecher			X		X

Tab. 6.4: Arbeitsgänge und eingesetzte Technik aus den Empfehlungen für die SVGK 1 (Tab. 6.1) für den Anbau von Zuckerrüben auf Sandlehmen und Sandschluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit erheblicher Schadverdichtungsgefährdung SVGK 3, die das Schadverdichtungsrisiko erhöhen

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/ Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerks-Parameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
1	Grunddüngung	9,00	1	60	13,7	60						
				72	29,0	80		X			X	
				56	25,0	160						
				56	25,0	160						
12	Rübenroden	3,00	1	70	53,3	150		X			X	
				76	35,5	130						
13	Sammeltransport	3,00	1	80	26,4	100		X			X	
				110	35,5	90						

*RB = Radbreite; RL = Radlast; KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.5: Vorschläge für eine bodenschonende Technik für die oben aufgeführten Arbeitsgänge mit hohem Risiko in der SVGK 3

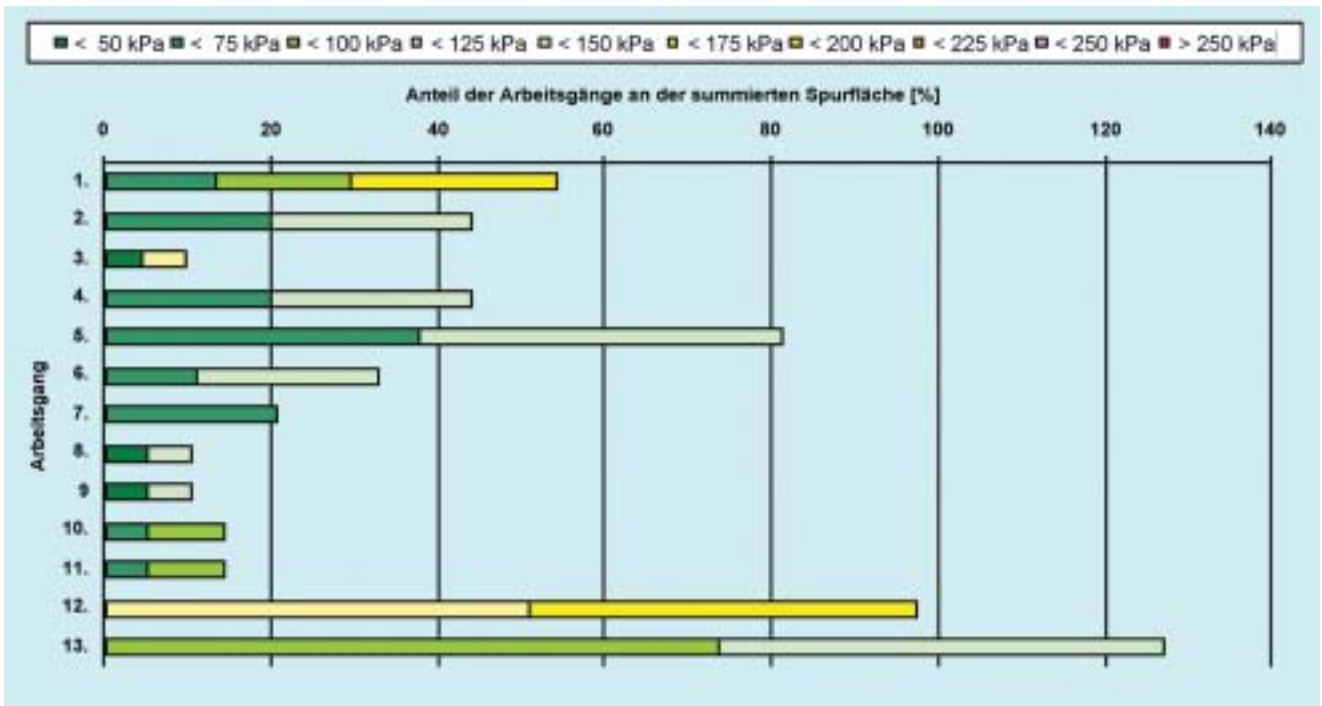


Abb. 6.6: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim Zuckerrübenanbau in der SVGK 3, gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa] (bodenschonende Variante)

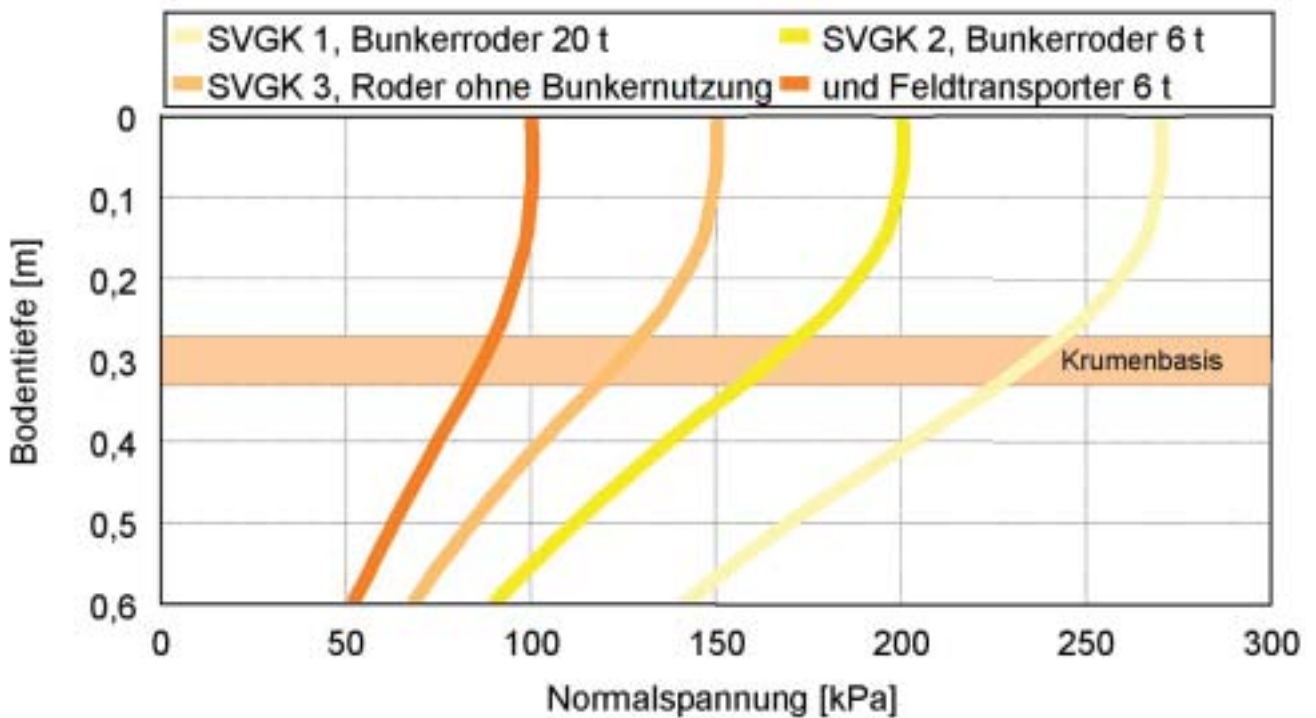


Abb. 6.7: Normalspannung in Abhängigkeit von der Bodentiefe bei der standortangepassten Zuckerrübenerte

Die Abb. 6.6 zeigt, dass mit den unterbreiteten Vorschlägen zur veränderten Ausstattung der Grunddüngungstechnik und der Splittung der Zuckerrübenerte in Rübenroden und Sammeltransport (Tab. 6.5) eine

bodenschonende Bearbeitung für besonders gefährdete Standorte (SVGK 3) möglich ist. In Abb. 6.7 wird deutlich, dass die Veränderung der Erntetechnik oder die Begrenzung der Bunkerkapazität eine Entlastung

der Krumenbasis und des Unterbodens bewirkt. Die für die SVGK vorgegebenen maximalen Belastungsgrenzen in der Zuckerrübenproduktion sollten mittelfristig eingehalten werden.

6.2 Beispiel Getreideanbau

Dem folgenden Beispiel wird der Anbauablauf eines Marktfruchtbetriebes in Mecklenburg-Vorpommern für unterschiedliche SVGK zugrunde gelegt. Unterstellt wird dabei, dass keine organische Düngung in flüssiger oder fester Form zusätzlich ausge-

bracht wird, sondern dass das Stroh auf dem Acker bleibt und als organische Masse eingearbeitet wird. In Tabelle 6.6 sind Arbeitsgangfolge und Fahrwerksparameter für die Getreideproduktion auf einem Standort mit mäßiger Schadverdichtungs-

gefährdung (SVGK 2) aufgeführt. Es zeigt sich, dass ein Risiko nur beim Arbeitsgang Mähdrusch besteht. Dieser Defekt kann mit dem nächsten Arbeitsgang jedoch wieder „ausgeglichen“ werden. Die hierbei verursachte Bunkerbelastung (Abb. 6.9)

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/ Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerksparameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumbasis je Arbeitsgang			
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.	
				[cm]	[kPa]	[kN]							
1	Grubbern	6,00	1	48	13,9	70							
				2	62	36,2	120	X			X		
2	Kreiseldrillen	4,50	1	48	13,7	70							
				2	62	29,0	100	X			X		
3/ 4	Mineraldüngung	18,00	1	44	4,0	30							
				2	48	26,0	110	X			X		
5- 8	Pflanzenschutz	18,00	1	44	6,8	50							
				2	48	20,7	90	X			X		
				3	36	15,0	100						
9	Mähdrusch	6,00	1	64	85,0	290							
				2	42	35,0	260		X		X		

*RB = Radbreite, RL = Radlast, KFD = Kontakflächendruck

Tab. 6.6: Arbeitsgangfolge und Fahrwerksparameter bodenschonender Technik für den Anbau von Getreide auf Tonlehmen, Normallehmen und Lehmschluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit mäßiger Schadverdichtungsgefährdung SVGK 2

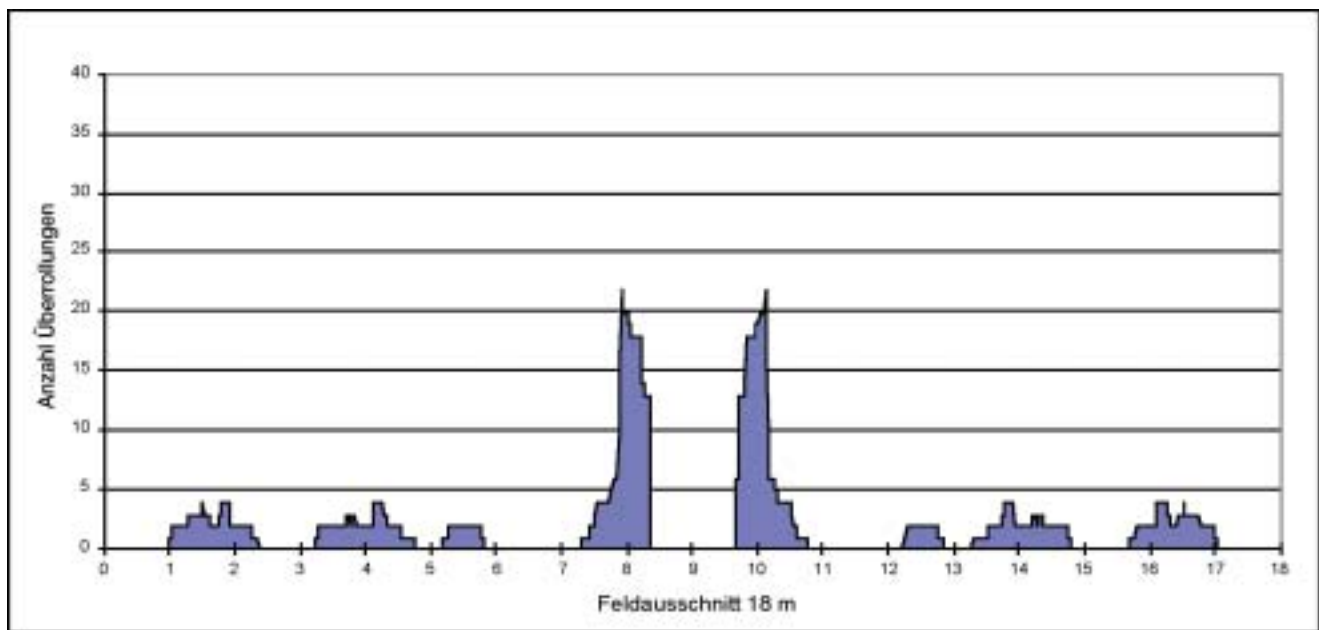


Abb. 6.8: Spurposition und Überrollhäufigkeit beim Getreideanbau in der SVGK 2 (befahrene Fläche 50,2 %, summierte Spurläche 198,2 %)

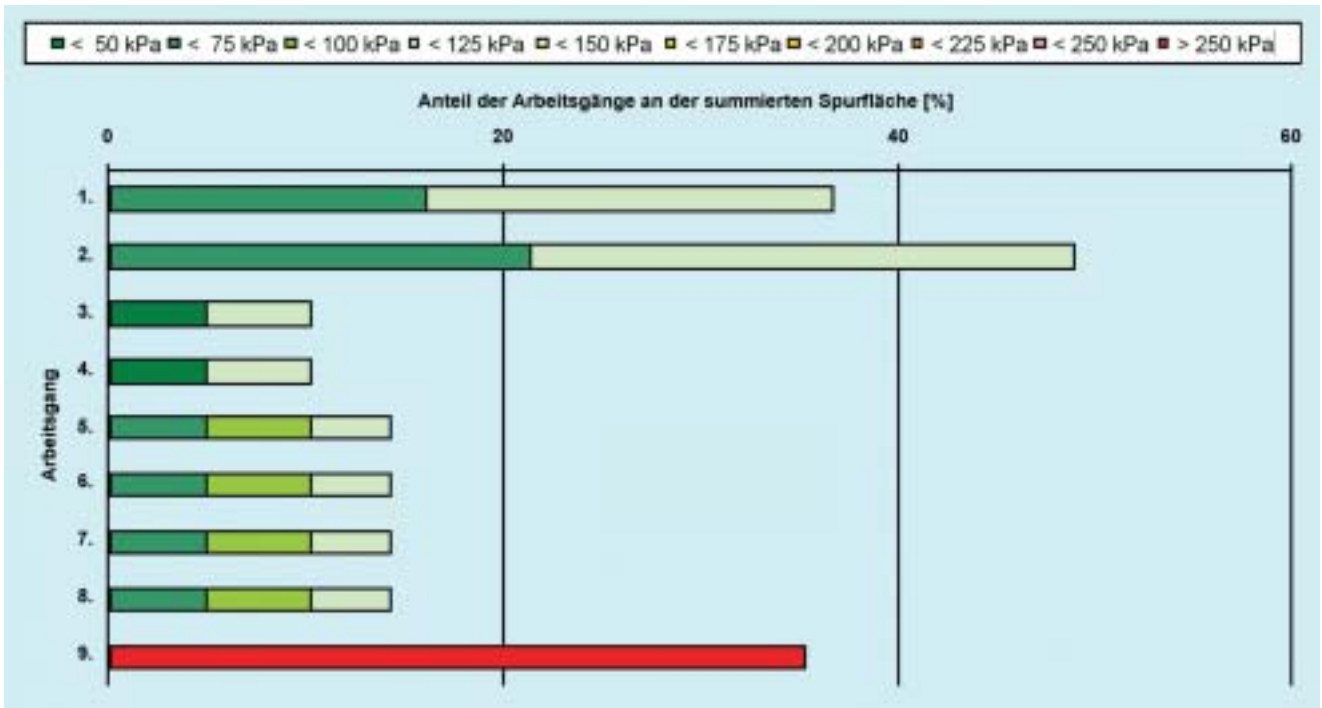


Abb. 6.9: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim Getreideanbau in der SVGK 2, gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa]

bleibt unterhalb der Risikoschwelle für den Unterboden.

Beim Einsatz gleicher Technik auf Böden der erheblich gefährdeten Standorte (SVGK 3) würde es bei allen Arbeitsgängen zu einem Risiko für die Ackerkrume und beim Mähdrusch zu einem mäßigen Verdichtungsrisiko für die Krumenbasis kommen (Tab. 6.7).

Durch eine Veränderung der Fahrwerksparameter bei den Arbeitsgängen 1 und 2 und beim Mähdrusch können Verdichtungsschäden vermieden werden (Tab. 6.8, Abb. 6.10).

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
		ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1 Grubbern	Traktor 180 kW		X*		X		
2 Kreiseldrillen	Traktor 140 kW KE-Kombination		X*		X		
9 Mähdrusch	Mähdreher			X		X	

* Verdichtungsrisiko im Grenzbereich zwischen „ohne“ und „mäßig“

Tab. 6.7: Arbeitsgänge und eingesetzte Technik aus den Empfehlungen für die SVGK 2 (Tab. 6.6) für den Anbau von Getreide auf Sandlehmen und Sandschluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit erheblicher Schadverdichtungsgefährdung SVGK 3, die das Schadverdichtungsrisiko erhöhen

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerksparameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
1 Grubbern	Traktor 180 kW	8,00	1	60	13,9	60	X			X		
			2	72	36,2	100						
2 Kreiseldrillen	Traktor 140 kW KE-Kombination	4,50	1	60	13,7	60	X			X		
			2	72	29,0	80						
9 Mähdrusch	Mähdreher	8,00	1	108	85,0	170		X		X		
			2	60	35,0	180						

*RB = Radbreite; RL = Radlast; KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.8: Vorschläge für eine bodenschonende Technik für die oben aufgeführten Arbeitsgänge mit hohem Risiko in der SVGK 3

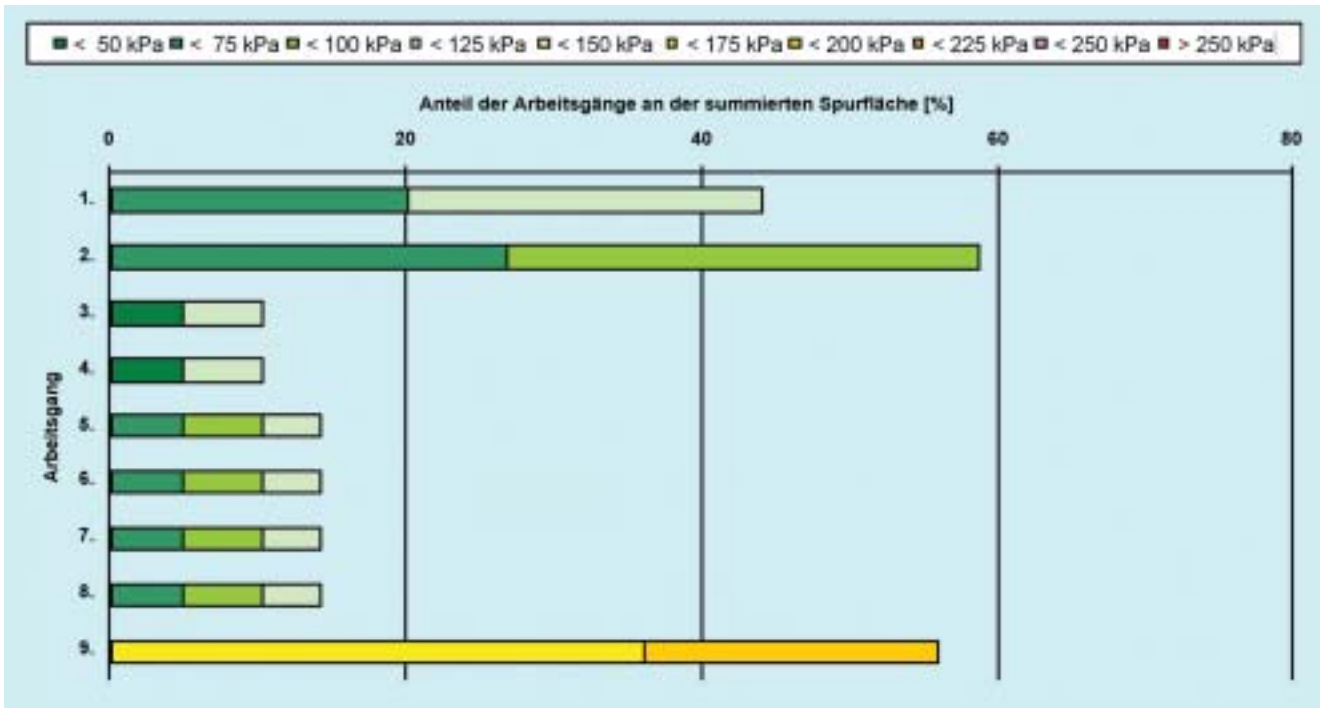


Abb. 6.10: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfläche in % beim Getreideanbau in der SVGK 3 gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa] (bodenschonende Variante)

Noch gravierender würde der Einsatz gleicher Technik auf Standorten mit starker Schadverdichtungsgefährdung (SVGK 4) wirken. Das Risiko des Mähdrusches wäre für die Krumenbasis erheblich. Durch nachfolgende Arbeitsgänge würde in dieser Bodenzone keine Auflockerung erfolgen (Tab. 6.9). Bei der jetzt verfügbaren Technik bleibt beim Mähdrusch auf empfindlichen Standorten (SVGK 4) ein mäßiges Risiko für die Krumenbasis bestehen (Tab. 6.10, Abb. 6.11). Die Belastung für die Krumenbasis und den Unterboden ist

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
		ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1 Grubbern	Traktor 180 kW		X		X		
2 Kreiseidfräsen	Traktor 140 kW KE-Kombination		X		X		
3/4 Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngentreuer		X		X		
5-8 Pflanzenschutz	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze		X		X		
9 Mähdrusch	Mähdescher			X			X

Tab. 6.9: Arbeitsgänge und eingesetzte Technik aus den Empfehlungen für die SVGK 2 (Tab. 6.6) für den Anbau von Getreide auf Lehmsanden und Schluffsand in Mecklenburg-Vorpommern mit starker Schadverdichtungsgefährdung SVGK 4, die das Schadverdichtungsrisiko erhöhen

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerks-Parameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumenbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
1 Pflügen	Traktor 180 kW Pflug 9-furchig (Onland)	3,20	1	59	13,6	80		X		X		
			2	89	37,5	110		X		X		
2 Kreiseidfräsen	Traktor 140 kW KE-Kombination	4,50	1	80	13,7	80		X		X		
			2	72	29,0	80		X		X		
3/4 Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngentreuer	18,00	1	44	4,0	30		X				
			2	48	26,0	110		X				
5-8 Pflanzenschutz	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze	18,00	1	44	6,6	50		X				
			2	48	20,7	90		X				
9 Mähdrusch	Mähdescher	6,00	1	78	65,0	180			X		X	
			2	50	22,5	130			X		X	

*RB = Radbreite; RL = Radlast; KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.10: Vorschläge für eine bodenschonende Technik für die oben aufgeführten Arbeitsgänge mit hohem Risiko in der SVGK 4

durch veränderte Erntetechnik zu begrenzen (Abb. 6.12). Zur Beseitigung einer Schadverdichtung in der Krume ist meistens eine krumentiefe Bearbeitung erforderlich, die nicht mehr durch einen Grubber realisiert werden kann, sondern nur durch den Pflug.

Das Risiko bei der Minereraldüngung und beim Pflanzenschutz beschränkt sich auf den Bereich der Regelspuren (ca. 6 % der Fläche). Diese Spuren können nach der Ernte separat gelockert werden. Diese Beispiele zeigen, dass für Schadstoffverdichtungen das Risiko

durch weniger Überrollungen und durch Reduzierungen der Achslasten zu minimieren ist. Mit steigender SVGK nimmt die Bedeutung dieser Maßnahme zu.

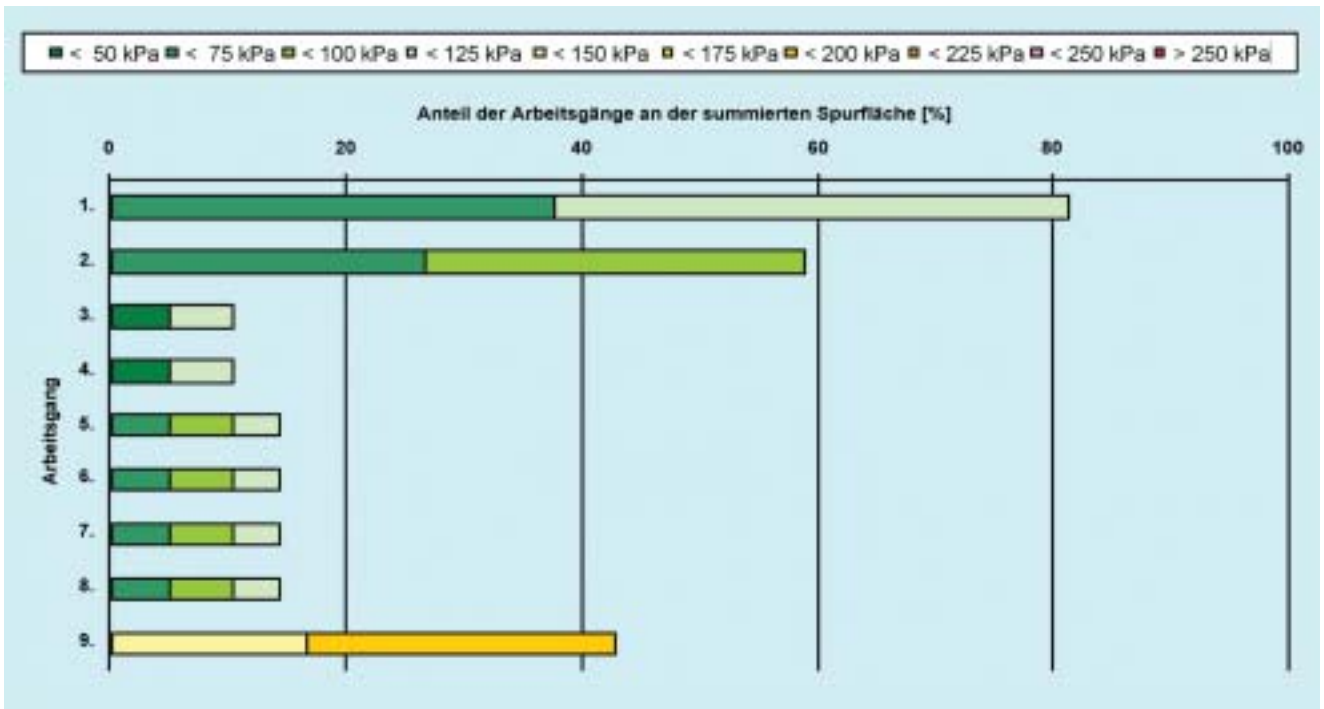


Abb. 6.11: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfäche in % beim Getreideanbau in der SVGK 4 gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa] (bodenschonende Variante)

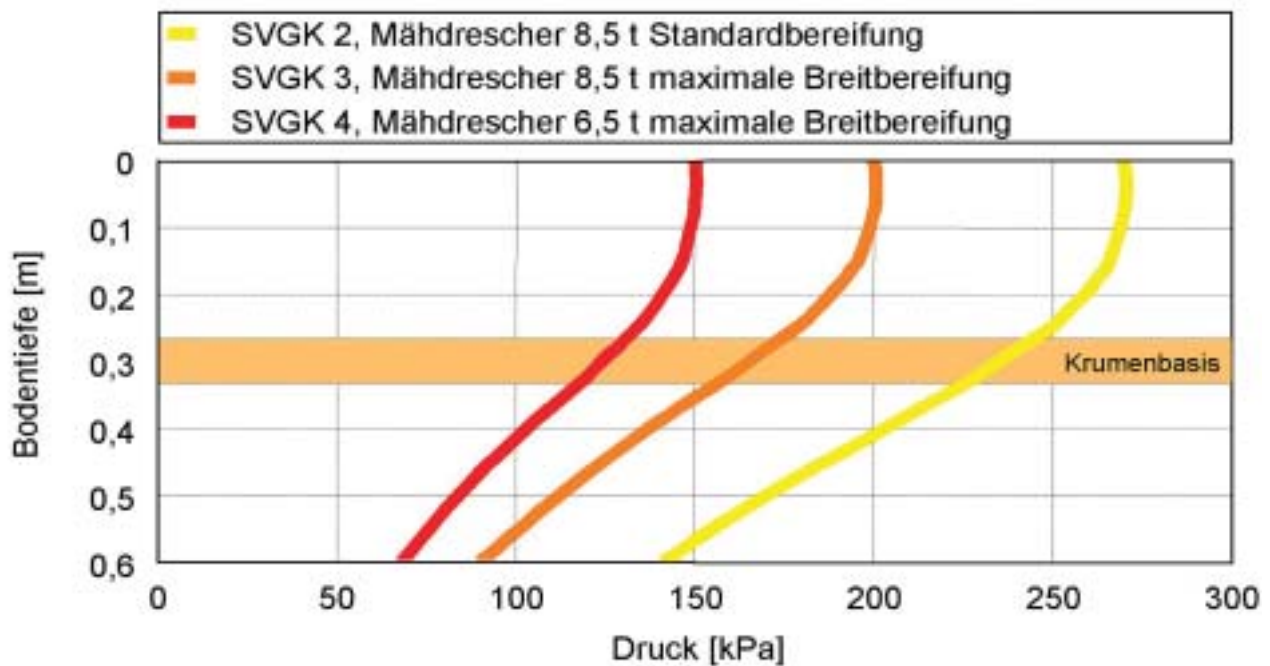


Abb. 6.12: Normalspannung in Abhängigkeit von der Bodentiefe bei der standortangepassten Mähreschernte

6.3 Beispiel Kartoffelanbau

Das Beispiel zum Kartoffelanbau bezieht sich auf typische Verfahren auf sandigen Standorten mit erheblichem oder starkem Schadverdichtungsrisiko (SVGK 3 und 4). Der

Kartoffelanbau bleibt auch bei angepassten und bodenschonenden Fahrwerksparametern mit einem Risiko für Schäden in der Ackerkrume behaftet, die aber durch nachfolgende

Bearbeitung der Krume beseitigt werden können (Tab. 6.11). Der Anteil der befahrenen Fläche liegt sehr hoch, was aber nur in der Ackerkrume wirksam wird (Abb. 6.13).

Arbeitsgang (AG)	Eingesetzte Technik	Arbeitsbreite/ Reihenweite [m]	Achse	Fahrwerks-Parameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumbasis je Arbeitsgang		
				*RB [cm]	RL [kPa]	KFD [kN]	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1 Herbstfurche	Traktor 180 kW Pflug 9-furchig (Onland)	3,20	1	56	13,6	60						
			2	69	37,5	110	X			X		
2 Kartoffeln legen	Traktor 70 kW Heckanbaulage- maschine, 4 reihig (2500 kg)	3,00	1	40	7,5	60						
			2	48	20,2	100	X			X		
			3	28	12,1	150						
3/4 Mechanische Pflege	Traktor 70 kW Heckanbauhäufelgerät	3,00	1	40	7,5	60						
			2	42	12,5	70	X			X		
5/6 Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngerstreuer	18,0	1	40	7,5	60						
			2	42	20,0	120	X			X		
7-13 Pflanzenschutz	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze	18,0	1	40	7,5	60						
			2	48	20,0	120	X			X		
			3	32	12,4	90						
14 Kartoffelroden	Traktor 70 kW Vollemler 3 t Bunker einreihig	0,75	1	40	7,5	60						
			2	48	21,0	100						
			3	60	40,0	200			X	X		

*RB = Radbreite; RL = Radlast; KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.11: Arbeitsgangfolge und Fahrwerksparameter bodenschonender Technik für den Anbau von Kartoffeln auf Sandlehmen und Sand-schluffen in Mecklenburg-Vorpommern mit erheblicher Schadverdichtungsgefährdung SVGK 3

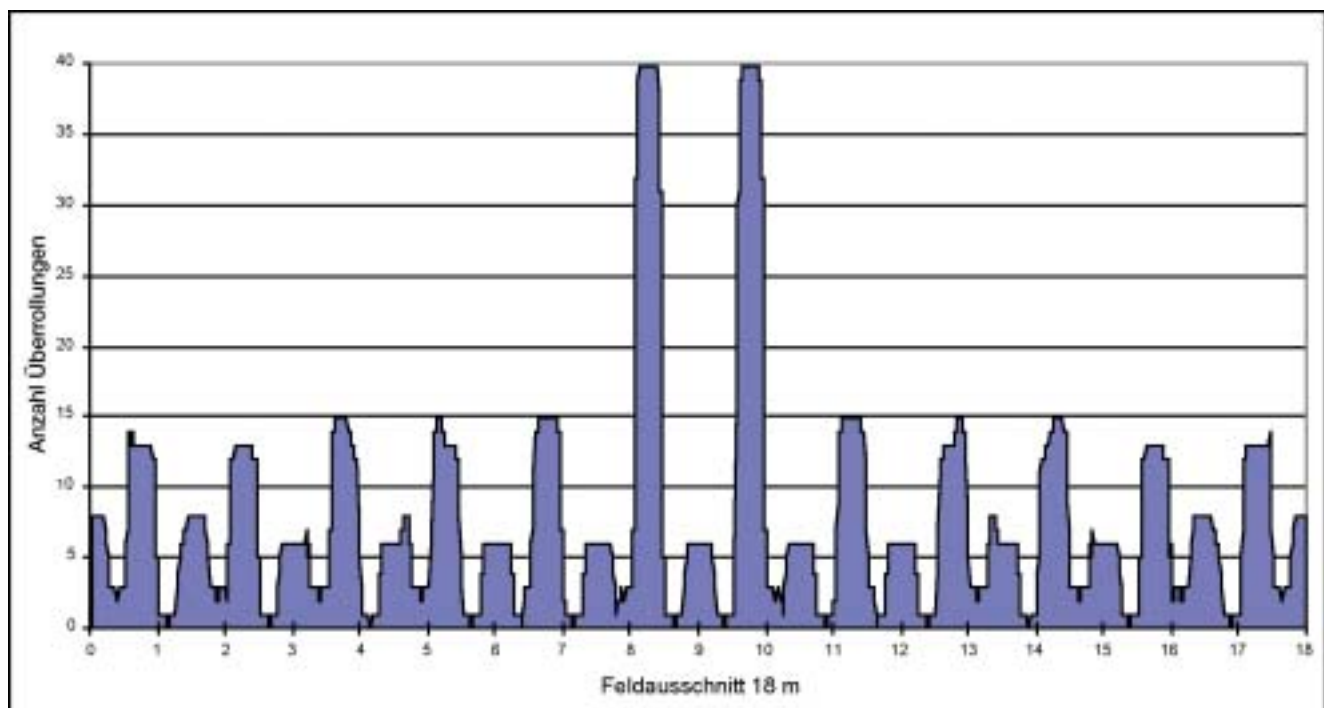


Abb. 6.13: Spurposition und Überrollhäufigkeit beim Kartoffelanbau in der SVGK 3 (befahrene Fläche 97,2 %, summierte Spurfläche 769,5 %)

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumbasis je Arbeitsgang		
		ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
1	Herbfrucht-	Traktor 180 kW Pflug 9-furchig (Orland)		X		X	
2	Kartoffeln legen	Traktor 70 kW Heckanbaulege- maschine, 4 reihig		X		X	
3/ 4	Mechanische Pflege	Traktor 70 kW Heckanbauaufel- gerät		X		X	
5/ 6	Mineraldüngung	Traktor 70 kW Anbaudüngerstreuer		X		X	
7- 13	Pflanzenschutz	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze		X		X	
14	Kartoffelroden	Traktor 70 kW Vollerter 3 1 Bunker einreihig			X		X

Tab. 6.12: Arbeitsgänge und eingesetzte Technik aus den Empfehlungen für die SVGK 3 (Tab. 6.11) für den Anbau von Kartoffeln auf Lehmsanden und Schluffsand in Mecklenburg-Vorpommern mit starker Schadverdichtungsgefährdung SVGK 4, die das Schadverdichtungsrisiko erhöhen

Arbeitsgang (Ag)	Eingesetzte Technik	Arbeits- breite/ Reihen- weite [m]	Achse	Fahrwerks- Parameter			Verdichtungsrisiko der Ackerkrume je Arbeitsgang			Verdichtungsrisiko der Krumbasis je Arbeitsgang		
				*RB	RL	KFD	ohne	mäßig	erheb.	ohne	mäßig	erheb.
				[cm]	[kPa]	[kN]						
2	Traktor 70 kW Heckanbaulege- maschine, 4 reihig (1200kg)	3,00	1	40	7,5	60						
				48	20,2	100		X		X		
				18	3,0	100						
3/ 4	Traktor 70 kW Heckanbauaufel- gerät	3,00	1	40	7,5	60						
				42	12,5	70		X				
5/ 6	Traktor 70 kW Anbaudüngerstreuer	18,0	1	40	7,5	60						
				42	20,0	120		X				
7- 13	Traktor 70 kW Anhänge-Feldspritze	18,0	1	40	7,5	60						
				48	20,0	120		X				
				32	12,4	90						
14	Traktor 70 kW zweireihiger Verlade- roder	1,50	1	40	7,5	60						
				48	16,3	80		X		X		
				60	23,2	120						
15	Feldtransporter 51	1,50	1	60	24,4	90						
				110	36,6	80		X		X		

*RB = Radbreite, RL = Radlast, KFD = Kontaktflächendruck

Tab. 6.13: Vorschläge für eine bodenschonende Technik für die oben aufgeführten Arbeitsgänge mit hohem Risiko in der SVGK 4

Der Arbeitsgang Ernte stellt auch hier einen Schwerpunkt dar, dem besondere Sorgfalt zukommen muss. Das erhöhte Risiko einer Schadverdichtung bei sehr feuchten Bodenbedingungen sollte vermieden werden. Dies ist in niederschlagreichen Perioden der Ernte äußerst schwierig. Auf den stark gefährdeten Standorten (SVGK 4) kann die Gefahr für den Unterboden durch ein zweistufiges

Ernteverfahren (Kartoffelroden und Feldsammeltransport) gemindert werden (Tab. 6.12, 6.13 und Abb. 6.15). Zusammenfassend ergibt die Bewertung, dass auf den Standorten mit starker Schadverdichtungsgefährdung (SVGK 4) ein Risiko der Schadverdichtung in der Ackerkrume bestehen bleibt, während die Belastung für die Krumbasis und den Unterboden beschränkt bleiben (Abb. 6.16).

Durch die hohe Überrollhäufigkeit bei geringen Arbeitsbreiten lässt sich die Belastung kaum reduzieren. Verstärkt wird das durch die Empfindlichkeit des Ernteproduktes. Da sich die Schäden aber in der Regel auf den Krumbereich beschränken, ist ihnen durch eine krumentiefe Lockerung (mit oder ohne Pflug) zu begegnen.

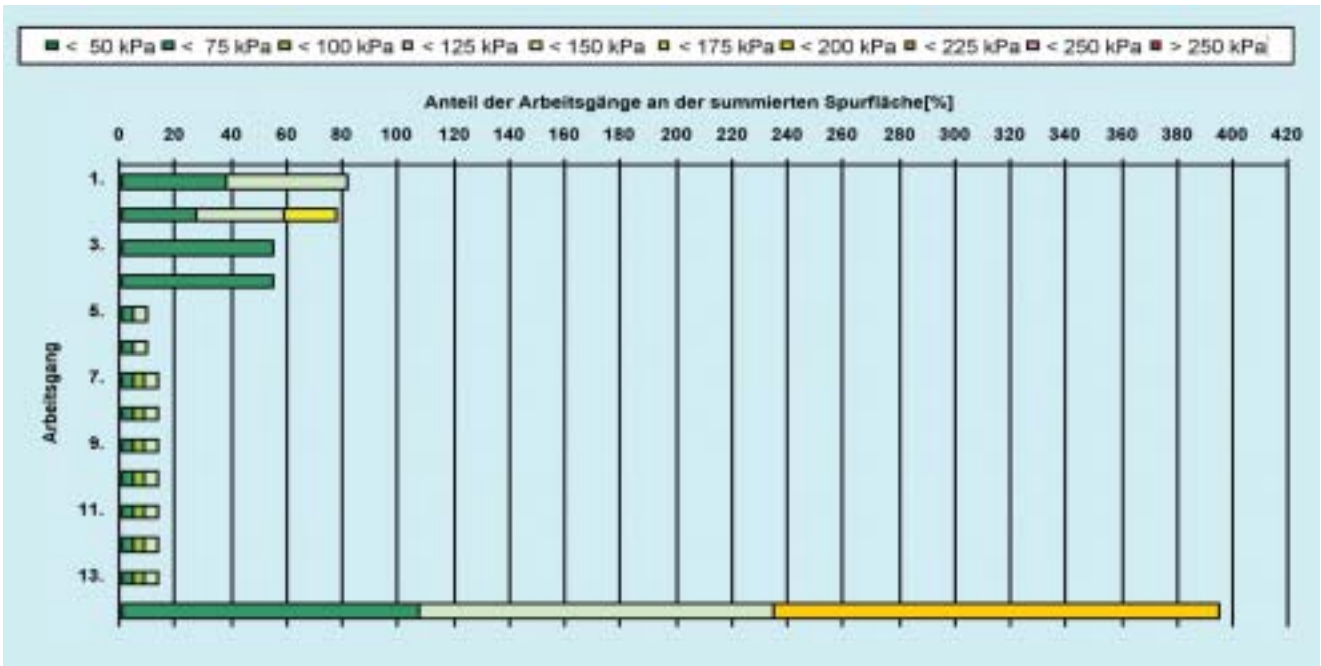


Abb. 6.14: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfäche in % beim Kartoffelanbau in der SVGK 3, gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa]

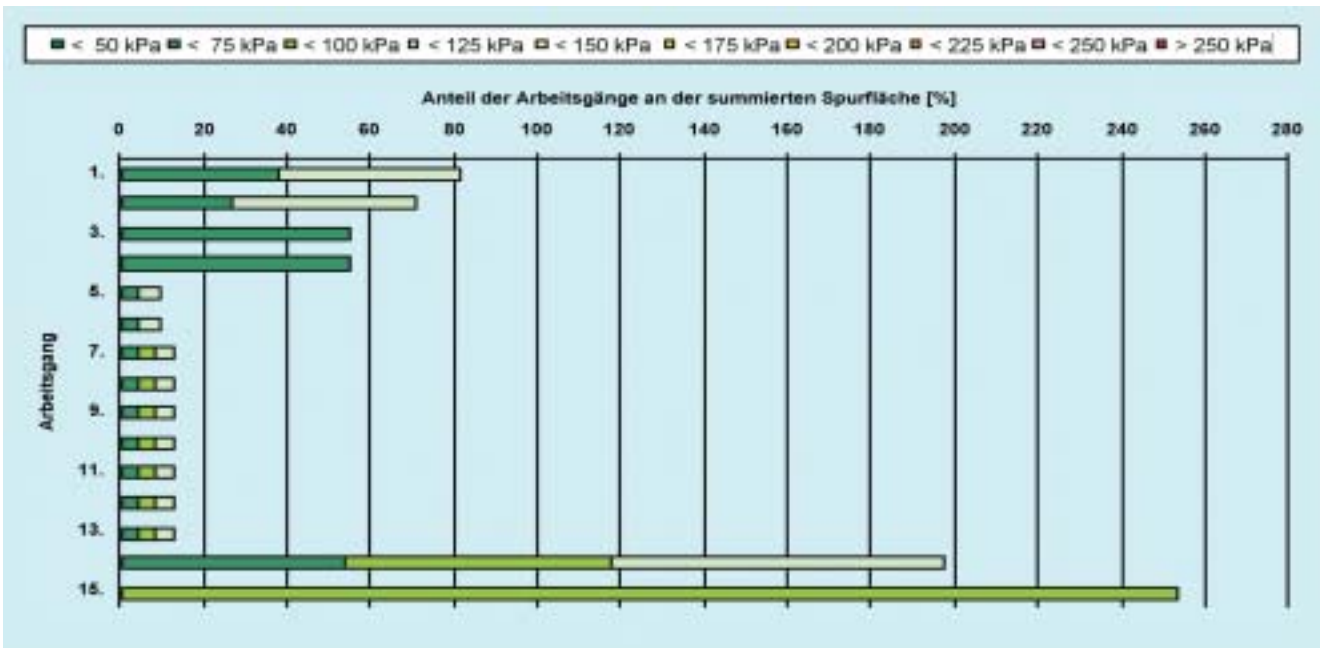


Abb. 6.15: Anteil der Arbeitsgänge an der summierten Spurfäche in % beim Kartoffelanbau in der SVGK 4 gruppiert nach den Klassen des Kontaktflächendrucks [kPa] (bodenschonende Variante)

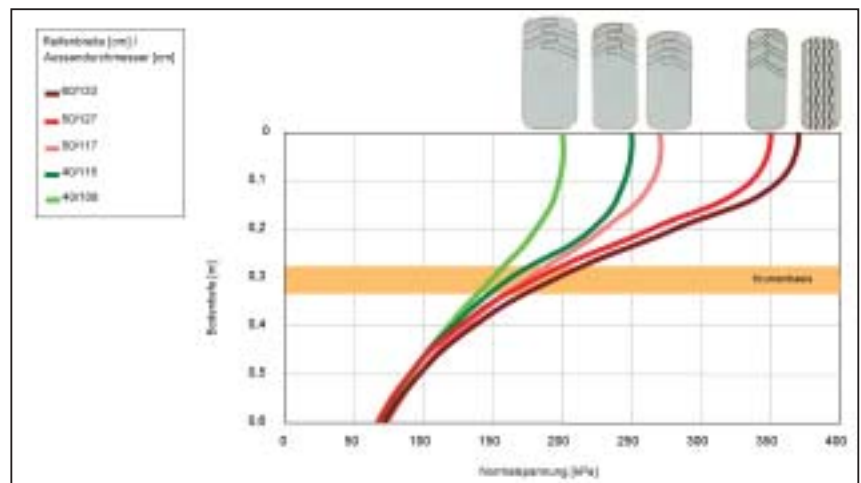


Abb. 6.16: Normalspannung in Abhängigkeit der Bodentiefe am Beispiel eines gezogenen Kartoffelvollernters mit 3 t Bunker

7 SANIERUNG VON SCHADVERDICHTUNGEN IN KRUMENBASIS UND UNTERBODEN

Besonders im Frühjahr werden bereits eingetretene starke Schadverdichtungen lokal sichtbar siehe auch Abb. 2.6, Seite 12. Meist wird die Entwicklung der Pflanzenbestände dadurch erheblich verzögert. Durch Luftmangel vergilbte Pflanzen im Frühjahr sowie durch Notreife bei ausgeprägter Vorsommertrockenheit (Abb. 7.1) sind eindeutige Hinweise auf gestörte Bodenfunktionen.

Vor einer Sanierung durch Tiefgrubbern, Parapflügen oder Tieflockern muss geklärt werden, ob es möglich ist, mittelfristig die Technik für die anzubauenden Kulturen anzupassen oder den Anbau auf weniger verdichtungsgefährdete

Schläge zu verlagern. Diese Überlegungen müssen der Entscheidung für eine Sanierung vorausgehen, weil gelockerte Böden besonders verdichtungsempfindlich sind. Würde mit gleicher Technik weiterhin befahren werden, wäre der Erfolg der Maßnahmen nicht gewährleistet.

Da die Sanierung in der Regel mit erhöhten Kosten verbunden ist, müssen **Lage, Tiefe und Ausprägung der Bodenverdichtung gründlich diagnostiziert** werden. Das kann mittels Spatendiagnose und Penetrometermessungen erfolgen. Zum Ergebnis der Auswertung kann oft empfohlen werden, nur die stark verdichteten Schlagteile zu sanieren.



Abb. 7.1: Notreife des Getreides in den verdichteten Fahrspuren

8 ZUSÄTZLICHE MÖGLICHKEITEN ZUR VORSORGE GEGEN BODENSCHADVERDICHTUNGEN

8.1 Senkung des Reifeninnendruckes

- Größtmögliche Kontaktflächenausbildung durch Anpassung des Reifeninnendruckes an die jeweilige Radlast und die Arbeitsgeschwindigkeit ist wünschenswert und technisch machbar.
- Zur Realisierung oben erwähnter Innendrucksenkung sollte eine Trennung von Feld- und Straßentransport angestrebt werden, da die optimalen Reifeninnendrucke für Feld und Straße sehr verschieden sind.
- Für die Anpassung des Reifeninnendruckes an die unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten sind sehr leistungsfähige Reifeninnendruck-Regelanlagen für alle Transporte vom Feld zum Hof (Ernteprodukte) bzw. vom Hof zum Feld (Düngemittel-, Stallung- und Gülletransporte) erforderlich.

8.2 Erhöhung der Auflageflächen

- Verwendung von bodenschonenden Breitreifen oder von schnell wechselbarer Mehrfachbereifung (Zwillings- bzw. Gitterräder), um die zulässigen Gesamtbreiten für die Nutzung öffentlicher Straßen nicht zu überschreiten.
- Anlage von Regelspuren mit ausreichender Breite für die Verwendung von bodenschonenden Reifen auch bei der Bestandesführung.
- Einsatz von Tandem- bzw. Tridemachsen ohne Lasterhöhung.
- Einsatz von Gleisband- bzw. Gummiraupenlaufwerken.

8.3 Verminderung der Radlasten und Überrollungen

- Zur besseren Standortanpassung an die Belastbarkeit der Böden sollte eine Beladegrenzung für Bunkererntemaschinen, Feldsammel- und Verteiltransporter geprüft werden.
- Bei der Verringerung der Überrollhäufigkeit durch Kombination von Arbeitsgängen müssen die zulässigen Radlasten beachtet werden.
- Nutzung der Möglichkeiten die Maschinen bodenschonend im „Hundegang“ zur gleichmäßigen, maßvollen Belastung einzusetzen.

8.4 Schlageinteilung und Verfahrensgestaltung zur Vermeidung von Last- und Leerfahrten

- Vermeidung von Anschlussfahrten durch eine sinnvolle Kombination von Belastbarkeit und Schlaglänge bei der angewandten Erntetechnik.
- Nutzung dauerbegrünter Vorgewende bzw. Quertrassen bei zu langen Schlägen und bei Früchten mit hohen Massenerträgen.
- Anlage der doppelten Anzahl von Fahrgassen, um die Befahrhäufigkeit bei intensiver Bestandspflege, z. B. wie beim Kartoffelanbau, zu halbieren.
- Prüfung und Nutzung der Möglichkeiten der Injektionsdüngung ENTEC zur Verringerung der Anzahl der Überrollungen bei der Düngung.
- Gleichmäßig, maßvolle Belastung mit an den Standort angepaßter Technik auf der Anbaufläche ist durch planmäßige Positionierung der Fahrspuren zu erreichen.

8.5 Grundsätzliche Hinweise

Die Böden sind um so empfindlicher gegen Bodenschadverdichtung, je humusärmer und je feuchter sie sind. Die Böden sollten nicht in nassem Zustand befahren werden.

Humus stabilisiert das Bodengefüge. Daher ist die regelmäßige Zufuhr organischer Stoffe die Voraussetzung für eine gute Bodenstruktur.

Auf erosionsgefährdeten hängigen Flächen kann jede Fahrspur zu einer Erosionsrinne werden, daher ist ihr Anteil so gering wie möglich zu halten.

Zur Erhaltung der verschiedenen Bodenfunktionen sind intakte Bodenstrukturen notwendig. Jeder Boden verträgt nur eine bestimmte Last, wenn er nicht zu stark verdichtet werden soll. Das bedeutet, dass die Land-

maschinenindustrie in Zukunft angepasste Technik für einzelne Arbeitsgänge herstellen muß. Für die Landwirte ist wesentlich, dass sie die Empfindlichkeit ihrer Böden kennen und sich bei der Bewirtschaftung auf die Anforderungen für eine maximale Vorsorge gegen Schadverdichtungen einstellen müssen.

8.6 Empfehlungen entsprechend „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“

In der Broschüre „Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung“ (BMELF, 1999) werden zur Vermeidung von Bodenverdichtungen folgende Empfehlungen gegeben:

• Technische Möglichkeiten, u.a.:	• Möglichkeiten der Anpassung von Arbeitsverfahren, u.a.:	• Verbesserung der Befahrbarkeit des Bodens, u.a.:
<ul style="list-style-type: none"> · Minderung des Kontaktflächen-drucks (z.B. Gitterräder, Zwillingsreifen, Breit- und Terrareifen, Bandlaufwerke, Absenken des Reifeninnendrucks, Anpassung der Radlast an den Bodenzustand) · Radlastreduzierung (z.B. Mehrachsen, bodenschonende Fahrwerke) · Einsatz von Maschinen und Geräten mit geringen Radlasten · Bodenschonende Kraftübertragung, Vermeidung von Bodenschlupf (z.B. Allradantrieb, zapfwellengetriebene statt gezogener Geräte auf schweren Böden, Aufsattel- und Anbaugeräte) 	<ul style="list-style-type: none"> · Zusammenlegung von Arbeitsgängen · Fahren außerhalb der Furche beim Pflügen · Fahrgassensysteme anwenden · Vermeidung des Befahrens nicht tragfähiger Böden · hohe Bunker- bzw. Tankvolumina unter feuchten Bodenbedingungen nicht ausschöpfen, Feld- und Zwischenlagerung vorsehen · mögliche Arbeitsbreite ausnutzen, um Spurenanteile zu minimieren 	<ul style="list-style-type: none"> · bodenartspezifische Lockerung nur unter optimalen Bedingungen · Pflugarbeit und Krumenlockerung fruchtfolge- und fruchtartenspezifisch auf das unbedingt notwendige Maß beschränken · Tiefenlockerung auf das nach vorangegangener Beurteilung (z.B. Bodensonde, Spatendiagnose) unbedingt notwendige Maß beschränken · konservierende Bodenbearbeitung oder Direktsaat, soweit möglich · Biologische Stabilisierung eines mechanisch gelockerten Bodengefüges (Zwischenfruchtanbau, Flächenstilllegung o.ä.) · Rückverfestigung des Bodens, z.B. durch Packer

10 LITERATUR

- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 4.Auflage, 392 S., 33 Abb., 91 Tab., Hannover.
- BMELF (1999): Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung
- BMVEL (2001): Gute fachliche Praxis zur Vorsorge gegen Bodenschadverdichtungen und Bodenerosion.
- BUNDESBODENSCHUTZGESETZ (1998): Gesetz zum Schutz des Bodens. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998 Teil I Nr. 16. Bonn, 24.März 1998.
- BODENSCHUTZVERORDNUNG (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV). Bundesgesetzblatt Teil I Nr. 36. Bonn, 16.Juli 1999.
- EWALD, D. (2001): Landwirtschaftlicher Bodenschutz in Mecklenburg-Vorpommern: Situation, Möglichkeiten und nächste Aufgaben bei der ackerbaulichen Bodennutzung. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 24, S. 1-6.
- FRIELINGHAUS, M.(2001): Grundsätze des Bodenschutzes auf Jungmoränenstandorten und Empfehlungen für ihre praktische Umsetzung in Mecklenburg-Vorpommern. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 24, S. 17-22.
- GROßMANN, M. (1999): Die Ermittlung von aktuellen Schadverdichtungen auf Ackerflächen der nördlichen Uckermark mit gleicher potentieller Gefährdung. Diplomarbeit. Universität Potsdam, Institut für Geoökologie. 80 S.
- LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE MECKLENBURG-VORPOMMERN(HRSG.)(2002): Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Phase 1 des Bodenschutzprogramms Mecklenburg-Vorpommern. Güstrow
- LEINWEBER, P.; MENNING, P. (1992): Charakter krumennaher Verdichtungszone in Ackerböden auf lehmigen Moränenstandorten in Mecklenburg. In: Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 33, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. S.100-107.
- LIEBEROTH, I., P. DUNKELGOD, W. GUNIA, J. THIÈRE (1983): Auswertungsrichtlinie MMK, Stand 1983. - Akad. d. Landwirtschaftswiss. der DDR, Bereich Bodenkunde/ Fernerkundung, Eberswalde.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND NATURSCHUTZ MECKLENBURG-VORPOMMERN (1997): Leitlinien zur ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung.
- NEUBAUER, W.; GRUBER, H.; HOFHANSEL, A.(2001): Beurteilung der pfluglosen Bodenbearbeitung für Mecklenburg-Vorpommern als wichtiges Element der guten fachlichen Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 24, S. 23-34.
- SCHWEDER, P.; PÖPLAU, R.(2001): Bodenschutz als eine Arbeitsaufgabe in der Beratung. Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Heft 24, S. 7-16.
- THIÈRE, J.; ALTERMANN, M.; LIEBEROTH, I.; RAU, D. (1991): Zur Beurteilung landwirtschaftlicher Nutzflächen nach technologisch wirksamen Standortbedingungen. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenkd.; Berlin 35 3, 171-183.
- GEOLOGISCHES LANDESAMT MECKLENBURG-VORPOMMERN(1995): Geologische Karte von Mecklenburg-Vorpommern. Übersichtskarte 1 : 500 000 - Böden. Schwerin
- MITTELMASSTÄBIGE LANDWIRTSCHAFTLICHE STANDORTKARTIERUNG (MMK) – 1 :100 000. – herausgeg. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Eberswalde 1985.

Weiterführende Literatur:

- PETELKAU, H.; FRIELINGHAUS, M.; SEIDEL, K.; THIERS, J. (1999): Indikationskonzept zur Ableitung von Schadverdichtungsgefährdungsklassen nach der mechanischen Belastbarkeit der Böden für Nordostdeutschland. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Band 91, Heft 3, S. 1499-1502.
- PETELKAU, H.; SEIDEL, K.; FRIELINGHAUS, M. (2000): Ermittlung des Verdichtungswiderstandes von Böden des Landes Brandenburg und Bewertung von Landmaschinen und landwirtschaftlichen Anbauverfahren hinsichtlich der Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch die Verursachung von schwer regenierbaren Schadverdichtungen. ZALF Müncheberg e.V., Institut für Bodenlandschaftsforschung, F- und E- Bericht im Auftrag des MUNR des Landes Brandenburg, 145 S.

