

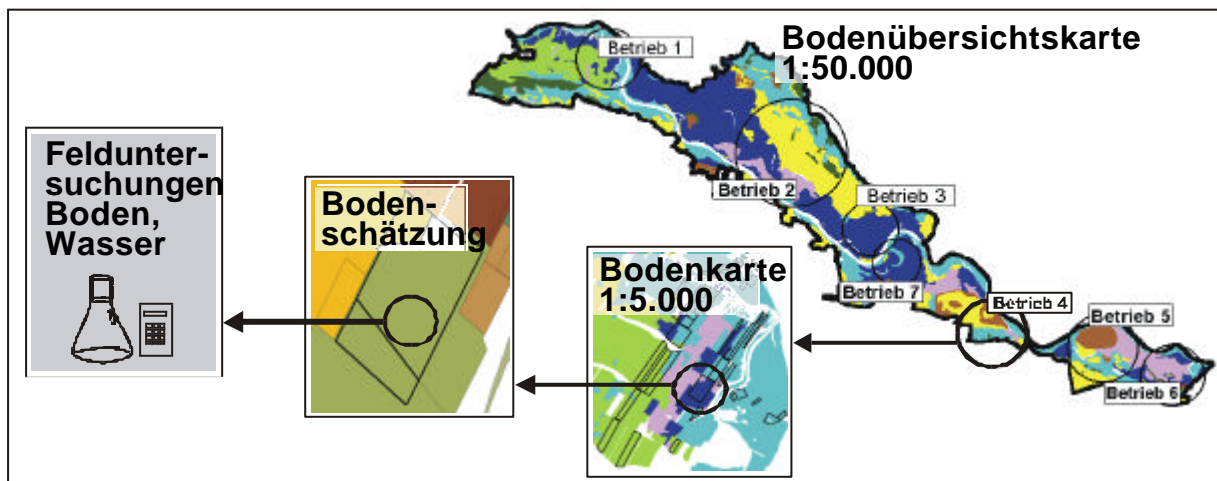
4.3 Wesentliche Ergebnisse der Status quo - Analyse

4.3.1 Boden und Wasser

Die Erfassung, Bewertung und planungsbezogene Aufbereitung der Schutzgüter Boden und Wasser erfolgt sowohl für die regionale Betrachtungsebene als auch für die Auswahlbetriebe. Hierzu werden überwiegend kartografische, GIS-basierte Datengrundlagen herangezogen. Wichtigste Kartengrundlagen sind die BÜK 50 sowie die Bo 5 und darauf aufbauende thematische Auswertungen des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS)¹. Ergänzend für den rechtselbischen Bereich wurde die Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung 1:100.000 und 1:25.000 (AdL 1979) berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden punktuell Geländeuntersuchungen durchgeführt, um einerseits eine räumlich weiter differenzierte Auflösung zu erhalten (sie ist z. B. von Relevanz für faunistische und floristische Untersuchungen) und um andererseits auf kartografischen Grundlagen basierende Modelle in situ zu verifizieren (vgl. Abb. 12).

Der Untersuchungsumfang zu Boden und Wasser ist äußerst umfangreich, so dass an dieser Stelle nur einige Aspekte exemplarisch herausgegriffen werden können. Eine umfassende Dokumentation der Forschungsergebnisse findet sich in ARUM (2001) und URBAN et al. (2001). Tabelle 12 gibt einen vollständigen Überblick über die Untersuchungsgegenstände des Forschungsvorhabens.



¹ Auf regionaler Ebene (Gesamtgebiet) wird die Bodenübersichtskarte 1:50.000 (BÜK 50) eingesetzt (NLFB 1997a). Die BÜK 50 wurde als Übersichtskarte konzipiert und orientiert sich an der Landschaftsgliederung und den Beispielprofilen der BSK 200, d. h. dem Maßstab 1:200.000. Die kleinsten dargestellten Flächen unterschreiten i. d. R. nicht 25 ha; Bodenvergesellschaftungen werden für die Kartiereinheiten nicht ausgewiesen. Vom NLFB wird daher ausdrücklich auf den Übersichtscharakter der Karte verwiesen (Boess et al. 1999). Auf betrieblicher Ebene steht die Bodenkarte 1:5.000 (Bo 5) zur Verfügung, die auf Basis der Bodenschätzung erstellt wurde (NLFB 1998-1999). Die Bodenschätzungsdaten stammen überwiegend aus den 1930-er Jahren und wurden nur z. T. im Gelände überprüft. Insbesondere die Darstellung des Wasserhaushaltes muss daher kritisch hinterfragt werden. Für zwei der Auswahlbetriebe wurden die Standortbewertungen auf Basis der Bodenschätzung im Rahmen eines Werkvertrages ermittelt (BATHKE 2000).

Abb. 12: Boden- und Wasserauswertungen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen

Tab. 12: Untersuchungsumfang zu den Schutzgütern Boden und Wasser, ihre Zuordnung zu Schutzziele und Funktionen im Naturhaushalt

Untersuchungsgegenstände des Forschungsvorhabens	Ziele des Boden-/ Wasserschutzes	zugeordnete/ betroffene (Boden-) Funktionen
BESONDERE WERTE VON BODEN UND WASSER / BESONDERE BODENFUNKTIONEN		
Seltene Böden (regionaltypische Böden mit geringer Verbreitung)	Erhaltung der Pedo- und Geodiversität	Archivfunktion
Naturnahe Böden (Böden mit geringen Beeinträchtigungen)	Erhaltung von anthropogen weitgehend unbeeinflussten Böden, Referenzstandorte	Archivfunktion
Biotopentwicklungspotenzial (Böden mit besonderen Standorteigenschaften)	Erhaltung und Entwicklung von Böden mit extremen Eigenschaften (insbes. Wasser- und Nährstoffangebot)	Lebensraumfunktion
Böden mit hohem natürlichen Ertragspotenzial (besondere Bodenfruchtbarkeit)	Erhaltung von Böden mit hoher natürlicher Ertragsfähigkeit als Produktionsgrundlage für die Landwirtschaft bei (potenziell) geringem Fremdmiteleinsatz	Produktionsfunktion
Grundwasserneubildung	Erhaltung von Böden mit hoher Grundwasserneubildungsrate und –qualität	Regelungsfunktion, Nutzungsfunktion
Retention	Rückhalt von Wasser und Stoffen in der Landschaft; Schutz vor Hochwässern	Regelungsfunktion, Pufferfunktion
Gewässer des Nds. Fließgewässerschutzsystems	Etablierung eines durchgängigen, repräsentativen Fließgewässersystems	Lebensraumfunktion
BEEINTRÄCHTIGUNGSRISIKEN VON BODEN UND WASSER / VON BODENFUNKTIONEN		
Erosionsgefährdung durch Wind und Wasser	Schutz von erosions- und verschlammungsgefährdeten Böden, Erhaltung der Bodensubstanz	Produktionsfunktion, Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion, Lebensraumfunktion
Verdichtungsgefährdung	Schutz von verdichtungsgefährdeten Böden, Erhaltung der Bodenstruktur	Produktionsfunktion, Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion, Lebensraumfunktion
Zersetzungs- und Sackungsgefährdung organischer Böden	Schutz vor der Zersetzung organischer Böden, Erhaltung der Bodensubstanz, Erhaltung der Wasseraufnahmekapazität der Böden als Regulator für den Landschaftswasserhaushalt, Erhaltung und Entwicklung der Funktion als Stoffsenke	Lebensraumfunktion; Archivfunktion, Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion
Gefährdungen durch Schwermetalleinträge und -auswaschung (sorbierte Stoffe)	Schutz der Böden mit geringen Puffereigenschaften vor Einträgen, Erhaltung von Böden mit hohen Puffer- bzw. Bindungseigenschaften für Schwermetalle	Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion, Lebensraumfunktion, Produktionsfunktion
BEEINTRÄCHTIGUNGSRISIKEN VON BODEN UND WASSER / VON BODENFUNKTIONEN		
Gefährdungen durch Einträge und Auswaschung organischer Schadstoffe (sorbierte Stoffe)	Schutz der Böden mit geringen Puffereigenschaften, Erhaltung von Böden mit hoher Bindungsstärke für organische Schadstoffe	Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion, Lebensraumfunktion, Produktionsfunktion
Gefährdungen durch Auswaschung von Stickstoffverbindungen (Nitrat)	Schutz des Grundwassers, der Fließgewässer und der marinen Gewässer vor Nitrateinträgen	Filter-, Puffer-, Transformationsfunktion, Nutzungsfunktion

Untersuchungsgegenstände des Forschungsvorhabens	Ziele des Boden-/ Wasserschutzes	zugeordnete/ betroffene (Boden-) Funktionen
<p><u>Anmerkungen:</u> Nach § 2 Abs. 2 BBodSchG werden die Bodenfunktionen „Natürliche Funktionen“ „Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte“ sowie „Nutzungsfunktionen“ unterschieden und weiter differenziert. Dazu zählen auch wichtige Grundwasserschutz- und -erneuerungsfunktionen, denn zu berücksichtigen sind die vielfältigen Abhängigkeiten zwischen Boden- und Grundwasserschutz: Eine hohe Bindungsstärke von Böden für Schwermetalle kann bei entsprechenden Stoffeinträgen langfristig zur Gefährdung verschiedener Bodenfunktionen führen, bei deren Ausfall wiederum das Grundwasser gefährdet werden kann. Eine Reduzierung der Boden- und Grundwasserschutzproblematik auf monokausale Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge muss daher vermieden werden.</p>		

Exemplarisch sollen die Themen Nitratauswaschung und Bodenverdichtung dargestellt werden. Insbesondere die Grundwassergefährdung durch die Auswaschung von Stickstoffverbindungen eignet sich, um die engen Wechselwirkungen zwischen Boden und (Grund-) Wasser zu veranschaulichen. Gerade in Auengebieten bestehen sowohl räumlich als auch zeitlich sehr variable Abhängigkeiten zwischen dem Stoffhaushalt der Böden und dem des Grundwassers, wie im folgenden Kapitel noch deutlich wird. Gerade diese Variabilität bedingt jedoch auch, dass verallgemeinernde und große Räume betreffende Aussagen zur Nitratauswaschung in Auenökosystemen problematisch sind.

Auch Schadverdichtungen haben vielfältige Wirkungen auf den Stoff- und Wasserhaushalt von Böden, unter anderem auf den Stickstoffumsatz und die Infiltrationskapazität.

Die Erhebungen und Bewertungen der umweltrelevanten Wirkungen der Landwirtschaftsbetriebe im Rahmen des KUL-Verfahrens („Kriterien umweltverträglicher Landbewirtschaftung“, vgl. Kap. 4.3.3) erfolgen vor einem landwirtschaftlich-produktionsorientierten Ziel- und Werthintergrund. Ihre Ergebnisse sind daher nur bedingt mit denen der naturschutzfachlichen Erfassungs- und Bewertungsansätze vergleichbar. Auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede wird näher in Kap. 4.3.3 eingegangen.

Grundwassergefährdung durch Nitratauswaschung

Definition und methodische Anmerkungen

Nitrat hat eine hohe Löslichkeit und wird als Anion im Boden nur in ganz geringem Maße sorbiert (geringe Sorptionskapazität; DIN 19732), so dass es leicht mit dem Sickerwasser in das Grundwasser verlagert werden kann.

Die **Nitratauswaschungsempfindlichkeit** wird durch langjährig unveränderliche pedologische und klimatische Faktoren anhand der Austauschhäufigkeit des Bodenwassers im effektiven Wurzelraum bestimmt (Methodik nach NIBIS, NLF 1997b).

Die **Belastung** beschreibt (kurzfristig) beeinflussbare Faktoren der Landnutzung. Es werden Art und Intensität der Landnutzung unterschieden.

Die Ermittlung des **Nitratauswaschungsrisikos** erfolgt durch die logische Verknüpfung von Empfindlichkeit und Belastung. Da die Bestimmung der Beeinträchtigung aufgrund der ver-

fügbaren Datengrundlagen und des methodischen Herangehens mit analytischen Unsicherheiten verbunden ist, wird einschränkend von Beeinträchtigungsrisiken gesprochen.

Die **Nitratkonzentration im Grundwasser** kann mit Hilfe von schlagbezogenen Stickstoffbilanzen und Sickerwassermengen errechnet werden. Konzentrationsberechnungen sind aufgrund unterschiedlicher methodischer Ansätze nicht direkt mit Auswaschungsrisiken zu vergleichen.

Die **tatsächliche Nitrat Auswaschung** kann im Gelände mit Hilfe von Bodenwasseranalysen (Einsatz von Saugkerzen) gemessen werden. Diese reflektieren in Abhängigkeit von Nutzungsart und Klimagang bei im Wesentlichen gleichbleibenden Bodenfaktoren zunächst den unmittelbaren Beobachtungszeitraum und geben nicht unbedingt Hinweise auf langjährige Durchschnittswerte. Die Ermittlung der Nitrat Auswaschungsempfindlichkeit wird durch die NIBIS-Methodenbank bereitgestellt (NLFB 1997b). Die Methodik der weiteren Arbeitsschritte ist im Anhang (Tab. A 4-3, Abb. A 4-3) dokumentiert.

Ergebnisse

Auf regionaler Ebene zeichnet sich hinsichtlich der **Nitrat Auswaschungsempfindlichkeit** folgendes Bild ab: 64 % des Untersuchungsgebietes können als gering oder sehr gering nitrat Auswaschungsempfindlich eingestuft werden, 21 % der Fläche erreichen mittlere Empfindlichkeiten und nur 6 % des Gesamtgebietes müssen als hoch nitrat Auswaschungsempfindlich klassifiziert werden. Die Klasse „sehr hoch“ ist im Gebiet überhaupt nicht vertreten.

Entsprechend der verhältnismäßig geringen Nitrat Auswaschungsempfindlichkeit muss im Gebiet nur auf 4,3 % der Flächen ein hohes oder sehr hohes **Nitrat Auswaschungsrisiko** angenommen werden. Auf über 78 % der Flächen ist ein geringes oder sehr geringes Auswaschungsrisiko zu verzeichnen. Landwirtschaftsflächen mit hohen und sehr hohen Nitrat Auswaschungsrisiken sind am stärksten in den Landschaftstypen Geest (G: 7,4 %), Binnendeichsflächen der Elbenebenflüsse (Nb: 14 %) und Talsandflächen (T: 15,6 %) vertreten; ausgedrückt als Flächenanteil des jeweiligen Landschaftstyps (vgl. Abb. 13).

Hier, sowie in den Stromland-binnendeichsflächen (B: 3,1 %), treten auch die höchsten Flächenanteile der mittleren Risikostufe auf.

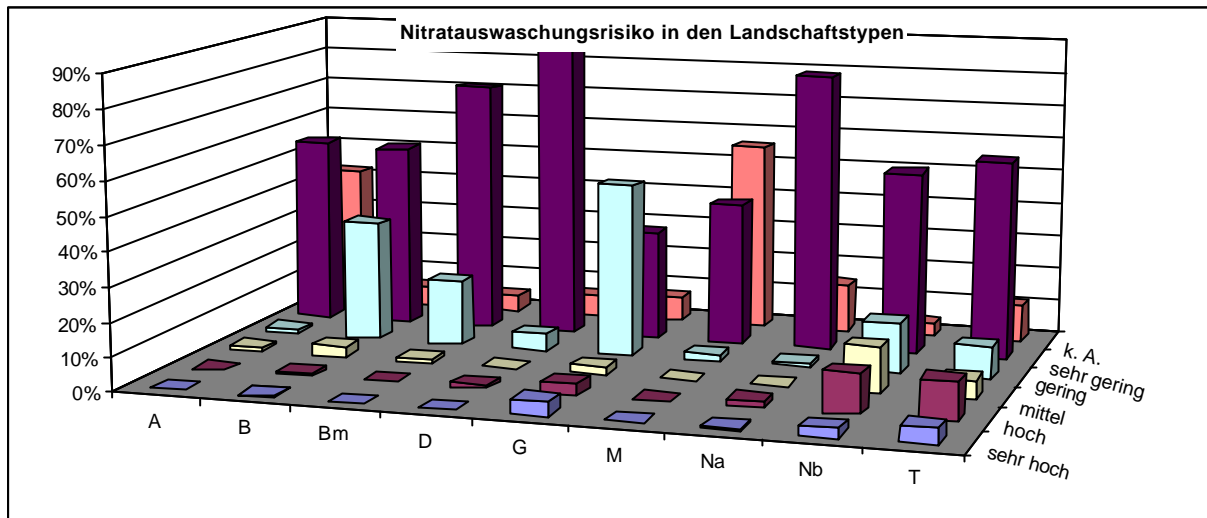


Abb. 13: Nitrat auswaschungsrisiko in den Landschaftstypen (Angaben in Prozent [%], Datenbasis BÜK 50, Biotoptypenkarte, Agrarstatistik)

(A: Außendeichs-Stromland, B: Binnendeichs-Stromland, Bm: Flussmarsch, D: Dünenfelder, G: Geestränder und -inseln, M: Niedermoor, Na: Nebenflüsse außendeichs, Nb: Nebenflüsse binnendeichs, T: Talsandflächen)

In den 7 Auswahlbetrieben zeichnet sich im Vergleich mit der Regionsebene eine andere Verteilung der **Empfindlichkeitsstufen** ab (vgl. Abb. 14). Lediglich 1 % der Betriebsflächen sind hoch nitrat auswaschungsempfindlich, 9,4 % der Flächen fallen in die Stufe mittel und der weitaus überwiegende Anteil hat keine oder nur geringe Auswaschungsempfindlichkeiten (89 %).

Die Empfindlichkeitsklassen verteilen sich sehr unterschiedlich auf die Betriebe. Während in Betrieb 4 und in Betrieb 6 jeweils rund ein Drittel der Ackerfläche mittel bis hoch nitrat auswaschungsempfindlich ist, fallen in den übrigen Betrieben zumeist deutlich geringere Flächenanteile in diese Klassen. Betrieb 4 und Betrieb 6 weisen mit 35 bzw. 37 % der Betriebsfläche den im Betriebsvergleich mit Abstand höchsten Anteil an mittel bis hoch austragsgefährdeten Flächen auf, gefolgt von Betrieb 5 (18,2 %) und Betrieb 3 (9,6 %).

Auffällig ist, dass der Anteil an Ackerflächen auf den mittel bis hoch auswaschungsempfindlichen Flächen mit 176 ha (6 % der Betriebsflächen) doppelt so hoch wie der der Grünländer ist.

Die im Gelände ermittelten Gefährdungsstufen der Nitrat auswaschung (Methodik nach AG BODENNUTZUNG IN WASSERSCHUTZ- UND -SCHONGEBIETEN, DBG 1992; ausführliche Dokumentation in URBAN et al. 2001) decken sich überwiegend mit den auf der Bodenschätzung basierenden Auswertungen des NIBIS. Abweichungen deuten wohl insbesondere auf die hohe Variabilität der pedologischen Verhältnisse in den Auen hin (vgl. Tab. A 4-3 im Anhang), die durch die Bodenschätzung nicht vollständig abgebildet werden.

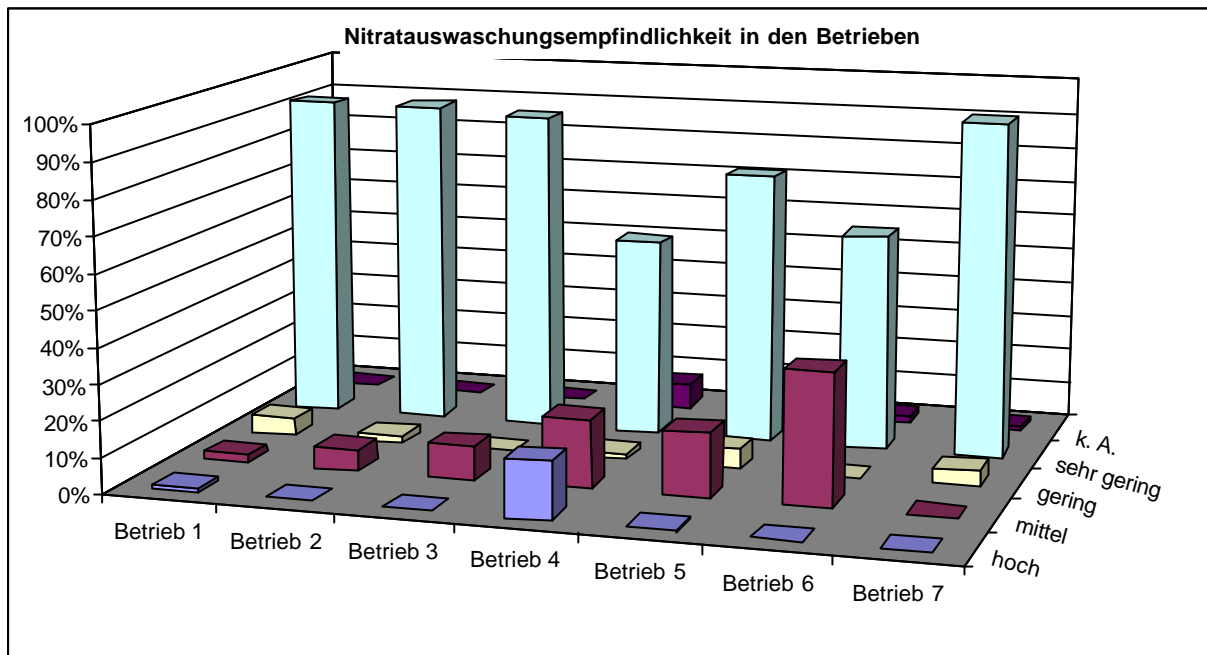


Abb. 14: Nitrat auswaschungsempfindlichkeit in den Auswahlbetrieben (Angaben in Prozent [%] der jeweiligen Betriebsflächengrößen)

Zur Bestimmung der **Grundwasserbelastung durch Nitrat** auf den Betriebsflächen werden - neben den konkreten Messungen über Grundwassermessbrunnen - auf Grundlage der Betriebsbefragungen und der Buchführungen Stickstoffbilanzen aufgestellt. Auf Gesamtbetriebsebene („Hoftorbilanz“) wird das Bilanzierungsmodell der LWK HANNOVER (1997) eingesetzt. Es werden die Nährelemente Stickstoff (N), Phosphat (P_2O_5) und Kali (K_2O) berücksichtigt (vgl. Tab. 13). Es handelt sich um Durchschnittswerte, die auf die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche umgelegt werden.

Im Durchschnitt aller Betriebe liegt der N-Bilanzsaldo bei 72 kg N/ha, die Stickstoffeffizienz bei 55 %. N-Bilanzüberschüsse von unter 100 kg N/ha sind für Milchvieh-Futterbaubetriebe verhältnismäßig niedrig.

Vergleichswerte aus der Literatur liegen in der Regel zwischen 100 und 200 kg N/ha (LWK SCHLESWIG-HOLSTEIN 1998). In den ermittelten Werten spiegelt sich die gute Flächenausstattung der Betriebe wider sowie die Tatsache, dass ein hoher Anteil der Betriebsflächen aufgrund ihrer Lage in Naturschutzgebieten oder im Außendeichsbereich verhältnismäßig extensiv bewirtschaftet wird. Darüber hinaus wird im regionalen Vergleich in den Auswahlbetrieben ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Marktfrüchten angebaut.

Tab. 13: Hoftorbilanzen für die Auswahlbetriebe im Wirtschaftsjahr 1997/98

Nährelement-Bilanz [kg/ha] ¹⁾	Auswahlbetriebe ³⁾					
	N	99	85	59	47	73
P₂O₅	24	2	9	11	11	-10
K₂O	45	38	0	22	5	-5
N-Effizienz ²⁾	60 %	51 %	51 %	68 %	45 %	52 %
Anmerkungen:						
¹⁾ Die Hoftorbilanz errechnet sich aus: <ul style="list-style-type: none"> • positive Bilanzglieder: Vieh-Zukauf, Futtermittel-Zukauf, Aufnahme von Wirtschaftsdünger, Aufnahme von Sekundärrohstoffdünger, Mineraldüngerverbrauch, Stickstofffixierung durch Leguminosen • negative Bilanzglieder: Vieh-Verkauf, Milch-/ Eier-Verkauf, Ernteprodukte, Abgabe von Wirtschaftsdünger, NH₃-Verluste bei der Viehhaltung, bei Lagerung und Ausbringung (LWK HANNOVER 1997). 						
²⁾ Die N-Effizienz errechnet sich aus dem N-Input/ N-Output * 100.						
³⁾ Die Hoftorbilanz konnte nur für 6 der 7 Auswahlbetriebe erstellt werden.						

Für eine differenziertere Analyse werden schlagspezifische N-Bilanzen für eine dreijährige Fruchtfolge erstellt (1997-1999). Mit Schlagbilanzen kann berücksichtigt werden, dass die im Betrieb eingesetzten Düngermengen nicht gleichmäßig auf alle Flächen verteilt werden. Die berücksichtigten Bilanzglieder sowie methodische Probleme bei der Aufstellung von Schlagbilanzen sind im Anhang und ausführlich bei ARUM (2001) dokumentiert.

Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse für einige typische Fruchtfolgen auf den Auswahlbetrieben.

Tab. 14: Fruchtfolgen und Stickstoffbilanzüberschüsse auf ausgewählten Schlägen in dreijährigen Fruchtfolgen verschiedener Auswahlbetriebe (beispielhafte Auswahl)

lfd. Nr.	Fruchtfolgejahre			über die Fruchtfolge gemittelter N-Überschuss [kg N/ha] ¹⁾
	1997	1998	1999	
1	Wintergerste	Raps	Raps	126
2	Raps	Winterweizen	Wintergerste	121
3	Winterweizen	Wintergerste	Winterweizen	90
4	Triticale	Triticale	Raps	86
5	Wintergerste	Raps	Winterweizen	86
6	Raps	Winterweizen	Triticale	73
7	Wintergerste	Triticale	Mais	65
8	Winterweizen	Wintergerste	Sommergerste	50
9	Triticale	(Stilllegung)	Mais	33
10	Winterroggen	Hafer	Mais	33
Anmerkungen:				
¹⁾ Zu Problemen und Einschränkungen der N-Bilanzberechnungen vgl. die Dokumentation im Anhang.				

Im Überblick der N-Bilanzen zeigt sich, dass insbesondere die Fruchtfolgen mit hohen Raps- oder Winterweizenanteilen hohe und z. T. sehr hohe Bilanzüberschüsse aufweisen. Es handelt sich hierbei um Fruchtarten, die während des Bilanzzeitraumes vergleichsweise hohe Deckungsbeiträge erzielt haben. In Einzelfällen treten auch in Mais-Fruchtfolgen sehr hohe Bilanzüberschüsse auf. Weiterhin wurde bei den Untersuchungen deutlich, dass aus gleichen Fruchtfolgen in den verschiedenen Betrieben z. T. deutlich unterschiedliche N-Bilanzsalden resultieren.

Aus den schlagspezifischen Sickerwassermengen und den N-Bilanzüberschüssen auf den Schlägen lässt sich für die jeweils betrachtete Fruchtfolge das **Beeinträchtigungsrisiko** des Grundwassers durch Nitratauswaschung ermitteln. Das Ergebnis wird als rein rechnerisch ermittelte Nitratkonzentration im Sickerwasser [$\text{mg NO}_3/\text{l}$] angegeben (vgl. Abb. 15). Je höher die Nitratkonzentrationen im Sickerwasser, desto höher ist das Beeinträchtigungsrisiko des Grundwassers.

Ein wesentlicher Faktor, der bei der Bestimmung der Nitratkonzentration im Sickerwasser zu berücksichtigen ist, ist die **Denitrifikation**. Die Denitrifikationsrate steigt im Allgemeinen mit zunehmenden Bodenwassermengen und Bodentemperaturen sowie einem erhöhten Angebot an leicht zersetzbarer organischer Substanz (FREDE & DABBERT 1998). Die stark schwankenden Grundwasserstände auf Auenstandorten sowie Überflutungen erschweren daher eine Abschätzung potenzieller Denitrifikationsraten. BECKER (1993; zit. in FREDE & DABBERT 1998) sowie GÄTH et al. (o. J.) haben anhand gemessener Nitrattiefenprofile und bilanzierter N-Überschüsse für verschiedene Standorte überschlägig die Denitrifikationspotenziale ermittelt (vgl. Tabelle A 4-3 im Anhang). Sie können für Auenböden und Gleye, mit 6 bis 9 Monaten Grundwassereinfluss innerhalb des Wurzelraumes, 50 bis über 150 kg N/ha^*a betragen. Steht das Grundwasser hingegen überwiegend in der unterlagernden Kiesschicht an, so betragen die Denitrifikationsraten nur 10 bis 30 kg N/ha^*a (ebd.).

Die auf den Probeflächen im Gelände ermittelten Denitrifikationsraten liegen erheblich unter diesen Werten. Die Unterscheidung in binnen- oder außendeichs gelegene Flächen scheint dabei keine Rolle zu spielen, ebenso wenig der Bodentyp und der Grundwasserflurabstand (Grundlage Bo 5 bzw. Geländeaufnahmen): Gleiche Bodentypen mit ähnlichen Grundwasserverhältnissen schwanken in ihren gemessenen Denitrifikationskapazitäten von 5 bis 50 kg N/ha .

Zur Berechnung der Ergebnisse in Abbildung 14 wurde pauschal und standortunabhängig eine Denitrifikationsrate von 50 % angesetzt. Sie schwankt damit - gemessen an den Beispielen aus Tabelle 14 - zwischen 16 und 63 kg N/ha^*a .

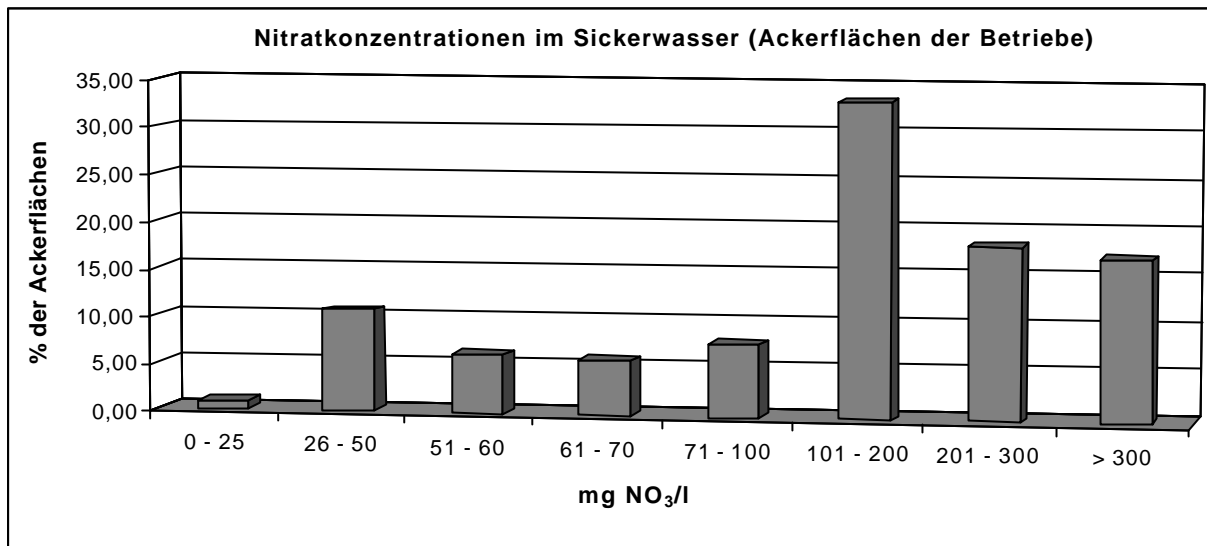


Abb. 15: Gemittelte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser auf den Ackerflächen der Auswahlbetriebe über die Fruchtfolge 1997-1999 ([mg NO₃/l]; Annahme: 50 % Denitrifikation der N-Überschüsse; für 6 der 7 Auswahlbetriebe)

Abbildung 15 zeigt, dass 11,6 % der betrachteten Ackerflächen Nitratkonzentrationen bis 50 mg NO₃/l im Sickerwasser aufweisen. In die Klasse 50 bis 100 mg NO₃/l fallen 19,8 % der Flächen. Sehr hohe Nitratkonzentrationen von über 100 mit Spitzenwerten bis 500 mg NO₃/l treten auf insgesamt 68,6 % der Ackerflächen auf.

Obwohl also die Nitrat auswaschungsempfindlichkeit überwiegend als gering eingestuft wird, werden auf zwei Drittel der Flächen sehr hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser berechnet. Hierbei handelt es sich jedoch nur scheinbar um einen Widerspruch. Während geringe Sickerwassermengen eine geringe Wahrscheinlichkeit der Nitratverlagerung implizieren, ist gleichzeitig der Verdünnungseffekt für eingewaschene Stickstoffverbindungen gering, so dass hohe Nitratkonzentrationen im Sickerwasser entstehen (zur ausführlichen Diskussion dieser Problematik vgl. ARUM 2001).

Da im Untersuchungsgebiet überwiegend Sickerwassermengen in der Größenordnung von 50 bis 200 mm/a auftreten (NLF 1998/99), sind bei landwirtschaftlicher Nutzung schnell erhöhte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser nachweisbar. Das haben auch die Untersuchungen von Boden- und Grundwasser gezeigt (ausführliche Darstellung in URBAN et al. 2002). Sie spiegeln jedoch nicht ein so einheitliches Bild wider, wie aufgrund der oben aufgezeigten Berechnungen zu vermuten wäre. Vielmehr machen sich kleinräumige Standortvariabilitäten, der Witterungsverlauf, Bewirtschaftungszeitpunkte etc. stark in einem sehr heterogenen Ergebnisbild bemerkbar. Dabei ist zu berücksichtigen, dass dieses Ergebnisbild Vorgänge der Stoffverlagerung im Beobachtungszeitraum reflektiert und nicht langjährige Durchschnittswerte. Dennoch wird erwartungsgemäß deutlich, dass die Grundwasserbeeinträchtigung durch Stickstoffverbindungen unter Ackernutzung generell um ein Vielfaches höher liegt als unter Grünlandnutzung. Dieser Sachverhalt muss bei der Formulierung von Grundwasserschutzmaßnahmen (vgl. Kap. 5.4.2) berücksichtigt werden (vgl. Tab. 15).

Tab. 15: Auf den Probeflächen ermittelte Werte der Nitratauswaschungsempfindlichkeit sowie der Nitratkonzentration im Boden- und Grundwasser

berechnete Nitratauswaschungsempfindlichkeit (nach DBG 1992)	gemessene Nitratkonzentrationen [mg NO ₃ /l]			
	unter Acker		unter Grünland	
	im Bodenwasser	im Grundwasser	im Bodenwasser	im Grundwasser
sehr gering	156,04	36,02	—	1,40
	34,57	18,36	—	0,49
gering	62,41	—	—	0,30
	16,99	55,99	1,09	0,06
			3,14	0,86
			—	0,38
			210,79	2,29
gering – mittel	57,32	54,07	—	1,40
			1,15	1,06
hoch	109,63	121,35		

Bodengefährdung durch Schadverdichtungen

Bodenverdichtung wird definiert als Zunahme der Bodenlagerungsdichte bzw. Verringerung des Porenvolumens gegenüber dem Ausgangswert (DÜRR et al. 1994). Dieser Vorgang hat z. T. natürliche Ursachen und wird durch das Eigengewicht von Böden bedingt.

Aus landwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Sicht müssen hiervon **Bodenschadverdichtungen** unterschieden werden. Sie liegen aus landwirtschaftlicher Sicht dann vor, wenn es entweder durch zu hohe mechanische Festigkeit des Bodens zu direkten oder durch die Störung des Luft- und Wasserhaushaltes zu indirekten Wachstumsstörungen der Pflanzenwurzeln kommt (FRIELINGHAUS et al. 1997). Aus naturschutzfachlicher Sicht kann dann von Bodenschadverdichtungen gesprochen werden, wenn sich Wasser-, Luft- und Stoffhaushalt von Böden durch anthropogene Belastungen erheblich verändern und es somit zu verstärkten Oberflächenabflüssen, (Nähr-) Stoffverlusten oder verändertem Bodenleben kommt, um nur einige Beispiele zu nennen.

Die Bestimmung der Bodengefährdung durch Schadverdichtungen folgt sinngemäß der methodischen Beschreibung in Kap. 4.3.1 (Grundwassergefährdung durch Nitratauswaschung). Die Ermittlung der Verdichtungsempfindlichkeit wird durch die NIBIS-Methodenbank bereitgestellt (NLFB 1997b). (Bewirtschaftungsanforderungen s.a. Tab. A 4-5, Tab. A 4-6 und Auswirkungen Abb. A 4-1 im Anhang).

Es werden verschiedene Formen der Bodenschadverdichtung unterschieden (vgl. Tab. 16). Von besonderer Bedeutung sind die Unterboden- und Krumbasisverdichtungen, da die Wiederherstellung der Bodenfunktionen in schadverdichteten Unterböden weder durch Naturkräfte noch durch mechanische Bodenlockerung vollständig gelingt (PETELKAU 1998). Sie werden durch hohe Rad-/ Achslasten verursacht. Durch das übliche Fahren in der Pflugsohle wird ihre Tiefenwirkung auf den Unterboden zusätzlich verstärkt. Weitere mögliche Auswir-

kungen von Bodenschadverdichtungen werden in der Abbildung A 4-1 im Anhang aufgezeigt.

Tab. 16: Formen der Bodenschadverdichtung in der Landwirtschaft (DVWK 1998; FRIELINGHAUS et al. 1997; PETELKAU 1998)

Krumenverdichtung	<ul style="list-style-type: none"> - tritt im Pflughorizont auf und soll durch regelmäßige Bodenbearbeitung (Pflügen, Fräsen, Grubbern) beseitigt werden - besonders auf bindigen Böden häufig Fragmentkörper mit hoher Inneraggregatdichte (schleichender Strukturverlust)
Krumenbasisverdichtung	<ul style="list-style-type: none"> - tritt unterhalb des Pflughorizontes auf und wird durch den Raddruck landwirtschaftlicher Maschinen verursacht - insbesondere verursacht durch das Fahren in der Pflugfurche beim Pflügen - Mächtigkeit der Verdichtungshorizonte von 20-30 cm
Pflugsohlenverdichtung	<ul style="list-style-type: none"> - tritt unterhalb des Pflughorizontes auf und wird durch einheitliche Pflugtiefen verursacht - besondere Gefahr beim Pflügen unter zu feuchten Bedingungen
Unterbodenverdichtung	<ul style="list-style-type: none"> - tritt unterhalb von ca. 50 cm Tiefe auf und wird durch hohe Radlasten landwirtschaftlicher Maschinen verursacht - besonders schwer regenerierbare Unterbodenverdichtungen durch hohe Radlasten (Maschinengewicht je Rad) können nur bedingt durch Reduzierung der Kontaktflächendrücke (Gewichtskraft je Aufstandflächeneinheit), d. h. Einsatz breiterer Reifen, reduziert werden

Insbesondere Böden mit hohen Schluff- und Tongehalten sowie solche mit einem breiten Spektrum an Kornfraktionen erweisen sich als hoch **verdichtungsempfindlich**. Hierzu müssen eine Vielzahl der Auen- und Gleyböden mit einem Flächenanteil von 39 % des Untersuchungsgebietes gerechnet werden (vgl. Abb. 16). Da diese häufig zu den fruchtbaren Standorten zählen, werden sie landwirtschaftlich genutzt (Landschaftstypen B, Bm, Na). So ergibt sich, dass fast alle hoch bis äußerst hoch verdichtungsempfindlichen Böden unter Acker- oder Grünlandnutzung liegen (insgesamt 35 % des Gesamtgebietes), wo ein erhöhtes Beeinträchtigungsrisiko angenommen werden muss. 46 % aller Böden können jedoch als nicht oder sehr gering verdichtungsempfindlich eingestuft werden. Hierbei handelt es sich überwiegend um Sandstandorte.

Nach der **Risikobewertung** müssen auf 25 % des Gesamtgebietes (16 % Acker und 9% Grünland) hohe oder sehr hohe **Verdichtungsrisiken** angenommen werden.

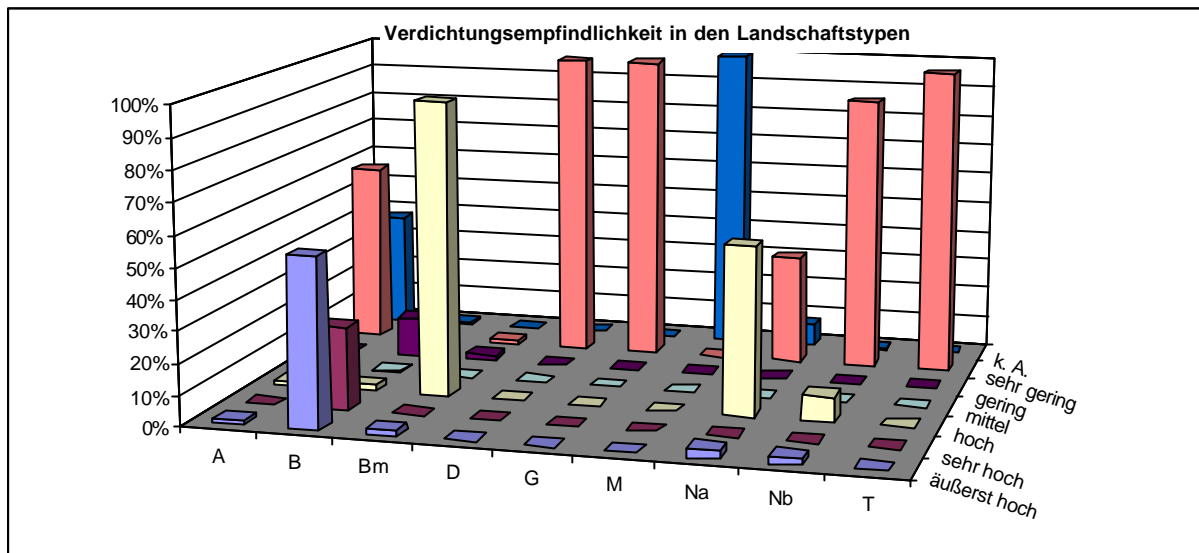


Abb. 16: Verdichtungsempfindlichkeit in den Landschaftstypen (Angaben in Prozent [%], Datenbasis BÜK 50)

(A: Außendeichs-Stromland, B: Binnendeichs-Stromland, Bm: Flussmarsch, D: Dünenfelder, G: Geestränder und -inseln, M: Niedermoor, Na: Nebenflüsse außendeichs, Nb: Nebenflüsse binnendeichs, T: Talsandflächen)

Auf Betriebsebene zeichnet sich folgendes Bild ab (vgl. Abb. 17): Die verdichtungsempfindlichen Böden werden zu fast 100 % landwirtschaftlich genutzt, wobei 34 % der Betriebsflächen als hoch bis äußerst hoch verdichtungsempfindlich eingestuft werden.

Hoch verdichtungsempfindliche Böden werden erwartungsgemäß in geringerem Umfang ackerbaulich als für die Grünlandwirtschaft genutzt. Dies zeigen die vergleichenden Analysen auf Regions- wie auch - noch deutlicher - auf Betriebsebene. Im Betriebsdurchschnitt liegen 6% der äußerst hoch verdichtungsempfindlichen Böden unter Grünlandnutzung, hingegen nur 1% unter Ackernutzung.

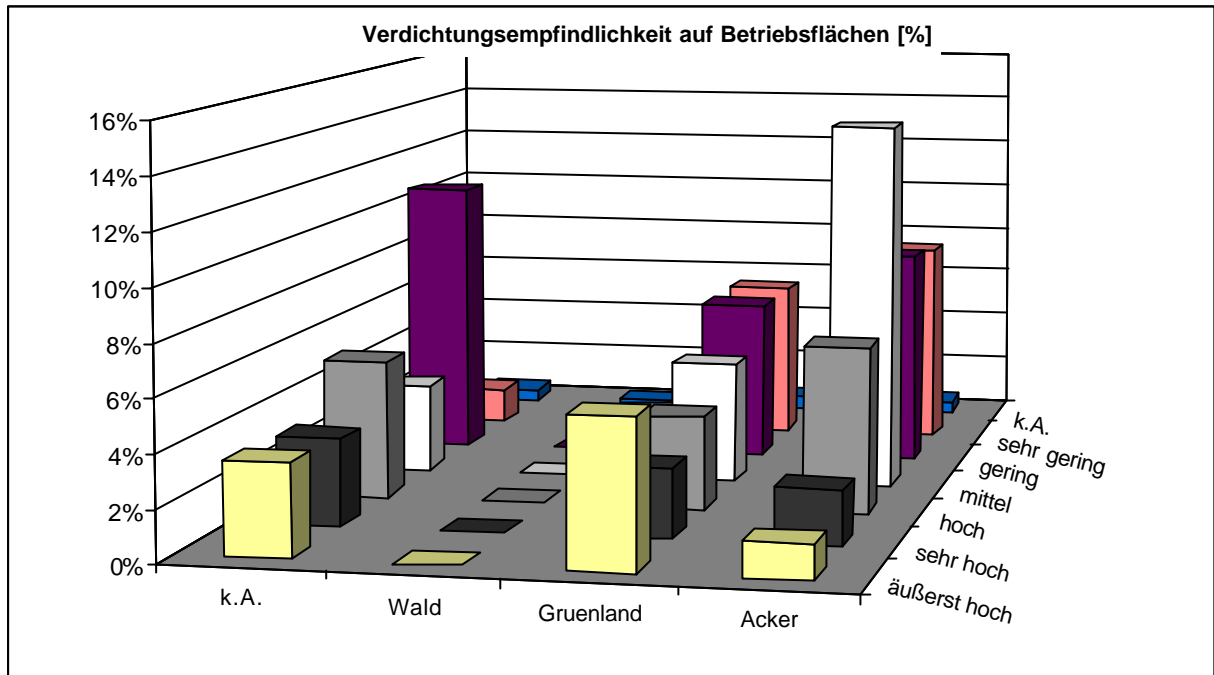


Abb. 17: Verteilung der Klassen der Verdichtungsempfindlichkeit in den Betrieben auf die Nutzungstypen (Flächenangaben in Prozent [%]; Datenbasis Bo 5 und Betriebsbefragungen)

Die Verdichtungsempfindlichkeiten sind auf den Betrieben jedoch nicht gleichmäßig verteilt. Je nach naturräumlicher Lage lassen sich vielmehr unterschiedliche Anteile an den Gefährdungsstufen konstatieren (vgl. Abb. 18). Betrieb 1 ist mit 88% der Betriebsflächen in den Empfindlichkeitsstufen hoch bis äußerst hoch am stärksten betroffen, Betrieb 2 mit nur 13% am geringsten.

Auch die Nutzungsverteilung auf den hoch verdichtungsempfindlichen Böden weicht in den einzelnen Betrieben deutlich vom Betriebsdurchschnitt ab: Auf Betrieb 1 liegen 73% der hoch verdichtungsempfindlichen Böden unter Ackernutzung, im Betrieb 2 sind es nur 7%, so dass im ersten Fall fast alle hoch verdichtungsempfindlichen Standorte auch ackerbaulich genutzt werden, im Betrieb 2 gut die Hälfte. Betrieb 4 weist insgesamt 38% hoch verdichtungsempfindliche Standorte auf seiner Fläche auf, hat davon jedoch nur 7% unter Ackernutzung.

Dieses differenzierte Bild muss sich in den erforderlichen Maßnahmen widerspiegeln.

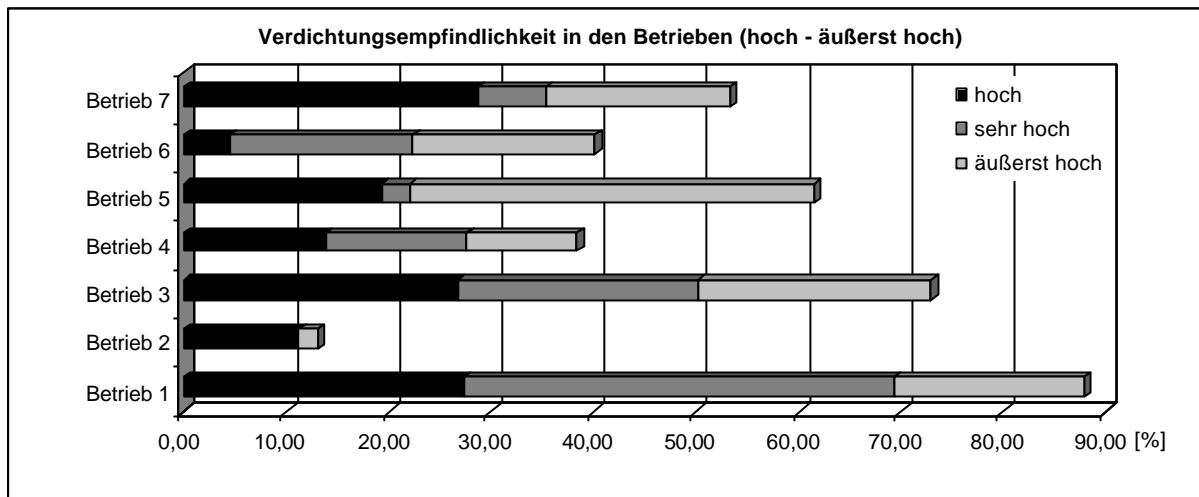


Abb. 18: Anteile an den hohen bis äußerst hohen Verdichtungsempfindlichkeitsstufen in den Betrieben in Bezug auf die jeweilige Betriebsfläche (Angaben in Prozent [%], Datenbasis Bo 5)