

# GeoBerichte 40



LANDESAMT FÜR  
BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE



Erläuterung zur BK50  
von Niedersachsen



Niedersachsen





## **GeoBerichte 40**

Landesamt für  
Bergbau, Energie und Geologie

### **Erläuterung zur BK50 von Niedersachsen**

**ERNST GEHRT, IRMIN BENNE,  
SVEN EVERTSBUSCH, KARSTEN KRÜGER &  
SILVIA LANGNER**

Hannover 2021

## Impressum

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Stilleweg 2  
30655 Hannover  
Tel. (0511) 643-0  
Fax (0511) 643-2304

Download unter [www.lbeg.niedersachsen.de](http://www.lbeg.niedersachsen.de)

1. Auflage.

Version: 03.11.2021

Redaktion: Ricarda Nettelmann  
Mail: [bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de](mailto:bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de)

Titelbild: E.Gehrt (LBEG).

ISSN 1864–6891 (Print)

ISSN 1864–7529 (digital)

DOI 10.48476/geober\_40\_2021

GeoBer.	<b>40</b>	S. 3 – 282	125 Abb.	100 Tab.	Hannover 2021
---------	-----------	------------	----------	----------	---------------

## Erläuterung zur BK50 von Niedersachsen

ERNST GEHRT, IRMIN BENNE, SVEN EVERTSBUSCH, KARSTEN KRÜGER & SILVIA LANGNER

mit Beiträgen von JAN BUG, RAMONA EILERS, DIRK PRAUSE, JAN SBRESNY & ANJA WALDECK

### Kurzfassung

Mit der Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50) liegt für ganz Niedersachsen die aktuellste Boden-Flächendatenbank vor. Sie löst die bis Ende 2017 verwendete BÜK50 ab. Mit 13.000 Legendeneinheiten und 196.000 Flächen enthält die BK50 hochauflösende Informationen über die Verbreitung der Böden in Niedersachsen. In ihrer inhaltlichen Ausrichtung berücksichtigt sie sowohl die Bodenfunktionen als auch die Relevanz für Anwendungen und den Bodenschutz. Standardisierte Methoden gewährleisten schnelle und zuverlässige thematische Auswertungen. Sie finden Anwendung in den Landkreisen, den Gemeinden oder auf Landesebene, beispielsweise im Boden- und Umweltschutz, bei Fragen der Grundwasserneubildung oder der Trassenplanung in Niedersachsen. Darüber hinaus bietet die BK50 Bodeninformationen für zahlreiche Bereiche der Forschung und der Öffentlichkeit.

Mit der Erfahrung aus 40 Jahren praktischer Kartiertätigkeit, umfangreichen Laboranalysen sowie zusätzlich mit der systematischen Sichtung und Interpretation von flächendeckend vorliegenden Basisinformationen aus Geologie, Bodenschätzung, Forstlicher Standortkartierung, digitalen Geländemodellen (DGM) etc. ist mit den heutigen Möglichkeiten der Datenhaltung und Datenauswertung eine grundsätzlich neue Herangehensweise bei der Konzeptionierung und Erstellung der Bodenkarte 1 : 50.000 möglich geworden.

Diese wird im vorliegenden Erläuterungsheft in den folgenden vier Abschnitten beschrieben:

Teil 1 erläutert die wesentlichen Merkmale und Inhalte der Bodenkarte sowie die Leitlinien der Bodenprofilbeschreibung,

Teil 2 beschreibt neben den Informationsquellen die Erstellung der Flächen- und Sachdaten der Grundkarte,

Teil 3 führt die Vorgehensweise bei der Nutzungsdifferenzierung der Flächen- und Sachdaten aus,

Teil 4 beinhaltet technische Erläuterungen und Angaben zum Datenmodell.

## Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Teil 1: Charakterzüge und Inhalte der BK50 von Niedersachsen</b> .....	<b>8</b>
1.1. Einleitung .....	8
1.1.1. Bodenkartierung zwischen der individuellen Kartierung und dem Modell der Bodendecke. ....	8
1.1.2. Anmerkungen zum Erläuterungsheft .....	9
1.2. Übersicht über die Erstellung der BK50.....	10
1.2.1. Konzeption der BK50 .....	10
1.2.2. Projektverlauf und Arbeitsaufwand .....	12
1.3. Kennzeichen der BK50 von Niedersachsen .....	16
1.3.1. Einheitlicher topografischer Bezug und generelle kartografische Vorgaben .....	16
1.3.2. Landesweit einheitliche Erstellung.....	16
1.3.3. Ausrichtung der Inhalte an Bodenfunktionen.....	17
1.3.4. Wirkungsgefüge als eindeutiges und zentrales Instrument zur Beschreibung der Kartiereinheiten.....	20
1.3.5. Pedoregionale Gliederung .....	23
1.3.5.1. Umsetzung der pedoregionalen Gliederung in der BK50 .....	25
1.3.5.2. Bodenregionen und Bodengroßlandschaften .....	26
1.3.5.3. Bodenlandschaften .....	28
1.3.6. Abstimmung mit anderen Kartenwerken und Informationsebenen.....	29
1.3.6.1. Übernahme der geologischen Kenntnisse.....	30
1.3.6.2. Bodenschätzung und Forstliche Standortkartierung .....	30
1.3.6.3. ATKIS®-Daten und Historische Karten zur Landbedeckung.....	31
1.3.6.4. Reliefinformationen .....	32
1.3.7. Ausschärfung der Substratbeschreibungen.....	33
1.3.8. Neukartierung der geologischen und bodenkundlichen Einheiten im Küstenholozän.....	35
1.3.9. Regionale Gliederung der Talauen und Abschwemmmassen .....	35
1.3.10. Bodenflächendatenbank mit generalisierten Flächen- und Sachdaten .....	37
1.3.11. Kennzeichnung der Qualität.....	38
1.3.12. Erstellung von Auswertungskarten im LBEG .....	42
1.4. Leitlinien der Bodenbeschreibung.....	44
1.4.1. Ausgangsgesteine der Bodenbildung .....	45
1.4.1.1. Böden aus holozänen Gesteinen.....	47
1.4.1.2. Böden aus weichselzeitlichen Sedimenten mit geringer periglazialer Überprägung.....	50
1.4.1.3. Böden aus periglazialen Deckschichten .....	51
1.4.1.4. Autochthone und allochthone Fließerdien und Hangschutte im Bereich der Steilhänge des Berglandes .....	58
1.4.2. Bodentypologische Gliederung.....	62
1.4.2.1. Auswahl der Bodentypen für die BK50 und Ableitung aus dem Wirkungsgefüge.....	62
1.4.2.2. Beschreibung der terrestrischen mineralischen Böden .....	64
1.4.2.3. Böden mit Grund- oder Stauwassereinfluss (hydromorphe Böden) .....	84
1.4.2.4. Böden der Hoch- und Niedermoore .....	95
1.4.2.5. Bodenentwicklung in Watt und Marsch.....	100
1.4.2.6. Horizontkürzel der Schwefeldynamik.....	102
1.4.2.7. Bodentypen in Watt und Strand .....	103
1.4.2.8. Bodentypen der Marsch .....	109
1.4.2.9. Anthropogene Böden und Kultsole .....	118
1.5. Ausblick .....	126

<b>2.</b>	<b>Teil 2: Erstellung der BK50 .....</b>	<b>129</b>
2.1.	Einleitung.....	129
2.2.	Erstellung der Bodenflächendaten.....	129
2.2.1.	Entwicklung der Verfahrensweise.....	129
2.2.2.	Ablauf der Erstellung.....	130
2.3.	Arbeitsprinzip bei der Erstellung der Flächendaten .....	131
2.4.	Beschreibung des Erstellungsprozesses .....	135
2.4.1.	Kartiervorbereitung.....	135
2.4.1.1.	Erstellung der Konzeptkarten.....	135
2.4.1.2.	Standardisierung der Konzeptkarten .....	135
2.4.2.	Erstellung der Grundlage für die Manuskriptkarte .....	135
2.4.2.1.	Generalisierung der GK50 .....	137
2.4.2.2.	Verschneidung der präprozessierten Reliefeinheiten mit der generalisierten Geologischen Karte (GK50_GENE).....	140
2.4.2.3.	Zuweisung der Bodenregionen und -großlandschaften.....	141
2.4.2.4.	Zuweisung dominanter pedogener Eigenschaften (Vergleyung, Pseudovergleyung, Podsolierung) auf Grundlage des Ausgangsgesteins.....	142
2.4.2.5.	Prüfung der Eintragungen .....	142
2.4.3.	Einarbeitung der anthropogenen Veränderungen.....	143
2.4.3.1.	Übernahme der anthropogen veränderten Flächen ohne bodenkundlichen Inhalt (Abtrags- und Auftragsflächen) .....	143
2.4.3.2.	Abgrenzung der Kultosole.....	143
2.4.3.3.	Ausweisung der Plaggenesche.....	144
2.4.4.	Ergänzung petrographischer Angaben .....	146
2.4.4.1.	Regionale Gliederung der Sande.....	146
2.4.4.2.	Differenzierung der Bodenarten in den oberen Dezimetern .....	148
2.4.5.	Ergänzung geogenetischer Angaben zur Differenzierung der Substratbeschreibung.....	149
2.4.5.1.	Differenzierung und Gliederung der talgebundenen Sedimente.....	151
2.4.5.2.	Ergänzung der Löss- und Sandlöss- .....	157
2.4.5.3.	Anpassung der Flugsande und Dünen .....	158
2.4.5.4.	Ausprägung der Deckschichten und Hangschutte.....	160
2.4.5.5.	Ergänzung der Geschiebelehne und Beckenablagerungen .....	160
2.4.5.6.	Ergänzung der Informationen zu Hoch- und Niedermooren sowie der Mudden .....	161
2.4.6.	Bodengenetische Spezifikationen .....	165
2.4.6.1.	Tschernoseme.....	165
2.4.6.2.	Podsole .....	167
2.4.6.3.	Gleye, Brauneisengleye und Pseudogleye .....	170
2.5.	Neukartierung von Geologie und Böden des Küstenholozäns .....	176
2.5.1.	Inseln und Deichvorländer .....	176
2.5.2.	Bodengroßlandschaft Watt und die Einheiten des Deichvorlandes.....	178
2.5.3.	Bodengroßlandschaft Marschen und Moore im Tideeinflussbereich.....	180
2.5.3.1.	Konzept der Neukartierung der Marsch .....	180
2.5.3.2.	Arbeitsschritte bei der Marschenkartierung .....	181
2.6.	Qualitätsprüfung der BK50 im Erstellungsprozess .....	184
2.7.	Erstellung der Sachdaten.....	185
2.7.1.	Ergänzung der Titeldatenlegende.....	185
2.7.2.	Ableitung der inhaltlichen Beschreibung (Sachdaten) .....	187
2.7.3.	Sachdatenerstellung bei den Böden der Marsch .....	193
2.7.4.	Bodenvergesellschaftung.....	193

<b>3.</b>	<b>Teil 3: Nutzungsdifferenzierung und Qualitätssicherung der BK50n.....</b>	<b>196</b>
3.1.	Hintergründe und Anforderungen an die Differenzierung von Bodenkarten durch die Landnutzung .....	196
3.2.	Durchführung der Nutzungsdifferenzierung .....	196
3.2.1.	Anpassung der Flächendaten .....	197
3.2.1.1.	Daten zur Landnutzung.....	197
3.2.1.2.	Festlegung der Nutzungsvarianten .....	197
3.2.1.3.	Generierung der Nutzungsebene.....	198
3.2.1.4.	Einarbeitung der Nutzungsebene in die BK50-Grundkarte .....	200
3.2.1.5.	Beschreibung und Validierung der Landnutzungsverteilung und Flächenstatistik .....	201
3.3.	Anpassung der Bodenprofile an die Nutzungsvarianten.....	202
3.3.1.	Nutzungstypische Ausprägung von Oberböden .....	204
3.3.2.	Humusgehalte in Oberböden .....	206
3.3.3.	Organische Auflagehorizonte (Humusformen) unter Wald .....	207
3.3.4.	Angaben zu den Grundwasserständen in hydromorphen Böden.....	210
3.3.4.1.	Von den Angaben der Grundkarte zu den potenziell natürlichen Wasserständen.....	211
3.3.4.2.	Nutzungsdifferenzierte Wasserstände .....	216
3.3.5.	Stauwasserbeeinflusste Böden.....	220
3.3.6.	Profilverkürzungen durch Erosion.....	221
3.3.7.	Nutzungsabhängige Änderungen im Bodentyp .....	222
3.4.	Qualitätssicherung durch den Vergleich der BK50n mit der BÜK50n .....	224
3.4.1.	Differenzen zwischen der Bodentypologie der BK50 und der BÜK50.....	224
3.4.2.	Evaluierung der BK50n durch Auswertungsmethoden .....	228
<b>4.</b>	<b>Teil 4: Informationen zu den Bodenflächendaten – Technische Dokumentation .....</b>	<b>233</b>
4.1.	Einleitung .....	233
4.2.	Datenorganisation und -bereitstellung .....	233
4.2.1.	Grundlagen zur Datenorganisation .....	233
4.2.2.	Bodenkundliche Kartenprodukte.....	234
4.2.3.	Bereitstellung und Abgabe von Daten .....	236
4.3.	Informationen zu den Bodenflächendaten der BK50 .....	236
4.3.1.	Aufbau der Bodenflächendatenbank.....	236
4.3.1.1.	Datenstruktur im NIBIS®.....	236
4.3.1.2.	Sachdatentabellen der Datenbank.....	237
4.3.2.	Beschreibung der Datenfeldinhalte .....	242
4.3.2.1.	Allgemeine Sonderzeichen .....	242
4.3.2.2.	Bodenlandschaftliche Gliederung .....	243
4.3.2.3.	Kartiereinheiten .....	244
4.3.2.4.	Profilbezogene Daten .....	246
4.3.2.5.	Horizontbezogene Daten .....	255
<b>5.</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>265</b>

## Vorwort

Der Boden ist die obere belebte Schicht der Erdkruste und wird durch verschiedene Ausgangsgesteine, Wasser- und Klimaeinflüsse, Relief sowie Eingriffe durch den Menschen geprägt. Böden sind vielfältig in Aussehen und Eigenschaften, nicht vermehrbar und erfüllen in der Umwelt zahlreiche zentrale Funktionen: Sie sind die wesentliche Grundlage für die Produktion unserer Nahrungsmittel. Mit der Nutzung des Bodens durch den Menschen wird der Boden durch vielfältige Eingriffe in seinen Funktionen gefördert, z. T. aber auch beeinträchtigt, belastet oder irreversibel zerstört. Neben der Naturgeschichte wird im Boden auch die Kulturgeschichte archiviert.

Um unsere komplexe Umwelt genauer zu fassen, wurden die Schutzgüter Mensch, Wasser, Luft, Klima, Landschaft, Flora und Fauna und Boden definiert. In der jüngeren Vergangenheit ist durch Trockenjahre, steigende Temperaturen und erhöhte Feinstaubbelastung die Sensibilität für die Schutzgüter Klima und Luft im kommunalen Bewusstsein angekommen. Die Auswirkungen des Klimawandels hinsichtlich der Verfügbarkeit von Wasser bzw. Wasserknappheit verdeutlichen den starken Zusammenhang der Schutzgüter untereinander. Der Boden hat dabei zentrale Bedeutung (vgl. Bundes-Bodenschutzgesetz (BBODSCHG 1998)).

Die Vielfältigkeit der Böden und deren Verbreitung wird in Bodenkarten abgebildet. Diese sind damit ein wesentliches Bindeglied zwischen der wissenschaftlichen Erhebung von Bodendaten und der praktischen Anwendung im Land. Das Niedersächsische Bodenschutzgesetz (NBODSCHG 1999, § 8) verdeutlicht die Notwendigkeit, bodenkundliche und geowissenschaftliche Entscheidungsgrundlagen zur Sicherung der Funktionen des Bodens im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS®) bereitzustellen.

Mit der Bodenkarte 1 : 50.000 von Niedersachsen (BK50) wurde 2017 eine neue Generation bodenkundlicher Basisinformationen für unterschiedliche Fragestellungen der Planungspraxis in der mittleren Planungsebene abgeschlossen. Sie ist z. B. über den Kartenserver des LBEG oder in Rahmenkarten (Plotausgabe) verfügbar. In diesem Geobericht werden die Eigenschaften der Bodenkarte, die Grundzüge der Boden- und Substratentwicklung, die Erstellung

der Karte und die Anpassung der Grundeinheiten an die jeweiligen Nutzungen beschrieben. Die technische Dokumentation gibt Erläuterungen zur Anwendung und enthält Schlüssel-

listen. Mit den digitalen Möglichkeiten der Datenhaltung und Datenauswertung wurde eine moderne Herangehensweise bei der Konzeptionierung und Erstellung der Bodenkarte möglich. Die Bodenkarte beruht auf der Erfahrung aus über 50 Jahren praktischer Kartiertätigkeit und umfangreichen Laboranalysen sowie der Auswertung flächendeckend vorliegender Informationen. Zusammen bieten diese die Möglichkeit, die Verbreitung der Böden oder deren Teilkomplexe landesweit räumlich darzustellen und die Parameter für die Beschreibung der bodenkundlichen Inhalte zu definieren und auszuwerten. Standardisierte Methoden gewährleisten Auswertungen zu vielen Themen.

Sie finden Anwendung in den Landkreisen, den Gemeinden oder auf Landesebene, beispielsweise im Boden- und Umweltschutz, bei Fragen der Grundwasserneubildung oder der Trassenplanung in Niedersachsen. Darüber hinaus bietet die BK50 Bodeninformationen für zahlreiche Bereiche der Forschung und der Öffentlichkeit.

Ich wünsche Ihnen bei der Lektüre dieses Geoberichts zur BK50 viel Freude und neue Erkenntnisse.

Carsten Mühlenmeier

Präsident LBEG



# 1. Teil 1: Charakterzüge und Inhalte der BK50 von Niedersachsen

ERNST GEHRT, IRMIN BENNE, SVEN EVERTS-BUSCH, KARSTEN KRÜGER & SILVIA LANGNER, mit Beiträgen von JAN BUG

## 1.1. Einleitung

### 1.1.1. Bodenkartierung zwischen der individuellen Kartierung und dem Modell der Bodendecke

Die Bedeutung der Erhebung von Bodendaten und deren Darstellung in Karten ist seit über hundert Jahren anerkannt. Im Laufe der Zeit wurden die Kenntnisse spezifischer, die gesellschaftlichen Anforderungen vielseitiger und die Auswertungsmethoden zielgerichteter. Durch die Sammlung von Informationen zum Boden und die Datenverarbeitung änderten sich auch die Medien der Verarbeitung und Darstellung. Nach den ersten landesweiten Bodenkarten, die eher eine Übersicht geben sollten (v. HOYNINGEN-HUENE 1939), wurden schon in den 1930er Jahren mit hoher Erhebungsdichte (Bohrungen im 50-m-Raster) hochauflösende, funktionale Bodenkarten erstellt (Bodenschätzung, RÖSCH & KURANT 1950, ROTHKEGEL 1950). Die Boden- und Moorkarte des Emslandes wurde vor dem Hintergrund kartiert, meliorationsfähiges Land für die Ansiedlung von Flüchtlingen nach dem zweiten Weltkrieg zu gewinnen. Mit der geologisch-bodenkundlichen Marschenkartierung sollte das Potenzial der Böden und die Meliorationsbedürftigkeit für eine landwirtschaftliche Nutzung speziell im Küstenraum erfasst werden. Die Kartierung hatte damit ein Ziel und eine erkennbare Funktion. Dies gilt ebenfalls für die Forstliche Standortkartierung, auf deren Grundlage die Baumartenauswahl bei Forsteinrichtungen optimiert werden soll. Ein typisches Beispiel für funktionale Karten ist auch die Moorkartierung, die auf die Rohstoffgewinnung und Melioration ausgerichtet war. Mit der Bodenkartierung im Maßstab 1 : 25.000 (BK25) sollten die Standorte in bodenkundlichen Grundlagenkarten universell beschrieben werden und für unterschiedlichste Fragestellungen Auswertungsmöglichkeiten bieten. In 32 Jahren (1963–1995) wurden auf Basis intensiver Geländekartierungen in Niedersachsen 175 von

insgesamt 455 Kartenblättern im Maßstab 1 : 25.000 erstellt, was einer Arbeitsleistung von etwa 5–6 Karten pro Jahr entspricht. Mit den Kartierungen wurden exemplarisch vielfältige und grundlegende Kenntnisse erarbeitet. Diese Vorgehensweise zeigt im Rückblick aber auch sehr individuelle Züge und spiegelt Auffassungsunterschiede aufgrund des langen Erstellungszeitraumes sowie Änderungen in der Nomenklatur und Forschungsgeschichte wider. Zudem bieten Einzelblätter keinen homogenen Überblick zu den Böden in Niedersachsen. Mit der bodenkundlichen Standortkarte 1 : 200.000 (BSK200) wurde in den 70er Jahren dieses Defizit ausgeglichen (LÜDERS 1978, BOESS & MÜLLER 1989). Mitte der 1980er Jahre stieg die Nachfrage nach Bodeninformationen deutlich an. So wurde 1985 mit dem Aufbau des Bodenkatasters von Niedersachsen bzw. des Niedersächsischen Bodeninformationssystems begonnen (HEINEKE 1987, OELKERS & VINKEN 1988). Zudem bestand die Notwendigkeit, den Bedarf an flächendeckenden Bodenkarten kurzfristig bedienen zu können. Eine Fortsetzung der Arbeitsweise zur Erstellung der BK25 wurde als unrealistisch eingestuft. Die Bilanz zeigte, dass bei abnehmender Personaldecke die Bearbeitung der noch zu erstellenden 280 BK25-Kartenblätter länger als 100 Jahre gedauert hätte.

Um hier einerseits den aktuellen Ansprüchen zu genügen und mittelfristig die notwendige Qualität für zukünftige Fragestellungen zu generieren, wurde in den Jahren 1992–1995 als schnelle Lösung für die Bedarfe der mittleren Planungsebene die Bodenübersichtskarte 1 : 50.000 (BÜK50) im „downscaling-Verfahren“ aus der bodenkundlichen Standortkarte 1 : 200.000 entwickelt (BOESS, MÜLLER & SBRESNY 1999; BOESS et al. 2004).

In den Jahren 1985–2010 begann – ab 1999 flankiert durch das Niedersächsische Bodenschutzgesetz – die systematische Sammlung von bodenrelevanten Informationen im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS® und die Entwicklung von bodenkundlichen Auswertungsmethoden auf Grundlage der digital vorgehaltenen Daten (HEINEKE et al. 2002). Parallel zur fachlichen Entwicklung verbesserten sich mit der digitalen Datenhaltung und -verarbeitung die Rahmenbedingungen für die Zusammenstellung, Verarbeitung und Darstellung von Informationen.

Dies war die Voraussetzung für die integrative Konzeption der Erstellung der BK50 auf Grundlage der Informationen des NIBIS® (NLFB 2002), konform zu den bodenkundlichen Auswertungsmethoden und der Haltung von Bodendaten in einer Bodenflächendatenbank. Die Bearbeitung der BK50 war nur möglich, weil die Informationsgrundlagen einheitlich aufbereitet und schnell digital verfügbar waren. Wesentliche Arbeitsschritte erfolgten mit konventionellen Methoden, da dadurch die regionalen Gegebenheiten intensiv und kritisch durchdacht werden konnten.

Vom Personalaufwand ist es eher unwahrscheinlich, dass eine Fortführung und Aktualisierung vergleichbar durchgeführt werden kann. Eine Lösung bieten die seit einigen Jahren verfügbaren Methoden des Digital Soil Mapping (MCBRATNEY, MENDONÇA SANTOS & MINASNY et al. 2003; BEHRENS et al. 2010). Zukünftig wird es darum gehen, die Gesetzmäßigkeiten der Bodenverbreitung regionalisiert zu erfassen und in Modelle zu integrieren (GEHRT & BÖHNER 2002, BOCK et al. 2003, 2018). Hierfür bildet die BK50 mit der pedoregionalen Gliederung eine erste Grundlage.

### 1.1.2. Anmerkungen zum Erläuterungsheft

Vor der Erstellung des Erläuterungsheftes stellte sich die Frage, welche Inhalte in welchem Umfang beschrieben werden sollten. Die Analyse vorhandener Erläuterungshefte (vgl. BÜK100-NDS: HOYNINGEN-HUENE 1939, BÜK300-NRW: MÜCKENHAUSEN & WORTMANN 1958, BSK200-NDS: BOESS & MÜLLER 1989, BÜK50-NDS: BOESS, MÜLLER & SBRESNY 1999; BOESS et al. 2004, BK50-HE: HLUNG 2002, BK50-NRW: SCHREY 2014, BÜK250-SH: BURBAUM, FILIPINSKI & KRIENKE 2019) zeigte, dass der inhaltlichen Beschreibung, den Auswertungskarten und den technischen Erläuterungen häufig ein breiter Raum eingeräumt worden war. In den frühen Erläuterungsheften werden lehrbuchhaft die Bodentypen erklärt. In den Erläuterungsheften BSK200-NDS, BÜK50-NDS oder BK50-NRW finden sich inhaltliche Ausführungen nur untergeordnet. In Niedersachsen (NLFB 1997) und Brandenburg (KÜHN et al. 2015) werden die wichtigsten Böden separat beschrieben. In Schleswig-Holstein ist diese Beschreibung mit dem Erläuterungsheft zur

BÜK250 gekoppelt (BURBAUM, FILIPINSKI & KRIENKE 2019). Methodische Fragen der Erstellung und allgemeine Ausführungen zum Naturraum werden nach 1980 nachrangig behandelt. Technische Beschreibungen zu Datenstruktur und Abgabeformaten kommen erst mit der digitalen Datenhaltung auf. Mit dem LGRB-WISSEN wird in Baden-Württemberg richtungsweisend die inhaltliche Erläuterung mit den digitalen Karten gekoppelt und somit die jeweilige Information schnell verfügbar.

Die Dokumentation der Erstellung und Inhalte ist ein wesentlicher Aspekt der Qualitätssicherung. Im gesamten Prozess der BK50 wurden Aspekte der Qualitätssicherung berücksichtigt (vgl. Kap. 1.3.11).

Auf Grundlage der Analyse vorliegender Erläuterungshefte wird das Kartenwerk der BK50 von Niedersachsen nach einer allgemeinen Übersicht in vier Teilen erläutert:

Teil 1: Kennzeichen und Inhalte,

Teil 2: Ausführungen zur Erstellung der Grundkarte,

Teil 3: Umsetzung der Nutzungsdifferenzierung,

Teil 4: Technische Erläuterungen.

Teil 1 beschreibt die wesentlichen Merkmale der BK50 (Kap. 1.3) und die Leitlinien der Bodenbeschreibung (Kap. 1.4). Der Schwerpunkt liegt auf den zugrundeliegenden Prinzipien der Substrat- und Bodengenese und der Auswahl für die BK50. Dabei wird der jeweilige Kenntnisstand ggf. mit Hinweisen auf die niedersächsische Sicht und die Relevanz für Anwendungen und den Bodenschutz beschrieben. Teil 2 beschreibt die Erstellung der Flächen- und Sachdaten der Grundkarte. Teil 3 erläutert das Vorgehen bei der Nutzungsdifferenzierung der Flächen- und Sachdaten. Teil 4 enthält die technischen Erläuterungen und Angaben zum Datenmodell.

Auswertungen der BK50 (vgl. KARTENSERVEN DES LBEG) werden nur in geringem Umfang dargestellt. Zu diesen liegen z. T. separate Dokumentationen vor (z. B. BUG et al. 2020).

## 1.2. Übersicht über die Erstellung der BK50

### 1.2.1. Konzeption der BK50

Die BK50 wurde auf Basis der Informationsgrundlagen des NIBIS® erstellt. In vorderster Linie wurde dabei die Geologische Karte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000 (GK50) berücksichtigt. Damit ist die Vergleichbarkeit in

Bezug auf Arealabgrenzung, räumliche Auflösung und inhaltliche Beschreibung sichergestellt. Darüber hinaus gewährleistet die Arbeitsweise die geforderten Ansprüche an Qualität und Nachvollziehbarkeit. Die BK50 wurde nach dem in Abbildung 1.1 dargestellten Schema und den in Tabelle 1.1 beschriebenen Arbeitsschritten bearbeitet.



Abb. 1.1: Schema zur Erstellung der BK50 von Niedersachsen.

Die BK50 ist von der Grundkonzeption her in zwei Stufen bzw. Ebenen angelegt (Abb. 1.1):

#### 1. Grundkarte (BK50)

Die Grundkarte ist eine Bodenkarte ohne nutzungsspezifische Unterscheidung der Bodenareale mit standardisierten Grundprofilen. Diese ist Grundlage für die künftige Aktualisierung, Pflege und Weiterentwicklung.

#### Manuskriptkartenerstellung

Für die Manuskriptkartenerstellung der Grundkarte wurden alle verfügbaren bodenkundlich relevanten Grundlagendaten gesichtet, bewertet und für die Ansprüche der BK50 ausgewertet

und generalisiert. Daraufhin erfolgte deren Darstellung in themenspezifischen Konzeptkarten, die nach einem vorgegebenen Schema in die Manuskriptkarte übertragen wurden. Die Grundlage der Manuskriptkarte übertrugen die Geometrien der generalisierten Geologischen Karte zuzüglich Informationen aus Reliefdaten. Die fachliche Kartierleistung bestand darin, bodenkundliche Zusammenhänge zu erkennen und herauszuarbeiten sowie Inkonsistenzen in den Grundlagendaten herauszuarbeiten und einer Lösung zuzuführen (NLFB 2004).

Tab. 1.1: Arbeitsschritte bei der Erstellung der BK50 von Niedersachsen.

Nr.	Arbeitsschritt
1.	Vorbereitung der Kartierunterlagen
2.	Erstellung der Manuskriptkarte
	• Einarbeitung der anthropogenen Veränderungen
	• Ergänzung petrografischer Angaben
	• Anpassung geogenetischer Einheiten
	• Bodengenetische Spezifikationen
3.	Digitalisierung
4.	Sachdatenerstellung
5.	formale Qualitätsprüfung der Karten
6.	Nutzungsdifferenzierung
7.	Übernahme in die Anwendung

### Sachdatenerstellung

Bei der Sachdatenerstellung (vgl. Kap. 2.7) wird auf Grundlage des Wirkungsgefüges (Kap. 1.3.4) jedem Areal ein Leitprofil sowie eine Bodengesellschaft zugeordnet und beschrieben (= Kartiereinheit). Die Profilbeschreibungen basieren auf analysierten Bodenprofilen, Bohrungen und Expertenwissen (Kartiererfahrung, allgemeines Fachwissen und Regelwerke, wie z. B. die Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005)).

### 2. Nutzungsdifferenzierte Bodenkarte (BK50n)

Die Anpassung der Bodentypen und Bodenkennwerte an die jeweilige Landbedeckung (Nutzung) erfolgt mit der Nutzungsdifferenzierung (Teil 3). Die Kartiereinheiten werden nach fünf Landbedeckungskategorien (Acker, Grünland, Laubwald, Nadelwald und sonstige Nutzungen (Siedlungen etc.)) räumlich differenziert und inhaltlich angepasst. Hierzu werden die Flächendaten der Grundkarte zunächst mit der generalisierten Landnutzung aus ATKIS® (ergänzt mit CORINE-Daten) verschnitten. Die Sachdaten (Leit- und Begleitprofile) werden anschließend nach einem festgelegten Regelwerk inhaltlich an die jeweilige Nutzungsklasse angepasst. Die Anpassung der Flächendaten und Profilbeschreibungen erfolgt weitgehend automatisiert.

Als wesentliche Grundzüge der BK50 sind folgende Punkte herauszustellen:

- einheitlicher topografischer Bezug und generelle kartografische Vorgaben,
- landesweit einheitliche Erstellung ohne konzeptionelle Brüche,
- Ausrichtung der Inhalte an den Bodenfunktionen,
- Wirkungsgefüge als eindeutiges und zentrales Instrument der blattschnittunabhängigen Beschreibung der Kartiereinheiten,
- pedoregionale Gliederung,
- Abstimmung mit anderen Kartenwerken und Informationsebenen:
  - Ausgangsgesteine aus der Geologischen Karte 1 : 50.000 (GK50),
  - Reliefkarten aus Digitalen Geländemodellen (DGM),
  - Fachdaten der Bodenschätzung und Forstlichen Standortkartierung, Boden- und Moorkarte des Emslandes,
  - ATKIS®-Daten und Karten der historischen Landnutzung.
- Ausschärfung der Substratbeschreibungen,
- Beschreibung der Talauen und Kolluvien,
- Bereitstellung als Bodenflächendatenbank mit generalisierten Flächen- und Sachdaten,
- keine Beschränkung der Anzahl von Legendeneinheiten im Blattschnitt; keine blattspezifische Generalisierung der Inhalte für eine einzelblattbezogene Legende; dargestellt werden alle Inhalte, die dem generellen Regelwerk entsprechen,
- keine blattspezifische räumliche Generalisierung; die räumliche Auflösung wird soweit möglich durch die Informationen aus den Konzeptkarten bestimmt oder redaktionell geregelt,
- keine inhaltlichen oder räumlichen Abweichungen an den Kartenrändern.

Aus dieser Vorgehensweise ergibt sich zwangsläufig, dass Anzahl und Größe der Kartiereinheiten und damit die räumliche Auflösung die Heterogenität der Landschaft widerspiegeln. Einfach aufgebaute, weiträumig homogene Bodenlandschaften zeigen sich in flächenmäßig großen Kartiereinheiten. Bodenlandschaften mit hoher räumlicher Komplexität zeigen sich in

kleinräumigen Einheiten. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine homogene, blattübergreifende und gleichwertige Auswertung für Anwendungen.

Das Konzept der BK50 von Niedersachsen wurde erstmals 2003 zur Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) der Fachöffentlichkeit vorgestellt (vgl. SPONAGEL et al. 2003, CAPELLE et al. 2003, BENNE et al. 2003, GEHRT et al. 2003, LANGNER et al. 2003) und während der Erstellungszeit nicht wesentlich verändert. Konzeptionelle Brüche und Abweichungen wurden auf Basis einheitlicher Konzeptkarten und Arbeitsanweisungen minimiert. Grundpfeiler des Konzeptes waren abgestimmte Regelwerke und Arbeitsanleitungen, die eine homogene und vergleichbare Arbeitsweise garantierten.

In Vorbereitung für die Kartierung der Marsch wurden zunächst die fachlichen Grundlagen neu erarbeitet (GEHRT et al. 2011, 2013, 2015; HENSCHER 2012) sowie ein separates Konzept und eine Arbeitsanweisung erstellt (EILERS et al. 2011, EILERS & GEHRT 2011). Auf dieser Grundlage wurde sowohl die Verbreitung der Gesteine (in Anlehnung an HINZE et al. 1989) als auch die Verbreitung der Böden neu bearbeitet (vgl. Kap. 1.4.2.5).

Die BK50 wurde unter Berücksichtigung verschiedener Regelwerke erstellt: Die Bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODEN 1994, AD-HOC-AG BODEN 2005) gibt Hinweise zur Erstellung von Bodenkarten (z. B. Gliederung von Kartiereinheiten, pedoregionale Gliederung). Zur Konkretisierung wurde das Konzept für eine Vereinheitlichung der Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50) erarbeitet (AD-HOC-AG BODEN 2006). Darin werden die Rahmenbedingungen für Bodenkarten im mittleren Planungsmaßstab 1 : 50.000, die Anforderungen an die Strukturen und Inhalte, die Tiefenschärfe von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten, datentechnische Anforderungen, Kriterien zur inhaltlichen und räumlichen Abgrenzung, geometrische Regeln und Anforderungen zur Dokumentation des topografischen Bezugs genauer beschrieben. Durch die Erfassungsanweisung für Bodenprofile in Niedersachsen (PEP, NLF 2000) sowie die Bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) wird geregelt, wie die Inhalte in den Datenfeldern abzulegen sind. Mit der Neukartierung wurde es allerdings notwendig, einige Inhalte detaillierter zu beschreiben oder zu ergänzen.

Zusammenfassend integriert die BK50 von Niedersachsen sowohl in Konzept und Durchführung eine Vielzahl von theoretischen Grundlagen zur Bodenkartierung, die z. T. schon vor dem 2. Weltkrieg, im Wesentlichen aber in den 60er bis 90er Jahren erarbeitet wurden (Kap. 1.3.4). Im fachlichen Teil fließen darüber hinaus viele in den Jahren 1960 bis 1990 erarbeitete grundlegende fachliche und regionale Detailkenntnisse ein und werden in Kapitel 1.4 näher bezeichnet.

### 1.2.2. Projektverlauf und Arbeitsaufwand

Im Projektverlauf sind vereinfacht die folgenden Blöcke zu nennen:

- 1999 bis 2003 wurden das Konzept und die Arbeitsanleitungen zur Erstellung der BK50 (einheitlich, regelbasiert, blattschnittfrei, eine Generallegende, nutzungsdifferenziert) erstellt.
- In den Jahren 2002 bis 2014 erfolgten die blattspezifische Flächendatenerstellung mit Geländeprüfung (vgl. Abb. 1.1, Tab. 1.1; Kap. 2.2 und 2.3), Digitalisierung und Qualitätssicherung (Kap. 2.6) und die Erstellung der Sachdaten (Kap. 1.3.10, Kap. 2.7).
- Die Jahre 2015 bis 2017 waren durch die Arbeiten zum Randabgleich, der Nutzungsdifferenzierung (Erstellung der Landbedeckungskarte und deren Verschneidung mit der BK50-Grundkarte und Programmierung und Ablage der nutzungsspezifischen Bodenprofile) sowie der Qualitätssicherung (Prüfung der Methodenanwendungen und -auswertungen, s. Kap. 3.4) und letztendlich die Markteinführung im November 2017 geprägt.

Im Frühjahr 2018 wurden die Auswertungen auf Grundlage der BK50n auf dem NIBIS®-Kartenserver des LBEG bereitgestellt. Die technischen Erläuterungen (datentechnischer Aufbau, Schlüssellisten etc.) zur BK50 sind Teil 4 zu entnehmen. Im Jahr 2020 wurde das Produktangebot durch eine vereinfachte Plot-Ausgabe der BK50-Bodentypen ergänzt. Die Erstellung der Konzept- und Manuskriptkarten, die Digitalisierung und die Qualitätssicherung nahmen etwa 85 % des Gesamtaufwandes ein (vgl. Abb. 1.2). Die restlichen 15 % entfielen auf die Erstellung der Sachdaten, die Nutzungsdifferenzierung und die Übernahme in die Anwendung.

Mit der Gesamtsicht auf die landesweit vorliegenden Daten können sowohl die bodenkundlichen Inhalte wie auch die räumliche Auflösung durch gezielte Gruppierungen und Generalisierungsverfahren geplant werden. Damit ist es im Grundsatz möglich, die Tiefenschärfe – also die räumliche und inhaltliche Auflösung der Bodenkarte – vorab festzulegen. Im Ergebnis liegt ein blattschnittfreies Kartenwerk vor, das den heutigen Ansprüchen an Bodenkarten im mittleren Maßstabbereich entspricht. Die Unabhängigkeit vom Blattschnitt ist insofern zwingend, da Projekt- oder Planungsgebiete sich in der Regel nicht an Blattschnitten orientieren.

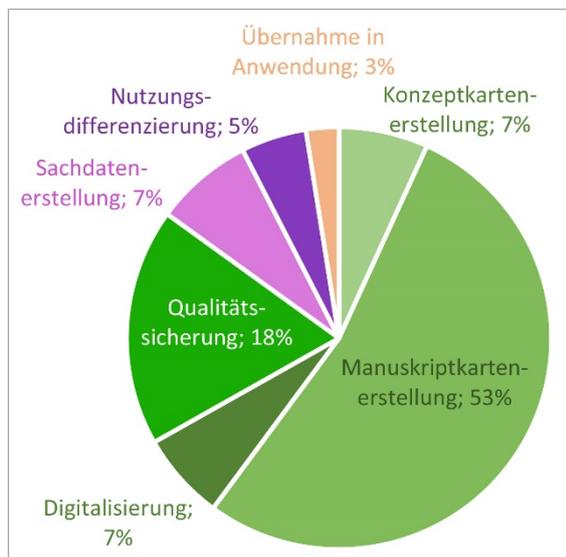


Abb. 1.2: Zeitlicher Gesamtarbeitsaufwand an den Arbeitsblöcken.

Die Bearbeitung der BK50 erfolgte durch ein großes Team von Mitarbeitern, das inhaltlich und organisatorisch durch die Redaktionsgruppe koordiniert wurde. Die verschiedenen Arbeitsblöcke wurden in der Regel durch mehrere Personen bearbeitet. Andererseits wurden insbesondere im LBEG durch einzelne Personen verschiedene Aufgaben übernommen. Tabelle 1.2 gibt einen Überblick zur Aufgabenverteilung und den Bearbeitern.

Wie schon beschrieben, bestand der anteilig größte Arbeitsaufwand in der Erstellung der Flächendaten nach detaillierter Arbeitsanweisung (Abb. 1.2). Dabei waren die vorliegenden Konzeptkarten kritisch zu sichten, zu überprüfen, abzugleichen und ggf. zu korrigieren. Eine Übersicht über die Hauptautoren der jeweiligen Kartenblätter gibt Abbildung 1.3. Die Namen der Redaktionsmitglieder und Bearbeiter sowie das Bearbeitungsjahr (Abb. 1.4) sind in der BK50-Datenbank des LBEG abgelegt und erscheinen im Deckblatt der Bodentypenkarte (Plot-Ausgabe) im Maßstab 1 : 50.000.

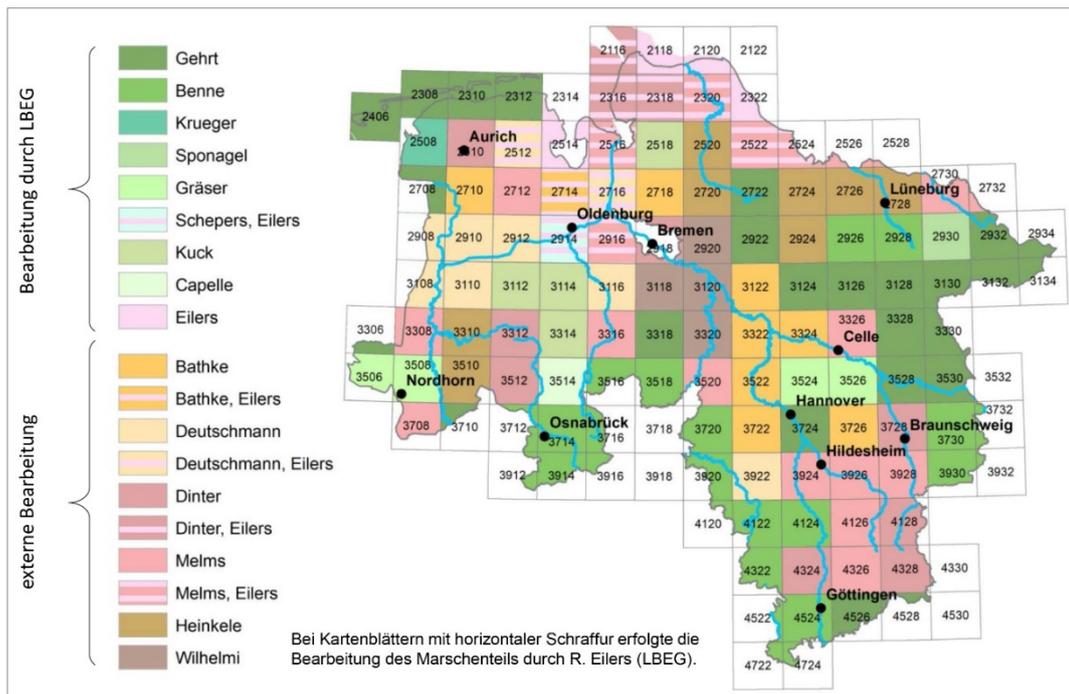


Abb. 1.3: Hauptbearbeiter der Flächendaten der BK50 von Niedersachsen, unterschieden nach internen (LBEG) und externen Bearbeitern (Vergabe).

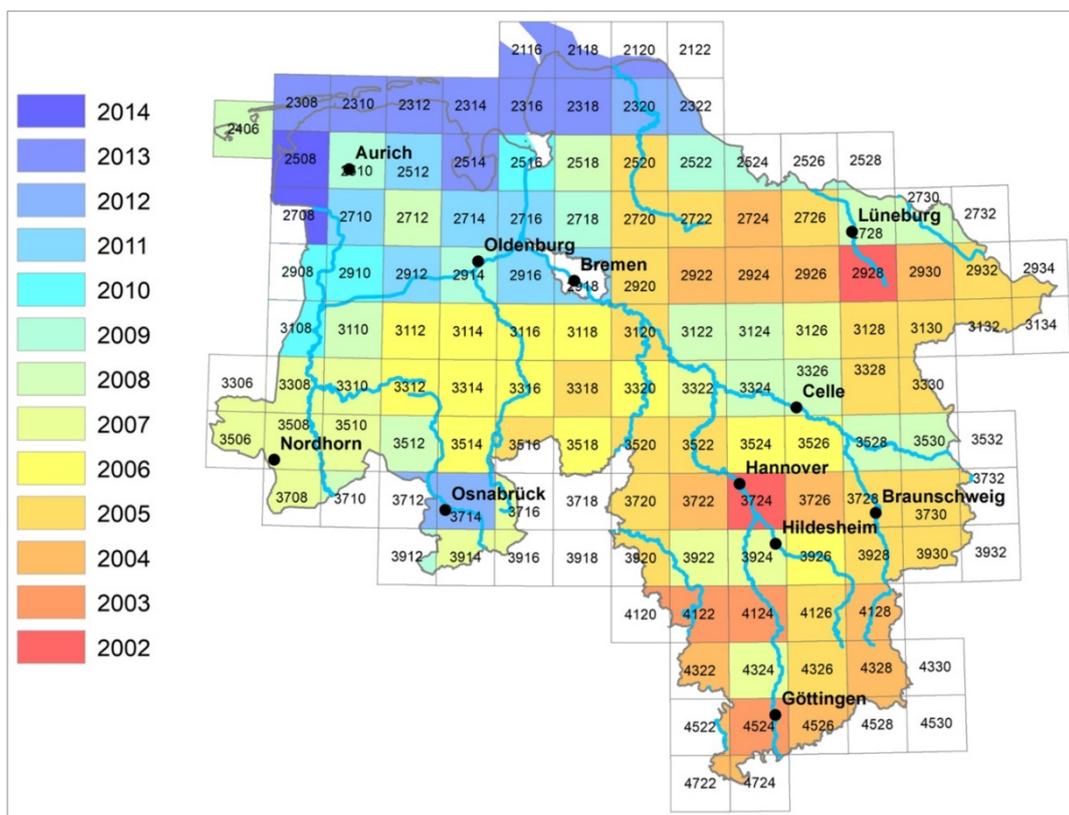


Abb. 1.4: Abschlussjahr der blattspezifischen bodenkundlichen Kartierung.

Tab. 1.2: Aufgabenverteilung und Bearbeiter der BK50.

Bearbeiter	Redaktionsteam	Konzept BK50	Konzeptkarten-erstellung	Flächendaten-erstellung	Nutzungsdifferenzierung	Sachdaten-erstellung	Digitalisierung	Randabgleich	Erläuterungsheft	Qualitätssicherung	Plotausgabe	Kartenserver	Auswertungskarten
<b>Konzept- und Redaktionsgruppe</b>													
Gehrt, E.	X	B, K		B, K, I	X	X			X	X			
Sponagel, H. (bis 2006)	X	B		B									
Benne, I. (bis 2014)	X	B		B, K		X			X				
Boess, J. (bis 2001)		B											
Langner, S.	X	B	X					X	X		X	X	
Krüger, K.	X			K				X	X				
Schepers, C.	X		X	B									
Eilers, R.	X	K		K	X								
Evertsbusch, S.	X				X			X	X				
<b>Bearbeitung von Teilbereichen</b>													
Balke, T.				I									
Bathke, M.				B									
Bug, J.										X			X
Capelle, A. (bis 2006)				B									
Carstens, J. F.				B						X			
Caspers, G.				Mo									
Deutschmann, G.				B									
Dieler, S.											X		
Dinter, M.				B, K				X					
Fomiczenko, R.							X						
Gräser, N.			X	B						X			
Günther, S.										X			
Heinkele, T.				B									
Henscher, M.		K				X							
Herrendorf, G.				K									
Hipp, F.				B									
Kuck, W.				B						X			
Kucz, V.				B									
Künzl, R.							X						
Melms, S.				B									
Oetterer, S.						X	X						
Sass, S.				B									
Sbresny, J.					X								
Schmatzler, E.				Mo									
Schrader, S.				B						X			
Steininger, A.												X	
Strate, M.				B									
Strauch, S.										X			
Tietze, U. (bis 2005)			X										
Tucci, M.				B									
Waldeck, A.					X	X				X			X
Wilhelmi, G.				B									

B = Bodenkarte, I = Inseln, Mo = Moore, K = Küstenholozän.

Darüber hinaus wirkten im Rahmen von Praktika und Zeitverträgen zahlreiche weitere Personen mit, die zeitweilig eine Menge notwendiger Arbeiten erledigten und damit kontinuierlich zur Fertigstellung der BK50 beitrugen: Adams, F., Barz, G., Behrens, N., Dolezei, J., Donnerhack, O., Fahlbusch, W., Hansing, M., Hartmann, D., Karaschewski, J., Köpp, J., Kratzke, I., Kreuzberg, T., Kuner, P., Langspecht (Pfeiffer), C., Luedecke, T., Mäkeler, R., Mildner, T., Nowak, E., Perkaraska, I., Saggau, P., Schierding, S., Schlüter, H., Skowronek, A., Schmunck, C., Stoffels, K., Warwas, S., Wittenborn, A.

### 1.3. Kennzeichen der BK50 von Niedersachsen

#### 1.3.1. Einheitlicher topografischer Bezug und generelle kartografische Vorgaben

Vor Beginn der Arbeiten wurden unter Berücksichtigung des Konzeptes zur Vereinheitlichung der Bodenkarte 1 : 50.000 (AD-HOC-AG BODEN 2006) die Rahmenbedingungen der Bearbeitung wie folgt festgelegt:

- Die Bearbeitung erfolgt im Blattschnitt der topografischen Karte im Maßstab 1 : 50.000. Topografieabhängige Grenzen werden auf dieser Grundlage abgestimmt.
- Die minimale Arealgröße beträgt 6,25 ha. Im Kartenmaßstab 1 : 50.000 entspricht dies einer Fläche von etwa 5 x 5 mm. Ausnahmen stellen aus der GK50 übernommene Kleinstgebiete dar, deren bodenkundlicher Inhalt (z. B. Kleinstmoore, Wurten) besonders hervorzuheben ist oder deren Kontrast zu benachbarten Gebieten eine Generalisierung nicht ermöglicht. Taleinheiten müssen eine Mindestbreite von 2 mm aufweisen, damit sie im Zielmaßstab mit Flächeneinschreibungen kartografisch darstellbar sind.
- Die Erstellung des Grenzentwurfes erfolgt im Zielmaßstab 1 : 50.000 (TK50-Blattschnitt). Diese Vorgabe sorgt dafür, dass die Arealmindestgröße nicht unterschritten wird und die Anzahl der Blattränder bei der redaktionellen Bearbeitung überschaubar bleibt.
- Die ausgewiesenen Flächen der Bodeneinheiten werden aufgrund der geologischen Einheiten und des Reliefs vorab fortlaufend nummeriert.
- Hinzuzufügende bodenkundliche Grenzlinien werden rot (Strichstärke 0,25 mm) eingezeichnet, zu entfernende Grenzen werden gelb markiert. Die Digitalisierung erfolgt mit ARCINFO® auf der digitalen Vorlage der generalisierten GK50. Damit ist sichergestellt, dass die Grenzen technisch identisch bleiben. Die gelb markierten, zu eliminierenden Grenzen werden in diesem Arbeitsschritt entfernt, die Flächeneinschreibungen und Inhalte in der Titeldatenlegende ergänzt bzw. geändert.

#### 1.3.2. Landesweit einheitliche Erstellung

Die Erstellung der BK50 erfolgt nach generellen und einheitlichen Vorgaben:

- Es wurden nur landesweit bzw. zumindest regionsweit (z. B. im Küstenholozän) vorliegende Informationsgrundlagen verwendet. Damit werden konzeptionelle Brüche vermieden.
- Zur Vermeidung regionaler oder blattspezifischer unterschiedlicher Interpretationen oder Darstellungen der Basisinformationen wurden diese vorbereitend bewertet, generalisiert und nach einheitlichen Vorschriften (Legenden) in den Konzeptkarten dargestellt.
- Die Darstellung der Konzeptkarten erfolgt in Form von Ausdrucken der Rahmenkarten im Maßstab 1 : 50.000 (vgl. Kap. 2.3).
- In den Manuskriptkarten erfolgte keine Limitierung bezüglich der Anzahl von Legendeneinheiten, so dass alle vorkommenden bodenkundlichen Ausprägungen dargestellt wurden, sofern sie den Größenkriterien entsprechen. Heterogene Bodenschaften konnten so in ihrer Komplexität erhalten bleiben.
- Die Bearbeitungsgrundlage wird als Manuskriptkarte auf einer verzugsfreien PE-Folie im TK50-Blattschnitt- bzw. im Arbeitsmaßstab 1 : 50.000 digital erstellt. Sie enthält neben Höhenlinien, Gewässern und Ortschaften die Grenzlinien der generalisierten Geologischen Karte (GK50\_GENE) sowie die Reliefgrenzen mit Neigungsstufen mit Ausnahme der Tiefenbereiche. Alle Flächen sind blattspezifisch entsprechend der geologischen Einheiten nummeriert. Zu jedem TK50-Blatt wird die blattspezifische Titeldatenlegende (Kap. 2.4, Tab. 2.3) mit den Datenfeldern des Wirkungsgefüges als Excel®-Tabelle erzeugt. Die Bearbeitung der Manuskriptkarte und Fortführung der Titeldatenlegende erfolgen analog.

### 1.3.3. Ausrichtung der Inhalte an Bodenfunktionen

Aufgrund der Datenlage im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS®) sind die Faktoren der Bodenbildung, die Variabilität und die räumliche Verbreitung vorab weitgehend bekannt. Es ist erkennbar, welche Inhalte in den Grundlagendaten abgebildet sind und welche räumliche und inhaltliche Auflösung zu erreichen ist. Damit ist es möglich, die Inhalte und die funktionalen Ansprüche an die zu erstellende Bodenkarte aufeinander abzustimmen und zu planen. Die Konzeption der BK50 unterscheidet sich hierdurch grundsätzlich von älteren, individuell geprägten Bodenkarten (z. B. BK25), mit denen versucht wurde, die Böden blattspezifisch und möglichst umfangreich zu erfassen.

Die Anforderungen an Bodenkarten und deren Auswertungs- und Anwendungsmöglichkeiten sind in den einschlägigen Regelwerken nur mittelbar festgelegt. Hinweise gibt das Bundesbodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BBODSCHG 1998). Bodenkarten sollen demnach neben der Darstellung auch die Bewertung des gegenwärtigen Zustands des Bodens ermöglichen, um die natürlichen Bodenfunktionen nachhaltig sichern oder wiederherstellen zu können. So sind bei Landschaftsrahmenplänen besonders wertvolle Böden und solche mit besonderer bzw. beeinträchtigter oder gefährdeter Funktionsfähigkeit für Wasser- und Stoffretention zu berücksichtigen (RD ERL. D. MU 2001, § 5). Böden mit besonderen Standorteigenschaften (Extremstandorte), naturnahe Böden, Böden mit natur- und kulturhistorischer Bedeutung, seltene Böden und Böden mit hohen Vorräten an Kohlenstoff sind hiernach vorrangig zu betrachten. Um die angestrebten Inhalte möglichst vollständig und in der notwendigen Differenzierung darzustellen, wurden spezifische Auswertungen vorgeschaltet. Die nachfolgenden Tabellen geben einen Überblick über die in der BK50 umgesetzten Anforderungen (Tab. 1.3), bodenschutzrelevante Informationen anderer Quellen, die jedoch keine Berücksichtigung in der BK50 finden (Tab. 1.4) und Themenfelder, die zunächst offengeblieben sind (Tab. 1.5).

Tab. 1.3: Bodenfunktionen, die bei der Erstellung der BK50 besondere Berücksichtigung fanden.

Kriterien der Bodenfunktionen	Lebensraumfunktion	Naturnähe	Archiv der Landschaftsschichte	Archiv der Kulturgeschichte	Kohlenstoffspeicher	Seltenheit	Bodendenkmal
nass	(X)						
trocken	X						
nasse Moore	X				X	X	
extrem wechselfeucht	X						
Nährstoffarm	X						
Nährstoffreich	X						
historische alte Waldstandorte/Biototypen		X				X	
Strand (insbesondere Grüner Strand)		X					
Inseldünen		X					
Watt		X					
Deichvorland		X				X	
Sehestedter Außendeichsmoor		X	X		X	X	
naturnahe Moore		X	X		X	X	
Hochmoore im Solling und Harz		X	X		X	X	
Böden und Substrate an der Lössgrenze			X			X	
Pelosol-Tschernoseme						X	
Mudden in kleinen Hohlformen			X			X	
Mudden als bodenbildendes Substrat			X			X	
Marsch über Podsol			X			X	
Dünen			X				
Kolluvien			X		X		
Plaggenesche				X	X		
Marschhufenbeete				X			
Spittkulturboden				X	X		
Wurten				X			X
geringmächtige Auentone ( $\leq 35$ cm)			X			X	
Tschernoseme			X			X	
Tschernosem-Parabraunerden			X				
Pelosol-Tschernoseme			X			X	
Kalk-Tschernoseme ohne Staunässe mit Pseudomycel						X	
Brauneisengleye			X				
Heidepodsole			X				
alte Marsch am Strand			X	X		X	X
Salzböden des Binnenlandes	X	X				X	

Tab. 1.4: Kriterien, die bei der Erstellung der BK50 keine Berücksichtigung fanden, Nachweis durch interne bzw. externe Quellen im LBEG vorhanden.

Kriterien der Bodenfunktionen	Lebensraumfunktion	Naturnähe	Archiv der Landschaftsgeschichte	Archiv der Kulturgeschichte	Kohlenstoffspeicher	Seltenheit	Bodendenkmal
Ortsteinpodsole						X	
Gebiete mit Bodenbelastungen	X						
Überschwemmungsflächen	X		X			X	
Tertiäre Bildungen			X			X	
Paläoböden, Sandpaläoböden, Usselo-Böden			X			X	
Tuffvorkommen			X			X	
Wölbäcker				X			X
Ackerterrassen				X			X
Meilerplätze				X			X
Hohlwege				X			X
Hügelgräber				X			X

Tab. 1.5: Bodenfunktionen, die bei der Erstellung der BK50 aufgrund fehlender Kenntnisse oder maßstabsbedingt keine Berücksichtigung fanden.

Kriterien der Bodenfunktionen	Lebensraumfunktion	Naturnähe	Archiv der Landschaftsgeschichte	Archiv der Kulturgeschichte	Kohlenstoffspeicher	Seltenheit	Bodendenkmal
Hortisole				X			
Moorbrandkultur				X	X		
Fehnkulturböden				X	X		
Celtic fields				X			X
Axh-Horizonte an Lössgrenze						X	
sulfatsaure Böden im Binnenland	X	X			X	X	

### 1.3.4. Wirkungsgefüge als eindeutiges und zentrales Instrument zur Beschreibung der Kartiereinheiten

Die Kartiereinheiten werden bei der Manuskriptkartenerstellung in der blattspezifischen Titeldatenlegende mit standardisierten Kürzeln gekennzeichnet. Pro Kartiereinheit wird darin ein Wirkungsgefüge beschrieben, welches im Grundsatz auf der Funktion der Bodenentwicklung nach JENNY (1941) beruht:

$$\text{Boden} = f(\text{Gestein, Klima, Relief, Wasser, Zeit} + \text{Mensch})$$

Danach ist der Boden eine Funktion der Standortfaktoren, die einen direkten Einfluss sowohl auf die Arealabgrenzung als auch auf die Bodenentwicklung haben. Im Rahmen der Umsetzung wurde festgestellt, dass eine eindeutige Zuweisung aller Bodentypen auf Grundlage der o. g. Faktoren nicht hinreichend möglich ist. Für eine bodengenetische Aussage (Bodentyp oder Horizont) waren insbesondere bei Podsolen, Tschernosemen, Pseudogleyen, Gleyen und Marschböden bodengenetische Spezifikationen notwendig. Diese wurden in das Konzept des

Wirkungsgefüges integriert und die Funktion wie folgt angepasst:

$$\text{Boden} = f(\text{Bodenregion, Bodengroßlandschaft, Ausgangsgestein (Genese, Stratigraphie, Petrographie) inkl. anthropogene Veränderung, Relief, Bodentypologische Komponenten, Wassereinfluss})$$

Im Wirkungsgefüge werden die Komponenten der Standortfaktoren in separaten Datenfeldern geregelt (Tab. 1.6). Sie enthalten Angaben zur pedoregionalen Einbindung, zum Relief, zur Genese und Ausprägung des Ausgangsgesteins sowie zur bodentypologischen Spezifikation. Zusätzlich sind weitere Variablen für Ausnahmen und Einzelfälle (im Datenfeld „SONST“) enthalten. Somit ist jedem Wirkungsgefüge eine pedogenetische Spezifizierung zugeordnet.

Durch die Vorgaben der Variablen im Wirkungsgefüge wird die inhaltliche Auflösung bzw. Beschreibung einheitlich geregelt und verbindlich definiert. Bei insgesamt ca. 6.000 Kartiereinheiten (= Wirkungsgefügen) zeigt die Anzahl der Variablen schon auf den ersten Blick, dass vor allem die geologische Beschreibung die Anzahl der Einheiten dominiert (vgl. Tab. 1.6).

Tab. 1.6: Aufbau des Wirkungsgefüges der BK50 mit Anzahl der Variablen je Datenfeld.

Pedoregionale Gliederung			Relief	Ausgangsgestein					Pedogene Spezifikationen			
BR	BGL	BL	RK50	GK50_GENE	Sand	Kalk	BOAHTYP	MOORMAE	SCHW50	PODSOL	HYDRO	SONST
Bodenregion	Bodengroßlandschaft	Bodenlandschaft	Reliefeinheiten	Genese, Stratigraphie, Petrographie und Schichtfolge	Sandregionen	Kalk (Marsch)	Bodenart (Deckschicht)	Torfmächtigkeit	Varianten Tschernosem	Varianten Podsol	Hydromorphe Böden	sonstige Variable
7	13	19	15	1077	3	3	6	6	6	3	15	118

Zusammen mit den Angaben zur Ausprägung (Sandregionen, Bodenarten, Kalk und Torfmächtigkeit) ergeben sich insgesamt ca. 2.400 Variablen, die das Ausgangsgestein betreffen. Bei weiterer Berücksichtigung der Variablen des Reliefs kommen ca. 4.000, mit der pedoregionalen Gliederung ca. 5.000 Bodeneinheiten hinzu.

Nur etwa 1.000 Einheiten sind in der pedogenen Differenzierung begründet. Daraus folgt, dass die bodenkundliche Ausprägung zahlreicher Kartiereinheiten vor allem durch das Gestein bzw. das Relief geprägt werden.

## Erläuterung der einzelnen Komponenten im Wirkungsgefüge

- Pedoregionale Gliederung: Hiermit werden in Anlehnung an HAASE (1978a, b) komplexe Einflussfaktoren aus Landschaftsgenese, Klima, paläogeografischen Einflüssen etc. zusammenfassend berücksichtigt. Sie werden in der BK50 durch die Bodenregion, die Bodengroßlandschaft und die Bodenlandschaft beschrieben. Die pedoregionale Gliederung hat dabei auch weitere steuernde Funktionen (vgl. Kap. 1.3.5).
  - Ausgangsgestein: Die Angabe des Ausgangsgesteins wird aus der generalisierten Geologischen Karte abgeleitet. Die Informationen aus der Geologischen Karte werden mit anderen Daten abgeglichen und ggf. konkretisiert (Kap. 1.3.6; Kap. 2.4.2.1). Die Angaben zu periglazialen Deckschichten bleiben zunächst unberücksichtigt. Sie werden in einem späteren Prozess eingearbeitet (Kap. 1.4.1.3). Des Weiteren werden Angaben zur Bodenart der Sande (Kap. 2.4.4.1) und Auensedimente sowie zum Karbonatgehalt (in der Marsch) und zur Moormächtigkeit (Kap. 2.4.5.6) gemacht.
  - Relief: Aus dem Höhenmodell bzw. den abgeleiteten Reliefdaten werden einfache und im Zielmaßstab darstellbare Raumeinheiten abgebildet (vgl. Kap. 2.4.2.2).
  - Bodentypen: Soweit die Bodenentwicklung nicht allein auf das Ausgangsgestein und das Relief zurückzuführen ist, sind weitere bodenspezifische Angaben notwendig. Hiervon betroffen sind folgende Bodenbildungen:
    - Tschernosem: Die Verbreitung von Tschernosemen und Tschernosem-Parabraunerden ist in Niedersachsen mit den beschriebenen Faktoren nicht zu erklären (GEHRT 2019). Daher wird deren Auftreten im Wirkungsgefüge explizit benannt.
    - Podsol: Die Ausprägung der Podsolierung folgt einem Gefüge von komplexen Faktoren. Zu nennen sind das Ausgangsgestein, die Ausprägung der Deckschichten (Kap. 1.4.1.3), das Klima oder die Landnutzung bzw. Nutzungsgeschichte. Um hier eine quellentreue Zuordnung zu erreichen, wurde für ausgewählte Ausgangsgesteine die Differenzierung nach der Intensität der Podsolierung in zwei Stufen (Podsol als Nebenbodentyp und Podsol als Hauptbodentyp) vorgenommen. Im Rahmen der Nutzungsdifferenzierung (Teil 3) ergeben sich aus der Landnutzung weitere Unterscheidungsmerkmale im Podsolierungsgrad und in der Humusform.
- Hydromorphe Böden: Neben der grundsätzlichen Unterscheidung von Grund- und Stauwassereinfluss werden hier je nach Ausprägungsgrad zwei Stufen (hydromorpher Neben- oder Hauptbodentyp) unterschieden. Definierte Ausgangsgesteine und Reliefformen spielen für das Auftreten hydromorpher Böden und deren Zuordnung eine wesentliche Rolle (Kap. 2.4.6.3). Eine weitergehende Kennzeichnung der hydromorphen Böden wird im Rahmen der Nutzungsdifferenzierung umgesetzt (Kap. 3.3.4).
- Die Faktoren Klima und Zeit finden im Wirkungsgefüge keine Berücksichtigung bzw. werden durch andere Informationen substituiert. So sind z. B. klimaabhängige Unterschiede bei Humusgehalten und Podsolierungsprozessen wahrscheinlich, bilden sich allerdings nur kontinuierlich über größere Distanzen ab. Um diese regionalen Unterschiede herausarbeiten zu können, ist eine weitergehende Modellanpassung notwendig.
- Anthropogene Bildungen werden primär über das Ausgangssubstrat beschrieben. Dies führt entweder direkt zur sinnvollen Bezeichnung (z. B. Plaggenesch), zu einer kumulativen Kennzeichnung (z. B. Tiefumbruchböden (Treposole nach AD-HOC-AG BODEN 2005)) oder zur Zuweisung von regulären Bodentypen mit Angabe von anthropogenem Ausgangssubstrat (z. B. Kalkmarsch aus Spülfeldablagerungen). Bodenauf- und -abträge werden aufgrund der großen inhaltlichen Heterogenität bodenkundlich nicht beschrieben. Eine Ausnahme bilden aufgespülte Sedimente im Küstenholozän mit natürlicher Bodenentwicklung.

Das Wirkungsgefüge (Abb. 1.5, Tab. 1.6) ist das zentrale Steuerinstrument für die Erstellung, Harmonisierung und Pflege der BK50 und hat zusammenfassend folgende Vorteile:

- Eindeutige Kennzeichnung der Kartiereinheiten mit einer überschaubaren Anzahl an Variablen in nur einer Zeile.
- Geringer Abstimmungsaufwand zwischen den Bearbeitern.
- Die möglichen Variablen im Bodenverbreitungsmuster Niedersachsens sind mit der BK50 weitgehend bekannt. Im Vergleich zu älteren Kartierungen lassen sich Defizite in der Beprobung einfach erkennen. Wissenslücken können gezielt geschlossen werden.
- Sollten sich Ansprüche hinsichtlich bodenkundlicher Fragestellungen verändern, lassen sich weitergehende Differenzierungen im Wirkungsgefüge und in den betroffenen Kartiereinheiten nachführen.

- Die Interpretation bzw. Zuweisung der bodengenetischen Horizonte und Bodentypen sowie der Bodenvergesellschaftung für die Sachdatenbank erfolgt im Nachlauf auf Grundlage des beschriebenen Wirkungsgefüges nach definierten Kriterien und ist dadurch standardisiert. Auffassungsunterschiede werden weitgehend vermieden.
- Vorliegende Profil- und Labordaten interner und externer Quellen lassen sich vergleichsweise einfach dem Wirkungsgefüge zuordnen.

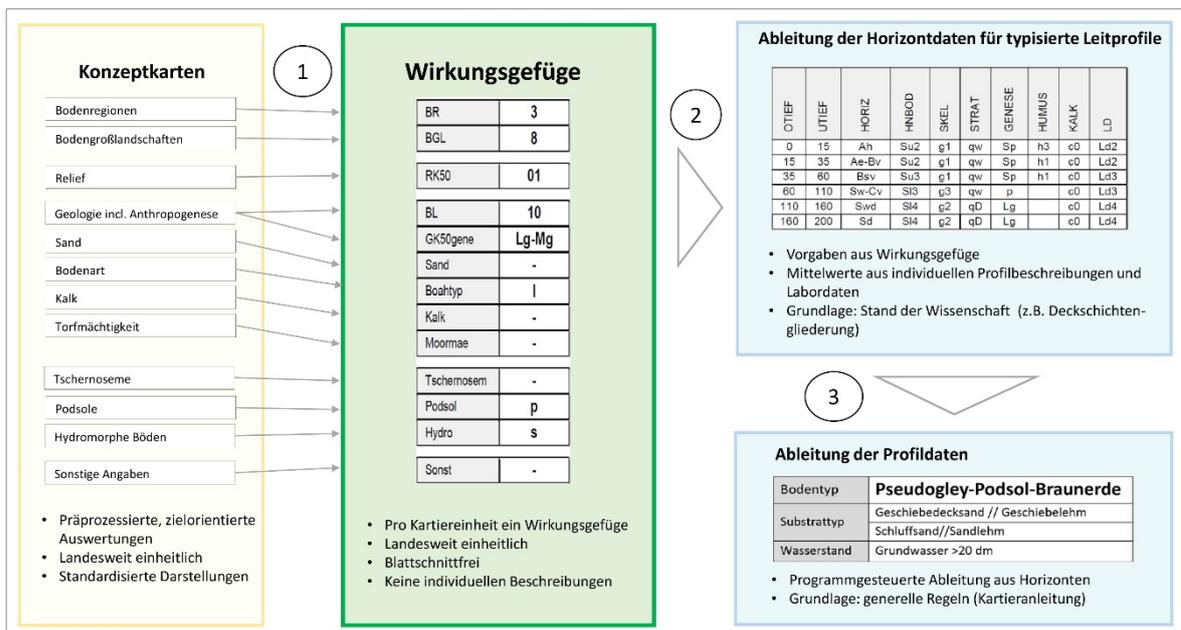


Abb. 1.5: Komponenten des Wirkungsgefüges im Erstellungsprozess der BK50:

1. Die Konzeptkarten steuern die Einträge im Wirkungsgefüge.
2. Das Wirkungsgefüge, Kartiererfahrung und generelle Regeln sind die Grundlage für die Horizontbeschreibungen.
3. Die Profilbeschreibung wird auf Grundlage der Horizontabfolgen nach festen Regeln abgeleitet.

### 1.3.5. Pedoregionale Gliederung

Für die Bildung der Bodengesellschaften unterschiedlicher Komplexität ist es notwendig, die landschaftsgenetischen Zusammenhänge zu erkennen. Für vergleichbare Bodenkarten sind gemeinsame Regeln zur Abgrenzung notwendig. Nach bodenkundlicher Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) wird die pedoregionale Gliederung als inhaltliches und räumliches Gliederungs- und Ordnungskonzept zur Vergleichbarkeit von Bodenkarten in sieben Aggregationsstufen beschrieben. Sie bildet damit den Rahmen für eine systematische Ordnung zur Verbreitung von Böden.

Ein abgestimmtes allgemeingültiges Regelwerk, welche Kriterien zu Bodengrenzen in bestimmten Maßstäben führen, liegt nicht vor. Für die BK50 wurden deshalb für die blattschnittfreie Kartierung entsprechende Festlegungen getroffen.

#### Infofeld Pedoregionale Gliederung

Das Konzept und die theoretischen Grundlagen zur Bodenkartierung wurden schon vor dem 2. Weltkrieg, im Wesentlichen aber in den 60er bis 90er Jahren erarbeitet. Zu nennen sind hier die Faktoren der Bodenbildung (JENNY 1941), die Arbeiten zur Landschaftslehre und den Dimensionen (geografische Betrachtung: NEEF (1963, 1967, 1975), ISACÉNKO (1965), FRIDLAND (1965, 1970)), Ausführungen zu generellen und nomothetischen Arbeitsweisen und synergetischen Wirkungsgefügen (SCHMITTHÜSEN 1964, 1976). Mit den Arbeiten zur bodengeografischen Gliederung Sachsens (HAASE 1968, 1971, 1975, 1978 a, b), zur Kausalkette Pedogenese-Pedofunktion und Variabilität von Bodeneinheiten (SCHROEDER 1978; SCHROEDER & LAMP 1974; KNEIB 1979; MICHLICH 1976; MUTERT 1977, 1978) und zu den Bodengesellschaften (SCHMIDT 1971a, 1975, 1978, 1999a, b) wurden diese vorgenannten Grundlagen praktisch angewendet.

Die Darstellung der räumlichen Verbreitung von Böden in Bodenkarten bedarf je nach Maßstabsebene einer Generalisierung (ROESCHMANN 1972, BAILLY 1972). Dies beruht auf der räumlichen Variabilität der Faktoren der Bodenbildung (Kap. 1.3.4). Für Bodenkarten werden deshalb räumlich assoziierte Bodenformen zu Bodengesellschaften zusammengefasst (FRIDLAND 1965; SCHMIDT 1999a, b). Mit kleiner werdenden Maßstäben steigt die Komplexität der Inhalte (HAASE 1968, 1971, 1975, 1978b; SCHMIDT 1971a, 1975, 1978). Der Detaillierungsgrad nimmt von der mittleren Maßstabsebene (Bodenlandschaft = BL) zur kleinmaßstäbigen Ebene (Bodengroßlandschaft = BGL und Bodenregion = BR) ab. Das regionale Ordnungssystem von Bodengesellschaften ist allerdings nicht willkürlich. Da die genannten Faktoren unterschiedliche räumliche Auswirkungen haben, ist die pedoregionale Gliederung durch die Geofaktoren vorgegeben (HAASE 1978b, GEHRT 1989).

	Stufe	Name	Inhalt	stoffliche Bezüge	faktorielle Bezüge
Boden- formen	AGG 1	Pedon	einzelne Bodenform	vertikale Beziehungen	
	AGG 2	Polypedon	Nebeneinander gleicher Bodenformen		
Boden- gesellschaften	AGG 3	Pedotop	ähnliche Bodenformen mit einzelnen Abweichungen	horizontale Beziehungen	ähnliche Ausprägungen der Faktoren der Bodenbildung
	AGG 4	Leitboden-assozi-ation	Zusammenfassung zu den Schichtfolgetypen		
	AGG 5	Bodenlandschaft	Herausstellung dominanter Bodenentwicklungen und Gesteinstypen		vermittelndes Ordnungsschema
Boden- gesellschafts- räume	AGG 6	Bodengroßlandschaft	Herausstellung abstrakter dominanter Bodenentwicklungen und Gesteinseinheiten		paläogeografische Landschaftskonstellation
	AGG 7	Bodenregion			

Abb. 1.6: Das pedoregionale Ordnungssystem (AD-HOC-AG BODEN 2005).

Das pedoregionale Ordnungssystem mit sieben Aggregierungsstufen bildet den Rahmen für eine Systematik räumlich wachsender Areale mit immer komplexeren Kartiereinheiten (Abb. 1.6). Die Grundeinheit der bodenkundlichen Betrachtung ist das ‚Pedon‘ oder die ‚Bodenform‘ und stellt die geringste Aggregierungsstufe (BF = AGG1) dar. In der Bodenform führen vertikal wirksame, bodengenetische Prozesse zu charakteristischen Horizontabfolgen. Das räumliche Nebeneinander von Böden wird durch horizontal wirksame Prozesse oder überregional wirksame Einflüsse (Ausgangsgestein, Landschaftsgenese, Klima) bestimmt.

Ein Polypedon ist der Zusammenschluss gleicher oder ähnlicher Bodenformen zu Bodenformengesellschaften (BFG = AGG2). In der topischen Dimension werden verschiedene Bodenformen unter Einschluss von systematischen Abweichungen bei ähnlichem Relief und Wasserhaushalt in der Aggregierungsstufe 3 zur Leitbodengesellschaft (LBG) = Pedotop zusammengefasst (HAASE 1968). In der AGG4 (Leitbodenassozi-ation – LBA) werden unterschiedliche Leitbodenformengesellschaften nach der Regelmäßigkeit ihres Auftretens (Stetigkeit und Muster) und einer ggf. großen Anzahl von Bodenformen zusammengefasst. Bei ihrer Beschreibung werden die wesentlichen Leitbodenformen genannt. Während in großen Maßstäben noch Einheiten mit horizontal wirksamen stofflichen Zusammenhängen abbildbar sind (z. B. Erosionserscheinungen, Kalklösung-Travertinbildung, Raseneisenstein) wird in mittleren und kleineren Maßstäben das Nebeneinander von Bodengesellschaften zunehmend durch landschaftsgenetische Prozessgefüge (z. B. Flug-sand-Sandlöss-Lössabfolgen, Substratabfolgen am Hang) oder paläogenetisch begründete Landschaftskonstellationen begründet (HAASE 1975). So finden sich charakteristische Bodenvergesellschaftungen auch bei ähnlichen Ausgangsgesteinen, Relief, Wasserhaushalten und/oder Klimabedingungen.

### 1.3.5.1. Umsetzung der pedoregionalen Gliederung in der BK50

In der BK50 wurden aufgrund dieser Festlegungen einige Grenzen der Bodengroßlandschaften neu festgelegt und damit die Anzahl der Legendeneinheiten gestrafft. Die Kartiereinheiten der BK50 entsprechen Pedotopen oder Leitbodenassoziationen unterschiedlich komplexer Bodengesellschaften (Aggregierungsstufen 3 und 4). Für die Beschreibung wird mindestens eine Bodenform herausgestellt, die für die Berechnung und Ableitung der Eigenschaften des Areals gilt. Dabei sind einige Arealausprägungen eher homogen, andere setzen sich dagegen aus vielen verschiedenen Bodenformen zusammen (vgl. LAMP 1972; SCHROEDER & LAMP 1974; KNEIB 1979; MICHLICH 1976; MUTERT 1977, 1978). In Niedersachsen finden sich Bei-

spiele im Gebiet des Flammenmergels des südlichen Sackwaldes (Landkreis Hildesheim). Hier kommen auf einer Fläche von ca. 40 ha mehr als 50 sehr unterschiedliche Bodenformen (RATGEBER 1998) vor. Im Göttinger Wald sind in Distanzen unter 50 m mit Rendzinen über Terra fusca-Parabraunerden bis Parabraunerden alle Bodenformen benannt (GEHRT et al. 2017b). In den Wäldern bei Amelinghausen (Landkreis Lüneburg) finden sich dagegen in einer Kartiereinheit mit mehreren Quadratkilometern lediglich fünf bis zehn dominante Bodenformen. Daraus wird deutlich, dass eine differenzierte und quantitative Angabe mit verlässlichen Flächenanteilen eine umfangreiche Datenbasis benötigt. Da diese nur bedingt vorliegt, haben die Angaben zur Vergesellschaftung in der BK50 nur qualitativen Charakter und machen das Vorkommen weiterer Bodenformen neben der beschriebenen Leitbodenform kenntlich.

	AGG-Stufe	Methode	Anwendung in BK50
Bodenformen	AGG 1	Bohrungen zur Kontrolle von Konzeptkarten	nicht enthalten
	AGG 2	Informationsniveau der Konzeptkarten	nur in Ausnahmen
Bodengesellschaften	AGG 3	Abgrenzung gleicher oder ähnlicher Ausprägungen bei Kartenerstellung	Marsch Geest
	AGG 4	Herausstellung eines Gesteinstyps	Bergvorland Bergland Mittelgebirge
	AGG 5	deduktive Festlegung	Bodenlandschaft
Bodengesellschaftsräume	AGG 6	deduktive Festlegung	Bodengroßlandschaft
	AGG 7	deduktive Festlegung	Bodenregion

Abb. 1.7: Anwendung und Darstellungsniveau der Aggregierungsstufen in der BK50.

Eine abgesicherte quantitative Beschreibung würde, wie Detailuntersuchungen in den Buntsandsteingebieten westlich des Harzes zeigten (MOERS & GEHRT 1991, RATGEBER 1998, GEHRT et al. 2017b), eine wesentlich umfangreichere Datenbasis für eine Auswertung der Flächenanteile voraussetzen.

### 1.3.5.2. Bodenregionen und Bodengroßlandschaften

Die Bodenregionen (Abb. 1.8) und Bodengroßlandschaften (Abb. 1.9) der BK50 bilden den Rahmen für die pedoregionale Gliederung des Landes und konkretisieren die in Niedersachsen seit den 90er Jahren eingeführte Gliederung (GEHRT, SPONAGEL & OELKERS 1991). Diese Darstellungen sind möglich, da jeder Kartiereinheit der BK50 im Datenmodell eindeutig eine Bodenregion und eine Bodengroßlandschaft zugeordnet ist. Die Abgrenzung der Raumeinheiten ist in den Regelwerken im Detail festgelegt (vgl. Kap. 2.4.2.3).

Bodenregionen (BR) und Bodengroßlandschaften (BGL) sind durch gemeinsame, meist landschaftsgenetische oder strukturgeologisch bedingte und morphologisch erkennbare Raumeinheiten begründet. Auch das Klima ist ein prägender Faktor. Die Kenntnis der bestimmenden regional wirksamen Faktoren erlaubt es, diese sowohl bei der Kartierung wie auch bei der Zuweisung von Merkmalsausprägungen und Eigenschaften einzusetzen. Die systematische Ordnung von Bodenvergesellschaftungen mit der pedoregionalen Gliederung ist damit Hilfsmittel der zielgerichteten Bodenkartierung, der Beschreibung von Bodenformen und der Qualitätssicherung.

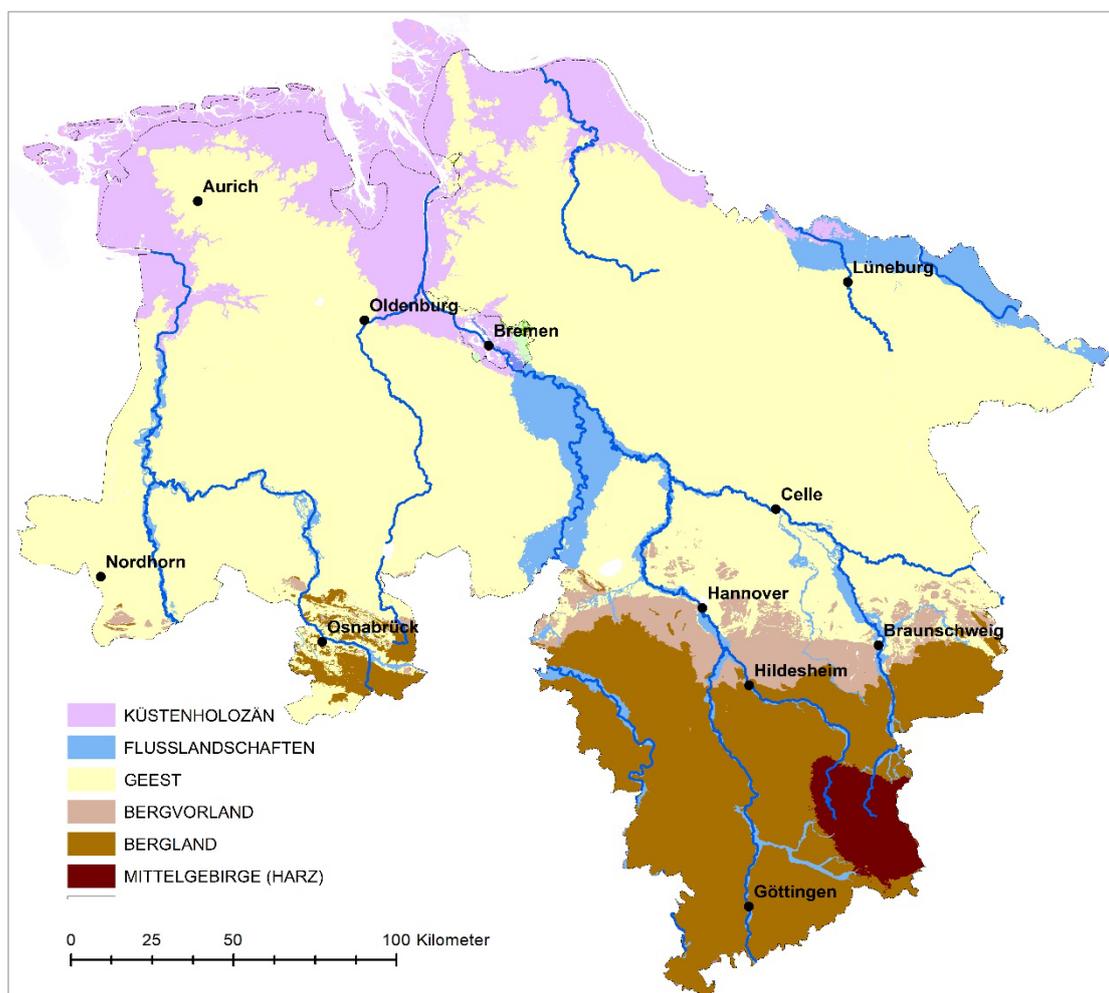


Abb. 1.8: Bodenregionen von Niedersachsen auf Grundlage der BK50.

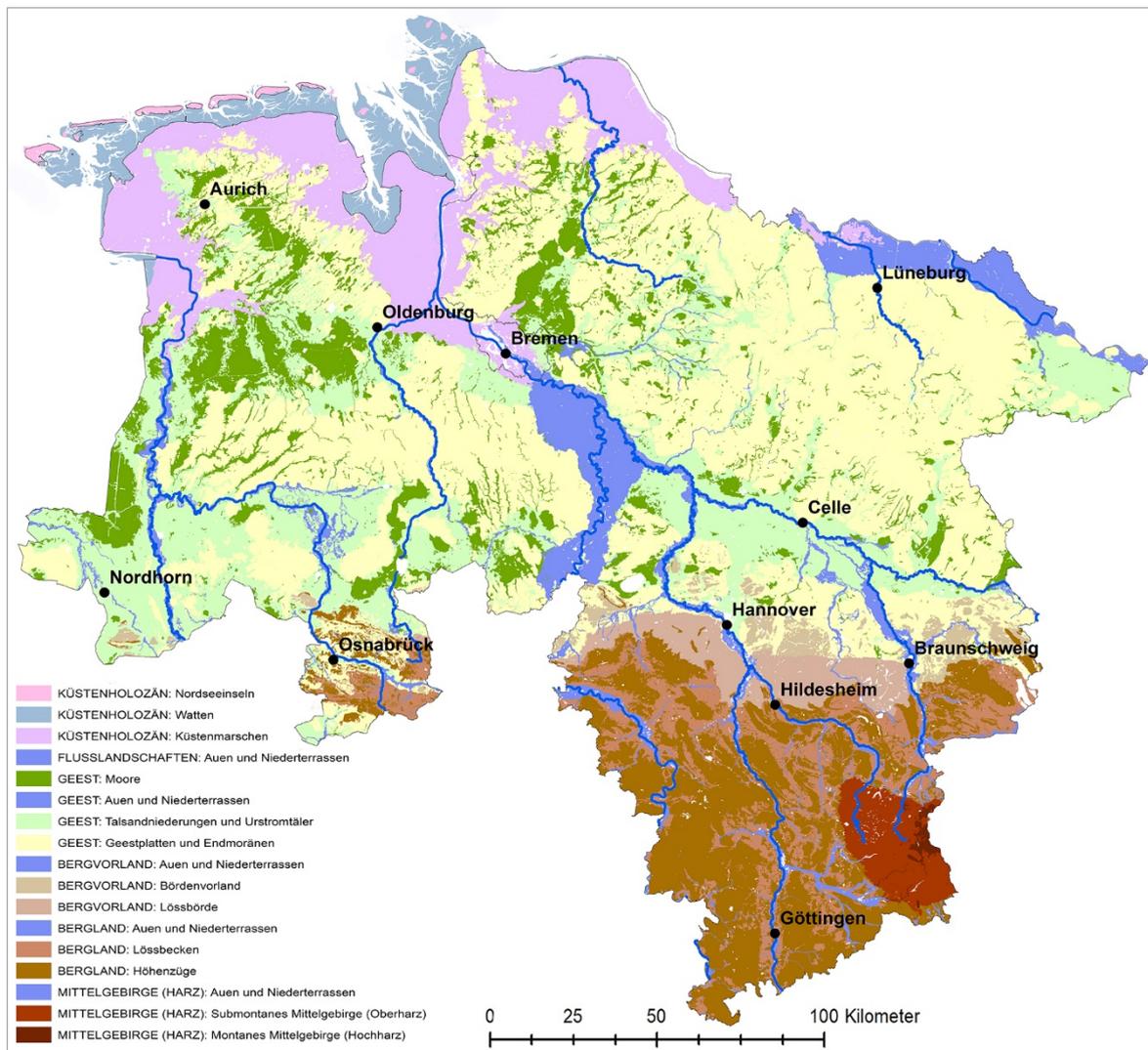


Abb. 1.9: Bodengroßlandschaften von Niedersachsen auf Grundlage der BK50.

### Rahmenbedingungen und Vorteile der Zuordnung von Bodenregionen und Bodengroßlandschaften

- Sie beschreiben übergeordnete Bodeneinheiten und werden in kleinmaßstäbigen Bodenkarten dargestellt.
- Sie fassen geologisch, paläogenetisch und klimatisch begründete Landschaftseinheiten (Regionen) bzw. landschaftsgenetische Prozessgefüge (z. B. Endmoränen, Grundmoränenplatten, Talsandniederungen) zusammen.
- Sie sind ein Hilfsmittel zur Vergleichbarkeit von Bodenkarten im Blattschnitt.
- Sie steuern im Rahmen der Sachdatenbeschreibung die Merkmalsausprägung. So sind z. B. in der Altmoränenlandschaft (Geest) die Deckschichten der Jüngeren Tundrenzeit als Geschiebedecksande ausgebildet, während sie im Bergvorland, Bergland und im Harz als Hauptlagen immer lössbeeinflusst sind. Sie geben den Rahmen für die Generalisierung und Ableitung von kleinmaßstäbigen Bodenkarten und für Erläuterungstexte.
- Innerhalb von Bodenregionen und Bodengroßlandschaften treten im Grundsatz keine identischen Bodenformen auf, wodurch keine Wiederholungen in der

Beschreibung vorkommen. Die Prüfung dieses Kriteriums kann zur Qualitätssicherung eingesetzt werden.

- Es können Regeln für auszuweisende Inhalte, Auflösung und Darstellung vorgegeben werden (vgl. Kap. 3.2.1). Damit wird die Beschreibung erleichtert und harmonisiert. Beispiel: Während die Wasserstände in den Böden der Küstenmarsch Beziehungen zur Höhe über NN aufweisen und durch Schöpfwerke gesteuert werden, zeigen diese beispielsweise in der Geest häufig Beziehungen zur Grundwasseroberfläche des Hauptgrundwasserstockwerks und zu landwirtschaftlichen Entwässerungsmaßnahmen (Drainage).

### 1.3.5.3. Bodenlandschaften

Die Bodenlandschaften (BL) spezifizieren innerhalb der übergeordneten Bodengroßlandschaften Areale mit ähnlichen Gesteins- und Reliefeigenschaften (Abb. 1.10) und sind geeignet, Areale für Übersichtsmaßstäbe zusammenzufassen. Die Bodenlandschaften werden nach einem festen Regelwerk auf Grundlage der Ausgangsgesteine aus den Profilbeschreibungen abgeleitet. Im Grundsatz können Bodenlandschaften in allen übergeordneten pedoregionalen Einheiten auftreten. Die Böden einer Bodenlandschaft und deren Eigenschaften (z. B. Ausprägung der Deckschichten oder Wassereinflüsse) unterscheiden sich je nach Lage in den übergeordneten Bodengroßlandschaften. Weitere ergänzende Kriterien wie die Ausprägung von Deckschichten, Klima, Hydrologie oder dominante Bodenentwicklungsprozesse sind denkbar. Eine solche Erweiterung führt dann zur Bodenkarte i. M. 1 : 500.000 (GEHRT 1995, GEHRT & SBRESNY 1999).

Insgesamt werden für die Bodenlandschaften 18 Gesteinsgruppen unterschieden. Unter Berücksichtigung der Bodenregionen und Bodengroßlandschaften führen diese dann zu den Bodenlandschaften. Die Verbreitungsgebiete der jungen Groden- und Wattablagerungen (1), der Uferwälle und der alten Grodenablagerungen (2) sowie der fluviatilen Gezeitensedimente (3) sind eng an die BGL der Nordseeinseln, Watten und Küstenmarschen gebunden. Die Verbreitungsgebiete der Moore und lagunären Ablagerungen (4), der Auensedimente (6) und der weichselzeitlichen Flussablagerungen (7) treten in fast allen Bodengroßlandschaften auf. Da eine Unterscheidung in der Ausprägung der Moore (4) in der grundwassernahen und -fernen Geest nicht erkennbar ist, wird hier keine Differenzierung vorgenommen. Die Talsandniederungen (8), ältere fluviatile und glazifluviatile Sedimente (9), Lehmgebiete (10) Dünen und Flugsande (11) sowie Sandlöße (12) finden sich vorwiegend in der Bodenregion der Geest, können aber auch in anderen Regionen auftreten. So sind auch die Nordseeinseln von Dünen geprägt, die sich allerdings deutlich von den Geestdünen unterscheiden. Während sich in Lehmgebieten der Geest im Regelfall pseudovergleyte Podsole oder Braunerden bilden, entstehen in Lehmgebieten der Lössbörde oder der Höhenzüge mit lösshaltigen Deckschichten eher Pseudogley-Parabraunerden. Die Verbreitungsgebiete von Löss (13), Karbonat- (14), Silikat- (15) und Tonstein (16) sind vorwiegend an die Bodengroßlandschaften Bördenvorland, Lössbörde, Lössbecken und Höhenzüge gebunden. Die basenreichen (17) und basenarmen (18) Silikatgesteine finden sich überwiegend in der Bodengroßlandschaft der Mittelgebirge (Harz). Böden aus Braunkohle (Braunkohlegebiete, 19) finden sich nur in sehr kleinen Arealen in den Beckenlagen nördlich des Hils. Anthropogen stark überprägte Gebiete, wie Auf- oder Abtragsflächen und Gewässerflächen, werden bodenkundlich nicht beschrieben.

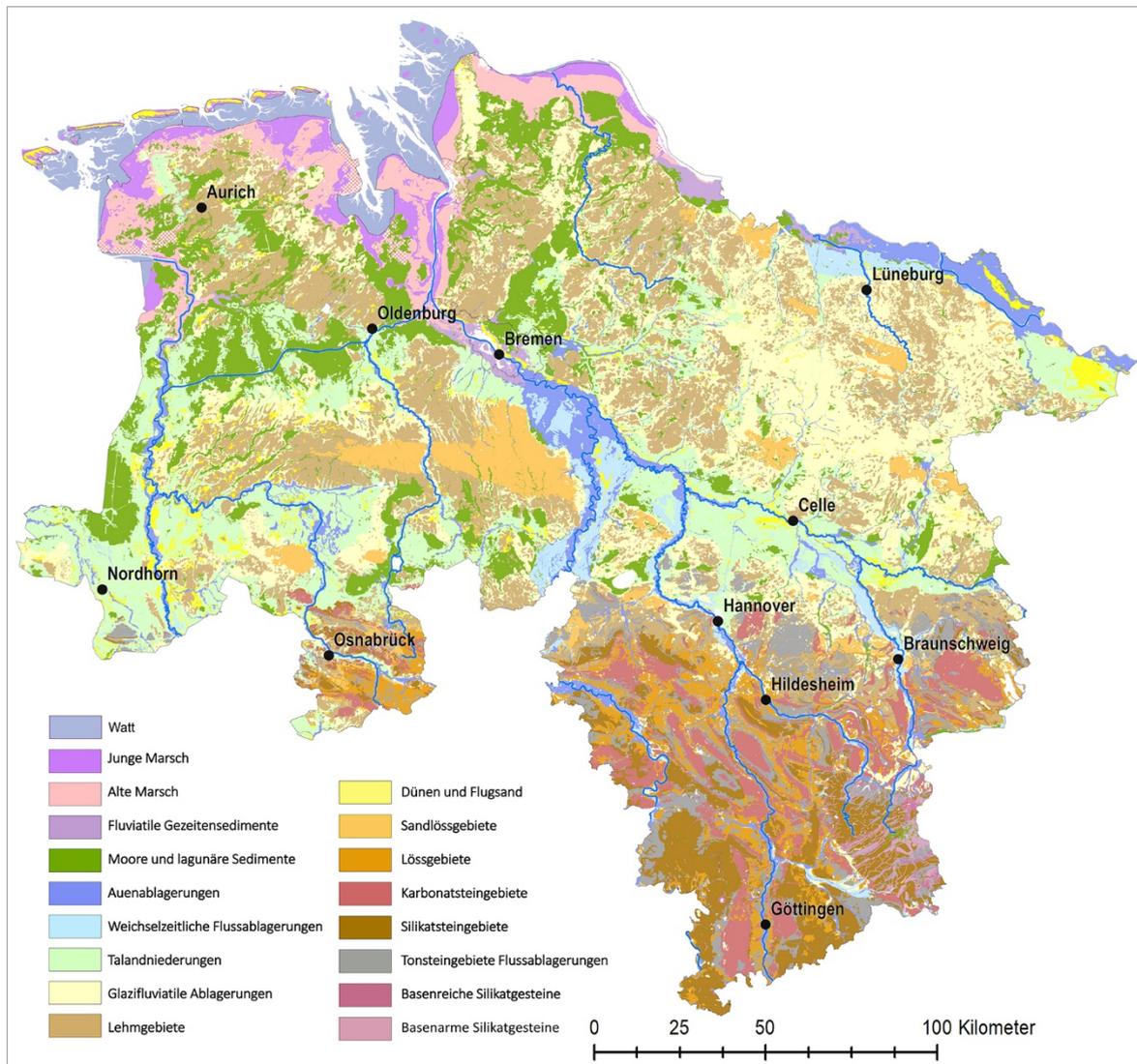


Abb. 1.10: Bodenlandschaften von Niedersachsen auf Grundlage der BK50.

### 1.3.6. Abstimmung mit anderen Kartenwerken und Informationsebenen

Eine Leitlinie der BK50 ist der Abgleich mit anderen Kartenwerken. Dabei gilt es, flächendeckend vorliegende und hochauflösende Informationen anderer Quellen bereitzustellen, zu bewerten und in die Bodenflächendaten zu integrieren.

Eine Übereinstimmung von Arealen und Inhalten einer Bodenkarte mit anderen Informationsebenen ist mit verschiedenen Qualitätsmerkmalen verbunden:

- abgesicherte Aussagen durch Übereinstimmung von Inhalten verschiedener Quellen,
- Bestätigung der Kartierung durch übereinstimmende Quellen,
- Begründung thematischer Abweichungen, Berücksichtigung von Quelldaten nach Priorität.

Die Quelldaten wurden regelbasiert generalisiert und in standardisierter Form als thematische Konzeptkarten bereitgestellt (vgl. Kap. 2.4.1). Die Informationen von Geologie (GK50) und Relief (RK50) wurden direkt in die zu bearbeitende Manuskriptkarte übernommen. Der Abgleich mit weiteren Informationen aus den thematischen Konzeptkarten erfolgte analog durch den Kartierer bzw. Bearbeiter. Markierungen und Kommentare in der Manuskriptkarte seitens des Kartierers dokumentieren die Bearbeitung, ggf. auch Abweichungen vom Regelwerk, und machen die Bearbeitung nachvollziehbar. Themenspezifisch ist es dadurch möglich, veränderte Geometrien durch Rückverschnidung mit den Quelldaten zu identifizieren und gezielt zu prüfen, wie z. B. die Moorverbreitung.

Im Folgenden werden die wichtigsten Informationsgrundlagen skizziert. Die ausführlichen Beschreibungen zu den Konzeptkarten finden sich in Kapitel 2.4 und 2.5.

#### 1.3.6.1. Übernahme der geologischen Kenntnisse

Böden und ihre Eigenschaften werden maßgeblich vom Bodenausgangsgestein und den periglazialen Decken geprägt. Daher wurde großer Wert auf eine ausreichend gute Beschreibung der Gesteine in Bezug auf die Pedogenese gelegt. In enger Abstimmung mit der Geologischen Landesaufnahme des LBEG wurden die geologischen Einheiten der GK50 in den Kategorien Stratigraphie, Genese und Petrographie für die BK50 generalisiert, um die Anzahl der Einheiten deutlich zu reduzieren, ohne dadurch räumliche Effekte auszulösen. Hervorzuheben ist, dass die Attributierung und Abgrenzung der Ausgangsgesteine der BK50 in hohem Maß mit der GK50 übereinstimmt. Die Grenzen der generalisierten GK50 (GK50\_GENE) werden 1:1 in die BK50 als Bearbeitungsgrundlage übernommen. Eine Veränderung der Inhalte und Abgrenzung war dann zulässig, wenn ergänzende Informationen vorlagen bzw. wenn bodenkundliche Kriterien eine Änderung zwingend erforderlich machten (vgl. Kap. 2.4.2.1 und 2.4.2.2).

#### Differenzierte Gliederung der Harzböden

Durch die konsequente Übernahme bodenrelevanter Gesteinseinheiten ergibt sich in manchen Landschaften im Vergleich zu älteren Bodenkarten ein deutlich differenzierteres Bild der Böden. So wurden im Harz in älteren Karten bisher weder die petrographischen noch die bodentypologisch wichtigen Unterschiede befriedigend abgebildet. Mit der systematischen Umsetzung der Geologischen Karte (GK50) konnte eine deutliche Weiterentwicklung erreicht werden. Weitere Präzisierungen basieren auf der Forstlichen Standortskartierung und der Reliefauswertung. Bezüglich der Mächtigkeit der Basislagen bzw. der Tiefenlage des unverwitterten Ausgangsgesteins, der bodenartigen Beschreibung der Deckschichten und der regionalen Ausprägung der Podsolierung besteht noch Bedarf, diese differenziert zu analysieren und abzusichern.

#### 1.3.6.2. Bodenschätzung und Forstliche Standortskartierung

Die umfangreichen Daten der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortskartierung bieten hochauflösende ergänzende Informationen zur Petrographie und Genese der Gesteine (STÖHR 1959, GEHRT & CAPELLE 2007) sowie grundlegende Hinweise zu pedogenetischen Merkmalen, z. B. von Plaggeneschen, Tschernosemen, Gleyen, Pseudogleyen, Podsolen, Mooren sowie zu anthropogenen Veränderungen. Sie wurden aus pedogenetischer Sicht bewertet, standardisiert ausgewertet und als Originalmerkmale quellentreu in Konzeptkarten thematisch und räumlich dargestellt. Für die Nachvollziehbarkeit wurde für jede thematische Kartenserie eine farblogische Standard-Legende erstellt.

### 1.3.6.3. ATKIS®-Daten und Historische Karten zur Landbedeckung

Die Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS®) wurden u. a. zur Ausweisung von Auftrags- und Abtragsflächen genutzt. Zum Teil ergeben sich aus ihnen Hinweise auf pedogene Eigenschaften, wie z. B. Vernässungen. Insbesondere für die Nutzungsdifferenzierung kamen die ATKIS®-Daten zur Anwendung (Kap. 3.2.1.1; EVERTSBUSCH et al. 2017).

Im Prozess der Erstellung wurden historische Karten des 18.–19. Jh.s (Kap. 2.4.3.2) insbesondere zur Ermittlung von Altackerflächen als Suchräume für Plaggenesche herangezogen. Bei der Neukartierung der Marschen waren historische Karten, z. B. für Deichverläufe und Priele (Kap. 2.4.3.3, Tab. 2.19), eine wertvolle Hilfe. Die Informationen wurden nicht direkt in die BK50 übernommen, sondern dienten als differenzierende Hintergrundinformation. So enthalten z. B. die Signaturen für nasse Wiesen, Altarme in der Aue oder Moore Hinweise auf die Bodenausprägung. Eine systematische und flächendeckende Interpretation bzw. Vorgehensweise konnte nicht realisiert werden, da historische Karten für Niedersachsen nicht flächendeckend digital vorliegen.

### 1.3.6.4. Reliefinformationen

Die Reliefauswertungen beruhen auf dem digitalen Geländemodell von Niedersachsen mit 50 m Rasterweite (DGM50). Höher auflösende Daten im 12,5-m-Raster lagen erst ab 2006, ausgewertet mit dem GIS SAGA (s. BÖHNER, McCLOY & STROBL 2006; SCILANDS GMBH 2006, 2008), vor. Die Ergebnisse wurden ab 2008 als weitere Informationen für Detailklärungen berücksichtigt. Für die BK50 wurden vergleichs-

weise einfache Reliefeinheiten wie die Scheitelbereiche und Hänge in vier Neigungsklassen digital abgeleitet und 1:1 in der Manuskriptkartenvorlage zusätzlich zu den Grenzen der geologischen Einheiten abgebildet. Die Tiefenbereiche wurden mit den geologischen Einheiten der Täler abgeglichen. So konnten bei der Kartierung diese Grenzen ggf. angepasst werden. Den Kartiereinheiten der Marsch wurden acht Höhenstufen über NN auf Grundlage des DGM5 zugeordnet.

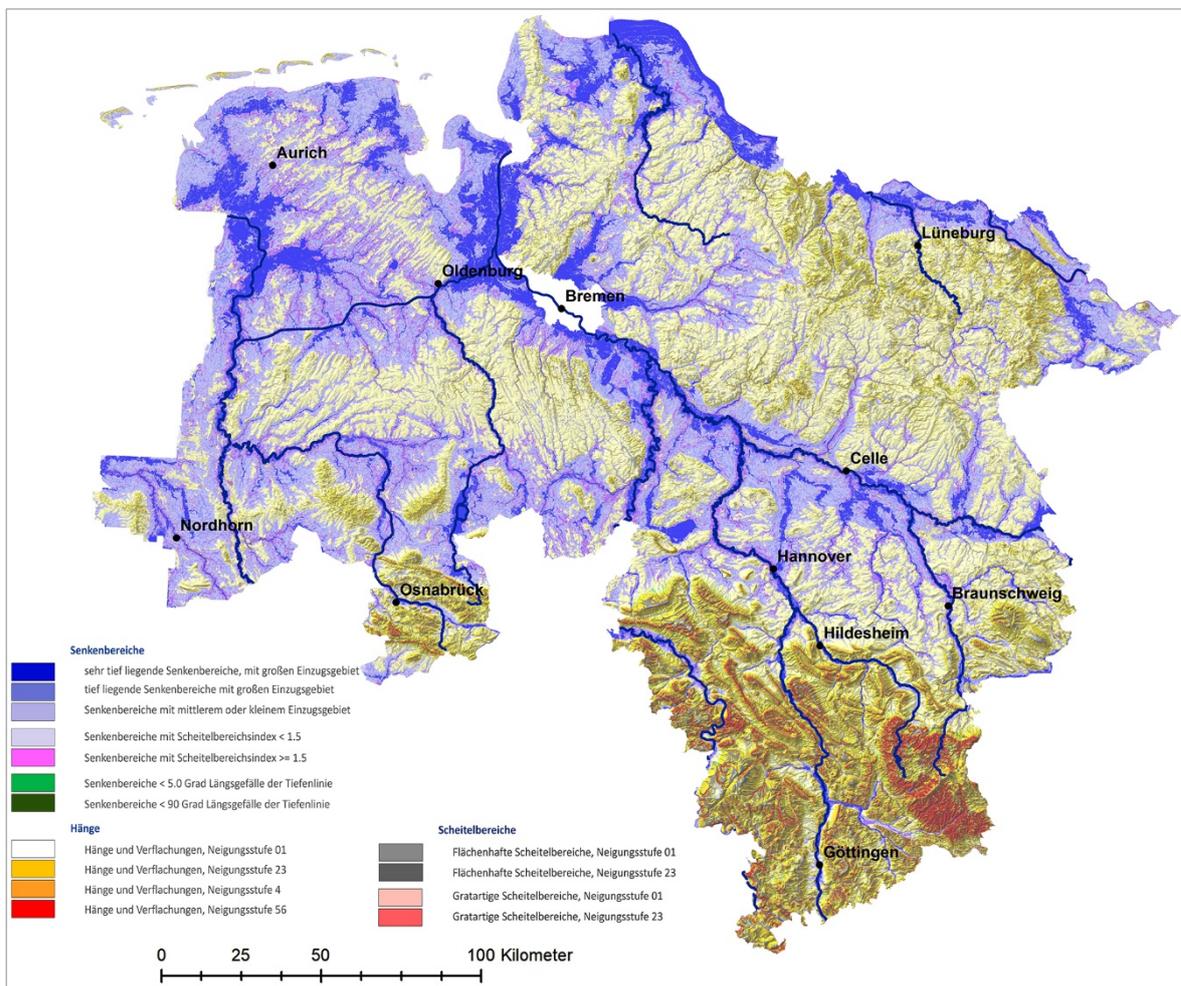


Abb. 1.11: Geomorphographische Karte auf Grundlage des digitalen Höhenmodells von Niedersachsen (DGM5) (erstellt von SCILANDS GMBH 2008).

In der Legende sind nur die Grundfarben ohne Schummerung dargestellt. Kleine Senkenbereiche und gratartige Scheitelbereiche werden in diesem Darstellungsmaßstab unterdrückt.

### 1.3.7. Ausschärfung der Substratbeschreibungen

Die Übereinstimmung zwischen BK50 und den eingegangenen Quelldaten ist als Qualitätsmerkmal der Bodenkarte aufzufassen, da bei der Bearbeitung ein Abgleich der verschiedenen Informationsebenen und somit eine Qualitätssicherung stattgefunden hat. In diesen Fällen wird die Aussage der Quellen als fachlich richtig erachtet. Bei dennoch auftretenden Abweichungen, z. B. der Information aus Bodenschätzung, Forstlicher Standortkartierung oder Relief von geologischen Einheiten wie Löss- oder Geschiebelehmverbreitung (GEHRT & CAPPELLE 2007) war nach einer fachlogischen Prüfung oder Kartierung im Gelände eine Korrektur

notwendig. Einheiten mit deutlich anthropogener Überprägung oder Dünenfelder sind in der GK50 im Vergleich zum DGM häufig überzeichnet. Unter Zuhilfenahme weiterer bodenkundlicher Informationen, wie etwa zum Grundwassereinfluss, wurden hier Arealgrenzen angepasst. Abbildung 1.12 zeigt zusammenfassend den Status der Differenz zwischen der GK50 und der BK50. Die nachfolgende Auflistung gibt einen Überblick über die geologischen Einheiten (Tab. 1.7), die bei hinreichender Begründung angepasst wurden. Zu nennen sind hier v. a. die flächenmäßig bedeutsamen Bereiche des Küstenholozäns, der Niederterrassen und Talsande in der Geest sowie Gebiete mit anthropogenen Veränderungen, welche z. T. maßgeblich zu ergänzen waren.

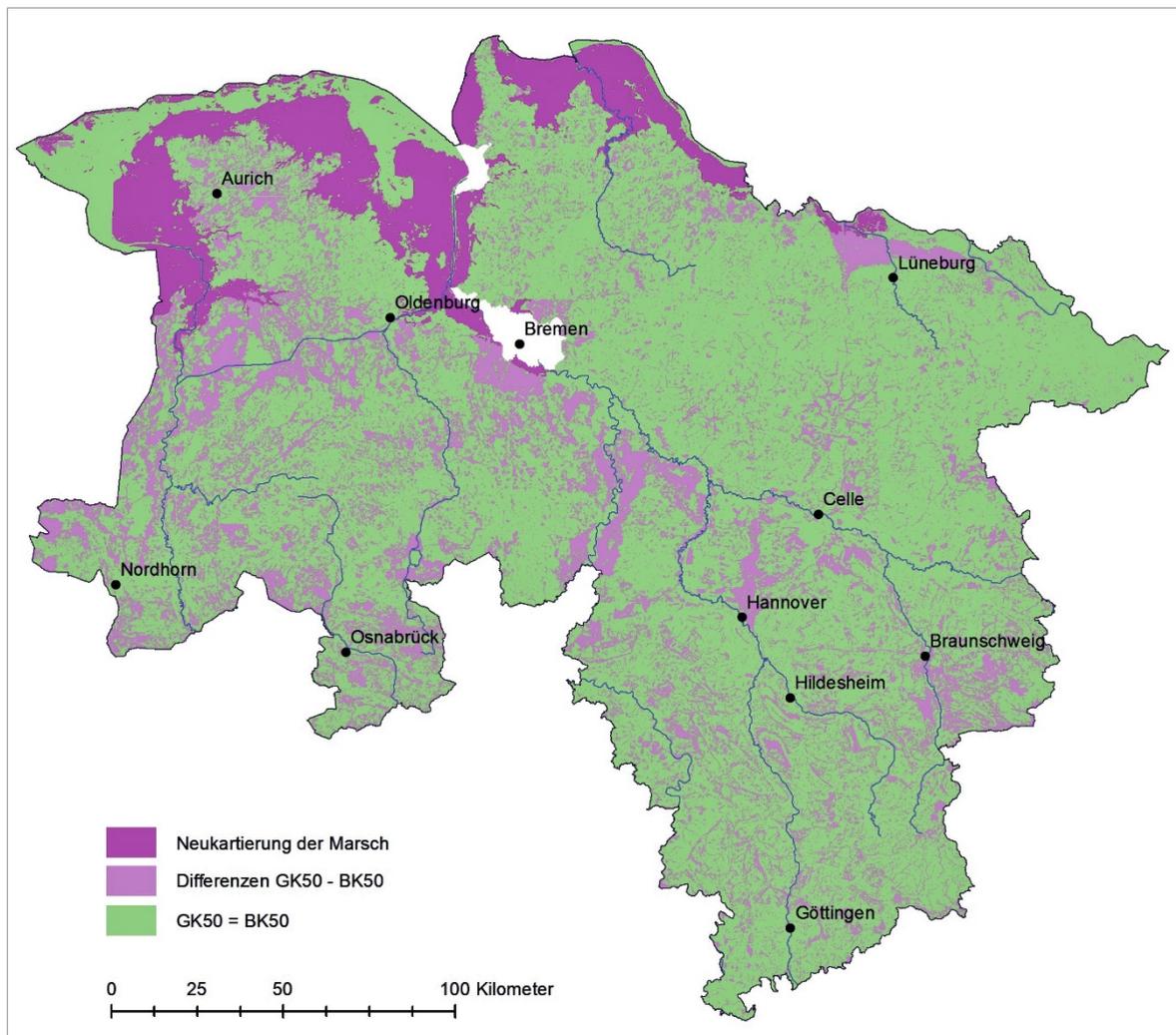


Abb. 1.12: Differenzen in der geologischen Beschreibung zwischen GK50 und BK50 von Niedersachsen.

Tab. 1.7: Übersicht über die während der BK50-Bearbeitung veränderten geologischen Einheiten.

Themen	Art der Veränderung	Quelle
<b>1. anthropogene Veränderungen</b>		
a) Abtrag, Auftrag	Ergänzung	Topografische Karte (TK50), Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
b) Tiefumbrüche, Baggerkühlungen, Spittkulturen, Marschhufenbeete	Ergänzung	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
c) Plaggenesche	Ergänzung	Bodenschätzung
<b>2. Moore</b>	Veränderungen in Bereichen ohne Bearbeitung durch die Moorgruppe	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung, Boden- und Moorkarte des Emslandes
<b>3. Talauen, Kolluvien</b>	Anpassung nach Lage, Differenzierung	Digitales Höhenmodell, Topografische Karte (TK50)
<b>4. weichselzeitliche Ablagerungen</b>		
a) Talsande, Niederterrassen	Anpassung nach Lage	Abgleich mit Podsolverbreitung
b) periglaziale bis fluviatile Ablagerungen	Anpassung nach Lage	pedoregionale Gliederung
c) Raseneisenstein	Ergänzung	Bodenschätzung
<b>5. Beckenablagerungen</b>	Ergänzung	Forstliche Standortskartierung, Bodenschätzung
<b>6. Geschiebelehm</b>	Ergänzung	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
<b>7. äolische Sedimente</b>		
a) Flugsand	Anpassung	Abgleich mit Grundwasserflurabstandskarte, Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
b) Sandlöss, Löss, Lössgrenze, Abgrenzung zu den Deckschichten	Anpassung, Ergänzung	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
<b>8. Festgesteine</b>	Aufteilung nach Petrographie	GK25
<b>9. petrographische Differenzierung</b>		
a) Differenzierung der sandigen Lockersedimente	regionale Differenzierung	Laborergebnisse, überregionale Karte, Karte der Fein- und Mittelsandregionen in Niedersachsen in Anlehnung an JOHANNSEN, SCHÄFER & DÜWEL (1998)
b) Bodenarten der Deckschichten der Geest	Differenzierung nach Bodenart	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
c) Bodenarten der Deckschichten des Bergvorlandes	Differenzierung nach Bodenart	Bodenschätzung, Forstliche Standortskartierung
d) Hangschutte	Ergänzung	Digitales Höhenmodell, Topografische Karte (TK50)
e) allochthone Hangschutte und Fließerden	Ergänzung	Digitales Höhenmodell, Topografische Karte (TK50), GK50

### 1.3.8. Neukartierung der geologischen und bodenkundlichen Einheiten im Küstenholozän

Die Böden im Küstenholozän und insbesondere der Marsch waren in Niedersachsen von der Nachkriegszeit bis 1985 ein besonderer Schwerpunkt der Kartierung. Neulandgewinnung und Entwässerung zur Nutzbarmachung weiteren Ackerlandes waren in diesen Landschaften die Triebfedern. Die älteren Bodenkarten der Marsch sind nach damaligem Verständnis von der Dreigliederung in Seemarsch, Brackmarsch und Flussmarsch geprägt worden. Schon zur Zeit der Kartierung bestanden an den Landesämtern und Universitäten erhebliche Auffassungsunterschiede bezüglich der Ansprache der Gesteine und Böden in der Marsch. So werden in den älteren Bodenkarten geologische und bodenkundlich-genetische Kategorien miteinander vermischt.

Nach umfangreicher Analyse und Diskussion wurde 2010 beschlossen, die geologische und bodenkundliche Gliederung des Küstenholozäns neu zu entwickeln. Das der Umsetzung zugrundeliegende theoretische Fachkonzept zur Entstehung und Landschaftsgliederung der Marsch wird bei HENSCHER (2012) und GEHRT et al. (2013) beschrieben. Die geogenetischen Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25.000 (GK25) (HINTZE et al. 1989) beruhen auf der Beschreibung und Abgrenzung der Sedimente (Petrographie) unter Berücksichtigung der Bedingungen der Sedimentation (Genese) im zeitlichen Kontext (Stratigraphie) und werden nach kritischer Überarbeitung und Ergänzung für die BK50 angewendet.

Mit der Studie zu den „Sulfatsauren Böden“ (SCHÄFER et al. 2010a, b) und den Vorstudien zur geologischen und bodenkundlichen Neukartierung der Marsch (EILERS et al. 2011) wurde deutlich, dass folgende Punkte zu bearbeiten sind:

- konsistente Beschreibung und Abgrenzung der holozänen Ablagerungen auf den Inseln, im Watt und in der Marsch,
- Berücksichtigung der unterschiedlichen Salzgehalte im Watt und in den Rohmarschen sowie im tidalen Rückstaubereich der Flüsse,
- Berücksichtigung der Kenntnisse des Verlaufs der Transgression und Regression des Meeresspiegels der letzten 4.000

Jahre und des Milieus der Ablagerungsräume,

- Ausschärfung bzw. Neufassung der Definitionen zur Sedimentgenese, zu den Horizontbezeichnungen und den Bodentypen,
- konsequente Berücksichtigung der Schwefeldynamik und der damit verbundenen Prozesse und Merkmale der Bodenentwicklung,
- Neukartierung der geologischen und bodenkundlichen Einheiten unter Berücksichtigung der vorstehenden Punkte auf Grundlage der vorliegenden Kenntnisse (BK25, Bodenschätzung, Höhenmodelle). Auch hier erfolgt einheitliches Vorgehen mit vergleichbaren Unterlagen.

### 1.3.9. Regionale Gliederung der Talauen und Abschwemmmassen

In der BK50 werden die Areale der Talauen und Abschwemmmassen (Kolluvisole) für den Zielmaßstab nach ausgewählten Kriterien bearbeitet. Dabei wurden folgende Punkte berücksichtigt (s. auch Kap. 2.4.5.1):

1. systematischer Abgleich mit Reliefdaten  
Die talgebundenen Sedimente der Geologischen Karte werden mit den Tiefenbereichen der Geomorphographischen Karte (Reliefkarte) systematisch abgeglichen. Fehlende Areale von Tiefenbereichen werden ergänzt und entsprechend attribuiert. Für den Zielmaßstab zu kleine Areale werden in Ausnahmen entfernt. Im Regelfall werden nur die Grenzen an die Reliefsituation angepasst. In einigen Gebieten mussten allerdings komplette Talniederungen/Talauen hinzugefügt werden.
2. definierte Abgrenzung von Abschwemmmassen und Auensedimenten  
Die Abgrenzung der Abschwemmmassen von den Auen wurde konsequent anhand der Karte der Einzugsgebietsgröße auf Basis des DGM5 von Niedersachsen und weiterer Parameter (Historische Karte, Mäanderbildung) geprüft und ggf. angepasst. Bei Einzugsgebietsgrößen von 1.000 bis 2.000 ha werden Auensedimente ausgewiesen, während kleineren Einzugsgebieten Abschwemmmassen zugeordnet werden.

3. pedoregionale Zuordnung der Abschwemmmassen nach Einzugsgebiet  
Bodenart oder Karbonatgehalt von Abschwemmmassen werden von den Sedimenten des Erosions- oder Einzugsgebietes geprägt. Die Beschreibung der Eigenschaften der Bodenprofile erfolgt unter Einbeziehung der pedoregionalen Lage.
4. pedoregionale Gliederung der Talauen  
Unter Auenablagerungen werden Sedimente verstanden, die durch mäandrierende Bach- oder Flussläufe bei periodischen oder episodischen Hochwasserereignissen abgelagert wurden. Je nach Einzugsgebiet, Fließgeschwindigkeit und Ablagerungsbedingungen unterscheidet sich die Korngrößenverteilung der Sedimente (kiesig oder sandig bis tonig). In Abhängigkeit von Einzugsgebiet und Alter sind die Auenablagerungen karbonathaltig bis karbonatfrei.

Die Talauen werden in der BK50 pedoregional gegliedert (vgl. KOENZEN 2005, BRUNOTTE et al. 2009; Abb. 1.14). So unterscheiden sich die bodenkundlichen Eigenschaften (z. B. Bodenarten oder Grundwasserganglinien) einer Flussaue der grundwassernahen Geest von denen eines Lössbeckens im Bergland. Talauen, deren Einzugsgebiet innerhalb nur einer Bodenlandschaft liegt, werden folglich dieser Bodenlandschaft zugeordnet und im Wirkungsgefüge entsprechend beschrieben. Befindet sich das Einzugsgebiet einer Aue in mehreren Bodenlandschaften, wird sie der entsprechenden Bodengroßlandschaft zugeordnet. Umfasst ein Einzugsgebiet mehrere Bodengroßlandschaften, erfolgt die Zuweisung zur Bodenregion der überregionalen Flusslandschaften. Mit der hierarchischen Gliederung der Talauen werden auch weitere Eigenschaften, z. B. Grundwasserstände, angepasst und berücksichtigt (Kap. 3.3.4).

### Infofeld Gliederung der Talauen

Die Auenablagerungen sind vertikal oder horizontal stratigraphisch gegliedert. Differenzierte Untersuchungen unterscheiden an größeren Flüssen (Rhein, Weser) eine Vielzahl der Auenablagerungsstufen (SCHIRMER 1983, SCHIRMER & KELS 2007, LIPPS 1998, LIPPS & CASPERS 1990). Vereinfachte Gliederungen unterteilen 3–4 Phasen (vgl. LÜTTIG 1960, OELKERS 1970). Diese vereinfachte Gliederung kann an einem Schema verdeutlicht werden (Abb. 1.13). Die älteren frühholozänen Auenablagerungen (qh1) wurden vorwiegend in Auwäldern mit geringen Fließgeschwindigkeiten abgelagert und sind im Grundsatz tonig ausgebildet. Bronzezeitliche bis mittelalterliche Auenablagerungen sind dagegen schluffig bis sandig ausgebildet (qh2). Die neuzeitlichen bis heutigen Auenlehme (qh3) sind eher schluffig ausgebildet. Zum Teil findet sich ein Uferwall (qh4) als jüngste Ablagerung. Die jüngeren und jüngsten Auensedimente können z. T. karbonathaltig sein. In geologischen Karten wird aufgrund des Karbonatgehaltes zwischen den karbonathaltigen jüngeren (qh(j)) und den karbonatfreien älteren (qh(a)) Auenablagerungen unterschieden. Die älteren Ablagerungen finden sich i. d. R. in den tiefsten Bereichen am Rand der Aue.

Eine differenzierte Beschreibung der Lagerungsverhältnisse kann in der BK50 maßstabsbedingt und aufgrund der unzureichenden Kenntnisse nur generalisiert wiedergegeben werden.

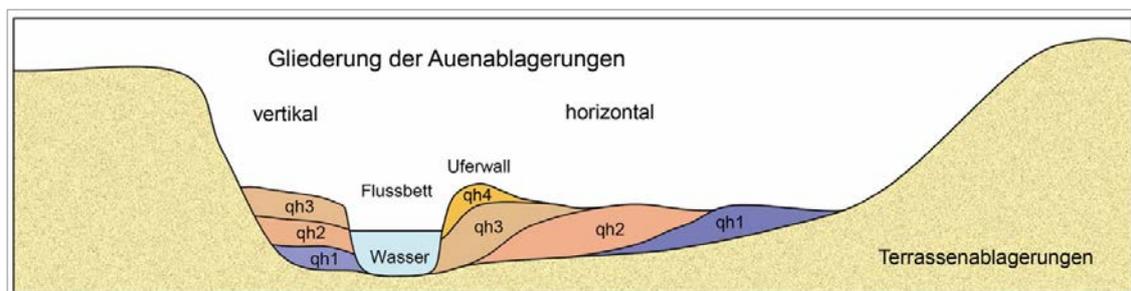


Abb. 1.13: Schematische Darstellung der Auensedimentgliederung.

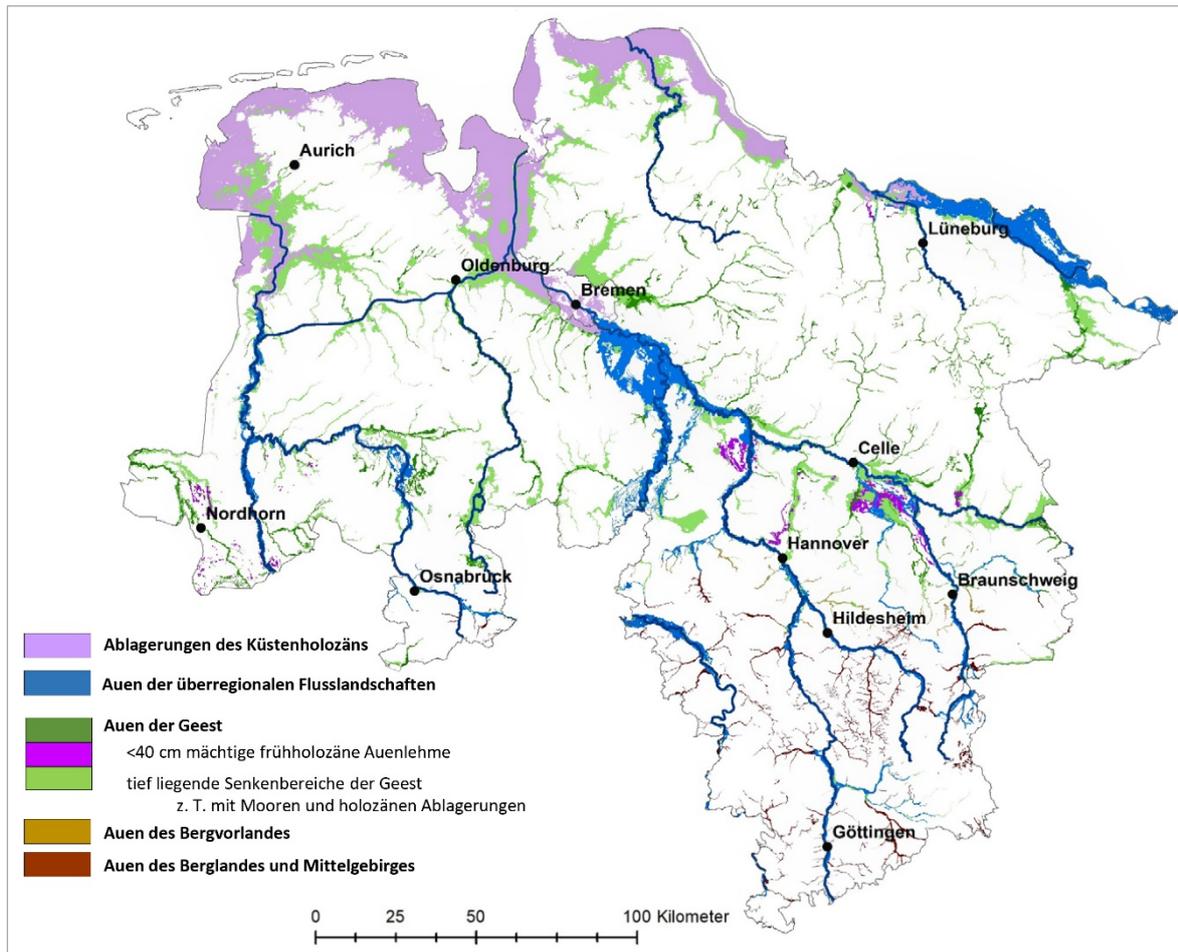


Abb. 1.14: Pedoregionale Gliederung der Talauen in der BK50. Die tiefliegenden Senkenbereiche zeigen z. T. kleinräumige holozäne Auenablagerungen oder liegen im tidalen Ablagerungsbereich.

### 1.3.10. Bodenflächendatenbank mit generalisierten Flächen- und Sachdaten

Das primäre Ziel der BK50 ist der Aufbau einer Bodenflächendatenbank (BFD), die sich in die Gesamtkonzeption des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®) einfügt. Rahmenbedingungen, die sich aus der Erstellung von Bodenkarten in topografischen Blattchnitten ergeben, treten gegenüber inhaltlich und räumlich gleichwertigen Kartiereinheiten in einem blattschnittfreien Kartenwerk zurück (AD-HOC-AG BODEN 2006). Die Bodenkarte als Darstellung von Bodentypen ist nur eine Sicht auf diese Daten. Die Daten der BK50 werden in Datenbanken vorgehalten. Ihre Verarbeitung und

Darstellung erfolgen mit Hilfe definierter Auswertungsmethoden und geografischen Informationssystemen (GIS).

Die BK50 ist ein Datenmodell der Bodenverbreitung, das die generellen Züge der Bodenentwicklung hervorhebt. Für den Maßstab 1 : 50.000 ist eine hohe räumliche Auflösung und Lagetreue anzustreben (AD-HOC-AG BODEN 2006). Mit der BK50 kann dies umgesetzt werden, da die detaillierten Karten der Quellen sowie digitale Höhenmodelle in die Bearbeitung einfließen. Pro TK50-Blatt liegen aus der geologischen Kartierung ca. 1.000 bis 8.000 Bohrungen vor. Die Bodenschätzung bzw. Forstliche Standortkartierung dokumentieren den Bodenaufbau pro TK50-Blatt durch die Beschreibung von ca. 16.000 bestimmenden Grablöchern

bzw. Schürfgruben. Die bestimmenden Grablöcher der Bodenschätzung sind eine repräsentative Auswahl aus bis zu 160.000 Einschlügen pro TK50-Blatt. Eine Neukartierung mit vielleicht 1.000 Bohrungen würde bei dieser Datenlage die Absicherung nur bedingt verbessern und den entsprechenden Arbeitsaufwand keineswegs rechtfertigen (GEHRT et al. 2003). Die Darstellung von individuellen Erscheinungen tritt nach diesem Konzept zurück. Einzelfälle und regionale Besonderheiten werden aus den berücksichtigten Informationsgrundlagen nach Prüfung übernommen, sofern sie den Anforderungen der Darstellbarkeit entsprechen.

Wie bei der Grenzziehung werden auch bei der Beschreibung der Leitprofile die gesetzmäßigen Züge des Bodenaufbaus herausgestellt. Die bodenkundliche Kartieranleitung (KA5) definiert die jeweils charakteristischen Horizontfolgen eines Bodentyps (AD-HOC-AG BODEN 2005). Sie werden für die Horizontbeschreibung der Leitprofile übernommen. Dieses systematische Verfahren führt zu einer hohen Vergleichbarkeit der Profilbeschreibungen und erleichtert gleichzeitig die Pflege und Weiterentwicklung des Datenbestandes.

Diese deduktive Vorgehensweise wurde mit der Arbeit von SCHLÜTER (1999) vorbereitet und hat folgende Vorteile:

- Die Entnahme von bestimmenden Faktoren aus den Konzeptkarten ist vergleichsweise einfach.
- Die prägenden Faktoren der Bodenentwicklung werden deutlich.
- Individuelle, kartiererspezifische Unterschiede in der Beschreibung werden minimiert (vgl. Kap. 2.7.2).
- Teilbearbeitungsgebiete sind objektiv vergleichbar (Blattschnittfreiheit). Auffassungsunterschiede von mehreren Bearbeitern bei der Interpretation der Standortfaktoren werden weitgehend vermieden.

### 1.3.11. Kennzeichnung der Qualität

Die Erstellung der BK50 verlief kontinuierlich unter dem Gesichtspunkt der Qualitätssicherung. Dabei ging es sowohl um die Dokumentation (Beschreibung und Nachvollziehbarkeit der Arbeitsschritte) als auch die Abschätzung der räumlichen und inhaltlichen Qualität der Aussagen. Die Normenreihe DIN ISO 9000ff. bietet die Rahmenbedingung für die Anwendung der Qualitätssicherung. Danach sollen die Arbeitsabläufe optimiert, hochwertige Produkte und Dienstleistungen erstellt und möglichst eindeutig und transparent für den Nutzer beschrieben werden. Die Bewertung ermöglicht das Auffinden von Schwachstellen und ist Voraussetzung für Weiterentwicklungen. Die Notwendigkeit einer hinreichenden Qualitätssicherung von Aussagen zum Boden wird z. B. durch die Arbeiten von BÜCHERL & KÜCHLER (2009) oder ALBRECHT, JAHN & HUWE (2005 a, b) unterstrichen.

In diesem Kontext entstanden im NLF/LBEG die Arbeiten zur Qualitätssicherung von Profildatenbanken und Konzeptbodenkarten zur Qualität der Bodenschätzung (SCHRADER 2005) und zur Qualität der Bodenkarte 1 : 50.000 von Niedersachsen (BK50) (KUCK 2006). Für Bodenkarten wurde im LBEG eine Prüfliste für Bodenflächendaten entwickelt, die in die Kriterien zur Vereinheitlichung der Bodenkarten im Maßstab 1 : 50.000 (AD-HOC-AG BODEN 2006) aufgenommen wurden. Dort wird definiert, welche Rahmenbedingungen bzw. Ansprüche die Bodenflächendaten im Maßstab 1 : 50.000 erfüllen sollten. Mit beschreibenden Parametern etwa zur räumlichen und inhaltlichen Auflösung zu den verwendeten Normen oder zur Aktualität wird eine vergleichende Einschätzung der Bodenflächendaten im Land und länderübergreifend möglich.

Die Liste (Tab. 1.8) ist Grundlage zur Einschätzung der Qualität der BK50. Methodisch beruht diese Beurteilung, soweit möglich, auf Kennwerten. Sind diese nicht verfügbar, wird eine Einschätzung in fünf Stufen vorgenommen. Dabei werden als Zielgrößen jeweils Haupt- und Unterkriterien definiert. Die Bewertung erfolgt auf der Ebene der Unterkriterien, die dann aggregiert werden. Die Unterkriterien beruhen jeweils auf fünfstufigen Beurteilungsschemata.

Tab. 1.8: Qualitätsmerkmale der BK50 von Niedersachsen (in Anlehnung an AD-HOC-AG BODEN 2006).

Hauptkriterium	Unterkriterium	Parameter / Bezüge	BK50 (Grundkarte)	BK50n (nutzungsdifferenziert)	Bewertung der Qualität (Selbsteinschätzung)
Erstellung	Prozessbeschreibung	Arbeitsanweisungen	differenzierte Anweisungen für die Teilarbeitsschritte vorhanden		4
	Übereinstimmung mit Regelwerken	Bodenkundliche Kartieranleitung Niedersachsen (geschätzt)	100 %		5
		Bodenkundliche Kartieranleitung Ad-hoc-AG Boden	80 %		3
		Symbolschlüssel Geologie (geologische Attribute)	100 %		4
	Erhebungsdichte	Bohrpunktdichte pro TK50	>16.000 digital, >160.000 analog		
Konzeptkarten		im Original 1 : 10.000 bis 1 : 50.000, ggf. für den Zielmaßstab generalisiert, einheitlich für ganz Niedersachsen, blattschnittfrei			4
Validierung	Repräsentanz der Leitprofile (Kennwerte)		nicht geprüft		3
	Absicherung physikalischer und chemischer Kennwerte		Ableitung auf Grundlage der Laboratenbank, individuelle Absicherung steht aus		3
Beschreibung der Karte	inhaltliche Auflösung	Kartiereinheiten pro Karte (Mittelwert)	137		4
		Anzahl der Areale pro Kartiereinheit (Mittelwert)	16		
		Komplexität der Profilbeschreibungen	hoch	sehr hoch	4
		Aktualität	Informationsgrundlagen ca. 10–20 Jahre alt		3
	räumliche Anpassung	Areal pro Kartenblatt (Mittelwert)	1.157	1.693	4
		Arealgröße (Mittelwert)	34	24	
		optimaler Maßstab (Mittelwert)	1 : 45.964	1 : 39.075	
		Lagetreue	keine Anpassung an Morphologie auf Grundlage des DGM		3
	Intensität der Abstraktion	Aggregierungsstufen (vgl. Kap. 1.3.5)	AGG3 (Flachland) bis AGG4 (Bergland)		4
	Dokumentation	Kennzeichen der Bodenkarte	45 Seiten		5
		Beschreibung der Inhalte	85 Seiten		5
Erstellung der Bodenkarte		102 Seiten		5	
technische Beschreibung der Inhalte		31 Seiten		5	
Verständlichkeit der Information				4	
Verfügbarkeit	Verfügbarkeit und Abgabeformate <b>Bodenkarten</b>	Internet (Kartenserver)	nein	ja	5
		digitale GIS-Dateien nach Anfrage			
		Standard-Plotausgabe des Bodentyps im TK50-Blattschnitt			
	Verfügbarkeit und Abgabeformate <b>Auswertungskarten</b>	Internet (Kartenserver)		ja	5
digitale GIS-Dateien nach Anfrage		ja			

**Bewertungsstufen**

3 = mittlere Qualität, d. h. Inhalte und Auflösung für den Maßstab bedingt geeignet,

4 = hohe Qualität, d. h. Inhalte und Auflösung für den Maßstab gut geeignet,

5 = sehr hohe Qualität, d. h. Inhalte und Auflösung für den Maßstab sehr gut geeignet.

In Abbildung 1.15 wird die Selbsteinschätzung der Qualität der BK50 grafisch dargestellt. Aus Sicht des LBEG ist bei der Dokumentation und Verfügbarkeit der BK50n und den Auswertungskarten kein wesentliches Verbesserungspotenzial gegeben. Die Generalisierung ist im Grundsatz dem Maßstab angepasst. Die Erhebungsdichte mit Bohrungen ist durch die Daten der Bodenschätzung und der Standortkartierung hinreichend gut. Die Übereinstimmung mit den Regelwerken ist gegeben. In Privatwäldern liegen allerdings noch Defizite der Kartierung vor.

Abweichungen zwischen der Kartieranleitung von Niedersachsen (NLFB 2000) und der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) können datentechnisch weitgehend ausgeglichen werden. Weitere Angleichungen sind durch die Fortschreibung zu erreichen.

Da die Leitprofile der Bodeneinheiten aus allgemeinen Ableitungen und nicht profil- oder substratspezifisch erstellt wurden, bedürfen diese mittelfristig einer weitergehenden Überprüfung. Mit den Daten der Bodendauerbeobachtung (BDF), der Bodenzustandserhebung (BZE), der Musterstücke der Bodenschätzung (MST) und der Forstlichen Standortkartierung sowie der Laboratenbank des LBEG liegen für viele Einheiten der BK50 Daten vor (GEHRT & GENSIOR 2019). Die in den genannten Datenquellen unterrepräsentierten Einheiten sollten an ausgewählten Standorten beprobt werden.

Die räumliche Anpassung und die Aktualität der Bodenkarte ist nur mit großem Aufwand zu verbessern (vgl. Kap. 1.3). Mit dem neuen digitalen Höhenmodell (DGM1) von Niedersachsen liegt eine Datengrundlage vor, mit der wesentliche Verbesserungen erreicht werden könnten.

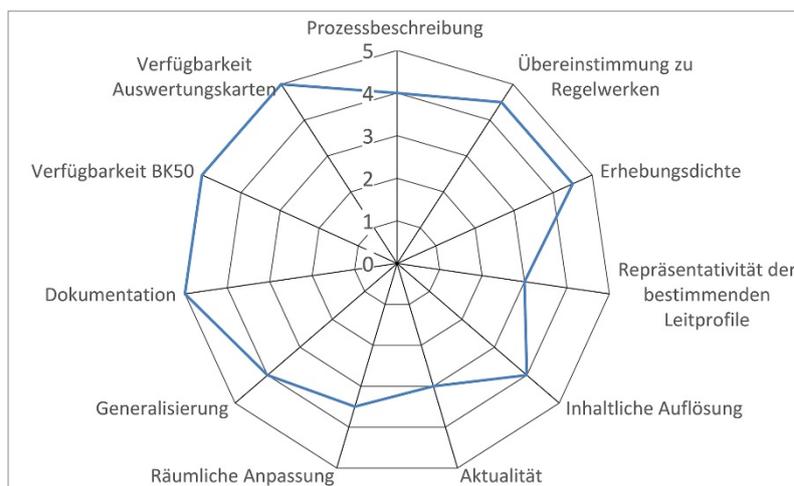


Abb. 1.15: Bewertung der Qualitätskriterien der BK50 (Selbsteinschätzung): Qualitätsstufen 0 (unbefriedigend) bis 5 (sehr gut).

Abbildung 1.16 visualisiert im Blattschnitt der TK50 die räumliche und inhaltliche Auflösung der BK50n durch Darstellung des optimalen Maßstabes (räumliche Auflösung) und der Anzahl der Kartiereinheiten (inhaltliche Auflösung). Es ist erkennbar, dass die Kartiereinheiten der Kartenblätter im Küstenholozän (Inseln, Watt, Marsch) und der Lüneburger Heide eher größer und homogener sind. Im Bördenvorland und im Bergland sind die Kartiereinheiten eher kleiner

und darüber hinaus heterogener. Diese Unterschiede zeigen sich auch in der Anzahl der Kartiereinheiten pro TK50-Blatt. Vergleichsweise wenige Kartiereinheiten wurden z. B. in der Lüneburger Heide ausgewiesen. Im Bergland wurden mehr als doppelt so viele Einheiten auskartiert, wie im Flachland oder Küstenholozän. Diese Unterschiede sind plausibel, da in allen Karten vergleichbare Kriterien der Arealabgrenzung galten.

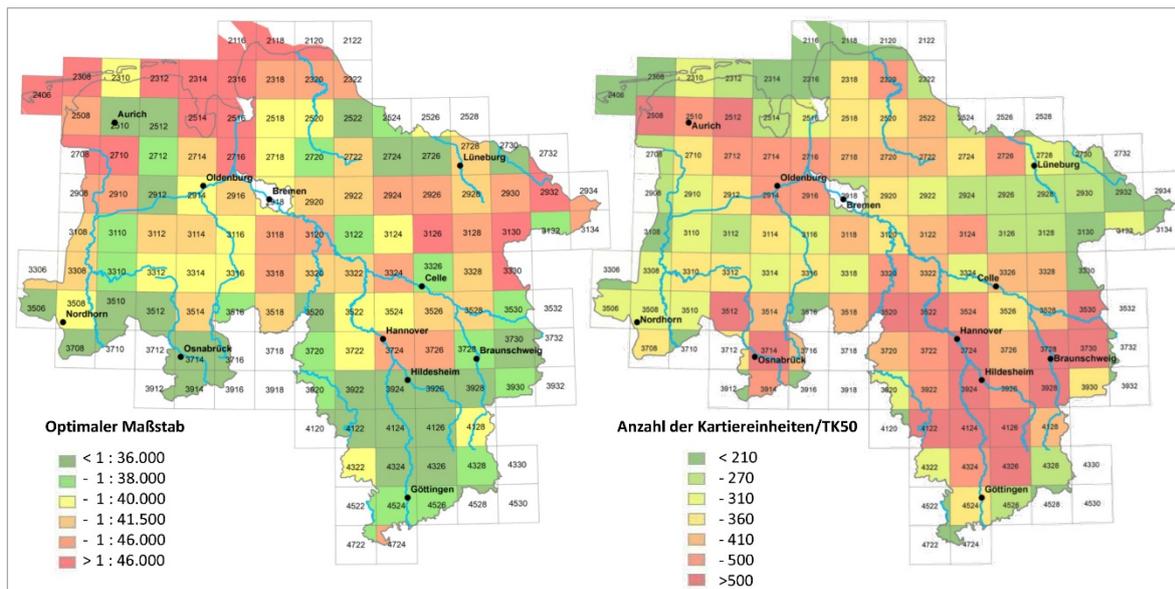


Abb. 1.16: Optimaler Maßstab und Anzahl der Kartiereinheiten je TK50-Blatt der nutzungs-differenzierten BK50 von Niedersachsen.

Eine andere Möglichkeit der Qualitätsbeschreibung bietet die Nutzung mathematisch-statistischer Verfahren zur Validierung, die auch bei digitalen Bodenkartierung zum Einsatz kommen können. Für die BK50 von Niedersachsen wurde an zwei Kartenblättern die Übereinstimmung der Bodentypen mit den Reliefparametern auf Basis von Entscheidungsbäumen (BEHRENS & SCHOLTEN 2006a, b) und einer multiskalierten Reliefanalyse mit 190 Reliefderivaten (BEHRENS et al. 2007) getestet. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Abweichungen der Bodenkarte von den Prognosen für das Blatt L3126 Munster im Mittel bei 17 % und für das Blatt L4524 Göttingen bei 21 % liegen. Dies sind nach den vorliegenden Erfahrungen Werte, die auf eine gute Übereinstimmung mit dem Relief hinweisen. Das Ergebnis zeigt, dass die Berücksichtigung des DGM im Detail eine bessere Anpassung der Boden- bzw. Substratgrenzen ermöglicht. Durch die hohe Auflösung der Höhenmodelle werden z. B. schmale Tälchen in der Prognose treffender abgebildet. Durch die Generalisierung für den Zielmaßstab 1 : 50.000 werden diese Details unterdrückt. Dies ist eine Ursache für die Abweichungen zwischen der Prognose- und der Bodenkarte.

Eine Abschätzung der Qualität wurde im Vorfeld für alle Konzeptkarten durchgeführt (vgl. Abb. 1.17). Zu nennen sind Defizite bei den Reliefinformationen und bei den Angaben zu den hydromorphen Böden. Bezüglich des Reliefs ist hier auf das mangelhafte DGM50 hinzuweisen, das inzwischen durch das DGM5 bzw. in Zukunft durch das DGM1 ersetzt wird. In der BK50 sind allerdings noch Elemente aus dem DGM50 enthalten. Die Defizite bei den hydromorphen Böden gehen insbesondere auf die unspezifische Angabe der hydromorphen Merkmale der Bodenschätzung in Bezug auf den Wassereinfluss (Grund- bzw. Stauwasser) sowie auf fehlende Angaben in Privatforsten und in besiedelten Bereichen zurück. Abhilfe schaffte eine auf Grundlage des digitalen Höhenmodells (DGM5) niedersachsenweite Modellierung der Grundwasserflurabstände (GEHRT & BOCK 2009). Diese wurde in Form einer Konzeptkarte in Gebieten mit unzureichenden Informationen berücksichtigt.

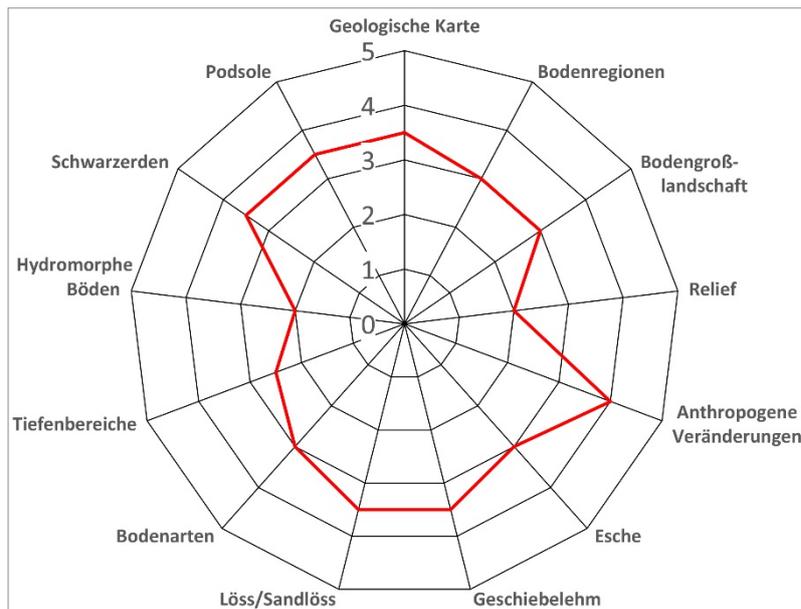


Abb. 1.17: Themenspezifische Qualitätsbewertung der Konzeptunterlagen zu Beginn der BK50-Kartierung: 0 = unbefriedigend, 5 = sehr gut.

Die Methoden zur Erstellung von Konzeptkarten beruhen auf eindeutig nachvollziehbaren Regeln und führen zu reproduzierbaren Ergebnissen. Die Regeln und Eingangsinformationen unterscheiden sich in Abhängigkeit von der betrachteten Landschaft. Soweit sie deterministisch sind, ist leicht zu prüfen, ob die kartierten Einheiten der Erwartungshaltung entsprechen und wie groß die Abweichung ist (vgl. Kap. 1.3.6).

Im Prozess der Kartierung müssen die einzelnen Informationsebenen abgeglichen und bewertet werden, bei inkonsistenten Angaben ist eine begründete Entscheidung herbeizuführen und auf den Arbeitsunterlagen zu dokumentieren. Der Grad der Abweichung ist ein Maß für die Qualität. Mit zunehmendem Grad an Übereinstimmung kann davon ausgegangen werden, dass die Aussagesicherheit der Information steigt. Andererseits zeigt eine große Abweichung, dass ggf. das Wissen über eine Region oder einen Sachverhalt nicht ausreichend konsolidiert ist. Es ist daher sinnvoll, den Grad der Übereinstimmung der Konzeptdaten mit den ausgewiesenen Bodenflächendaten zu beschreiben.

### 1.3.12. Erstellung von Auswertungskarten im LBEG

Die Daten der BK50 sind Teil des Fachinformationssystems Bodenkunde (FIS BODEN) des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®, NBODSCHG 1999). Als Auszug aus der BK50-Bodenflächendatenbank ist die Verbreitung der Hauptbodentypen ohne Substratan-gabe in der Bodentypen-Plotausgabe im TK50-Blattschnitt dargestellt und über den Produktvertrieb des LBEG zu beziehen (vgl. Kap. 4.2.2., Abb. 4.1).

Ein weiterer wichtiger Baustein des FIS BODEN sind die Methoden für die Auswertung. Sie werden zum einen in Methodendokumentationen (MÜLLER & WALDECK 2011) dokumentiert, zum anderen aber auch digital im Methodenmanagementsystem (MeMaS®, HEINEKE et al. 2002) umgesetzt. Das MeMaS® ist damit integraler Teil des NIBIS®. Zurzeit ist das MeMaS® mit 34 Methoden und weit über 120 Verknüpfungsregeln so aufgebaut, dass für alle Planungsverfahren Bodenteilfunktionskarten routinemäßig bereitgestellt werden können.

Dazu sind die Daten der BK50 im MeMaS® so eingebunden, dass die Methoden automatisch auf die Tabellen der Datenbank der BK50 zugreifen können. Für die Methoden sind insbe-

sondere Horizontdaten (Boden- und Torfart, Humus, Lagerungsdichte, Substanzvolumen, Skelett, Lage der Horizonte im Profil, Horizontsymbol, Zersetzungsstufe, Kalkgehalt, Verfestigungsgrad), Profildaten (Bodentyp, Landnutzung, Grundwasserstände) und Daten zur Kartiereinheit/Legende (Bodenfeuchtestufe) von Bedeutung. An die Kartiereinheiten der BK50 sind zusätzlich Fremddaten zum Klima und Relief angehängt, so dass die Auswertungen in den meisten Fällen auf Basis der Kartiereinheit stattfinden. In wenigen Ausnahmefällen erfolgt im NIBIS® die Umrechnung der Bodenparameter auch in Rasterdaten (CrossCompliance-Bodenerosion, Grundwasserneubildung mit mGROWA (ERTL et al. 2019)).

### Anwendungsbereiche

Auswertungskarten und daraus abgeleitete Kennwerte werden in verschiedensten Disziplinen genutzt. Dies erfordert eine fachübergreifende Zusammenarbeit mit vielen anderen Fachbereichen innerhalb und außerhalb des LBEG. Wichtige Beiträge liefern die Auswertungen zum Beispiel im Bereich Wasserschutz. So spielt bei der Ausweisung von Wasserschutzgebieten (WSG) mit dem Ziel des Grundwasserschutzes insbesondere das Standortliche Verlagerungspotenzial von nicht sorbierbaren Stoffen (AH) eine wichtige Rolle. Dafür wird die jährliche Sickerwasserrate (SWR) in Bezug zum Bodengewässerspeicher (FKWe) gesetzt. Auch Informationen zur Sorbierbarkeit von Schwermetallen (FSMo) oder zur Bindung von organischen Schadstoffen (FOB), wie Pflanzenschutzmitteln, sind wichtige Anhaltspunkte für den Grundwasserschutz. Die Kulisse zur Ausweisung von Absolutem Grünland hilft den Unteren Wasserbehörden bei der Genehmigung von Grünlandumbrüchen innerhalb der Wasserschutzgebiete. Auswertungen zur Wassererosionsgefährdung und zum Oberflächenabfluss bieten wichtige Hinweise zum Schutz von Oberflächengewässern.

Für die oberflächennahe Geothermie sind Informationen zum Bodenwärmehaushalt sehr wichtig. Dazu stellt das NIBIS® Informationen zur Wärmekapazität und -leitfähigkeit (DEHNER, MÜLLER & SCHNEIDER 2007) der Böden auf Basis der BK50 bereit, die kombiniert mit Informationen zur Grabbarkeit der Böden (RAISSI et al. 2011) die Erstellung einer Kulisse zur Potenziellen Standorteignung für Erdwärmekollektoren (AST et al. 2012) ermöglicht.

Für die landwirtschaftliche Bodenbewirtschaftung sind sowohl Informationen zum Bodenwasserhaushalt und zur Bodenfruchtbarkeit als auch zur Befahrbarkeit, der Gefährdung der Böden durch Wind- und Wassererosion sowie zur Verdichtungsempfindlichkeit von hoher Bedeutung.

Durch den Klimawandel nahm in den letzten Jahren die Bedeutung der Auswertung zum mittleren und fruchtspezifischen Berechnungsbedarf (KLIMAWIRKUNGSSTUDIE NIEDERSACHSEN 2019) zu. Darüber hinaus bietet das NIBIS® auch Auswertungen zur Ertragsminderung nach Grundwasserabsenkungen in Wasserrechtsverfahren und für die Beweissicherung an.

Für die Planung und Abrechnung von Bautätigkeiten im Untergrund spielen die Auswertungen zur Grabbarkeit eine wichtige Rolle, die zusammen mit der Ingenieurgeologie entwickelt wurden. Auch bei der Planung von Linienbauwerken, wie zum Beispiel Strom- oder Gastrassen, werden Methodenergebnisse eingesetzt, so zum Beispiel auch die Methode zur Bestimmung der Anzahl von Bodenmieten aufgrund wechselnder Substrate.

Eine ganze Reihe der bodenkundlichen Methoden wird in der Bodenfunktionsbewertung zusammengefasst (ENGEL & STADTMANN 2020), die ein wichtiges Instrument des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen kommunalen und regionalen Planung darstellt (ENGEL & PRAUSE 2017).

Im Bereich der Grundwasserbewirtschaftung werden bodenkundliche Daten zur Modellierung der Grundwasserneubildung (ERTL et al. 2019) benötigt, u. a. zur Berechnung der Wasserspeicherung und zur potenziellen Dränung der Böden (GEHRT, BUG & WALDECK 2019). Aus der BK50 abgeleitete Kohlenstoffvorräte bieten eine wichtige Grundlage für die Planung von Maßnahmen für den Klimaschutz (HÜBSCH et al. 2013). Auch bei der Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel können Auswertungen, z. B. zum Kühlpotenzial der Böden in den Städten, wichtige Erkenntnisse liefern. Für den Naturschutz bietet sich die Nutzung der Methode zum Biotopentwicklungspotenzial an.

## Vertrieb

Neben zahlreichen anderen Geofachdaten werden bodenkundliche Auswertungen und Kulissen auf Grundlage der BK50 im NIBIS®-Kartenserver des LBEG ([www.nibis.lbeg.de/cardomap3](http://www.nibis.lbeg.de/cardomap3)) als Web Map Services veröffentlicht. Jedes Thema wird mit einer Legende und einer Erläuterung präsentiert. Per Mausklick können Flächeninformationen interaktiv abgerufen werden. Mit Hilfe des MeMaSLite® des NIBIS®-Kartenservers können praxisrelevante Berechnungen auf Grundlage der neuen Bodenkarte für ausgewählte Gebiete durchgeführt und die Daten heruntergeladen werden. Grundsätzlich können alle Daten auch beim Produktvertrieb des LBEG bezogen werden. Genaue Auskünfte über das Angebot bietet der Produktkatalog auf der Internetseite des LBEG.

## 1.4. Leitlinien der Bodenbeschreibung

Die vollständige Beschreibung von Kartiereinheiten in Bodenkarten (Bodenareale) erfolgt über die Bodenform der Leit- und vergesellschafteten Bodenprofile (AD-HOC-AG BODEN 2005; Abb. 1.18). Die Beschreibung der Bodentypen folgt in Niedersachsen dem anwendungsorientierten Klassifikationssystem für Bodentypen auf Grundlage der Quantifizierung von Bodenmerkmalen und Bodeneigenschaften (MÜLLER, LÜDERS & BENZLER 1984; NLFB 2000). Neben den Bodentypen der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) wird dabei die Tiefenlage diagnostischer Horizonte zur Gliederung angegeben (vgl. Kap. 4.3.2.4, Tab. 4.13).

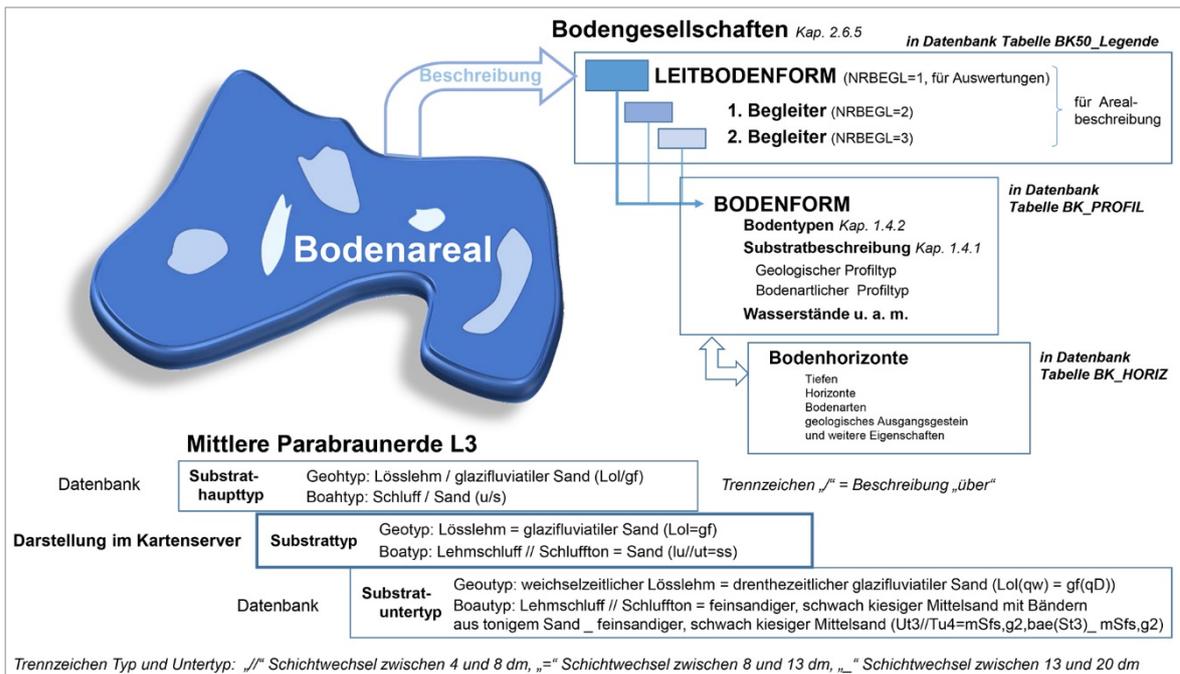


Abb. 1.18: Schema zur Beschreibung der Kartiereinheiten der BK50.

Jedes Areal ist mit einer eindeutigen Flächennummer gekennzeichnet, der eine Nummer der Generallegendeneinheit (NRKART) zugeordnet ist. In der Tabelle BK50\_LEGENDE wird der Generallegendeneinheit (NRKART) eine Auswahl von beschreibenden Bodenprofilen zugewiesen (NRBEG = 1 - n). Für Auswertungen wird konventionell auf die Leitbodenform (NRBEG = 1) zurückgegriffen. Die Bodenformen sind in der Profiltabelle BK\_PROFIL mit Angaben zum Bodentyp und den Substratmerkmalen sowie zu einigen weiteren Faktoren (z. B. Wasserstände, Vernässung, Lage im Relief) gekennzeichnet. Die bodengenetischen Angaben der Horizonte werden als Bodentyp, geologische Angaben als geologischer Profiltyp und Angaben zu den Bodenarten als bodenartlicher Profiltyp zusammengefasst. Geologischer und bodenartlicher Profiltyp entsprechen sinngemäß der Substratangabe nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005). Die Beschreibung der Bodenarten und der weiteren Kennwerte beruht auf der Auswertung der Labor- und Profildatenbanken des LBEG (GASCHLER 1999, s. Kap. 2.7.2, vgl. DEHNER et al. 2001, BAURIEGEL 2004, KÜHN et al. 2015).

Durch die Auflistung von Begleitbodentypen wird die Möglichkeit des Vorkommens verschiedener Böden innerhalb eines Areals verdeutlicht. Detaillierte Angaben zu den Bodenhorizonten (Mächtigkeit, Horizontgenese, Geologie etc.) sind in der Tabelle BK\_HORIZ hinterlegt. Das Datenmodell wird in Kapitel 4.3.1.2, Tabelle 4.7 ausführlich beschrieben. Im Folgenden wird der fachliche Hintergrund zur Substrat- und Bodengenese und deren Berücksichtigung in der BK50 erläutert.

In der Plotausgabe im TK50-Blattschnitt werden aus Gründen der Darstellbarkeit lediglich die Hauptbodentypen ohne Angabe zum Substrat dargestellt.

#### 1.4.1. Ausgangsgesteine der Bodenbildung

Grundsätzlich basiert die Beschreibung des Ausgangsgesteins auf der Geologischen Karte. Hierbei ist zu beachten, dass die Geologische Karte die bodenkundlich relevanten oberen Dezimeter generalisiert abbildet und periglaziale Bildungen nicht berücksichtigt sind („abgedeckte“ Geologische Karten). In diesen Fällen bedurften die Angaben einer Ergänzung.

Mit den Böden aus holozänen Gesteinen, aus weichselzeitlichen Sedimenten mit geringer periglazialer Überprägung (äolische und fluviatile Sedimente) sowie aus periglazialen Deckschichten lassen sich drei Gruppen erkennen (Abb. 1.19), die in Niedersachsen einen hohen Flächenanteil haben.

Für die Beschreibung des geologischen und bodenartlichen Profiltyps (vergleichbar dem Substrat nach AD-HOC-AG BODEN (2005), ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK DER DBG (1998)) liegen Regeln für die Ableitung (BOESS et al. 2004) vor. Diese Ableitungen des Substrates sind rein beschreibend und nicht genetisch begründet.

Für den Profilaufbau von periglazialen Deckschichten (Kap. 1.4.1.3) werden seit den 60er Jahren typische Schichtabfolgen und Mächtigkeiten diskutiert und beschrieben (s. ALTERMANN et al. 2008) und in der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) definiert.

Für die holozänen und weichselzeitlichen äolischen und fluviatilen Sedimente werden grundsätzliche Prinzipien der Gliederung und Stratigraphie beschrieben (vgl. Kap 1.3.9, Abb. 1.13), es fehlen aber Modelle der Profilgliederung mit Angaben zu den Schichtmächtigkeiten. Für die Beschreibungen der BK50-Profile war es deshalb notwendig, entsprechende Festlegungen vorzunehmen. Dies erfolgte einerseits durch Übernahme der Angaben aus den Konzeptkarten in das Wirkungsgefüge. So werden geringmächtige Decken im Wirkungsgefüge direkt benannt (z. B. Lf35 = geringmächtige Auenlehmdecke von 15–35 cm Mächtigkeit, Moormae2 = Moormächtigkeit  $\leq 30$  cm). Des Weiteren wurden Regeln aus der vorliegenden Literatur oder bereits definierten Regeln abgeleitet und durch vorliegende Bohrungen abgesichert. So wird beispielsweise davon ausgegangen, dass die Schichtmächtigkeit von tonigen Sedimenten in der Marsch oder in den Auen aufgrund der geringen Sedimentationsraten eher gering sind

(60 cm). Sandigere Ablagerungen erreichen dagegen höhere Sedimentationsraten und werden mit Mächtigkeiten von 110 cm beschrieben. Profilbeschreibungen aus 40 Jahren Bodenkartierung dienen der Absicherung dieser Annahmen. Dennoch bereitet die Ableitung von Schicht- und Horizontmächtigkeiten aus vorliegenden Profilbeschreibungen grundsätzliche Probleme, da nicht alle benötigten Parameter in den vorliegenden Daten abgelegt sind.

Einige dieser Ablagerungen haben petrographisch ein sehr enges Spektrum, andere können von Ton bis Sand alle Korngrößenverteilungen aufweisen. Im Wirkungsgefüge der BK50 werden die Varianten Sand, Schluff, Lehm, Ton spezifiziert (Kap. 1.3.4). Die konkrete Bodenartenuntergruppe für die Horizontbeschreibung beruht auf den Auswertungen der Profil- und Labordatenbank bzw. auf Expertenwissen.

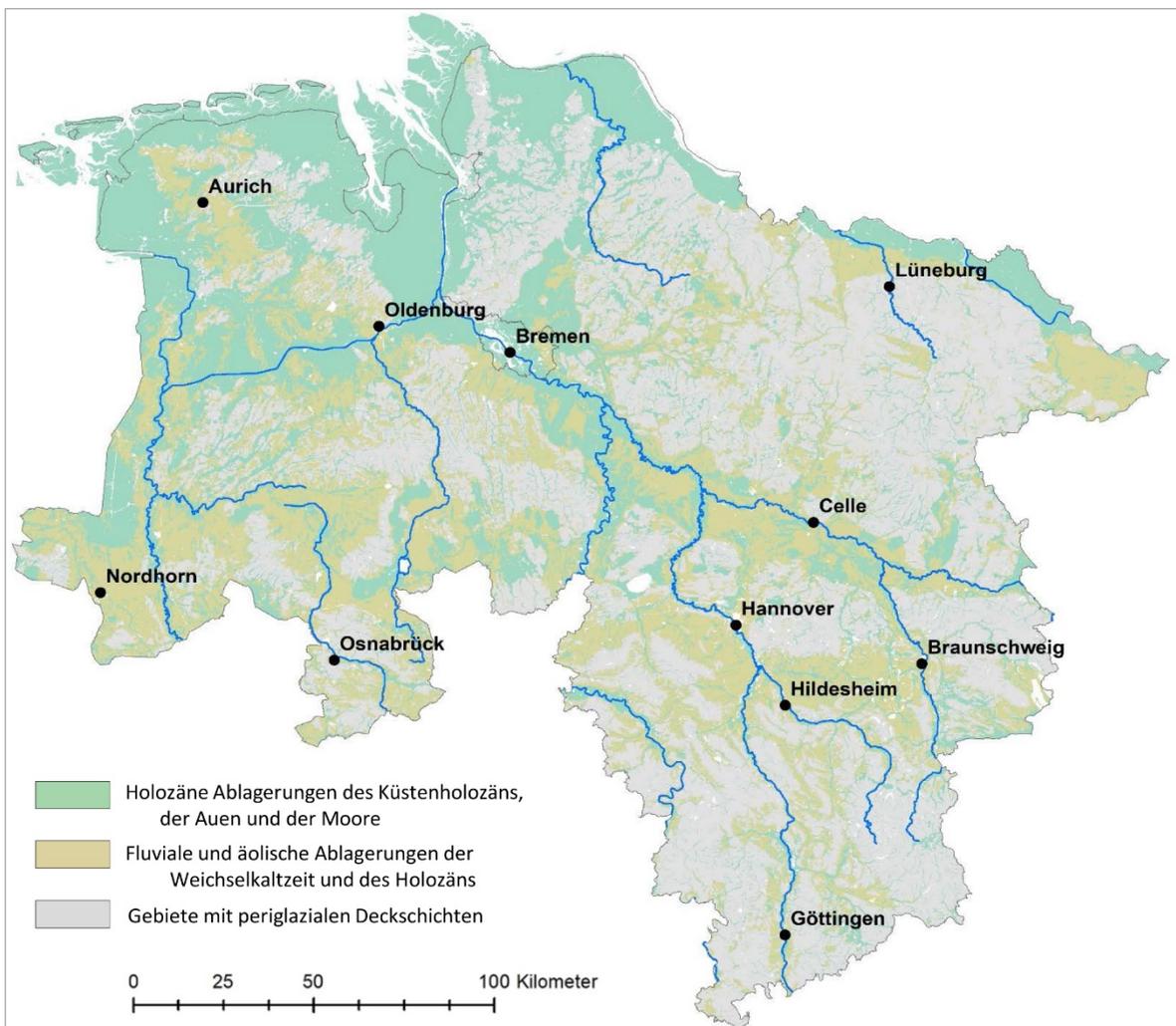


Abb. 1.19: Böden aus holozänen Gesteinen, aus weichselzeitlichen Sedimenten mit geringer periglazialer Überprägung (fluviatile und äolische Sedimente) sowie aus periglazialen Deckschichten in Niedersachsen auf Grundlage der BK50.

#### 1.4.1.1. Böden aus holozänen Gesteinen

In der Gruppe der jungen, holozänen Gesteine sind zum einen Abschwemmassen (z), Auenablagerungen (f(qh)), Auenlehme (Lf), Auen-sande (Sf) (vgl. Kap. 1.3.9), Dünen und Flugsande (Sa(qh)), Hoch- (Hh) und Niedermoore (Hn) und Mudden (F) oder Quellkalke (Kq) zusammengefasst. Die Ablagerungen des Küstenholozäns mit dem intertidalen Watt (it(wa)) und seinen petrographischen Varianten, den Stränden (nasser (st-del(ws)) und trockener Strand (st(tr))), Uferwällen (ufw), epilitoralen (eps) und lagunären Ablagerungen (la) sowie den Sedimenten in den alten und jungen Deichkammern, den Groden (gr), werden von den erstgenannten unterschieden (GEHRT et al. 2013). Dazu kommen die anthropogenen Bildungen wie Aufträge oder kulturtechnisch bedingte Gesteinsneubildungen wie Sandmischkulturen (smk) oder Tiefumbrüche (tug) (vgl. Kap. 1.4.2.9).

Das der Umsetzung zugrundeliegende theoretische Fachkonzept zur Entstehung und Landschaftsgliederung der Marsch wird bei HENSCHER (2012) und GEHRT et al. (2013) beschrieben. Die geogenetischen Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25.000 (GK25) (HINTZE et al. 1989) beruhen auf der Beschreibung und Abgrenzung der Sedimente (Petrographie) unter Berücksichtigung der Bedingungen der Sedimentation (Genese) im zeitlichen Kontext (Stratigraphie) und werden nach kritischer Überarbeitung und Ergänzung für die BK50 angewendet. Dabei galten die im nachfolgenden Infocfeld beschriebenen Leitlinien. Eine wesentliche Grundlage war die Auswertung des digitalen Höhenmodells (Abb. 1.21). Der Vergleich der Geologischen Karte mit den Höhenstufen zeigt die Prägung des Reliefs für die Verteilung der Ablagerungen.

#### Infocfeld Entwicklung und Sedimente der Marsch

Mit zunehmender Entfernung von der Küstenlinie nimmt der direkte Einfluss der Tide und damit des Meerwassers ab. Während das Watt im Tiderhythmus „trocken“ fällt, dringt die Tide nur noch bei höheren Sturmfluten ins Hinterland vor. Das Wasser fließt bei geringer Neigung nur langsam ab, so dass eine längere Wasserbedeckung gegeben ist. Neben dem Tidewasser bekommt das Niederschlagswasser eine zunehmende Bedeutung und führt zur Aussüßung (Entsalzung) des Bodens. Diese Entwicklung wird durch den Zufluss von Süßwasser von der Geest her verstärkt. Bei Wasserständen von über 5 dm oberhalb der Geländeoberfläche lagerten sich vorwiegend bindige **epilitorale Sedimente** ab (**eps**). Schichtungsmerkmale verlieren sich. Bei Salzgehalten unter 1 m-% (Brackwasser) und Wasserständen von weniger als 5 dm oberhalb der GOF setzte Pflanzenwachstum ein. In diesem Milieu bildeten sich unter Schilfbeständen **lagunäre Ablagerungen (la)** bzw. in der Weichholzaue die **Auwaldfazies (af)**. Bei weiterer Abnahme des Salzgehaltes und Aussetzen von Überschwemmungen kam es in den epilitoralen Bereichen zur Bildung von **Niedermooren**. Die lagunären Sedimente sind daher häufig eng mit Niedermoortorfen verzahnt. Darauf konnte sich schließlich **Hochmoorwachstum** entwickeln. Bei auflaufendem Wasser kam es regelmäßig im Unterlauf der Flüsse durch Rückstau des Flusswassers zur Sedimentation von feinkörnigen, tonigen Ablagerungen. Diese werden als **fluviatile Gezeitenablagerungen (fgz)** bezeichnet. Lediglich im Randbereich der im Tiderhythmus eingeschnittenen Rinnen sind diese mächtiger und hier nur bedingt von den Auenlehmen zu unterscheiden. Abseits der Flüsse bildeten die **tonigen Gezeitenablagerungen (gzt)** in der Regel geringmächtige Decken über Torf und selten mächtigere mineralische Ablagerungen. Ihr Ablagerungsbereich entspricht dem oben genannten Epilitoral, allerdings fehlt hier der deutliche meeresbürtige Schwefeleinfluss. Die fluviatilen Gezeitenablagerungen zeigen gut, wie weit die Tidehochwässer bzw. Sturmfluten im Bereich der Flüsse maximal ins Landesinnere vordrangen.

Die Ablagerung der Sedimente der Marsch erfolgte vereinfacht in vier Phasen:

- **vor der Zeitenwende (ca. 2000 bis 400 v. Chr.) – lagunäre Phase (Ia):** Bis zur Zeitenwende findet eine vom Menschen weitgehend unbeeinflusste Sedimentation statt. Bei einem Tidehub von wenigen Dezimetern lagern sich eutidal bis subtidal in brackischen, schilfbestandenen Gebieten großflächig tonige Sedimente mit Pflanzenresten (lagunär) ab. Die hohen Schwefelgehalte in den Mooren am Geestrand und einzelne mineralische Straten belegen allerdings, dass auch diese Randmoore zeitweilig von sulfathaltigen Wässern erreicht wurden. Der Übergang vom Schlickwatt über eine brackische und lagunäre Fazies zum salzarmen bis -freien Niedermoor ist als kontinuierlicher Übergang denkbar (BANTELMANN 1939). Die lagunären und brackischen Gesteine finden sich heute zusammen mit Niedermooresedimenten in den Gebieten in einer Höhenlage von unter -0,5 m ü. NN. Diese Gebiete sind unter jüngeren Ablagerungen durch relativ hohe Wasserstände charakterisiert.
- **Zeitenwende bis Mittelalter (400 v. Chr. bis 1100 n. Chr.) – Phase der Uferwälle und tonigen Gezeitsedimente:** Mit den nachchristlichen Transgressionen wird die lagunäre bzw. brackische Phase beendet. In der anschließenden Phase etablieren sich die o. g. Uferwälle mit Sturmflutschichtung. Die Sedimentation findet jetzt im Wesentlichen oberhalb MThw (supratidal) statt. Zu unterscheiden sind die Uferwälle (ufw) in Höhenlagen von ca. 1 m ü. NN und einer Breite von etwa 500 bis 1.000 m mit Sturmflutschichtung von den im Hinterland abgelagerten tonigen Gezeitsedimenten (eps) ohne Sturmflutmarken (Höhen um 0,5 bis 1 m ü. NN). In einigen Gebieten (östliches Wangeland, Butjadingen) kommt es zur Sedimentation in Salzwiesen, die als eine Variante der Uferwälle angesehen wird. Diese Gebiete wurden von einem engen Netz von Prielen durchzogen. In dieser Phase entstehen die ersten Flachsiedlungen und später auch Wurten (künstliche Siedlungshügel) und belegen die landwirtschaftliche Nutzung durch den Menschen.
- **Spätmittelalter bis zur Neuzeit (1100 bis 1600 n. Chr.) – Phase der Schutzdeiche und Meeres-einbrüche – alte Grodenablagerungen:** Ab dem frühen Mittelalter werden zunächst einzelne Wurten oder Gruppen von Wurten mit Ringdeichen geschützt. Mit frühen Deichen wird vorwiegend unter natürlichen Bedingungen entstandenes Land vor Sturmfluten geschützt (Schutzdeich). Die Oberflächen der alten Grodenablagerungen liegen in einer Höhe um 1 m ü. NN. Mit den geschlossenen See-deichen wird der Retentionsraum bei Sturmfluten eingeengt, und der Tidehub steigt an. Bei gleichzeitig zunehmender Intensität der Sturmfluten kommt es zu Deichbrüchen mit katastrophalen Folgen. Große Areale werden mit den ablaufenden Wassermassen erodiert und geraten so wieder in den Einflussbereich der Tide. In den Gebieten mit Meereseinbruch finden sich folglich die Ablagerungen des Eutidals (Watt) wieder.
- **Landschaftsentwicklung von der Neuzeit bis heute (1600 n. Chr. bis 2000) – Phase der Landgewinnung – junge Grodenablagerungen:** In dieser letzten Phase wird die Sedimentation im Unterschied zu den vorherigen Phasen sehr stark durch die menschlichen Aktivitäten zwecks Neulandgewinnung beeinflusst. Zu diesen gehören sowohl passive Maßnahmen wie Lahnungen als auch aktive Maßnahmen, bei denen Material aus Prielen oder Gräben per Hand oder mit Maschinen aufgebracht werden. Nach der Auflandung werden die Neuländer (Grodens) durch Deiche abgetrennt und geschützt. Die jüngeren Grodenablagerungen sind im Allgemeinen sturmflutgeschichtet und kalkhaltig. Da der Meeresspiegel auch während dieser Phase mit jedem Transgressionsschub weiter ansteigt, liegt auch das jeweilige neue Sedimentationsniveau höher. Der Begriff „Marschentreppe“ charakterisiert diesen stufenweisen Anstieg der Höhe der Polderflächen. Letztlich ist der Meeresspiegelanstieg Voraussetzung für die Landgewinnung in dieser Phase. An den Flüssen und Prielen hält im nicht eingedeichten Bereich im Landesinneren die Uferwallbildung weiter an. Diese Sedimentation setzt erst mit der vollständigen Eindeichung des gesamten Tideeinflussbereiches aus.

Neben den natürlichen Ablagerungen finden sich in der Marsch auch verschiedene anthropogene Bildungen. Hervorzuheben sind hier die Marschhufenbeete zwischen Hamburg und Cuxhaven, die Spütkulturen südlich des Jadebusens, die Spüfläachen zur Landgewinnung (z. B. um Emden und bei Wilhelmshaven) oder zur Ablagerung von Hafenschlick (Riepe) oder in kleineren Gebieten von sulfatsaurem Aushub. Zur Melioration wurde kalkhaltiges Material aus der Tiefe auf der Oberfläche verteilt (gespittet). Dieses ist in Profilschnitten an sog. Kuhlungsgräben erkennbar. Im Alten Land wurden die angelegten Marschhufenbeete in jüngster Vergangenheit großflächig planiert und eingeebnet und damit die Profile im oberen Meter homogenisiert. Insbesondere die Uferwälle sind zur Gewinnung von Material für Ziegeleien und den Deichbau durch zahlreiche Abbauflächen gekennzeichnet. Diese Abbaugelände wurden z. T. wieder mit humosem Oberbodenmaterial verfüllt. Darüber hinaus finden sich insbesondere im Außendeichbereich künstlich angelegte Strände oder Dünen für die touristische Nutzung.

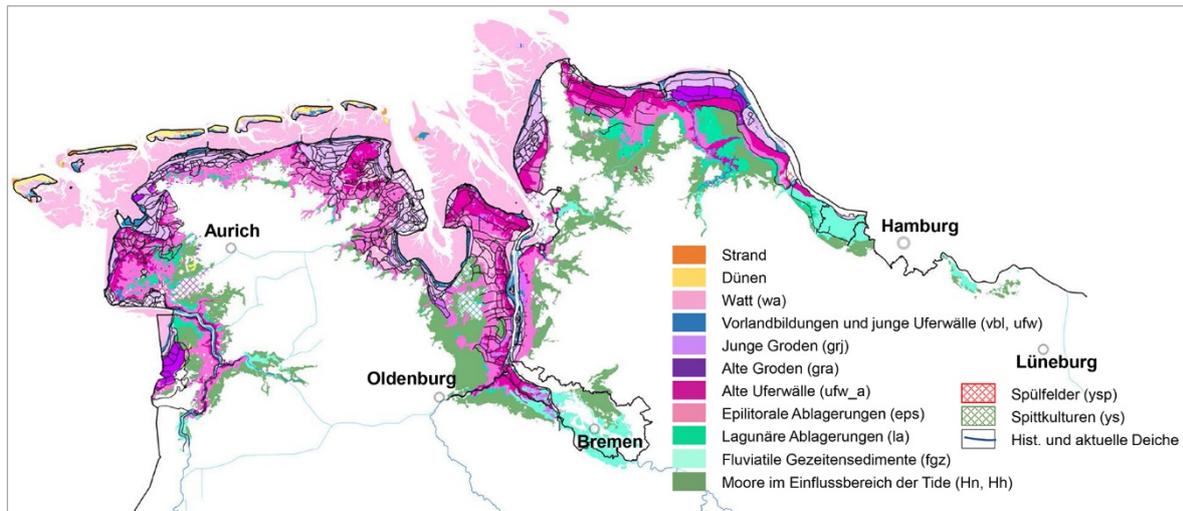


Abb. 1.20: Geologische Gliederung der Marsch auf Grundlage der BK50 mit Deichlinien.

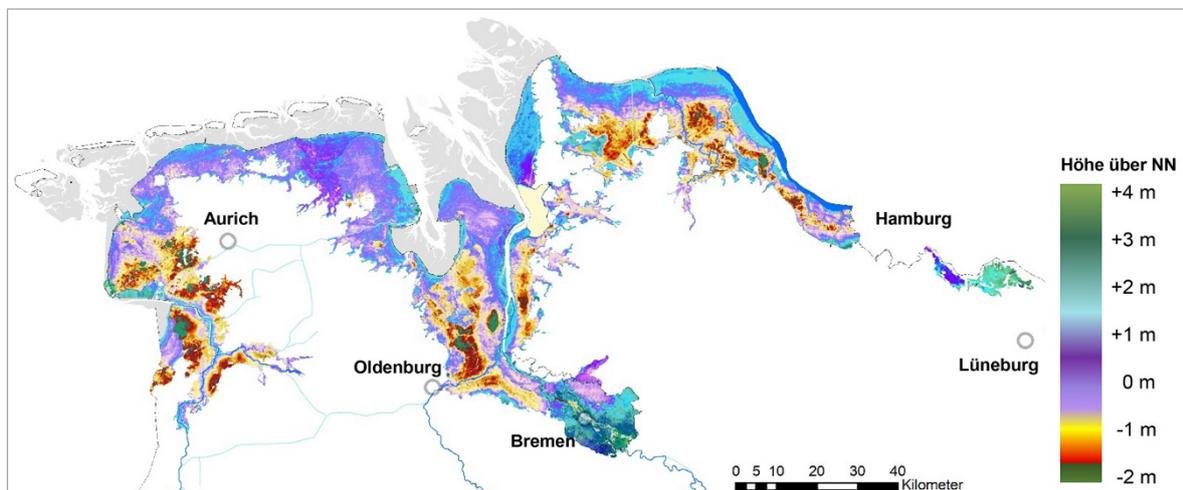


Abb. 1.21: Höhengliederung der Marsch auf Grundlage des DGM5 von Niedersachsen.

#### 1.4.1.2. Böden aus weichselzeitlichen Sedimenten mit geringer periglazialer Überprägung

Zu den weichselzeitlichen äolischen Sedimenten liegen zahlreiche Beschreibungen zur Genese, den Ablagerungsphasen und zur Gliederung der Profile vor. Zu nennen sind bei den äolischen Sedimenten die Arbeiten zu Dünen und Flugsanden (DEWERS 1932, DÜCKER & MAARLEVELD 1958, V. D. HAMMEN et al. 1967, PYRITZ 1972), zum Löss (ROHDENBURG & MEYER 1966;

ROHDENBURG 1966; PAAS 1965, 1968; ROHDENBURG & SEMMEL 1971; ALTERMANN & FIEDLER 1972, 1975; GEHRT 1994; WAGNER 2011) oder zum Sandlöss (FIEDLER & ALTERMANN 1964; VIERHUFF 1967; LANG 1974, 1990; GEHRT 2000a). Die äolischen Ablagerungen enthalten mit den jungweichselzeitlichen, interstadialen Böden bis zum Ussello-Boden (Alleröd) pedostratigraphische Gliederungen. Diese belegen die Kontinuität der äolischen Ablagerungen bis in die jüngere Tundrenzeit. Periglaziale Prozesse wie Eiskeilbildung, Kryoturbation oder Kryoklastik prägen die Bodenbildung und gliedern die äolischen Ablagerungen. Im Bereich

der nördlichen Lössgrenze finden sich regional begrenzt zudem deutlich gegliederte Sedimentabfolgen, die die gesamte Weichselkaltzeit oder den Klimawechsel von der Kalt- in die heutige Warmzeit repräsentieren (HAASE 1964; NEUMEISTER 1965; GÖBELER 1966; SCHMIDT 1971b; SIEBERTZ 1988; GEHRT 1994, 2000; HILGERS et al. 2001).

Von den Ablagerungen der Weichselkaltzeit nehmen die fluviatilen Talsande und die periglazialen bis fluviatilen Sedimente große Teile Niedersachsens ein (LIEDTKE 1983). In der BK50 werden die Gebiete mit weichselzeitlichen Rinnen und kleinen Talungen der Geestplatten und Endmoränen konsequent den periglazialen bis fluviatilen Sedimenten zugeordnet, da hier neben den Anspülungen immer auch solifluidale Prozesse anzunehmen sind. Gelegentlich tritt in diesen Bereichen auch der Ussello-Boden des Alleröd auf. Er ist Beleg dafür, dass das genannte Prozessgefüge bis in die Zeit der jüngeren Tundrenzeit Bestand hatte und die Ausbildung periglazialer Profilprägungen unwahrscheinlich ist. Die Ablagerungen der Talsande weisen nur in geringem Maße vertikale Gliederungen auf. Pedostratigraphische Merkmale oder Steinsohlen fehlen weitgehend. Auffallend ist dagegen die verbreitete Entschichtung der oberen 40 bis 60 cm, in denen sich z. T. leicht erhöhte Schluffgehalte nachweisen lassen. Typisch sind spätglaziale Verwehungen von Flugsanden und Dünen (s. o.). Traditionell werden die älteren und jüngeren Decksande unterschieden (DÜCKER & MAARLEVELD 1958, v. D. HAMMEN et al. 1967).

Eine Sonderstellung nehmen die weichselzeitlichen „Beckenablagerungen“ ein, die aus der Geologischen Karte 1 : 50.000 übernommen und ergänzt wurden. Sie treten dort auf, wo weichselzeitliche lehmige Sedimente aus den Grundmoränen ausgespült und in Becken abgelagert wurden. Sie sind somit den periglazialen bis fluviatilen Sedimenten ähnlich, aber petrographisch von ihnen zu trennen.

Die oberen Dezimeter der Niederterrassen sind z. T. durch schluffige Ablagerungen mit einzelnen kiesigen Lagen mit geringer kryoturbater Überprägung gekennzeichnet. Diese sind als äolische bis fluviatile Bildungen aufzufassen und werden mit dem Begriff Hochflutlehm (Lhf) zusammengefasst.

#### 1.4.1.3. Böden aus periglazialen Deckschichten

Die Böden in Mitteleuropa haben sich mit Ausnahme der zuvor genannten, aus holozänen und weichselzeitlichen Gesteinen hervorgegangenen Böden, überwiegend auf periglazialen Deckschichten entwickelt. Sie sind in geologischen Karten häufig nicht oder nur unzureichend berücksichtigt. Das Grundgerüst des Substrataufbaus der Böden wird aber i. d. R. maßgeblich durch die Deckschichten bestimmt und wird in der Bodenkunde seit den 60er Jahren diskutiert (SCHILLING & WIEFEL 1962; SEMMEL 1964, 1968; SCHIRMER & STREIT 1967; ALTERMANN 1968; ALTERMANN & FIEDLER 1972; ALTERMANN et al. 1978; KOPP 1970). Zusammenfassungen finden sich bei SCHOLTEN (2003) und ALTERMANN et al. (2008). Während der Kaltzeiten taute die oberste Bodenschicht (active layer) bei sommerlich erhöhten Temperaturen periodisch auf und bildete bei Wassersättigung eine breiige Masse. Der Unterboden blieb dagegen ganzjährig gefroren (Permafrost), was eine Versickerung des überschüssigen Bodenwassers verhinderte. Schon bei geringer Hangneigung wurde diese Auftauzone durch Verlagerungsprozesse in Folge abfließenden Wassers oder Solifluktion (Bodenfließen) verändert. Unter kaltariden Bedingungen kam es zu Verwehungen von flugfähigem Sand, Sandlöss und Löss. Diese äolischen Sedimente können in die Deckschichten eingebunden sein.

Die für das Bergland entwickelte Lagengliederung (ursprünglich Schuttdecken-Gliederung nach SEMMEL 1964) ist heute weitgehend akzeptiert. Daneben steht die Gliederung periglazialer Perstruktionszonen (KOPP 1970) für das nordostdeutsche Flachland, die von Umgestaltungen durch Frostbodenbedingungen ausgeht. ALTERMANN et al. (2008) versuchen, eine stratigraphische und genetische Parallelisierung der verschiedenen Deckschichtengliederungen und auch die Bodenprofile im norddeutschen Tiefland als Lagen zu beschreiben und die Definitionen (AD-HOC-AG BODEN 2005) entsprechend zu erweitern. Abbildung 1.22 zeigt auf Grundlage der BK50 die Gebiete mit periglazialen Deckschichten in Niedersachsen. Sie werden durch die Löss-, Sandlöss- und Flugsandverbreitung, das Makro- und Mesorelief, den Bodenwassereinfluss oder das liegende Gestein geprägt.

Typische Deckschichtenprofile im Sinne von SEMMEL (1964) finden sich im Harz, im Bergland und in den Lössbörden. Gesondert betrachtet werden müssen das Bördenvorland und die westlichen Teile des Osnabrücker Berglandes. Diese Landschaften sind lössfrei oder sehr arm an äolischen schluffhaltigen Sedimenten. Die Bodenarten dieser obersten Deckschichten weichen damit von denen des Berglandes ab. Stark lösshaltige ältere Bildungen fehlen vollständig. Die Deckschichten des Altmoränengebietes (Geest) sind bis auf die Randgebiete zum Sandlöss hin sandig ausgeprägt und werden unter der Bezeichnung Geschiebedecksand zusammengefasst.

#### Deckschichten in der Geest (Altmoränengebiet)

Wie bei der Lagengliederung im Bergland ist auch im norddeutschen Tiefland eine charakteristische Gliederung der periglazialen Decken im Sinne von KOPP (1970) als periglaziale Perstruktionszonen erkennbar. Sie ist im Grundsatz in den Böden der niedersächsischen Geest nachvollziehbar, allerdings vielfach durch anthropogene Einflüsse (Plaggenwirtschaft, Tiefumbrüche) nicht mehr ohne weiteres erkennbar. In Tabelle 1.9 ist das Grundschema für die Gliederung der Geestbodenprofile der BK50 wiedergegeben. Der Profilaufbau setzt sich aus diesem Grundschema und den Beschreibungen der Geologischen Karte zusammen. Steinsohlen (Abb. 1.22) und ältere Auftauzonen werden nicht beschrieben, da deren Verbreitung lückenhaft bzw. nicht oder nur unzureichend bekannt ist.

#### Geschiebedecksand

In der BK50 wird der genetisch-petrographische Begriff Geschiebedecksand (Kürzel Bodenkunde LBEG: Sp) mit einer Mächtigkeit von ca. 35 bis 60 cm als Auftauzone der jüngeren Tundrenzeit (Hauptlage) aufgefasst. Er unterscheidet sich damit vom Geschiebedecksand aus geologischer Sicht (Geologie-Kürzel: Gds), der auch ältere periglaziale Decken umfasst. In der Bodenkunde wird davon ausgegangen, dass der Geschiebedecksand schluffige äolische Komponenten (Sandlöss) oder Flugsand wie auch Material aus dem liegenden Gestein beinhaltet. In der Regel enthält der Geschiebedecksand kiesige Anteile und wird häufig an der Basis durch eine Steinsohle begrenzt (Abb. 1.22). Nach vorliegenden Korngrößenanalysen weisen Geschiebedecksande einen Schluffgehalt zwischen 8 bis 40 % bei einem Mittelwert von ca. 22 % auf. Im Umfeld der Sandlössgebiete können die höheren Feinkornanteile auf stauartige Einwehungen zurückgeführt werden (Bodenart: Su3).



Abb. 1.22: Steinsohle an der Basis des Geschiebedecksandes.

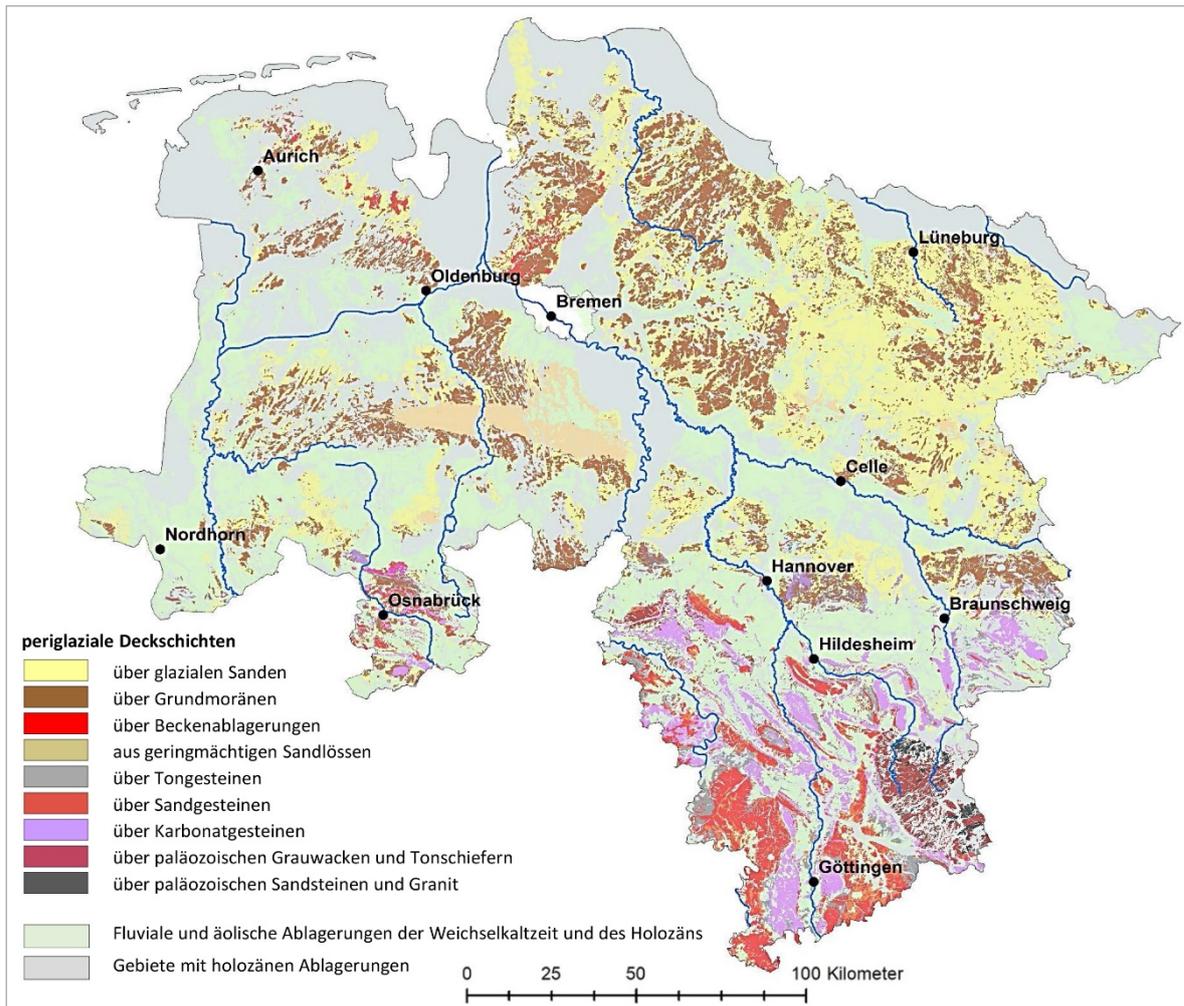


Abb. 1.23: Verbreitung der periglazialen Deckschichten mit den liegenden Gesteinen in Niedersachsen auf Grundlage der BK50.

Tab. 1.9: Grundschemata der Gliederung periglazial überprägter Ausgangsgesteine der Geest.

Benennung	Beschreibung	Schichtmächtigkeit	Umsetzung für BK50
Geschiebedecksand	Gliederung nach den Bodenarten fS, fSms, mSfs, mS, Su2, Su3, Sl2, Sl3	i. d. R. 35–60 cm	60 cm
Steinsohle über älterer Auftauzone	Lage von Kiesen, z. T. nur einzelne Feinkiese in etwa der gleichen Tiefe, entschichtet, äolische Bestandteile (Flugsand), in feuchten Gebieten oder über Geschiebelehm fehlend, Farbe: fahl hell (Farbe nach Munsell-Farbtabelle: 10YR 6,7,8/2,3)	zusammen 10–60 cm	nicht als eigene Schicht ausgewiesen
periglazial überprägtes, anstehendes Gestein	periglazial überprägt, oben ggf. Verzahnung mit älterer Auftauzone, entschichtet oder verstelte Schichten, periglazialer Einfluss nach unten abnehmend, Merkmale aufgearbeiteter älterer Bodengenesen (reliktische Toneinlagerungen, hydromorphe Merkmale)		zusammen mit Steinsohle ca. 50 cm
geringfügig periglazial verändertes anstehendes Gestein	Schichtungsmerkmale erhalten, aber örtlich gestört oder verstelt, Merkmale älterer Bodengenesen (Bbt-Horizont, hydromorphe Merkmale)	40 cm	40 cm
anstehendes Gestein	weitgehend unverändertes Gestein (verbreitet glazifluviatiler Sand, Geschiebelehm oder Beckenablagerungen)		

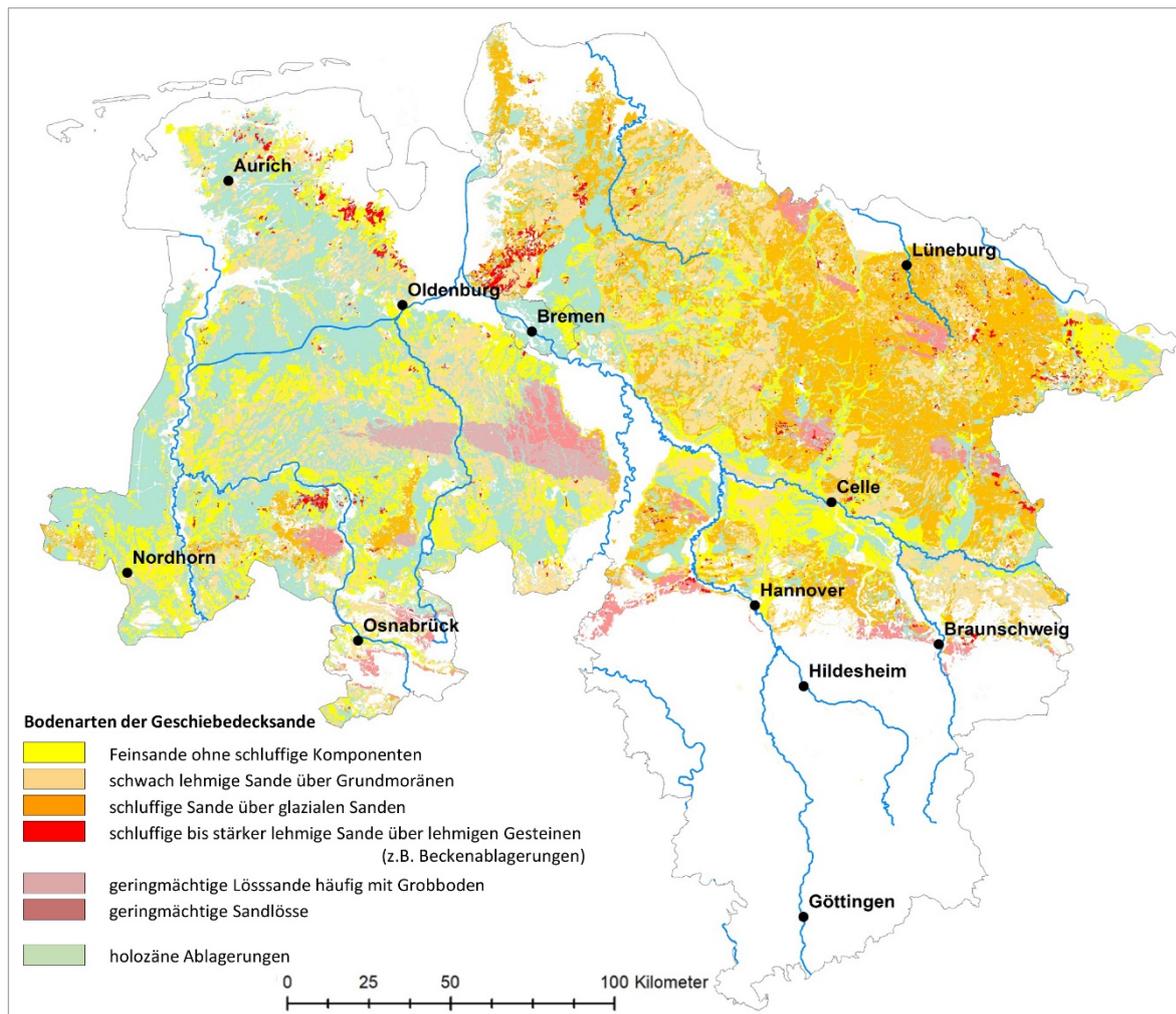


Abb. 1.24: Bodenarten der Geschiebedecksande und assoziierter Sedimente in Niedersachsen.

Um die Geschiebedecksande in ihrer bodenartigen Zusammensetzung hinreichend zu beschreiben, wurden die Daten der Bodenschätzung ausgewertet (Abb. 1.24). Die Ergebnisse belegen, dass der Feinkornanteil in den periglazialen Deckschichten der östlichen Geest wohl aufgrund einer stärkeren Einwehung von schluffigen Bestandteilen höher ist. Insbesondere in der Lüneburger Heide sind verbreitet schluffige Komponenten in den Geschiebedecksanden enthalten.

Die Deckschichten über saale- und elsterzeitlichen Beckenablagerungen sind i. d. R. schluffig oder lehmig ausgebildet (Bodenarten Uls, Slu). Der Schluffanteil im Geschiebedecksand (und damit der Anteil verwitterbarer Minerale) ist da-

bei unterschiedlich hoch (DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017). In Ostniedersachsen ist der Schluffanteil gegenüber der westlichen Geest i. A. erhöht. Lehmige oder tonige Sedimente treten in den Geschiebedecksanden nur in kleinen, isolierten Gebieten auf. Über Geschiebelehm können erhöhte Anteile an lehmigen Komponenten (SI3) auftreten. Die petrographische Ähnlichkeit mit dem Geschiebelehm legt die Einmischung von Material aus dem Liegenden nahe. Dies gilt auch für periglaziale Decken über Beckenablagerungen, die i. d. R. als schluffige bis stark lehmige Sande ausgebildet und regional begrenzt im Kontext der Beckenablagerungen zu finden sind. Im Grenzgebiet zum Küstenholozän können Überlagerungen und Einmischungen von holozänen Sedimenten

aus Sturmfluten vorliegen. Diese Einflussbereiche wurden in der BK50 kenntlich gemacht.

Für die Bodenentwicklung und die -eigenschaften ist die Bodenart von wesentlicher Bedeutung. So neigen schluffarme bis schlufffreie Ausprägungen zur Podsolierung, während bei zunehmendem Schluffgehalt häufiger Braunerden entwickelt sind (vgl. TOLKSDORF-LIENEMANN 2000; DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017).

Mit höherem Schluffgehalt erhöht sich die Wasserspeicherfähigkeit, und die Erosionsanfälligkeit sowie die Verschlammungsneigung nehmen zu. In einigen Gebieten sind die Geschiebedecksande den Flugsanden sehr ähnlich. Hier scheinen geringmächtige Flugsande in den Geschiebedecksand integriert zu sein. Diese Gebiete werden im Wirkungsgefüge unter den sonstigen Anmerkungen mit „Flugsandauflage“ oder „Flugsandbeimengung“ gekennzeichnet und in der Profilbeschreibung entsprechend berücksichtigt. Inselhafte Vorkommen stark entwickelter Podsole in der Lüneburger Heide sind ein gutes Beispiel für diese sandreichen Ausprägungen. Zur weiteren Spezifizierung der Eigenschaften der Geschiebedecksande wäre eine mineralogische Charakterisierung sinnvoll.

#### Ältere Auftauzone unter der Steinsohle

Nach allgemeinem Verständnis markieren die Steinsohlen Steinanreicherungen an ehemaligen Oberflächen. Ein Beleg hierfür ist das Auftreten von Windkantern, die durch Windschliff entstehen. In kiesarmen Gebieten oder Gesteinen finden sich bestenfalls nur einzelne Kiese in etwa der gleichen Tiefenlage. Zur Steinsohle gehört die darunterliegende ältere entschichtete Auftauzone. Die hier auftretenden Fein- bis Mittelsande können ebenfalls äolischen Ursprungs (Flugsand) sein. Diese zweite Auftauzone ist immer sehr hell bzw. fahl (Munsell-Farbe: 10YR6,7,8/2,3). Die Entstehung der älteren Auftauzone ist als hoch- bis spätglazial anzusehen. Eine Datierung an der Lössgrenze ergab ein Alter um 30.000 v. H. (HILGERS et al. 2001). Ihre Mächtigkeit beträgt einschließlich der Steinsohle 10 bis 60 cm. Das Auftreten dieser älteren Auftauzone ist diskontinuierlich. Besonders in feuchten Gebieten oder über Geschiebelehm fehlt sie häufig.

#### Geringfügig periglazial verändertes anstehendes Gestein

Unter der älteren Auftauzone folgt das schwächer periglazial überprägte anstehende Gestein, dessen Merkmale weitgehend erhalten sind. Diese Zone ist durch periglaziale Einflüsse wie Kryoturbation und Eiskeilbildung stellenweise gestört oder verstellt. Die Mächtigkeit beträgt durchschnittlich etwa 40 cm. Neben den periglazialen Merkmalen können aufgearbeitete reliktsche Bodenmerkmale (Bbt-Horizonte, Hydromorphie) auftreten. Die rotbraunen Bbt-Horizonte in den glazifluviatilen Sanden (vgl. Abb. 1.40) sind nicht im Zusammenhang mit dem rezenten Boden zu sehen.

Auffallend sind die periglazialen Überprägungen und Umlagerungen im Bereich von saale- und elsterzeitlichen Beckenablagerungen. Diese sind vielfach mehr als 2 m mächtig und lagern sich auch als allochthones Material über glazifluviatilen Sanden ab. Das unveränderte Ausgangsgestein mit der typischen Warven-schichtung findet sich häufig erst in größeren Tiefen.

#### Deckschichten im Bergland und Mittelgebirge

Im Mittelgebirge (Harz) und im Bergland wurde die Deckschichtengliederung im Sinne von SEMMEL (1964) sowie nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) angewendet und umgesetzt. In einem einfachen Modell für die Kartierung werden Ober-, Haupt-, Mittel-, und Basislage unterschieden (vgl. Abb. 1.25). Die Lagen treten in charakteristischen Abfolgen auf, die vereinfacht als Oberlagen-, Hauptlagen- und Mittellagenprofile beschrieben werden.

- Die Hauptlagenprofile mit den Hauptlagen direkt über den Basislagen sind am weitesten verbreitet.
- In Mittellagenprofilen liegt zwischen der Haupt- und Basislage die Mittellage. Diese findet sich verbreitet auf tertiären bis altpleistozänen Verebnungen. Kleinräumig treten Mittellagenprofile auch in Hangverflachungen und -dellen, also in Reliefpositionen mit bevorzugter Akkumulation oder in erosionsgeschützten Bereichen auf. Letztere sind in der BK50 nur z. T. dargestellt, da die Areale i. d. R. kleiner als 6 ha sind.

- In den Oberlagenprofilen lagert über Hauptlagen (selten auch über der Mittellage) die sogenannte Oberlage. Die Oberlagen treten verbreitet unterhalb von Steilhängen vergesellschaftet mit allochthonen Umlagerungen auf. Dieser Aspekt wird in Kapitel 1.4.1.4 beschrieben.

### **Lössfreies Bördenvorland und westliches Osnabrücker Bergland**

Das Bördenvorland (nördlich der Lössgrenze) und das westliche Osnabrücker Bergland sind durch Festgesteine des Mesozoikums geprägt. Beide Landschaften liegen außerhalb der Lössgebiete. Dies ist Ursache dafür, dass Mittellagen fehlen und die Hauptlagen entweder geringere schluffige Bestandteile aufweisen oder lössfrei sind. Typisch sind dagegen allochthone sandige Beimengungen. Insbesondere im Bördenvorland finden sich in den Hauptlagen Anteile glazialer Geschiebe.

Im Bördenvorland werden die Bodenarten der geringmächtigen Hauptlagen (15 bis 35 cm) auf Grundlage der Bodenschätzung im Wirkungsfeld der BK50 (Kap. 1.3.4) mit den Bodenartenhauptgruppen Sand, Schluff, Lehm, Ton differenziert. Die Bodenartenuntergruppe in der Horizontbeschreibung wird auf Grundlage von Laborwerten, der vorliegenden Bodenschätzungsangabe oder basierend auf Expertenwissen zugeordnet.

Während im Bördenvorland Hangprozesse mit Fließerden zurücktreten, dominieren diese im westlichen Osnabrücker Bergland. Neben der periglazialen Beanspruchung der Festgesteine treten Verwürgungen und Einschüppungen durch eiszeitliche Gletscher aus. Die bis zu mehreren Metern mächtigen Verwitterungszonen im Untergrund sind mit der tertiären oder altpleistozänen Landschaftsentwicklung in Verbindung zu bringen.

In Abweichung vom Bergland zeigen sich bei fehlender oder lössarmer Hauptlage stärker vom Festgestein geprägte Böden. In den Tonsteingebieten sind häufiger Pelosol-Pseudogleye oder Pelosole (BRANDT 1993, SIEBNER 2000) vertreten. In Kalksteingebieten nördlich der Lössgrenze sind in den sandig-lehmigen Deckschichten eher tonige Bv-Horizonte ausgebildet. Übergänge zu Terra-fusca-Horizonten (T-Bt) fehlen. Bei eher geringmächtigen Hauptlagen dominieren Pararendzinen.

## Infefeld periglaziale Deckschichten

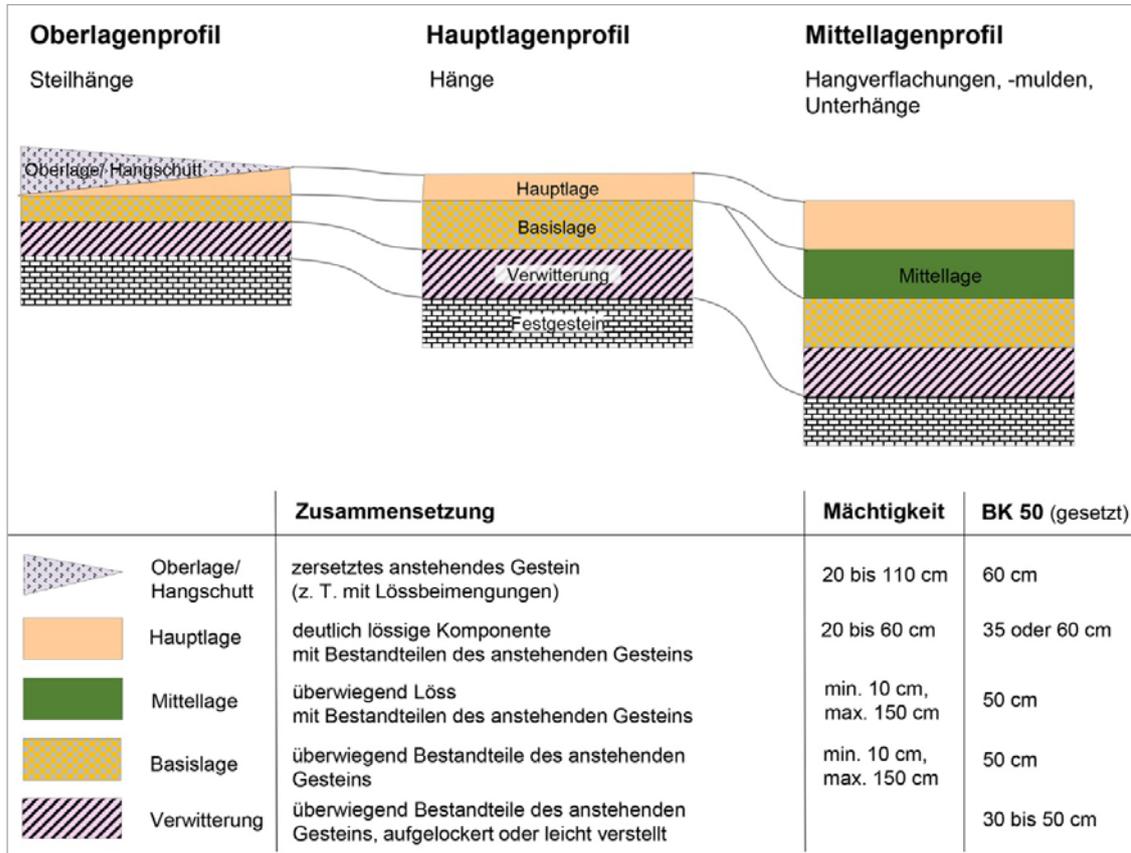


Abb. 1.25: Grundprinzipien der Deckschichtengliederung im Bergland und im Harz.

**Hauptlage:** Die Entstehung der Hauptlage wird aufgrund von Beimengungen von Tuffen (vulkanische Asche, Tephra) des Laacher-See-Vulkanismus in die jüngere Tundrenzeit eingeordnet. Die Bodenarten der Hauptlagen können sich je nach Lössanteil deutlich unterscheiden. Nach den Beobachtungen in Niedersachsen sind die Hauptlagen im Luv geringmächtiger bzw. lössärmer, im Lee lössreicher und mächtiger. Die Mächtigkeit und Zusammensetzung sind darüber hinaus deutlich vom darunterliegenden Gestein abhängig (vgl. GEHRT et al. 2017b). Ist das lössdominierte Substrat bei Frostwechselbedingungen nur schwer mit dem liegenden Gestein (z. B. bei Tonstein oder harten Kalksteinen) zu vermengen, ist sie vergleichsweise geringmächtig (15–35 cm). Bei schluffigen und sandigen Substraten ist die Mächtigkeit dagegen eher größer (40–60 cm). In der BK50 sind maßstabsbedingt kleinräumige Wechsel der bodenartigen Varianten nicht darstellbar.

Die lösshaltige Hauptlage fehlt natürlicherweise nur in Ausnahmefällen. So sind schmale, exponierte Kulminations- und Scheitelpunkte eher lössfrei. Damit wirken die Eigenschaften des anstehenden Gesteins prägend auf die Bodenbildungsprozesse. So finden sich beispielsweise in schmalen exponierten Scheitelpunkten in den Sandsteingebieten der Unterkreide regelmäßig kräftige Podsole. Auffallend ist auch die Ausbildung von Rendzinen in Folge der fehlenden Hauptlage in den Kalksteingebieten des Sackwaldes südwestlich von Alfeld. Die lössfreien Gebiete werden im Wirkungsgefüge entweder durch das Kürzel „n“ (= anstehendes Festgestein ohne Deckschichten) bei der Beschreibung der Bodenart oder in den sonstigen Anmerkungen („lössfrei“) explizit genannt. Die lössfreien Bergländer werden in Kapitel 4.1.3 extra beschrieben.

**Mittellage:** Als Mittellage wird eine sehr stark lössdominierte Umlagerungsbildung mit wenigen Gesteinsbestandteilen aus der unmittelbaren Umgebung zwischen der Haupt- und der Basislage bezeichnet. Nach heutigem Kenntnisstand entstanden die Mittellagen in der mittleren bis späten Weichselzeit (PFEIFFER 2002, HÜLLE et al. 2009). Gegenüber dem Löss ist die Mittellage kryogen oder solifluidal verändert und verdichtet. Ihre Mächtigkeit kann zwischen 10 und 150 cm betragen. In der BK50 wurde eine Mächtigkeit von 50 cm im Profilaufbau berücksichtigt.

**Basislage:** Die Basislage ist eine lössfreie Fließerde oder Kryoturbationsschicht. Diese ist in der Regel aus den anstehenden Gesteinen (autochthon) hervorgegangen. In steileren Hanglagen (Neigungsstufe 4 und steiler) finden sich auch allochthone Fließerden oder Hangschutte, die dem hangaufwärts anstehenden Gestein entstammen (s. Kap. 4.1.4). An den Steilhängen können Basislagen aus verschiedenen Gesteinen auftreten. Das Alter der Basislagen ist in der Regel der letzten Kaltzeit (Weichselvereisung) zuzuschreiben. In einigen Gebieten wurden in der geologischen Kartierung aber auch mittelpleistozäne Fließerden als Basislagen ausgewiesen (z. B. JORDAN 1994).

Eine Besonderheit bezüglich der Basislagen liegt auf den Mittel- und Oberterrassen im Harzvorland vor. Die an sich gut durchlässigen Kiese werden im Hangenden von einer intensiv kryogen vermengten kiesführenden Schicht aus Lehm bedeckt. Diese ist z. T. sehr dicht gelagert und bringt Stauwassereinflüsse mit sich. Ihr Vorkommen wird im Wirkungsgefüge der BK50 unter „sonstige Anmerkungen“ als „stark verlehmt“ gekennzeichnet.

**Oberlage:** Bei den Oberlagen handelt es sich in der Mehrzahl um Hangschutte, die im Holozän gravitativ hangabwärts über die kaltzeitlichen Ablagerungen geschüttet wurden (vgl. Abb. 1.25). Die Oberlagen können über 200 cm mächtig sein. In der BK50 werden sie generalisiert mit 50 cm Mächtigkeit beschrieben. Besteht die Oberlage aus Kalkstein, finden sich häufig sekundäre Ausfällungen von Karbonaten.

Die Hauptlagenprofile im Liegenden der Oberlage sind je nach Zeitpunkt der Überdeckung durch die holozäne Bodenbildung geschützt und erlauben damit einen Blick auf die primäre Ausbildung der Hauptlage (GEHRT et al. 1999). Oberlagen in Sandsteingebieten zeigen in Form von bänderartigen Sesquioxid-Anreicherungen Merkmale der Podsolierung. Im Harz finden sich an wenigen Stellen sogenannte Blockschutthalden, die als regionale Besonderheit ausgewiesen wurden. Sie werden in der BK50 unter „sonstige Anmerkungen“ explizit als „Blockschutt“ gekennzeichnet.

**Zersatzzone:** Unterhalb der Basislage befinden sich angewitterte, z. T. in Hangfallrichtung verzogene Festgesteine (Hakenslagen), die aber noch weitgehend im Gesteinsverband vorliegen. Die Verwitterungszone ist im Bergland nur wenige Dezimeter mächtig. In einigen Aufschlüssen sind dagegen mehrere Meter mächtige Verwitterungs- und Oxidationszonen oder Entfestigungen (z. B. im Tonstein oder den Sandsteinen des Buntsandsteins) erkennbar.

#### 1.4.1.4. Autochthone und allochthone Fließerden und Hangschutte im Bereich der Steilhänge des Berglandes

Die Steilhänge und Steilstufen im Bergland mit den sich anschließenden Unterhängen finden in der BK50 besondere Beachtung. Das lokale Schluchtwaldklima und das Nebeneinander von eher feuchten Böden bis zu Quellstandorten und eher trockenen, schuttreichen Böden machen die Areale zu speziellen Lebensräumen. Aufgrund der Steilheit war und ist landwirtschaftliche oder intensive forstliche Nutzung nicht möglich. Die besondere Bedeutung der Steilhänge ergibt sich aus der Naturnähe der Böden (insbesondere unter Laubwaldbedeckung).

In der BK50 werden auf diesen Standorten weichselzeitliche bis holozäne Hangschutte (Oberlagen) ausgewiesen. Aus Geländearbeiten ist bekannt, dass an den Steilhängen mit 15° bis  $\geq 30^\circ$  Hangneigung (sehr stark geneigt und steil) im Regelfall mit rezenter bis subrezenter Hangbewegung zu rechnen ist. Die jungen Hangbewegungen sind am „Säbelwuchs“ der Bäume, Materialanreicherungen vor und Materialverluste unterhalb der Baumansätze und in Aufschlüssen erkennbar.



Abb. 1.26: Bodenprofile an den Steilhängen des Berglandes.

Links: trockener Steilhang im Süntel mit autochthonem Kalksteinschutt. Der Säbelwuchs der Buchen zeigt, dass der Hang rezent in Bewegung ist.

Mitte: Pararendzina aus holozänem autochthonem Hangschutt des Unteren Muschelkalks mit sekundärer Karbonatausfällung.

Rechts: humose basenreiche Braunerde aus allochthoner Fließerde aus Kalkstein des Unteren Muschelkalks über autochthoner Fließerde aus rötlichen Tonsteinen des Oberen Buntsandsteins.

Zu unterscheiden sind Hangschutte und Fließerden, die aus dem liegenden, anstehenden Gestein (autochthon) oder aus dem hangaufwärts anstehenden Gestein (allochthon) stammen und deutliche Unterschiede zum liegenden Gestein aufweisen (AD-HOC-AG BODEN 2005, vgl. Abb. 1.26).

Abbildung 1.27 zeigt schematisch die Reliefsituation in einer Muschelkalkschichtstufe über dem Oberen Buntsandstein mit den Umlagerungsbildungen. Nur im obersten Hangbereich sind die Hangschutte autochthon. Schon oberhalb des mittleren Hangbereiches erfolgt der Wechsel zum Oberen Buntsandstein. Alle unterhalb liegenden kalksteinführenden Ablagerungen sind damit allochthon.

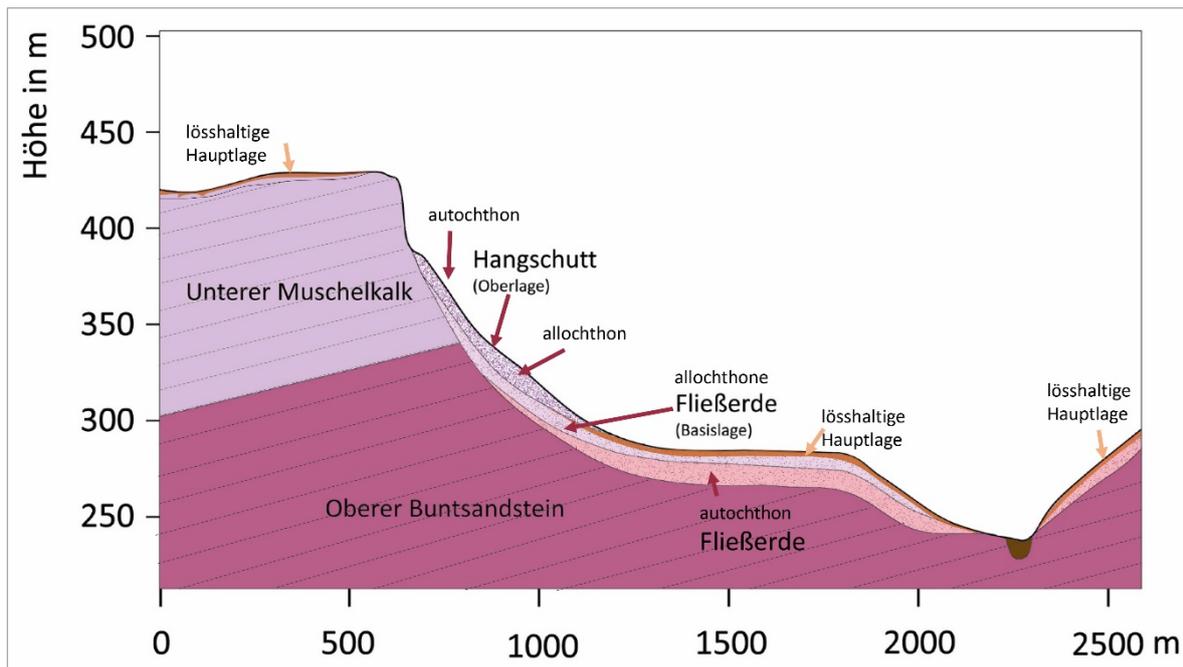


Abb. 1.27: Schematischer Schnitt durch eine Muschelkalkschichtstufe mit autochthonen und allochthonen Umlagerungen.

Allochthone Fließerden (Basislagen) und Hangschutte (Oberlagen, vgl. Kap. 1.4.1.4) entstehen, wenn durch Umlagerungen das Material aus dem hangaufwärts anstehenden Gestein über hangabwärts anstehenden Gesteinen abgelagert wird. Voraussetzung für deren Bildungen ist eine vergleichsweise hohe Hangneigung oder Reliefenergie, die den Transport des Fremdmaterials durch die Schwerkraft über entsprechende Distanzen ermöglicht. Die allochthonen Umlagerungen aus Hangschutt oder auch periglazialen Fließerden finden sich zum Teil weit im Vorland der Steilstufen. Die Einstufung der Bodenlandschaft richtet sich nach dem allochthonen Material, da dieses die Böden prägt.

Tabelle 1.10 und Abbildung 1.28 geben einen Überblick über die Verbreitung der Steilhänge mit autochthonen und allochthonen Hangschutten sowie der allochthonen Fließerden. Insgesamt sind im Bergland 11.000 ha und im Mittelgebirge 23.000 ha Steilhänge mit autochthonen Hangschutten ausgewiesen. Dem stehen 3.500 ha allochthoner Hangschutte gegenüber. Allochthone Fließerden werden in einer Fläche von insgesamt 11.700 ha beschrieben. Die allochthonen Bildungen kommen im Wesentlichen dort vor, wo Sandsteine der Oberkreide über Tonsteinen der Kreide (21 %), Kalksteine des Oberen Juras über Tonsteinen des Juras (21 %) und Kalksteine des Unteren Muschelkalles über den Tonsteinen des Buntsandsteins (30 %) abgelagert wurden. Die anderen Überlagerungsfälle sind eher selten.

Tab. 1.10: In Niedersachsen vorkommende allochthone Hangschutte oder Fließerden (Fremdhangschutte und -fließerden) und die Arealgrößen in der BK50 (die häufigen Ausprägungen sind hervorgehoben).

allochthoner Hangschutt oder Fließerde aus	über	autochthonen Fließerden aus	Summe [ha]	Anteil [%]
Kalkstein der Oberkreide	über	Tonstein der Kreide	834	6
Sandstein der Oberkreide	über	Kalkmergelstein des Juras	268	2
Sandstein der Oberkreide	über	Tonstein der Kreide	<b>3213</b>	<b>21</b>
Tonstein der Oberkreide	über	Sandstein der Kreide	104	1
Sandstein der Unterkreide	über	Kalkstein des Juras	268	2
Sandstein der Unterkreide	über	Tonstein des Juras	779	5
Kalkstein des Oberen Juras	über	Tonstein des Juras	<b>3187</b>	<b>21</b>
Sandstein des Oberen Keuper	über	Tonstein des Keupers	744	5
Sandstein des Mittleren Keuper	über	Mergelstein des Keupers	250	2
Kalkstein des Oberen Muschelkalks	über	Sandstein des Keupers	77	1
Kalkstein des Oberen Muschelkalks	über	Tonstein des Keupers	15	0
Kalkstein des Unteren Muschelkalks	über	Sandstein des Keupers	447	3
Kalkstein des Unteren Muschelkalks	über	Tonstein des Keupers	73	0
Kalkstein des Unteren Muschelkalks	über	Tonstein des Buntsandsteins	<b>4543</b>	<b>30</b>
Gestein des Mittleren Buntsandsteins	über	Kalkstein des Muschelkalks	145	1

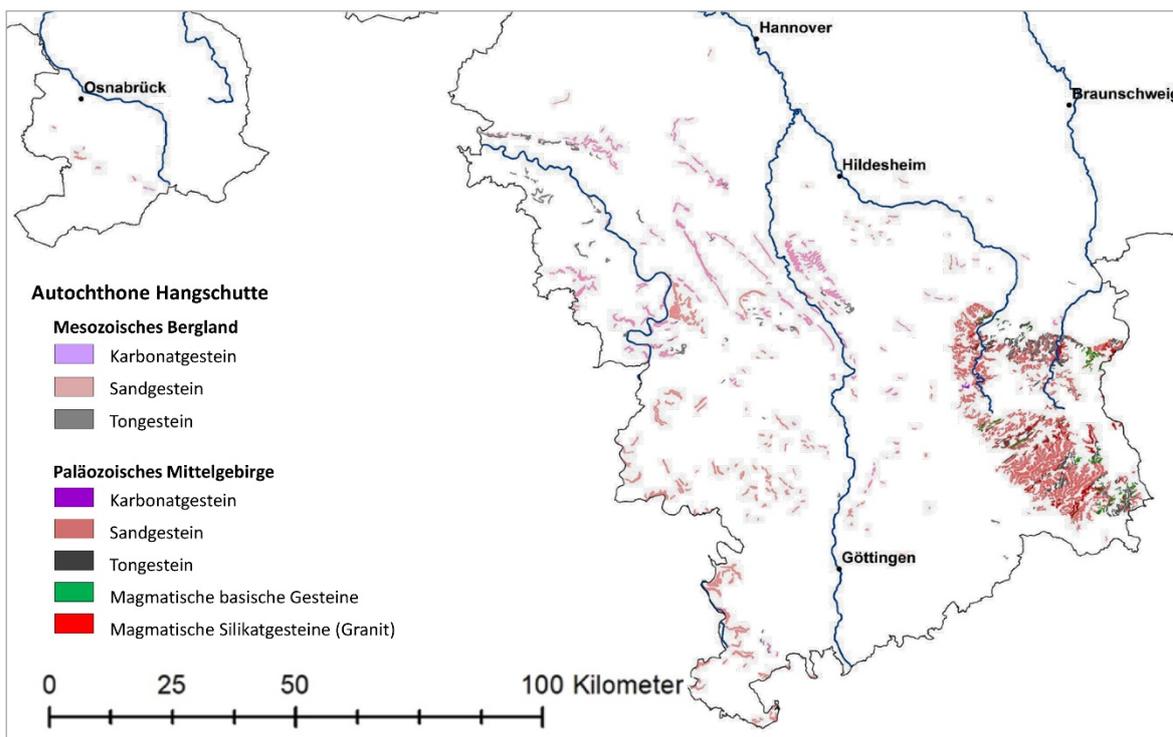


Abb. 1.28: Areale mit autochthonen Hangschutten (Oberlagen) in Steilhängen auf Grundlage der BK50 von Niedersachsen.

Die BK50 gibt die bodenkundliche Komplexität der Steilhänge nur näherungsweise wieder. Kleinräumig zeigen sich in den Arealen unterschiedliche Bodenformen, die im Maßstab 1 : 50.000 nicht abzubilden sind (GEHRT et al. 1999, 2017). So finden sich an Steilhängen mit Kalksteinschutt z. B. Böden, in denen Humusakkumulation oberflächennah unter der hangabwärts wandernden Schuttdecke stattfindet (Freden/Leine). Ebenfalls von Bedeutung sind kalksteingeprägte Oberlagen über Hauptlagen (GEHRT et al. 1999). Hier wird die holozäne Bodenentwicklung durch die Oberlage verhindert. Die unveränderte Hauptlage bleibt erhalten und ermöglicht damit die Rekonstruktion der Boden- und Landschaftsgeschichte (Archivfunktion nach Bodenschutzgesetz). In Gebieten mit Quellwasserzutritt finden sich rezente bis subrezente mächtige, humose Fließerden (Mackenröder Spitze, GEHRT et al. 2017b).

#### 1.4.2. Bodentypologische Gliederung

In den nachstehenden Kapiteln werden die in der BK50 ausgewiesenen Bodentypen sowie die Begründung für deren Ausweisung ausführlicher dargestellt. Die Beschreibungen geben jeweils Auskunft zu folgenden Punkten:

- Bodenentstehung,
- Bedeutung für den Bodenschutz,
- Ableitung des Bodentyps aus dem Wirkungsgefüge (vgl. Kap. 1.3.4),
- Auswahlkriterien,
- Verbreitung.

Allgemeine Ausführungen zur Bodenentstehung finden sich in den einschlägigen Lehrbüchern (z. B. in SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2018). Darüber hinaus werden vertiefende und spezifische Sichten zur Entstehung der jeweiligen Bodentypen mit weiterführender Literatur herausgestellt, wenn besondere Anlässe oder spezifische Erklärungen notwendig sind. Diese sind bei der Interpretation und Auswertung der BK50 zu beachten.

#### 1.4.2.1. Auswahl der Bodentypen für die BK50 und Ableitung aus dem Wirkungsgefüge

Die bodenkundliche Beschreibung der Kartiereinheiten erfolgt in drei Schritten (Abb. 1.29). Nach Analyse des jeweiligen Wissenstandes erfolgt die Auswahl der Bodentypen für die BK50. Die Konstruktion der Leitprofile erfolgt zunächst über den Schicht- und Horizontaufbau. Auch hier wird wieder die zentrale Rolle des Wirkungsgefüges deutlich. Abschließend erfolgt die Ableitung der integrativen Angaben für die Profilbeschreibung.

##### 1. Analyse des Wissensstandes und der Regelwerke

- a. Regelwerke für den Substrataufbau (z. B. Auen- oder Marschenprofile, Deckschichtengliederung),
- b. Auswahl der Bodentypen für die BK50 und Festlegung der diagnostischen Horizontfolgen,
- c. Identifikation der bestimmenden Faktoren für die Bodenbildung.

##### 2. Konstruktion der Leitprofile

- a. Konstruktion des Substrataufbaus,
- b. Zuordnung im Wirkungsgefüge bzw. zu den Substratprofilen.

##### 3. Ableitung der Profildaten

#### Analyse des Wissensstandes und der Regelwerke und Auswahl der Bodentypen

Für die BK50 wurde vorab geprüft, inwieweit die nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) aufgeführten Bodentypen sich auf Grundlage der vorliegenden Kenntnisse in Niedersachsen ausweisen lassen. Darüber hinaus wurde auf Grundlage der funktionalen Bedeutung die Benennung konkretisiert (vgl. Kap. 1.3.3). Auf Grundlage des allgemeinen bodenkundlichen Wissensstandes und der vorhandenen Kartiererfahrung wurde geprüft, welche Faktoren das Vorkommen und die Ausprägung der Böden bestimmen. Darauf beruht abschließend die Festlegung der zu verwendenen Bodentypen. Wenn zwischen den Eingangsdaten (Ausgangsgestein, Relief oder Wassereinfluss und dem Bodentyp) eine ein-

deutige Beziehung vorhanden ist, sind im Wirkungsgefüge (vgl. Kap. 1.3.4) keine weiteren Angaben nötig.

Eine weitergehende Differenzierung war für die Tschernoseme, Podsole, Pseudogleye und Gleye erforderlich. So kommen Podsole vorwiegend auf sandigen Ausgangsgesteinen vor. Mit einem Eintrag im Wirkungsgefüge ist ggf. festzulegen, ob keine, eine schwache (als Nebenbodentyp) oder eine ausgeprägte Podsolierung (als Hauptbodentyp) vorhanden ist. Bei den Tschernosemen wird die Ausprägung der Grauerden und Tschernosem-Parabraunerden differenziert. Für Böden mit Stau- oder Grundwassereinfluss wird im Wirkungsgefüge festgelegt, ob der Wassereinfluss profilprägend (Hauptbodentyp), nur nachgeordnet vorhanden (Nebenbodentyp) oder auszuschließen ist. Weitere Spezifikationen zur Bodenentwicklung auf Grundlage ergänzender Informationen, wie z. B. Angaben zu Vegetationseinheiten oder Salzgehalten auf den Nordseeinseln und im Außendeichbereich der Küste, werden ebenfalls im Wirkungsgefüge entweder bei den Angaben zum Wassereinfluss oder unter sonstigen Angaben vermerkt.

### Konstruktion der Leitprofile

Die Konstruktion der Leitprofile erfolgte in zwei Schritten:

1. Zunächst wurde regionspezifisch auf der Grundlage der geologischen Angaben der Substrataufbau generiert und die Kennwerte (Bodenart, Kalkgehalt etc.) aus Regelwerken zugeordnet. Dieses systematische Verfahren führt zu einer hohen Vergleichbarkeit der Profilbeschreibungen und erleichtert gleichzeitig die Pflege und Weiterentwicklung des Datenbestandes. Dies bildet die Basis für die Zuweisung der Horizonte.
2. Die bodenkundliche Kartieranleitung definiert die jeweils charakteristischen Horizontfolgen eines Bodentyps (AD-HOC-AG BODEN 2005). Für die Zuordnung der bodentypspezifischen Horizonte zu den Substraten (Schichten der Ausgangsgesteine bzw. der periglazialen Schichtfolgen) war wiederum deduktives Wissen bzw. eine Festlegung von Regeln erforderlich. Die Umsetzung erfolgte iterativ.

### Ableitung der Profildaten

Die Ableitung der Boden- und Substrattypen mit geologischem und bodenartlichem Profiltyp in drei Generalisierungsstufen (-untertyp, -typ, -haupttyp) erfolgte abschließend programmgesteuert. Lediglich bei einigen speziellen Böden wurden die Bodentypen manuell gesetzt.

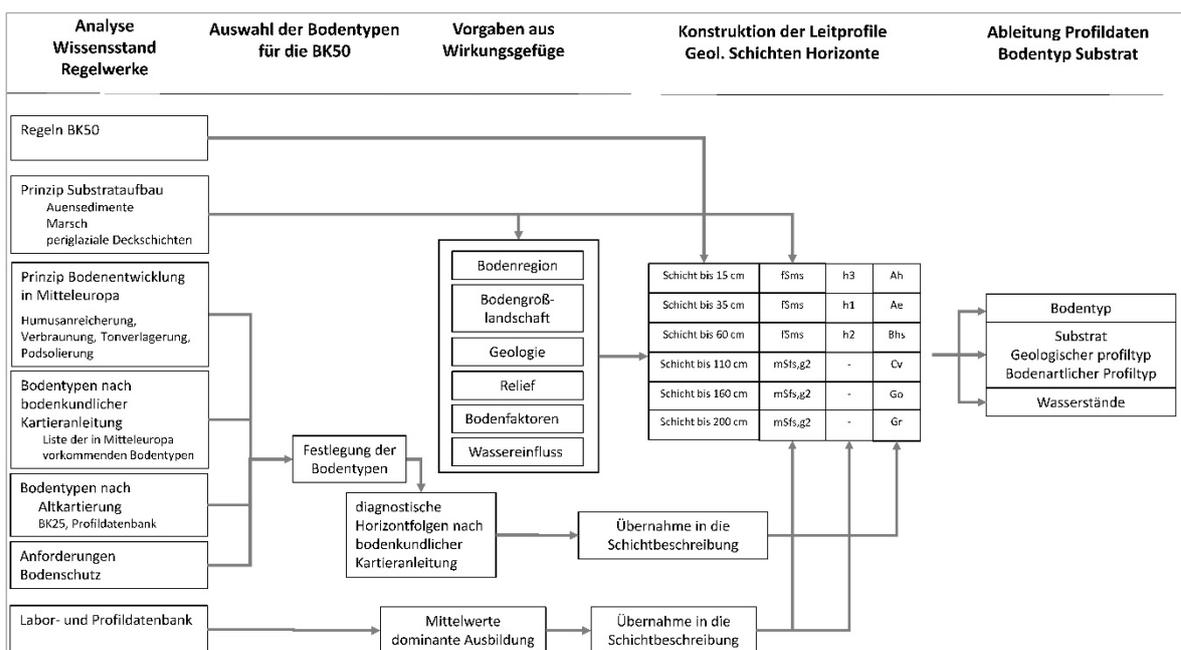


Abb. 1.29: Auswahl der Bodentypen für die BK50 und ihre Zuordnung bzw. Ableitung aus dem Wirkungsgefüge.

### 1.4.2.2. Beschreibung der terrestrischen mineralischen Böden

Im Grundsatz ist im humiden Mitteleuropa von der Humusanreicherung über die Entsalzung, Entkalkung, Verbraunung, Tonverlagerung und Podsolierung nur eine eingeschränkte Anzahl von terrestrischen bodenbildenden Prozessen vorhanden (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2018). Das Grundprinzip der Gliederung beschreibt Abbildung 1.30. Tabelle 1.11 gibt eine Zusammenfassung der in der BK50 dargestellten terrestrischen Bodentypen. Die Anzahl an terrestrischen Bodentypen beruht auf der Vielfalt der Ausgangsgesteine mit weiteren Differenzierungen nach Angaben zum Grobboden, Ton- oder Karbonatgehalt sowie pedologischen Spezifikationen (Tab. 1.7).

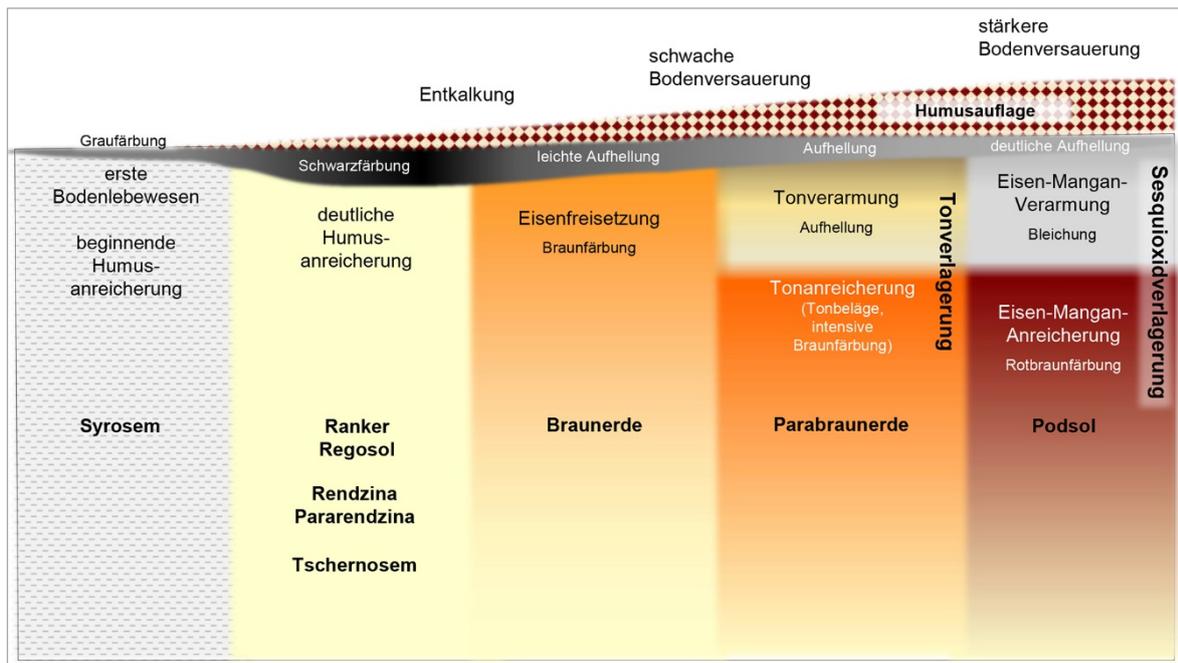


Abb. 1.30: Grundschema der terrestrischen Bodenentwicklung in Mitteleuropa.

Tab. 1.11: Übersicht über die in der BK50 verwendeten terrestrischen Bodentypen auf mineralischen Gesteinen außerhalb der Marsch.

<b>Terrestrische Böden</b>				
<b>Kürzel</b>	<b>Bodentyp</b>	<b>Bodenschutzrelevanz</b>	<b>Abgrenzungsgrundlage, Konzeptkarte</b>	<b>Anmerkungen</b>
F	Felshumusboden	Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	GK50, Biotopkartierung	
OL	Lockersyrosem	Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	holozäne Dünen nach GK50, Reliefauswertung und Vegetationskartierung	
N	Ranker	Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	ausgewählte Sandsteine nach GK50 und Reliefauswertung	
Q	Regosol	Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	RK50, ausgewählte Sandsteine nach GK50, holozäne Dünen nach Reliefauswertung, Vegetationskartierung	
R	Rendzina	Seltenheit natürlicher Standorte	ausgewählte Kalksteine nach GK50 und Reliefauswertung und Forstliche Standortskartierung	natürliche und erodierte Standorte sind gesondert zu betrachten
Z	Pararendzina	Seltenheit des Vorkommens an Steilhängen, Naturnähe	ausgewählte Mergelsteine nach GK50 und Reliefauswertung und Forstliche Standortskartierung	
T, Tg	Tschernosem, Grauerde	hohe Bodenfruchtbarkeit, regional selten, natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung	Bodenschätzung, Detailkartierungen	
D	Pelosol	Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	ausgewählte Tonsteine, Bodenschätzung	
B	Braunerde		Normalfall	
CF	Terra fusca	regional selten, natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung		
L, Lb	Parabraunerde, Bänderparabraunerde	hohe Bodenfruchtbarkeit		
P, Ph	Podsol, Humuspodsol	natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung, regional selten, besondere Standorteigenschaften	Bodenschätzung, GK50	Podsole im Bergland und Podsole mit Ortstein von besonderer Bedeutung für den Bodenschutz

### A/C-Böden mit Humusanreicherung

Die Bodenbildung beginnt mit einigen primären Prozessen. Die physikalische Verwitterung des Ausgangsgesteins kann im Grundsatz schon in der letzten Kaltzeit beginnen. Sofern vorhanden, werden mit der chemischen Verwitterung Salze und später auch Karbonate gelöst und verlagert. Dies wird im Bodenprofil mit dem Cv-Horizont kenntlich gemacht. Mit dem Absterben der vorhandenen Vegetation kommt es zur ersten initialen Humusanreicherung. Diese wird als Ai-Horizont bezeichnet und führt zum Bodentyp Syrosem. Die Areale der Böden mit initialen Bodenentwicklungen (Syrosem, Strand- oder Felshumusböden) auf i. d. R. naturnahen Standorten wurden für die BK50 auf Grundlage des Substrates, der Vegetationskartierung oder der Luftbildauswertung ermittelt (Abb. 1.31). Um die bodenkundliche Ansprache eindeutig zuordnen zu können, wurde die landschaftliche

oder vegetationsbezogene Angabe in den sonstigen Anmerkungen im Wirkungsgefüge ergänzt (z. B. untere Salzwiese, weiße Düne, Blockschutthalde). Diese Angaben werden auch in den Profilbeschreibungen mitgeführt, um insbesondere bei naturnahen Böden diese Information für den Nutzer deutlich zu machen.

In der weiteren Entwicklung bildet sich ein voll ausgeprägter Humus-Anreicherungshorizont (Ah). Diese Ah/Cv-Profile sind i. d. R. an junge oder flachgründige Standorte gebunden. Je nach Karbonatgehalt und Anteil bzw. Mächtigkeit des Feinbodens werden die Ah/Cv-Profile weiter unterteilt und als Rendzina, Pararendzina, Ranker oder Regosol eingestuft (vgl. Tab. 1.12). Die resultierenden Böden ergeben sich damit z. T. aus der petrographischen Beschreibung des Substrates.

Tab. 1.12: Einteilung der Ah/Cv-Böden in Anlehnung an AD-HOC-AG BODEN (2005).

Bodentyp	Horizont	Karbonat	Bodenart
Strandboden <small>(nicht in der Karte dargestellt)</small>	(Ai)	karbonathaltig oder karbonatfrei	i. d. R. Sand
Lockersyrosem	Ai		
Felshumusboden	Ah/Cn		Festgestein <1 cm
Rendzina	Ah/Cv	karbonathaltig oberhalb 4 dm	>75 % Skelett oder Festgestein <40 cm
Pararendzina			Feinboden >40 cm
Ranker		karbonatfrei	>75 % Skelett oder Festgestein <40 cm
Regosol			Feinboden >40 cm

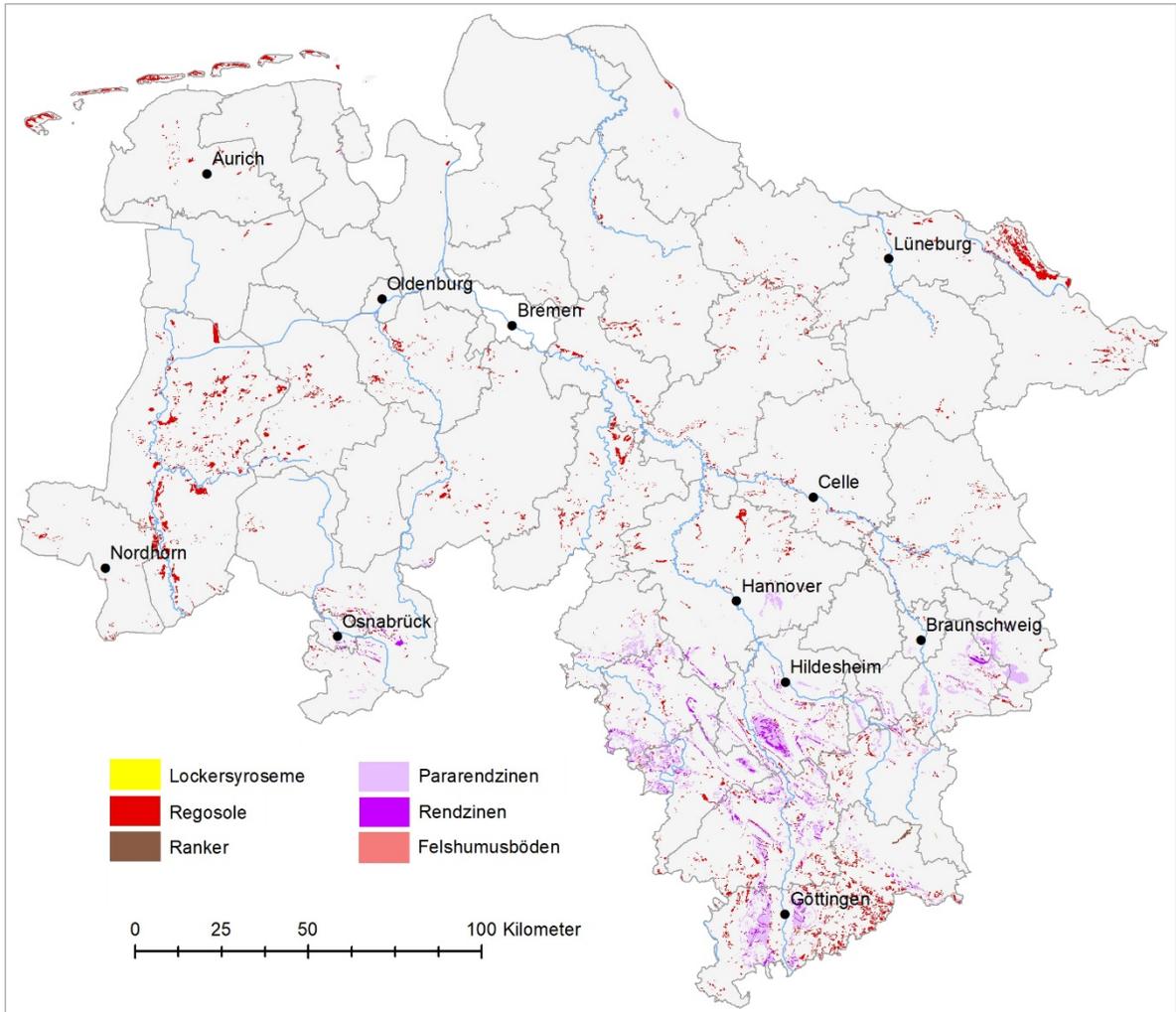


Abb. 1.31: Verbreitung der Felshumusböden, Rendzinen, Pararendzinen, Ranker, Regosole und Lockersyroseme.

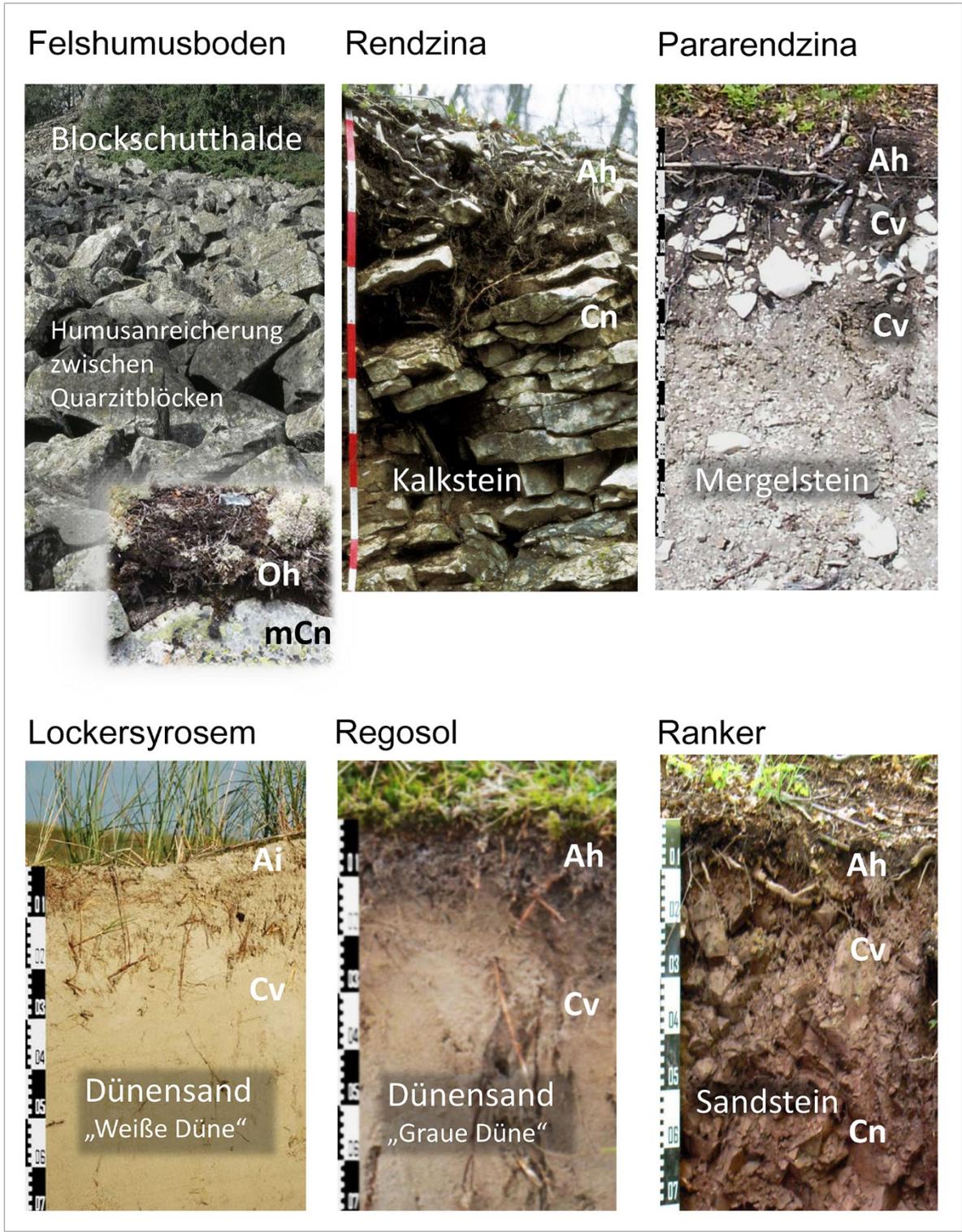


Abb. 1.32: Profilbilder ausgewählter Böden mit initialer Bodenentwicklung.

Böden mit initialer Bodenentwicklung haben aus verschiedenen Gründen eine Bedeutung für den Bodenschutz. Da diese gering entwickelten Böden in der Mehrzahl nur auf sehr exponierten Standorten vorkommen, sind sie erfahrungsgemäß selten. Die initialen Böden der Inseln vom Strand bis in die Dünen beinhalten seltene und empfindliche Ökosysteme. Ranker und Rendzinen sind trockene Extremstandorte. Eine Sonderform sind Felshumusböden auf den Blockschutthalden des Harzes. Die Humusanreicherung findet hier in den Nischen des Blockschuttes statt. Rendzinen in den Hochlagen des Berglandes können auf alten Waldstandorten Ergebnis der Bodenentwicklung seit dem Atlan-

tikum sein und haben damit ggf. auch eine naturgeschichtliche Bedeutung. Andererseits sind Regosole und Rendzinen sowie Pararendzinen an junge Hangschutte an Steilhängen gebunden oder die Folge von Profilverkürzung durch Bodenerosion. Die Böden der Steilhänge sind als Extremstandorte i. d. R. naturnah und selten. Generell gilt, dass diese Böden gegenüber Störungen sehr empfindlich sind. Die gering entwickelten Böden mit Humusanreicherung lassen sich überwiegend aus dem Ausgangsgestein und ggf. dem Relief ableiten. Darüber hinaus wurde die Kennzeichnung von Sonderfällen (z. B. aus Vegetationskarten) als hilfreich und notwendig angesehen.

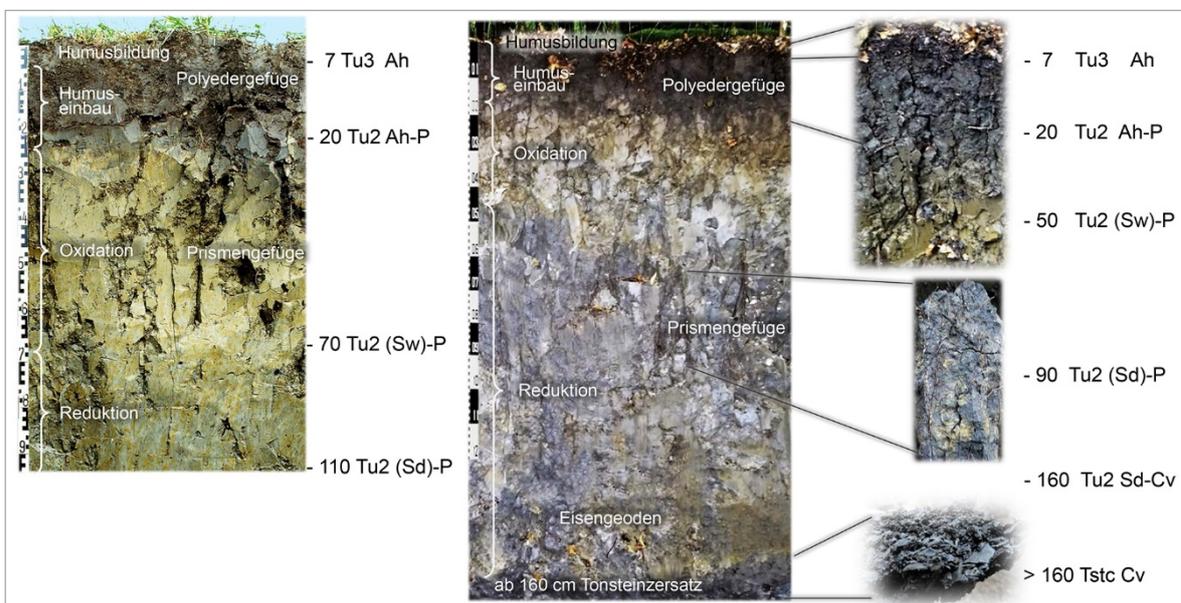


Abb. 1.33: Profilbilder des Pelosols mit Horizontbezeichnungen und Detailaufnahmen.

### Pelosole

Bei Pelosolen findet sich neben der Humusanreicherung ein tonreicher P-Horizont (>45 % Ton), dessen Gefügemerkmale durch Schrumpfen und Quellen geprägt sind (Abb. 1.33, BRANDT 1993, SIEBNER 2000). In Niedersachsen entwickeln sich P-Horizonte vorwiegend in tonreichen Basislagen aus Tonsteinen des Oberen Buntsandsteins, des Unteren und Mittleren Juras sowie der Unterkreide (Abb. 1.34). Voraussetzung ist, dass die Basislagen oberhalb

80 cm anstehen und bei Trockenheit schrumpfen. Oftmals wird die pelitische Eigenschaft erst deutlich, wenn durch Bodenerosion die hangenden, schluffreicheren Hauptlagen fehlen. Neben der Tiefenlage und der periglazialen Aufbereitung der Tone beeinflusst auch der Tonmineralbestand die pelitischen Eigenschaften. So ist bekannt, dass in den Unterkreide-Tonsteinen z. T. hohe Anteile smektitischer und damit stärker quellfähiger Dreischicht-Tonminerale vorliegen (GÖTTNER & KOMODROMOS 1988). Eine systematische Untersuchung aller Tonsteine liegt nicht vor.

Pelosole sind aufgrund ihres hohen Tongehaltes v. a. im nassen Zustand empfindlich gegenüber Bodenverdichtung und neigen oft zu Staunässe (SIEBNER 2000). Sie sind hierdurch im Jahresverlauf als wechselfeucht zu beschreiben. Im Bördenvorland treten Pelosole in manchen Gebieten verbreitet auf. Im Bergland sind sie dagegen kleinräumig an Erosionslagen gebunden und sicherlich als selten einzustufen. Eine Besonderheit sind die sehr selten auftretenden Pelosol-Tschernoseme oder Tschernosem-Pelosole in der Umgebung von Schöppenstedt im Landkreis Wolfenbüttel.

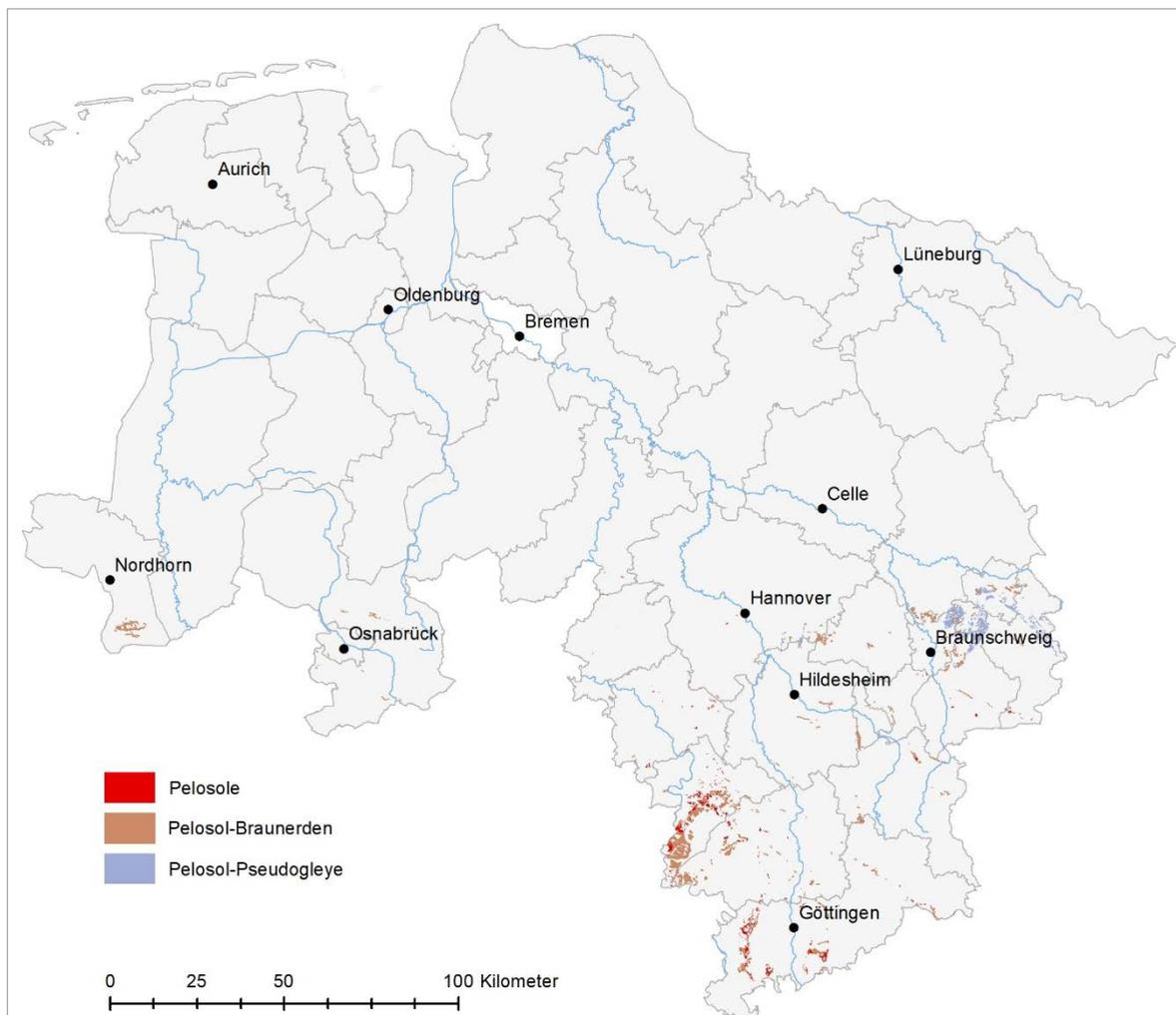


Abb. 1.34: Verbreitung der Pelosole in Niedersachsen.

## Tschernoseme und Grauerden

Tschernoseme unterscheiden sich von den oben genannten jungen Ah/Cv-Profilen durch einen 40 bis 60 cm mächtigen humosen, sehr schwarzen (schwärzer als 10YR3/3) Horizont. Nach bodenkundlicher Kartieranleitung werden Horizonte mit diesen Merkmalen als A<sub>xh</sub>-Horizonte bezeichnet. Neben den Tschernosemen finden sich in Niedersachsen Varianten der Tschernoseme, die sich bis auf die Farbe nicht unterscheiden und als Grauerden bezeichnet werden (s. Infofeld). Abbildung 1.35 zeigt Beispiele von Tschernosemen und Grauerden mit ihren Übergangsbodentypen im Profildfoto und mit Horizontierung.

### Infofeld Tschernoseme und Grauerde

Die A<sub>xh</sub>-Horizonte der Tschernoseme zeichnen sich durch 10 bis 20 % schwarzen Kohlenstoff am Gesamtkohlenstoffgehalt aus der Verbrennung von Pflanzenmaterial (Black Carbon) aus (SCHMIDT et al. 1999) und haben ein vergleichsweise weites C/N-Verhältnis von 12 bis 14. Nach vorliegenden Datierungen entstanden Tschernoseme vor etwa 7.000 bis 4.000 Jahren (SCHARPENSEEL 1972, GEHRT 1994). In der BK50 werden graue Varianten der typischen Tschernoseme als Grauerde ausgewiesen, deren räumlicher Schwerpunkt in Niedersachsen zwischen Peine und Braunschweig liegt (GEHRT et al. 1999, vgl. ZAKOSEK 1991). Grauerden weisen einen deutlich helleren humosen Horizont (10YR4/3) auf, der in der BK50 als gA<sub>xh</sub>-Horizont bezeichnet wird. Dieser enthält im Gegensatz zu den Tschernosemen keine verbrannte organische Substanz oder Black Carbon (SCHMIDT et al. 1999) und hat ein engeres C/N-Verhältnis (<10). Das Alter der Grauerden ist mit weniger als 2.000 Jahren vergleichsweise jung (SCHMIDT 2002). Während Tschernoseme eng an neolithische Siedlungskammern gebunden sind, fehlen im Verbreitungsgebiet der Grauerden nachweislich präbronzezeitliche Siedlungen (vgl. Tab. 1.13). Die räumliche Beziehung zwischen Tschernosemen und neolithischen Siedlungen, das neolithische Alter der Tschernoseme und der Nachweis von Black Carbon machen es wahrscheinlich, dass diese echten Tschernoseme im Zusammenhang mit der neolithischen Landbewirtschaftung entstanden sind (vgl. GEHRT, GESCHWINDE & SCHMIDT 2002, GEHRT 2000b, ECKMEIER et al. 2007). Zur Validierung von Tschernoseme-Arealen wurde die Lage neolithischer Siedlungen (ADABweb des Niedersächsischen Landesamtes für Denkmalpflege) herangezogen. Abbildung 1.36 zeigt die Verbreitung von Tschernosemen und ihrer Derivate in Niedersachsen: Es ist zu erkennen, dass im Umkreis der neolithischen Siedlungen auf Löss vorwiegend Tschernoseme und Tschernoseme-Parabraunerden anzutreffen sind (GEHRT 2019).

Tab. 1.13: Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Tschernosemen und Grauerden.

Kriterien	Tschernoseme	Grauerden
Mächtigkeit	55 bis 60 cm	45 bis 55 cm
Struktur	Wühlgänge von Bodentieren (Krotowinen)	
Farbe	10YR 3/2 und schwärzer	10YR4/3 und heller
Karbonatgehalt (Lösskindel)	ab 60 cm	ab 60 cm
Anteil an Black Carbon am Gesamtkohlenstoff	20 (bis zu 40 %)	<5 %
C/N-Verhältnis	>12 im A <sub>xh</sub>	≤10
Alter	7.500 bis 4.000 Jahre vor heute	<2.000 Jahre
prähistorischer Kontext	neolithische Siedlungen	prähistorische Funde ab der Bronzezeit

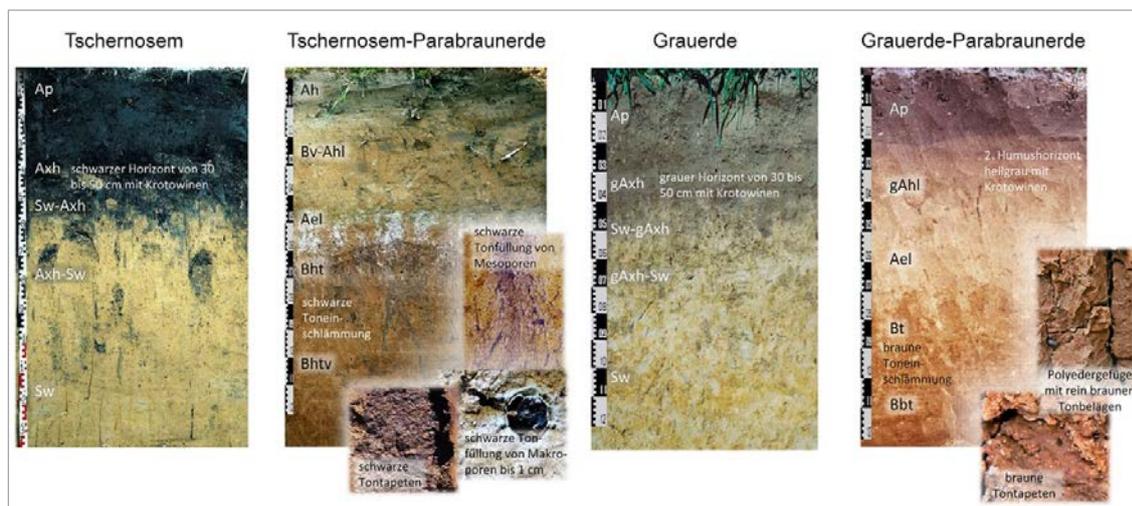


Abb. 1.35: Beispiele für Tschernoseme und Grauerden und ihre Horizontbezeichnungen.

#### Erhaltung und Weiterentwicklung von Tschernosemen und Grauerden

In Mitteleuropa erhalten sich Tschernoseme und Grauerden bei Niederschlägen von unter 550 mm/Jahr bzw. einer ausgeglichenen Wasserbilanz (z. B. im Thüringer Becken (HORNIG 1990) oder im mitteldeutschen Trockengebiet) oder wenn die Versickerung (vertikale Wasserbewegung) durch Staunässe (Pseudovergleyung) oder Grundnässe (Vergleyung) gehindert wird. Eine klimatisch bedingte Erhaltung mit sekundärer Kalkausfällung in Form von Pseudomycelien ist in Niedersachsen lediglich im trockeneren Ostbraunschweigischen Hügelland anzutreffen. Am Standort Grandkuhlenberg bei Winnigstedt (Landkreis Wolfenbüttel) befindet sich der einzige bekannte Standort in Niedersachsen mit Tschernosemen ohne Pseudovergleyung. Bei freier Wasserbewegung setzt, wie auch bei anderen Böden aus Löss, der Prozess der Tonverlagerung ein. Damit wird auch der fest mit dem Ton verbundene schwarze Kohlenstoff als Ton-Humus-Komplex verlagert und färbt die Tonerreicherhorizonte (Bht-Horizonte) dunkelgrau bis schwarz. Im Endstadium der Tonverlagerung werden diese Böden als Tschernosem-Parabraunerden bezeichnet (ehemals Grieserden). Des Weiteren wird in der BK50 zwischen Tschernosem-Parabraunerden und Grauerde-Parabraunerden unterschieden.

Die Teilgebiete mit Tschernosemen (Abb. 1.36) unterscheiden sich aufgrund der Lage, der Bodenentwicklung und der Geofaktoren (GEHRT 2019). Die Hildesheimer Börde (ROESCHMANN 1968a, MEYER & ROESCHMANN 1971) zeichnet sich bei geringer Reliefenergie und verbreiteter Pseudovergleyung durch vielfach erhaltene typische Tschernoseme aus. Im Ostbraunschweigischen Hügelland ist die Erhaltung sowohl durch die Pseudovergleyung und die Vergleyung in den Talebenen wie durch die vergleichsweise geringen Niederschläge gegeben. Durch die stärkere Reliefenergie sind die Tschernoseme allerdings häufig erodiert oder von Kolluvien überdeckt. Die Tschernosemge-

biote im Leinebergland sind in der Mehrzahl lesiviert. Erhaltene Tschernoseme sind extrem selten. So finden sich im Leinegraben nur noch 3–4 kleine Areale. Die Grauerden finden sich bei Grund- oder Stauwassereinfluss im Wesentlichen in einem kleinen Gebiet südlich von Peine und sind als selten einzustufen.

Tschernoseme zeichnen sich durch eine hohe Bodenfruchtbarkeit aus, die in der guten Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit begründet ist. Bereits die Erläuterungen zur Entstehung von Tschernosemen zeigen, dass die Böden eine besondere natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung haben, was auch für die Grauerden gilt.

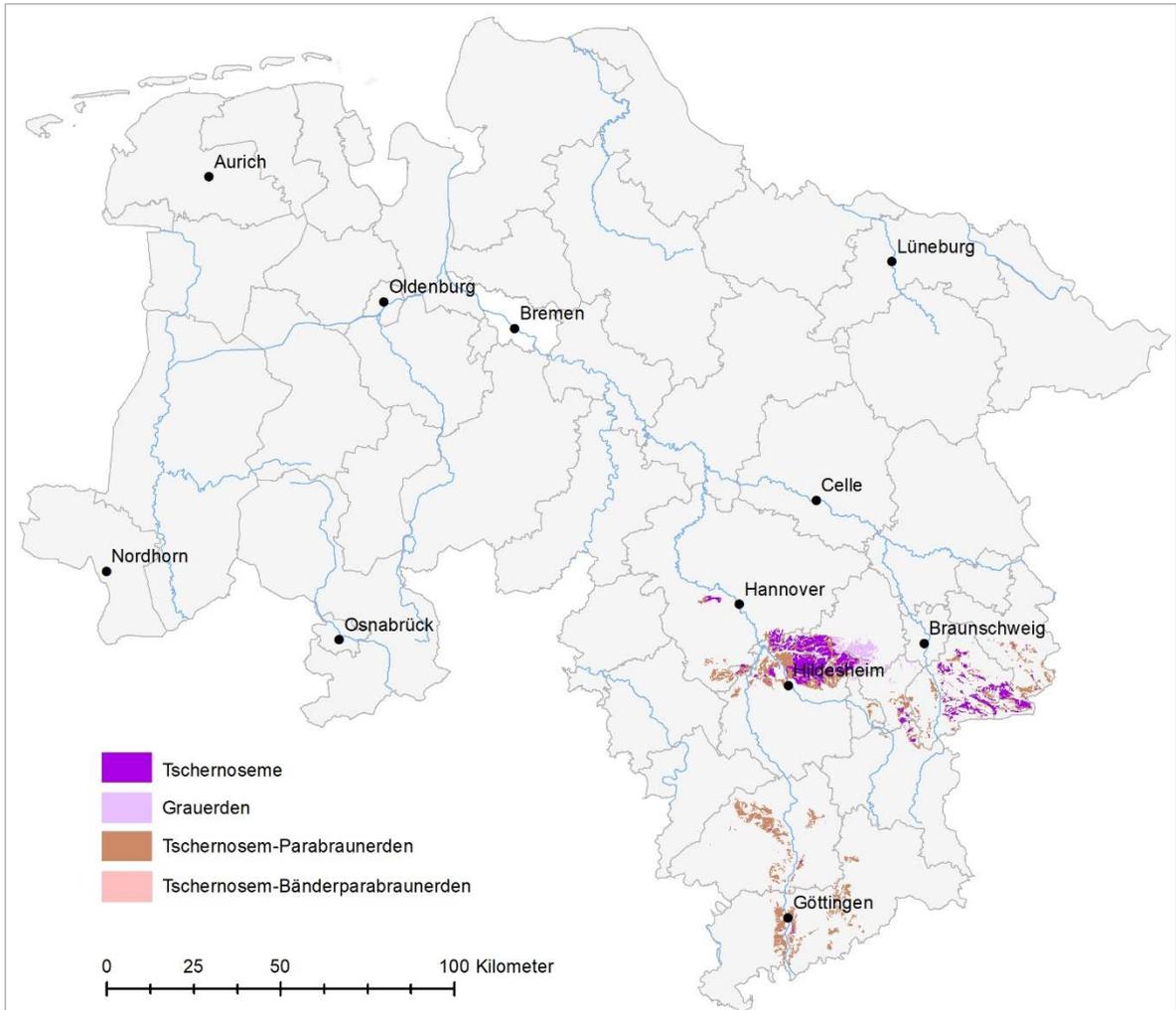


Abb. 1.36: Verbreitung der Tschernoseme und ihrer Derivate in Südniedersachsen mit Nachweispunkten neolithischer Siedlungen.

## Braunerden

Nach Entkalkung des Oberbodens führt die fortschreitende Verwitterung zur Freisetzung und Oxidation von Eisen, das für die typische Braunfärbung des Bv-Horizontes verantwortlich ist. Daneben kommt es zur Tonmineralneubildung, der Verlehmung. Die daraus resultierenden Böden werden als Braunerden bezeichnet (Abb. 1.37, Abb. 1.38). Bei sauren Gesteinen erfolgt die Eisenfreisetzung (Braunfärbung) sehr schnell, bei karbonathaltigen Substraten dagegen erst nach der Entkalkung. In der BK50 werden Braunerden i. d. R. bei lössfreien oder lössarmen Substraten ausgewiesen, wenn keine anderen Merkmale auf eine Überprägung hinweisen.

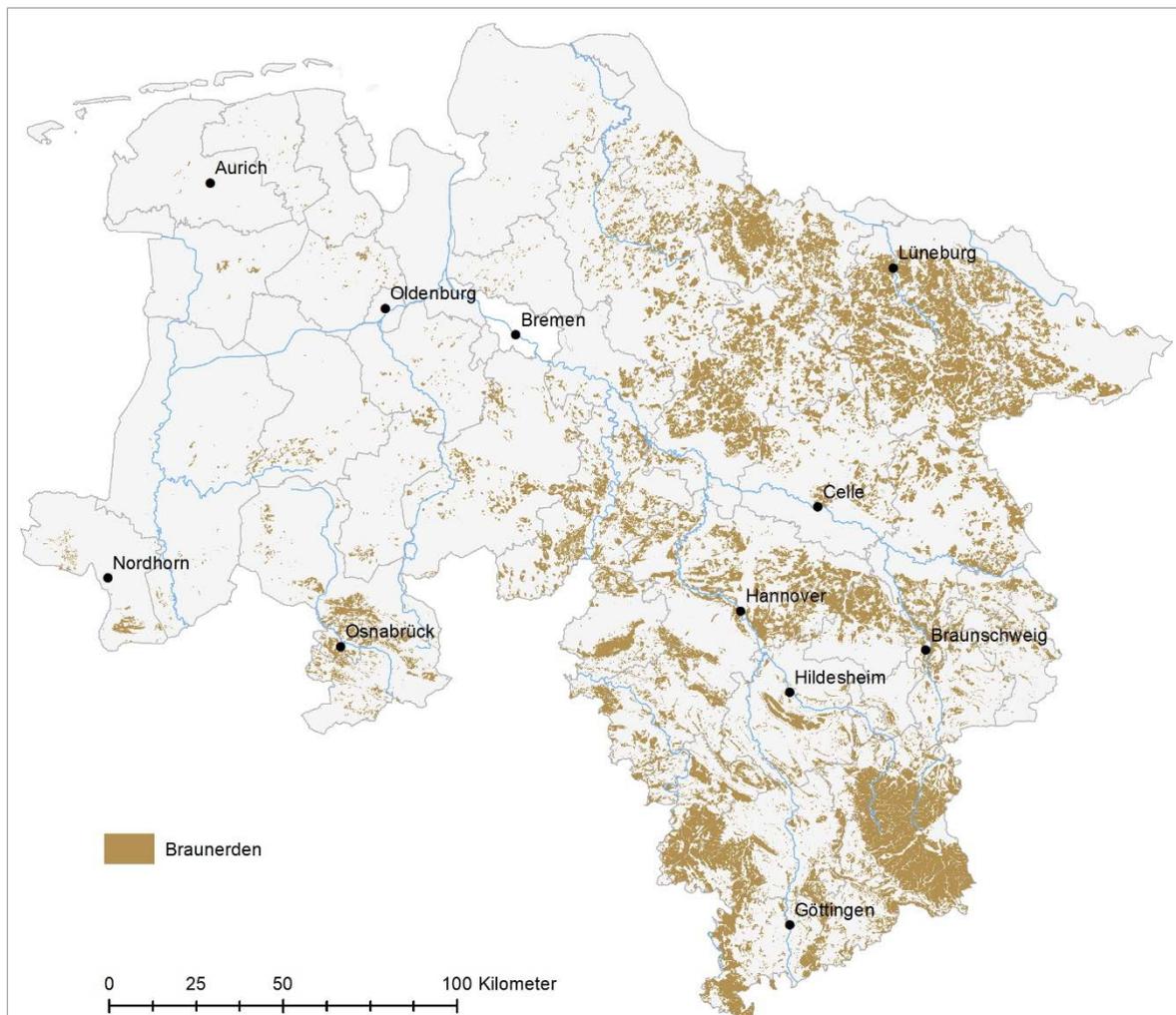


Abb. 1.37: Verbreitung der Braunerden.

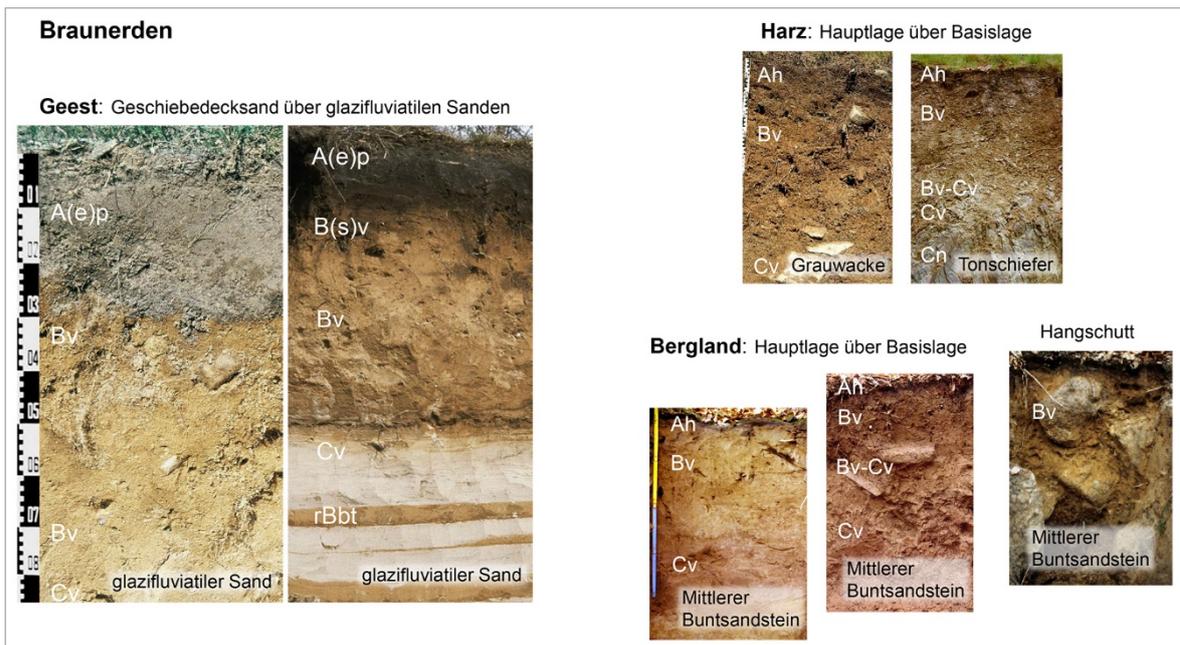


Abb. 1.38: Beispiele für Braunerden und ihre Horizontbezeichnungen.

### Parabraunerden

Böden mit Tonverlagerung (Parabraunerden) sind erst Mitte des 20. Jh.s in der bodenkundlichen Systematik etabliert worden (DBG 1965). Sie sind die typischen Böden auf Löss (MEYER, KALK & FÖLSTER 1962; FÖLSTER, MEYER & KALK 1963), Sandlöss (ROESCHMANN 1963, 1968b) und in Mittellagenprofilen des Berglandes (PLASS 1966, BARGON et al. 1971).

Im pH-Wert-Bereich von 6,5 bis 5,5 setzt in diesen Böden neben der Eisenfreisetzung eine Tonverlagerung (Lessivierung) ein, die zur Entstehung von Parabraunerden führt. Charakteristisch ist ein durch Tonverarmung aufgehellter Al-Horizont und ein darunterliegender, durch Tonanreicherung rötlichbraun gefärbter Bt-Horizont. Insbesondere im Bt-Horizont zeigen sich Merkmale der Tonanreicherung in Form von Tonbelägen an den Aggregaten, den Toncutanen.

Im Allgemeinen ist davon auszugehen, dass der Übergang vom Al- zum Bt-Horizont häufig auch eine unter periglazialen Bedingungen entstandene Schichtgrenze ist (Kap. 1.4.1.3; SEMMEL 1964, 1968; PLASS 1966; BARGON et al. 1971). Der Tongehaltsunterschied zwischen Al- und Bt-Horizont ist damit i. d. R. durch periglaziale

Prozesse bedingt. Dies gilt im Grundsatz auch für reine Lössprofile, da im Bt-Horizont neben der Toneinlagerung auch eine Tonbildung durch Kryoklastik nachzuweisen ist (MARKGRAF 1963, GEHRT 1994). Merkmale der Tonverlagerung lassen sich, wenn auch nur schwach ausgeprägt, auch in Hauptlagenprofilen erkennen (GEHRT 1994). Diese sind allerdings für die Ausweisung einer Parabraunerde nicht hinreichend ausgeprägt. Sie werden daher konventionell zu den Braunerden gestellt. Böden mit Tonverlagerung treten auch in Profilen aus periglazialen Deckschichten über Grundmoränen bzw. Geschiebelehm auf (HEINEMANN 1964). Bei diesen Böden mit primär geogen geschichteten Profilen sind die Merkmale der Tonverlagerung häufig nur unzureichend ausgeprägt. Sie werden daher in der BK50, der Konvention folgend, zu den Braunerden gestellt.

Bodenschutzrelevant ist bei Parabraunerden aus Löss ihre hohe Bodenfruchtbarkeit aufgrund der guten Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit. Problematisch dagegen ist ihre Empfindlichkeit gegenüber Erosion und Bodenverdichtung. Die Ausweisung der Parabraunerden in der BK50 erfolgt im Regelfall aus dem Wirkungsgefüge bei den Geogenesen Löss und Sandlöss sowie bei Mittellagenprofilen, sofern

keine anderen überregelnden Merkmale im Wirkungsgefüge benannt sind. Neben der Normalform der Parabraunerde werden in der BK50 einige Sonderformen ausgewiesen (Abb. 1.40).

#### Bänder-Parabraunerden

Auf den i. d. R. geringmächtigen Lösssand (sandige Fazies der schluffigen äolischen Umlagerungen in der Geest) und den schluffreichen Übergängen zu kiesführenden Geschiebedecksanden reichert sich der verlagerte Ton in Bändern (z. T. auch in Flecken) als Bbt-Horizont an den geogen geschichteten Strukturen des liegenden Sedimentes an. Diese Böden werden in der BK50 als Bänderparabraunerden beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass insbesondere die rotbraunen Tonanreicherungs-

der in glazifluviatilen Sanden häufig Relikte älterer Bodenbildungsphasen sind (s. Abb. 1.40, Bild 4).

#### Fahlerde

Eine Sonderform der Parabraunerde ist die Fahlerde (LIEBEROTH 1964, KÜHN et al. 2006). Diese zeichnet sich durch einen sehr hellen Ael-Horizont aus und sollte in der Regel niedrige pH-Werte (<5,5) aufweisen. Die Fahlerden (s. z. B. Abb. 1.40, Bild 2) sind auch in Niedersachsen anzutreffen. Zur Verbreitung oder den Bildungsfaktoren liegen keine validen Daten oder schlüssigen Modelle zur Verbreitung vor. Aus diesen Gründen werden Parabraunerden und Fahlerden in der BK50 nicht differenziert.

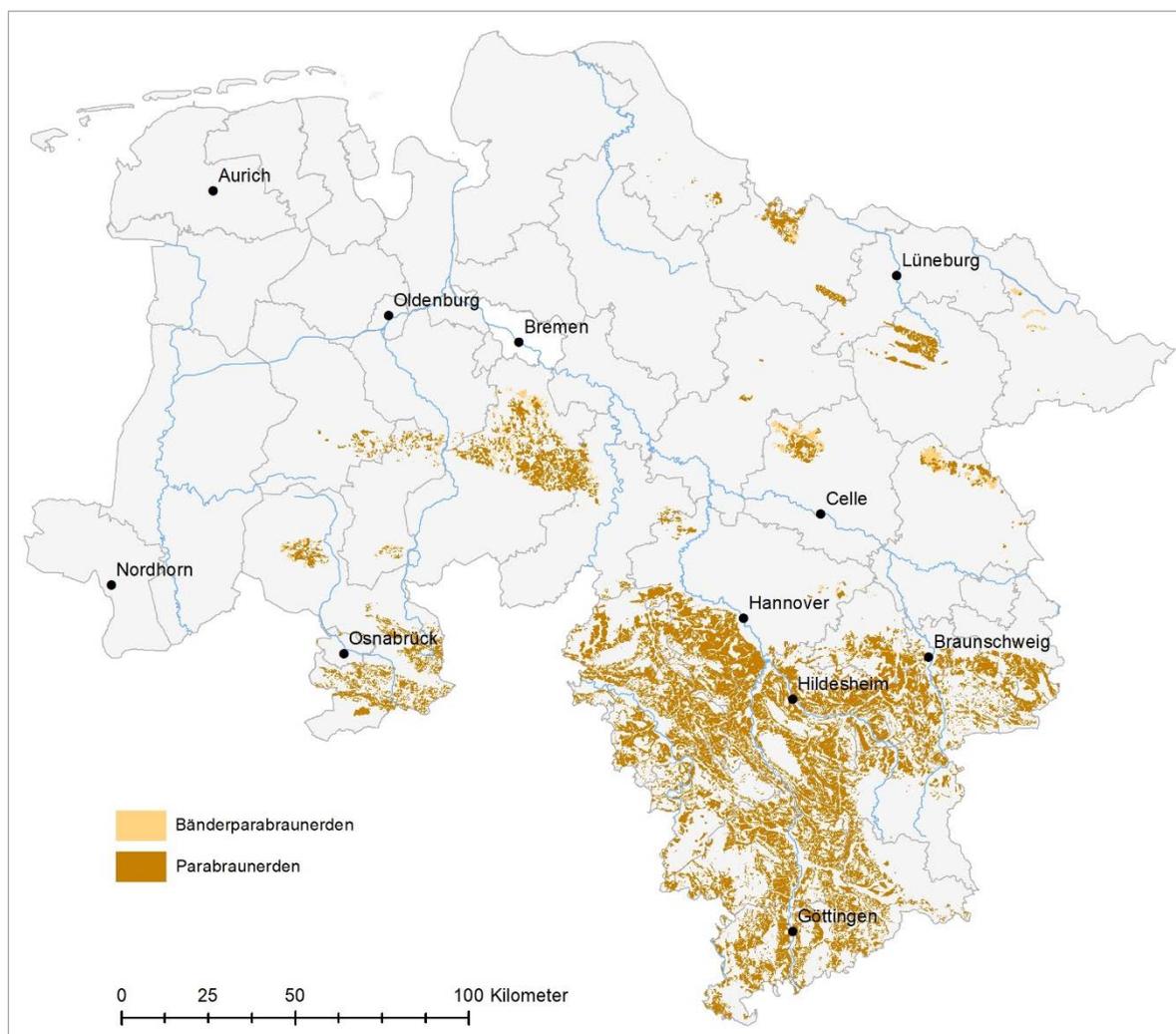


Abb. 1.39: Verbreitung der Parabraunerden und Bänder-Parabraunerden.

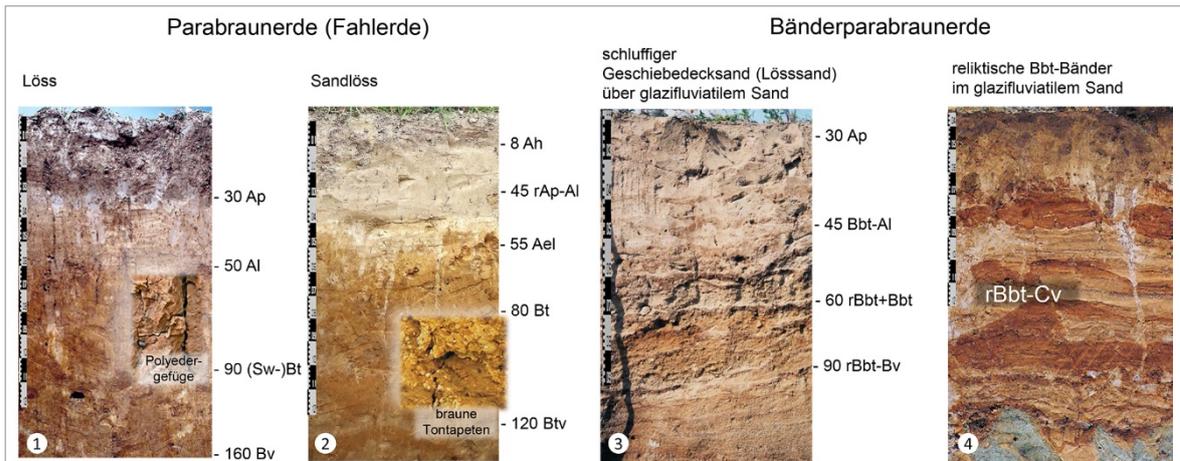


Abb. 1.40: Profilbilder der Parabraunerden und Bänder-Parabraunerden mit Horizontbezeichnungen.

1. Parabraunerde aus Löss.
2. Parabraunerde (Fahlerde) aus Sandlöss.
3. Bänderparabraunerde aus schluffigem Geschiebedecksand (Lösssand).
4. Neben den Merkmalen der Tonverlagerung in den holozänen Böden finden sich vor allem in den Böden auf glazifluvialen Sanden reliktsche bzw. fossile Merkmale in Form von rötlichbraunen Tonanreicherungsbandern. Diese harmonisieren von der Menge der verlagerten Tone her nicht mit den Tonverarmungshorizonten.

#### Terra-fusca-Parabraunerden

Mit der BK50 wird in Ergänzung zu älteren niedersächsischen Bodenkarten die Terra-fusca-Parabraunerde eingeführt. Sie ist der dominante Bodentyp in Profilen mit 25 bis 35 cm mächtigen lössigen Hauptlagen über Kalk-, Dolomit- oder Anhydritgesteinen (GEHRT et al.

2017b) und ist regelmäßig mit Rendzinen, Pararendzinen oder Parabraunerden vergesellschaftet (Abb. 1.41). Abbildung 1.42 gibt eine Übersicht über die Verbreitung von Terra-fusca-Parabraunerden in Niedersachsen.

#### Infefeld Terra fusca

Terra-fusca-Parabraunerden entstehen in mehreren Schritten. Zunächst wird die primär karbonathaltige Hauptlage der Lösungsverwitterung ausgesetzt (vgl. GEHRT et al. 1999, GEHRT et al. 2017b, BULLMANN 2010). Dabei wird Karbonat abgeführt. Es verbleibt ein Residualton aus dem kalksteinbürtigen Grobboden. In den nun entkarbonatisierten Bereichen kommt es zur partiellen Verbraunung. Der sich anschließend mit dem Sickerwasser nach unten verlagernde Ton wird an der Grenzfläche der Hauptlage zur karbonatischen Basislage ausgefällt und akkumuliert. Erst wenn die Hauptlage weitgehend entkalkt ist, beginnt die Lösung der Karbonate in der Basislage. Vor diesem Hintergrund werden alle Standorte mit Hauptlagen über karbonatischen Gesteinen in der BK50 generell als Terra-fusca-Parabraunerden bezeichnet. Dazu folgende Anmerkungen:

1. In früheren Kartenwerken wie der Bodenkundlichen Standortkarte i. M. 1 : 200.000 wurden in diesen Gebieten Rendzinen ausgewiesen, da die Deckschichtengliederung weitgehend unbekannt war. Beispielsweise wurden diese Böden im Göttinger Wald zusammenfassend als Kalksteinbraunlehme bezeichnet (MEYER et al. 1985, ANDERS et al. 1985). In einschlägigen Lehrbüchern (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2018) wird der Begriff „Kalksteinbraunlehm“ durch die Bezeichnung „Terra fusca“ ersetzt (AD-HOC-AG BODEN 2005).

2. Die Terra-fusca-Bildungen wurden und werden anhaltend mit reliktschen Bodenbildungen in Zusammenhang gebracht (DAHM-ARENS 1978, 1986; FIER 2012). Nach umfangreichen Untersuchungen im Göttinger Wald (GEHRT et al. 2017b) ist diese Aussage zu differenzieren:

- Die oberflächenparallelen Horizonte zeigen eine Differenzierung von einem tonärmeren (Ut4 bis Tu3) Oberboden (Ah, Al) zu einem intensiv braunen, 5 bis 10 cm mächtigen, tonreicheren (Tu3 bis Tu2) Unterbodenhorizont (Tv-Bt, Abb. 1.41).
- Die lösshaltigen Hauptlagen umfassen den tonärmeren Ober- und den tonreicheren Unterboden und sind durch Schwermineral-Analysen nachweislich Bildungen aus der jüngeren Tundrenzeit (BULLMANN 2010, GEHRT et al. 2017b).
- In Kalkstein- und Dolomitstein-Gebieten finden sich selten, aber mit hoher Stetigkeit in Erhaltungspositionen (Schlotten) reliktsche, wahrscheinlich tertiärzeitliche Bodenbildungen. Sie sind durch Bohnerze und geringe Lössbeimengungen (keine Quarzkörner) erkennbar (Abb. 1.44).
- Zwischen den reliktschen Bildungen und den oberflächenparallelen, holozänen Böden besteht kein oder bestenfalls nur in Ausnahmen ein Zusammenhang.

Der rotbraune, tonreiche Tv-Bt-Horizont ist überwiegend durch Tonverlagerung und untergeordnet durch eine Akkumulation von Residualton geprägt. Er findet sich nur unter der lössigen Hauptlage.

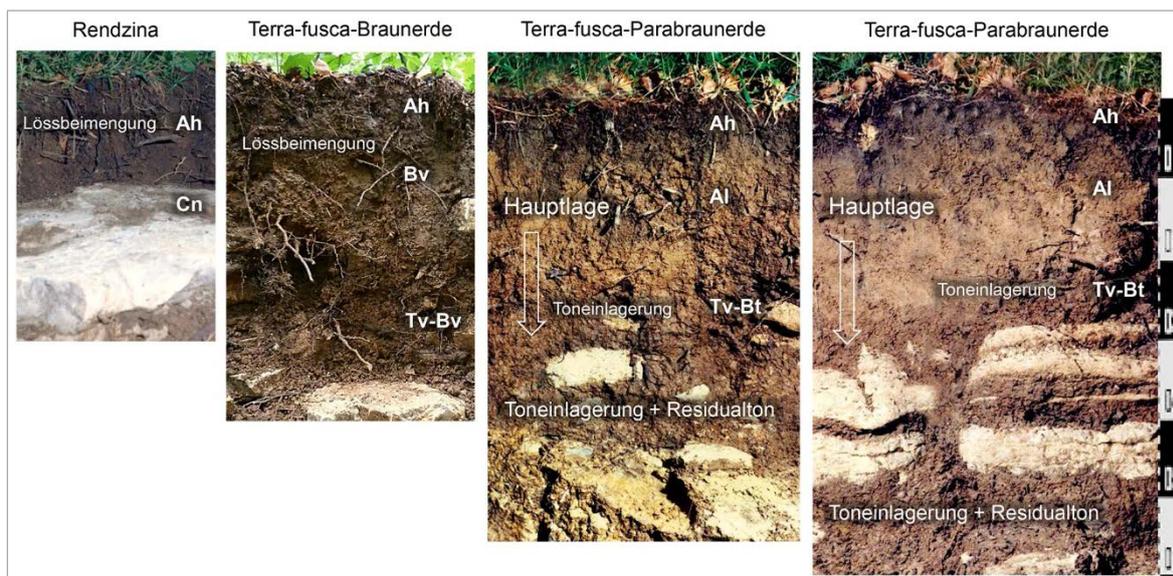


Abb. 1.41: Vergesellschaftete Böden in den Arealen der Terra-fusca-Parabraunerden. Der rotbraune Tv-Bt-Horizont bildet sich, wenn die Hauptlage eine Mächtigkeit von 10–20 cm überschreitet. Bei geringeren Mächtigkeiten finden sich durch Humus dunkel gefärbte Terra-fusca-Braunerden oder Rendzinen.

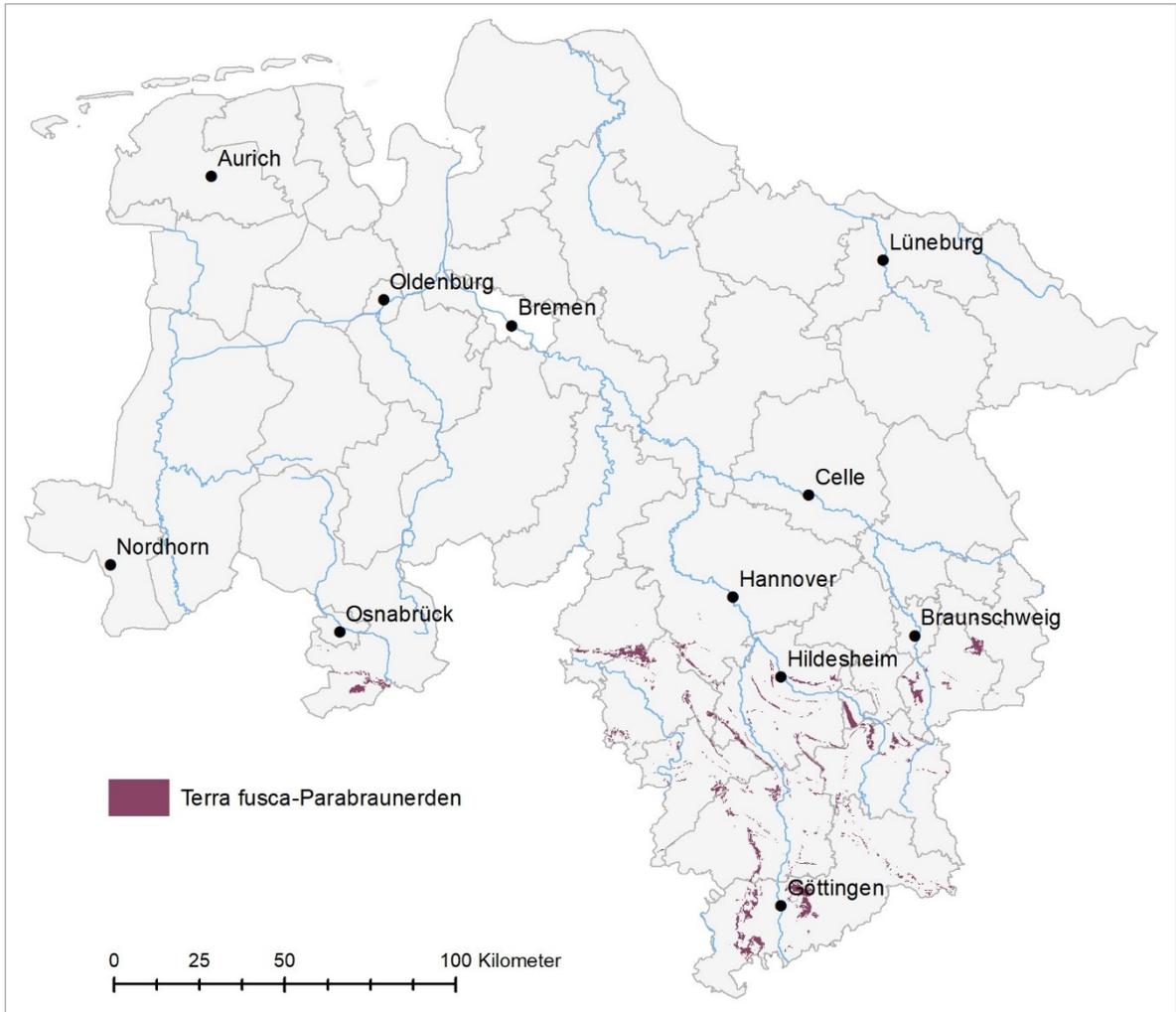


Abb. 1.42: Verbreitung der Terra-fusca-Parabraunerden.

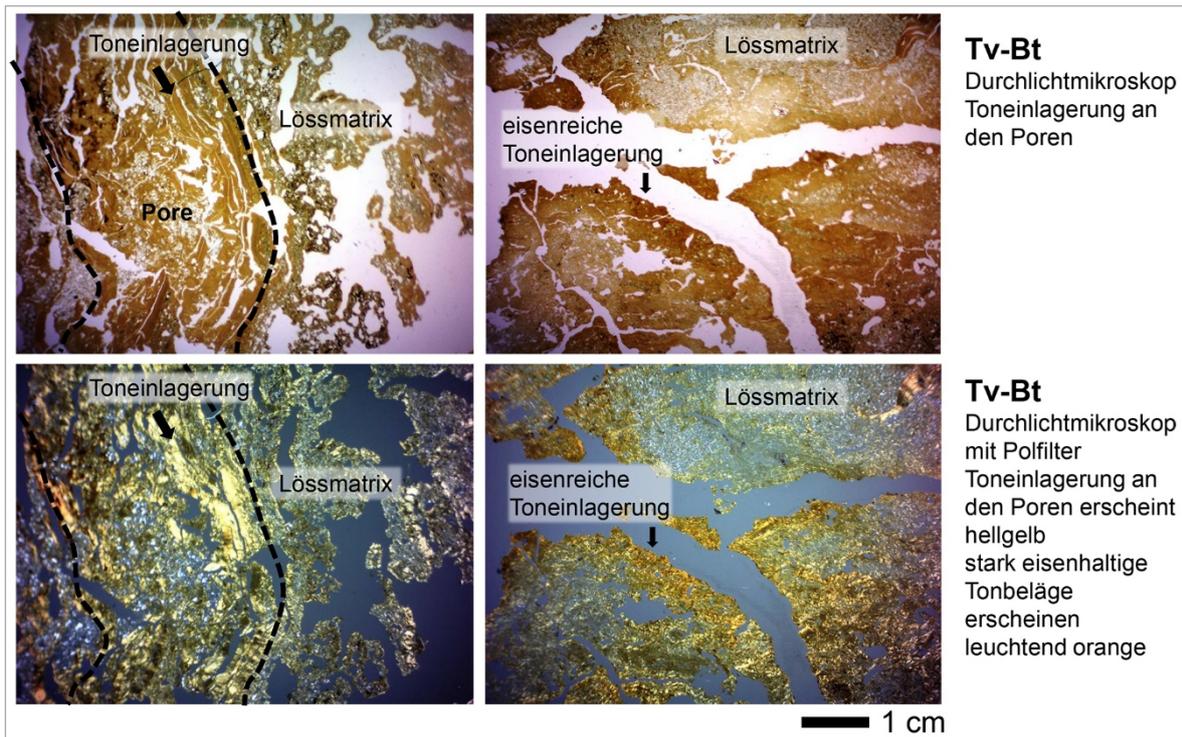


Abb. 1.43: Merkmale der Terra-fusca-Parabraunerde im Dünnschliff. Oben: Aufnahmen im Durchlicht. Unten: Aufnahmen mit Polfilter. Zum Teil ist die Toneinlagerung deutlich erkennbar (mit Polfilter hellgelb), z. T. zeigen die Randbereiche der Poren intensivbraune Toneinlagerungen, die mit Polfilter gelbbraun erscheinen.

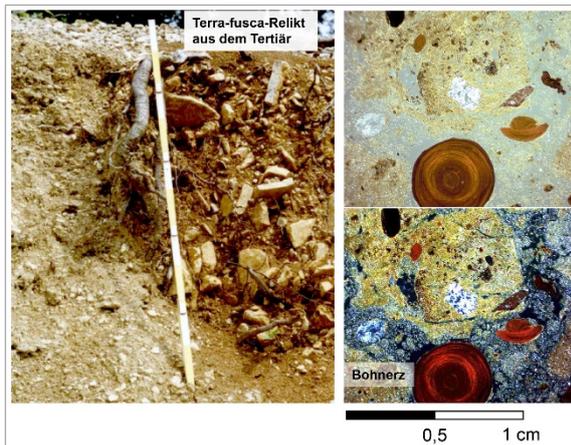


Abb. 1.44: Reliktische Terra fusca in Schlottenfüllungen. Fossile Terra fusca finden sich nur in Erhaltungspositionen wie Karstschlotten. Hier finden sich auch Bohnerze, die als Hinweis auf tertiäre Bodenbildungen angesehen werden.

Die Terra-fusca-Parabraunerde hat aus Sicht des Bodenschutzes eine naturgeschichtliche Bedeutung, da in den hochgelegenen tertiären Hochflächen immer wieder auch tertiäre Relikte (Bohnerze) auftreten (Abb. 1.44). Insbesondere der seltene Bereich des Überganges von Kalkhangschutten (Oberlagen) zu Hauptlagen über Kalksteinbasislagen hat eine besondere Bedeutung für die Rekonstruktion der Landschaftsentwicklung. Generell beinhalten die Areale trockene karbonatreiche Standorte, die die Areale für den Naturschutz interessant machen.

#### Terra rossa

Terra-rossa-Relikte oder deren Übergänge zu Parabraunerden sind in Niedersachsen nicht bekannt. Hinweisen aus den Geologischen Karten wurde nachgegangen, sie stellten sich jedoch als rote Fließerden aus Buntsandstein-Material heraus.

## Podsole

Das Klimaxstadium der Bodenentwicklung spiegelt sich bei niedrigen pH-Werten ( $<5,5$ ) mit deutlicher Sauerbleichung im Ae-Horizont und Verarmung an Sesquioxiden und deren Anreicherung im Bs-Horizont der Podsole wider (SAUER et al. 2007, SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2018). Nach allgemeinem Verständnis wird die Podsolierung mit Versauerung und Verlagerung von Sesquioxiden durch die Höhe der Niederschläge bzw. den  $H^+$ -Ionen Eintrag gefördert. Der Prozess scheint durch Redox-Prozesse ebenso katalysiert zu werden wie durch den Eintrag von Huminsäuren (z. B. durch Nadelstreu).

Aus Sicht des Bodenschutzes können Podsole unter den Aspekten der Kultur- und Landschaftsgeschichte (Heidepodsole) (BUG et al. 2019) betrachtet werden. Der Aspekt der Seltenheit ist regional zu betrachten. In einigen Regionen Niedersachsens ist die Podsolierung die dominante Bodenentwicklung. Sie tritt vor allem auf Geschiebedecksanden mit hohem Flugsandanteil, auf weichselzeitlichen Talsanden sowie periglazialen bis fluviatilen Ablagerungen und auf weichselzeitlichen Flugsanden auf. Für die Podsolierung scheint die Ausprägung der Hauptlagen und der Geschiebedecksande von Bedeutung zu sein. So finden sich Podsole in der Geest vor allem in schluffarmen, quarzreicheren Geschiebedecksanden (TOLKSDORF-LIENEMANN 2000; DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017). In der Geest sind Podsole mit stark verfestigtem Ortstein selten und zudem durch Meliorationen (Tiefumbruch) nicht mehr anzutreffen, sie werden in der BK50 nicht ausgewiesen. Auf Grundlage der Bodenschätzung werden im Kartenserver (BUG et al. 2019) jedoch Suchräume mit häufigerem Auftreten von Ortstein ausgewiesen.

Höhere Schluff- und Tonanteile (möglicherweise auch die mineralogische Zusammensetzung) scheinen dagegen die Podsolierung zu hemmen bzw. zu unterbinden. So fehlen Podsole auf schluffigen Geschiebedecksanden, die insbesondere in weiten Gebieten der östlichen Geest (Lüneburger Heide) auftreten (vgl. Kap. 1.4.1.3). Auf den sandigen Niederterrassen fehlen Podsole dagegen weitgehend, wenn diese nicht von Flugsanden überlagert sind.

Im Bergland fehlen Podsole durch die omnipräsenten Hauptlagen. Auch auf Sandsteinen mit

erkennbar höheren Gehalten an leicht verwitterbaren Mineralen wie Feldspäten oder Glimmer (z. B. Mittlerer Buntsandstein) ohne Hauptlage fehlen die Podsole. Auf den Sandsteinen des Oberen und Mittleren Juras sowie der Unterkreide auf sehr lössarmen Hauptlagen in schmalen Scheitelbereichen, den holozänen Sandstein-Schutthängen des Berglandes oder bei lössfreien Hauptlagen in den armen Sandsteinen des Bördenvorlandes finden sich in kleinen Arealen regelmäßig Podsole mit geringem Flächenanteil. Im Harz, mit insgesamt deutlich höheren Niederschlägen, haben Podsole eine höhere Verbreitung auf Granit und Quarzit (Ackerbruchberg).

In der Ostheide ist der Kontrast von podsolierten Braunerden bis Podsol-Braunerden unter Acker-, Heide- oder Grünlandnutzung und den oftmals benachbarten Podsolen in den um 1800 aufgeforsteten Kiefernwäldern auffallend (DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017). Hier wird der Einfluss der 200jährigen Nadelwaldnutzung mit reinen Kieferbeständen deutlich. Dies wird mit der Nutzungsdifferenzierung in der BK50 berücksichtigt (Kap. 3.3.7).

Eine seltene Sonderform der Podsole ist der Humuspodsol (Ph). Aufgrund der Eisenarmut des Ausgangsgesteines wirkt sich bei diesem Boden die Podsolierung im Wesentlichen als Huminstoffverlagerung aus. Häufig wirken der Ae- und Bh-Horizont leicht violettstichig, was vermutlich auf verlagertes Aluminium zurückzuführen ist. In Niedersachsen finden sich Humuspodsole östlich von Braunschweig (Braunschweiger Holzland) auf armen, unverwitterten, sehr hellen Kreidesanden. Eine bodenkundliche Besonderheit sind Podsole bei Twistringern (Landkreis Diepholz), die sich trotz höherer Feinkornanteile auf Lösssand entwickelten (LANGNER 1988).

Die anthropogene und nutzungsbedingte Podsolierung ist im Wald bei schluffreicheren Substraten in den sogenannten Nanopodsolen (Ae- und Bs-Horizont  $<20$  cm) zu erkennen. Diese finden sich häufig unter Nadelhölzern oder im Bereich des Stammabflusses. Hier ist die Versauerung sicher auch in Zusammenhang mit den Niederschlägen zu berücksichtigen. In der BK50 werden diese geringmächtigen Podsolierungen in Abhängigkeit von der Humusform bei der Nutzungsdifferenzierung eingebracht (vgl. Kap. 2.4.6.2, 3.3.2 und 3.3.3).

Die Podsolverbreitung in Niedersachsen ist, wie oben ausgeführt, unterschiedlich begründet und führt somit zur notwendigen Spezifikation im Wirkungsgefüge. Bei der Ausweisung von Podsolen wurde deshalb differenziert vorgegangen. Soweit deutliche Substratabhängigkeiten vorliegen (z. B. weichselzeitliche Flugsande), wurde zur Vereinfachung eine generelle Attributierung mit der Anweisung zur regionalen Überprüfung vorgegeben. Bei Vorliegen von Ausschlusskriterien (z. B. lehmige Deckschichten) wurden keine Podsole ausgewiesen. Der Podsol als Nebenbodentyp wurde bei allen nähr- und mineralstoffarmen Sandsubstraten der Geest vergeben, da regelmäßig gebleichte Quarzkörner einen Podsolierungseinfluss anzeigen.

Die Verbreitung der Podsole lässt sich aufgrund der Daten der Bodenschätzung räumlich differenziert erfassen (vgl. Kap. 2.4.6.2). Bei Gesteinen, die keine Beziehung zur Podsolierung erkennen lassen, erfolgte die Attributierung und Abgrenzung auf Grundlage der Bodenschätzung. Sichere Merkmale sind dabei z. B. Angaben zu Ortstein und Orterde („Ort“ und „ort1-5“; „Hort“ und „hort1-5“), Rohhumus („rh1-5“) sowie ausgewiesene Klassenzeichen mit der Bodenart Sand, z. B. S4D und schlechtere Zustandsstufen. Bei Informationslücken (v. a. in Waldgebieten) musste bei diesem Verfahren inter- oder extrapoliert werden. Abbildung 1.45 zeigt Profilbilder von Podsolen aus verschiedenen Ausgangsgesteinen. Abbildung 1.46 gibt eine Übersicht über die Verbreitung der Podsole und deren Subtypen in Niedersachsen.

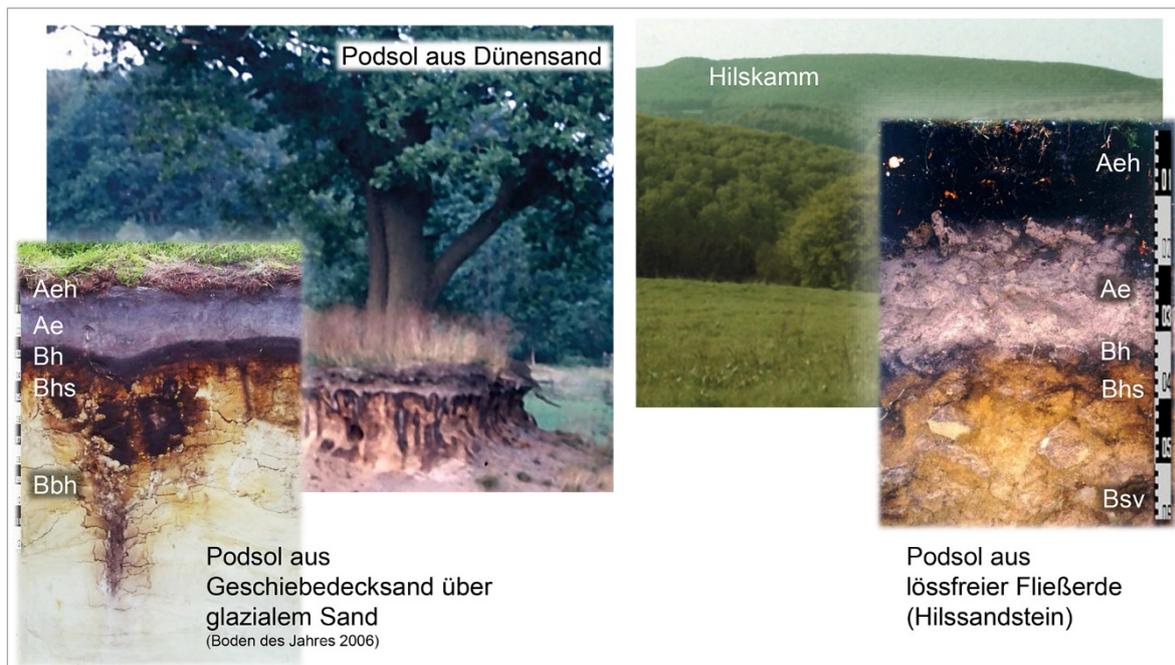


Abb. 1.45: Profilbilder von Podsolen und deren Horizontbezeichnungen.

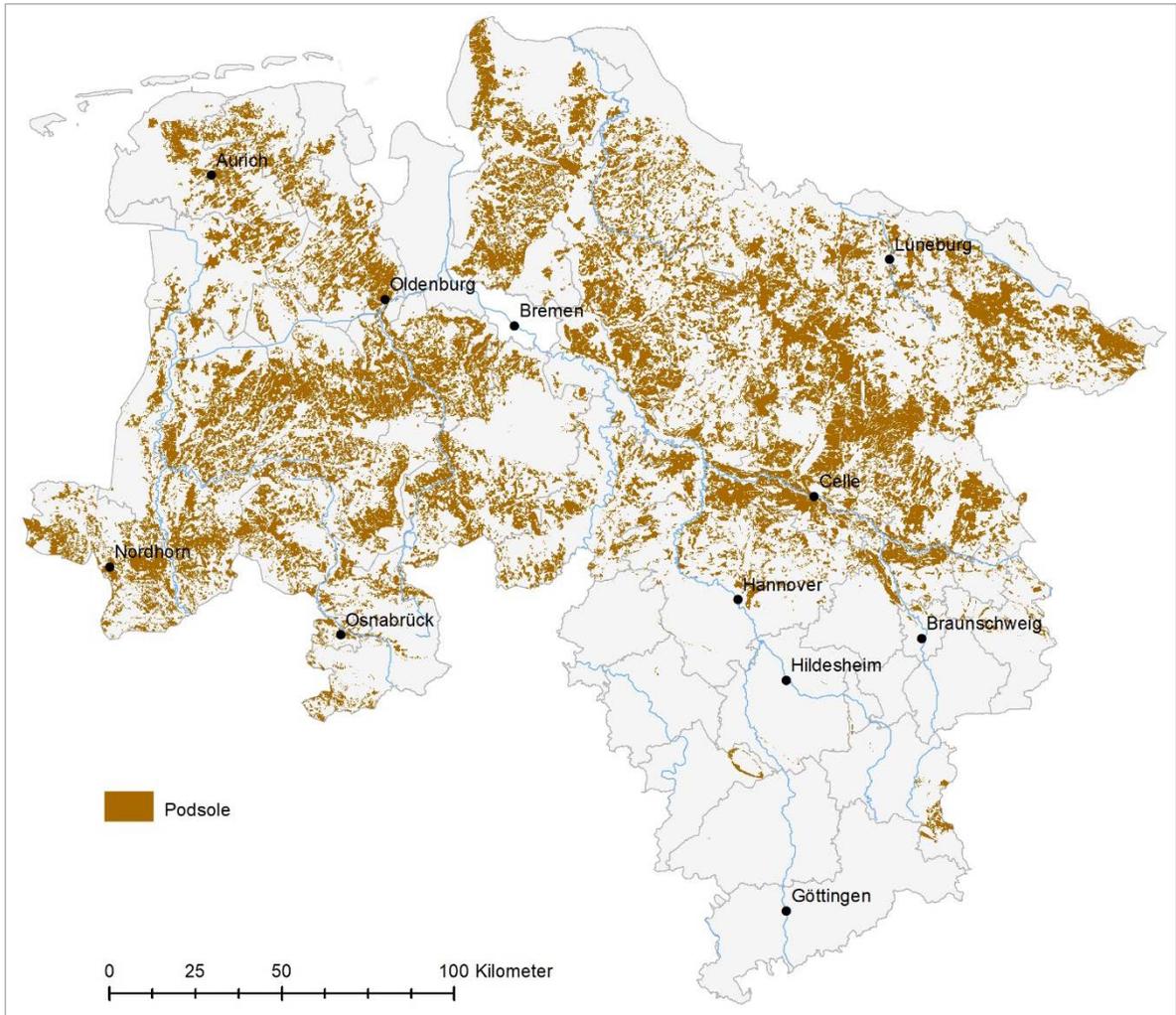


Abb. 1.46: Verbreitung der Podsole.

### 1.4.2.3. Böden mit Grund- oder Stauwassereinfluss (hydromorphe Böden)

Von den vorstehend beschriebenen terrestrischen Bodenbildungen sind die Böden mit hydromorphen Merkmalen durch Grund- oder Stauwassereinfluss zu trennen. Bei diesen kommt es durch den Einfluss von Stau- oder Grundwasser zeitweise zu sauerstoffarmen (reduzierenden) Bedingungen und damit verbundenen Stoffumlagerungen. Tabelle 1.14 gibt eine Übersicht über die verwendeten Bodentypen, ihre Relevanz für den Bodenschutz und die Kriterien für die Abgrenzung.

- Durch reduzierende Bedingungen werden insbesondere Eisen und Mangan mobilisiert, verlagert und unter Sauerstoffeinfluss wieder ausgefällt. Zu erkennen sind diese Prozesse an den redoximorphen Merkmalen (Abb. 1.47, Abb. 1.48).
- Mit zunehmender Vernässung wird die biologische Aktivität eingeschränkt. Es kommt zur Anreicherung von organischer Substanz (im Extremfall zur Bildung von Torfen).

Stau- oder Grundwassereinflüsse können auf allen Gesteinen vorkommen. Dabei sind Grundwassereinflüsse eher in tiefer gelegenen Bereichen anzutreffen, während sich Staunässe in Gebieten mit hohen Niederschlägen auf gering durchlässigen Gesteinen entwickeln kann.

Eine Stau- bzw. Grundnässe tritt nur bei wenigen Gesteinen dominant auf (z. B. Watt, Marsch, Geschiebelehm, Tonsteine des Unteren Juras). In diesen Fällen wurde der Stau- oder Grundwassereinfluss in der Manuskriptkarte und im Wirkungsgefüge der Titeldatenlegende präprozessiert. Die Angaben waren aber in jedem Fall bei der Bearbeitung zu prüfen und ggf. zu korrigieren.

Die Kennzeichnung von Grund- oder Stauwasser und deren Auswirkungen auf die Bodenentwicklung beruht im Rahmen der BK50-Kartierung auf dem Abgleich der verschiedenen hydromorphen Merkmale mit den o. g. Faktoren. Wesentlich war dabei die Unterscheidung von Grund- und Stauwassereinfluss in drei Klassen (Einfluss oberhalb 40 cm, Einfluss zwischen 40 und 80 cm, kein Einfluss bzw. Einfluss unterhalb 80 cm). Damit wird in der BK50 die Verbreitung von stau- und grundwasserbeeinflussten Böden konsistent und detailliert festgelegt.

Tab. 1.14: Übersicht über die in der BK50 verwendeten semiterrestrischen Bodentypen außerhalb der Marsch.

Semiterrestrische Böden			
Kürzel	Bodentyp	Bodenschutzrelevanz	Abgrenzung, Konzeptkarte
AB	Auenboden (Vega)	besondere Standorteigenschaften: hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit, naturgeschichtliche Bedeutung, Seltenheit	GK50, pedoregionale Gliederung, Bodenschätzung, Standortkartierung (Hydro50)
G	Gley	besondere Standorteigenschaften: nass	Relief, Digitales Höhenmodell, Bodenschätzung, Standortkartierung (Hydro50)
Ge	Brauneisengley	naturgeschichtliche und kulturgeschichtliche Bedeutung	GK50, Raseneisenstein aus Bodenschätzung (Hydro50)
Gz	Salzgley	besondere Standorteigenschaften: salzhaltig, nass	Vegetationskartierung
S	Pseudogley	besondere Standorteigenschaften: wechselfeucht, Seltenheit	Bodenschätzung (Hydro50)

## Infofeld Gley und Pseudogley

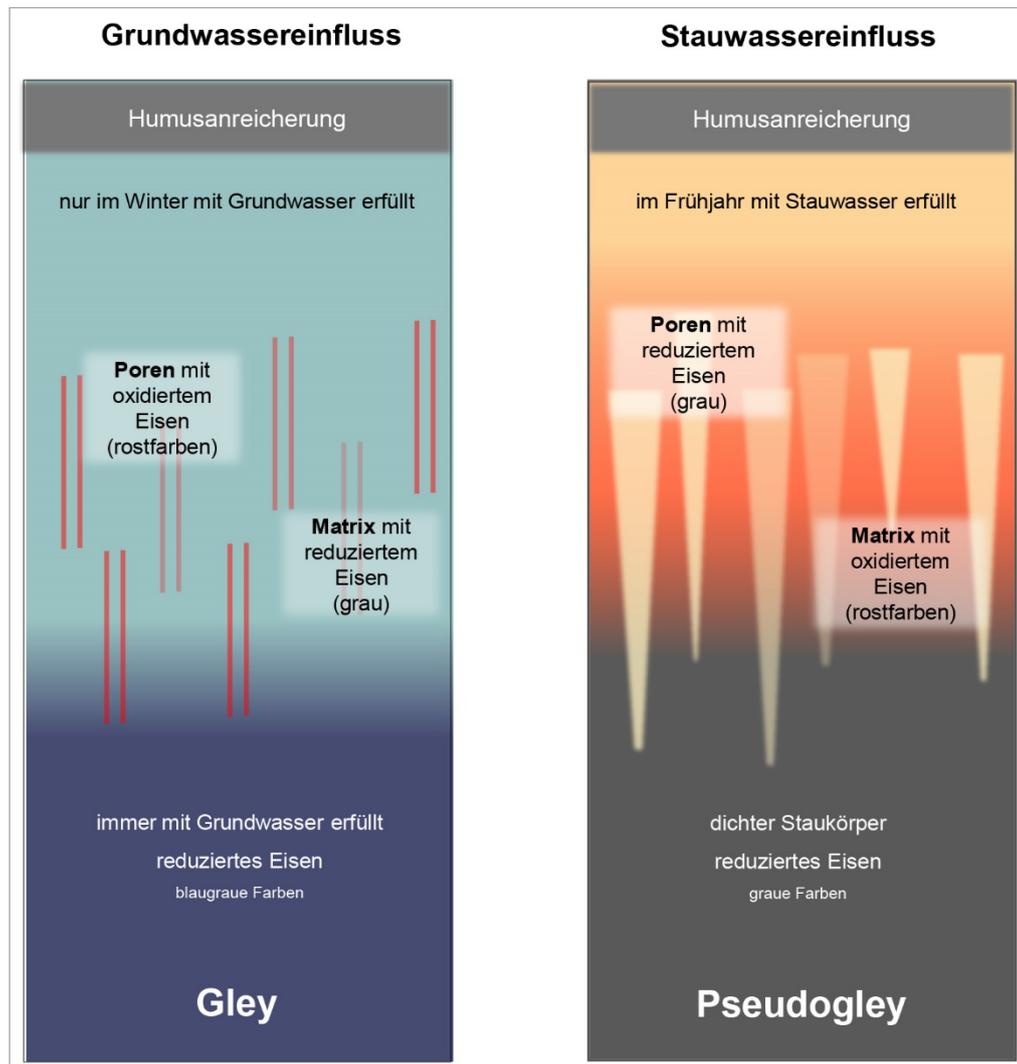


Abb. 1.47: Grundbedingungen für die Prägung hydromorpher Böden.

**Grundwasser:** Im Boden ist freies, ungespanntes Grundwasser vorhanden. Im ganzjährig wassererfüllten Gr-Horizont herrschen reduzierende Bedingungen, worin die überwiegend grauen Bodenfarben begründet sind. Im Grundwasserschwankungsbereich sind die Feinporen und bedingt auch die Mittelporen länger andauernd wasserfüllt. Mobiles, reduziertes Eisen und Mangan wird mit dem Wasser zu den belüfteten Mittel- bis Grobporen transportiert. Am Rand der Poren finden sich zunächst schwarze, von Manganoxiden dominierte Ausfällungen, im Aggregatinneren finden sich eher rostfarbene Eisenausfällungen (Abb. 1.47 links). Im Detail lassen sich die dendritischen Verzahnungen erkennen.

Neben dem Grundwassereinfluss sind insbesondere im Küstenholozän zusätzliche Angaben zum Salzgehalt und zur Kennzeichnung der Schwefeldynamik notwendig.

**Stauwasser:** Die Profildifferenzierung von Stauwasserböden ist durch einen temporären Wasserüberschuss und damit verbundene Redoxprozesse begründet. Dabei werden Eisen- und Manganoxide unter reduzierenden Bedingungen mobil und von den wasserführenden Poren in die noch lufteerfüllten Poren der Aggregate verlagert. Dadurch finden sich bei Stauwassereinfluss gebleichte Leitbahnen und stark rostfarbene Bereiche im Aggregatinneren (Abb. 1.47 rechts). Insbesondere bei sandigen Substraten kann sich ein Stauwassereinfluss im Untergrund positiv auf die Wasserversorgung auswirken.

Zwischen Böden mit Grund- und Stauwasser finden sich auch Übergänge oder Erscheinungen zeitlicher Abfolgen. So finden sich in den Sedimenten insbesondere in den tonigen Ablagerungen der Auen und der Marsch zunächst Merkmale des Grundwassereinflusses. Nach Entwässerung setzen und verdichten sich die Sedimente, und es kommt zu Stauwasserbildung. Da die Merkmale der Oxidation noch gut erhalten sind, wird eine Abgrenzung hier deutlich erschwert. Über Barrieregesteinen findet sich in nassen Jahren eine Grundwasserdynamik, in längeren Trockenphasen fungiert das Barrieregestein als Staukörper und der Stauwassereinfluss dominiert.

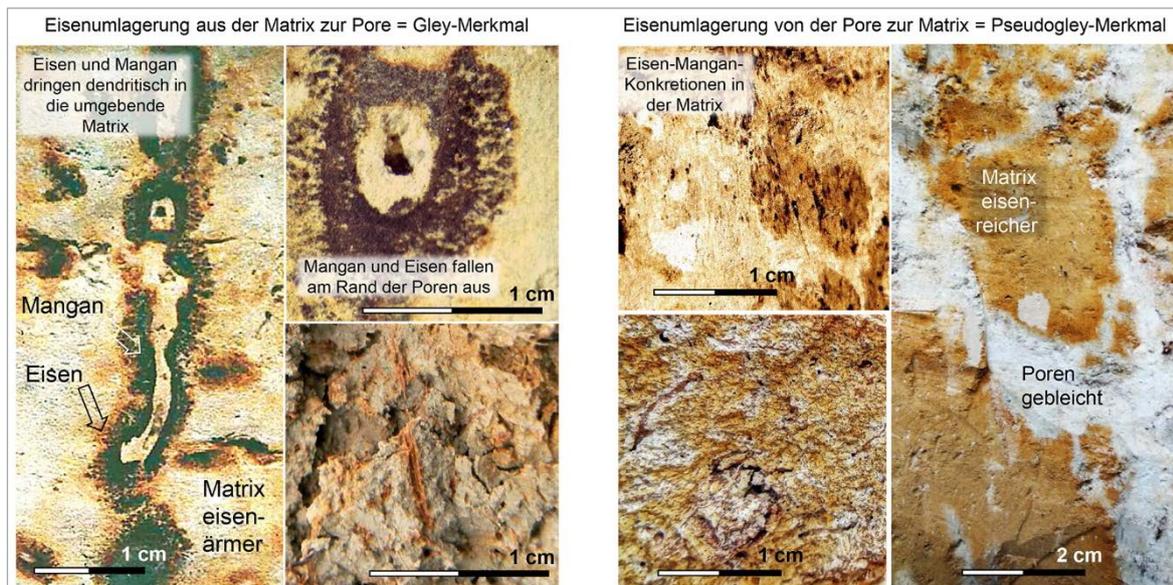


Abb. 1.48: Hydromorphe Merkmale von Gleyen und Pseudogleyen:

links: Verteilung der Reduktions- und Oxidationsmerkmale im Go-Horizont eines Gleys, rechts: Verteilung der Reduktions- und Oxidationsmerkmale im Sw-Horizont eines Pseudogleys.

## Auenböden

Auenböden entstehen aus holozänen Flussablagerungen. Durch periodische Überflutungen der Talauen erfolgt ein regelmäßiger Eintrag humoser Sedimente. Auenböden haben durch die Lage häufig Grundwassereinfluss und werden zu den semiterrestrischen Böden gestellt. Der Grundwassergang in den Auenböden ist mit dem Wasserstand der Flüsse gekoppelt und unterliegt entsprechend starken Schwankungen. So kann in großen Einzugsgebieten die Grundwasseramplitude mit mehr als 1,6 m außergewöhnlich groß sein. Mit der Eindeichung im Unterlauf der Vorfluter wird der Einfluss der Auedynamik und des Grundwassers geringer.

In der BK50 wird in den Flussauen der Bodentyp Vega (braune Auenböden) mit deren Übergängen zu Gleyen dargestellt. (Abb. 1.49, Abb.

1.50). Die diagnostischen M-Horizonte aus Auensedimenten entsprechen nach Auffassung des LBEG den Bv-Horizonten im terrestrischen Milieu. Im Regelfall sind die M-Horizonte durch eine hohe biologische Aktivität entschichtet und weisen einen geringen geogenen Kohlenstoffgehalt auf. Die Braunfärbung der Eisenfreisetzung wird von der Humusfärbung modifiziert. Die Ausweisung der Auenböden erfolgt konsequent anhand der geologischen Ausgangsgesteine und der Bodenart entsprechend nach Auen sand und Auenlehm. Bei der Erstellung der BK50 wurde die Abgrenzung der Kolluvien von den Auensedimenten systematisch geprüft (vgl. Kap. 1.3.9). Besonderheiten sind z. B. Böden an der Elbe mit gespanntem (artesischem) Grundwasser (Arteser, siehe NIBIS®-Kartenserver des LBEG: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?TH=1355>), die in der BK50 nicht dargestellt

werden. Hervorzuheben sind ebenfalls die schwarzen Bodenbildungen (Tschernitza) in den Auen im Leinegraben (WILDHAGEN & MEYER 1972a, b).

Die Auen der Harzflüsse, wie z. B. Oker, Innerste, Söse oder Rhume, weisen deutlich erhöhte Schwermetallgehalte auf (Bodenbelastung, siehe NIBIS®-Kartenserver: <https://nibis.lbeg.de/cardomap3/?permalink=1EuyChGH>) und sind aufgrund ihrer reduzierten biologischen Aktivität nicht entschichtet (vgl. FLEIGE et al. 1999).

Nach der deutschen Bodensystematik werden analog zu den terrestrischen Böden schwach entwickelte Auenböden (Rambla, Paternia, Kalkpaternia), brauner Auenboden (Vega) und schwarzer Auenboden (Tschernitza) unterschieden. Diese weitergehende Differenzierung der Auenböden kann in Niedersachsen örtlich erkannt werden. So finden sich initiale junge Auenböden in tiefliegenden Überflutungsgebieten (HQ10-Gebiete mit hoher Hochwassergefährdung). Aufgrund der hohen biologischen Aktivität entwickeln sie sich allerdings schnell weiter. Schwach entwickelte (Rambla, Paternia, Kalkpaternia) und schwarze Auenböden werden insbesondere aufgrund ihrer geringen Arealgröße in der BK50 nicht ausgewiesen.

Eine besondere Problematik stellen die Übergänge von den Auenböden zu den Grundwasser- (Gleye) und Stauwasserböden (Pseudogleye) in den Talauen dar. Die Abgrenzung der Übergänge von den grundwasserbeeinflussten Gleyen erfolgte auf Grundlage der Merkmalsauswertung der Bodenschätzung. Hier ist zu beachten, dass das Bohrraster von 50 x 50 m nicht ausreicht, um z. B. die Variabilität der Altarme hinreichend zu erfassen. Die heute vorliegenden Höhenmodelle geben diese Muster zwar wieder, sind aber im Maßstab 1 : 50.000 nicht darstellbar. Die Flussauen wurden für eine bessere landwirtschaftliche Nutzung häufig eingeebnet (z. B. Wietze nördlich Hannover oder Leine bei Göttingen-Weende) und sind im Bodenprofil kaum zu erkennen. Über das Ausmaß dieser Meliorationsmaßnahmen liegen keine hinreichenden Kenntnisse vor, und sie werden folglich nicht ausgewiesen.

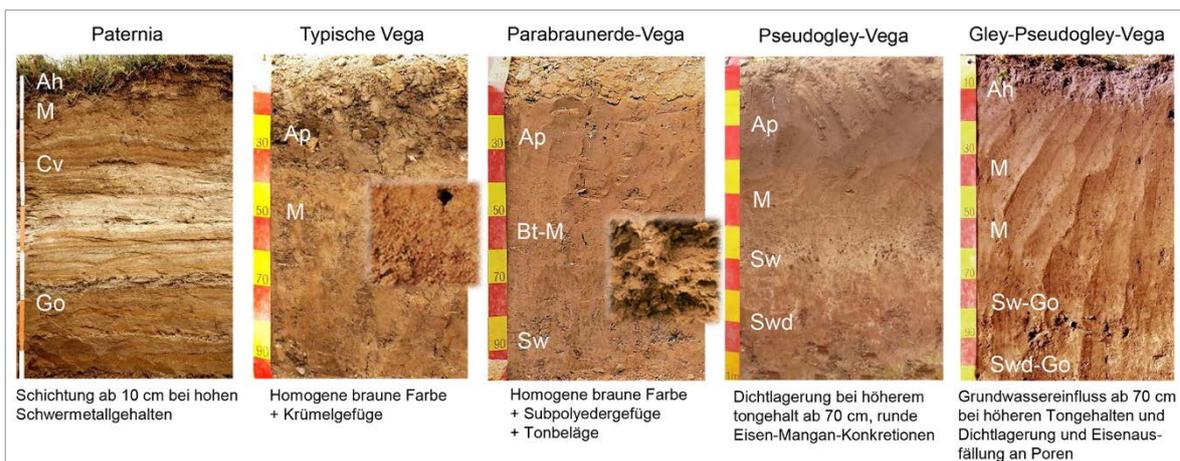


Abb. 1.49: Profilbilder verschieden geprägter Auenböden mit Horizontbezeichnungen.

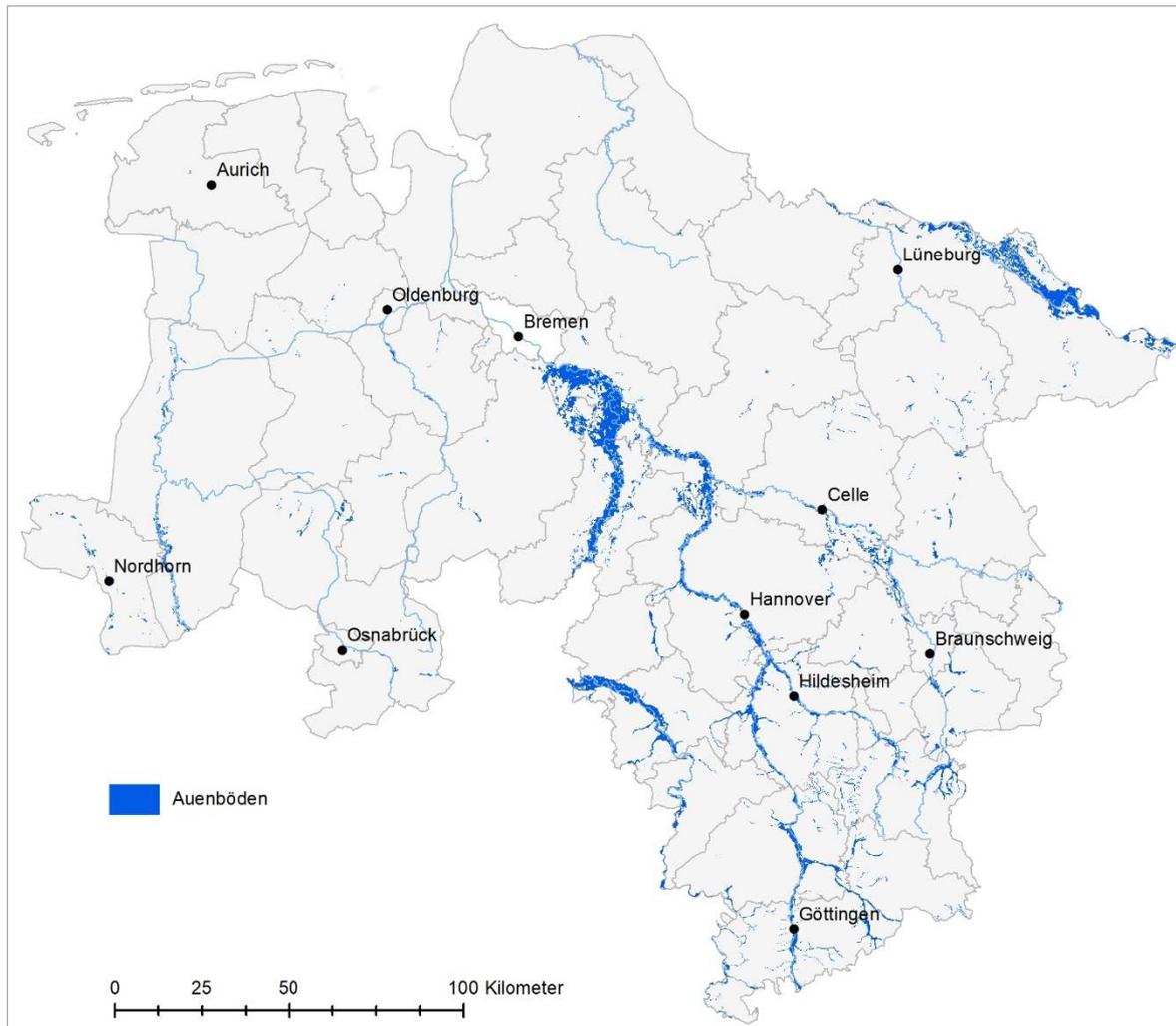


Abb. 1.50: Verbreitung der Auenböden.

Pseudogley in Auenlage sind an tonreichere, ältere Auenablagerungen gebunden. Wie schon in Kapitel 1.3.9 erläutert, finden sich die tonigen Ablagerungen entweder in tieferen Schichten oder in den Randbereichen der Aue. Im Unterlauf größerer Flüsse (z. B. Weser) nehmen diese Ablagerungen weite Bereiche ein. Da durch Eindeichungen und Flusslaufregulierungen der Grundwassereinfluss hier verringert wurde, kommt es nach Setzung der Sedimente nicht selten zu verzögerter Wasserbewegung und Stauässe.

Eine sichere Unterscheidung von Gleyen und Pseudogleyen und deren Übergängen ist in Einzelfällen schwierig. In der BK50 wird deshalb neben dem Gley auch der Pseudogley in der Bodengesellschaft der Auenböden angegeben.

Aus Sicht des Bodenschutzes haben Auenböden Bedeutung, da sie sich in der Mehrzahl durch eine hohe Bodenfruchtbarkeit auszeichnen. Insbesondere kleinräumige Strukturen wie die Rinnen der Altarme stellen Archive dar, aus denen die Landschafts- und Kulturgeschichte rekonstruiert werden kann.

## Gleye

Gleye sind typische Böden der Täler und Niederungen sowie der Auen. Gleye sind ganzjährig von freiem Grundwasser erfüllt. Im Regelfall führt dies zu reduzierenden Bedingungen in den anhaltend wassergesättigten Horizonten (Gr-Horizont, Ausnahme: Oxigleye mit sauerstoffreichem Grundwasser). Es ist z. B. zwischen den Gleyen im Einflussbereich des Hauptgrundwasserleiters über dichten Gesteinen (hängendes Grundwasser) und den Gleyen im Überflutungsbereich von Talauen (LIEBSCHER et al. 1996, DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG 1994) mit jeweils charakteristischen Grundwasserganglinien bzw. Grundwasseramplituden (GEHRT et al. 2009) zu unterscheiden. In niederschlagsreichen Gebieten (z. B. im Bergland oder Mittelgebirge) können Gleye auch in Hanglagen oder bei Quellwasseraustritten auftreten. Liegen darüber hinaus bei Gleyen Bedingungen vor, die Übergänge zur Stauwasserböden oder zu sekundären Pseudogleyen nahelegen, werden diese in der Bodengesellschaft (Gley, vergesellschaftet mit Pseudogley) oder durch Bildung von Übergangsbodentypen (Pseudogley-Gley) berücksichtigt. Der inverse Fall (Gley-Pseudogley) kommt in der BK50 nicht zur Anwendung.

Das typische Erscheinungsbild grundwasserbeeinflusster Böden zeigt Eisen- oder Manganausfällungen an den sauerstoffführenden Makroporen im Grundwasserschwankungshorizont (Go-Horizont, Abb. 1.48). Die Obergrenze dieser hydromorphen Merkmale markiert den mittleren Grundwasserhochstand. Häufig ist das Grundwasser unter landwirtschaftlicher Nutzung durch Unterflurdrainage oder Grabenentwässerung abgesenkt (GEHRT, BUG & WALDECK 2019). Nach einer Grundwasserabsenkung bleiben die Merkmale der Eisen- oder Manganausfällungen im Boden erhalten. Es ist also zwischen rezenten (Go) und reliktschen (rGo) Horizonten zu unterscheiden (ECKL & RAISSI 2009, RAISSI & MÜLLER 2009, MEYER & HAUSSCHILD 2016). In der BK50 sind diese reliktschen und rezenten Wasserstände nutzungsspezifisch und modellhaft wiedergegeben. Abbildung 1.51 zeigt Beispiele von Gleyen im Profil und Abbildung 1.52 bildet die Verbreitung von Gleyen und ihren Subtypen in der BK50 von Niedersachsen ab.

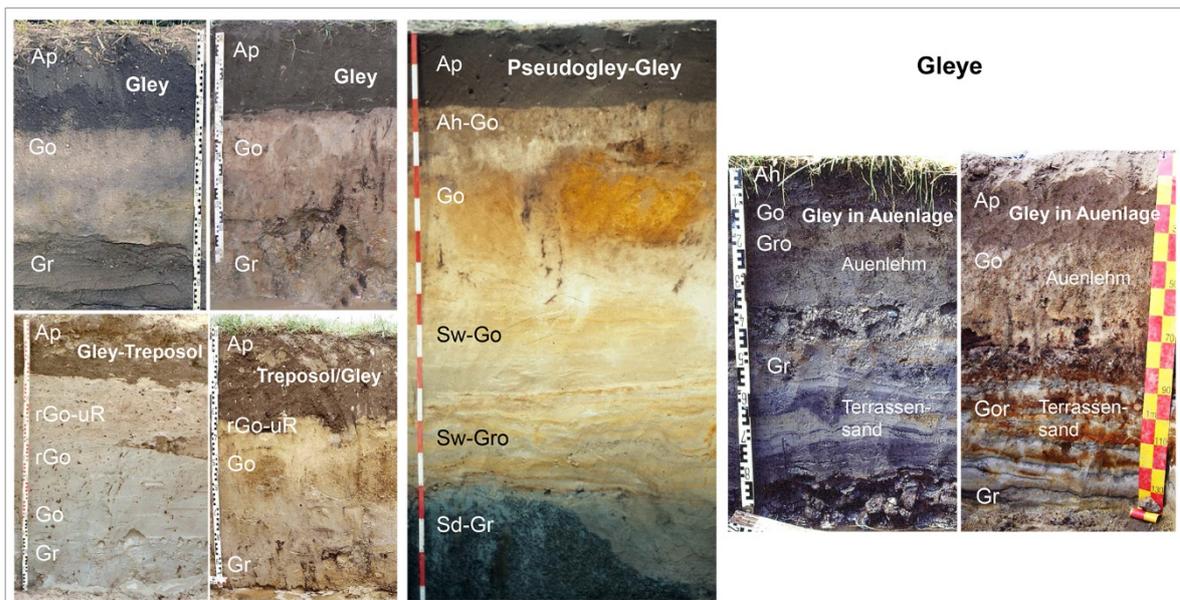


Abb. 1.51: Ausgewählte Profilbilder von Gleyen mit Horizontbezeichnungen.

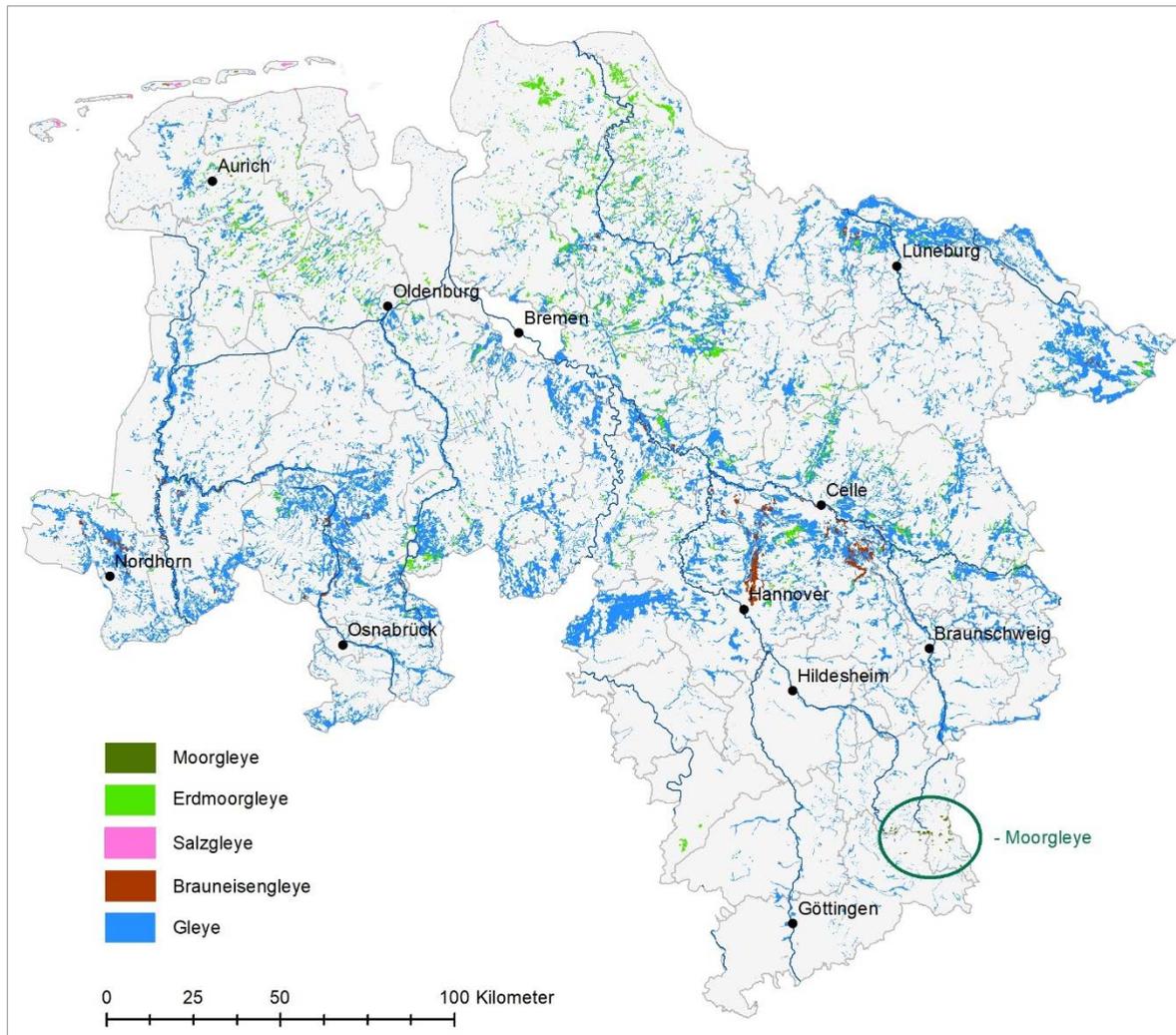


Abb. 1.52: Verbreitung der Gleye.

Böden mit Grundwassereinfluss sind aus verschiedenen Gründen bodenschutzrelevant: Nasse Gleye mit hohen Grundwasserständen (Bodenkundliche Feuchtestufe >9, Salzgleye sowie Gleye in quelligen Lagen und/oder mit Kalkausfällungen bzw. Sinter) haben besondere Standorteigenschaften und sind selten (BUG et al. 2019).

Gleye sind auch aus kulturgeschichtlicher Sicht besonders zu betrachten, denn Wasser war immer ein wesentlicher Faktor in der Siedlungsgeschichte. Im Zuge der Landeskultur wurde das Grundwasser auf nassen Standorten direkt oder mittelbar durch Regulierungsmaßnahmen beeinflusst. Dieser Einfluss wird in der BK50 mit Hilfe der Nutzungsdifferenzierung modellhaft erfasst (vgl. Kap. 3.3.4.2). Vielfach werden die Wasserstände der Gleye aber auch durch Flussbegradigungen oder Mühlenbäche indirekt beeinflusst. Eine Erfassung dieser kulturgeschichtlichen Einflüsse war jedoch nicht Gegenstand der BK50.

## Brauneisengley

Der Brauneisengley entsteht unter dem Einfluss von Grundwasser mit hohem Gehalt an gelöstem zweiwertigem Eisen, das unter dem Einfluss der Bodenluft oxidiert (Oxidationshorizont (Go) von Gleyen, Abb. 1.53). Zunächst bildet sich eine Anreicherungszone aus weichem Eisenocker mit örtlichen Verhärtungen und Konkretionen (SCHLÜTTER 1999, KACZOREK & SOMMER 2003, KACZOREK et al. 2004). Bei länger anhaltender Anreicherung verhärtet diese Anreicherungszone zu Raseneisenstein mit einigen Dezimetern Mächtigkeit (LÜDERS 1965, BEYME 1973, GRAUPNER 1982, GEHRT 2014). Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Eisenanreicherung durch laterale Verlagerung im Grundwasserstrom erfolgt. Unterschieden werden weiche (Gso), konkretionäre (Gkso) und bankige, verfestigte Raseneisenstein-Horizonte (Gmso). Daneben kommen auch mehrere übereinander gelagerte Raseneisenstein-Horizonte, die Veränderungen in den Wasserständen anzeigen, vor.

Der Entstehungszeitraum von Raseneisenstein erstreckt sich, je nach Vorkommen, in der Regel über Hunderte bis Tausende von Jahren. Die Raseneisensteinvorkommen in Norddeutschland entstanden überwiegend während des frühen Holozäns (10.000–5.000 Jahre vor heute;

LÜDERS 1965, GRAUPNER 1982). Raseneisenstein-Bildung ist auch aus den wärmeren Interstadialen (z. B. vor 30.000 Jahren) oder Inter-glazialen (vor 120.000 bis 100.000 Jahren) bekannt (HOLTHUSEN et al. 2015). Vergleichbar alte Bildungen sind in der BK50 nicht erfasst.

In der BK50 werden Brauneisengleye in Arealen ausgewiesen, in denen nach Informationen aus der Bodenschätzung bzw. aus geologischen Karten Raseneisenstein auftritt. In Niedersachsen betrifft dies eine Fläche von etwa 6.600 ha. Von diesen Flächen sind mindestens 15 % durch Tiefkulturmaßnahmen melioriert (z. B. Allertalniederung bei Uetze). Über 95 % der Vorkommen finden sich in den spätweichselzeitlichen Talsandniederungen und Niederterrassen und den damit vergesellschafteten Auensanden. Nur ca. 100 ha sind in der grundwasserfernen Geest verbreitet. Brauneisengleye sind häufig eng mit 10–20 cm mächtigen Auenlehmedecken assoziiert. Diese weisen gegenüber den Talsanden deutlich höhere Eisengehalte auf. In der Wietzeniederung, im Allertal und an der Ems treten diese Auenlehmedecken häufig als eisenverarmte, gebleichte Go-Horizonte in Erscheinung und sind wahrscheinlich eine Quelle für die Eisenanreicherungen.

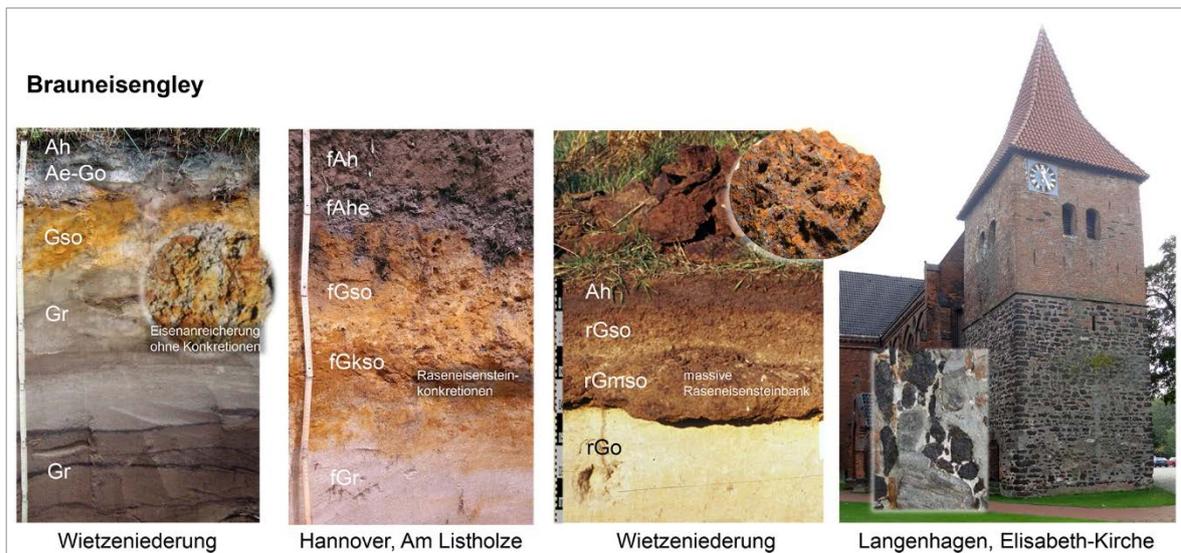


Abb. 1.53: Brauneisengleye mit Raseneisenstein in der Wietzeniederung nördlich von Hannover.

## Moorgleye und Erdmoorgleye

Moorgleye und Erdmoorgleye sind mit einer Torfdecke von 10 bis 30 cm Mächtigkeit überlagerte Gleye. Moorgleye finden sich vorwiegend in peripheren Gebieten des Berglandes und Mittelgebirges. Die Erdmoorgleye sind im niedersächsischen Flachland verbreitet. Diese sind häufig Degradationsformen von mächtigeren Mooren, bei denen eine ursprüngliche Torfdecke durch Setzung, Schrumpfung und Mineralisation auf die o. g. Restmächtigkeit reduziert ist. Die Torfart ist nicht immer eindeutig zu identifizieren. Entsprechend der niedersächsischen Norm werden Moorgleye in der BK50 als Gleye mit Erdniedermoorauflage bzw. mit geringmächtiger Erdniedermoorauflage bezeichnet.

## Salzgleye

Salzgleye werden in der BK50 im Binnenland im Bereich von salzhaltigen Quellen als Varietät der Gleye ausgewiesen. Diese seltenen Standorte sind durch eine entsprechend angepasste Vegetation erkennbar und i. d. R. als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Im Wirkungsgefüge wird der Salzgleye mit dem Bodentypenkürzel „Gz“ gekennzeichnet.

## Anmoorgleye

Anmoorgleye sind durch eine anhaltende  $C_{org}$ -Anreicherung (8–15 %) definiert. Da die Grundwasserganglinien mit denen der Moore vergleichbar sind, müssen Anmoorgleye eine Zufuhr von mineralischer Substanz erfahren haben (z. B. fluvial oder äolisch) oder sich ohne diese Zufuhr zu Niedermooren entwickeln. Vergleichbare Standorte sind in Niedersachsen nicht oder nur kleinräumig bekannt. Zum Teil weisen Kulturformen von flachen reliktschen Mooren (flache Umbrüche) die für Anmoorgleye geforderten Eigenschaften auf (MANOLIS et al. 2014). Diese Böden stellen hinsichtlich ihrer  $C_{org}$ -Gehalte instabile Abbaustadien dar und sind keine Anmoorgleye. In der BK50 werden sie zu den Gleyen gestellt und in den Anmerkungen durch den Hinweis auf Torfreste im Oberboden gekennzeichnet.

Auengley, Kalkgley und Quellgley werden durch das Substrat (Gley aus Auenlehm oder Auen sand) oder über den Kalkgehalt (Gley aus Quellkalk bzw. Travertin) erfasst, aber nicht bodentypologisch benannt. Hanggleye werden in der BK50 durch das Relief (Hangneigung) bzw.

durch eine zusätzliche Bemerkung (in Hanglage) gekennzeichnet. Die räumliche Erfassung von Gleyen in Hanglagen beruht überwiegend auf der Forstlichen Standortkartierung. Nassgleye werden durch die Angabe zur Vernässung charakterisiert. Weitere Varianten wie Oxigley, Bleichgley, Wechselgley und Humusgley können ggf. in Niedersachsen vorkommen, allerdings ist deren Verbreitung nicht bekannt.

## Pseudogleye

Pseudogleye weisen einen Stauwasserhorizont (Sw) über einem dichtlagernden Staukörper (Sd-Horizont) auf und sind durch einen Wechsel von Staunässe- und Austrocknungsphasen gekennzeichnet. Abbildung 1.53 zeigt die Verbreitung der Pseudogleye sowie der Knickmarschen (Pseudogleye der Marsch) und ihrer Subtypen in der BK50 von Niedersachsen. Abbildung 1.54 veranschaulicht Pseudogleye anhand von Profild Bildern und Horizontbezeichnungen.

Die Standortfaktoren zur Bildung von Stauwasserböden sind nicht eindeutig fassbar. In manchen Gebieten sind sie durch das Ausgangsgestein oder das Relief, durch die Niederschlagsmenge und -verteilung oder das Klima und durch die Lage zum Grundwasser bzw. in Kombination dieser Faktoren eingrenzbar. Damit wird die Verbreitung der Stauwasserböden in der BK50 hinreichend beschrieben. Eine regionalisierte Benennung der Ursachen der Entstehung und Verbreitung ist aber im Einzelfall nicht bekannt. Im Frühjahr erwärmen Pseudogleye sich verzögert und sind ohne Drainage schlecht durchlüftet. Im Sommer können Pseudogleye stärker austrocknen. Insbesondere stark wechselfeuchte Pseudogleye haben dadurch extreme Standorteigenschaften. Im Frühjahr sind sie bei hoher Wassersättigung stark bis mäßig empfindlich gegenüber Bodenverdichtungen durch Befahren mit schwerem Gerät und stellen besondere Anforderungen an die Melioration (MÜLLER, RENGER & VOIGT 1971). Deshalb sind Pseudogleye mit stärkerer Vernässung für den Bodenschutz von besonderer Bedeutung. Mit größerer Flächendeckung treten Pseudogleye nur in einigen Gebieten (Bördenvorland) auf. In einigen Bodenregionen sind Pseudogleye als seltene Böden (Tab. 1.15) ausgewiesen (BUG et al. 2019).

Die Übergänge von Gleyen zu Pseudogleyen auf tonigen Substraten in den Auen und Marschen in Folge der Entwässerung und Setzung wird in der BK50 nur durch die Kennzeichnung in der Bodengesellschaft oder z. T. als Übergangsbodentyp (Pseudogley-Gley) gekennzeichnet. Für eine konkrete Zuweisung der Areale wären weitere Untersuchungen notwendig.

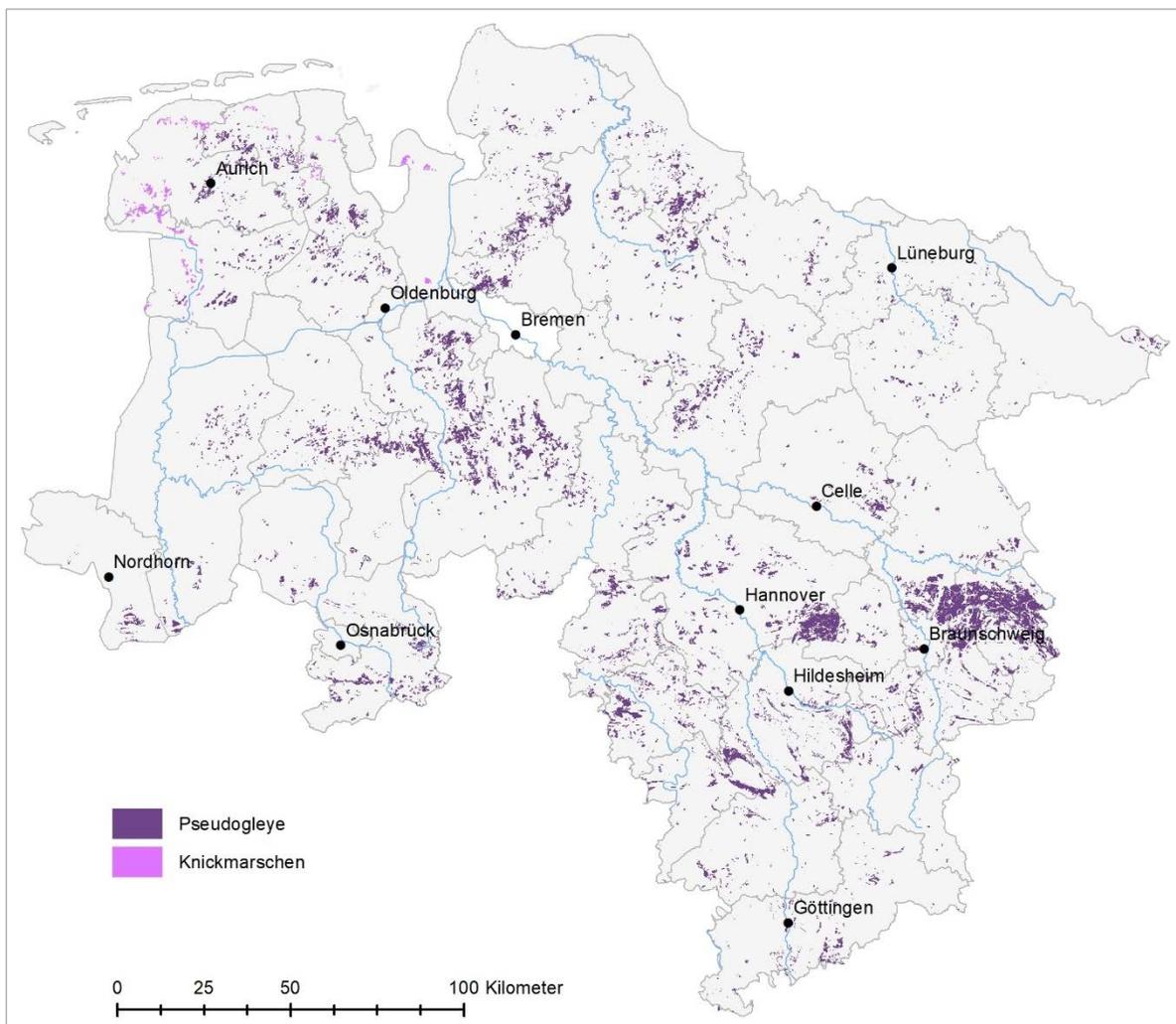


Abb. 1.53: Verbreitung von Pseudogleyen und Knickmarschen.

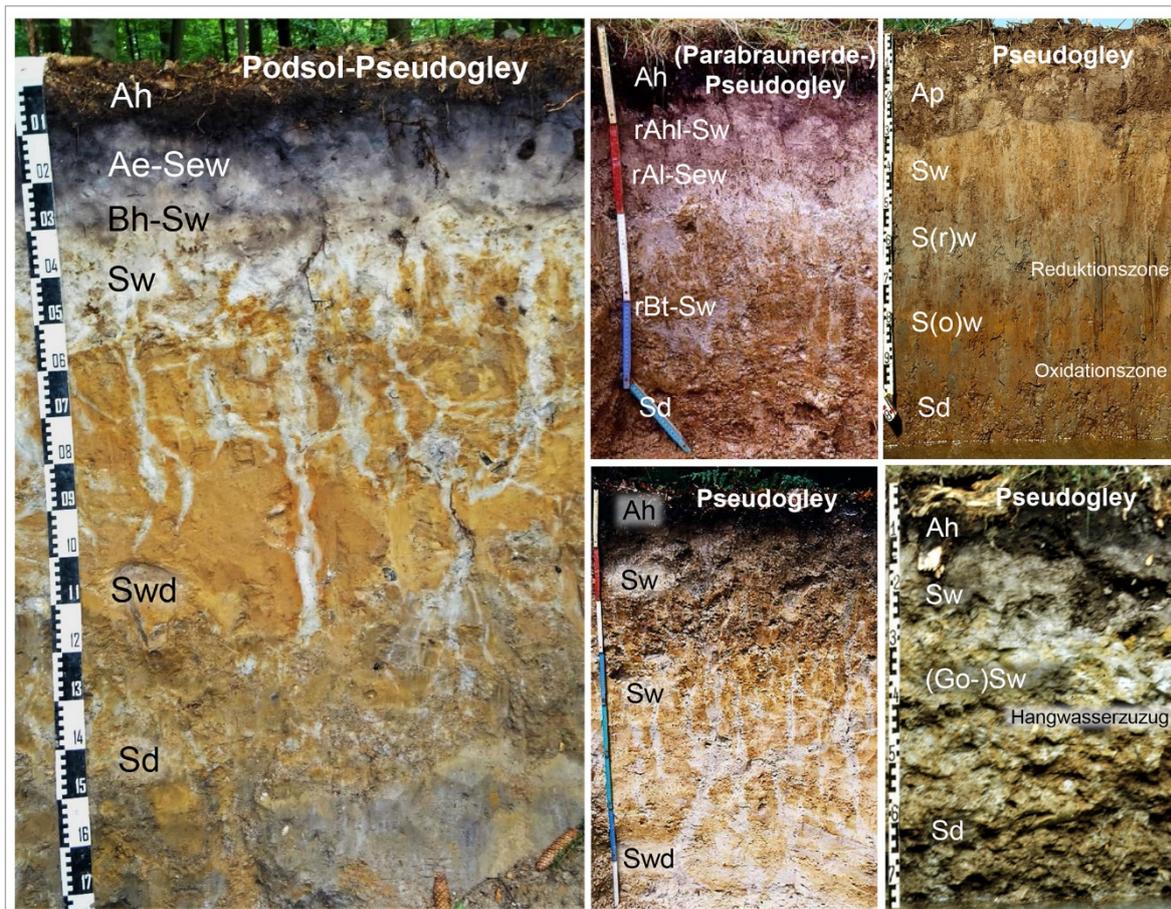


Abb. 1.54: Profilbilder der Pseudogleye mit Horizontbezeichnungen.

Tab. 1.15: Verbreitung der Pseudogleye und Knickmarschen in den Bodenregionen Niedersachsens mit Angabe zum Ausgangsgestein und zur Landbedeckung.

Bodenregion	Größe [ha]	Anteil an Bodenregion [%]	Acker	Grünland	Forst
			Anteil von Gesamt [%]		
Küstenholozän Knickmarsch	8.000	2	11	89	0
Flusslandschaften	1.000	0,4	47	48	5
Geest aus Geschiebelehm	120.000	7	41	37	23
Geest aus Sandlöss	22.000	1,2			
Bergvorland	43.000	47	50	21	29
Bergland	25.000	5,4	39	16	45
Harz	470	0,6	0	0	100

#### 1.4.2.4. Böden der Hoch- und Niedermoore

Moore sind vollhydromorphe Böden aus Torfen mit mehr als 30 cm Mächtigkeit. Sie entstehen bei starker Vernässung durch ganzjährig oberflächennah anstehendes, freies Wasser. Infolge des Sauerstoffabschlusses kann die anfallende abgestorbene Pflanzenmasse nicht abgebaut werden, sondern bildet sich als Torfkörper aus. Niedermoore stehen unter dem Einfluss von Grundwasser, durch das auch Nährstoffe zugeführt werden. Hochmoore hingegen werden, eine überwiegend positive klimatische Wasserbilanz vorausgesetzt, vom Regenwasser gespeist und sind entsprechend nährstoffarme Standorte (OVERBECK 1975, GÖTTLICH 1990, ROESCHMANN et al. 1993, SUCCOW & JOOSTEN 2001).

Moore finden aus Sicht des Bodenschutzes besondere Beachtung. Große Bedeutung haben insbesondere die natürlichen und die wiedervernässten Moore hinsichtlich der Lebensraumfunktion. Diese nassen Standorte sind aufgrund der langen Nutzungsgeschichte von Moorstandorten eher selten. Im Bergvorland, Bergland und im Mittelgebirge sind Moore aus regionaler Sicht als selten einzustufen. Moore sind aufgrund der guten Erhaltung von Pollen ein Archiv für die Landschafts- und Kulturgeschichte.

Tabelle 1.16 gibt einen Überblick über die Moorbodentypen der BK50. Abbildung 1.56 und 1.57 veranschaulichen beispielhaft Profile von Nieder- und Hochmooren. Abbildung 1.58 zeigt die Verbreitung der Moore auf Grundlage der BK50.

Tab. 1.16: Übersicht über die in der BK50 verwendeten Bodentypen der Moore.

Moore				
Kürzel	Bodentyp	Bodenschutzrelevanz	Abgrenzung, Konzeptkarte	Anmerkungen
HH, HHv	Hochmoor, Erdhochmoor	Lebensraumfunktion, Seltenheit, besondere Standorteigenschaften	GK50, Bodenschätzung, Moormächtigkeitskarte, Biotopkartierung	
HN, HNv	Niedermoor, Erdniedermoor			
HNz	Salzniedermoor			Salz-Niedermoore im Binnenland
HHz	Salzhochmoor			Sehestedter Außendeichsmeer

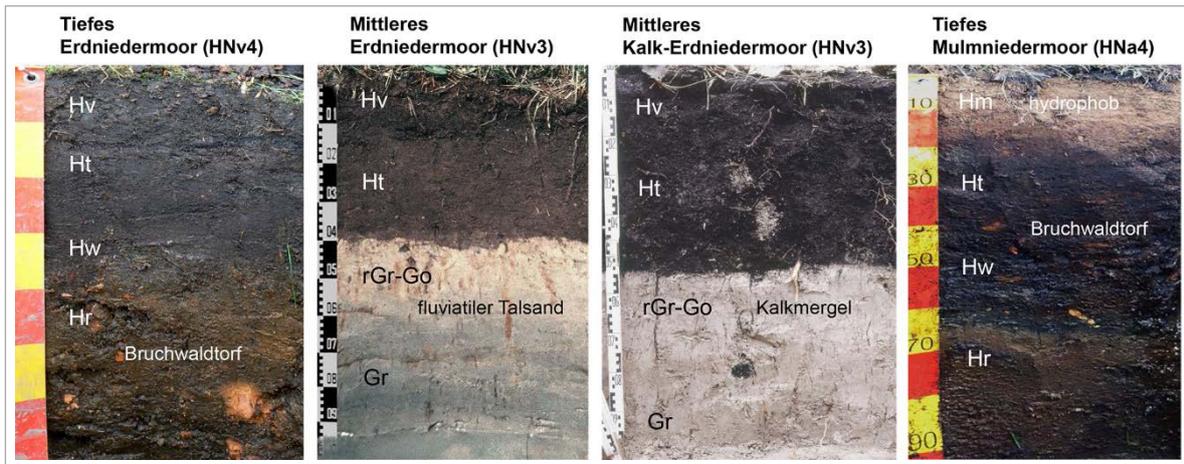


Abb. 1.56: Ausgewählte Profilbilder von Niedermooren mit Horizontbezeichnungen.

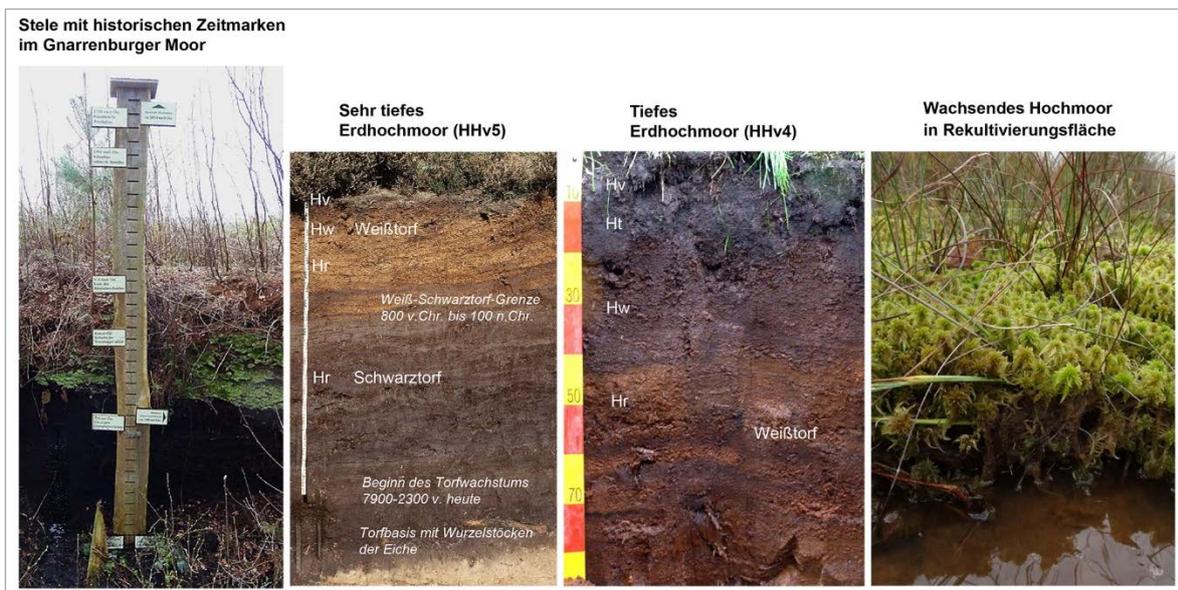


Abb. 1.57: Profilbilder von Hochmooren mit Horizontbezeichnungen.

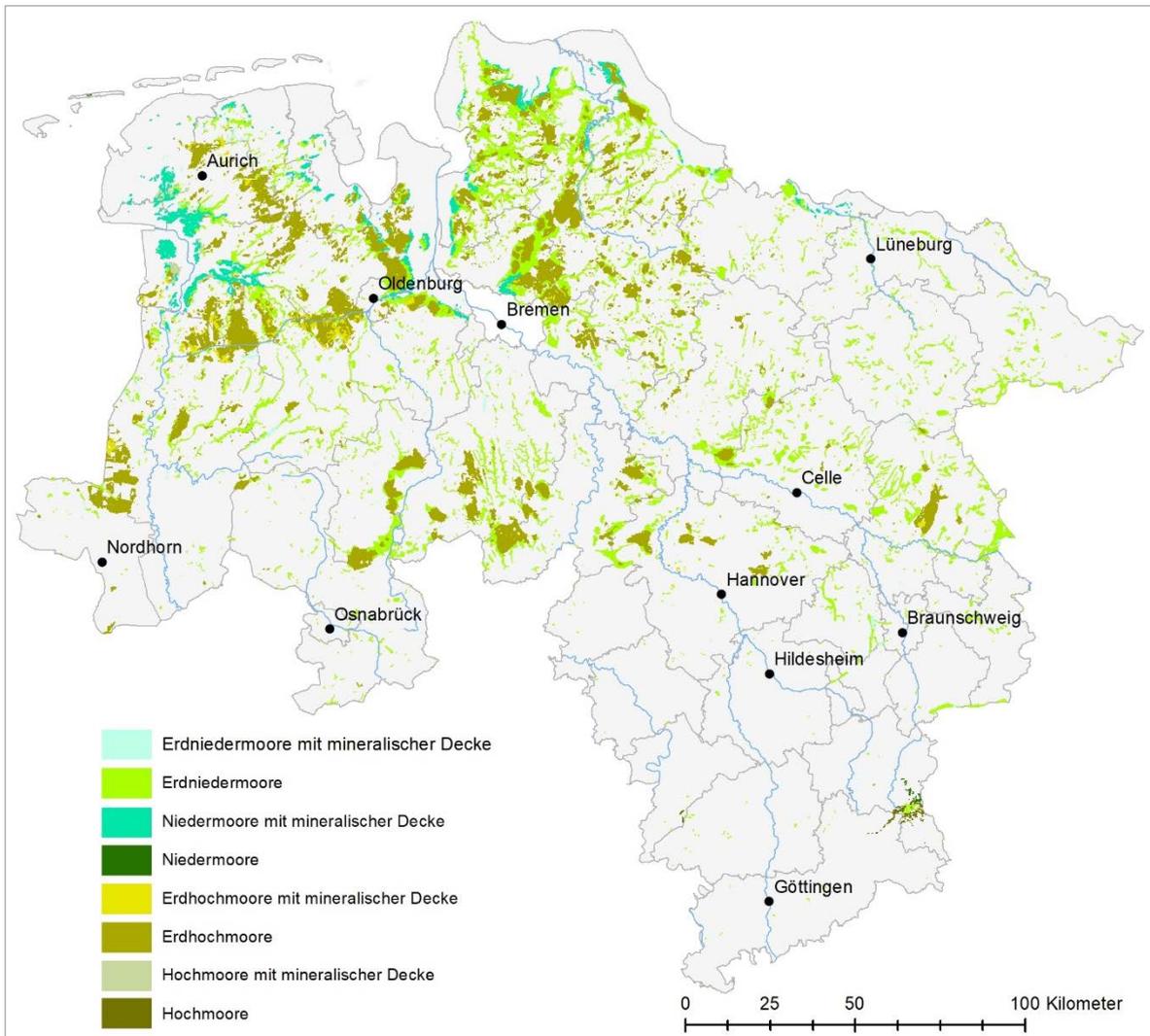


Abb. 1.58: Verbreitung der Moorböden auf Grundlage der BK50.

## Infeld Bodenentwicklung in Moorböden

In Anlehnung an die einschlägige Literatur (SCHMIDT et al. 1981, TGL24300/04 1985, SUCCOW & JOOSTEN 2001) werden in der 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung die Bodentypen der natürlichen Hoch- und Niedermoores (Horizontfolge: Hw/Hr), der Erdmoore (Horizontfolge: Hv/(Ht)/Hw/Hr) und der Muldmoores (Horizontfolge: Hm/Ha/Ht/Hw/Hr) unterschieden (vgl. Abb. 1.59 und Abb. 1.60). Natürliche Moore weisen ganzjährig hohe Wasserstände auf, wodurch absterbende Pflanzenmasse nicht abgebaut werden kann und fortlaufend neuer Torf gebildet wird. Nach kulturbedingter Entwässerung kommt es zur Torfzersetzung, Sackung, Torfschrumpfung und -oxidation (SCHMIDT et al. 1981, ZEITZ 2014). Diese Prozesse führen in der Summe zu einem Mächtigkeitsverlust des Torfkörpers und zur Ausprägung charakteristischer Horizontmerkmale bezüglich z. B. der Gefügeausprägung, des Zersetzungsgrades, des Substanzvolumens oder der Farbe. Die Vermulmung wird durch die starke Gefügeveränderung im Ober- und Unterboden und eine ausgeprägte Hydrophobie kenntlich. Die pedologischen Veränderungen und die Entwicklungstiefe sind auf den Weißtorfen geringer als auf den Niedermoor- und Schwarztorfen. Bei Hochmoortorfen (insbesondere Cuspidatum-Weißtorf) ist zu beobachten, dass diese ohne weitergehende Zersetzung nach Entwässerung zu Dichtlagerung und Staunässe neigen.

Neben den vorgenannten Veränderungen nach Entwässerung ist zu beachten, dass die Hochmoore insbesondere ab dem 17. Jh. durch zahlreiche anthropogene Einflüsse verändert wurden (ZEITZ 2014, BLANKENBURG 2015). Die Moorbrandkultur (GÜNTHER 2012) führte zu einem erkennbaren Verlust des Weißtorfes und ist an einem charakteristischen schwarzen Horizont erkennbar. Große Anteile der Hochmoore verschwanden durch bäuerliche Torfstiche, frühindustrielle Abtorfungen und schließlich durch die Abtorfungen des 20. Jh.s mit anschließenden Kulturmaßnahmen wie der Sandmischkultur (vgl. Kap. 1.4.2.9). Die Brenntorfgewinnung (Schwarztorf) und anschließende Kultivierung für die Landwirtschaft (z. B. Fehn- und Spittkulturen) sowie die Findorff-Kulturen (GÖTTLICH 1990, FLEISCHMANN & VOIGT 1963) hatten regional begrenzt einen deutlichen Einfluss.

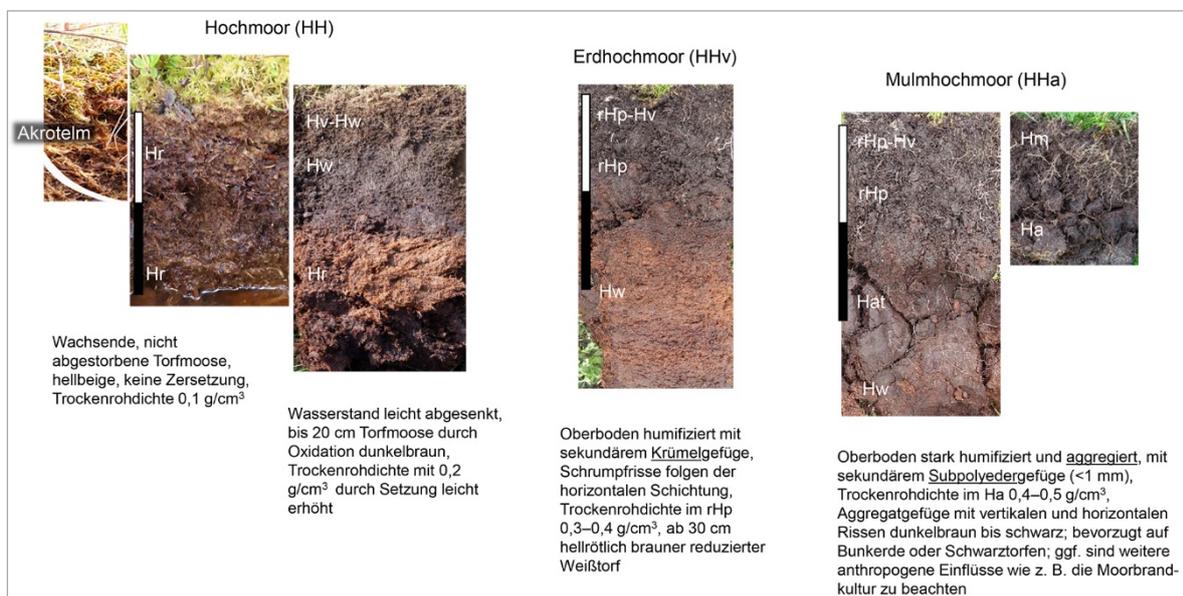


Abb. 1.59: Entwicklungsstadien der Vererdung und Vermulmung von Hochmooren.

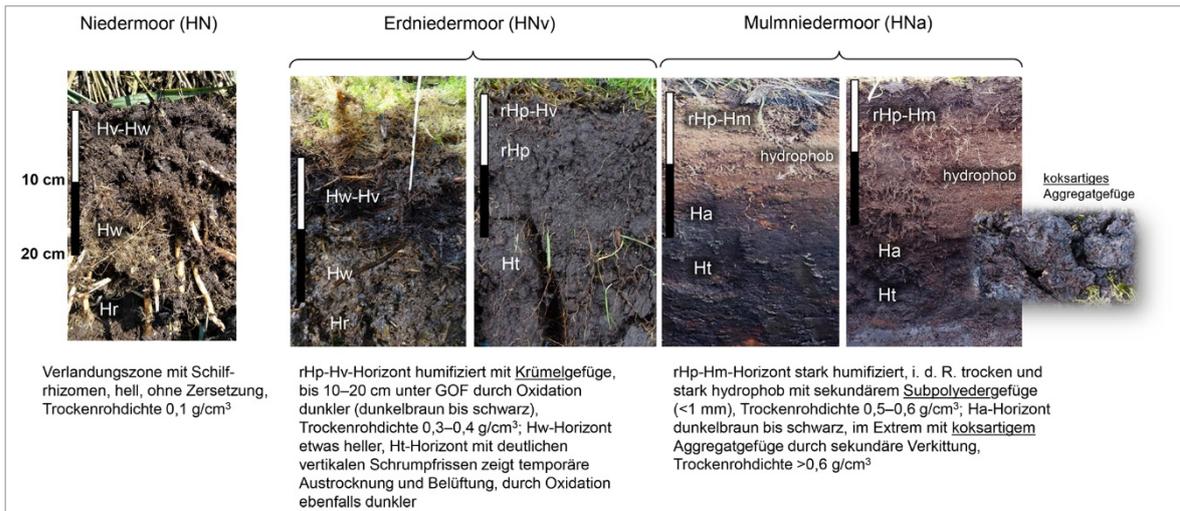


Abb. 1.60: Entwicklungsstadien der Vererdung und Vermulmung von Niedermooren.

Die Verbreitung der Hoch- und Niedermoorböden in der BK50 wird auf Grundlage der Geologischen Karte 1 : 50.000 abgebildet, die maßgeblich auf den Kartierungen der Torflagerstätten beruht (vgl. SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1970) und bis ca. 2010 im LBEG seitens der Moorgruppe überprüft und aktualisiert wurde. Im Nordwesten wurde die Abgrenzung der Moore auf Grundlage der Bodenschätzung und der Boden- und Moorkarte des Emslandes im Zuge der BK50-Bearbeitung verändert. (vgl. Kap. 2.4.5.6).

Die Moorböden in Niedersachsen zeigen i. d. R. die Entwicklung zu Erdhoch- oder Erdniedermooren (s. Infocamp Bodenentwicklung in Moorböden). Insbesondere auf Niedermoortorfen sind kleinräumig stark degradierte Mulmniedermoore bekannt. Bisher sind jedoch keine Erkenntnisse zur Abgrenzung und räumlichen Differenzierung der Mulmmoore verfügbar. Aus diesem Grund wurde eine entsprechende Differenzierung in der BK50 nicht vorgenommen.

In den naturnahen Mooren des Mittelgebirges und auf den Nordseeinseln werden naturnahe, gering entwässerte Moorböden beschrieben, wobei auch bei diesen eine Tendenz zur Vererdung vorliegt.

Die Folgeböden der Moorbrandkultur, Fehnkultur und Findorff-Kultur und deren Verbreitung sind in der BK50 aufgrund bisher fehlender Kenntnisse bzw. Quellen nicht enthalten. Wiedervernässte Moore werden nicht konsequent abgebildet, da die Areale nicht ausreichend dokumentiert sind.

Besonderes Augenmerk wurde bei der Bearbeitung der Bodenkarte auf geringmächtige, stark degradierte Moore gelegt. Hier wurde geprüft, ob aktuell insbesondere unter landwirtschaftlicher Nutzung die Mindesttorfmächtigkeit von 30 cm für die Ausweisung als Moor noch gegeben ist. Standorte mit weniger mächtigen Torfdecken wurden den Moorgleyen zugeordnet. Im Rahmen der Nutzungsdifferenzierung wurden Moorgleye unter ackerbaulicher Nutzung darüber hinaus als Gleye „mit Torfresten im Pflughorizont“ in der Profilbeschreibung gekennzeichnet. Unter Grünlandnutzung ist ebenfalls damit zu rechnen, dass die geringmächtigen Torfdecken durch Pflegemaßnahmen, beispielsweise für Neuansaat, bearbeitet und zumindest örtlich weitgehend abgebaut sind. Die weiteren oben angesprochenen Veränderungen der Torfe konnten in der BK50 nicht verlässlich berücksichtigt werden.

### 1.4.2.5. Bodenentwicklung in Watt und Marsch

Im Folgenden werden die typischen Böden des Watts und der Marsch mit ihren charakteristischen Horizonten vorgestellt, wie sie in der BK50 ausgewiesen und beschrieben wurden. Da die Definitionen der bodenkundlichen Prozesse, Horizontmerkmale und Bodentypen z. T.

neu definiert werden mussten, ist eine ausführlichere Erläuterung notwendig. Im Grundsatz sind mit den Redoxprozessen und der Schwefeldynamik (Abb. 1.61 bis 1.64) sowie der Reifung und Gefügebildung zwei Prozessgruppen erkennbar, die im Folgenden vorgestellt werden (BRÜMMER 1968; GRUNWALDT 1969; BRÜMMER, GRUNWALDT & SCHRÖDER 1970).

#### Infocfeld Redoxprozesse und Schwefeldynamik

Ein dominanter pedogener Prozess im Watt und in der Marsch ist die Schwefeldynamik mit dem Wechsel von reduzierenden und oxidierenden Bedingungen (DELLWIG 1999, GRÖGER 2010). Schwefel liegt mit ca. 1 % als Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) oder Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ) in den marinen Sedimenten vor. Diese reduzierten Schwefelverbindungen entstehen, wenn der Sauerstoff des Sulfats ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) von Mikroorganismen unter reduzierenden Bedingungen zum Abbau von Kohlenwasserstoffen genutzt wird. Bei hohen Grundwasserständen und reduzierenden Bedingungen, wie sie im Sietland in der tiefliegenden alten Marsch gegeben sind, kommt es im Boden zur Bildung von Pyrit und Eisensulfid. Pyrit ist in Form weißer Nester ( $<50 \mu\text{m}$ ) im Gelände selbst mit der Lupe nur bedingt erkennbar. Das Eisensulfid färbt die Poren oder die Matrix schwarz und ist bei Kontakt mit Sauerstoff gut am Geruch zu erkennen. Der Prozess der Sulfatreduktion wird maßgeblich durch den Kohlenstoffgehalt bestimmt.

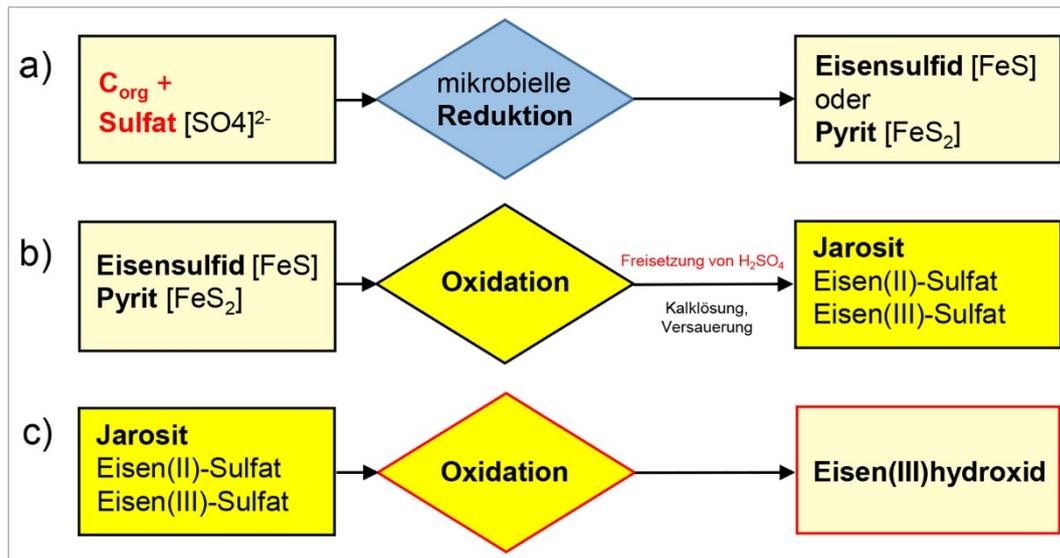


Abb. 1.61: Schematische Darstellung der Redoxprozesse und Schwefeldynamik:

- a) unter Sauerstoffabschluss im Grundwassermilieu entsteht durch mikrobielle Reduktion Pyrit oder Eisensulfid,
- b) durch Oxidation von Eisensulfid und/oder Pyrit entsteht Jarosit,
- c) bei weiterer Oxidation bildet sich Eisen (III)-hydroxid.

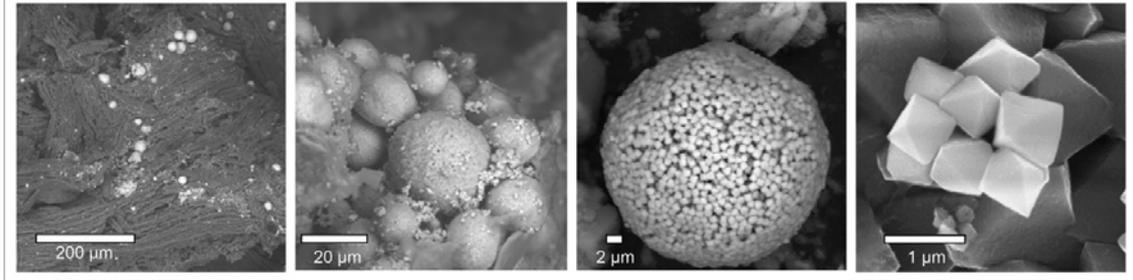


Abb. 1.62: Aufnahmen von Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) im Licht- und Rasterelektronenmikroskop.



Abb. 1.63: Schwarzfärbung der Poren und Bodenmatrix durch eingewandertes Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ).

Im oxischen Milieu verbindet sich Schwefel mit Wasser zu Schwefelsäure. Als Faustzahl gilt, dass 1 Gew.-% Pyrit-Schwefel das Lösungspotenzial für ca. 3 Gew.-% Karbonat hat (SCHÄFER, KUNTZE & BARTELS 1987). Die Lösung des Karbonats findet im Unterschied zur Lösung durch Niederschlagswasser diffus in den oxidierten Horizonten statt. Die Lösungsprodukte des Karbonats und das hierbei freiwerdende Sulfat werden mit dem Sickerwasser in die Tiefe verlagert und ggf. mit freiem Wasser in Drainrohren oder Gräben abgeführt oder im Gr-Horizont als sekundäres Karbonat und als Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ) ggf. wieder ausgefällt (Abb. 1.63). Ob bei diesem Prozess Karbonat im Boden verbleibt, hängt vom Gehalt an reduzierten Schwefelverbindungen und vom Karbonatgehalt ab.

Treten bei Schwefelüberschuss oxidierende Bedingungen auf und ist kein oder wenig Karbonat zur Säurepufferung vorhanden, kommt es zur Ausbildung von Jarosit, auch Maibolt genannt. Die Schwefelsäure bleibt im System und führt zu einer starken Versauerung des Bodens. In der BK50 wird in Abweichung von der bodenkundlichen Kartieranleitung nicht von schwefelreichen, sondern von schwefelsauren Varianten gesprochen, da die Versauerung die besondere ökologische Eigenschaft ist. Bei weiter andauernder Oxidation wird Jarosit schließlich zu Eisen(III)-hydroxid umgewandelt (Abb. 1.64). Dieses stellt gewissermaßen das Endstadium der Reduktion/Oxidation der Schwefelverbindungen im Bodenprofil dar.



Abb. 1.64: Merkmale der Jarosit- und Eisen(III)-hydroxid-Ausfällung im Bild.

### 1.4.2.6. Horizontkürzel der Schwefeldynamik

Die charakteristische initiale Bodenbildung in den Watt- und Marschböden ist die Karbonatlösung durch Schwefelsäure, die bei der Oxidation von Eisen-Schwefel-Verbindungen (Eisensulfid, Pyrit) freigesetzt wird (s. Infefeld). Während der Prozess im Watt und im Deichvorland durch den Einfluss von Tide oder Sturmfluten in einem frühen Stadium verbleibt, wird dieser nach Eindeichung und Grundwasserabsenkung bereits nach kurzer Zeit abgeschlossen. In der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) sind diese Prozesse nur unvollständig beschrieben und nicht durch Horizontsymbole gekennzeichnet.

Zur Charakterisierung der Merkmale der Schwefeldynamik werden in der BK50 neue Kennzeichnungen für die Bodenhorizonte (Tab. 1.17) vergeben.

Tab. 1.17: Kleinbuchstaben für die spezifische Kennzeichnung der Schwefeldynamik im Horizont.

Kürzel	Beschreibung
p	Pyrit-Anreicherung (i. d. R. geogen, daher dem Haupthorizontsymbol vorangestellt)
s	schwarze Eisensulfid (FeS)-Anreicherung (dem Haupthorizontsymbol nachgestellt)
j	Jarosit-Ausfällung (dem Haupthorizontsymbol nachgestellt)
i	rötlichbraune Eisen(III)-hydroxid-Ausfällung (dem Haupthorizontsymbol nachgestellt)

In Ergänzung zu den Grundwasser-Horizontbezeichnungen (G) ergeben sich charakteristische Horizontbezeichnungen (Beispiele):

- pGsr primär pyrithaltiger, schwarzer eisensulfidhaltiger reduzierter G-Horizont,
- Gjo jarosithaltiger, oxidierter G-Horizont,
- Gio rötlichbrauner, oxidierter eisenhydroxidreicher G-Horizont.

#### Infefeld Reifung und Gefügebildung

Bei der Entwicklung vom Watt- zum Marschboden finden parallel zur Schwefeldynamik bodenphysikalische Prozesse statt (Entwässerung, Setzung, Belüftung und Gefügebildung, Abb. 1.65). Dies wird in der Literatur als „Reifung“ beschrieben. In den Niederlanden wird unter dem Begriff Rijpingsklassen im Kern die Konsistenz des Materials von flüssig oder fließend bis fest beschrieben (DE BAKKER & SCHELLING 1966). MÜLLER (1985) verwendet in der alten Klassifikation der Marschböden von Niedersachsen den Reifegrad in den Kategorien „roh“ und „unreif“.

Auch die mit den Prozessen der Reifung verbundenen Merkmalsänderungen werden nur z. T. durch Horizontausprägungen beschrieben. So finden sich z. B. bei den Kalkmarschen in Abhängigkeit vom Wasserstand nasse Varianten mit wenig entwickeltem Gefüge (MC3). Diese Böden sind schlecht durchlüftet und haben eine geringe Ertragsfähigkeit. Mit den konventionellen Horizontbezeichnungen sind die spezifischen Merkmale nicht hinreichend zu kennzeichnen. In der BK50 sind sie als Varietäten der Kalkmarsch mit hohen Wasserständen beschrieben. Bei tieferen Wasserständen kommt es insbesondere auf tonreichen Sedimenten zur Ausbildung eines polyedrischen Feingefüges mit guter Durchlüftung (Abb. 1.65 rechts). Diese Böden haben ein hohes Ertragspotenzial (Bodenzahl >80) und werden in der BK50 als Varietäten der Kalkmarsch mit tieferen Wasserständen differenziert (MC4, MC5).



Abb. 1.65: Gefügebildung von der Rohmarsch zur Kalkmarsch:

links: Irreversible Schrumpfrisse im Bereich der Rohmarsch.

Mitte links: Rohsediment; wassergesättigt und reduziert ohne Austrocknung, hier mit Eisensulfid und Pyrit (pGsr), amorphes Kohärentgefüge, Bruchstücke trennen sich flaserig.

Mitte rechts: Bei Belüftung beginnt neben der Oxidation auch die Gefügebildung durch Trocknen und Schrumpfen.

rechts: Letztlich kommt es bei Wasserständen unter 1 m zur Ausbildung eines karbonathaltigen Horizontes mit polyedrischem Feingefüge.

#### 1.4.2.7. Bodentypen in Watt und Strand

Auf Grundlage der Merkmalsbeschreibung und der resultierenden Horizonte ergeben sich im Watt und am Strand die in Tabelle 1.18 aufgelisteten Grundformen von Bodentypen. Abbildung 1.66 zeigt die Ausweisung der Einheiten in der BK50.

Tab. 1.18: Übersicht über die in der BK50 verwendeten semisubhydrischen Bodentypen in Watt und Marsch.

Watt- und Marschböden				
Kürzel	Bodentyp	Bodenschutzrelevanz	Abgrenzung, Konzeptkarte	Anmerkungen
IWz	Salzwatt	Nässe, natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung	NLWKN-Wattkarte, NLWKN-Vegetationskartierung	IW und IWb in BK50 nicht differenziert
MR-IWz	Rohmarsch-Salzwatt	Nässe, Seltenheit (Seegras und Quellerrasen)	Luftbilder, NLWKN-Vegetationskartierung	
ZS1	Nasser Strand	Nässe		
ZS3	Trockener Strand	Nässe (Grüner Strand), Seltenheit		Grüner Strand

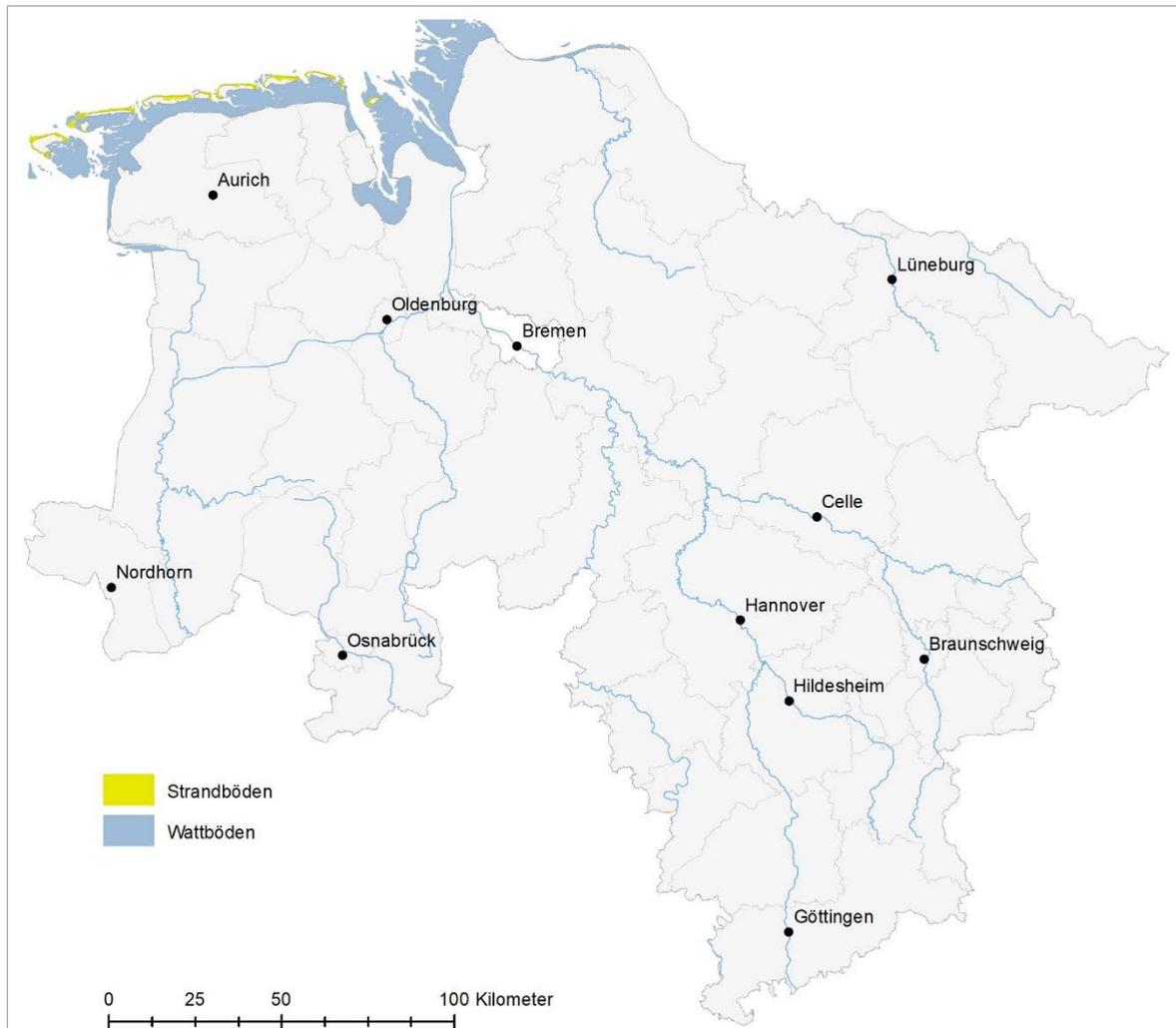


Abb. 1.66: Verbreitung der Watt- und Strandböden.

### Wattboden

Wattböden (IW) werden im Tiderhythmus überflutet und bei Ebbe nur kurzzeitig oxischen Bedingungen ausgesetzt. Aus diesem Grund werden sie als subhydrische Böden eingestuft und sind damit keine Marschböden. Wattsedimente sind im Bereich der Nordsee primär karbonathaltig. Durch die tidale Beeinflussung ist das Watt überwiegend reduzierten Bedingungen (Sauerstoffarmut) ausgesetzt. Oxische Bedingungen liegen bestenfalls in den oberen Millimetern des Wattbodens und an Grabgängen der Wattfauna vor, von der ein wesentlicher Einfluss auf die Bodenbildung ausgeht (Abb. 1.67). Bei geringen Sedimentationsraten kann es zu

einer synsedimentären Entkalkung kommen, da dann die Schwefelsäurefreisetzung durch Oxidation in den oberen Millimetern ausreicht, um das Karbonat zu lösen (AHRENS et al. 2001; GIANI et al. 2003; DUNTZE, WATERMANN & GIANI 2005). Bei höheren Sedimentationsraten oder Umlagerungen überwiegt die Nachlieferung von Karbonaten. Die Entkalkung findet zwar statt, kann sich aber nicht in Form von entkalkten Sedimenten manifestieren. Anders als im Watt findet im Bereich der Quellerrasen bereits eine Gefügebildung, ggf. mit Trockenrissen und Eisenaufällungen an den Wurzelbahnen des Quellers, statt und zeigt damit eine beginnende Rohmarschbildung.

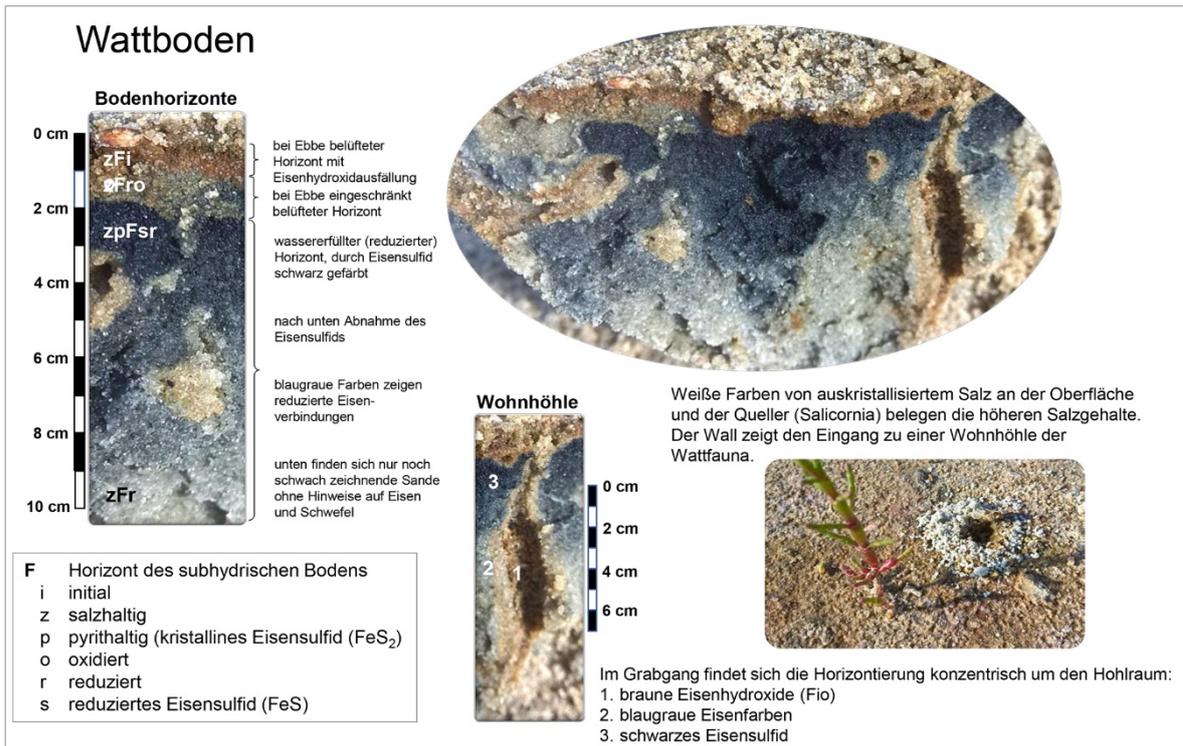


Abb. 1.67: Morphologie eines Wattbodens im Sandwatt.

Aus Sicht des Bodenschutzes hat der Wattboden durch seine Naturnähe, die starke Vernässung und den hohen Salzgehalt besondere Standorteigenschaften. Einen geringen Flächenanteil haben Wattböden aus Muschelschill. Die bereits mit Vegetation besiedelten Wattböden stellen die ersten Übergänge zu den Rohmarschen (MR-IWz) dar und sind als selten einzustufen. Natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung haben die Spuren ehemaliger Kultur einflüsse im Watt (Deichreste, altes Kulturland mit reliktschen Bodenbildungen). Letztere wurden allerdings in der BK50 nicht ausgewiesen. Generell ist mit dem Nationalpark Wattenmeer ein weitreichender Schutzstatus gegeben.

Die Darstellung der Verbreitung der Wattböden in der BK50 (Abb. 1.66) beruht auf den Wattkarten des NLWKN (RAGUTZKI 1980), den Angaben der Geologischen Karte und der Vegetationskartierung des NLWKN (NLWKN 2004, PETERSEN et al. 2008, PETERSEN & GEHRT 2008). Da die Wattkarten des NLWKN auf Luftbildauswertungen beruhen, werden die Bodenprofile nur bis zu einer angenommenen Tiefe von 50 cm

beschrieben. Im LBEG liegen z. T. Informationen zu tieferen Schichten vor (Bohrdatenbank, Geologische Profiltypenkarte 1 : 25.000 (GPTK25) oder Karte der sulfatsauren Böden >2 m).

Während die bodenkundliche Kartieranleitung den Salzeinfluss für den Normwattboden voraussetzt, wird in der BK50 das Salzwatt (IWz) explizit benannt und im Grundsatz vom Brackwatt (IWb) und dem salzfreien Watt (IW) im Unterlauf des tidal beeinflussten Rückstaubereichs der Flüsse unterschieden. Die Areale des Brackwatts am Dollart und an der Unterelbe zwischen Cuxhaven und Stade sind in der BK50 noch zu kennzeichnen.

## Nassstrand und Strand

Mit der 5. Auflage der Bodenkundlichen Kartieranleitung wurden die Bodentypen Nassstrand unterhalb des mittleren Tidehochwassers (MTHW-Linie) und Strand oberhalb der MTHW-Linie mit fehlender oder lückenhafter Vegetation eingeführt (Abb. 1.68). Abweichend von der bodenkundlichen Kartieranleitung werden die Strandböden in Niedersachsen als ZS bezeichnet (NLFB 2000). Mit der Indexziffer (Varietät) werden diese nach den Wasserständen differenziert (ZS1 und ZS2: Nassstrand, ZS3 und größer: Strand). Die beiden Strandbodentypen werden im Bereich der MTHW-Linie bei 1,2 m ü. NN voneinander getrennt. Hervorzuheben ist, dass der Tidenhub von 2,4 m sich im Bereich

der MTHW-Linie nur noch in der geringen, tideabhängigen Grundwasseramplitude von wenigen Dezimetern abbildet. Die geschichteten, vorwiegend fein- bis mittelsandigen Sedimente von Nassstrand und Strand lassen sich nach Körnung und Lagerung nicht unterscheiden. Sie sind als karbonatarm (0,5 %  $\text{CaCO}_3$ ) einzustufen. Lediglich im Bereich von Muschelbänken finden sich deutlich höhere Karbonatgehalte. Der Gehalt an organischer Substanz in den Strandböden ist gering bis sehr gering (vgl. SPONAGEL, GIANI & GEHRT 2009). In Tabelle 1.19 ist die Gliederung der Strände mit spezifischen Merkmalen, Kennwerten und Bodentypen zusammenfassend dargestellt.



Abb. 1.68: Morphologie der Strandböden.

## Nassstrand

In der BK50 wird der Nassstrand, entsprechend der niedersächsischen Norm abweichend von der Kartieranleitung, als ZS1 (Strandboden mit hohem Grundwasserstand) dargestellt (Abb. 1.68 links). Die Abgrenzung erfolgt auf Grundlage der Geologischen Karte 1 : 50.000, von Luftbildern und unter besonderer Berücksichtigung der Vegetationskartierung des NLWKN. Die Horizonte des Nassstrandes sind aufgrund der täglich zweimaligen Überflutung überwiegend wassererfüllt und somit reduziert und zeichnen sich durch hohe Salzgehalte (Leitfähigkeit  $>50 \text{ mS cm}^{-1}$ ) aus. Lediglich die oberen Zentimeter werden bei Ebbe belüftet und damit oxidiert (Fw-Horizont). Der Nassstrand ist durch eine hohe, tidebeeinflusste Morphodynamik und damit durch eine ständige Umlagerung gekennzeichnet. Aus Bodenschutzsicht sind die Vernässung und die hohen Salzgehalte als besondere Standorteigenschaften hervorzuheben. Der Flächenanteil des Nassstrandes ist allerdings gering.

## Strand

Der (trockene) Strand liegt oberhalb der MTHW-Linie und ist durch äolische Prozesse (Deflation, Flugsandablagerung) und die touristische Nutzung ebenfalls als hoch dynamisch einzustufen (Abb. 1.68 rechts). Die Vegetations- und Bodenentwicklung ist entsprechend gering oder gar nicht vorhanden. Ai-Horizonte sind ggf. nur zu ahnen. Die Grundwasseroberfläche steigt im Bereich des Strandes mit  $<0,5 \%$  Steigung zu den Dünen an, während die Geländeoberfläche eine Steigung von  $1\text{--}1,5 \%$  aufweist. Die Grundwasserflurabstände steigen im Mittel vom Strand zu den Weißdünen an. Die Salzgehalte des Gr-Horizontes sind mit einer Leitfähigkeit von  $0,5\text{--}14 \text{ mS cm}^{-1}$  als brackisch einzustufen und entsprechen etwa dem Milieu der oberen Salzwiese.

Bei breiten Stränden finden sich im weiter landeinwärts gelegenen Teil stellenweise große, tiefer gelegene Areale mit Grundwasseranschluss und starker Vernässung als lagunäre Landschaftselemente, deren Böden sich durch die Vegetation und humose Ai- bis Ah-Horizonte vom Strand deutlich unterscheiden. Bodenkundlich werden hier Salzgleye (Gz) ausgewiesen. Für diese Bereiche wird auch die geografische Bezeichnung „Grüner Strand“ verwendet.

Aus Sicht des Bodenschutzes sind die erhöhten Salzgehalte und die Naturnähe als Besonderheiten hervorzuheben. Dies gilt in hohem Maße für den Bereich des Grünen Strandes. Bezogen auf die Bodenregion des Küstenholozäns sind die Strände als selten einzustufen. Besonderheiten sind Relikte von Marschböden, die durch die Wanderung der Dünen am Strand von Juist wieder freigelegt werden. Sie haben als Kennzeichen der Landschaftsgeschichte eine besondere Bedeutung.

Tab. 1.19: Gliederung der Strände nach Merkmalen, Kennwerten und Bodentypen (nach SPONAGEL, GIANI & GEHRT 2009).

Lage zur MTHW		unterhalb MTHW			um MTHW		oberhalb MTHW		
Karbonatgehalt [%]		0,5 bis 1 %							
Kohlenstoffgehalt [%]		nicht nachweisbar oder geogen				0,05 bis 1,15			
MHGW [dm]		ohne Angabe		-1 bis 1	1 bis 2	2 bis 4	4 bis 8		
vegetationsfreier Strand	Leitfähigkeit Salzgehalt	>15 mS cm <sup>-1</sup> >50 ‰ (marin)			0,75 – 15 mS cm <sup>-1</sup> 0,5 – 10 ‰ (brackisch)				
	Morphodynamik	extrem hoch (marin)			hoch (marin)	hoch (äolisch und marin)	hoch (äolisch)		
	Strandbereich	1 Meer	2 Sandplatten bei Ebbe wasserfrei	3 Bewegt-wasserstrand	4 Rinnen um MTHW	5 Strandwall	6 tiefe Strandplatte	7 hohe Strandplatte	
	Horizontfolge		(zFw)/zFr	(zFw)/zFr	zFw/zFr	(Ai)/zFw/zFr	(Ai)/IC/zGo/zGr	(Ai)/elC/zGo/zGr	
Bodentyp BK50		<b>ZS1</b>	<b>ZS1</b>	<b>ZS1</b>	<b>ZS2</b>	<b>ZS3</b>	<b>ZS3-OL</b>		
Geologie BK50		<b>spl</b>	<b>st(del-ws)</b>	<b>st(del-ws)</b>	<b>st(del-ws)</b>	<b>st(tr)</b>	<b>st(tr)</b>		
Strand mit lückenhafter Vegetation (Grüner Strand)	Leitfähigkeit Salzgehalt				0,75 – 15 mS cm <sup>-1</sup> 0,5 – 10 ‰ (brackisch)		oben ausgesüßt, unten brackisch (0,75 – 15 mS cm <sup>-1</sup> 0,5 – 10 ‰)		
	Morphodynamik				gering bis mittel (lagunär)		gering bis mittel (äolisch, selten marin)		
	Strandbereich				8 Lagunen, Priele Algen	9 Lagunen	10	11	
Horizontfolge				(Ai)/zFo/zFr	(Ai)/zFw/zFr	Ah/IC/(z)Go/zGr	Ah/elC/(z)Go/zGr		
Bodentyp BK50				<b>ZS1</b>	<b>ZS1</b>	<b>Gz3</b>	<b>Gz3-OL</b>		

### 1.4.2.8. Bodentypen der Marsch

Auf Grundlage der Merkmalsbeschreibung und der daraus resultierenden Horizonte ergeben sich im Watt und in der Marsch die in Tabelle 1.20 aufgelisteten Grundformen von Bodentypen. Zwischen den Sedimentationsräumen, der Landschaftsentwicklung und den Bodentypen der Marsch besteht ein enger Zusammenhang, der in Abbildung 1.69 schematisch dargestellt ist. Ausgewählte Marschenprofilbilder sind Abbildung 1.70 zu entnehmen. Kennwerte zu den Bodeneinheiten werden in GEHRT et al. (2015a) beschrieben. Die Verbreitung der Marschböden in der BK50 zeigt Abbildung 1.72.

Tab. 1.20: Übersicht über die in der BK50 verwendeten Bodentypen in der Marsch.

Marschböden				
Kürzel	Bodentyp	Bodenschutzrelevanz	Abgrenzung, Konzeptkarte	Anmerkungen
<b>MRz, MR</b>	Salzrohmarsch, Rohmarsch	Nässe, salzhaltig, salzfrei, tide- und sturmflutbeeinflusst, Seltenheit	NLWKN-Vegetationskartierung	Untere Salzwiese
MC-MR, MN-MR	Kalkmarsch-Rohmarsch, Kleimarsch-Rohmarsch	Seltenheit, salzbeeinflusst		Obere Salzwiese
<b>MC</b>	Kalkmarsch	hohe natürliche Bodenfruchtbarkeit	Bodenschätzung, Höhenmodell, Deichlinien	hoher Grundwasserstand schränkt die Bodenfruchtbarkeit ein
<b>MN</b>	Kleimarsch	MNs <sub>f</sub> , MN <sub>e</sub> : Nässe, Seltenheit, naturgeschichtliche Bedeutung	Bodenschätzung, Höhenmodell	Überlagerungsfälle: MN//MO, MN <sub>e</sub> /MO <sub>s</sub> <sub>f</sub> , MN/MO <sub>s</sub> <sub>f</sub> , MNMOS <sub>f</sub> , MN(e,sf)//P-G
MNs <sub>f</sub>	Sulfatsaure Kleimarsch			
MN <sub>e</sub>	Eisenreiche Kleimarsch			
<b>MO</b>	Organomarsch			
MO <sub>s</sub> <sub>f</sub>	Sulfatsaure Organomarsch			
MO <sub>e</sub>	Eisenreiche Organomarsch			
<b>MK</b>	Knickmarsch	Staunässe, Seltenheit, naturgeschichtliche, kulturgeschichtliche Bedeutung	Bodenschätzung	MK//MO <sub>e</sub> , MK//G Knickmarsch über Sanden
<b>MH</b>	Haftnässemarsch	Haftnässe, Seltenheit	Bodenschätzung, Höhenmodell	nur in Kehdingen vorkommend

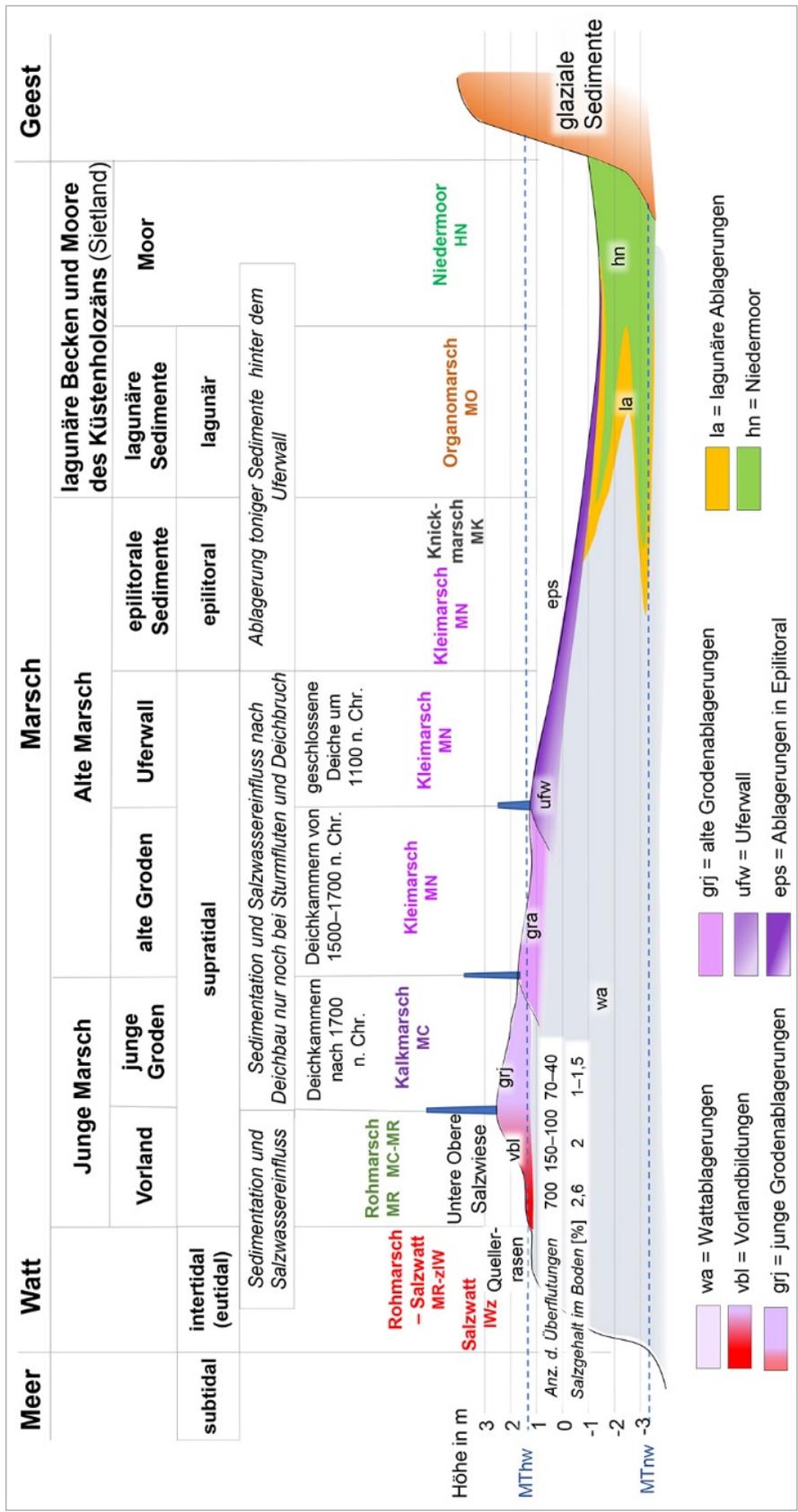


Abb. 1.69: Schematische Gliederung der Bodenlandschaften, Sedimentationsbereiche und Bodentypen in der Marsch.

## Rohmarsch

Während die Wattsedimente im Intertidal oder Eulitoral (Abb. 1.69) abgelagert werden, liegen die Sedimente der Rohmarsch (Abb. 1.70) im Supralitoral schon oberhalb der mittleren Tidehochwasserlinie (MThw). Hier beginnen die Prozesse der initialen Bodenentwicklung. Unter Sauerstoffeinfluss werden Eisensulfid ( $\text{FeS}$ ) und Pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) oxidiert, wodurch Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) freigesetzt und die Karbonatlösung forciert wird, was bei geringen Karbonatgehalten zur Versauerung führt (s. Kap. 1.4.5.2, Infocfeld Redoxprozesse und Schwefeldynamik). Durch die Streu der Salzwiesenvegetation erfolgt eine Humusanreicherung (Ah). Bei Spring- und Sturmfluten wird in der Rohmarsch Salzwasser, frisches Sediment mit Pyrit und Karbonaten eingetragen (verbindendes Element der Rohmarsch). Die Bodenentwicklung wird damit immer wieder gestoppt und beginnt nach Abfluss des Wassers jeweils erneut. Die Überflutung ist damit zwar für die standortkundliche Beschreibung und die Nutzung wichtig, aber kein bodengenetisches Kriterium im engeren Sinn.

In der BK50 werden die Böden der Salzrohmarsh (untere Salzwiese) von den Böden der oberen Salzwiese getrennt. Es wird die Rohmarsch mit beginnender Kalkmarschbildung (MC-MR = Kalkmarsch-Rohmarsch) oder, wenn bis 40 cm kein Karbonat vorliegt, die Kleimarsch-Rohmarsch (MN-MR) ausgewiesen. Niederschlagswasser führt in der oberen Salzwiese zur Abnahme des Salzgehaltes bzw. Entsalzung bis in eine Tiefe von 60 bis 110 cm. Erst im zGr-Horizont steigt der Salzgehalt an. Profilmorphologisch ist diese Unterscheidung nicht zur erkennen und nur durch Messung der Leitfähigkeit festzustellen.

Wie im Watt ist in der Rohmarsch eine regionale Gliederung nach dem Salzgehalt des Meerwassers zu beachten. Die Rohmarschen südlich der Ostfriesischen Inseln, im Jadebusen und im Land Wursten sind vom Meerwasser geprägt. Im Dollart, an der Weser südlich Bremerhaven und an der Elbe südlich von Cuxhaven finden sich eher brackische Bedingungen (POTT 1995). Dies ist in der BK50 noch nicht hinreichend abgegrenzt.

Die Ableitung des Bodentyps und die Grenzziehung erfolgen in Anlehnung an die Vegetationskartierung des NLWKN und die heutigen See- und Deiche. Die Rohmarsch wird mit sehr hohen Grundwasserständen, die Kalkmarsch oder

Kleimarsch-Rohmarsch-Übergänge werden mit mittleren Grundwasserständen beschrieben.

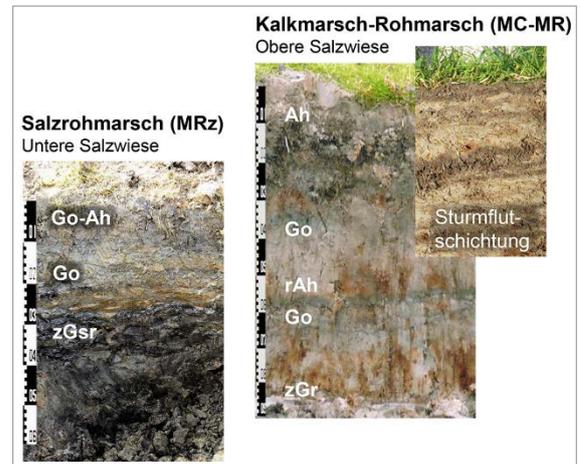


Abb. 1.70: Profilbilder der Salzrohmarsh und Kalkmarsch bis Rohmarsch. Typisch ist die Sturmflutschichtung mit dem Wechsel von Ah- und Go-Horizonten.

Aus Sicht des Bodenschutzes sind als besondere Eigenschaften der Rohmarsch die starke Vernässung und die Salzgehalte infolge des Spring- bzw. Sturmfluteinflusses hervorzuheben. Im Bereich der tidebeeinflussten Unterläufe der Flüsse ist der Salzeinfluss kaum vorhanden. In der oberen Salzwiese nehmen Vernässung und Salzgehalt ab. Der Eintrag von Salzwasser und frischem Sediment ist nur noch bei mittleren und hohen Sturmfluten gegeben.

## Kalkmarsch

Die Kalkmarsch (Abb. 1.71 links) ist weiteres Resultat der initialen Bodenentwicklung. Die Prozesse der Schwefeldynamik sind weitgehend abgeschlossen, die ursprünglichen Karbonatgehalte im Go-Horizont von ca. 9–12 % sind aufgrund der Schwefeldynamik auf 4–8 % reduziert. Durch Gefügebildung hat sich ein feines Subpolyederggefüge entwickelt (Abb. 1.65 rechts). Erhöhte Salzgehalte sind im ganzen Profil nicht mehr messbar. Im Gsr- bzw. pGsr-Horizont finden sich in einer Tiefe von 80 bis 130 cm Anreicherungen von schwarzem Eisensulfat ( $\text{FeS}$ ). Im Drainwasser lassen sich noch erhöhte Schwefelgehalte nachweisen.

Die Abgrenzung der Kalkmarschen beruht auf der Angabe des Karbonatgehaltes und der Sub-

strate im Wirkungsgefüge und wird auf Grundlage der Bodenschätzung, des Höhenmodells und der historischen Deichlinien abgeleitet. Die natürliche hohe Ertragsfähigkeit im Sinne des Bodenschutzes trifft bei der Kalkmarsch nur auf die Böden mit tieferen Grundwasserständen (MC4 und MC5) und guter Gefügeentwicklung

zu. Kalkmarschen in vergleichsweise tiefer Lage mit höheren Grundwasserständen und stärkerer Vernässung (MC3) weisen diese Eigenschaften nicht auf. Bei diesen Böden ist die Entkalkung und Gefügebildung durch reduzierende Bedingungen gehemmt.

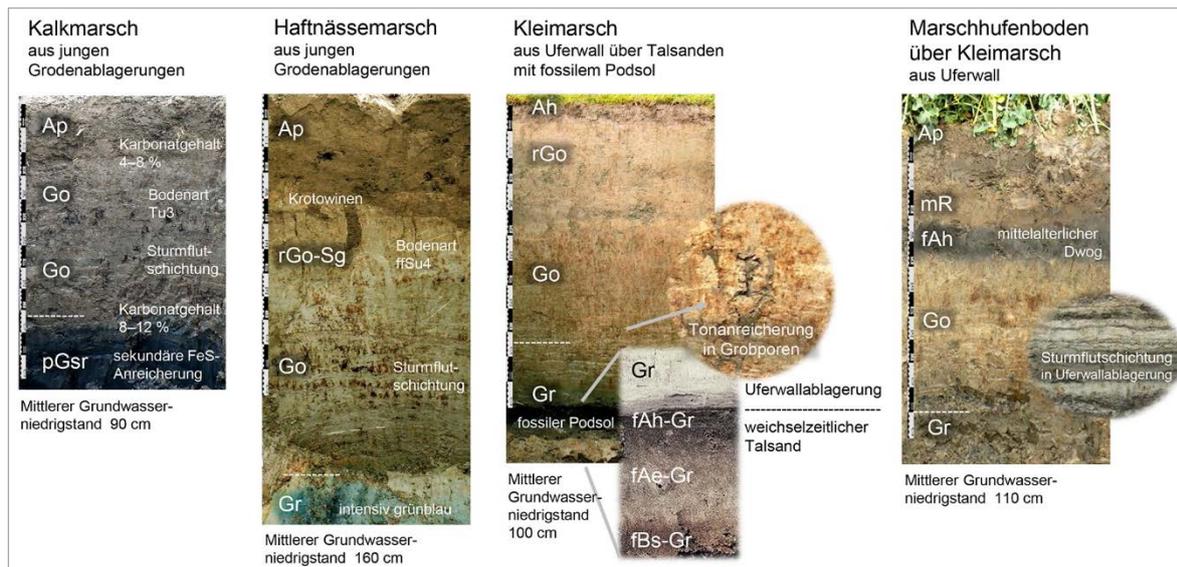


Abb. 1.71: Profilbilder ausgewählter Marschböden mit Horizontbezeichnungen.

### Kleimarsch

Kleimarschen sind Marschböden, die von der Geländeoberfläche an mindestens 40 cm karbonatfrei sind. Sie entstehen unter den folgenden Bedingungen:

1. Im primären Sediment ist das Verhältnis von Karbonat zu Pyritschwefel ungefähr 3:1, die initiale Bodenbildung führt zur weitgehenden Entkalkung.
2. In alten Kleimarschen kann die Entkalkung mit einer Kombination der initialen Bodenbildung durch die Schwefelsäurewirkung und die Entkalkung über die H<sup>+</sup>-Ionen aus dem Niederschlag begründet sein. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ältere Sedimente der Marsch (Uferwall, epilitorale Ablagerungen und alte Groden) wahrscheinlich primär karbonatärmer waren als die Ablagerungen der jungen Groden.
3. In Ausnahmefällen wird bereits karbonat- und schwefelarmes Sediment abgelagert

(syndimentäre Entkalkung), so dass die initiale Bodenbildung „übersprungen“ wird (GIANI et al. 2003).

Die Kleimarsch wird in der BK50 im Grundsatz den mehr als 40 cm karbonatfreien Uferwällen (ufw), epilitoralen Sedimenten (eps) und Groden (gr) zugeordnet. Die sulfatsauren und eisenreichen Varianten ergeben sich aus der genetischen Beschreibung und ggf. aus vorliegenden Hinweisen auf höhere Schwefelgehalte. Sie werden auf Grundlage der absoluten Höhe innerhalb der Marsch, der Bodenart und dem C<sub>org</sub>-Gehalt geprüft und im Wirkungsgefüge (m = Maibolt) und mit der abgeleiteten bodentypologischen Bezeichnung entsprechend gekennzeichnet.

Kleimarschen (Abb. 1.71, Mitte rechts) haben häufig bindige Bodenarten. Aufgrund der Lage in mittleren Höhen von 0,5 bis ca. 1 m ü. NN ist der Einfluss des Grundwassers auch auf drainierten Flächen i. d. R. vorhanden. Es handelt sich um gut mit Wasser versorgte Standorte, die

selbst in nassen Jahren mit Einschränkungen auch ackerbaulich genutzt werden können. Ihre Ertragsfähigkeit ist als durchschnittlich einzustufen. Bei pH-Werten von 6,5 bis 5,5 kann es bei schluffig-sandigen Substraten zu Tonverlagerung kommen. Die Tonanreicherungshorizonte sind dabei mit den Bt-Horizonten der Löss-Parabraunerden nicht vergleichbar. Deutlich erkennbar sind reine Feintoneinlagerungen in Grobporen (Abb. 1.71, Mitte rechts). Hierzu liegen allerdings nur punktuelle Beobachtungen vor.

Aus Sicht des Bodenschutzes sind insbesondere die schwefelsauren und die eisenreichen Kleimarschen im Übergang zu den Organomarschen zu erwähnen. Die durch die Merkmale

der Schwefeldynamik geprägten Böden zeichnen sich durch hohe Ton- und  $C_{org}$ -Gehalte aus, sind in der Regel eher nass und vergleichsweise selten. Im Gegensatz zur Organomarsch ist das Sediment der Kleimarsch frei von makroskopisch erkennbaren Pflanzenrückständen. Häufig werden die genannten Kleimarschen von Organomarschen oder Niedermooren, in Westniedersachsen auch von Podsol-Gleyen unterlagert. Die Abfolge der Schichten zeigt die Transgressions- und Ablagerungshistorie dieser Standorte, die eine Bedeutung für die Naturgeschichte des Küstenraumes haben.

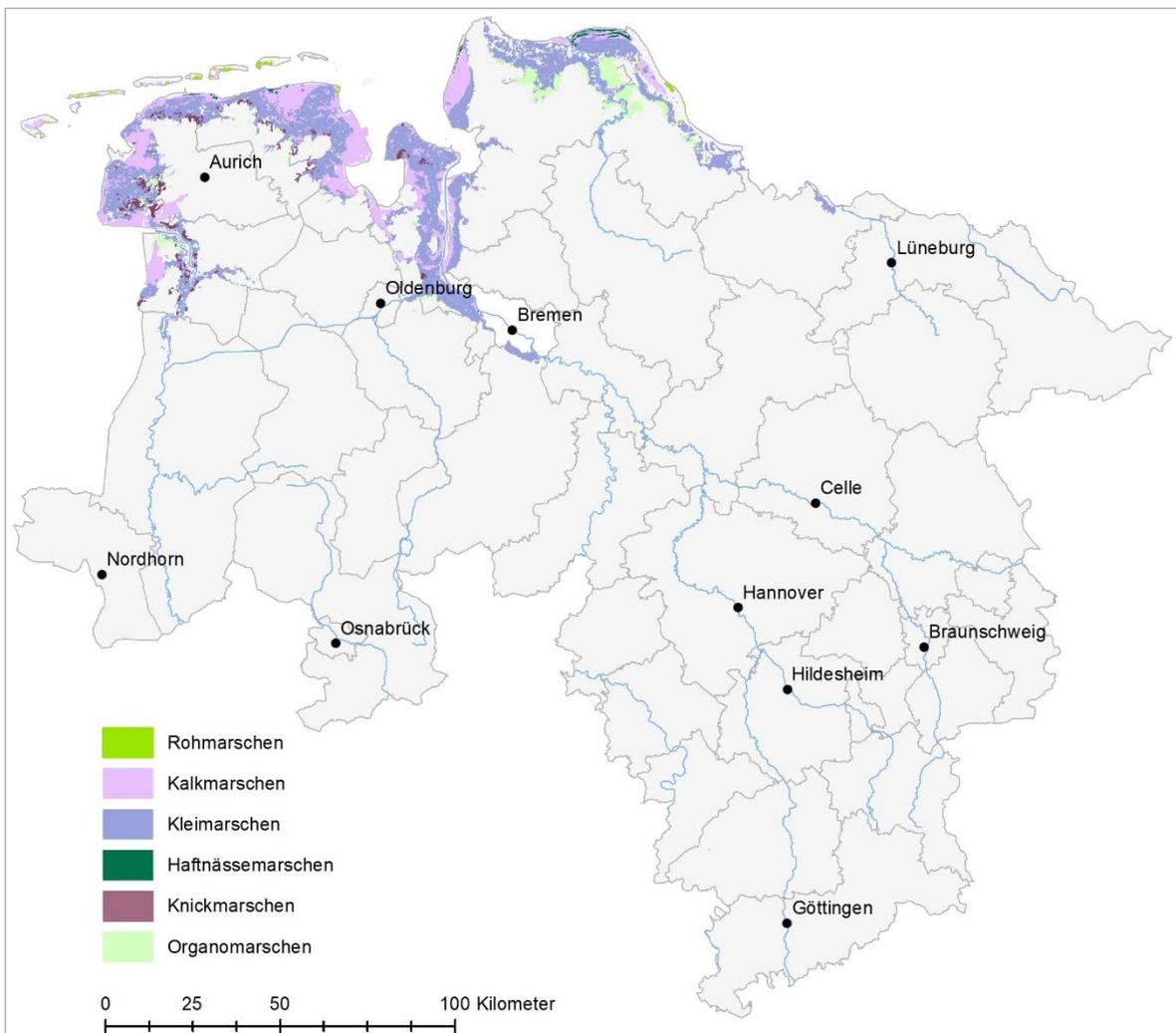


Abb. 1.72: Marschböden in der BK50 von Niedersachsen.

## Organomarsch

In der frühen Marschenklassifikation und -kartierung in Niedersachsen (MÜLLER, LÜDERS & BENZLER 1984, MÜLLER 1985) wurden unter dem Bodentyp Organomarsch komplexe Profilbilder mit Wechsellagerungen von geringmächtigen humosen bis torfigen Schichten zusammengefasst.

In der heutigen Auffassung und in der BK50 werden Horizonte aus Torf mit H-Horizonten bezeichnet und führen im Bodentyp zu Nieder- oder Hochmooren. Organomarschen werden als Böden aus lagunären Sedimenten verstanden. Diese sind durch hohe Tongehalte, erhöhte Gehalte an organischer Substanz und vor allem deutlich sichtbare Makroreste von Pflanzen charakterisiert. Lagunäre Sedimente im Einflussbereich des Meerwassers sind primär karbonatfrei oder -arm und haben hohe Gehalte an Gesamtschwefel (4–7 %) bzw. Pyrit oder Eisensulfid und damit ein großes Lösungspotenzial für Karbonate. Werden diese lagunären Sedimente oxidiert, kommt es zu einer starken

Versauerung und Jarositbildung (vgl. Abb. 1.61 und Abb. 1.64). Die Horizonte werden in der BK50 als pGsr, Gjo oder Gio bezeichnet. Da die meisten Standorte zumindest oberflächennah drainiert sind, findet sich auf den lagunären Sedimenten häufig die sulfatsaure Organomarsch (MOsf). An Standorten mit weitergehender Grundwasserabsenkung treten auch eisenreiche Organomarschen (MOe) auf (Abb. 1.73). Im Beispiel ist zu erkennen, dass sich der Gjo-Horizont, der Grundwasserabsenkung folgend, in eine Tiefe von 80 cm verlagert hat. Ebenfalls ist erkennbar, dass die Organomarsch häufig nicht in Reinform vorhanden ist, sondern als Unterlagerung von Kleimarschen oder Niedermooren ausgebildet ist. Als Sonderform treten schwefelarme oder -freie lagunäre Ablagerungen im schwefelarmen Unterlauf der Flüsse auf. So haben die lagunären Ablagerungen im Alten Land nur noch Schwefelgehalte von weniger als 0,5 %. Folglich fehlen hier die sulfatsauren und eisenreichen Varietäten.

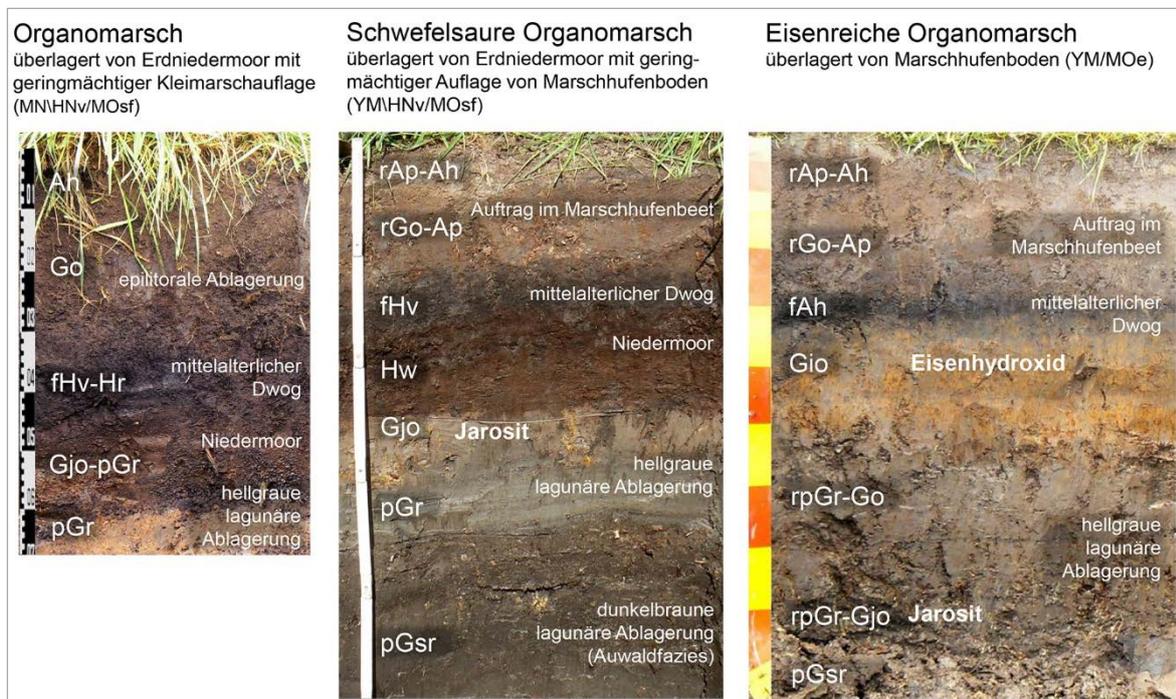


Abb. 1.73: Exemplarische Darstellung und Horizontierung verschiedener Organomarschen:

links: Organomarsch (MO), Mitte: sulfatsaure Organomarsch (MOsf), rechts: eisenreiche Organomarsch (MOe). Die Beispiele zeigen die Vielfalt der Sedimentüberlagerungen und Bodenentwicklungen in der Marsch sowie die Horizontbezeichnungen auf Grundlage der bisher geltenden Bodensystematik.

Aus der Sicht des Bodenschutzes zeichnen sich Organomarschen durch die besonderen Standorteigenschaften hinsichtlich der Vernässung und der Versauerung aus. Die Problematik der Versauerung wird unter dem Titel „Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten“ in den Geofakten 24 (HEUMANN, GEHRT & GRÖGER-TRAMPE 2018, SCHÄFER et al. 2010b) gesondert behandelt. Die deutliche Gliederung der Sedimente der Organomarschen (Abb. 1.73) spiegelt die Landschaftsgeschichte der letzten 4.000 Jahre bis zur Zeit der Eindeichungen im Mittelalter wider und hat somit natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung. Bezogen auf die Bodenregion des Küstenholozäns ist die Organomarsch zudem ein seltener Boden. Dies gilt im besonderen Maß für die eisenreiche Organomarsch, da eine für ihre Entwicklung erforderliche tiefgehende Grundwasserabsenkung nur in Ausnahmen angestrebt wird.

Die Verbreitung der Organomarschen in der BK50 (Abb. 1.72) ist an die lagunären Sedimente auf Grundlage der Geologischen Karte und Auswertungen der Bodenschätzung gekoppelt und wurde im Weiteren auf Grundlage der Nachweise von Maibolt (BK25, Bodenschätzung), der Höhenlage (DGM5) und älteren Bodenprofilbeschreibungen auf Plausibilität geprüft. Die Differenzierung in die sulfatsaure und die eisenreiche Varietät beruht auf den kartierten Merkmalen der Bodenschätzung (Maibolt) und auf den an die Nutzung angepassten mittleren Grundwasserständen. Die schwefelarmen lagunären Ablagerungen sind lediglich als Organomarschen (im Bodentyp ohne Zusatz sf oder e, ohne Zusatz p im Gr-Horizont) gekennzeichnet.

## Knickmarsch

Die Knickmarsch ist durch einen dichtlagernden tonreichen Horizont (Sq) oberhalb 40 cm unter GOF beginnend und einen darüber liegenden wechselfeuchten Horizont (Sw) definiert (Abb. 1.74). In der Vergangenheit wurde der Bodentyp Knickmarsch als Normtyp auf brackischen Sedimenten verwendet und nach der alten Nomenklatur auch als Brackmarsch ausgewiesen. Im Rahmen der BK50-Erstellung wurden in Niedersachsen Vergleichsprofile aufgenommen und intensiv untersucht, um Merkmale des Sq-Horizontes und Abgrenzungskriterien zu Pseudogleyen herauszuarbeiten (DONNERHACK & GEHRT 2015). Daraus resultierend wurden bei der Kartierung der BK50 folgende Rahmenbedingungen für Knickmarschen festgelegt:

- Auf Standorten mit epilitoralen Ablagerungen und/oder Unterlagerung mit lagunären Sedimenten, bei denen die Prozesse der Schwefeldynamik in den oberen 40 bis 60 cm abgeschlossen sind, werden Knickmarschen ausgewiesen.
- Der Sq-Horizont hat als Endstufe der Schwefeldynamik auffällige Eisenhydroxid-Merkmale.
- Hohe Tongehalte, eine geringe Durchlässigkeit im wassergesättigten Zustand (der kf-Wert liegt bei 1 cm pro Tag) oder eine geogene Schichtung von leichteren über schwereren Ablagerungen sind in Knickmarschen häufig auftretende Bedingungen. Die Ausweisung der Knickmarschen in der BK50 erfolgte nur, wenn von einer deutlichen Schwefeldynamik ausgegangen werden konnte. Dichtlagerungen aufgrund der Textur oder von Verdichtung sind als Pseudogleye anzusprechen (in der BK50 nicht umgesetzt, vgl. Kap. 1.4.2.3).

Hinter diesen Kriterien steht die Annahme, dass die Dichtlagerung des Sq-Horizontes durch den Versauerungsschub in der Jarosit-Phase aufgelöst wurde. Mit der Verdrängung der Calcium-Belegung von den Tonoberflächen geht die Gefügestabilität verloren. Die Genese der Knickmarschen ist nicht vollends geklärt und erfordert weitere Untersuchungen. Als Sonderformen sind die tiefen Knickmarschen über Organomarschen oder über Gleyen zu betrachten.



Abb. 1.74: Exemplarische Darstellung und Horizontbezeichnung einer Knickmarsch.

Knickmarschen haben mit ihrer Staunäse besondere Standorteigenschaften. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt in den lagunären Senken östlich Krummhörn bzw. nördlich von Emden. An der Weser finden sich nur wenige kleine Areale, an Oste und Elbe treten fast keine Knickmarschen auf. Damit ist die Knickmarsch in Niedersachsen ein eher seltener Boden. Hinzu kommt, dass zahlreiche Knickmarschen inzwischen durch flache Umbrüche und Planierungsarbeiten melioriert wurden und nicht mehr erkennbar sind. Gut entwickelte Knickmarschen finden sich eher im alten, nicht meliorierten Grünland. Die Knickmarsch hat eine natur- und kulturgeschichtliche Bedeutung, denn Voraussetzung für die Auslösung der Prozesse der Schwefeldynamik und somit auch der Gefügestabilisierung ist der Eingriff des Menschen in den Wasserhaushalt.

Die Kartierung der Knickmarschen erfolgte auf Grundlage der Verbreitung der epilitoralen Sedimente im Übergang zu lagunären Sedimenten in entsprechender Höhenlage über NN und der Auswertung der Bodenschätzung (Grünland-Klassenzeichen TII oder TIII mit relativ geringen Bodenzahlen sowie Hinweise auf Knickhorizonte in den Merkmalsbeschreibungen der Bodenschätzung).

## Haftnässemarsch

Die Haftnässemarsch ist eine Sonderform der Marsch mit Stauwassereinfluss. Haftnässe entsteht, wenn das Bodenwasser durch fehlende Grob- und Mittelporen nicht versickern kann bzw. aufgrund einer Feinporendominanz durch die Adsorptionskräfte gegen die Schwerkraft im Boden gehalten wird. Bei einer Dominanz der Kornfraktionen von 2 bis 125 µm (Feinschluff bis Feinstsand) ist dies bei jungen schluffigen Grodensedimenten gegeben. Diese Bedingungen werden verstärkt, wenn durch die anthropogene Beeinflussung (z. B. Anlage von Gräben (= Gruppen) und anschließende Einebnung) die geogene Schichtung aufgehoben und das Material homogenisiert wurde. Die Voraussetzungen für die Bildung von Haftnässemarschen sind im Grundsatz im Kehdinger Neuland gegeben und wurden dort von MÜLLER (1985) beschrieben. In anderen Gebieten Niedersachsens werden in der BK50 keine Böden mit Haftnässe ausgewiesen.

Unter den heutigen Bedingungen sind die hydromorphen Merkmale oberhalb 60 cm bei einem mittleren Grundwasserniedrigstand (MNGW) von 160 cm und einem mittleren Grundwasserhochstand (MHGW) von 60 cm nicht durch Grundwassereinfluss zu erklären (Abb. 1.71). Hierzu sind zwei Punkte anzumerken: Einerseits wurde das Kehdinger Neuland erst um 1970, also vor vergleichsweise kurzer Zeit, abschließend eingedeicht. Damit sind hydromorphe Merkmale, die bis in den Oberboden reichen, reliktsch und auf den tidalen Einfluss zurückzuführen. Andererseits bestanden und bestehen Entwässerungsprobleme, denen mit unterschiedlichsten Drainageverfahren mit mäßigem Erfolg begegnet wurde. Die Abgrenzung der Haftnässemarsch von den Kalk- oder Kleimarschen ist also im Einzelfall an den Merkmalen nicht eindeutig festzumachen.

Die bodenkundliche Kartieranleitung definiert die Haftnässemarsch mit dem Horizont Sg (Abb. 1.71). Die Unterscheidung von reliktschen oder subrezentenen Go-Merkmalen ist allerdings schwierig. Aus Sicht des Bodenschutzes hat die Haftnässemarsch eine besondere Standorteigenschaft, wobei die Vernässung mit Vernässungsgrad 1–2, in Ausnahmen bis Vernässungsgrad 3, nicht außergewöhnlich hoch ist.

Die Ausweisung der Haftnässemarsch in der BK50 erfolgte auf Grundlage der Bodenarten der Bodenschätzung (schluffige Bodenarten) auf den Sedimenten der jungen Groden (Ablagerungen nach 1600 und Höhenlage bis >2 m ü. NN). Die Beschreibung als Haftnässemarsch folgt den Ausführungen von MÜLLER (1955).

## Bemerkung zur Dwogmarsch

Der Bodentyp Dwogmarsch beruht auf dem Vorkommen von reliktschen Ah-Horizonten, den Dwögen (Abb. 1.71 rechts). Dwöge sind ehemalige Ah-Horizonte, die im Zuge der Meerestransgression von jüngeren Sedimenten überdeckt wurden. Sie kommen verbreitet in den Uferwällen und epilitoralen Sedimenten vor. Damit handelt es sich um Überlagerungen von zwei Böden, die i. d. R. mit „Kleimarsch über fossiler Kleimarsch“ zu beschreiben wären. Solche Bodenkomplexe werden nach der deutschen Bodensystematik nicht ausgewiesen. In der BK50 entfällt somit dieser Bodentyp. Liegen dagegen Überlagerungen von zwei verschiedenen Bodentypen vor, werden diese in der BK50 genannt. Der in Abbildung 1.71 gezeigte Marschhufenboden über Kleimarsch ist ein Kultsol, der durch die Anlage von Marschhufenbeeten ab dem 11. Jh. an der Unterelbe entstand (vgl. Kap. 1.4.2.9).

#### 1.4.2.9. Anthropogene Böden und Kulturosole

Nach der bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) werden die anthropogenen Böden und Kulturosole in die Klasse der terrestrischen anthropogenen Böden eingruppiert. Sie werden je nach Art der Beeinflussung als quasinatürlich (Kolluvium), aus kontinuierlichem Auftrag (Plaggenesch), nach einem einmaligen Tiefumbruch (Trepasol n. AD-HOC-AG BODEN 2005) oder wiederkehrendem Eingriff (Rigosol) gegliedert.

##### Kolluvisole

Als Kolluvisole werden Böden aus umgelagertem, homogenisiertem, humosem Bodenmaterial (M-Horizont) bezeichnet. Sie werden zu den anthropogenen Böden gestellt, da sie durch

anthropogen verursachte Prozesse (z. B. Bodenerosion, Hangverlagerung durch Pflügen) entstehen (Abb. 1.75).

Den Kolluvisolen gemein ist ihr holozänes Alter und, je nach abgetragenem Bodenmaterial, ein geringer bis mittlerer Humusgehalt. Das Material ist so vielfältig wie die Gesteine und Böden im Erosions- bzw. Herkunftsgebiet. Aus diesem Grund werden die Kolluvisole in der BK50 in Abhängigkeit vom Einzugsgebiet unterschiedlich beschrieben (vgl. Kap. 1.3.9). So kann man aus Farbe oder Bodenart Rückschlüsse auf die erodierten Böden ziehen. Im Grundsatz können sich in Kolluvisolen, wie bei den terrestrischen Böden, initiale, verbrauchte bis podsoliierte Stadien finden. In der BK50 wird lediglich der Normtyp mit einem verbrauchten und entschichteten M-Horizont dargestellt, sofern diese Merkmale nicht durch Grund- oder Stauwasser überprägt sind. Abbildung 1.76 zeigt ihre Verbreitung in Niedersachsen auf Grundlage der BK50.



Abb. 1.75: Merkmale der Bodenerosion.

Bei Niederschlägen kommt es ohne Vegetationsbedeckung in Hanglagen zur Erosion und am Unterhang und in Senken zur Akkumulation von Abschwemmmassen. Aus diesen Sedimenten entstehen die Kolluvisole.

Für den Bodenschutz sind Kolluvisole hinsichtlich ihrer zumeist hohen Ertragsfähigkeit von Bedeutung. Eine Besonderheit sind Kolluvisole in Tschernosemgebieten mit ihren dunklen bis schwarzen M-Horizonten, wie sie z. B. bis zu 2 m mächtig im Ostbraunschweigischen Hügelland über Tschernosem vorkommen. Abbildung 1.77 veranschaulicht anhand von Profil-

beispielen, dass grundsätzlich schwarze Horizontmerkmale aus Tschernosem-Material und dunkelgraue Horizontmerkmale aus Tschernosem-Parabraunerde-Material zu unterscheiden sind (vgl. Kap. 1.4.2.2). Kolluvien in Tschernosemgebieten verdienen sowohl als Kohlenstoffsenke wie auch als Archiv für die Natur- und Kulturgeschichte besondere Beachtung.

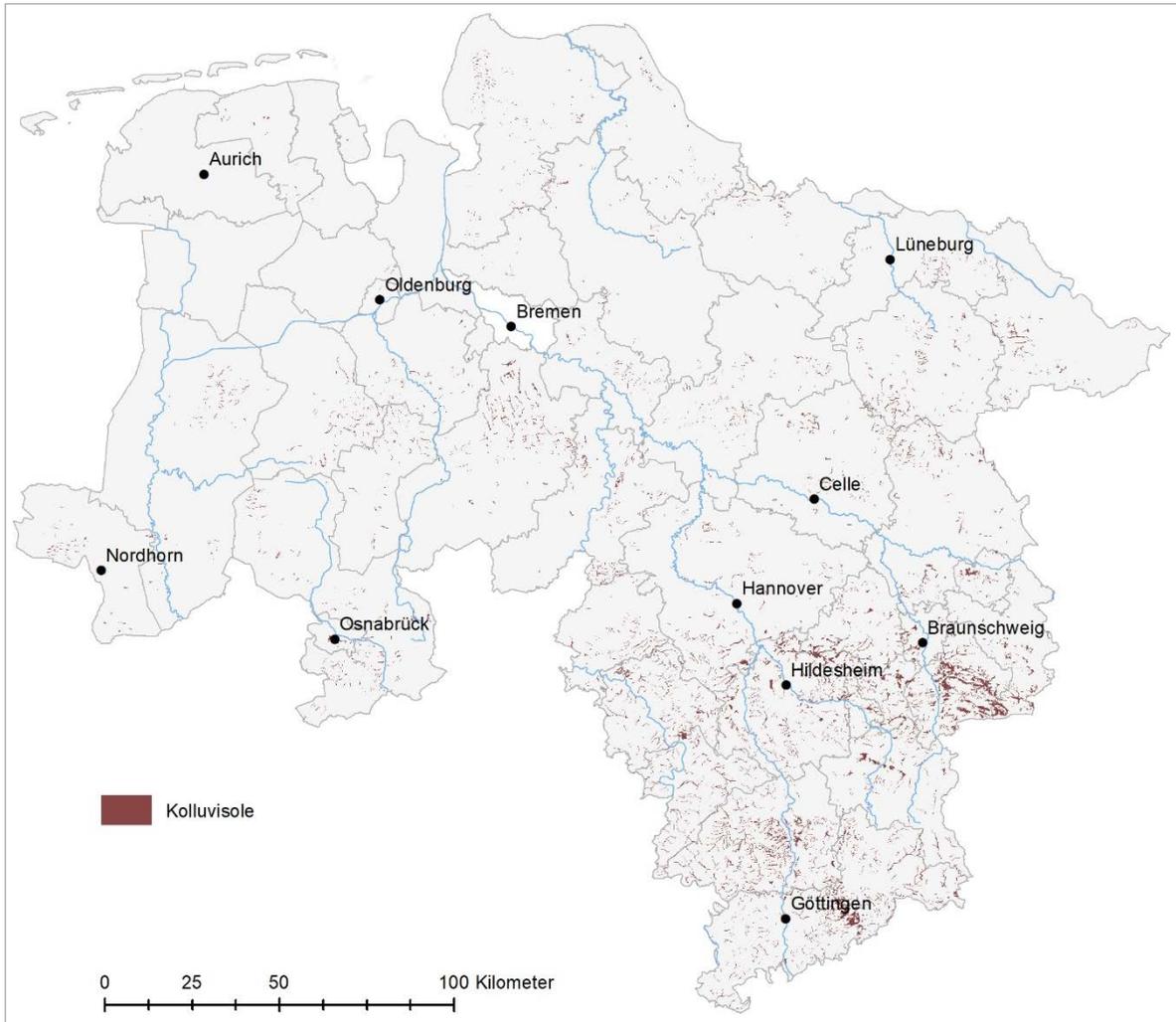


Abb. 1.76: Verbreitung der Kolluvisole.

In der Geologischen Karte wird das umgelagerte Material als Abschwemmmasse (z) oder als Abschwemmmasse bis fluviatile Ablagerung (z-f) beschrieben. Im Maßstab 1 : 50.000 sind nur größere Rinnen darstellbar, die durch randliche Einschwemmung oder Schwemmfächer im Regelfall weder einen ebenen Talboden noch mäandrierende Gewässerverläufe aufweisen. Als Richtwert zur Abgrenzung wurde für die BK50 eine Einzugsgebietsgröße von >40 bis 1.000 ha angenommen (vgl. Kap. 1.3.9).

Abschwemmmassen treten bei ackerbaulicher Nutzung auch in kleineren Einzugsgebieten, Hangstufen, Hangdellen oder Unterhängen auf. Diese lassen sich im Maßstab 1 : 50.000 i. d. R. nicht darstellen und werden in der BK50 in die umgebenden Einheiten integriert. Hinweise auf potenzielle kolluviale Ablagerungsgebiete können ggf. Auswertungen von digitalen Höhenmodellen, wie z. B. der Sedimentbilanzindex im Kartenserver des LBEG oder Auswertungen mit *Erosion3d*, geben. Da die historische Landschaftsgliederung heute aber weitgehend überprägt ist, ist zur Erfassung i. d. R. eine Detailkartierung notwendig.

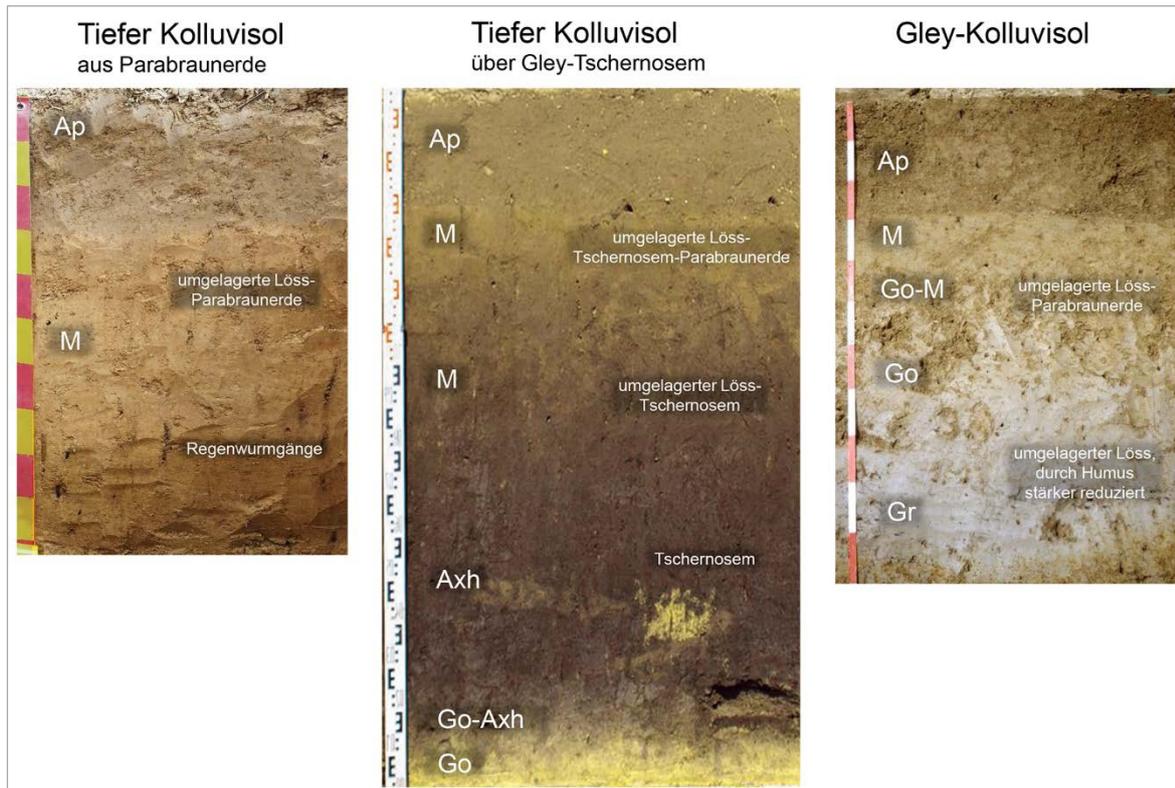


Abb. 1.77: Profilbeispiele von Kolluvisolen und deren Horizontbezeichnungen.

Links: Der tiefe Kolluvisol aus Parabraunerde ist durch Humus leicht grau gefärbt und im Bergland weit verbreitet.

Mitte: Im Ostbraunschweigischen Hügelland finden sich in den weiten Ebenen tiefe Kolluvisole über Gley-Tschernosemen. Die Zweiteilung in den unteren Kolluvisol aus Tschernosem und den oberen Kolluvisol aus Tschernosem-Parabraunerde (Mittelalter und jünger) ist häufig anzutreffen (Aufnahme: F. Brosch, M. Benatzky, Kreisarchäologie Helmstedt).

Rechts: Gley-Kolluvisole sind in den Senkenbereichen des Berglandes verbreitet. Unter Wassereinfluss kommt es zu anaerobem Humusabbau und Bleichung.

## Kultosole

Als Kultosole werden anthropogene Böden zusammengefasst, deren Profile durch Meliorations- oder Kulturmaßnahmen bis in eine Tiefe von mehr als 40 cm umgestaltet wurden (Tiefumbrüche, Sandmischkulturen, Baggerkuhlungen, Spittkulturen etc.). Sanddeckkulturen sind i. d. R. nicht mächtiger als 20 bis 30 cm. Da diese Böden in Niedersachsen mit z. T. hohen Flächenanteilen vorkommen, wurde bei der Erstellung besonderer Wert auf deren Erfassung, Aktualität und Darstellung gelegt. Einen Überblick über die in der BK50 verwendeten Kultosole gibt Tabelle 1.21. Die Abbildungen 1.78 und 1.79 zeigen beispielhaft Erscheinungsfor-

men von Kultosolen. Die Abbildung 1.80 veranschaulicht ihre Verbreitung in Niedersachsen. Für die Benennung der Kultosole gelten in Anlehnung an die Erfassungsanweisung des LBEG folgende Regeln:

- Im Wesentlichen wird bei Kultosolen je nach Meliorationsart die Verteilung der Bodenarten im Profil verändert. Die Meliorationsart führt zu einer eigenen Klasse, wenn die Verteilung der Bodenarten ein eigenständiges Muster erkennen lässt. Im Grundsatz werden flächenhaft relevante Aufträge, Tiefumbrüche (i. d. R. mit 135° Überkippung des ursprünglichen Bodens), Fräskulturen (gleichmäßige tiefe Durchmischung) und durch Umsetzung veränderte Böden unterschieden.

- Anthropogene Böden werden sowohl in der geologischen als auch in der bodentypologischen Beschreibung in Anlehnung an die anthropogene Überprägung gegliedert und benannt (vgl. Tab. 1.21). Die eindeutige Bezeichnung der Melioration im Bodentyp erleichtert Abfragen im Datenbestand und die Kommunikation mit den Anwendern.
- Die Kulturmaßnahme wird zur deutlichen Kennzeichnung im LBEG als Hauptbodentyp (Tiefumbruchboden, Spittkulturboden, Marschhufenboden etc.) geführt. Die Ableitung und Zuweisung der anthropogenen Bodentypen erfolgt direkt aus der Angabe der Geogenese (GEOGE) und wird ggf. im Nebenbodentyp durch Angaben zum Wassereinfluss modifiziert. Rezente pedogene Merkmale (terrestrisch wie auch semiterrestrisch) werden also nachrangig behandelt.
- Die Ausgangsböden werden im LBEG als Kleinbuchstaben dem Bodentyp des Kultosols nachgestellt (z. B. YUhh = Tiefumbruchboden aus Hochmoor, YMmn = Marschhufenboden aus Kleimarsch). Dies weicht von der bodenkundlichen Kartieranleitung (vgl. AD-HOC-AG BODEN 2005: 233ff.) ab. Dort wird der Ausgangsboden mit einem Bindestrich vorangestellt (HNYU = Tiefumbruchboden aus Niedermoor). Diese Schreibweise wird nicht angewendet, da vorgestellte Angaben für Übergangsbodentypen verwendet werden (GYUhn = Gley-Tiefumbruchboden aus Niedermoor).
- Kultosole kommen sowohl auf (kultivierten) Mooren (Abb. 1.78) als auch auf terrestrischen und semiterrestrischen Böden (Abb. 1.79) vor. Die Kultosole in der Marsch werden aufgrund der Schwefeldynamik gesondert behandelt.
- Moore mit Grundwasserabsenkung (Erd- und Mulmmoore) werden im LBEG in Abweichung zur bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) nicht zu den Kultosolen gestellt, sondern als Varietäten der Moore aufgefasst. Sie werden damit wie die Gleye mit Grundwasserabsenkung behandelt. Die potenzielle Absenkung der Grundwasserstände durch die Kulturmaßnahmen wird in Angaben zu den relik-tischen Grundwasserständen und in den Anmerkungen vermerkt.

Aus der Sicht des Bodenschutzes sind folgende Punkte für die BK50 zu beachten:

- Kultosole sind Archive der Kulturge-schichte. In Anlehnung an die Kriterien des Bodenschutzes werden Kultosole, deren Ursprung in der vorindustriellen Zeit liegt, in der BK50 besonders berücksichtigt (vgl. BUG et al. 2019). Dies erfolgt sinngemäß mit der Definition von historisch alten Waldstandorten mit einem Mindestalter von 200 Jahren.
- Kulturmaßnahmen dienen der Melioration und/oder Rekultivierung. Aus landwirt-schaftlicher Sicht sollen sie im Regelfall eine Verbesserung der Nutzbarkeit des Standortes und eine höhere Ertragsfähig-keit bewirken. Hinsichtlich der Bodenfruchtbarkeit gilt dies z. B. für den Plaggenesch, aber auch für kultivierte Moore oder Spül-flächen (z. B. bei Riepe).
- In der BK50 werden nicht alle anthropoge-nen Eingriffe im Bodentyp gekennzeichnet. Nicht ausgewiesen werden beispielsweise Hortisole und Rigosole. Fehnkulturböden sind ebenfalls nicht dargestellt, da über de-ren Verbreitung und Profilaufbau nur wenig bekannt ist und diese bisher nicht hinrei-chend untersucht worden sind.
- Böden in Abtorfungsgebieten werden in den Anmerkungen als „abgetorft“ gekenn-zeichnet. Bodentypologisch sind dies ent-weder Mineralböden (z. B. Gleye oder Pod-sole) oder z. B. Erdhochmoore aus Rest-torfen.
- Auf- und Abtragsgebiete werden in der BK50 bodenkundlich nicht beschrieben, da die Böden in diesen Arealen sehr hetero-gen sind und über deren Aufbau und Zu-sammensetzung zu wenig bekannt ist.

Tab. 1.21: Übersicht über die verwendeten anthropogenen Bodentypen mit Angaben zum Zeitraum der Maßnahme, Relevanz für den Bodenschutz und Abgrenzungskriterien.

Anthropogene Böden								
Kürzel	Bodentyp	diag-nostischer Horizont	Geologie	Zeitraum	Relevanz für Bodenschutz	Anmerkungen	Abgrenzungshinweise aus	Literatur
<b>Mineralische anthropogene Böden</b>								
K	Kolluvisol	M	z-f	ab Neolithikum	kulturgeschichtliche Bedeutung, natürliche hohe Bodenfruchtbarkeit	in BK50 nur talgebundene Kolluvisole	GK50, Reliefkarte, Einzugsgebietsgröße	BORK (1988)
E, Eb	Grauer Plaggenesch, Brauner Plaggenesch	E bE	yp	ab 1100	kulturgeschichtliche Bedeutung, hohe Bodenfruchtbarkeit	Entstehung der Plaggenesche auf Sandlöss nicht geklärt	Konzeptkarte Esch, Historische Karte	ECKELMANN (1980)
YW	Wölbacker	wR	yw	ab 1100	kulturgeschichtliche Bedeutung	in BK50 nur attributär und selektiv	Bodenschätzung	SCHMOOCK & GEHRT (2017), BARTUSSEK (1982)
YU*	Tiefumbruchboden (Trepasol)	uR	tug	ab 19. Jh.	keine	im Regelfall Podsol-Tiefumbrüche, aber auch Brauneisengleye	Bodenschätzung	KUNTZE (2014)
YS	Fräskulturboden, Spargelkulturboden	sR	yas	ab 19. Jh.	keine	Fräskulturen von Brauneisengleyen bei Uetze	Bodenschätzung	CAPELLE & BURGHARDT (2007)
<b>Kultivierte Moore</b>								
YD\HN YD\HH	Sanddeckkultur über Nieder- oder Hochmoor	dC	ydk	ab 19. Jh.	keine		Bodenschätzung	KUNTZE (2014)
MN/H*	Moormarsch	Go	eps/h*	ab 18. Jh.	keine	nicht sicher von natürlichen Bildungen abgrenzbar	Bodenschätzung	SPOHN, MALSY & GIANI (2008)
YT	Spittkulturboden	tR	yt	ab 11. Jh.	kulturgeschichtliche Bedeutung		Bodenschätzung	FLEISCHMANN & VOIGT (1963)
YUh*	Tiefumbruchboden (aus Moor)	uR	smk, tug (hn)	ab 19. Jh.	keine		Bodenschätzung	LORENZ & WIELAND (1983), ZEITZ (2014)
YBhh	Baggerkuhlungs-boden	bR	ybk	ab 20. Jh.	keine		GK50, Bodenschätzung	GÖTTLICH (1990)
<b>Kultusole der Marsch</b>								
YM	Marschhufenboden	mR	ymb	ab 11. Jh.	kulturgeschichtliche Bedeutung		Uferwall, Nutzung	KREUZBERG (2013)
K	Kolluvisol der Marsch	M	yzg	ab 19. Jh.	z. T. besondere Standorteigenschaften: nass, sulfatsauer		Relief, BK25	keine
YU	Tiefumbruchboden	uR	yu	20. Jh.	keine	planierte Böden im Alten Land	Bodenschätzung	keine
natürlicher Bodentyp	wie natürliche Bodentypen nach Kartieranleitung	Go	ysp	20. Jh.	z. T. natürliche hohe Bodenfruchtbarkeit; z. T. besondere Standorteigenschaften: nass, sulfatsauer	Spülfelder	Bodenschätzung, topografische Karte, GK50	SCHÄFER, KUNTZE & BARTELS (1987)

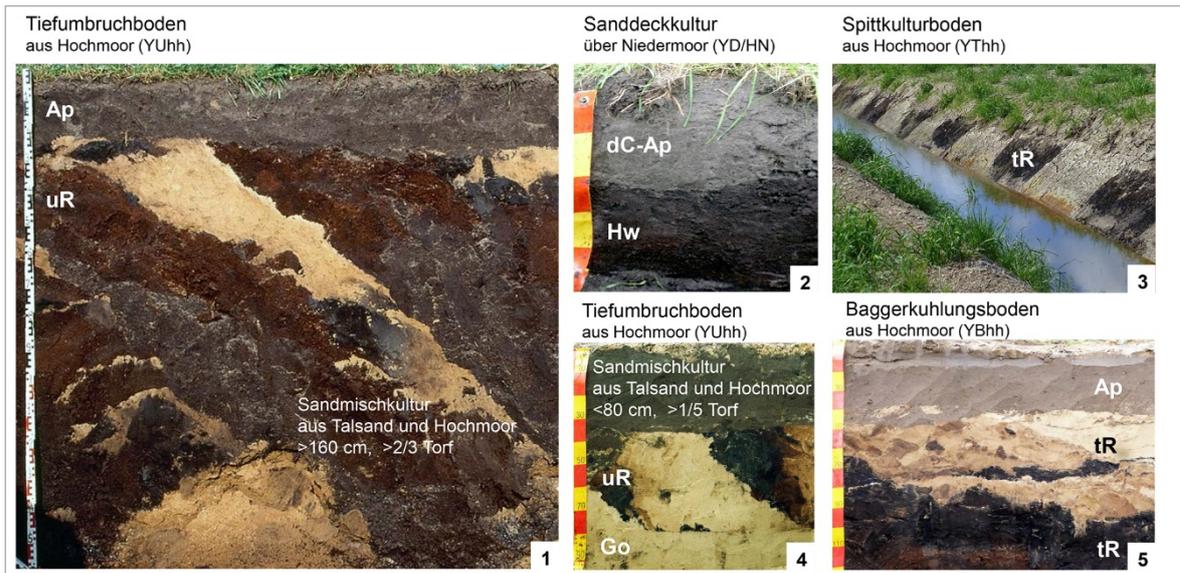


Abb. 1.78: Beispiele für Kulturosole aus Mooren: Sandmischkultur, Sanddeckkultur, Baggerkühlungs- und Spittkulturboden.

1. Tiefumbruchboden aus dem Umbruch eines mächtigen Hochmoores (Kulturart Sandmischkultur mit 135° überkippten Torf-Sandbalken),
2. Sanddeckkultur (ca. 20 cm mächtige Sanddecke über Niedermoor auf Grünland),
3. Spittkulturboden (Gewinnung von Schwarztorf und Ablage der Weißtorfdecken in Gräben),
4. Tiefumbruchboden aus Hochmoor aus dem Umbruch eines mittleren Hochmoores (Kulturart Sandmischkultur mit 135° überkippten Torf-Sandbalken),
5. Baggerkühlungsboden (mit ca. 40 bis 60 cm mächtiger Sanddecke aus den liegenden Schichten über dem gekühlten und durchmischten Hochmoortorf).

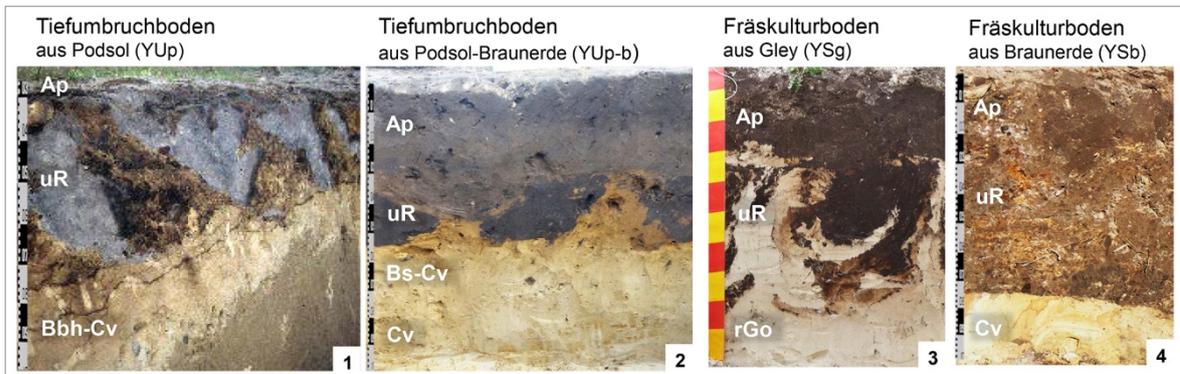


Abb. 1.79: Beispiele für Tiefumbruchböden und Fräskulturböden aus Mineralböden.

1. Tiefumbruchboden aus einem Podsol (Kulturart Tiefumbruch mit 135° überkippten Sandbalken),
2. Tiefumbruchboden aus einer Podsol-Braunerde (Kulturart Tiefumbruch mit 135° überkippten Sandbalken),
3. Fräskulturboden aus Gley (maschinelle Vorbereitung eines Spargelfeldes durch Tieffräsen mit charakteristischen Spuren),
4. Fräskulturboden aus Braunerde (intensive Vermengung der Bodenhorizonte der Braunerde).

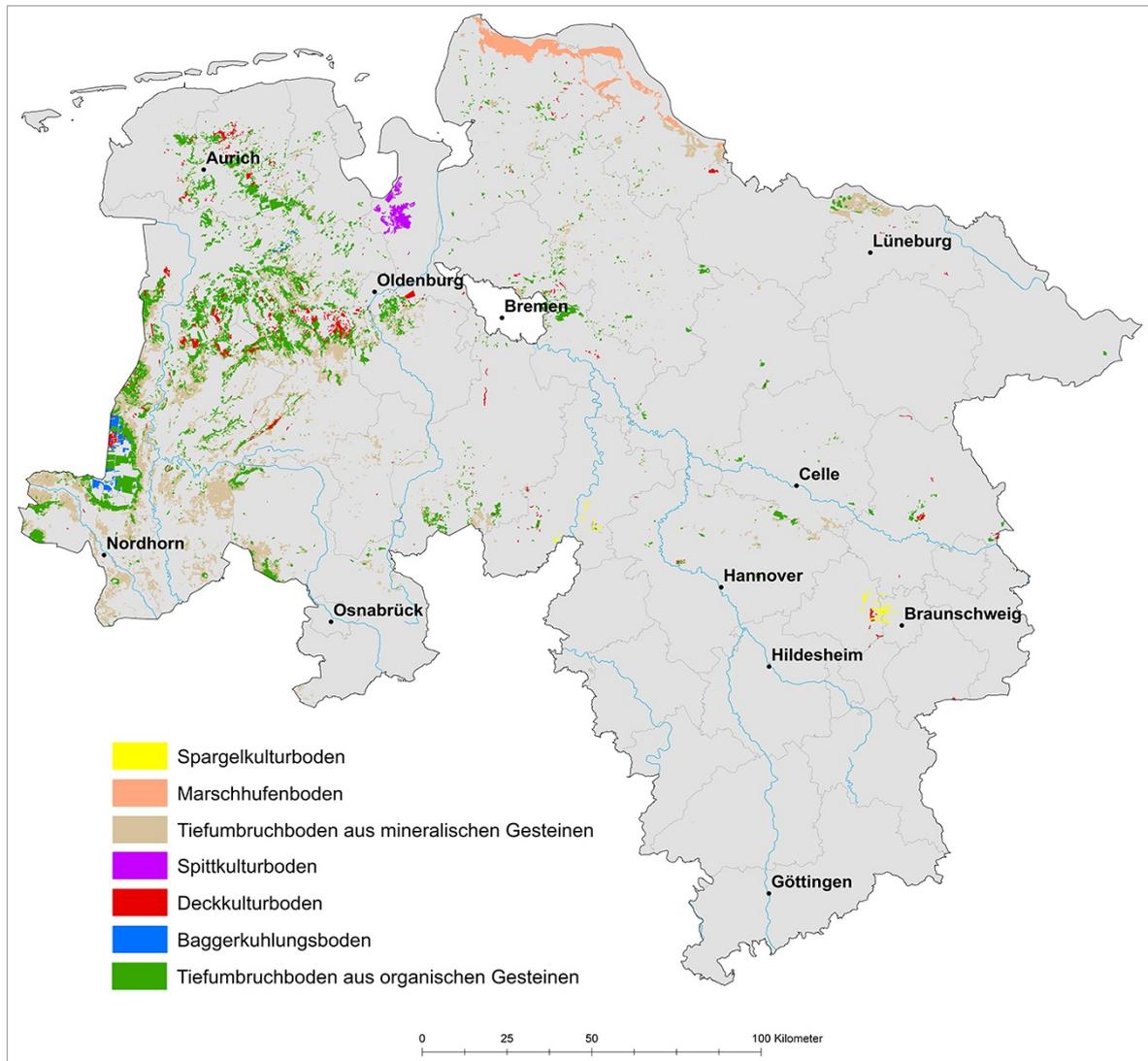


Abb. 1.80: Verbreitung der Kulturosole (ohne Plaggengesche).

Plaggenesche sind kulturgeschichtlich bedeutende Böden, da sie ein Zeugnis alter Bewirtschaftungsformen sind. Die jahrhundertelange Plaggendüngung hat zum Auftrag eines mehr als 40 cm mächtigen humosen Horizontes geführt und damit die Eigenschaften der Böden verbessert und die Ertragsfähigkeit erhöht. In Abhängigkeit vom Herkunftsgebiet der aufgebrauchten Plaggen wird zwischen dem braunen Plaggenesch aus Plaggen schluffreicherer Standorte und dem grauen Plaggenesch aus sandigen Heideplaggen unterschieden, sie werden als solche in der BK50 ausgewiesen (Abb. 1.81 und 1.82; vgl. ECKELMANN 1980, BUG et al. 2019).

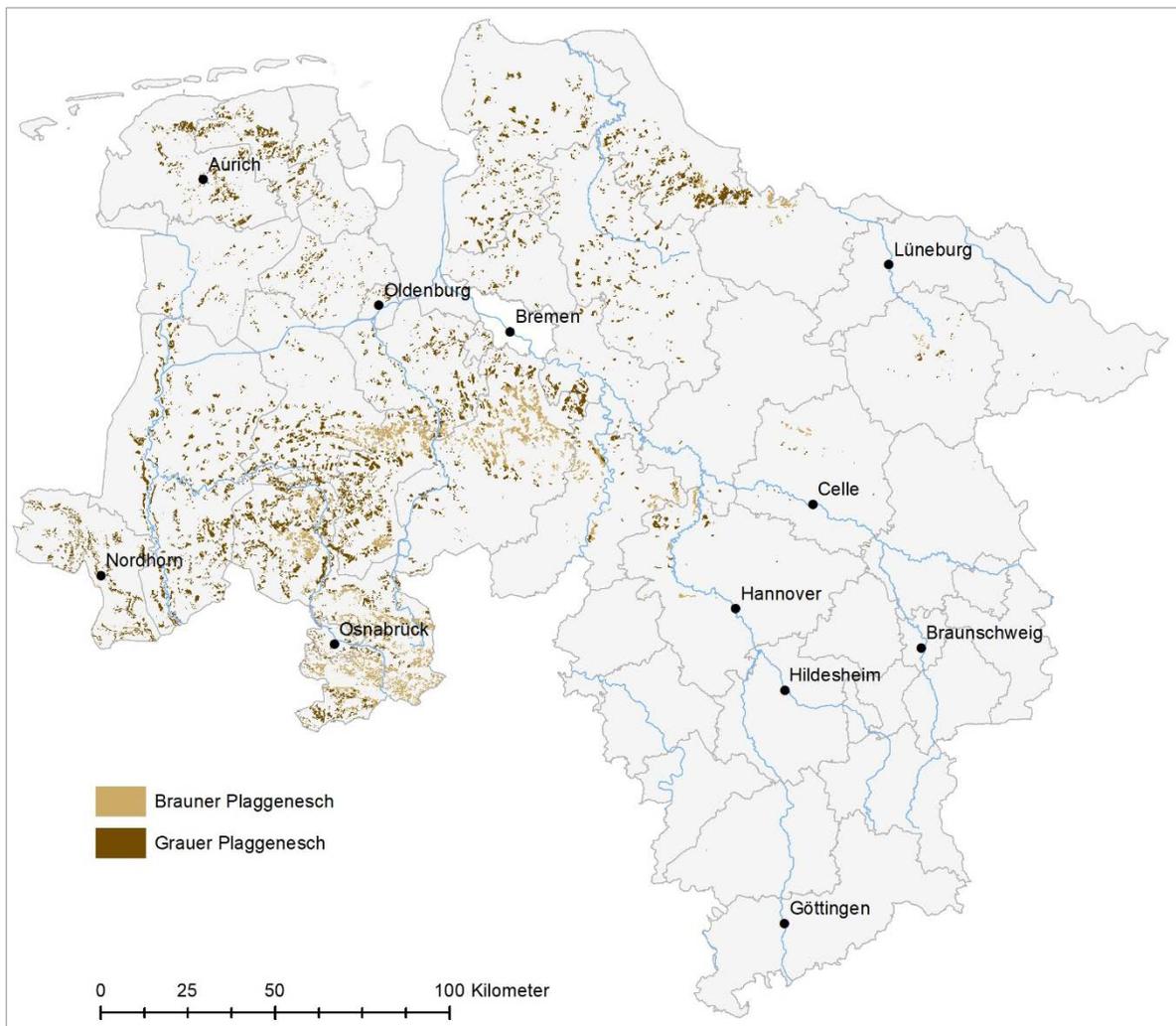


Abb. 1.81: Verbreitung der Plaggenesche.

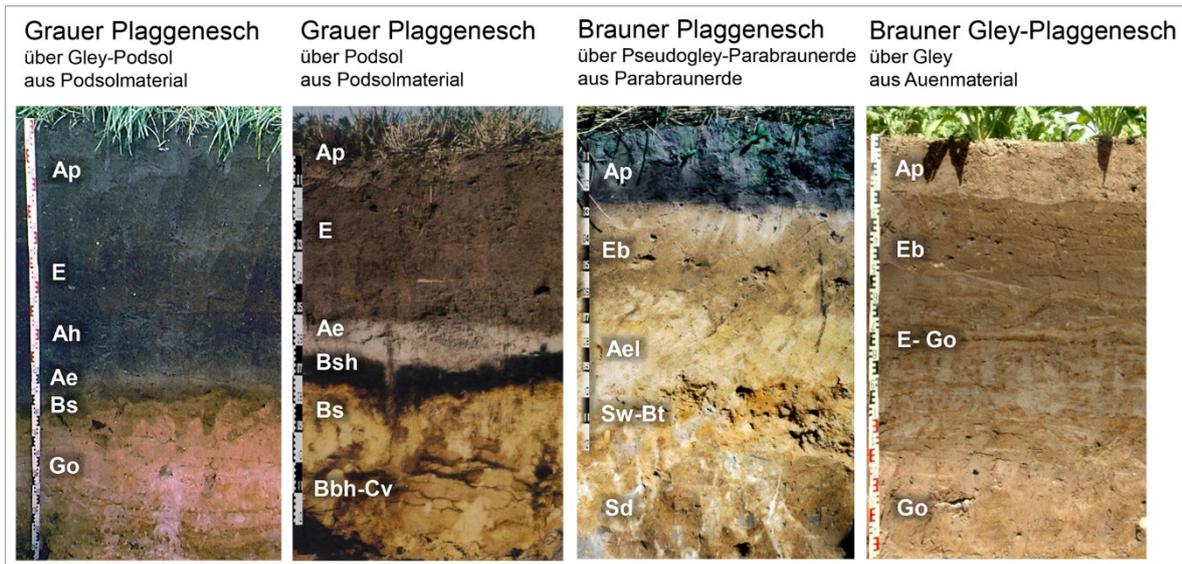


Abb. 1.82: Beispiele für graue und braune Plaggenesche.

## 1.5. Ausblick

Bereits bei der Erstellung der BK50 war erkennbar, dass einige Themenfelder nicht bearbeitet werden konnten. Auch wenn die Erstellung im Kern in einem Zeitraum von nur 10 Jahren erfolgte, sind während der Bearbeitung Verbesserungsmöglichkeiten erkennbar deutlich geworden. Auf konzeptionelle Änderungen oder die Einführung neuer und noch aktuellerer Daten wurde jedoch zugunsten einer einheitlichen Bearbeitung verzichtet. Daraus resultieren folgende Punkte, die bedacht und realisiert werden müssen:

1. Fehlerkorrekturen und Aktualisierungen bzw. Nachführung neuer Informationen (Höhenmodell DGM1, Bodenschätzung, Landbedeckung),
2. Validierung von Kennwerten der Leitprofile durch Anbindung von Messnetzen an die BK50,
3. systematische Behandlung ungeklärter Fragen mit Bodenschutzrelevanz,
4. bodenkundlich-geologisch integrative Landesaufnahme.

### Zu Punkt 1

Dieser Punkt betrifft die Pflege, Fortschreibung und Aktualisierung der BK50. Durch die Anwendung der Bodenkarte und Rückmeldungen von Nutzern werden Fehler und Verbesserungsmöglichkeiten in der BK50 deutlich. Darüber hinaus werden wesentliche Quellen der BK50 kontinuierlich aktualisiert. So ergeben sich z. B. aufgrund aktualisierter Bodenschätzungsdaten, insbesondere bei den Kultursolen, örtlich relevante Änderungen. ATKIS®-Daten werden ebenfalls regelmäßig aktualisiert und bilden dann ggf. eine veränderte Landbedeckung ab. Derzeit werden Fehlermeldungen und Aktualisierungsforderungen gesammelt, um in einem noch zu definierenden Arbeitsablauf die BK50-Grundkarte als Version 2 zu aktualisieren. Mit Abschluss dieser Arbeiten zu einem noch festzulegenden Stichtag wird auf Grundlage der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Landbedeckung die aktualisierte BK50-Version 2 nutzungsdifferenziert.

### Zu Punkt 2

Wie schon angesprochen, ist sowohl die Repräsentanz der Leitprofile als auch die Prüfung der beschreibenden Kennwerte mit unabhängigen Profil- und Labordaten im Sinn der Qualitätssicherung notwendig (GEHRT & GENSIOR 2019). Mit den Daten der Bodendauerbeobachtung

(BDF), der Bodenzustandserhebung (BZE), der Musterstücke der Bodenschätzung (MST) und der Forstlichen Standortkartierung sowie der Labordatenbank des LBEG liegen hinreichend gute Messdaten vor. Diese Datenbestände werden heute weitgehend isoliert gepflegt und entwickelt. Hier wäre eine integrative datenbanktechnische und vor allem inhaltliche Abstimmung der Beschreibungen zielführend. In diesem Zusammenhang wäre der Aufbau einer Datenbank mit Horizont-Substratgruppen und resultierenden Bodenprofilen sinnvoll, auf die alle vorliegenden Laborergebnisse der verschiedenen Quellen referenziert werden könnten. Davon würden sowohl die Qualität der Messnetze als auch die Bodenflächendaten profitieren.

### Zu Punkt 3

Hier sind die Themen zu nennen, die während der Erstbearbeitung der BK50 nicht zufriedenstellend erarbeitet werden konnten:

#### Moore

Bei den Mooren steht insbesondere die Bearbeitung der Mooregebiete der Ostfriesischen Geest, der Jümme-Leda-Niederung und der Hunte-Niederung aus. In diesen Gebieten liegen keine bodenkundlich abgesicherten Kenntnisse zur kulturellen Überprägung durch Moorbrand- und Fehnkulturen vor. Für ganz Niedersachsen gilt, dass die Tiefumbrüche von Moorstandorten überprüft werden müssen. Über den Niedermoortorfen des Berglandes finden sich verbreitet kolluviale Decken. Diese sind generell zu prüfen und ggf. nachzuführen.

#### Plaggenesche auf Sandlöss

Bei der Bearbeitung der Plaggenesche ist aufgefallen, dass in den Sandlössgebieten der Geest weit verbreitet tiefhumose Böden auftreten, die als braune Plaggenesche kartiert wurden. Da deren Flächenanteil in einigen Gemeinden mit über 80 % viel zu hoch ist, stellt sich die Frage, wie die tiefe Humosität zu erklären ist. Eine mögliche Antwort liegt in einer den Tschernosemen vergleichbaren frühholozänen neolithischen Beeinflussung (URBAN, KUNZ & GEHRT 2011).

#### Vernässte Gebiete

Schon bei der Vorbereitung und Bearbeitung der BK50 wurde deutlich, dass für Mooregebiete mit Wiedervernässung keine hinreichenden Informationen vorlagen. Die Kenntnisse darüber liegen vorwiegend bei den Landkreisen vor und müssten zunächst harmonisiert und digital abgelegt werden. Darüber hinaus gibt es kleinräumig stark vernässte Gebiete ohne landwirtschaftliche Nutzung (Seggenriede, Röhrliche), die von der Bodenschätzung nicht erfasst werden. Hier liegt ein erster Entwurf der methodischen Erfassung vor.

#### Übergänge Pseudogley-Gley

Das Erkennen der Übergänge vom Gley zum Pseudogley (vgl. Kap. 1.4.2.3) ist grundsätzlich schwierig. In der BK50 werden hydromorphe Merkmale in Senkenbereichen primär als Gley-Merkmale gedeutet. Insbesondere auf bindigeren Ablagerungen der Aue können diese Gleye sich bei Grundwasserabsenkung und Setzung zu sekundären Pseudogleyen entwickeln. Dies ist ggf. für die Bodenfunktionen bedeutsam und sollte systematisch untersucht werden.

### Zu Punkt 4

Eine weitreichende strategische Fragestellung für einen geologischen Dienst ist die integrative Landesaufnahme oder die Abstimmung von geologischen, hydrogeologischen und bodenkundlichen Informationsgrundlagen. Wie beschrieben, wird mit der BK50 einerseits eine Übereinstimmung mit der Geologischen Karte von 87 % erreicht (Kap. 1.3.7). Andererseits wurden die geologischen Beschreibungen von 13 % der Landesfläche (insbesondere in der Marsch) modifiziert. Mit dem DGM1 von Niedersachsen steht nun flächendeckend eine wesentlich höher auflösende geowissenschaftliche Informationsgrundlage zur Verfügung. Diese kann als Referenz für die Abgrenzung geologischer, hydrogeologischer und bodenkundlicher Areale genutzt werden. In diesem Zusammenhang wäre auch die Anbindung der 3D-Geologie und 2D-Flächendaten zu berücksichtigen. Um diese Integration zu realisieren, bedarf es allerdings vollkommen neuer Konzepte, Strategien und Datenbankmodelle.

## Auswertungen der BK50

Die BK50 ist das Standardwerk für bodenkundliche Informationen in Niedersachsen. Sie bietet damit die bodenkundliche Grundlage für die Erstellung von Auswertungskarten und Kulissen zu verschiedensten Fragestellungen im Bereich der Planung, Standortbewertung und Beratung.

Zentrale Bedeutung haben Auswertungen für den Bodenschutz. Die Böden Deutschlands und ihre Funktionen sind durch das Bundesbodenschutzgesetz (BBODSCHG 1998) bzw. durch die Ausführungen der Länder (z. B. NBODSCHG 1999) geschützt. In § 2 (2) BBodSchG sind die Bodenfunktionen genauer definiert. Es wird dabei zwischen den natürlichen Funktionen, den Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und der Nutzungsfunktion unterschieden. Böden haben aufgrund ihrer Eigenschaften Bedeutung für Stoffkreisläufe, sind Lebensräume für Pflanzen und Tiere und Standorte für die landwirtschaftliche oder forstliche Produktion. Viele der Bodenfunktionen lassen sich nur mit Hilfe von bodenkundlichen Auswertungsmethoden ableiten, welche z. B. die Funktionserfüllung der Böden im Landschaftshaushalt bewerten. Schon bei der Erstellung der BK50 wurde Wert darauf gelegt, die für die Beurteilung der Bodenfunktionen notwendigen Parameter zu erfassen.

Auswertungen können zudem Aufschluss über potenzielle und aktuelle Gefährdungen des Bodens (Verschlammung, Erosion, Verdichtung) und anderer Umweltgüter, wie z. B. Oberflächengewässer (Erosion, Oberflächenabfluss) oder des Grundwassers (Stoffeintrag) geben. Im Rahmen der standortangepassten landwirtschaftlichen Bodennutzung („gute fachliche Praxis“) sind Kenntnisse über den Boden, seine Eigenschaften und seine Potenziale unabdingbar. Zur umfassenden Beurteilung müssen bei konkreten Fragestellungen und auch bei der Bewertung der Bodenfunktionen die bodenkundlichen Daten der BK50 mit zusätzlichen Informationen zum Klima, Relief und der Landnutzung kombiniert werden. Diese Kombination wird in Auswertungsmethoden und ihren Untereinheiten, den sogenannten Verknüpfungsregeln, vorgenommen (BUG et al. 2020).

Durch die Anwendung von Methoden werden die zum Teil komplexen Informationen einer Bodenkarte, wie etwa der Bodentyp oder auch die Bodenart, für Anwender bewertet und damit verständlich gemacht. Nutzer von bodenkundlichen Auswertungskarten sind insbesondere Landschaftsplaner, Forst- und Landwirte, Wissenschaftler aus anderen Disziplinen oder die Politik und nicht zuletzt der interessierte Bürger. Das Ziel einer Auswertungsmethode ist daher auch immer die qualitative Einstufung einer Eigenschaft, eines Potenzials oder einer Gefährdung des Bodens, um die o. g. Nutzergruppen bei der Interpretation der Daten zu unterstützen.

Während Auswertungskarten eine flächendeckende Information zu einem Sachverhalt und abgestufte qualitative Informationen liefern, sind Kulissen Auszüge aus der Gesamtdatenmenge, die von Interesse für eine bestimmte Fragestellung sind. Eine Kulisse bietet immer eine ja/nein-Information. Beispiele dafür sind die Kulissen der kohlenstoffreichen Böden, der sulfatsauren Böden (HEUMANN, GHERT & GRÖGER-TRAMPE 2018), der benachteiligten Gebiete oder auch die Kulisse der schutzwürdigen Böden in Niedersachsen (BUG et al. 2019). Sie zeigen lediglich die Flächen an, für die ein bestimmter Status (z. B. Schutzwürdigkeit) zutrifft. Kulissen lassen sich häufig direkt aus der BK50 ableiten, in einigen Fällen werden jedoch weiterführende Auswertungen genutzt, die dann über einen Schwellenwert in eine ja/nein-Information überführt werden.

## 2. Teil 2: Erstellung der BK50

ERNST GEHRT, IRMIN BENNE, SVEN EVERTS-BUSCH, KARSTEN KRÜGER & SILVIA LANGNER

### 2.1. Einleitung

Mit dem Konzept zur Erstellung der BK50 wurde eine neue Generation von Bodenkarten und eine an das digitale Zeitalter angepasste Erstellungsweise im Vergleich zur bisherigen konventionellen Kartierung entworfen.

Seit Gründung des damaligen NLFb wurde die bodenkundliche Kartierung in der Regel einzelblattbezogen auf Grundlage zahlreicher 2-m-Handbohrungen mit individuellen Profilaufnahmen und Grenzziehungen durchgeführt. Vorbereitende Arbeiten für die Geländearbeit erfolgten stets analog, Arealabgrenzung und Legenderstellung unterlagen der Subjektivität des Bearbeiters. Die durchschnittliche Bearbeitungszeit lag bei etwa einem Jahr, inklusive ca. 16 Geländewochen pro Kartierer und TK25-Blatt.

Durch die neue Arbeitsweise mit digitaler Einbeziehung bodenkundlich relevanter Informationen konnte mit der BK50 ein gänzlich neues Produkt entwickelt werden. Zahlreiche Daten unterschiedlichster Quellen wurden landesweit gesichtet und bewertet und die langjährige Kartiererfahrung genutzt, um Zusammenhänge ableiten und präprozessieren zu können. Die enge Anbindung an die Datenquellen, insbesondere an die Geologische Karte 1 : 50.000 (GK50), gewährleistet Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Hochauflösende Informationen, die zur Abgrenzung und Beschreibung der Areale führten, begründen die räumlich und inhaltlich hohe Auflösung der Bodenkarte. Durch die landesweit einheitliche Bewertung der Informationen bis zur Erstellung einheitlicher Konzeptkarten ist eine homogene Arbeitsweise gewährleistet, die sich in den Bodenflächendaten widerspiegelt. Mit der Nutzungsdifferenzierung findet die aktuelle Landnutzung Berücksichtigung, die Einfluss auf den Boden hat und sich im Profil niederschlägt. Das Modell der Bodenflächendatenbank erlaubt generelle Fortschreibungen, Korrekturen und Aktualisierungen.

## 2.2. Erstellung der Bodenflächendaten

### 2.2.1. Entwicklung der Verfahrensweise

Die Erstellung der BK50 erfolgte in drei Phasen. In der Konzeptphase wurde Ende der 90er Jahre auf Basis langjähriger Erfahrungen im Rahmen der BK25- und BÜK50-Kartierung eine erste Arbeitsanweisung (NLFb 2002) entwickelt (vgl. Kap. 1.1). Die erste Konzeption wurde während einer Testphase aufgrund leistungsstärkerer Rechner und Geographischer Informationssysteme sowie flächendeckend vorliegender Fachinformationen weiterentwickelt. An drei Beispielblättern (L2928 Bad Bevensen, L3724 Hannover und L4524 Göttingen) wurde im Jahr 2002 zunächst die Umsetzung für den Zielmaßstab 1 : 50.000 getestet. Im Zuge der Bearbeitung wurden die Qualität der Konzeptunterlagen und die definierten Arbeitsprozesse geprüft sowie der Arbeitsaufwand abgeschätzt. Diese Erfahrungen, neu auftretende Fragestellungen und zusätzliche Einzelanweisungen führten zu weiteren Konkretisierungen der „Arbeitsanleitung zur Erstellung der Manuskriptkarte BK50“ (vgl. NLFb 2004), in der die Inhalte der Konzeptkarten, die Zielsetzung des Themas, die prinzipielle Reihenfolge der Einarbeitung in die Manuskriptkarte und die Beschreibung des Wirkungsgefüges sowie technische Arbeitsweisen und Details geregelt wurden. Arbeitsfortschritt und Arbeitsaufwand wurden über den gesamten Zeitraum dokumentiert und geprüft. Dies war u. a. notwendig geworden, da von 2003 bis 2010 auch externe Kartierer mit der Bearbeitung von Manuskriptkarten beauftragt worden sind.

Für das Küstenholozän (Bodenregion 1) war nach eingehender Prüfung festzustellen, dass die Informationen aus der Geologischen Karte (GK50) und der Bodenkarte 1 : 25.000 (BK25) sehr heterogen und inkonsistent waren. Zudem fand die Schwefeldynamik in den Marschböden keine Berücksichtigung (vgl. Kap. 1.3.8). In der Konsequenz wurde eine gesonderte Anweisung für die Kartierung der Marschen erstellt (EILERS & GEHRT 2011), und die Karten des Küstenholozäns wurden sowohl geologisch als auch bodenkundlich neu bearbeitet (GEHRT et al. 2011, 2015b).

Die Erstellung der Profil- und Horizontdaten wurde auf Grundlage des Wirkungsgefüges mit den Einträgen in der Titeldatenlegende zentral und automatisiert geregelt (Kap. 1.3.4). Individuell geprägte Kartiereinheiten wurden hierdurch im Grundsatz ausgeschlossen. Nach der Erstellung von Manuskriptkarte und Titeldatenlegende erfolgte die technische Übernahme zur Weiterverarbeitung mit formaler und fachlicher Prüfung. Dazu wurden elf Arbeitsschritte zur Qualitätsprüfung etabliert (Kap. 2.6, Tab. 2.20).

## 2.2.2. Ablauf der Erstellung

Eine Zusammenstellung des Arbeitsablaufes mit den jeweiligen Konzeptunterlagen und deren Inhalten zeigen Tabelle 2.1 und Abbildung 2.1. Im Grundsatz gliedern sich die Konzeptkarten entsprechend dem Aufbau des Wirkungsgefüges (vgl. Kap. 1.3.4).

Tab. 2.1: Arbeitsschritte bei der Erstellung der BK50.

<b>1</b>	<b>Vorbereitung</b> a) Zusammenstellung und Bewertung der relevanten Informationsgrundlagen b) Konzepterstellung c) Erstellung der Kartiergrundlage (generalisierte Geologie, pedoregionale Gliederung, relief- und geologieabhängige Bodeninformationen, Entwurf der Titeldatenlegende) d) Entwicklung und Erstellung standardisierter thematischer Konzeptkarten
<b>2</b>	<b>Erstellung und Prüfung der TK50-Manuskriptkarte sowie exemplarische Prüfung der Konzeptkarten</b> a) Abgleich und Überprüfung der geologischen Information und der Reliefinformation <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuweisung von Bodenregion und -großlandschaften</li> <li>• Zusammenhang von Geologie und Relief</li> <li>• Zusammenhang von Geologie, Relief und Bodenausprägung</li> </ul> b) exemplarische Prüfung der Konzeptkarten c) Sichtung und Auswahl der Themen und Orte für die Geländeprüfung
<b>3</b>	<b>Überprüfung ausgewählter Standorte im Gelände</b> a) Abgleich und Überprüfung der geologischen Informationen und der Reliefinformationen b) Abgleich und Überprüfung der Konzeptkarteninformationen c) Dokumentation der Kartiererergebnisse
<b>4</b>	<b>Einarbeitung der anthropogenen Veränderungen</b> a) Übernahme der anthropogen veränderten Flächen und Ergänzung von Abtrags- und Auftragsflächen b) Übernahme und ggf. Ergänzung der Plaggenesche c) Einarbeitung agrarkultureller Veränderungen (Kulturosole)
<b>5</b>	<b>Ergänzung petrographischer Angaben</b> a) regionale Gliederung der Sande b) bodenartige Gliederung der holozänen Sedimente und Deckschichten
<b>6</b>	<b>Ergänzung geogenetischer Einheiten</b> a) Differenzierung und pedoregionale Gliederung der Talsedimente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abgrenzung der Talsandniederungen und periglazialen bis fluviatilen Ablagerungen der Geest</li> <li>• Abgleich der Niederungssedimente mit Reliefbeschreibungen</li> <li>• Homogenisierung bei der Abgrenzung der Abschwemmmassen von Auensedimenten</li> </ul> b) Ergänzung der Geschiebelehme und Beckenablagerungen c) Ergänzung der Löss- und Sandlöss d) Anpassung der Flugsande und Dünen e) Ergänzung der Moorinformationen
<b>7</b>	<b>Bodengenetische Spezifikationen</b> a) Flächenabgrenzung und Zuordnung der Information zu den Tschernosemen b) Flächenabgrenzung und Zuordnung der Information zu den Podsolen c) Flächenabgrenzung und Zuordnung der Information zu Gleyen, Pseudogleyen und Brauneisengleyen (Raseneisenstein)

<b>8</b>	<b>Neukartierung von Geologie und Böden im Küstenholozän</b> a) Inseln und Vorländer b) Watt und Deichvorländer c) Marschen und Moore im Küstenholozän
<b>9</b>	<b>Qualitätsprüfung der Bodenkarten</b> a) Digitalisierung und Prüfung der Inhaltsvergabe und Vollständigkeit der Legende b) Verknüpfung der Titeldatenlegende mit der Generallegende c) Erstellung von Testplots für die Redaktion, ggf. letzte Korrekturen und Freigabe d) Zusammenstellung und Archivierung sämtlicher Arbeitsunterlagen e) technisches Zusammenfügen aller Karten und Randabgleich
<b>10</b>	<b>Erstellung der Sachdaten</b> a) Ableitung der Parameter und Festlegung der Regeln b) Erstellen der Tabellen der Legenden, Profil- und Horizontdaten
<b>11</b>	<b>Nutzungsdifferenzierung</b> (ausführliche Beschreibung in Teil 3) a) Erstellung des Nutzungslayers und Verschneidung mit der BK50-Grundkarte b) nutzungsabhängige Anpassung der Profile
<b>12</b>	<b>Übernahme in die Anwendung</b> a) Qualitätsprüfung durch Vergleich mit BÜK50 und Test der Auswertungsmethoden b) Bereitstellung im Kartenserver c) Erstellung und Bereitstellung von Auswertungskarten im Kartenserver d) Dokumentation der Auswertungen

### 2.3. Arbeitsprinzip bei der Erstellung der Flächendaten

Grundlage der Bearbeitung ist die Manuskriptkarte auf transparenter Folie mit der Topografie im Maßstab 1 : 50.000 (TK50). Diese enthält die Grenzen und Inhaltseinschreibungen der generalisierten Geologischen Karte (GK50\_GENE) und der Reliefinformationen mit zugehöriger blattspezifischer Legende. Die damit vorgegebenen Areale werden im Rahmen der Bearbeitung nach Anweisung auf Grundlage der themenspezifischen Konzeptkarten (Abb. 2.2) bodenkundlich differenziert und in der Titeldatenlegende fortgeführt. Durch diese Arbeitsweise wurde die Arbeit des Kartierers auf den inhaltlichen und räumlichen Abgleich der Informationsebenen, die Prüfung der Plausibilität und die Anpassung der Grenzen an die jeweilige Situation fokussiert. Die Kartierleistung lag somit in der Erfassung der Bodenverbreitung im räumlich-landschaftsgenetischen Kontext, was eine entsprechende Kartiererfahrung des Bearbeiters erforderte. Insbesondere in Bereichen mit inkonsistenten Informationen musste die Gesamtsituation erfasst, bewertet und maßstabsangepasst umgesetzt werden.

Die geologische Situation wird durch die Information der generalisierten GK50 charakterisiert. Für weitere Themen lieferten die Konzeptkarten

Ergänzungen oder neue Informationen. Bei gegensätzlichen Informationen wurden die Quellen bewertet, gewichtet und ggf. durch Kartierung vor Ort begutachtet und geklärt. Die Einschreibungen in der Manuskriptkarte (NRKART\_LOKAL) wurden blattspezifisch präprozessiert.

Bei der Bearbeitung werden die Arealgrenzen übernommen, ergänzt bzw. differenziert (rot) oder gelöscht (gelb). Bei direkter Übernahme bleiben die blattspezifischen Nummern erhalten. Erfolgen Änderungen oder Ergänzungen, werden diese entsprechend ergänzt bzw. fortgeführt (Abb. 2.3.).

Ob und wie die Informationen in die Manuskriptkarte übernommen wurden, ist auf jeder Konzeptkarte generell am Blattrand oder arealspezifisch gekennzeichnet. Alle Änderungen sind somit Bestandteil der Redaktionsunterlagen und dokumentieren die Bearbeitung bzw. Ergänzungen. Trotz landesweiter Standardisierung und einheitlicher Bearbeitungsregeln waren Abweichungen am Kartenrand nicht gänzlich vermeidbar und wurden abschließend durch einen Randabgleich geklärt. Dieser Abgleich erfolgte mit Hilfe eines hierfür programmierten Bearbeitungswerkzeuges in ArcGIS® unter Zuhilfenahme aller digital vorliegenden Informationen. Nach Beendigung der Bearbeitung wurden die Konzeptkarten pro BK50-Blatt mit Inhaltsverzeichnis aller Unterlagen archiviert.

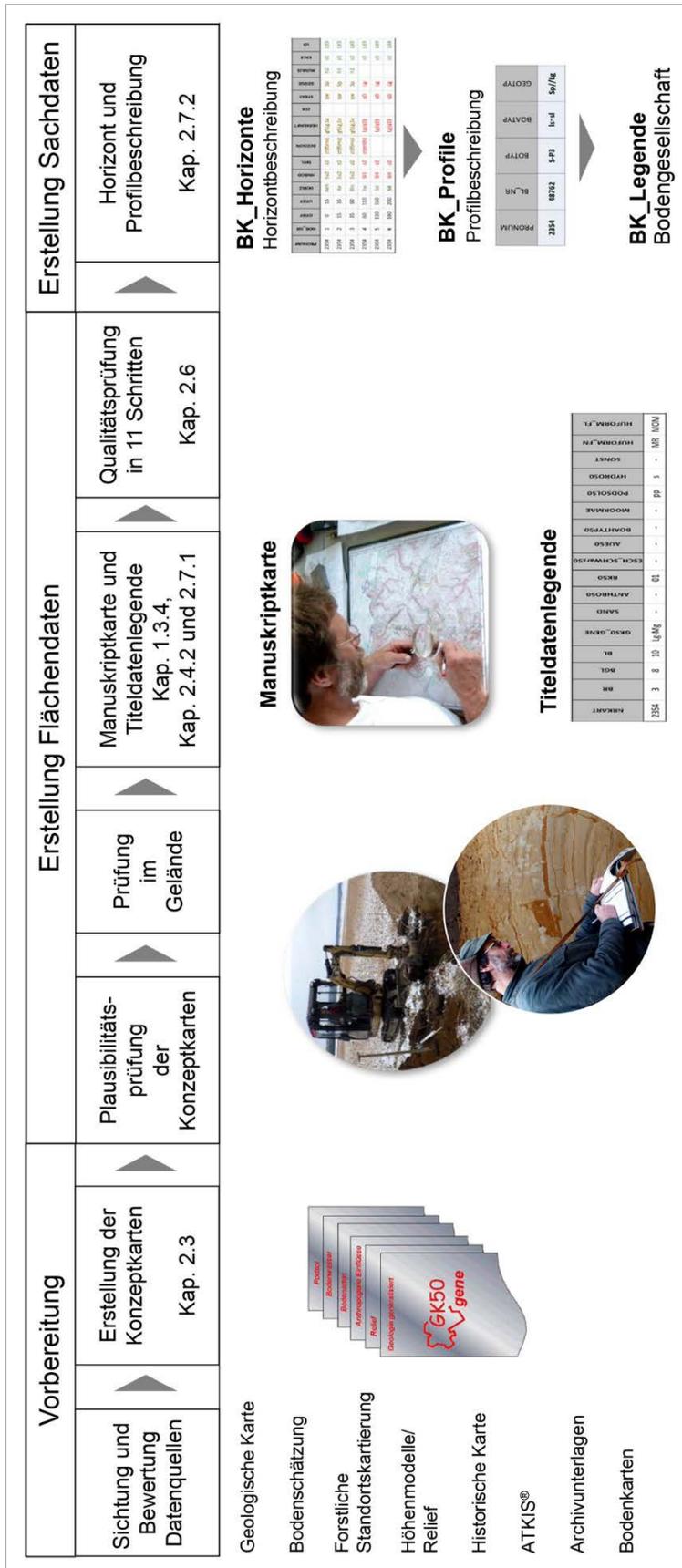


Abb. 2.1: Informationstransfer von den Konzeptkarten in die Manuskriptkarte zur Beschreibung der Legendeneinheiten.

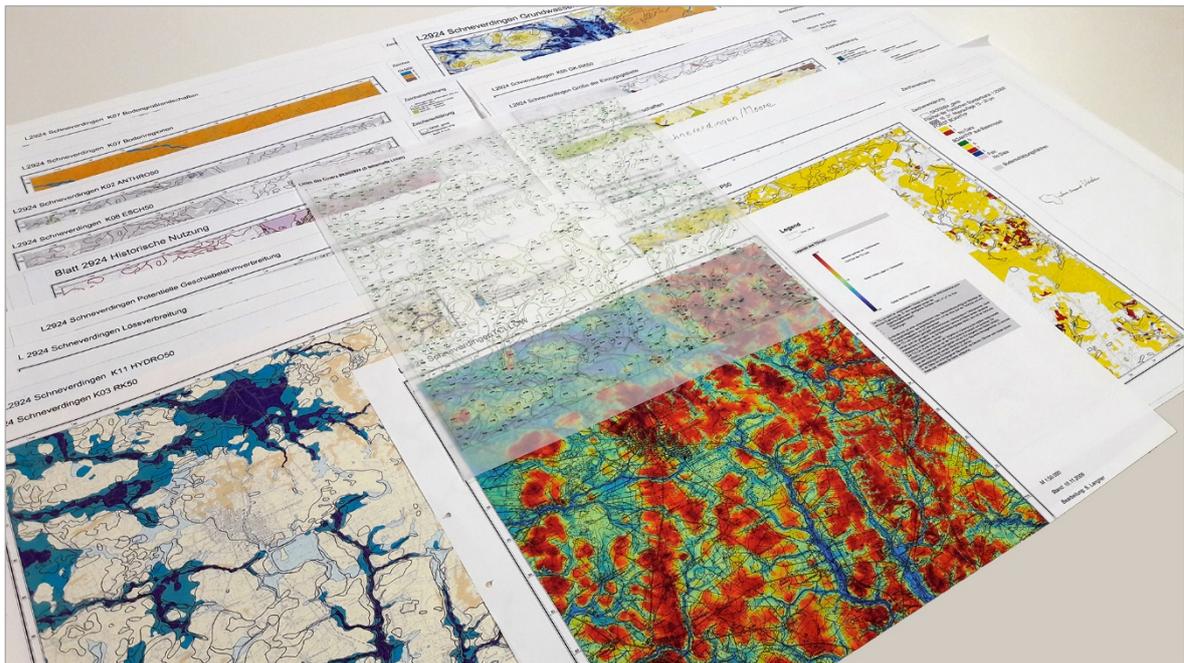


Abb. 2.2: Blick auf die Konzeptkarten: Alle Konzeptkarten wurden nach gleichem Muster erzeugt.

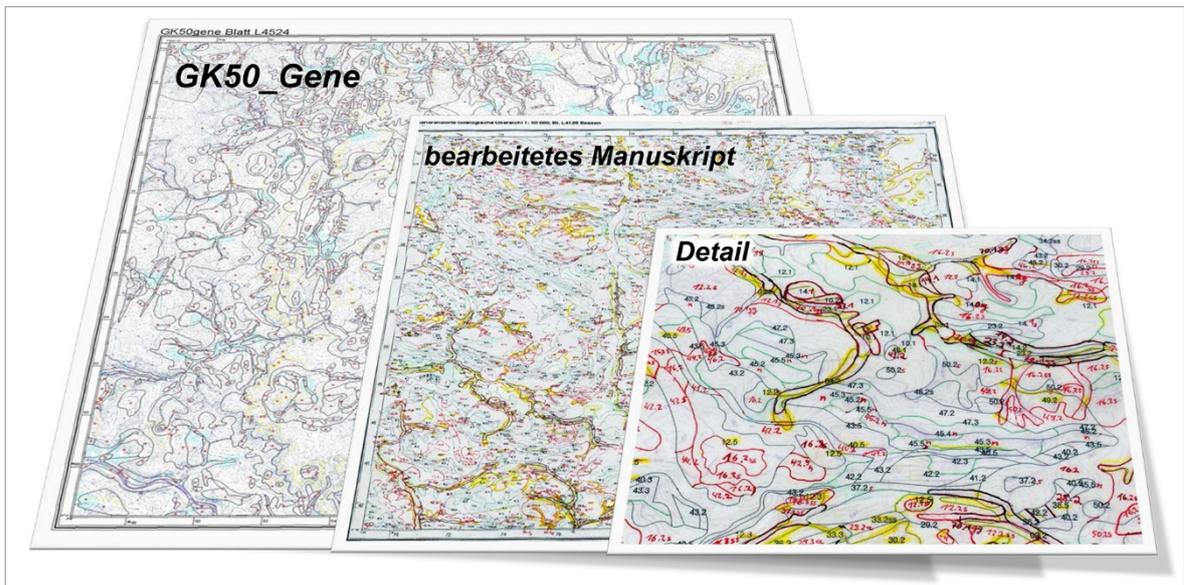


Abb. 2.3: Beispiel der Einarbeitung der Konzeptkarte „Hydromorphe Merkmale“ (HYDRO50).

**schwarz** = Grenzen aus GK50, **grün** = Reliefgrenzen, **rot** = neue Grenzen, **gelb** = zu löschende Grenzen, geänderte bzw. ergänzte Arealkennzeichnung in **rot**.

In Abbildung 2.4 wird die Vorgehensweise am Beispiel der hydromorphen Merkmale verdeutlicht. Ausgangspunkt ist die generalisierte Geologische Karte (1) mit den blattspezifischen Nummern. Die Konzeptkarte HYDRO50 (2) zeigt die Auswertung der hydromorphen Merkmale aus der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortkartierung. Bei der Bearbeitung sind die geologischen Areale mit denen der hydromorphen Merkmale der Konzeptkarte abzugleichen, zu ergänzen oder ggf. anzupassen. Fachlich ist zu entscheiden, ob die hydromorphen Merkmale durch einen Grund- oder Stauwassereinfluss begründet sind und ob der Wassereinfluss oberhalb oder unterhalb von 4 dm unter GOF auftritt. Die Differenzierung nach Grund- oder Stauwassereinfluss ist nach der

Lage im Relief (Tiefenbereiche = eher grundnass) oder nach den Gesteinen (Barrieregesteine = eher staunass) vorzunehmen. Mit den „kräftigen“ Farben sind Hinweise auf hydromorphe Horizonte oberhalb 4 dm unter GOF gekennzeichnet (gg = Grundwasser, ss = Stauwasser oberhalb 4 dm), die helleren Farben weisen auf hydromorphe Merkmale zwischen 4 und 8 dm unter GOF (g = Grundwassereinfluss, s = Stauwassereinfluss unterhalb 4 dm) hin. Für Bereiche mit unzureichenden Informationen zum Grundwassereinfluss (Wald, Siedlungen) oder mit unklaren Eingangsdaten wurden in Gebieten mit durchlässigen Gesteinen die mittleren Grundwasserhochstände (4) modelliert (GEHRT & BOCK 2009) und konnten für die Klärung herangezogen werden.

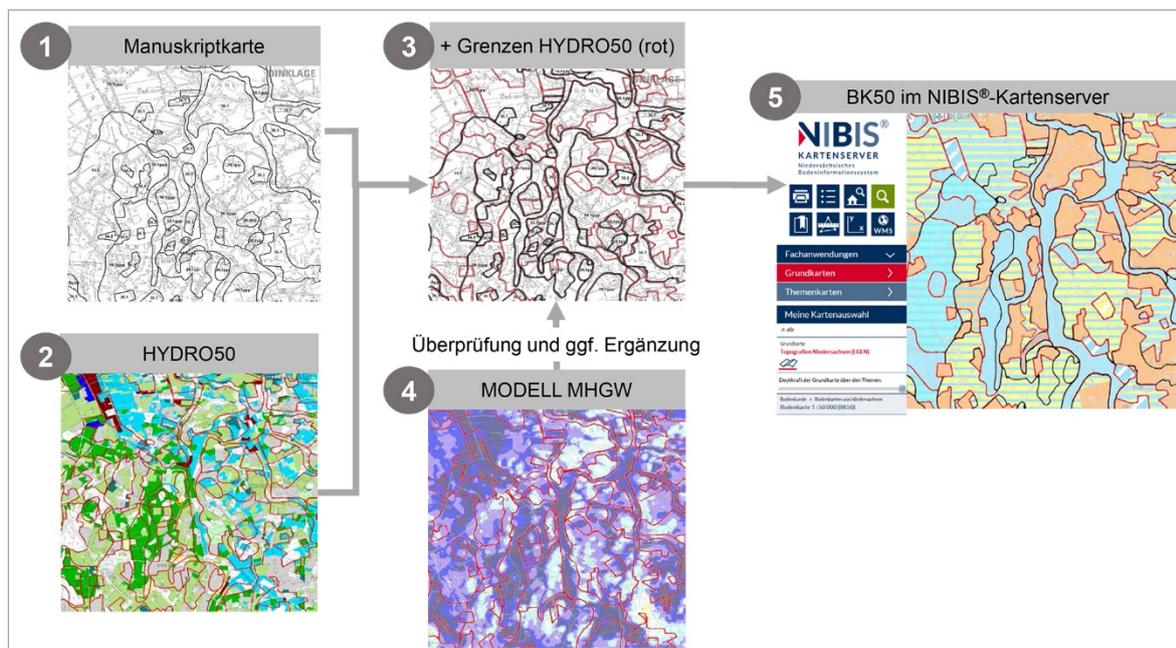


Abb. 2.4: Arbeitsprinzip am Beispiel der Konzeptkarte „Hydromorphe Merkmale“ (HYDRO50).

Aus dem Abgleich der genannten Konzeptkarten ergibt sich die weiterentwickelte Manuskriptkarte (3) mit den Grenzen aus der Geologie (schwarz) und den Ergänzungen aus der HYDRO50 (rot) mit den entsprechenden Einschreibungen in der Karte und der Titeldatenlegende. Nach Einarbeitung aller Konzeptkarten und den Arbeitsschritten der Qualitätssicherung wird die BK50 final abgelegt und auf dem Kartenserver dargestellt (5).

## 2.4. Beschreibung des Erstellungsprozesses

### 2.4.1. Kartiervorbereitung

#### 2.4.1.1. Erstellung der Konzeptkarten

Die landesweite Sicht auf alle Variablen des Wirkungsgefüges (Kap. 1.3.4) ermöglicht vorab eine Aufbereitung der Datengrundlagen, anwendungsspezifische Konkretisierungen der Inhalte (Kap. 1.3.3) sowie die Standardisierung der Konzeptkarten im TK50-Blattschnitt (Kap. 1.3.2). Jede Konzeptkarte stellt durch die themenspezifische Zusammenstellung von Informationen ein Schwerpunktthema für die bodenkundliche Bearbeitung dar und ist wesentliche Grundlage für die Abgrenzung und Beschreibung von Arealen. Für jedes zu bearbeitende BK50-Blatt werden Konzeptkarten als Kartenplots zur Verfügung gestellt. Eine in der Unterlagenmappe mitgeführte Liste dokumentiert die TK50-blattspezifisch vorliegenden Konzeptkarten.

#### 2.4.1.2. Standardisierung der Konzeptkarten

Die Definition von Standards für die kartenmäßige Darstellung von bodenkundlich relevanten Inhalten garantiert die landesweite Vergleichbarkeit. Gleiche Merkmale werden gleich bewertet und gemäß einer themenbezogenen detaillierten Arbeitsanweisung in die Bodenkarte umgesetzt.

Die programmatische Umsetzung der Datenbankabfragen auf die einzelnen Inhalte der Quellen mit Hilfe des MethodenManagement-Systems (MeMaS®) standardisiert die Ergebnisse und ermöglicht eine automatisierte einheitliche Kartendarstellung mit einer niedersachsenweit gültigen Generallegende. Die Intensität der Farben signalisiert die Priorität bzw.

Wichtung eines Merkmals (vgl. Abb. 2.2 und 2.4). Die Qualität der Eingangsdaten bestimmt auch die Reihenfolge in der Darstellung: Die qualitativ hochwertigste Information überlagert in der Darstellung nachrangige Informationen. Für den Bearbeiter hat diese Arbeitsweise Vorteile, da er anhand der Farbvergaben erfahrungsgemäß deren Bedeutung erkennt, Zusammenhänge schneller erschließen kann und der Arbeitsfluss beschleunigt wird.

Alle Flächen mit potenziell vorhandenen Informationen sind in den Konzeptkarten hellgrau hinterlegt. Damit wird kenntlich gemacht, dass hier grundsätzlich Informationen vorliegen, diese jedoch die Bedingungen der jeweiligen Merkmalsabfrage nicht erfüllen. Diese Areale unterscheiden sich von Gebieten ohne Information, welche farblich nicht belegt werden.

#### 2.4.2. Erstellung der Grundlage für die Manuskriptkarte

Die Arbeitsschritte zur Erstellung der Manuskriptkarte und der zugehörigen Titeldatenlegende beschreibt Tabelle 2.2. Im Zuge der Erstellung der BK50 wurde eine weitgehende Übereinstimmung mit der Geologischen Karte und den darin enthaltenen Reliefinformationen angestrebt (vgl. Kap. 1.3.6). Um dieses zu erreichen, wurden die geologischen Einheiten generalisiert und nach Stratigraphie, Genese und Petrographie in einer festgelegten Reihenfolge sortiert (z. B. von jung nach alt). Danach erfolgte eine GIS-gestützte Übertragung der bodenkundlich relevanten geologischen Informationen inklusive der Reliefparameter in die Manuskriptkarte mit einer blatt- und arealspezifischen Nummerierung und entsprechender Blattrandlegende (Abb. 2.5). Ergänzend wurde aus den o. g. Daten die präprozessierte Titeldatenlegende als erste Fassung für die weitere Bearbeitung erstellt (Tab. 2.3). Der so vorbereitete Rohentwurf war die Grundlage für alle weiteren Arbeiten.

Tab. 2.2: Arbeitsschritte bei der Erstellung der Grundlage der Manuskriptkarte.

Nr.	Arbeitsschritt
1	<b>Standardisierte Generalisierung der geologischen Einheiten der GK50</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung des Datenfeldinhaltes GK50_GENE</li> <li>• Zusammensetzung zu Schichtfolgetypen</li> <li>• Generalisierung der Schichtfolgetypen</li> <li>• Abdeckung von Deckschichten</li> </ul>
2	<b>Verschneidung der präprozessierten Reliefeinheiten mit den Flächen der GK50_GENE</b>
3	<b>Regelbasierte Zuweisung der Bodenregionen und -großlandschaften</b>
4	<b>Regelbasierte Zuweisung dominanter pedogener Eigenschaften (Vergleyung, Pseudovergleyung, Podsolierung) zu definierten geologischen Einheiten (Expertenwissen)</b>
5	<b>Standardisierte Ausgabe auf transparenter Folie (Topografie blau, Geologie mit schwarzen Grenzen und Einschreibungen, Relief mit grünen Grenzen) als Grundlage für die weitere Bearbeitung und die Legendenerstellung</b>
6	<b>Automatische Nummerierung</b> Die Areale erhalten eine blattspezifische Codierung (NRKART_LOCAL) auf Grundlage der generalisierten Geologie, der dominanten Bodeneigenschaften und des Reliefs. Die zugehörigen Legendeneinheiten bilden die Grundtabelle für das Wirkungsgefüge (Titeldatenlegende, s. Tab. 2.3).

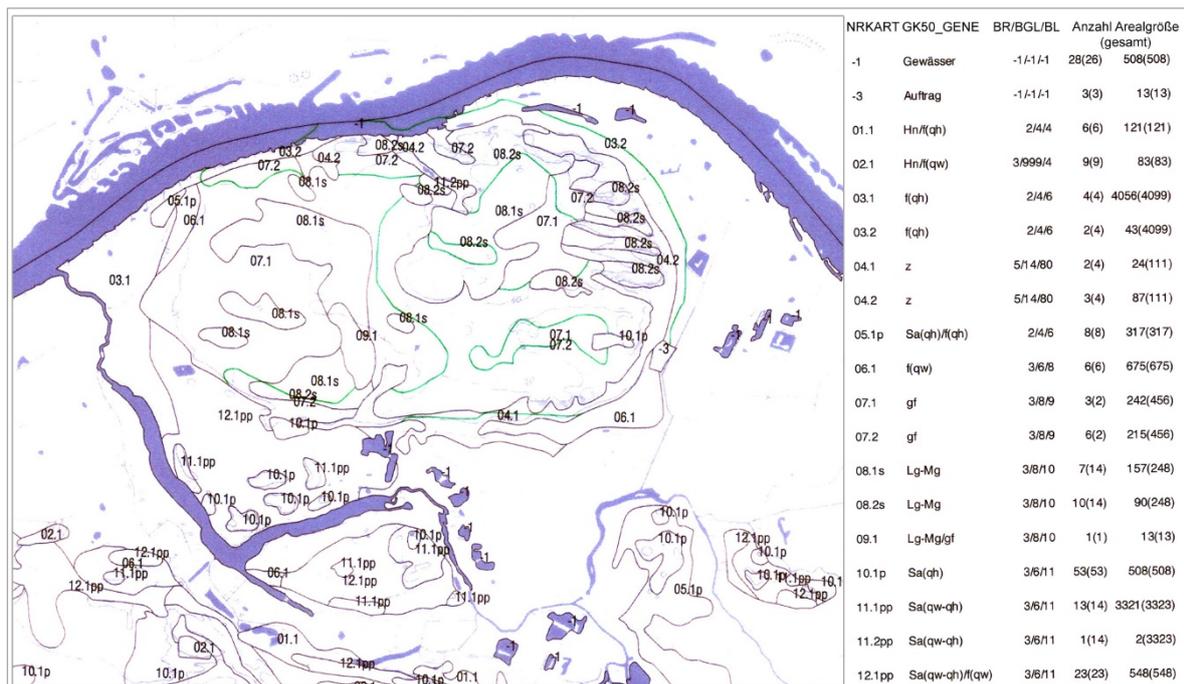


Abb. 2.5: Auszug aus der präprozessierten Manuskriptkarte mit Informationen zu Geologie und Relief und Angaben zu Bodenausprägungen.

Angaben zur generalisierten Geologie mit Reliefeinheiten, zur pedoregionalen Lage und den präprozessierten blattspezifischen Legendennummern (Wirkungsgefüge): schwarze Grenzen = GK50\_GENE, grüne Grenzen = Relief. Die in Klammern angegebenen Werte von Anzahl und Arealgröße beziehen sich auf deren Größenordnung vor der Teilung durch die Reliefeinheiten (s. auch Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Auszug aus der präprozessierten Titeldatenlegende Blatt L3724 Hannover.  
Die fett umrandeten Einheiten werden durch Reliefeinheiten getrennt. Auftrag und Gewässer erhalten keine bodenkundliche Information.

TK50	blattspezif. Nummer (NRKART_LOCAL)		generalisierte Geologie	zugewiesene pedoregionale Gliederung			zugewiesene Boden-ausprägung			Statistik			
	Geologie	Geologie + Relief		GK50_GENE	Bodenregion	Bodengroß-landschaft	Bodenlandschaft	RELIEF	HYDRO50	PODSOL50	Geologie		Geologie + Relief
			Areale								Größe	Areale	Größe
			Anzahl								Größe [ha]	Anzahl	ha
3724	-3	-3	<b>Auftrag</b>	-1	-1	-1	01			1638	100	1638	104
3724	-1	-1	<b>Gewässer</b>	-1	-1	-1	01			785	159	785	161
3724	1	01.1	<b>Hn</b>	3	999	4	01			56	9	56	9
3724	2	02.1	<b>Hn/z</b>	3	999	4	01			25	5	25	5
3724	3	03.1	<b>Hn/p-f</b>	3	999	4	01			8	1	8	1
3724	4	04.1	<b>Hn/f(qN)</b>	2	4	4	01			11	2	11	2
3724	5	<b>05.1</b>	<b>f(qh)</b>	2	4	6	01			2800	23	2748	23
3724	5	<b>05.2</b>	<b>f(qh)</b>	2	4	6	23			2800	23	52	4
3724	6	06.1	<b>z</b>	5	14	80	01			1428	38	1428	38
3724	7	<b>07.1</b>	<b>f(qh)/f(qN)</b>	2	4	6	01			2198	45	2190	45
3724	7	<b>07.2</b>	<b>f(qh)/f(qN)</b>	2	4	6	23			2198	45	8	2
3724	15	<b>15.1</b>	<b>gf</b>	3	8	9	01			2424	55	2421	54
3724	15	<b>15.2</b>	<b>gf</b>	3	8	9	23			2424	55	3	1
3724	16	<b>16.1s</b>	<b>Lg-Mg</b>	3	8	10	01	s		4458	72	4424	70
3724	16	<b>16.2s</b>	<b>Lg-Mg</b>	3	8	10	23	s		4458	72	34	4

#### 2.4.2.1. Generalisierung der GK50

Die Analyse der GK50 zeigt, dass sich die Benennung der Einheiten weitgehend an den Quelldaten der GK25 orientiert. Daraus resultieren bezüglich der Beschreibung in der GK50 ähnliche oder synonyme Bezeichnungen für geologische Schichten. So werden äolische Sande in Vollformen z. T. als Flugsand oder als Düne bezeichnet. Geschiebedecksande der Geest sind nicht konsequent auf allen Kartenblättern ausgewiesen, zum Teil ist die Bezeichnung „lückenhaft Geschiebedecksand“ verwendet worden. Festgesteine werden sowohl regional-stratigraphisch (z. B. kruHi = Hilsformation) als auch rein stratigraphisch (z. B. kru = Unterkreide) bezeichnet. Einerseits ist die GK50 damit zwar quellentreu, andererseits führt dies zu einer Vielzahl an Variablen. Um die Anzahl der

Eingangsdaten möglichst gering zu halten, wurde die GK50 einer Generalisierung unterzogen, um die bodenkundlich relevanten Einheiten zusammenzufassen. Dazu wurden die Inhalte der Datenfelder Genese, Petrographie und Stratigraphie vorab generalisiert (Abb. 2.6). Tabelle 2.4 beschreibt den Effekt der Zusammenfassung. Aggregiert werden folgende Parameter:

- ähnliche Entstehungen (GENESE),
- stratigraphisch übergeordnete Einheiten; lokalstratigraphische Angaben entfallen.

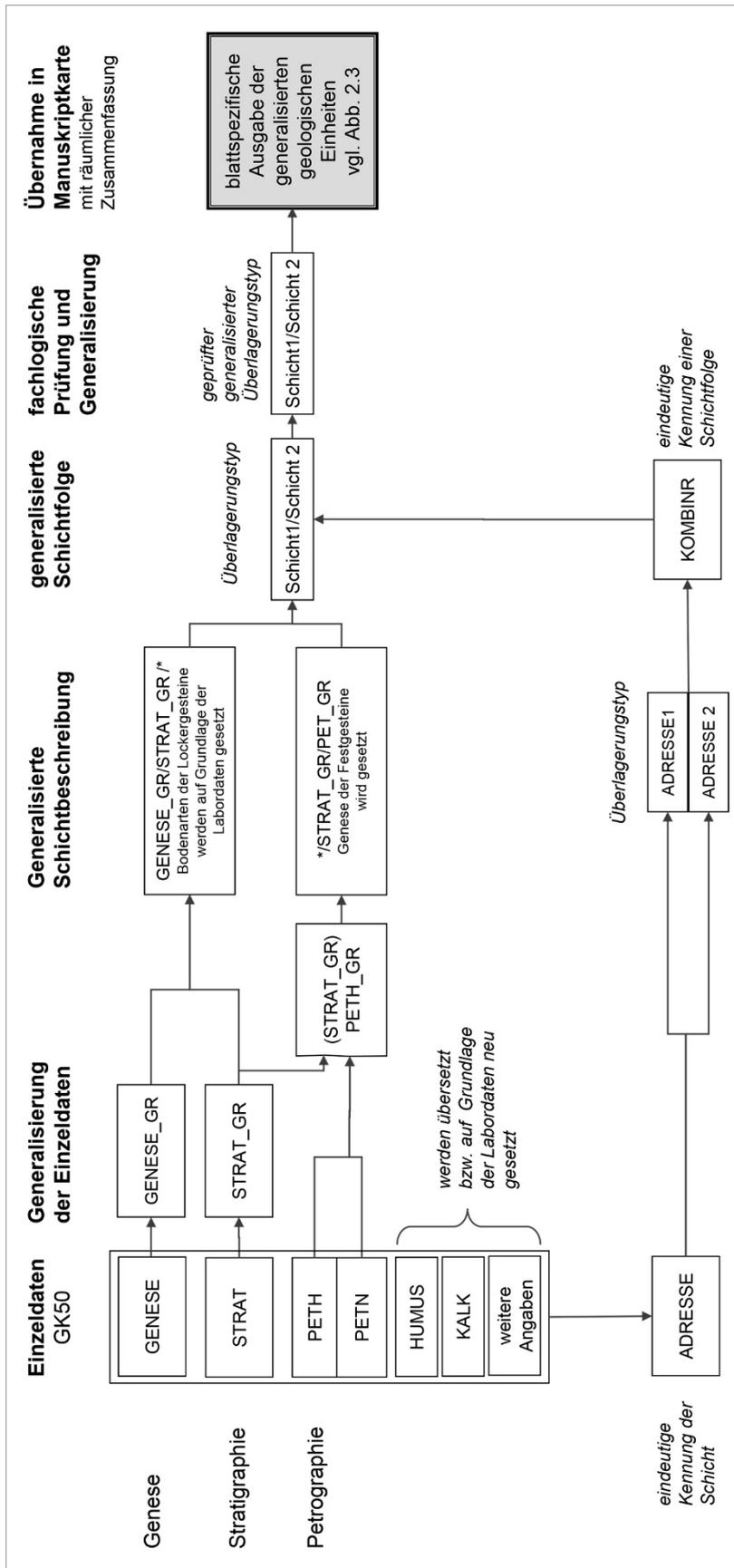


Abb. 2.6: Generalisierung der Geologischen Karte 1 : 50.000 für die BK50.

- Die petrographische Beschreibung der Festgesteine wird unter Berücksichtigung der Stratigraphie auf wenige dominante Ausprägungen reduziert. Die Zuweisung erfolgt auf Grundlage der GK50 in Abstimmung mit der geologischen Kartierung (Auswertungskarte Petrographie).

- Angaben zur Textur der Lockergesteine werden nicht übernommen. Sie werden für die BK50 auf Grundlage der Auswertungen der Labordatenbank gesteinspezifisch und den petrographischen Angaben im Wirkungsgefüge entsprechend regelbasiert gesetzt.

Tab. 2.4: Generalisierung der Geologischen Karte 1 : 50.000 (GK50) für die BK50. Anzahl der Einzelattribute vor und nach der Generalisierung in der GK50 und in der BK50.

Geologische Karte 1 : 50.000 (GK50)			Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50)	
Inhalt Datenfeld Geologie	original	generalisiert	Inhalt Datenfeld Bodenkunde	BK50
	Anzahl			Anzahl
Stratigraphie (STRAT)	290	37 (25)*	Stratigraphie (STRAT)	40 (24)*
Genese (GENESE)	230	60	Geogenese (GEOGE)	59
Petrographie (PETH – Hauptgemengeanteil) (PETN – Nebengemengeanteil)	2400	51	Feinbodenart (HNBOD)	52
			Grobbodenart (SKEL)	70 (43)*
			besondere Angaben Bodenart (BODSON)	176

\* In Klammern Anzahl der Variablen bei den Festgesteinen.

- Die aus der Generalisierung resultierenden Ergebnisse wurden schichtspezifisch zusammengesetzt, geprüft und ggf. weiter zusammengefasst. Im Ergebnis liegen 284 Schichtfolgen vor (Tab. 2.5).
- Im nächsten Schritt wurden die generalisierten Schichten wieder zu Schichtfolgen zusammengesetzt. Insgesamt resultieren zunächst 2037 Überlagerungsfälle.
- Das Ergebnis wurde geprüft und ggf. bei ähnlichen Gesteinsabfolgen weiter zusammengefasst. Darüber hinaus wurden die periglazialen, autochthonen Deckschichten (Geschiebedecksande, Fließerden) aus der Beschreibung der GK50 entfernt (vgl. Kap. 1.4.1.3 und 1.4.1.4) und bei der Zuweisung der Sachdaten nach definierten Regeln neu gesetzt.

Aus der GK50 wurden auf diese Weise 1074 generalisierte bodenkundlich relevante Schichtfolgen identifiziert (etwa 1/5) und als Eingangsdatum in die BK50 übernommen. Dem stehen 284 Schichtfolgen gegenüber, die bei der Darstellung der GK50 im Kartenserver farblich unterschieden werden.

Die inhaltliche Generalisierung hat eine nur sehr geringe Auswirkung auf die Anzahl der Areale. Lediglich in Ausnahmefällen werden Areale der geologischen Karte aufgrund der Generalisierungsregeln zusammengefasst.

Tab. 2.5: Anzahl der Schichten und Schichtfolgen in der GK50 und der resultierenden BK50.

GK50		BK50	
Inhalt	Anzahl	Inhalt	Anzahl
Schichten (ADRESSE)	1663	Schichten	281
Schichtfolgen (KOMBINR)	5002	Schichtfolgen	2037
generalisierte Schichtfolgen (für Darstellung im Kartenserver)	<b>284</b>	generalisierte Schichtfolgen (Wirkungsgefüge)	<b>1074</b>

Nach der bodenkundlichen Kartieranleitung ist die Beschreibung der Bodenform durch Angabe des Bodentyps und des Substrates vorgesehen. Im Substrat werden Genese, Stratigraphie und Bodenart zur Charakterisierung des Ausgangsgesteins des Bodens in drei Generalisierungsstufen (Haupttyp, Typ, Untertyp) beschrieben.

In der BK50 wird das Substrat getrennt nach Genese und Stratigraphie sowie der Bodenart angegeben. Genese und Stratigraphie werden

im geologischen Profiltyp mit Tiefenstufen (GEOHAUPTTYP, GEOTYP, GEOUNTERTYP), die Bodenart im bodenartigen Profiltyp mit Tiefenstufen (BOAHAUPTTYP, BOATYP, BOAUTYP) beschrieben.

Tabelle 2.6 zeigt das Mengengerüst der Variablen des Ausgangsgesteins in den verschiedenen Aggregierungsstufen. Es wird erkennbar, dass ca. 40 % der Kartiereinheiten bereits durch das Substrat begründet sind.

Tab. 2.6: Anzahl der Substrate in der BK50.

Aggregierungsstufe	Datenfeld	geologischer und bodenartlicher Profiltyp NIBIS®	
		Substrate (in Anlehnung an KA5)	
Anzahl der Variablen			
Untertyp	GEOUPTYP	1607	5247
	BOAUPTYP	4274	
Typ	GEOTYP	1395	2868
	BOATYP	1367	
Haupttyp	GEOHTYP	876	1464
	BOAHTYP	291	

#### 2.4.2.2. Verschneidung der präprozessierten Reliefeinheiten mit der generalisierten Geologischen Karte (GK50\_GENE)

Die Konzept- bzw. Manuskriptkarte GK50\_GENE beinhaltet flächendeckend die Grenzen der GK50\_GENE (Kap. 1.3.6.1), zuzüglich der Reliefinformationen auf Grundlage des digitalen Geländemodells von Niedersachsen (DGM50). Aus letzterem wurden Tiefenbereiche, Hangein-

heiten in vier Neigungsstufenklassen sowie Kullinationsbereiche digital abgeleitet und direkt in die Manuskriptkarte der BK50 übernommen (s. Tab. 2.7). Bei der Verschneidung mit der generalisierten Geologischen Karte wurde maßstabsbedingt auf die Übernahme von schmalen Säumen (<2 mm) und kleinen Arealen (<6 ha) in die Karte verzichtet.

Bei der Bearbeitung waren die Grenzen zu prüfen und ggf. anzupassen. Tiefenbereiche (Täler) waren mit den geologischen Einheiten der Täler abzugleichen (vgl. Kap. 2.4.5.1).

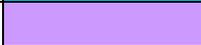
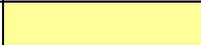
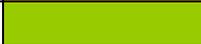
Tab. 2.7: Reliefeinheiten in der BK50.

Reliefeinheit	Neigungsstufe	Angabe in %
Tiefenbereiche (T)	N0 + N1	<3,5
Ebenheiten und sehr schwach geneigte Hänge	N0 + N1	<3,5
schwach bis mittel geneigte Hänge	N2 + N3	3,5 – <18
stark geneigte Hänge	N4	18 – <27
Steilhänge	N5 + N6	>27
Kulminationsbereiche (K)	N0 – N3	<3,5 – 18

In der Marsch wurden den petrographisch-genetisch abgeleiteten Arealen auf Grundlage des DGM5 nach Dominanz Höhenstufen über NN manuell zugeordnet (Tab. 2.8). Da die Höhenstufen nicht verschnitten wurden, führen sie

nicht zur Trennung von geologisch-bodenkundlich identifizierten Einheiten. Neben der landschaftsgenetischen Bedeutung der Höhe über NN werden in der Marsch der Wasserhaushalt und die Grundwasserstände gesteuert (s. Kap. 3.3.4.1, Infefeld).

Tab. 2.8: Höhenstufen in der Marsch.

Konzeptkarte	RK50	Inhalt [m ü. NN]	Eintrag in NRKART_LOKAL	Farbe in Karte
Höhe über NN in 8 Klassen	08	+2,0 – +3,0	8	
	07	+1,5 – +2,0	7	
	06	+0,8 – +1,5	6	
	05	+0,2 – +0,8	5	
	04	-0,3 – +0,2	4	
	03	-0,7 – -0,3	3	
	02	-1,3 – -0,7	2	
	01	< -1,3	1	

#### 2.4.2.3. Zuweisung der Bodenregionen und -großlandschaften

Jede geologische Einheit wurde zunächst ohne räumlichen Bezug nach dem Schwerpunkt ihrer Verbreitung einer Bodenregion, Bodengroßlandschaft und Bodenlandschaft deduktiv zugeordnet. Da die geologischen Einheiten in verschiedenen Bodenregionen bzw. -großlandschaften auftreten können, war die Zuordnung auf jedem Einzelblatt zu prüfen und ggf. anzupassen.

Mit der pedoregionalen Zuordnung wird die regionalspezifische Ausbildung von Deckschichten (Kap. 1.4.1.3), die petrographische und pedogenetische Ausprägung von z. B. holozänen Talsedimenten (f(qh)) oder von Abschwemmungen (z) geregelt (vgl. Kap. 1.3.9).

#### 2.4.2.4. Zuweisung dominanter pedogener Eigenschaften (Vergleyung, Pseudo-vergleyung, Podsolierung) auf Grundlage des Ausgangsgesteins

Aufgrund der langjährigen Erfahrung im Rahmen der BK25-Kartierung war bekannt, dass bestimmte Gesteine die Bodenentwicklung bestimmen. So führen einige Gesteine häufiger oder dominant beispielsweise zu Pseudogleyen, Podsolen oder Gleyen. Soweit bekannt, wurde diesen Gesteinen die voraussichtliche Bodenentwicklung zugeordnet und im Wirkungsgefüge eingetragen. Beispiele hierfür sind wechsellagernde Talsande, auf denen sich i. d. R. Gley-Podsole (gpp) entwickeln, wechsellagernde Flugsande mit Podsolen (pp) oder Tonsteine des Mittleren Juras mit Pseudogleyen (ss). Diese Zuweisungen waren auf dem jeweiligen Kartenblatt bei der Bearbeitung zu überprüfen und ggf. entsprechend der jeweiligen Konzeptkarteninformation anzupassen. Die generelle Zuordnung diente der Vereinheitlichung und Arbeitersparnis.

#### 2.4.2.5. Prüfung der Eintragungen

##### Anlass und Ziel

Die generellen, deduktiv gesetzten Attribute in der Manuskriptkarte waren vor der weiteren Bearbeitung blattspezifisch zu prüfen.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Unter Betrachtung der räumlichen Lage und der fachlichen Kenntnis sind die Angaben im Wirkungsgefüge (Titeldatenlegende) und ggf. in der Karte z. B. durch Löschung, Neuweisung oder Anpassung unplausibler Einheiten zu korrigieren. Die Anpassungen werden in der Blatt- und/oder Titeldatenlegende dokumentiert. Im Einzelnen sind folgende Punkte zu beachten:

- Prüfung der generalisierten geologischen Einheiten:  
Einige Einheiten werden in der Geologischen Karte nicht hinreichend differenziert. So weist zum Beispiel die Geologische Karte Gesteine der Oberkreide ohne petrographische Differenzierung aus. Für die

Bodenentwicklung ist aber eine Trennung der Kalksteine von den Tonsteinen der Oberkreide notwendig. Gegebenenfalls waren die Grenzen in der Manuskriptkarte auf Grundlage der GK25 zu ergänzen und die daraus resultierenden Einheiten in der Legende nachzuführen.

- Prüfung der Reliefeinheiten:  
Für die Kennzeichnung der Kombination von Geologie und Relief wurde eine blattspezifische zweigeteilte Nummer (NRKART\_lokal) generiert. Dabei bezieht sich die Zahl links neben dem Punkt auf die laufende Nummer der geologischen Einheit, die Zahl rechts neben dem Punkt auf die Ausprägung des Reliefs (z. B. 23.1). Die Kombination des geologischen Inhalts und der Reliefeinheit war bei der Bearbeitung auf Plausibilität zu prüfen, und ggf. waren Grenzführung und Inhaltsbeschreibung zu korrigieren.
- Typische unplausible Kombinationen fanden sich bei Talsedimenten und Hängen. So treten in der GK50 z. B. Auensedimente in Hanglage auf. In diesen Fällen musste der Grenzverlauf der Talsedimente an die Topografie bzw. das Höhenlinienbild angepasst werden. Rudimentäre Kleinstflächen oder parallele Linienführungen waren dabei zu vermeiden. Ein weiteres Beispiel sind gering geneigte Reliefeinheiten auf Festgestein in Hochlagen. Sie sind mit den Kulminationsbereichen zu vereinen und die jeweiligen Grenzverläufe anzupassen.
- Die Tiefenbereiche wurden in einem separaten Arbeitsschritt geprüft und angepasst (vgl. Kap. 2.4.5.1).
- Pedoregionale Gliederung:  
Die automatisch zugewiesenen Bodenregionen und Bodengroßlandschaften (Kap. 1.3.5.2) waren auf Grundlage der Konzeptkarten „Bodenregionen“ und „Bodengroßlandschaften“ in der Manuskriptkarte und der Titeldatenlegende zu prüfen und ggf. zu korrigieren. Im Grundsatz orientieren sich die übergeordneten Raumeinheiten an den Grenzen der geologischen Einheiten. Die Grenzen der BÜK50 wurden als Hinweis auf die vorherige Abgrenzung in die Konzeptkarten integriert. Im Detail waren bestimmte Einheiten (z. B. Talauen) im Blattgebiet zu differenzieren und das Wirkungsgefüge in der Titeldatenlegende anzupassen.

- Prüfung der Zuordnung dominanter Bodenentwicklungen:  
Die Prüfung der Zuweisungen von dominanten Bodenentwicklungen erfolgt im Kontext mit den jeweiligen themenspezifischen Konzeptkarten in den nachfolgenden Arbeitsschritten (vgl. Kap. 2.4.2.4).

### 2.4.3. Einarbeitung der anthropogenen Veränderungen

#### 2.4.3.1. Übernahme der anthropogen veränderten Flächen ohne bodenkundlichen Inhalt (Abtrags- und Auftragsflächen)

##### Anlass und Ziel

Ziel ist es, die anthropogenen Veränderungen der Böden durch Auf- oder Abträge möglichst vollständig in der BK50 abzubilden. Diese wurden in der Konzeptkarte ANTHRO50 zusammengestellt. Unter Berücksichtigung der Mindestarealgröße waren diese in die Manuskriptkarte zu übernehmen bzw. zu ergänzen. Eintragungen von Auf- und Abträgen wurden aus der topografischen Karte ebenfalls in die Manuskriptkarte übernommen.

##### Zu berücksichtigende Konzeptkarten

ANTHRO50, topografische Karten, Auswertungen des DGM5.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Anthropogene Auf- und Abträge (Halden, Abfalldeponien, Abtorfungen, Tagebaue, Steinbrüche, Sand- und Kiesgruben) werden in der BK50 inhaltlich nicht beschrieben, da sie bodenkundlich nicht erfasst oder beschreibbar und/oder sehr heterogen sind. Sie werden in der Manuskriptkarte mit den Ziffern „-3“ (= Auftrag) und „-4“ (= Abtrag) gekennzeichnet. Im Wirkunggefüge erhielten diese Flächen keine weiteren Eintragungen. Dagegen wurden künstliche Aufspülungen in der Marsch bodenkundlich beschrieben. Abgetorfte Moore erhielten im Datenfeld SONST den Eintrag „abgetorft“, soweit entsprechende Informationen (ATKIS®, Topografie, Höhenmodelle, Bodenschätzung) vorlagen.

### 2.4.3.2. Abgrenzung der Kulturosole

##### Anlass und Ziel

Bei der Erstellung der BK50 wurde auf die Erfassung der Kulturosole besonderer Wert gelegt, da sie als Archive der Kulturgeschichte Bedeutung haben. Ihre Spezifikation ist ein komplexer Prozess mit Integration genetischer und regionaler Kenntnisse. Die derzeit in Niedersachsen bekannten Kulturosole werden in Kapitel 1.4.2.9, Tabelle 1.21 aufgelistet.

##### Konzeptkarte

In der Konzeptkarte ANTHRO50 wurden alle digital verfügbaren anthropogenen Veränderungen aus GK50, Bodenschätzung, Forstlicher Standortkartierung, BK25 und ATKIS®-Daten dargestellt.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Die Bearbeitung erfolgte im Grundsatz nach dem Schema in Abbildung 2.7. Voraussetzung ist die Kenntnis der Rahmenbedingungen für die Art und den Zweck der Kulturmaßnahme (Literaturwissen). Unverzichtbar waren die regionalen Kenntnisse aus exemplarischen Kartierungen oder Hinweise von Archäologen oder Landwirten, die z. T. wesentliche Kenntnisse beitragen konnten. Das Wissen um die Entstehung und Motivation ist eine notwendige Voraussetzung, um die Areale abzugrenzen und den Aufbau der entsprechenden Böden zu beschreiben. Die Kartierung dient der Validierung und Absicherung bei der Umsetzung.

Mit dem Wissen um die Genese, den Aufbau und die Verbreitung der Kulturosole war es darüber hinaus möglich, die Eingangsdaten zu bewerten und die entsprechenden Inhalte zu extrahieren. Dies können z. B. Merkmale in den Profilbeschreibungen und Klassenzeichen der Bodenschätzung oder der Forstlichen Standortkartierung, ausgewählte Landnutzungen oder Signa in Historischen Karten sowie ggf. Merkmale in digitalen Höhenmodellen sein. Die Karten der Historischen Landesaufnahme um 1800 haben für die Kulturosole eine Schlüsselrolle und lassen Rückschlüsse auf Landnutzungsveränderungen zu. Hinweise aus anderen Datenquellen, wie älteren bodenkundlichen und geologischen Karten, können ebenfalls Informationen liefern.

Da die Kategorien der bodenkundlichen Kartieranleitung hinsichtlich der Beschreibung der in Niedersachsen vorkommenden Kulturosole nicht ausreichen, wurden sie für die BK50 erweitert. Im Laufe der Bearbeitung der BK50 stellte sich heraus, dass der Anteil der Kulturosole besonders

in Westniedersachsen ausgesprochen hoch ist. Die Bearbeitung wurde deshalb im Arbeitsfluss später vorgenommen, da sich die Bearbeitung der Kulturosole erst nach der Einarbeitung der natürlichen Bodenentwicklungen als sinnvoll erwies.

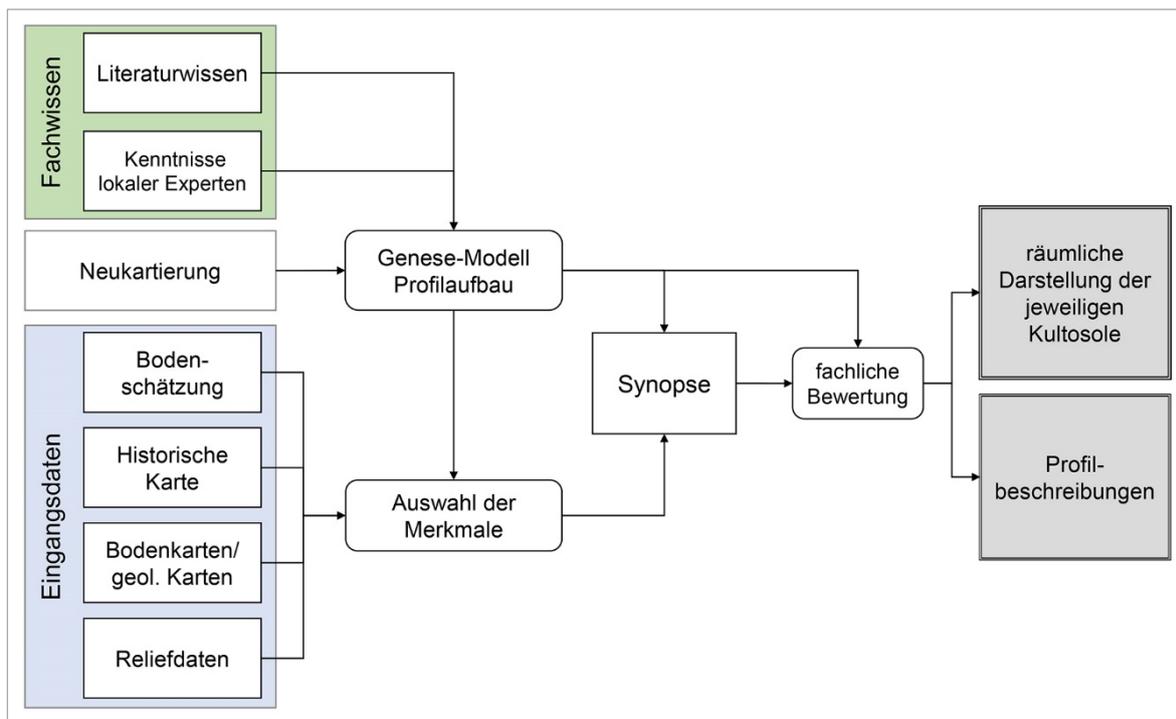


Abb. 2.7: Genereller Arbeitsfluss für die Einarbeitung der Kulturosole. Die Bearbeitung erfolgt unter Berücksichtigung des Fachwissens in Abstimmung mit vorhandenen Karten und exemplarischer Neukartierung.

### 2.4.3.3. Ausweisung der Plaggenesche

#### Anlass und Ziel

In älteren bodenkundlichen und geologischen Karten wurden die Plaggenesche nur zum Teil erfasst oder nicht zufriedenstellend verortet. Ziel war es deshalb, die vorliegenden Informationen zu vervollständigen und ggf. zu korrigieren.

#### Konzeptkarten

Die Erfassung der Plaggenesche fand bereits bei der Erstellung der Bodenkarte 1 : 25.000 für den Landkreis Osnabrück besondere Beachtung (ECKELMANN 1980). Die hierbei gewonnenen Erkenntnisse wurden in der Konzeptkarte

ESCH50 umgesetzt. Auf Grundlage von Bodenschätzungsdaten, Forstlicher Standortkartierung und der Bodenkarte 1 : 25.000 (soweit vorhanden) wurden in der Konzeptkarte ESCH50 die Kategorien „Eschverdachtsflächen“ und „Sichere Eschflächen“ ausgewiesen. Areale der Bodenschätzung mit guter Zustandsstufe ( $\leq 2$ ) und Humusangaben im zweiten Horizont in einer Tiefe größer 40 cm wurden bei definierten Entstehungs- und Bodenarten als sichere Eschflächen aufgefasst.

Topografische Karten aus der Zeit um 1800 zeigen die Altackerflächen und sichern die Ausweisung der Plaggenesche ab. Die regionale Gliederung in Kernesgebiete, Randgebiete und eschfreie Gebiete wurde erstellt, um die Interpretation und Kartierung zu steuern (s. u.).

In Abbildung 2.8 sind die Eschregionen mit den in der BK50 ausgewiesenen Plaggengeschen dargestellt. Auffallend ist die geringe Verbreitung der Plaggengesche in der Lüneburger Heide (vgl. SCHMOOCK 2017, SCHMOOCK & GEHRT 2017).

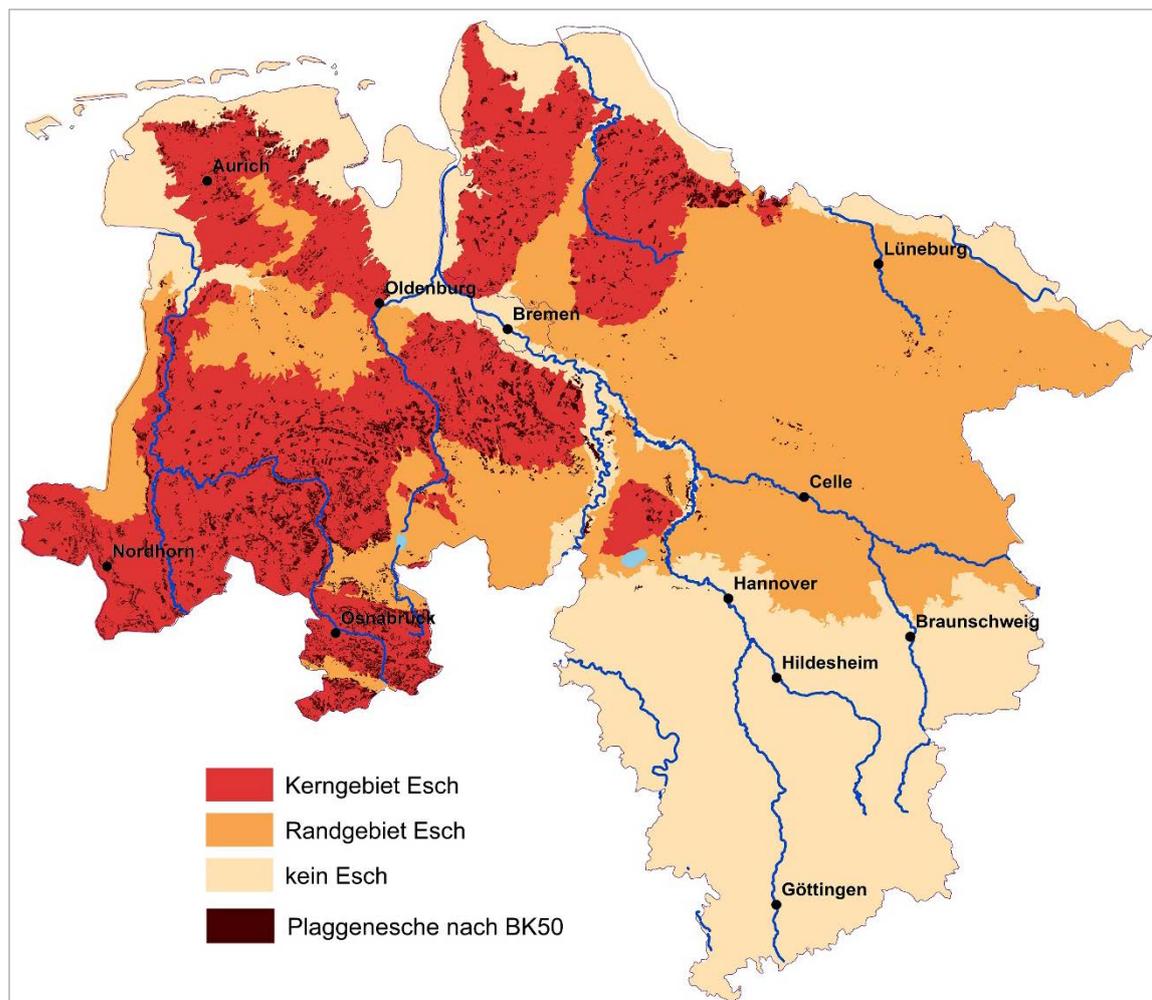


Abb. 2.8: Plaggenschregionen in Niedersachsen mit den in der BK50 ausgewiesenen Eschflächen.

### Hinweise zur Bearbeitung

Die aus der Geologischen Karte in die Manuskriptkarte übertragenen Eschflächen wurden unter Berücksichtigung der Konzeptkarte ESCH50 geprüft und ggf. ergänzt. Als Plaggengesche wurden alle Flächen ausgewiesen, die der Kategorie „Sichere Eschflächen“ in der Konzeptkarte ESCH50 entsprechen, im Kerneschgebiet (größtenteils westlich der Weser)

liegen und bei denen eine historische Ackernutzung belegbar ist. Sofern sie in Tiefenbereichen oder kleineren Hohlformen liegen, waren sie zu überprüfen und ggf. von Umlagerungsbildungen zu trennen.

In den Randgebieten mit nur gelegentlichen Eschvorkommen (z. B. Lüneburger Heide) wurden die Plaggenesche bei der Geländekartierung besonders beachtet. Bodenschätzungsflächen mit der Zustandsstufe 2 wurden hier als Esche ausgewiesen, sofern keine anderen Genesen bekannt sind (z. B. Sonderfall Spargelböden westlich von Braunschweig = keine Plaggenesche). Areale mit Zustandsstufe 3 (= „Eschverdachtsflächen“) wurden nur dann als Esche ausgewiesen, wenn sie direkt an Areale mit Zustandsstufe 2 angrenzten.

Die Kennzeichnung der Plaggenesche erfolgt in der Titeldatenlegende im Datenfeld GK50\_GENE mit der voranzustellenden Angabe „yp/...“.

Bei der Kartierung und anschließenden Auswertung fiel auf, dass insbesondere in den Sandlössgebieten Niedersachsens tiefhumose Böden mit guten Zustandsstufen und hoher Flächendeckung auftreten. Sie werden entsprechend der Regel als Plaggenesche dargestellt. Die hohe Flächendeckung und die Bindung an Sandlöss ist allerdings nur bedingt erklärbar. Möglicherweise liegen hier ältere Bodenbildungen wie etwa Grauerden vor (vgl. Kap. 1.4.2.2, Kap. 2.4.6.1, URBAN, KUNZ & GEHRT 2011).

## 2.4.4. Ergänzung petrographischer Angaben

### 2.4.4.1. Regionale Gliederung der Sande

#### Anlass und Ziel

Die Körnung der Sandbodenarten hat Auswirkungen auf die Ausprägung der Deckschichten, die Bodenentwicklung sowie den Wasserhaushalt und die Winderosionsgefährdung (JOHANNSEN, SCHÄFER & DÜWEL 1998). Mittelpleistozäne glazifluviale Ablagerungen, weichselzeitliche Talsande sowie periglaziale und holozäne Umlagerungsbildungen zeigen in der Korngrößenzusammensetzung eine hohe Variabilität (Kiese bis Feinsande). Während die kiesige oder grobsandige Fazies nur kleinräumig auftritt, sind die sandigen Sedimente weit verbreitet und sowohl als reine Feinsande (fS), mittelsandige Feinsande (fSms) oder auch feinsandige Mittelsande (mSfs) ausgeprägt. In Niedersachsen zeigt sich eine regionale Zweiteilung (JOHANNSEN, SCHÄFER & DÜWEL 1998). In der westlichen Geest sind die Sande eher als Feinsand, in der östlichen Geest dagegen eher als feinsandiger Mittelsand ausgebildet (vgl. Abb. 2.9). Neben den mittelpleistozänen Sanden gilt dies im Grundsatz auch für die weichselzeitlichen fluviatilen Talsande sowie die weichselzeitlichen und holozänen Umlagerungsbildungen, da diese i. d. R. aus den mittelpleistozänen Ablagerungen gebildet wurden.

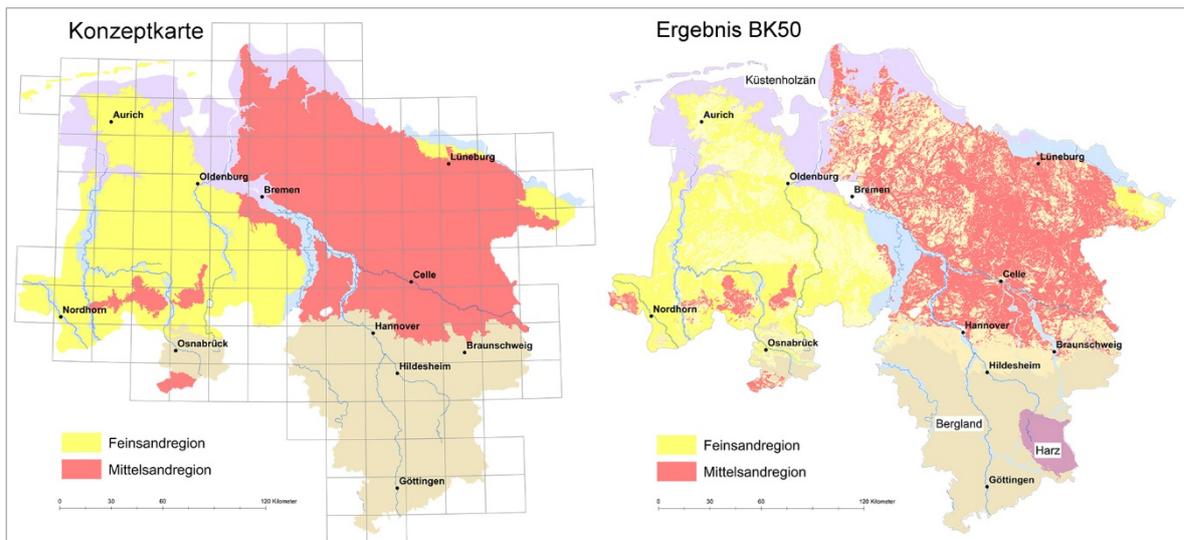


Abb. 2.9: Fein- und Mittelsandregionen in Niedersachsen auf Grundlage der Auswertungen von JOHANNSEN, SCHÄFER & DÜWEL (1998). Links die Konzeptkarte mit den Gittern der TK50, rechts die Umsetzung in der BK50 mit den Bodenregionen und den Grenzen der Landkreise.

Tab. 2.9: Liste der Lockergesteine aus Sand mit regionaler Differenzierung der Sandfraktion.

Genese	Klartext	Stratigraphie	Feinsandregion	Mittelsandregion
te	terrestrische Bildungen	Pleistozän	fs	ms
gf	glazifluviale Ablagerungen		fs	ms
p-f	periglaziale bis fluviale Ablagerungen	weichselzeitlich	fs	ms
Sp	Geschiebedecksand		fs	ms
f	fluviale Ablagerungen	Mittelpleistozän bis Holozän	fs	ms
Sa	Flugsand	Holozän, weichselzeitlich	fs	fs
z	Abschwemmmassen	Holozän	fs	ms
Ra	Raseneisenstein		fs	ms
smk	Sandmischkulturen		fs	ms
tug	Tiefumbrüche		fs	ms
ybk	Baggerkuhlungen		fs	ms
ydk	Sanddeckkultur		fs	ms
yp	Plaggeneschaufrag		fs	ms

## Konzeptkarte Sand50

Auf Grundlage von JOHANNSEN, SCHÄFER & DÜWEL (1998) wurde eine Karte der Sandregionen erstellt (Abb. 2.9, links), die grob die Verbreitung von Fein- und Mittelsanden zeigt.

### Hinweise zur Bearbeitung

Bei der Bearbeitung der BK50 wurde bei den in Tabelle 2.9 aufgeführten sandigen Lockergesteinen die Aufteilung räumlich differenziert. Dazu wurde die Kartiereinheit in der Titeldatenlegende im Datenfeld SAND mit „fs“ oder „ms“ gekennzeichnet. In Abbildung 2.9. (rechts) ist die Zuweisung der Sandfraktionen in der BK50 abgebildet.

In den Bodenregionen des Küstenholozäns, der übergeordneten Talauen, des Bergvorlandes und des Berglandes wurden die sandigen Sedimente nicht differenziert. Sie wurden generell als feinsandiger Mittelsand (mSfs) beschrieben.

### 2.4.4.2. Differenzierung der Bodenarten in den oberen Dezimetern

#### Anlass und Ziel

Mit diesem Arbeitsschritt erfolgte die Differenzierung der bodenartigen Varianten der Hauptlage (vgl. Kap. 1.4.1) sowie der oberen Dezimeter in holozänen Ablagerungen bzw. bei geringmächtigen Torfdecken (Moorgleyen). Die Bodenarten der Hauptlage werden in der Geest und im Bergvorland auf Grundlage der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortskartierung spezifiziert.

Im Grundsatz ist bekannt, dass die Hauptlage unterschiedliche Bodenarten aufweisen kann. Dies ist durch unterschiedlich hohe Anteile schluffiger bzw. sandiger äolischer Komponenten oder Beimengungen aus den liegenden Gesteinen (z. B. Tonstein, Geschiebelehm oder glazifluviatile Sande) begründet. So prägen insbesondere die Beckenschluffe häufig die periglazialen Deckschichten der weiteren Umgebung (s. Kap. 1.4.1.3). Die Körnungsunterschiede in den Decksichten sind sowohl für Aspekte des Bodenschutzes (Bodenerosion durch Wasser oder Wind, Verschlammungsneigung (Abb. 3.21)), der Wasserspeicherung wie auch für die Podsolierung bedeutsam (TOLKSDORF-

LIENEMANN 2000). Höhere äolische Schluffgehalte in der Hauptlage finden sich im Umfeld der Sandlössgebiete und verbreitet in Ostniedersachsen. Lokal kann eine Abweichung in der Bodenart auch durch erosiven Bodenabtrag begründet sein.

### Konzeptkarten

Die Auswertung für die Darstellung des BOAHTYP50 basierte auf den Bodenarten der Horizonte der Bodenschätzung und der Substratkennzeichnung der forstlichen Standortskartierung. Dargestellt wurden die Bodenartenhauptgruppen (Sand = s, Lehm = l, Schluff = u, Ton = t und Moor = Mo) in der Schicht, die die Tiefe 4 dm einschließt. In der Konzeptkarte BODART 50 wurde die Bodenart des Klassenzeichens der Bodenschätzung abgebildet, die die Bodenarten des Gesamtprofils integriert. Sie diente dem Abgleich mit der BOAHTYP50.

Bei der Anwendung zeigte sich, dass die Konzeptkarten sowohl in den Flussablagerungen (Auen) und oberflächennahen Torfen als auch im Küstenholozän bodenartige Differenzierungen ermöglichen. Im Harz und im Bergland ist die Differenzierung der Bodenarten allerdings so kleinräumig, dass sie im Maßstab 1 : 50.000 nicht darzustellen waren. Hier wurde auf eine räumliche Anpassung verzichtet.

### Hinweise zur Bearbeitung

Im Abgleich mit der Konzeptkarte BODART 50 wurden die Deckschichtenareale auf Grundlage der BOAHTYP50 abgegrenzt und spezifiziert. Im Wirkungsgefüge wurde die Unterscheidung im Datenfeld BOAHTYP mit den Kürzeln der Bodenartenhauptgruppen verzeichnet (s. o.).

#### 2.4.5. Ergänzung geogenetischer Angaben zur Differenzierung der Substratbeschreibung

Bei der Bearbeitung der BK50 wurde besonderer Wert auf die differenzierte Darstellung bodenkundlich und pedofunktional relevanter geologischer Einheiten gelegt. Ein Anspruch der BK50 war deshalb auch, die Übereinstimmung mit der GK50 zu erhalten (Kap. 1.3.6.1). Durch die Übertragung der generalisierten Inhalte in die Manuskriptkarte und Titeldatenlegende war die GK50 eine wichtige Information für die Bearbeitung (vgl. Kap. 2.4.2.1). Aus dem Arbeitsprozess ergab sich allerdings die Notwendigkeit von Änderungen einiger geologischer Angaben. Generell waren inkonsistente Informationen der verschiedenen Informationsquellen abzugleichen und einer Lösung zuzuführen. Daraus resultieren Änderungen der Ausgangsgesteine gegenüber der GK50 (Kap. 1.3.6.1 und Kap. 1.3.7). Die Zulässigkeit von Veränderungen geologischer Inhalte wurde geregelt (Tab. 2.10).

- Im Zuge der Bearbeitung war es z. T. erforderlich, unplausible Beschreibungen der GK50 (z. B. Geschiebedecksand ohne Unterlagerung (Sp), undifferenzierte Hangbildungen (hg)) auf Grundlage weiterer Quellen zu prüfen und entsprechend anderen Einheiten zuzuordnen oder neu zu verschlüsseln.
- Die an Niederungen gebundenen Einheiten der Auen und Kolluvien wurden systematisch geprüft und ggf. überarbeitet (Kap. 2.4.5.1).
- Weichselzeitliche Talsande der grundwasserfernen Geest werden in der BK50 als periglaziale bis fluviatile Sedimente beschrieben, da diese i. d. R. von Hangumlagerungen beeinflusst sind. Talsande und sandige Niederterrassen wurden nach ihrer Lage im Raum geprüft und ggf. angepasst.
- Vorkommen von Raseneisenstein (Brauneisengleye) wurden systematisch auf Grundlage der Bodenschätzung (Konzeptkarte HYDRO50) ausgewiesen bzw. ergänzt.
- Bei Flugsanden und Dünen, insbesondere in den Talsandniederungen, war ein Abgleich mit der Karte  $TCl_{low}$  und den Grundwasserböden notwendig, da Lageverschiebungen zu widersprüchlichen Aussagen führten. Vorkommen geringmächtiger Flugsande, die die Entwicklung von Podsohlen bewirken, wurden ergänzt.
- Die Verbreitung von Löss- und Sandlöss wurde auf Grundlage der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortkartierung angepasst. Die Bodenartenbeschreibung der Bodenschätzung ermöglichte die Unterscheidung von Sandlöss- und Lösssand (Konzeptkarte „Potenzielle Lössverbreitung“).
- Areale der Geschiebemergel bis -lehme sowie Beckenablagerungen wurden auf Grundlage der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortkartierung (Konzeptkarte „Potenzielle Geschiebelehmvverbreitung“) ergänzt, da hier hydromorphe Einflüsse auf die Böden zu erwarten sind.
- Die Geologie der Marsch wurde komplett neu bearbeitet, da die älteren Bearbeitungen dem heutigen Kenntnisstand nicht mehr entsprachen (vgl. Kap. 1.3.8 und 2.5.3).
- Die periglazialen Deckschichten wurden bei der Sachdatenerstellung ergänzt und regional differenziert beschrieben (Kap. 2.7.2).

Tab. 2.10: Rahmenbedingungen für die Übernahme und Anpassung der Inhalte aus der Geologischen Karte.

GK50_GENE SYMBOL	GK50_GENE TEXT	Regelung zur Überarbeitung
s	sedimentär	wird 1 : 1 aus GK50 übernommen
mt	metamorph	
mag	magmatisch	
Kq	Quellkalk	
Hn	Niedermoor	wird 1 : 1 aus GK50 übernommen, wenn das Kartenblatt der GK50 von Moor-Expertengruppe bearbeitet wurde, ansonsten kann Anpassung erfolgen (Kap. 2.4.5.6)
Hh	Hochmoortorf	
f	fluvial	f(qh) und f(qw) können für BK50 angepasst werden, ältere Ablagerungen werden direkt übernommen. Eine Spezifikation der Niederterrassen ist zulässig.
Ra	Raseneisenstein	kann für BK50 bei entsprechender Datenlage nach Prüfung angepasst werden
Mg-Lg	Geschiebemergel/ Geschiebelehm	
gf	glazifluvialer Sand	
b	Beckenablagerung	
fl	Fließerde	
Lhf	Hochflutlehm	
Sa	Flugsand	
Los	Sandlöss	
Lo	Löss	
Lol	Lösslehm	
sh	Hangschutt	
p	periglaziär	
z	Abschwemmmassen	
smk	Sandmischkultur	
tug	Tiefumbruch	
y	künstlicher Auftrag	
yp	Plaggenesch	

### 2.4.5.1. Differenzierung und Gliederung der talgebundenen Sedimente

In der Geest war eine pedoregionale Differenzierung der weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederungen (Talsande f(qw) und periglaziale Sedimente bis Talsande (p-f), weichselzeitliche Becken-Ablagerungen (b)) (Kap. 1.3.9) notwendig.

#### Anlass und Ziel

Die weichselzeitlichen Ablagerungen der Niederungen sind durch unterschiedliche Sedimente geprägt. So weisen die Sedimente der Talsandniederungen und Urstromtäler geschichtete Feinsande auf und sind durch zahlreiche, z. T. vermoorte Abflussrinnen und Flugsandfelder geprägt. Die Sedimente in den Talungen und am Rand der Geestplatten und Endmoränen dagegen werden auch von Umlagerungen beeinflusst. In der BK50 werden deshalb die weichselzeitlichen Talsande (f(qw)) in der grundwassernahen Geest von den periglazialen bis fluviatilen Umlagerungen (p-f) der Geestplatten und Endmoränen unterschieden.

#### Konzeptkarten

Die Bodengroßlandschaften werden in der Konzeptkarte „Bodengroßlandschaft BGL50“ dargestellt. Die Karte der Niederungssedimente stellt die talgebundenen Sedimente der generalisierten GK50 dar.

#### Hinweise zur Bearbeitung

Im Rahmen der BK50-Bearbeitung wurden die weichselzeitlichen Talsedimente nach Größe und Lage entweder der grundwassernahen Geest (Talsandniederungen und Urstromtäler) oder der grundwasserfernen Geest (Geestplatten und Endmoränen) zugeordnet. Dies wurde durch eine Kennzeichnung der pedoregionalen Gliederung auf der Konzeptkarte und in der Titeldatenlegende vorgenommen (Bodengroßlandschaft 6 = Talsandniederungen und Urstromtäler oder Bodengroßlandschaft 8 = Geestplatten und Endmoränen). Gegebenenfalls wurde die geologische Bezeichnung f(qw) oder p-f angepasst.

### Abgleich der Niederungssedimente der GK50 mit morphologischen Tiefenbereichen

#### Anlass und Ziel

In der GK50 wird die Ausweisung und Beschreibung der Niederungssedimente heterogen gehandhabt. Für die BK50 war es Ziel, alle im Maßstab 1 : 50.000 darstellbaren Tiefenbereiche >6 ha darzustellen. Dazu sind die Niederungen im Vergleich mit den Tiefenbereichen der Reliefkarte zu prüfen, Grenzverläufe anzupassen und ggf. zu ergänzen.

#### Konzeptkarten

- Karte der Niederungssedimente:  
Die Karte ist ein Auszug aus der generalisierten Geologischen Karte und stellt die talgebundenen Sedimente der GK50 dar.
- Tiefenbereiche der Reliefkarte (RK50):  
Hier wurden die Tiefenbereiche als Auszug aus der Reliefkarte auf Grundlage des DGM50 abgebildet. Zu Beginn der BK50-Bearbeitung lag nur dieses flächendeckend vor. Ab 2008 waren DGM5-Rasterdaten verfügbar, aus denen zusätzlich die höher aufgelöste RK25 erstellt werden konnte.
- Differenzenkarte GK50 – RK50:  
Diese Karte setzte sich aus zwei Kartendarstellungen mit Überlagerungen zusammen: In Karte 1 wurden die Niederungsbereiche der GK50 von den Tiefenbereichen der RK50 überlagert, in Karte 2 wurden die Tiefenbereiche der RK50 von den Niederungsbereichen der GK50 überlagert. Durch die Überlagerung der Ebenen wurden die Abweichungen sichtbar. Zur Vervollständigung der Darstellung wurden die Niedermoore, die Höhenlinien und das Gewässernetz aus dem ATKIS® in die Konzeptkarte übernommen.
- $TCl_{low}$ :  
Der Terrain Classification Index für Senkenbereiche (lowlands) beschreibt die relative Tiefenlage als dimensionslosen Index im Wertebereich von 0 (tief) bis 2 (hoch) auf Grundlage des DGM25 und überhöht dabei geringste Höhenunterschiede. Die Karte des  $TCl_{low}$  bildet erhabene und weniger erhabene Reliefeinheiten in mittleren Höhen, weit gestreckte tiefliegende und sehr tiefliegende Reliefeinheiten ab. Insbesondere in den ebenen Niederungen kann

die Information einer weiteren Absicherung der Grenzführung dienen.

#### Zusätzliche Informationsgrundlagen

- Gedruckte Karten der BÜK50, BK25 und der BK50 NRW:  
Bei unklarer Datenlage liefern auch die BÜK50 sowie die BK25 Hinweise und können die Grenzführung in den Niederungen unterstützen. Das gleiche gilt im Grenzbe-  
reich für die BK50 aus Nordrhein-Westfalen. Hierbei war festzustellen, dass einige Taleinheiten in der GK50 nicht ausgewiesen waren. Sie konnten auf Grundlage von Reliefinformationen und Informationen der Bodenschätzung nachgeführt werden.

#### Hinweise zur Bearbeitung

Durch den Abgleich der Areale der Niederungssedimente mit den geomorphologischen Niederungen werden Differenzen erkannt. Ergänzend wird zur Klärung das Höhenlinienbild herangezogen. Die Bearbeitung erfolgt nach den folgenden Regeln:

- Alle talrelevanten Einheiten der GK50\_GENE, die nicht in der RK50 enthalten sind, bleiben erhalten, wenn sie den generellen Größenanforderungen entsprechen.
- Markante Talungen in Verlängerung der in der GK50\_GENE dargestellten Täler werden unter Berücksichtigung der Höhenlinien ergänzt, wenn sie eine oder mehrere der folgenden Bedingungen erfüllen:
  - deutlich erkennbare Talflanken,
  - Fließgewässer ist vorhanden,
  - Flächengröße >6 ha, Mindestbreite 2 mm in der Karte,
  - Tiefenbereiche mit Einzugsgebieten größer als 2.000 ha. Sie sind als Talauen zu ergänzen, wenn weitere Hinweise (z. B. Bodenartenwechsel, hydromorphe Merkmale) vorhanden sind.
- Bei den folgenden Einheiten wurde die Zuordnung zusätzlich geprüft:
  - isolierte Areale in Talschlüssen,
  - kleinere Nebentäler mit steilerem Längsgefälle als im Haupttal,
  - Täler ohne Fließgewässer,
  - Taleinheiten mit vergleichsweise kleinem Einzugsgebiet,

- Talungen, die in weiten Strecken und in ganzer Breite vermoort sind; diese Täler haben eher keine fluviale Dynamik,
- holozäne Talsedimente mit Hangneigung >1.
- Die Abgrenzung neu ausgewiesener Tiefenbereiche musste an das Höhenlinienbild angepasst werden.
- Tiefenbereiche, die nicht in der GK50 enthalten sind und keine Hinweise auf eigene Sedimentkörper enthalten, werden unter Beibehaltung der geologischen Inhalte und unter Berücksichtigung der Höhenlinien übernommen und in der Titeldatenlegende im Datenfeld RK50 als Tiefenbereich (T) gekennzeichnet. Gering eingeschnittene Tiefenbereiche in Flachlandschaften werden häufig im DGM50 überzeichnet, sie sind deshalb kritisch zu prüfen.

#### Systematische geologische Kennzeichnung von Abschwemmmassen und Auenablagerungen

##### Anlass und Ziel

Die Unterscheidung von Abschwemmmassen und Auenablagerungen (vgl. HINZE et al. 1989) ist für den Bodentyp und die Bodenfunktion von besonderer Bedeutung (Kap. 1.3.9). Auenablagerungen führen zum Bodentyp Vega, Abschwemmmassen zum Bodentyp Kolluvium. In der Konsequenz wurden für die BK50 Auenablagerungen und Abschwemmmassen nach festgelegten Regeln geprüft und untergliedert:

- Abschwemmmassen werden im Gegensatz zu den Auenablagerungen nur über geringe Distanzen verlagert. Zu unterscheiden sind reine Abschwemmmassen (z) aus dem Nahbereich in Hangdellen, Hangverflachungen, vor Hindernissen oder an Unterhängen. Durch den Eintrag der Sedimente in größere Tiefenbereiche werden diese sukzessive verfüllt. Zum Teil bilden sich bei der Einmündung Schwemmfächer. Nach Starkregenereignissen kann es zu linearer Erosion und erneuter lateraler Umlagerung in Senkenbereichen kommen. Diese Dynamik wiederholt sich im Laufe der Zeit. Eine Differenzierung der kolluvialen Anlagerung und der fluviatil verlagerten Sedimente ist im mittleren Maßstab nur bedingt möglich. Deshalb werden die Sedimente in den größeren Tiefenbereichen als

Abschwemmmassen bis fluviatile Sedimente (z-f) bezeichnet.

- Auenablagerungen sind Sedimente, die durch mäandrierende Bach- oder Flussläufe bei periodischen oder episodischen Hochwasserereignissen in den Talauen abgelagert wurden (Kap. 1.3.9). Die morphologische Differenzierung der Auen wird mit Hilfe hochauflösender digitaler Höhenmodelle am Muster von Altarmen und Uferwällen erkennbar. Des Weiteren sind Unterschiede in den Bodenarten und Kalkgehalten zu berücksichtigen. Die Ausdehnung der Auensedimentfazies ist in den meisten Flusstälern aber so kleinräumig, dass eine Abgrenzung in geologischen oder bodenkundlichen Karten im Maßstab 1 : 25.000 bis 1 : 50.000 nicht umgesetzt werden kann.

#### Konzeptkarten

Die Karte der Einzugsgebietsgröße (Abb. 2.10) stellt klassifiziert die Größe der Einzugsgebiete von Fließgewässern dar. Für die BK50 wurden auf Grundlage von Kartierungen und Kartenvergleichen folgende Grenzwerte ermittelt, die in Konzeptkarten zur Anwendung kamen:

Bei Einzugsgebieten kleiner als 1.000 ha finden sich i. d. R. Abschwemmmassen. Sind Einzugsgebiete größer als 2.000 ha, dominieren Auenablagerungen. Bei Einzugsgebietsgrößen von 1.000 bis 2.000 ha sind weitere Kriterien (Längsgefälle, Morphologie, Gewässerverlauf mit oder ohne Mäander nach heutiger oder historischer Karte) oder der Geländebefund zur Klärung heranzuziehen. Zusätzliche Prüfkriterien waren Hinweise aus der Bodenschätzung (Entstehung Alluvial (Al)) oder der Forstlichen Standortkartierung. Rinnen mit Einzugsgebietsgrößen kleiner als 40 ha werden aufgrund des Zielmaßstabes der BK50 nicht dargestellt.

#### Hinweise zur Bearbeitung

Die Unterscheidung der Abschwemmmassen in Senkenbereichen von den Auenablagerungen gestaltet sich im Einzelfall schwierig. Bei der Kartierung waren alle Einheiten der Abschwemmmassen und Auenablagerungen mit Hilfe der Karte der Einzugsgebietsgrößen zu prüfen. Tabelle 2.11 beschreibt einige Kriterien, die zur Unterscheidung und Attributierung herangezogen wurden. Die bodenkundliche Bedeutung und Beschreibung kann sich z. B. am Auftreten von Grund- oder Stauwassereinfluss festmachen (s. Kap. 2.4.6.3).

Diese Kriterien stellen nur eine Leitlinie dar. Im Einzelfall lag die Entscheidung beim Bearbeiter der Bodenkarte.

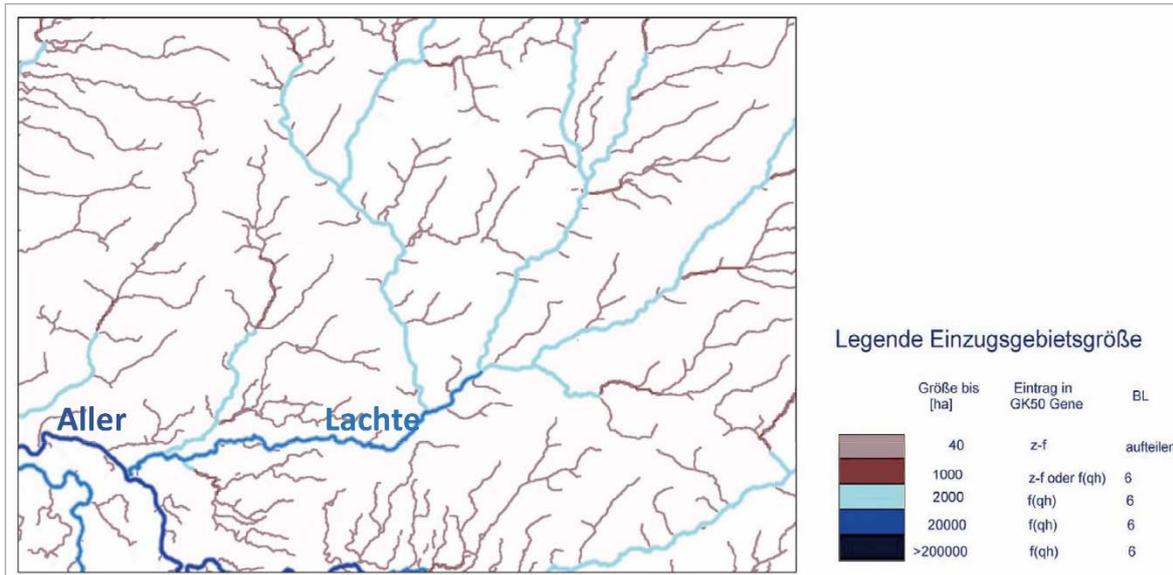


Abb. 2.10: Klassifizierte Einzugsgebietsgröße der Tiefenlinien auf Grundlage des DGM5 von Niedersachsen.

Der Ausschnitt zeigt das Einzugsgebiet der Lachte am Südrand der Lüneburger Heide mit der Mündung in die Aller (Größe des Ausschnitts ca. 25 x 15 km).

Tab. 2.11: Kriterien zur Unterscheidung von Auenablagerungen und Abschwemmmassen in Senkenbereichen.

Merkmal	Abschwemmmassen (z)	Auenablagerungen (f(qh))
Einzugsgebietsgröße	>40 – <1.000 ha	>2.000 ha
	1.000 – 2.000 ha: Prüfung anhand der nachfolgenden Kriterien	
Morphologie	Muldental	ebener Talboden ist durch deutlichen konvexen Hangknick begrenzt
Längsgefälle	groß	gering
Gewässermorphologie nach historischer Karte oder aktueller Topografie	keine Mäander	erkennbare Mäanderbildung (ggf. auch in historischer Karte)

## Pedoregionale Gliederung der Abschwemmmassen und Auenablagerungen

### Anlass und Ziel

Die stoffliche Zusammensetzung, die Bodeneigenschaften und die Bodenausprägung von Abschwemmmassen und Auenablagerungen werden maßgeblich vom Einzugsgebiet beeinflusst (Kap. 1.3.9). Die pedoregionale Gliederung bietet die Möglichkeit, die Eigenschaften der Böden regional zu differenzieren. Für die Talsedimente ist dabei die Unterscheidung der Bodenarten, der Kalk- und ggf. der Humusgehalte nach den jeweiligen Sedimenten der zugehörigen Einzugsgebiete von Belang. So unterscheiden sich die bodenkundlichen Eigenschaften einer Flussaue in der grundwassernahen Geest grundsätzlich von der Aue im Lössbecken des Berglandes. Ein Beispiel der pedoregionalen Zuordnung von Auenablagerungen und Abschwemmmassen bis Auenablagerungen im Bergland ist in Abbildung 2.11 dargestellt.

Tiefenbereiche in Sandlössgebieten mit eher schluffigen Sedimenten sind deutlich von den sandigen Abschwemmmassen in Bereichen mit glazifluviatilen Sanden zu unterscheiden. Kleine Täler in Sandsteingebieten haben schluffig-sandige Füllungen; in Kalksteingebieten sind diese eher tonig-schluffig mit Vorkommen von sekundären Karbonaten oder Quellkalk. In Tonsteingebieten sind die Abschwemmmassen dagegen vorwiegend schluffig-tonig.

Zusätzlich können mit der pedoregionalen Einordnung näherungsweise z. B. Grundwasserschwankungen oder Unterschiede in der Überschwemmungsneigung abgebildet werden. So ist die Amplitude der Grundwasserschwankungen in den großen überregionalen Auen mit mehr als 12 dm größer als in den kleineren regionalen Auen (GEHRT & RAISSI 2008). Flüsse mit Anschluss an die Mittelgebirge reagieren intensiver und nachhaltiger auf den Wasserzufluss nach Schneeschmelze und Starkregenereignissen.

Aus diesen Gründen ist es daher zielführend, bei der Bearbeitung die Areale der Talauen bzw. Abschwemmmassen pedoregional zuzuordnen.

### Konzeptkarten

- BR50: Bodenregionen (s. Kap. 1.3.5.2),
- BGL50: Bodengroßlandschaften (s. Kap. 1.3.5.2),
- BL50: Bodenlandschaften (s. Kap. 1.3.5.3).

### Hinweise zur Bearbeitung

Die pedoregionale Zuordnung der Auen und Abschwemmmassen wird auf Grundlage der Karten der Bodenregionen, Bodengroßlandschaften und Bodenlandschaften festgelegt (vgl. Abb. 2.11).

Die Abschwemmmassen bis fluviatilen Ablagerungen der kleineren Täler (z-f) wurden von der Umgebung geprägt und sind deshalb Teil der Bodenlandschaft (z. B. Sand-, Ton- oder Karbonatgesteine, Löss-, Sandlössgebiete). Sie sind im Regelfall dort abzugrenzen und zuzuordnen, wo sie die entsprechende umgebende Bodenlandschaft verlassen (Abb. 2.11).

Überschreitet eine Abschwemmmasse ihre ursprüngliche Bodenlandschaft, wird die anschließende Bodenlandschaft zur Bodenlandschaft der Talauen (BL6) gestellt. Die Kennzeichnung als Abschwemmmasse (z-f) und der Bodentyp Kolluvium bleiben bestehen.

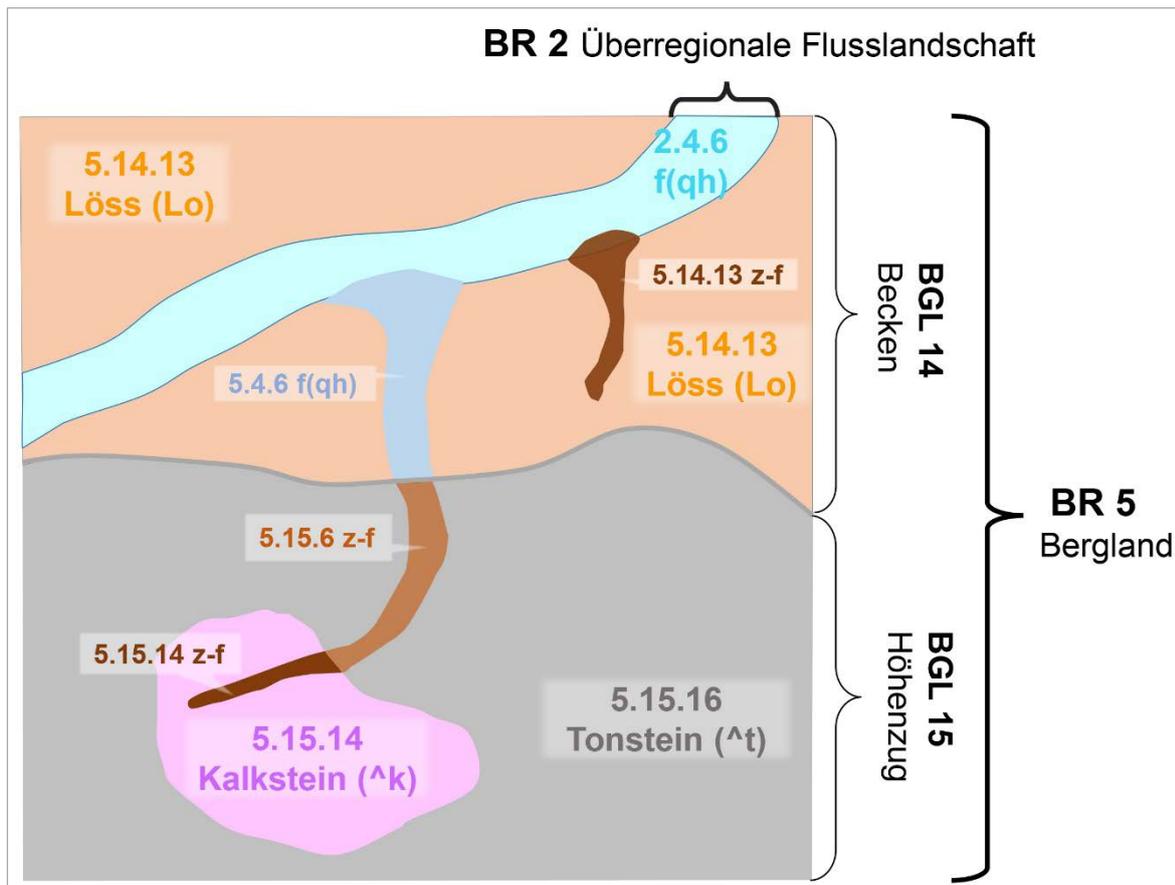


Abb. 2.11: Zuordnung der Bodengroßlandschaften und Bodenlandschaften zu den Auenablagerungen (f(qh)) und Abschwemmassen bis Auenablagerungen (z-f) an einem Beispiel im Bergland.

Auenablagerungen (f(qh)) wurden aufgrund des größeren Einzugsgebietes generell der Bodenlandschaft der Talauen (BL6) zugeordnet. Solange das Einzugsgebiet einer Aue in einer Bodengroßlandschaft liegt, wird sie dieser zugeordnet. Folglich werden Auen in den Höhenzügen des Berglandes als Bodenlandschaft „Talauen“ (BL6) in der Bodenregion „Bergland“ (BR5) und der Bodengroßlandschaft „Höhenzüge“ (BGL15) gekennzeichnet.

Verlässt eine Talau die Bodengroßlandschaft der „Höhenzüge“ (BGL15) und tritt in die Bodengroßlandschaft der „Lössbecken“ (BGL14) ein, wird das Areal der Bodengroßlandschaft „Auen und Niederterrassen“ (BGL4) zugeordnet (vgl. Abb. 2.11). Dies ist in dem Beispiel darin begründet, dass die Sedimente nun zusätzlich aus den Lössbecken geprägt werden. Gleichzeitig nimmt das Längsgefälle der Talau ab.

Überschreitet eine Aue die Grenze einer Bodenregion (z. B. vom Bergland zum Bergvorland) wird diese zur Bodenregion der überregionalen Flusslandschaften (BR2) gestellt.

Diese überregionalen Flusslandschaften zeichnen sich durch überwiegend breite, ebene Talniederungen aus und bilden mit ihren Sedimenten und Oberflächenformen, ihrem Wasserhaushalt und spezifischem Lokalklima eine eigenständige Bodenregion. Sie gliedern sich in die etwas höher gelegenen Niederterrassen und die Talauen und werden nur randlich von den umgebenden Bodenlandschaften beeinflusst. So sind z. B. die Talauen von Weser und Elbe mit ihren tonreichen, fruchtbaren Böden in die wesentlich ärmeren Landschaften der eher sandigen Geest eingebettet. Die Talauen der überregionalen Flusslandschaften enden dort, wo tidal beeinflusste Sedimente in Erscheinung treten.

Neben diesen generellen Umsetzungen wurden in der BK50 bei den Talauen einige Besonderheiten beachtet und kritisch bearbeitet:

- Die Abgrenzung der Talauen in der grundwassernahen Geest ist bei geringer Zeichnung in der Oberflächenform nur mit Hilfe gezielter Auswertung des Höhenmodells möglich. Die Auen sind aufgrund des geringen Längsgefälles und folglich geringerer Fließgeschwindigkeit nur mäßig eingetieft und können lokal vermoort sein. In einigen Gebieten (z. B. südlich von Freren an Deeper Aa, Bardelgraben, Moosbeeke, Schaler Aa oder an der Vechte südlich von Emlichheim) wurden die Auenböden zusätzlich randlich oder komplett durch Tiefkulturmaßnahmen umgestaltet. Hier ist ein eigenständiger Sedimentationskörper kaum zu erkennen. Diese Auen sind in der GK50 z. T. nicht ausgewiesen. In der BK50 wurden die Areale aufgrund des Höhenmodells ergänzt. Dies war auch notwendig, um Flusssysteme aus Nordrhein-Westfalen nicht an der Landesgrenze enden zu lassen.
- Geringmächtige tonige oder lehmige Auenablagerungen im Bördenvorland sind z. T. ebenfalls morphologisch kaum erkennbar. Im Bereich der Einmündungen von Oker, Fuhse, Burgdorfer Aue und Wietze ins Allerurstromtal finden sich derartige Ablagerungen mit großer Ausdehnung (LANG 1973), ebenso im Bereich der Vechte, Hunte und Ems. Da sie gut an den lehmigen bis tonigen Sedimenten erkennbar sind (Konzeptkarten BOAHTYP50 und BODART), wurden sie in der BK50 ausgewiesen. Sie werden im Wirkungsgefüge (Datenfeld SONST) je nach Mächtigkeit mit Lf35 (Auenlehm 35 cm) oder Lf60 (Auenlehm 60 cm) gekennzeichnet. Datierungen im Gebiet der Wietzeniederung legen ein frühholozänes Alter nahe. In diesem Zusammenhang finden sich häufig vermehrt Raseneisensteinbildungen (vgl. Kap. 1.4.2.3). Es liegt nahe, dass die Eisenquelle für diese Bildungen einen Bezug zu den lehmigen Auensedimenten hat. Eine Besonderheit sind geringmächtige frühholozäne tonige Auenablagerungen über Löss bei Barsinghausen.
- Im Harz und im nahen Harzvorland wurden die weichselzeitlichen und holozänen Ablagerungen aufgrund der hohen Fließ-

geschwindigkeiten als Kies oder kiesig beschrieben. Sie weisen hohe Ähnlichkeit zu den Niederterrassen auf.

- An der südlichen Ems sind in der Geologischen Karte 1 : 25.000 morphologisch gut erkennbare frühholozäne Inselterrassen ausgewiesen, die in die BK50 übernommen wurden. Nach vorliegender Literatur (ROESCHMANN 1956, WEIN 1969) sowie den bodenkundlichen und geologischen Karten befinden sich auf diesen Inselterrassen verbreitet Plaggenesche. Im Einzelfall ist die Unterscheidung von Plaggeneschmaterial und humosem Auensand schwierig.

#### 2.4.5.2. Ergänzung der Löss- und Sandlöss

##### Anlass und Ziel

Löss- und Sandlössgebiete sind in der Geologischen Karte 1 : 50.000 nicht vollständig wiedergegeben. Die Ursachen liegen z. B. darin, dass in die Erstellung der GK50 sogenannte „abgedeckte Karten“ der GK25 eingegangen sind oder bei Übersichtskartierungen kleinere Sandlössgebiete übersehen wurden.

##### Konzeptkarten

Die Konzeptkarte zeigt potenzielle Löss- und Sandlössvorkommen auf Grundlage von Schichtbeschreibungen und Klassenzeichen der Bodenschätzung sowie den Kennziffern der Forstlichen Standortkartierung (NFP 2005, 2007, 2009). Ergänzend sind die Löss- und Sandlössflächen aus der GK50 transparent auf der Konzeptkarte abgebildet. Im Rahmen der Geländearbeit sind die Darstellungen exemplarisch zu überprüfen.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Grenzen von Löss- und Sandlössflächen der GK50 wurden dann verändert, wenn die Konzeptkarte Hinweise auf Löss- oder Sandlössflächen gibt und diese an Löss- oder Sandlössflächen der GK50 grenzen. Auf Grundlage lokaler Kenntnisse und der Bodenschätzung (Elberand bei Hitzacker) bzw. der BK25 (z. B. BK25 Blatt 3322 Steimbke) wurden einige Sandlössgebiete ergänzt.

## Besonderheiten und Ergänzungen zu Löss und Sandlöss

- **Sandlöss und Lösssand:**  
Bei den äolischen schluffigen Ablagerungen lassen sich mit Löss, Sandlöss und Lösssand verschiedene Sediment- und Profiltypen bzw. Schichtfolgen unterscheiden (vgl. GEHRT 2000a). In der GK50 wurde nur die Kategorie Sandlöss ausgewiesen. Lösssand (alt = Flotssand) und Sandlöss (alt = Flottlehm) wurden nicht unterschieden. Eine Unterscheidung nach sandigen und schluffigen Ausprägungen ist auf Grundlage der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortskartierung möglich und in der BK50 vorgenommen worden. In der Geest wurden Sandlöss (Los) und Lösssand (Slo) sowie Sandstreifenlöss (Loss) unterschieden. In Profilen mit Unterlagerungen wurden die Sandlöss mit Mächtigkeiten von 11 dm und die Lösssande mit Mächtigkeiten von 60 cm dargestellt. Eine weitergehende petrographisch-stratigraphische Differenzierung ist aufgrund der Datenlage derzeit nicht möglich.
- **Abgrenzung der schluffigen äolischen Sedimente von den Deckschichten:**  
Ein generelles Problem bestand in der Abgrenzung der Lösssande von den periglazialen Deckschichten (vgl. Kap. 2.4.5.2). Mit einem Schluffgehalt von über 20 % unterscheiden sie sich deutlich von den Geschiebedecksanden und wurden in der geologischen Karte trotz z. T. kiesiger Bestandteile den Sandlössen oder Flotssanden zugeordnet. Aus heutiger Sicht sind diese Sedimente nicht als äolische Ablagerungen, sondern als periglaziale Decken (Hauptlagen) mit hohen äolischen Anteilen zu betrachten. Andererseits finden sich auch geringmächtige Lösssande ohne erkennbare kryoturbate Beimengungen aus den liegenden Gesteinen. Die räumliche Abgrenzung konnte auch mit der BK50 nicht abschließend bearbeitet werden. Mit der Ausweisung von schluffigen Geschiebedecksanden in Ostniedersachsen wurde dieser Tatsache Rechnung getragen.
- **Nordgrenze der Lössverbreitung:**  
Die Nordgrenze der Lössverbreitung ist in ebenen Gebieten durch die Lössgrenzdüne mit z. T. bis 4 m mächtigen geschichteten Lössen, Sandstreifenlössen, Lösssanden und Sandlössen markiert (GEHRT 1994),

die spätwechselzeitlich bis jungtundrenzeitlich abgelagert wurden (HILGERS et al. 2001). Der Schichtaufbau trägt zum Verständnis der Ablagerung von Löss und Sandlöss und der Bodenbildung bei und hat daher als Archiv der Landschaftsgeschichte eine besondere Bedeutung. Die Areale wurden in die BK50 aufgrund der vorliegenden Kartierungen übernommen.

- **Abgrenzung der Mittellagen:**  
In der GK50 werden mächtigere schluffdominierte Bodenprofile in den Höhenzügen des Berglandes und der Mittelgebirge ebenfalls als Löss angesprochen. Rein äolische Ablagerungen in den Höhenzügen finden sich aber nur in exponierten Lee-lagen. Bekannt ist lediglich ein Areal mit einer über 2 m mächtigen Lössaufwehung (Kühler bei Bad Gandersheim). In der Mehrzahl der über 60 cm mächtigen, lössigen Sedimente handelt es sich nach heutiger Auffassung um Hauptlagen über Mittellagen aus umgelagertem, periglazial überprägtem Löss, der i. d. R. tonreicher und dichter gelagert ist. Stofflich sind Mittellagen durch geringe Beimengungen aus den liegenden und umgebenden Gesteinen beeinflusst (Kap. 1.4.1.3). In der BK50 werden diese „Lössprofile“ daher als Hauptlagen über Mittellagen aufgefasst.

### 2.4.5.3. Anpassung der Flugsande und Dünen

#### Anlass und Ziel

Flugsande sind insbesondere in den Talsandniederungen der grundwassernahen Geest verbreitet. Sie treten dort entweder morphologisch als Dünen (Vollformen) oder ebene Flugsanddecken in Erscheinung. Bei einer weitgehend ebenen Grundwasser Oberfläche ist der Grundwasserflurabstand damit eine Funktion der Mächtigkeit der Flugsanddecke bzw. der Dünen. Diese Beziehung mit der Auswirkung auf den Bodentyp wurde exemplarisch in der Wietze-Niederung untersucht und wird vereinfacht in Abbildung 2.12 veranschaulicht.

## Konzeptkarten

Zum Thema Flugsande und Dünen liegt keine separate Konzeptkarte vor. Grundlagen für den Abgleich zur Anpassung der Flugsande und Dünen sind die generalisierte Geologische Karte, die Konzeptkarte HYDRO50 (vgl. Kap. 1.4.1.3) und die Reliefauswertungen. Wie der Vergleich der ausgewiesenen GK50-Areale mit topografischen Karten, der HYDRO50 und Höhenmodellen zeigt, wurden insbesondere die Dünen in der geologischen Karte sowohl generalisiert als auch überzeichnet. Dies führt zwangsläufig zu inkonsistenten Kombinationen mit Grundwasserflurabständen, die bei der Bearbeitung mit der HYDRO50 und den Reliefauswertungen abgeglichen und einer Lösung zugeführt werden mussten.

## Hinweise zur Bearbeitung

Die Areale der Dünen und Flugsande aus der GK50 wurden mit den Informationen aus HYDRO50, RK50, TK50 und TCl<sub>low</sub> abgeglichen. Entsprechend der Schemazeichnung in Abbildung 2.12 wurde die Mächtigkeit der Flugsande angepasst. Flugsande, die sich morphologisch aus den Konzept- und Reliefkarten nicht belegen lassen, wurden entfernt und der Umgebung zugeordnet. Sofern Flugsande aufgrund der Datenquellen in Kombination mit Reliefdaten zu belegen sind, wurden sie hinzugefügt. In der Titeldatenlegende wurde dies im Datenfeld GK50\_GENE gekennzeichnet.

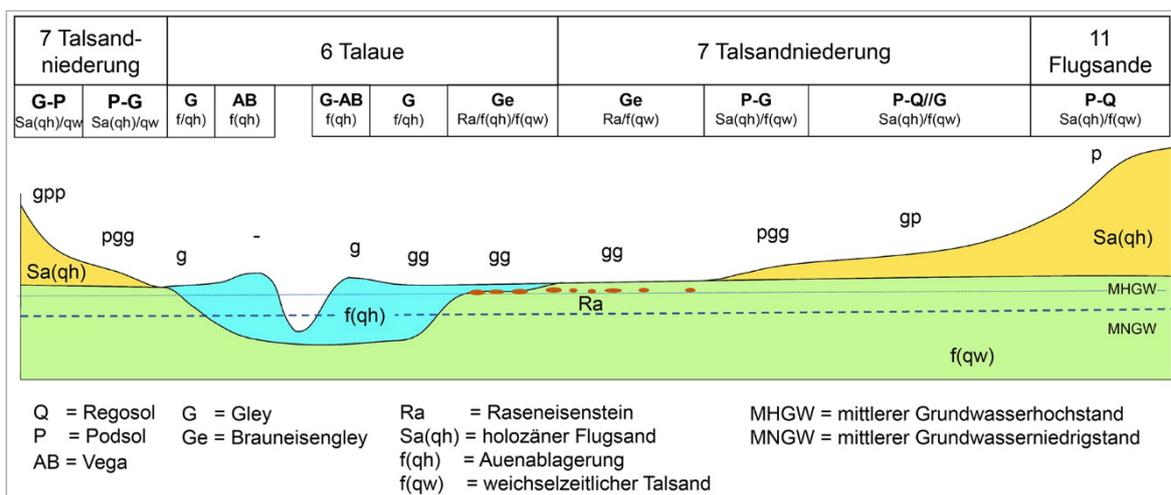


Abb. 2.12: Beziehung zwischen Oberflächenform, Gesteinsausprägungen und dem Grundwasserflurabstand in den Talsandniederungen und Urstromtälern (schematisch).

Die Kleinbuchstaben g, gg, p und pp bezeichnen die bodentypologischen Einträge im Wirkungsgefüge in den Datenfeldern HYDRO50 und PODSOL50.

#### 2.4.5.4. Ausprägung der Deckschichten und Hangschutte

##### Anlass und Ziel

Die allochthonen und autochthonen Umlagerungen der Steilhänge wurden in der GK50 mit ca. 400 ha nur teilweise abgebildet. Aufgrund der bodenkundlichen Bedeutung erfolgte bei der Kartierung der BK50 eine Ergänzung.

##### Informationsgrundlage

Anhand des digitalen Höhenmodells und der Geologischen Karte wurden zunächst Gebiete mit entsprechender Reliefenergie identifiziert. Soweit die Steilhänge ausschließlich in einer geologischen Einheit liegen, wird das Festgestein mit einer autochthonen Hangschuttdecke von 60 cm Mächtigkeit beschrieben. Allochthone Umlagerungen wurden, soweit möglich, mit Hilfe der Reliefauswertung in Kombination mit den Informationen der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortkartierung abgegrenzt. Die betroffenen geologischen Einheiten sind in Kapitel 1.4.1.4 beschrieben.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Der Einfluss der allochthonen Fließerden endet im Verlauf der Falllinie spätestens an der ersten Tiefenlinie. Gebiete ohne Vorinformationen wurden durch Inter- oder Extrapolation ergänzt und im Gelände exemplarisch überprüft. Die bodenlandschaftliche Zuordnung erfolgte über die Ausprägung der allochthonen Fließerden. So werden z. B. die Kalksteinfließerden aus dem Unteren Muschelkalk über den Tonsteinen des Oberen Buntsandsteins zur Bodenlandschaft der Karbonatsteingebiete (BL14) gestellt.

#### 2.4.5.5. Ergänzung der Geschiebelehme und Beckenablagerungen

##### Anlass und Ziel

Wie bereits erwähnt, sind in die Erstellung der GK50 häufig sogenannte „abgedeckte Karten“ (GK25) eingeflossen, oder es lagen lediglich Übersichtskartierungen vor. Geschiebelehme und Beckenablagerungen wurden deshalb zum Teil nur unzureichend abgebildet. Eine Ergänzung fehlender bzw. Erweiterung bereits ausgewiesener Geschiebelehmflächen erfolgt auf Grundlage der Konzeptkarte „Potenzielle Geschiebelehmflächen und Beckenablagerungen“ auf Grundlage der Bodenschätzung und Forstlichen Standortkartierung. Die Ergänzung wurde notwendig, da die häufig dichtlagernden Geschiebelehme und Beckenablagerungen die Bodeneigenschaften deutlich beeinflussen (z. B. Wasserhaushalt, Vernässung, Hydromorphe Böden) und damit Wechselbeziehungen zu anderen Konzeptkarten (HYDRO50) auftreten.

##### Konzeptkarten

In der Konzeptkarte sind potenzielle Geschiebelehmflächen und Beckenablagerungen auf Grundlage der Bodenarten aus den Schichtbeschreibungen der Bodenschätzung und den Kennziffern der Forstlichen Standortkartierung dargestellt. Darüber hinaus sind die Geschiebelehm- und Geschiebemergelflächen sowie Beckenablagerungen aus der GK50 als überlagernder transparenter Layer abgebildet. Konzeptkarten wie die BOAHTYP50 und BODART können ergänzend Hinweise auf das Auftreten und die Ausdehnung von bindigen Bodenarten geben.

##### Hinweise zur Bearbeitung

Areale mit Geschiebelehmflächen und Beckenablagerungen der GK50 waren in der Manuskriptkarte zu erweitern, sofern die in den Konzeptkarten ausgewiesenen Geschiebelehm- und Beckenablagerungsflächen an diese angrenzen und den Größenkriterien entsprechen. Im Gelände waren solche Erweiterungen exemplarisch zu prüfen.

Bei der Überarbeitung waren auffällige Wechselbeziehungen zur Konzeptkarte HYDRO50 zu beachten. So finden sich außerhalb der Senkenbereiche hydromorphe Merkmale in Gebieten, die nach der Geologischen Karte durchlässige, sandige Sedimente aufweisen. Häufig enthielten hier die Bodenschätzung bzw. die Forstliche Standortkartierung Hinweise auf Geschiebelehme oder Beckenablagerungen. Damit wurden die hydromorphen Merkmale erklärbar. Diese Flächen waren in der Karte abzugrenzen. In der Titeldatenlegende musste die geologische Angabe angepasst werden und ggf. im Datenfeld HYDRO mit „s“ bzw. „ss“ als staunass (Neben- oder Hauptbodentyp Pseudogley) gekennzeichnet werden.

#### **Besonderheiten und Ergänzungen zu Geschiebelehmen und Beckenablagerungen**

In Westniedersachsen wird ein großer Anteil der Ablagerungen in den oberen zwei Metern von drenthezeitlichem Geschiebelehm geprägt (vgl. Bodenlandschaftskarte; Kap. 1.3.5.3, Abb. 1.10). In Ostniedersachsen (Lüneburger Heide) dominieren dagegen glazifluviatile Sande, Geschiebelehm tritt nur kleinräumig auf. Die Bodenarten des drenthezeitlichen Geschiebelehms sind hier überwiegend stark lehmige Sande (SI4). In den oberen Dezimetern ist der Geschiebelehm periglazial verändert und sandiger (SI3), in kleinen Eiskeilen finden sich reine Sande. Zur Elbe hin sind jüngere warthezeitliche Geschiebelehme und -mergel mit höheren Tongehalten anzutreffen (Ls3 bis Ls2).

Beckenablagerungen sind per Definition glaziale Bildungen und treten nur kleinräumig auf. Neben der verbreiteten Bodenart sandiger, lehmiger Schluff (Uls) können auch tonige Varianten (Lt4, Tu3, Tu2) vorkommen. Sie sind häufig tiefgreifend und stark periglazial überprägt oder solifluidal verlagert. Aufgrund der Bodenart und der Dichtlagerung haben sie fast immer eine wasserstauende Wirkung und werden in der BK50 häufig als staunasse Böden ausgewiesen. In Niederungen werden hydromorphe Merkmale bei Beckenablagerungen als grundnasse Böden dargestellt. Eine inhaltliche Unterscheidung von Grund- und Stauwasserböden ist hier aufgrund der Datenlage nur bedingt möglich. Es ist aber bekannt, dass Übergänge (Pseudogley-Gley oder Gley-Pseudogley) auftreten können.

In der GK50 werden, abweichend von der Definition (HINZE et al. 1989), auch weichselzeitliche Beckenablagerungen ausgewiesen. Darunter sind weichselzeitliche fluviatile bindige Umlagerungen (z. B. aus Geschiebelehm) zu verstehen. Sie wurden in die BK50 übernommen und auf Grundlage der Bodenschätzung z. T. ergänzt.

#### **2.4.5.6. Ergänzung der Informationen zu Hoch- und Niedermooren sowie der Mudden**

##### **Anlass und Ziel**

Niedersachsen ist eines der moorreichsten Bundesländer. Die Verbreitung der Hoch- und Niedermoore und deren kulturelle Überprägung haben in den vergangenen Jahren vor dem Hintergrund des Klima- und Naturschutzes sehr große Bedeutung erhalten (KLIMAWIRKUNGSSTUDIE NIEDERSACHSEN 2019, HÖPER et al. (2019): MOORIS – Moorinformationssystem Niedersachsen). Um die Moorverbreitung in der GK50 möglichst aktuell abzubilden, wurden für 102 der 133 Kartenblätter durch eine Moorexpertengruppe (Leitung: G. Caspers; Abb. 2.13) detaillierte Informationen aus geologischen Kartierungen (u. a. SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1970), Schichtenverzeichnissen aus geologischen Bohrungen, Bodenkarten, Bodenschätzungsdaten und Informationen der Forstlichen Standortkartierung unter Berücksichtigung von Torfschwundraten ausgewertet. In den so entstandenen Manuskripten ist zudem die Moormächtigkeit dokumentiert.

Auf den 31 moorthematisch nicht bearbeiteten GK50-Blättern (Abb. 2.13) beruhen die Abgrenzungen der Moore auf den Kartierungen zur Geologischen Übersichtskarte 1 : 200.000 (GÜK200) bzw. auf SCHNEEKLOTH & TÜXEN (1970). Diese Abgrenzungen bedurften im Zuge der BK50-Erstellung bezüglich ihrer Aktualität einer Überarbeitung.

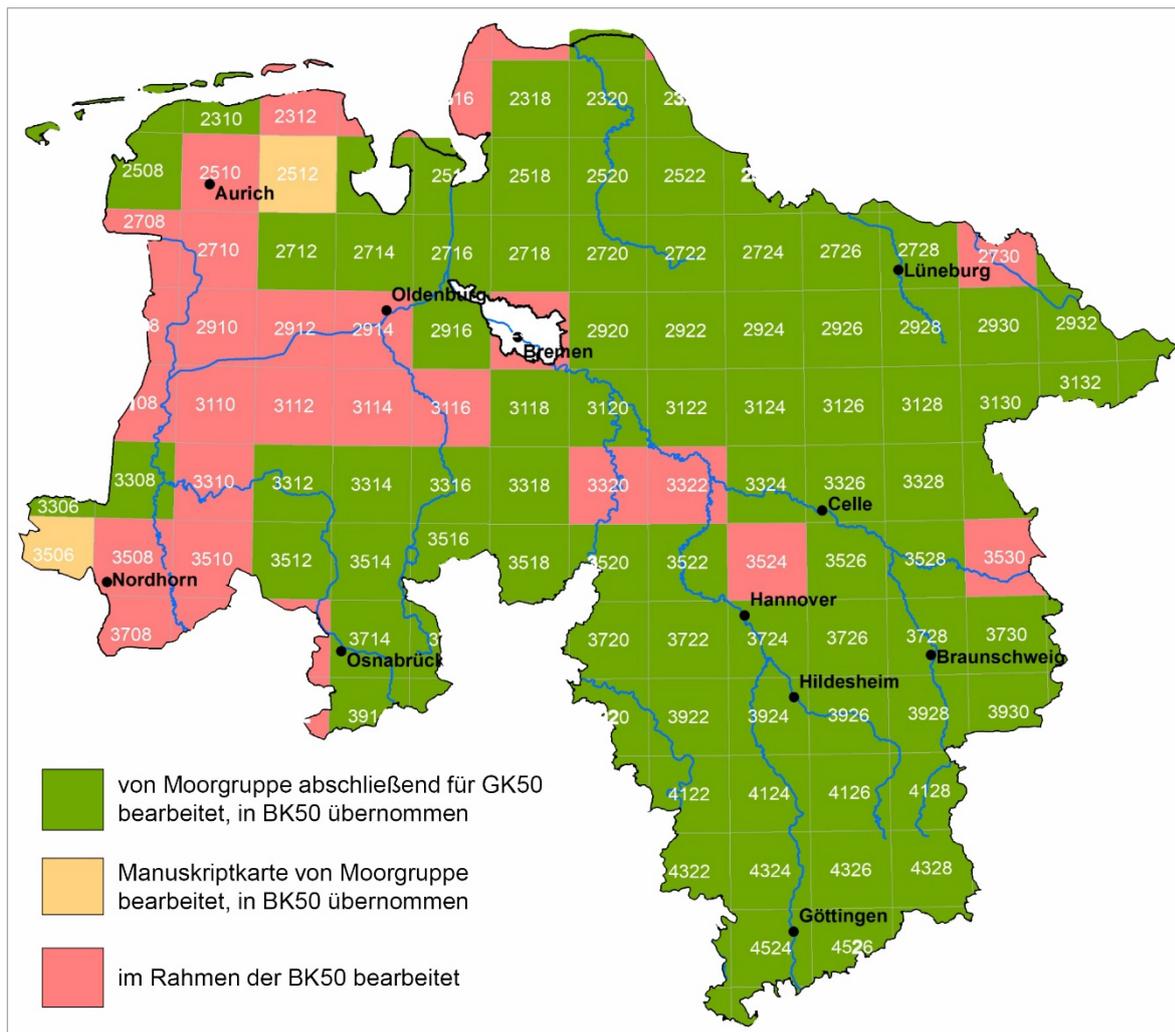


Abb. 2.13: Übersicht über die Moorbearbeitung für die GK50 in Niedersachsen.

## Konzeptkarten

Bei der Bearbeitung der Moore wurden folgende Unterlagen berücksichtigt:

- Karte der Moormächtigkeit:  
 In den Manuskripten für die GK50 werden neben den Moortypen und den Überlagerungen auch die Moormächtigkeiten dargestellt. Diese Mächtigkeiten werden in die Tiefenstufen nach niedersächsischem Gliederungsschema (Bodenkarte) überführt und übernommen (s. u.). Die Mächtigkeiten >20 dm sind, soweit möglich, dargestellt, sie werden in der BK50 jedoch nicht abgebildet.
- BOAHTYP50:  
 Hinweise auf Torf aus Schichtbeschreibungen der Bodenschätzung und forstlichen Standortskartierung um 4 dm Tiefe.
- BODART:  
 Hinweise auf Torf aus der Bodenart des Klassenzeichens der Bodenschätzung.
- Boden- und Moorkarte des Emslandes (BMK5):  
 Die 684 Karten im Maßstab 1 : 5.000 entstanden in den 1950er und 1960er Jahren als Planungsgrundlage für Meliorationen im Emsland (Emslandplan). Neben Mineralböden weist die Karte Hochmoore, Über-

gangs- und Niedermoore, Moormächtigkeiten und anthropogene Veränderungen aus. Sowohl die Moormächtigkeiten als auch die anthropogenen Überprägungen sind aufgrund ihres Erstellungsdatums – ähnlich wie bei der Bodenschätzung – nicht auf dem aktuellen Stand.

- **ANTHRO50:**  
Sie enthält Hinweise auf Tiefumbrüche auf Moorböden aus Bodenschätzung, Forstlicher Standortkartierung und ATKIS®-Daten.
- **Topografische Karte:**  
Sie enthält Signaturen mit Hinweisen auf Abtorfungen.
- **MOORMAE:**  
Berechnete Torfmächtigkeit auf Grundlage der Bodenschätzung.
- Da die Profilaufnahmen der Moore und die der Bodenschätzung z. T. schon mehrere Jahrzehnte zurückliegen, besteht insbesondere bei geringmächtigen Torfdecken (<6 dm) die Unsicherheit, inwieweit heute noch Torfe vorhanden sind. Einschlägige Untersuchungen gehen von einem Mächtigkeitsverlust der Torfe von 1 cm pro Jahr unter Grünland und 2 cm pro Jahr und Ackernutzung aus (z. B. HÖPER & SCHÄFER 2012, EGGELSMANN & BARTELS 1975). Auf dieser Grundlage wurde als weitere Entscheidungshilfe unter Berücksichtigung des Profilaufnahmedatums die heutige Torfmächtigkeit berechnet und dargestellt. Untersuchungen des LBEG aus dem Jahr 2011 (MANOLIS et al. 2014) konnten unter Grünlandnutzung allerdings nur einen Mächtigkeitsverlust von durchschnittlich 0,5 cm pro Jahr erkennen lassen. Dieses Ergebnis deckt sich mit Untersuchungen aus Brandenburg (FELL 2014) und Schleswig-Holstein (BURBAUM 2013). Sicherlich liegen in Abhängigkeit von der Entwässerung regional unterschiedliche Mächtigkeitsverluste vor. Die Modellkarte der berechneten Torfmächtigkeit wurde entsprechend konservativ benutzt.

## Hinweise zur Bearbeitung

Nach den gültigen Konventionen (AD-HOC-AG BODEN 2005) werden in der BK50 Hoch- und Niedermoore ab einer Torfmächtigkeit von 3 dm ausgewiesen.

Vorgehensweise in Gebieten, die durch die Moorexpertengruppe des LBEG bearbeitet wurden

Grundsätzlich wurden die Moorabgrenzungen und Beschreibungen 1 : 1 aus der GK50 übernommen. Nur in wenigen, abgestimmten und dokumentierten Ausnahmefällen fanden Änderungen an den Moor-Informationen der GK50 statt:

1. Für die Einstufung der Moormächtigkeiten war es notwendig, die Angaben der individuellen Beschreibungen nach niedersächsischem Tiefenstufenschema in vier Tiefenstufen zu klassifizieren:  
Stufe 3 = mittlere Moormächtigkeit (3–8 dm) = mittleres Moor,  
Stufe 4 = große Moormächtigkeit (8–13 dm) = tiefes Moor,  
Stufe 5 = sehr große Moormächtigkeit (13–20 dm) = sehr tiefes Moor  
und Moormächtigkeit >20 dm.
2. Lagen keine Moormächtigkeitsangaben vor, war zu prüfen, ob weitere Hinweise aus der Bodenschätzung, der forstlichen Standortkartierung oder der Boden- und Moorkarte des Emslandes zur Moormächtigkeit vorlagen, um die Mächtigkeit der Torfe zu ergänzen. Konnten keine Angaben zur Moormächtigkeit gemacht werden wurden diese Areale im Wirkungsgefüge mit einem „x“ (= Torfmächtigkeit nicht gesichert) gekennzeichnet. Diese Moore wurden in der BK50 der Mächtigkeitsstufe 4 (= 8–13 dm) zugeordnet und mit der Anmerkung „Torfmächtigkeit nicht gesichert“ versehen.
3. Torfdecken mit weniger als 3 dm Mächtigkeit zählen definitionsgemäß nicht zu den Mooren. Sie wurden auf Grundlage der Daten der Bodenschätzung und der forstlichen Standortkartierung in der BK50 herausgearbeitet und im Wirkungsgefüge im Datenfeld „MOORMAE“ mit der Einschreibung „2“ gekennzeichnet. Diese Areale werden in Niedersachsen als Gleye mit Niedermoor- bzw. Hochmoorauflage

(Moorgley nach AD-HOC-AG BODEN 2005) beschrieben.

4. Zur Kennzeichnung von Abtorfungen wurden neben den Signaturen der Topografischen Karte (TK50) die Angaben der Bodenschätzung und der forstlichen Standortskartierung ausgewertet. In der Titeldatenlegende erfolgte für diese identifizierten Areale im Datenfeld „SONST“ der Eintrag „abgetorft“. Die Beschreibung der Moore der GK50 wurde in diesem Schritt nicht verändert, wenn keine Informationen zum aktuellen Zustand vorlagen. Die Torfmächtigkeit wird nicht angepasst, da sie i. d. R. nicht bekannt ist.
5. Mudden wurden direkt aus der Geologischen Karte übernommen. Im Gebiet des Dümmers konnte die Verbreitung der Mudden zusätzlich auf Grundlage der Arbeiten von DAHMS (1972) differenziert ausgewertet und spezifiziert werden. Einheiten mit nur geringmächtigen Torfdecken über Mudden fanden besondere Beachtung und wurden den Gleyen zugeordnet (CHMIELESKI 2007).
6. Anthropogen veränderte Moore (Tiefumbrüche, Sandmischkulturen, Baggerkuhlungen etc.) wurden in den durch die Moorgruppe bearbeiteten Gebieten nicht eingearbeitet.

Vorgehensweise in Gebieten, die durch die Moorexpertengruppe des LBEG nicht bearbeitet wurden (im Wesentlichen in Westniedersachsen, s. Abb. 2.13)

Hier ist anzumerken, dass der in der GK50 abgebildete Wissensstand auf Übersichtskartierungen für die GÜK200 aus den 1970er Jahren beruht (SCHNEEKLOTH & TÜXEN 1970). Ziel der Moorbearbeitung für die BK50 war es insbesondere, ältere Detailkartierungen und die agrarkulturellen Veränderungen (Tiefumbrüche, Sandmischkulturen etc.) einzuarbeiten. Dieser schematische Ansatz konnte jedoch die in dem Gebiet maßgeblichen Abtorfungen durch Fehnkulturen sowie die unterschiedlichen, z. T. unvollständigen Abtorfungsstadien oder Torfumlagerungen nicht berücksichtigen bzw. eine Aktualisierung nach heutigem Standard nicht gewährleisten.

1. Zunächst wurde der Moortyp unter Verwendung der Geologischen Karte, der Boden- und Moorkarte des Emslandes, der Forstlichen Standortskartierung und der Bodenschätzung in den folgenden Schritten überarbeitet.
2. Die Angaben zur Moormächtigkeit aus der GK50 wurde mit den Angaben der Boden- und Moorkarte (BMK5), der Bodenschätzung und der Forstlichen Standortskartierung überarbeitet (s. o.).
3. Bei Torfdecken mit weniger als 3 dm Mächtigkeit wurde wie oben unter Punkt 3 beschrieben verfahren.
4. Abschließend erfolgte die aufwendige Einarbeitung der anthropogen veränderten Moore (Tiefumbrüche, Sandmischkulturen, Baggerkuhlungen etc.) auf Grundlage der Bodenschätzung und der Boden- und Moorkarte des Emslandes (BMK5).
5. Abtorfungsflächen wurden eingearbeitet und in der Titeldatenlegende im Datenfeld SONST als „abgetorft“ gekennzeichnet. Die Torfmächtigkeit wurde nicht angepasst, wenn keine weiteren Informationen vorlagen.

Es sei angemerkt, dass die Moore aus bodenkundlicher Sicht nicht abschließend bearbeitet sind. Die Flächen der heutigen Moorverbreitung sind mit den anthropogenen Moorkultivierungen abzugleichen. Eine deutliche Verbesserung des Ergebnisses ist nur mit einer differenzierten Berücksichtigung des zeitlichen Ablaufs und der räumlichen Auswirkung der Kulturmaßnahmen und Abtorfungen zu erreichen. So sind beispielsweise die Räume der Moorbrandkulturen, der Fehn-, Spitt- und Findorff-Kulturen, die Gebiete des vorindustriellen und industriellen Torfabbaus und die abschließenden Tiefumbrüche konsequent zu berücksichtigen.

## 2.4.6. Bodengenetische Spezifikationen

Eine Spezifikation zur Bodenentwicklung war bei der Bearbeitung der BK50 immer dann notwendig, wenn der Bodentyp sich nicht eindeutig aus den Geofaktoren des Wirkungsgefüges ableiten ließ (vgl. Kap. 1.3.4). Dies ist bei Tschernosemen und Podsolen sowie bei Pseudogleyen und Gleyen der Fall.

### 2.4.6.1. Tschernoseme

#### Anlass und Ziel

Tschernoseme haben aus Sicht des Bodenschutzes aufgrund ihrer hohen Bodenfruchtbarkeit, ihrer Bedeutung als Archiv für die Natur- und Kulturgeschichte und ihrer Seltenheit eine besondere Bedeutung. Sie kommen in den Lössgebieten nur inselhaft vor und sind mit neolithischen Siedlungen in Verbindung zu bringen (Kap. 1.4.2.2, Abb. 1.35 und 1.36). Die Entstehung der Tschernoseme in Niedersachsen wurde in den vergangenen 20 Jahren umfangreich untersucht (vgl. Kap. 1.4.2.2; SCHMIDT et al. 1999; GEHRT et al. 1999; GEHRT 2000b; GEHRT, GESCHWINDE & SCHMIDT 2002; ECKMEIER et al. 2007; GEHRT 2019). Hervorzuheben ist dabei die Unterscheidung der typischen, neolithischen Tschernoseme von jüngeren Grauerden ohne schwarzen Kohlenstoff (Black Car-

bon; ehemals Rheintal-Tschernoseme: ZAKO-SEK 1991). Als vorrangige Ziele der Bearbeitung sind zu nennen:

- Verbreitung der Tschernoseme mit ihren Nebenbodentypen,
- Verbreitung der Grauerden:  
Im Gebiet zwischen Braunschweig und Adenstedt (Landkreis Peine) sind A-C-Profile mit einem grauen, 50–60 cm mächtigen humosen Horizont verbreitet, die als Grauerden bezeichnet (GEHRT 1994) und im Wirkungsgefüge mit xz gekennzeichnet werden.
- Verbreitung der lessivierten Tschernosem-Parabraunerden (Parabraunerden mit Tschernosem-Vergangenheit (T-L)),
- Verbreitung der Kolluvisole aus erodierten Tschernosemen:  
Als Archive der Landschafts- und Kulturgeschichte sind insbesondere im Ostbraunschweigischen Hügelland mit Hilfe der Konzeptkarte SCHWARZ50 und Geländeüberprüfungen Senkenbereiche und Hangdellen als potenzielle Ablagerungsgebiete von tschernosembürtigen Kolluvisolen zu prüfen und ggf. abzugrenzen. Diese werden im Wirkungsgefüge mit einem „x“ gekennzeichnet und damit von den normalen Kolluvisolen differenziert.

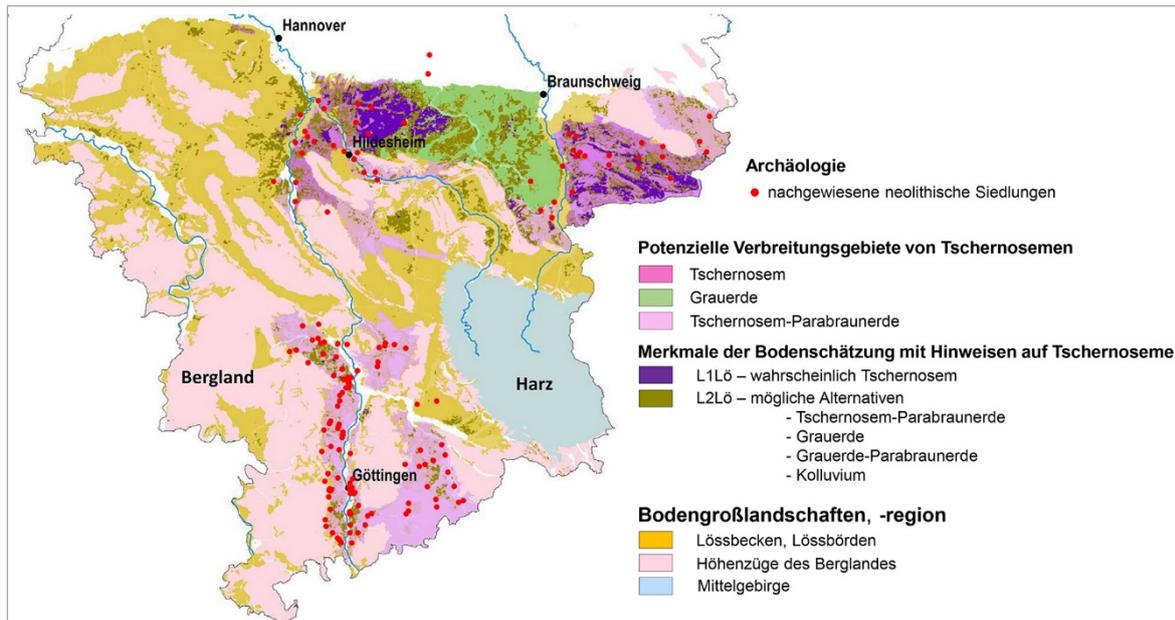


Abb. 2.14: Regionen (Suchräume) mit Verbreitung von Tschernosemen (T) und deren Derivaten (T-L) sowie Gebiete, in denen das Auftreten von Tschernosemen nicht wahrscheinlich ist.

## Konzeptkarten

Unter Berücksichtigung der aktuellen Kenntnisse wurde zur Erfassung der Tschernoseme und ihrer Derivate ein einheitliches Schema erarbeitet. Regionale Hinweise (z. B. ROESCHMANN 1963, BAILLY 1973) aus älteren Veröffentlichungen fanden Berücksichtigung. In der Konzeptkarte SCHWARZ50 wurden folgende Informationen zusammengestellt (vgl. Abb. 2.14):

- Tschernosem-Verbreitungsgebiete in Niedersachsen,
- Bodenschätzungsflächen mit Entstehungsart Löss (Lö), Zustandsstufe = 1 und Bodenzahlen  $\geq 92$  (Hauptbodentyp Tschernosem),
- Bodenschätzung mit Entstehungsart Löss (Lö), Zustandsstufe = 2 und Bodenzahlen  $< 92$  (Bodentyp Tschernosem-Parabraunerde, Grauerde, Grauerde-Parabraunerde oder Kolluvisol),
- BK25: kartierte Tschernoseme und ihre Subtypen,
- Bodenregionen bzw. -großlandschaften, in denen das Auftreten von Tschernosemen unwahrscheinlicher ist,

- Punkte der neolithischen Siedlungsplätze (NLD) (vgl. Abb. 2.14),
- Satellitenbilddauswertung (separater Layer): RGB-Satellitenbilder Landsat von 1986 für das Gebiet der Hildesheimer Börde (GEHRT 1994),
- RK50: Tiefenbereiche aus der geomorphographischen Karte GMK25.

## Hinweise zur Bearbeitung

### Tschernosemgebiete

Der Rahmen für die Bearbeitung wurde durch die potenziellen Verbreitungsgebiete vorgegeben. In den Tschernosemgebieten erfolgte die Abgrenzung in erster Linie auf Grundlage der Bodenschätzung. Das Klassenzeichen L1Lo mit Bodenzahlen  $\geq 92$  außerhalb von Tiefenbereichen gibt einen sicheren Hinweis für Tschernoseme, während das Klassenzeichen L2Lo eher auf Tschernosem-Parabraunerden hinweist. In den Tiefenbereichen war zu prüfen, inwieweit Kolluvisole vorliegen. Diese waren im Wirkungsgefüge mit „x“ zu kennzeichnen, sofern sie als tschernosembürtig erkennbar waren (schwarze Farbe bei Geländeüberprüfung).

Aus Detailkartierungen war bekannt, dass auf Lössstandorten im Umkreis von ca. 2 km um neolithische Siedlungen mit hoher Sicherheit Tschernoseme und Tschernosem-Parabraunerden anzutreffen sind. Daher wurden die Böden im Umfeld neolithischer Siedlungen gezielt auf das Auftreten von Tschernosemen überprüft. Diesbezüglich noch bestehende Abweichungen in der BK50 legen nahe, gezielte Überprüfungen des archäologischen Befundes oder der Bodenkartierung vorzunehmen (z. B. Westrand der Leine südlich Pattensen, Leinegraben bei Einbeck).

#### Grauerdegebiete

In den Grauerdegebieten ist das Klassenzeichen L2Lo eher ein Hinweis auf Grauerden. Das Klassenzeichen L3Lo mit humosen Horizonten größer 4 dm ist ein Hinweis auf Grauerde-Parabraunerden. In Tiefenbereichen ist die Wahrscheinlichkeit auf Kolluvisole sehr hoch, die bei der Kartierung exemplarisch geprüft wurden. Insbesondere in den Grenzbereichen von Tschernosem- und Grauerdegebieten waren die vorliegenden Bodenkarten 1 : 25.000 (BK25), die Satellitenbilddatenauswertungen und die Überprüfung im Gelände entscheidend.

In Tiefenbereichen finden sich bei guter Bewertung durch die Bodenschätzung jedoch überwiegend Kolluvisole. Die heterogene Datenlage und die Unsicherheit bei der Interpretation erforderten einen Abgleich mit vorhandenen bodenkundlichen Bohrungen und ggf. eine Prüfung im Gelände.

#### Lössbecken und Lössböden ohne Hinweise auf Tschernoseme

In Lössbecken und Lössböden ohne Hinweise auf Tschernoseme wurden die Hinweise aus der Bodenschätzung bei der Bearbeitung geprüft. In den entsprechenden Arealen wurden lediglich Kolluvisole mit besserer Bewertung aufgrund des Humusgehalts angetroffen. So sind z. B. die guten Bewertungen (L2Lo) der Böden im Ambergau (Bockenem) im Wesentlichen auf Kolluvisole mit entsprechendem Humusgehalt zurückzuführen.

## 2.4.6.2. Podsole

### Anlass und Ziel

Das Hauptverbreitungsgebiet der Podsole in Niedersachsen liegt in der Geest. Im Detail zeigt sich jedoch, dass insbesondere in Ostniedersachsen die Bodenentwicklung im Stadium der Braunerde bzw. der Podsol-Braunerde stagniert. Aus diesem Grund war es notwendig, die Faktoren der Bodenentwicklung in Bezug auf die Podsolierung zu betrachten (SPONAGEL 2006). So scheinen auf den ersten Blick räumliche Zusammenhänge zwischen dem Klima und der Podsolierung wahrscheinlich. Andererseits ist der Einfluss der Sand- bzw. Schluffgehalte auf die Podsolierung plausibel (DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017) und nachzuweisen (TOLKSDORF-LIENEMANN 2000).

Mit dem Ziel der Standardisierung und Vereinfachung erfolgte eine erste Zuweisung von podsolrelevanten Arealen bereits in der Manuskriptkarte auf Grundlage der Gesteine der GK50. Die Zuweisung beruht auf der allgemeinen Kartiererfahrung für die BK25. Ausgewählte Gesteine wurden hinsichtlich einer potenziellen Podsolentwicklung regelbasiert im Wirkungsgefüge und in der Manuskriptkarte gekennzeichnet („pp“ = Podsol-Hauptbodentyp, „p“ = Podsol-Nebenbodentyp, „-“ = kein Podsol; s. Tab. 2.12). Der Kartierauftrag enthält die Anweisung zur Prüfung anhand der weiteren Konzeptkarten bzw. im Gelände und zur Bestätigung oder Korrektur der automatischen Zuweisung.

Tab. 2.12: Regelbasierte Zuweisung von Podsolattributen für bestimmte Gesteine.

Gestein	Beschreibung	Eingrenzung	generell gesetzt
Sa(qh)	holozäne Flugsande	in der Geest	Nebenbodentyp (p)
Sa(qw)	weichselzeitliche Flugsande		Hauptbodentyp (pp)
f(qw)	weichselzeitliche Talsande		Nebenbodentyp (p)
gf	glazifluviale Ablagerungen		
kro(S)	Sande der Oberkreide	im Bördenvorland, wenn Hauptlage fehlt	Hauptbodentyp (pp)
kru(^s)	Sandsteine der Unterkreide sowie deren Hangschutte oder Fließerden		
jo(^s)	Sandsteine des Oberen Juras		
jm(^s)	Sandsteine des Mittleren Juras		
ko(^s-^t)	Sandsteine des Oberen Keupers		Nebenbodentyp (p)

### Konzeptkarte PODSOL50

In der Konzeptkarte werden Podsol-Merkmale aus den Horizontbeschreibungen sowie die Zustands- bzw. Bodenstufen der Bodenschätzung und Podsolflächen aus der digitalen BK25 (so weit vorhanden) abgebildet. Entsprechend der heterogenen Entstehung und Verbreitung war es notwendig, die starken von den schwächeren Hinweisen zu trennen. Die sichersten Hinweise ergeben sich aus den Merkmalsbeschreibungen der Bodenschätzung (Abb. 2.15). Dies sind in Horizonten mit sandigen Bodenarten Angaben zu Ortstein und Orterde („Ort“ und „ort1–5“; „Hort“, „hort1–5“), Rohhumus („rh1–5“) und Farbe („rost“) sowie die Klassenzeichen S\*D mit relativ schlecht bewerteten Zustandsstufen (4–7).

Die Forstliche Standortskartierung enthält keine oder nur selektive Hinweise zur Podsolierung, weshalb sie keinen Eingang in die Konzeptkarte fand. Die Moore aus der GK50 sowie die Oberbodenarten Torf (H), Schluff (U), Lehm (L) und Ton (T) aus der Konzeptkarte BOAHTYP50 sind in der PODSOL50 als Ausschlussflächen für eine Podsolentwicklung als Überlagerungslayer abgebildet.

Ergänzend sind die regelbasiert zugewiesenen Podsole (Podsol-Hauptbodentyp = „pp“ und Podsol-Nebenbodentyp = „p“) als transparenter Layer dargestellt.

### Hinweise zur Bearbeitung

Bei der Ausweisung von Podsolen wurde differenziert vorgegangen. In einem ersten Schritt waren bei der Kartierung die deduktiv zugewiesenen Attribute im Kontext mit allen weiteren Informationen und ggf. im Gelände zu prüfen.

Die Gebiete mit sicheren Merkmalen wurden entsprechend als Podsole attribuiert. Kleinere Areale mit schwächeren Hinweisen zur Podsolierung wurden als Podsole ausgewiesen, wenn sie im räumlichen Kontext mit sicheren Podsolen lagen. Lag keine Bodenschätzung vor (Wald oder Siedlungsgebiet), wurde die Podsolverbreitung bei gleichem Ausgangsgestein in diese Gebiete inter- oder extrapoliert.

Lagen nur schwache Hinweise auf eine Podsolierung vor, wurden die Areale als podsoliert (Podsol im Nebenbodentyp) gekennzeichnet. Generell wird für alle sandigen Substrate der Geest der Podsol als Nebenbodentyp (p) vergeben, da i. d. R. Bleichkörner im Oberboden zu finden sind. Bei Vorliegen von Ausschlusskriterien (z. B. lehmige Deckschichten) wurden keine Podsole ausgewiesen.

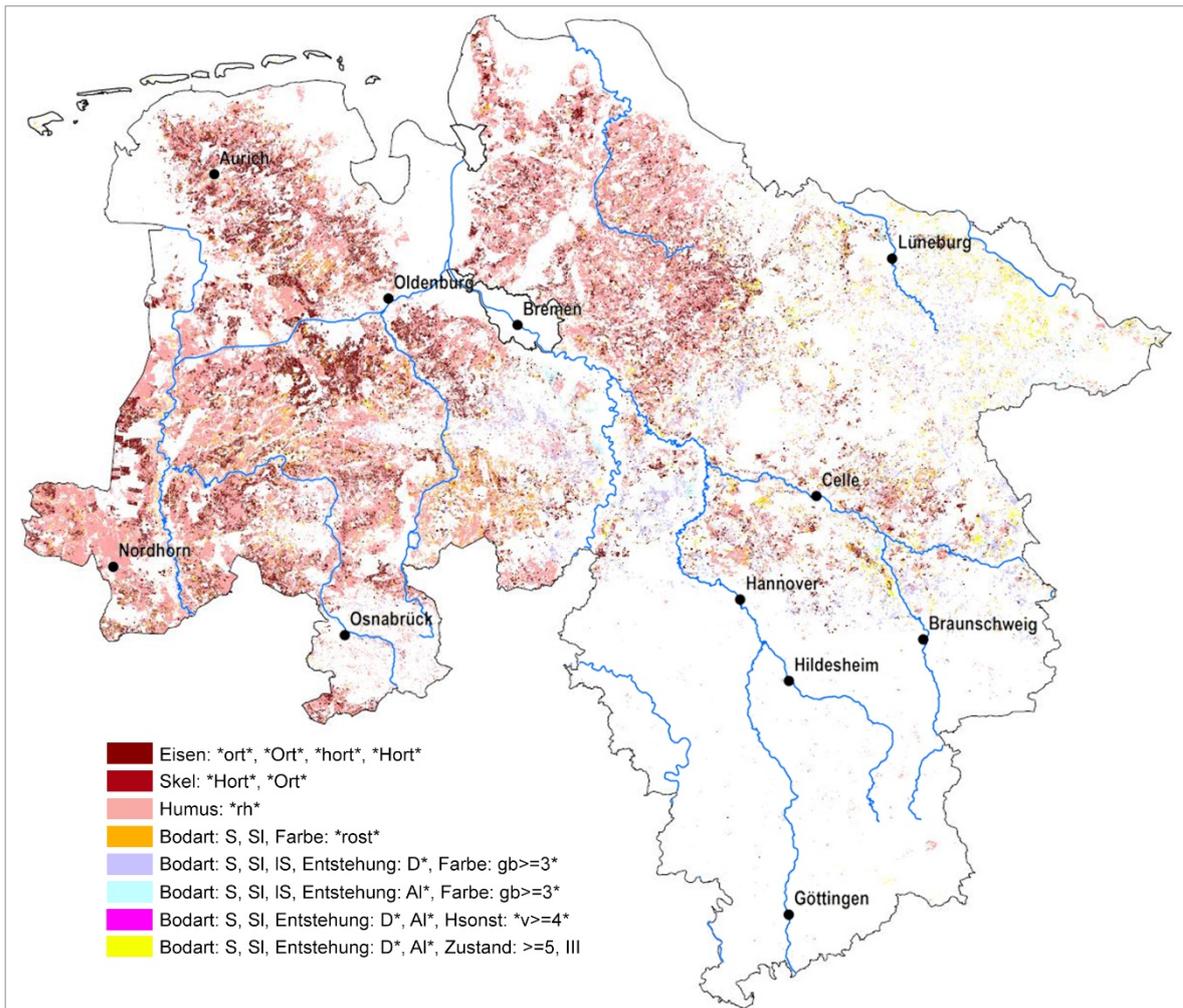


Abb. 2.15: Areale mit Hinweisen der Bodenschätzung auf Podsole.

Im Ergebnis führte die beschriebene Vorgehensweise zur Ausweisung von Podsohlen mit Kennzeichnung im Wirkungsgefüge der Grundkarte in den drei Kategorien: „-“ = kein Podsol, „p“ = Podsol als Nebenbodentyp, „pp“ = Podsol als Hauptbodentyp.

Diese Podsol-Attributierung wurde bei der nachfolgenden Einarbeitung der hydromorphen Merkmale aus der Konzeptkarte HYDRO50 mit den Inhalten der HYDRO50 abgeglichen und in den Fällen zurückgenommen, in denen die hydromorphen Merkmale dominant waren. Mit der Nutzungsdifferenzierung (Teil 3) erfolgte je nach Nutzung und Humusform eine weitere Spezifizierung.

### 2.4.6.3. Gleye, Brauneisengleye und Pseudogleye

#### Anlass und Ziel

Grund- und Stauwasser beeinflussen in hohem Maß die verschiedenen Bodenfunktionen (vgl. Kap. 1.4.2.3). Dauer und Intensität der Vernäsung bestimmen die Eigenschaften von grundwassergeprägten Gleyen und stauwassergeprägten Pseudogleyen. Im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft wurde und wird in vielen Gebieten das Wasserregime durch eine Neugestaltung der Vorflut oder Drainage verändert (GEHRT, BUG & WALDECK 2019). Darüber hinaus werden die Wasserstände von Gleyen z. B. durch Flussbegradigungen oder Mühlentäler indirekt beeinflusst. Der Anspruch der BK50 ist es, zumindest die Auswirkungen dieser Einflüsse und Veränderungen abzubilden, obwohl dies im Maßstab 1 : 50.000 nur generalisiert dargestellt werden kann und ursächliche Zusammenhänge nur bedingt offengelegt werden können.

#### Gleye

Aus bodenkundlicher Sicht sind ganzjährig grundwassergeprägte Horizonte das Charakteristikum der Gleye. Die Grundwasserganglinien oder die Grundwasseramplituden unterscheiden sich je nach Bodenlandschaft (GEHRT & RAISSI 2008). Auch die Eigenschaften des Grundwassers im Einfluss des Hauptgrundwasserstockwerks, lokale Grundwässer über Stauschichten, Grundwasser in Auenlage, Hanggleye bzw. Quellgleye oder Grundwasser mit Tidewassereinfluss (GEHRT & RAISSI 2008, MEYER & HAUSCHILD 2016) weisen spezifische Eigenschaften auf. So sind kalk-, salz- oder eisenreiche Gleye zu trennen. Zum Teil weisen diese Varianten spezifische Merkmale auf (z. B. Wiesenkalk, Raseneisenstein), oder ihre Lage (Hang, Aue, Quelle) gibt Hinweise auf ihre Ausprägung. Wie schon in Kapitel 1.4.2.3 beschrieben, werden diese Einflüsse nach der bodenkundlichen Kartieranleitung auch im Bodentyp bzw. Bodensubtyp zum Ausdruck gebracht. Die Problematik bei der BK50-Bearbeitung bestand darin, dass die Datenquellen die genannten Varianten nicht oder nicht in hinreichender Qualität abbildeten.

#### Pseudogleye

Bei den Stauwasserböden zeigt sich im Grundsatz ein vergleichbares Bild: Die Bildungsfaktoren sind heterogen. So ist erkennbar, dass bei bestimmten Gesteinen oder Überlagerungen von lockeren über dichten Gesteinen, beim Zusammenfluss des Oberflächenwassers in flachen Senken, bei Hangwasserzufluss oder auf Standorten mit hohen Niederschlägen stauwasserreiche Böden häufiger auftreten. Bei einigen Böden kann die Bodenentwicklung zu sekundärer Verdichtung (Parabraunerden, Knickmarschen) und damit einhergehend zu Staunässe führen. Eine laterale Verlagerung von Eisen und Mangan kann die örtliche Ausfällung von Eisen-Mangan-Konkretionen bedingen.

#### Konzeptkarte HYDRO50

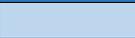
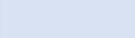
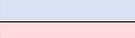
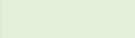
In der Konzeptkarte werden hydromorphe Merkmale aus den Horizonten der Bodenschätzungsprofile in Kombination mit dem Klassenzeichen dargestellt (Tab. 2.13). Das Merkmal „Ra“ (Raseneisenstein) ist ein sicherer Hinweis auf Brauneisengleye und wird separat herausgestellt. Die Auswertungen aus der Forstlichen Standortkartierung beruhen auf der Wasserhaushaltszahl und den Varianten der Standortskennziffer (Tab. 2.14).

Hydromorphe Haupt- und Nebenbodentypen aus der digitalen BK25 (soweit vorhanden) sind ebenfalls abgebildet. Die Moore aus der GK50 sowie Hinweise auf Moore aus der Bodenschätzung sind ergänzend ausgewiesen, da diese in ihrem Umfeld ebenfalls höhere Grundwasserstände vermuten lassen. Zur Absicherung sind als transparenter Layer die den definierten Gesteinen der GK50 regelbasiert zugewiesenen Grund- und Stauwassereinflüsse (Haupt- (gg oder ss) oder Nebenbodentyp (g oder s)) dargestellt, die ggf. zu ergänzen sind.

Tab. 2.13: Hydromorphie-Merkmale aus Datenfeldinhalten der Bodenschätzung.

Nr.	Inhalte aus Datenfeldern	Attribut, Merkmal der Bodenschätzung	Farbe in Konzeptkarte	Eintrag in Wirkungsgefüge
1	FL_PRONUM >0	alle Flächen mit Bodenschätzung		kein Eintrag
2	HUMUS	amo1, amo2		<b>g oder s</b> in Spalte HYDRO50  Gley oder Pseudogley im Nebenbodentyp
3	BODART / ZUSTAND / ENTSTEHUNG	L, sL, SL / 4 / Lo		
4	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / I / Wa3		
5	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / II / Wa3		
6	EISEN / OTIEF	ei1-5 / OTIEF >40		
7	HSONST	fr, feu		
8	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / III / Wa3		
9	ENTSTEHUNG / FARBE	Al / gb		
10	ENTSTEHUNG / FARBE	D / gb		
11	ENTSTEHUNG / FARBE	V / gb		
12	HUMUS	amo >2, mo		
13	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / I / Wa ≥4		
14	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / II / Wa ≥4		
15	BODART / ZUSTAND / HSONST	L, IS / III / Wa ≥4		
16	BODART / ZUSTAND / ENTSTEHUNG	L, sL, SL / 5 / Lo		
17	FARBE	oc		
18	EISEN / OTIEF	ei1-5 / OTIEF ≤40		
19	BODART / ZUSTAND / ENTSTEHUNG	L, sL, SL / 6 / Lo		
20	BODART / ZUSTAND / ENTSTEHUNG	L, sL, SL / 7 / Lo		
21	HSONST	na, wa		
22	FARBE	bl		
23	HNBOD	Schli, schli1-5		anthropogen überprägt  2 in Spalte MOORMAE
24	EISEN, SKEL	ra, Ra		
25	BODART, ZUSTAND, HNBOD, OTIEF	Mo, *mo*, keine Angabe in ZUSTAND		
26	BODART, HNBOD, OTIEF	<50 cm mächtig		

Tab. 2.14: Hydromorphie-Merkmale aus Datenfeldinhalten der Forstlichen Standortskartierung.

Inhalt aus Datenfeld	Gruppe	Kennung	WHZ / VAR	Farbe in Konzeptkarte	Wirkungsgefüge
Wasserhaushaltszahl (WHZ)		1	WHZ ohne Stau- oder Grundwasser		Flächen mit Standortskartierung
	grundwasserbeeinflusste Standorte	2	32, 33		gg
		3	1, 5, 6, 7, 34, (35)		g
	stauwasserbeeinflusste Standorte	4	13, 15, 36, 38, 39		ss
		5	12, 14, 17, (19), 37		s
Moore		16, 31		MOORMAE	
Variante (VAR)	Grundwasser im Unterboden	6	g		Wassereinfluss prüfen
	Stauwassereinfluss	7	s		
	anmoorig	8	m		
	Moorgley	9	M		MOORMAE 2

## Angaben in der Manuskriptkarte

Bei der Erstellung der Manuskriptkarte erfolgte mit dem Ziel der Standardisierung und Vereinfachung bereits die erste Zuweisung hydromorpher Hinweise. Aufgrund langjähriger Kartierfahrungen wurden zuvor definierte Gesteine hinsichtlich Grund- oder Stauwassereinfluss regelbasiert im Wirkungsgefüge sowohl in der Manuskriptkarte als auch in der blattspezifischen Titledatenlegende mit „gg“ (Gley als Hauptbodentyp), „g“ (Gley als Nebenbodentyp), „ss“ (Pseudogley als Hauptbodentyp), „s“ (Pseudogley als Nebenbodentyp) gekennzeichnet (Kap. 2.3., Abb. 2.4). In Tabelle 2.15 sind die generellen, deduktiven Einträge im Wirkungsgefüge für

Grund- und Stauwasserböden in Abhängigkeit von den Gesteinen und Reliefpositionen wiedergegeben. Mit dem Kartierauftrag gingen die Prüfung und Bestätigung bzw. Korrektur dieser Zuweisung anhand der weiteren Konzeptkarten und ggf. Geländeüberprüfung einher. Hervorzuheben sind die Lauenburger Tone und die Tongesteine des Unteren Juras, über denen sich im Regelfall deutliche Pseudogleye oder in Tiefenbereichen Gleye bilden. In steileren Hangpositionen wurde auf eine Attributierung der Stauwasserneigung aufgrund des deutlich höheren Oberflächenabflusses verzichtet.

Tab. 2.15: Regelbasierte Zuweisung von Grund- oder Stauwasser für bestimmte Gesteine in der BK50.

Typ	Gestein (und Kürzel)	Relief			
		T	01	23	K
Quellstandort	Quellkalk (Kq)	gg	g	g	–
Talsedimente	Abschwemmungen (z)	g	g	–	–
	Auenablagerungen (f(qh))	g	<sup>2)</sup>	–	–
	weichselzeitliche Talsande (f(qw))	g	<sup>2)</sup>	–	–
	periglaziale bis fluviatile Bildungen (p-f)	g	<sup>2)</sup>	–	–
	weichselzeitliche Beckenablagerungen (b(qw))	g	<sup>2)</sup>	–	–
	limnische Ablagerungen, Mudden (l)	gg	gg	–	–
quartäre Barrieregesteine	Beckenablagerungen allgemein (b)	g	s	s	–
	<b>Lauenburger Ton (b(qL))</b>	<b>gg</b>	<b>ss</b>	<b>s</b>	–
	Geschiebelehm und Geschiebemergel (Lg-Mg)	s	s	s	–
tertiäre bis paläozoische Tongesteine	tertiärer Ton (t(T))	–	s	s	s
	tertiäre Braunkohle (t(^brk))	–	s	s	s
	Tongesteine der Unterkreide (kru(^t- <sup>1)</sup> )	–	s	s	s
	Tongesteine des Keupers (k(^t- <sup>1</sup> ))	–	s	s	s
	Tongesteine des Oberen Juras (jo(^t-^u))	–	s	s	s
	Ton- bis Mergelgesteine des Unteren Juras (ju(^t-^m))	–	s	s	s
	Tongesteine des Unteren Juras (ju(^t-^u))	–	ss	ss	ss
	Tongesteine des Oberen Buntsandsteins (so(^t-^u))	–	s	s	s
	Tongesteine des Mittleren Buntsandsteins (sm(^t-^u))	–	s	s	s
	Tongesteine des Zechsteins (z(^t-^u))	–	s	s	s
	Tongesteine des Paläozoikums (p(^t-^u))	–	s	s	s

<sup>1)</sup> Angegebene Gesteinskürzel werden in allen Kombinationen übernommen.

<sup>2)</sup> Mittlerer Grundwasserhochstand (MHGW) auf 160 cm unter GOF gesetzt (s. Kap. 3.3.4.1, Abb. 3.8).

## Karte der Grundwasserflurabstände

Schon zu Beginn der Erstellung der BK50 wurde erkannt, dass eine Abbildung der Verbreitung grundwasserbeeinflusster Standorte sinnvoll wäre. Auf Grundlage des DMG5 und der Fließgewässer wurde 2006 ein Modell der potenziell natürlichen Obergrenze der wassergesättigten Zone im Boden erarbeitet (GEHRT & BOCK 2009). In Kombination mit dem Reliefmodell  $TCl_{low}$  ist diese Abbildung eine Hilfestellung für die Abgrenzung von grundwasserbeeinflussten Böden. In Gebieten mit undurchlässigeren Gesteinen (im Wesentlichen Geschiebelehne der Geest) wird das Vorkommen schwebender Grundwasserstockwerke näherungsweise durch die Größe des Einzugsgebietes bestimmt.

### Konzeptkarte RK50

Die Reliefkarte wurde auf Grundlage des digitalen Höhenmodells DGM50 erstellt und weist Tiefenbereiche, Ebenheiten und flach geneigte Hänge, mittel und stark geneigte Hänge, Steilhänge sowie Kulminationsbereiche aus.

### Konzeptkarte $TCl_{low}$

Terrain Classification Index für Senkenbereiche (lowlands); diese Karte unterstützt die Herausstellung tiefliegender Bereiche, insbesondere in Flachlandschaften (vgl. Kap. 2.4.5.1).

### Hinweise zur Bearbeitung

Die Ausweisung der Gleye und Pseudogleye basiert auf dem Abgleich verschiedener Konzeptkarten. Diese zeigen z. T. ein sehr heterogenes Bild, das für den Maßstab 1 : 50.000 einer Generalisierung bedarf. Die Bodenschätzung erfasst nur landwirtschaftlich genutzte Flächen. Sehr nasse Standorte werden i. d. R. nicht landwirtschaftlich genutzt und folglich nicht als solche auf den Konzeptkarten abgebildet. Die Forstliche Standortkartierung unterscheidet die Vernässung in der Wasserhaushaltszahl, wobei für die Wälder aktuell keine flächendeckenden Informationen vorliegen (derzeit etwa 50 %). Die Einarbeitung der hydromorphen Böden erfolgt im Prinzip nach dem folgenden Schema:

## Unterscheidung von Grund- oder Stauwassereinfluss

Es wird festgelegt, ob die Hydromorphie durch einen Grund- oder Stauwassereinfluss begründet ist. Die Forstliche Standortkartierung unterscheidet Grund- und Stauwassereinfluss in der Wasserhaushaltszahl. Für nicht näher spezifizierte Flächen sind die Morphologie aus RK50 und  $TCl_{low}$  sowie die Karte der Grundwasserflurabstände heranzuziehen.

### Grundwasserböden

Gleye werden ausgewiesen, wenn aufgrund der Konzeptunterlagen ein Grundwassereinfluss wahrscheinlich ist. Das Auftreten von Torfen ist mit ganzjährig vorhandenem Wasser (Grundwasser) in Verbindung zu bringen. Deshalb werden neben den Hinweisen auf hydromorphe Merkmale aus den genannten Quellen in der Konzeptkarte auch die Moore dargestellt, da benachbarte nasse Areale in vergleichbarer Höhenlage als Grundwasserböden zu interpretieren sind. Soweit diese noch nicht bei der Ergänzung der Moorinformation (vgl. Kap. 2.4.5.6) erfasst wurden, sind sie auf Grundlage der Bodenschätzungsinformation aus der HYDRO50 (Moorgleye) in diesem Arbeitsschritt auszuweisen und mit der Moormächtigkeit 2 im Wirkungsgefüge zu kennzeichnen.

### Klassifikation

Für die Grundkarte wird bei der Kartierung der Grundwasserböden zunächst der mittlere Grundwasserhochstand folgenden drei Kategorien zugeordnet:

- „–“ = kein Gley bzw. kein Grundwassereinfluss oberhalb 80 cm, bei Taleinheiten Grundwasser im tiefen Untergrund unterhalb 160 cm.
- „g“ = Nebenbodentyp Gley bzw. Grundwassereinfluss zwischen 40 und 80 cm unter GOF. Böden mit Grundwassereinfluss in diesem Bereich bilden Übergangsbodentypen (als Subtypen) zu terrestrischen Böden (z. B. Gley-Braunerden).
- „gg“ = Hauptbodentyp Gley bzw. Grundwassereinfluss oberhalb 40 cm unter GOF. Grundwasserböden als Hauptbodentypen stellen Gleye, Moore, Moorgleye, Marschen und Böden aus limnischen Sedimenten dar.

## Generelle Zuweisungen

Bei ausgewählten Einheiten der Niederungen (Talsande, Niederterrassen, Auen) wird generell ein Grundwassereinfluss im tiefen Untergrund (ab 160 cm) angenommen und gesetzt. Gleye in Hanglagen werden bei der Kartierung vorwiegend mit Hilfe des Reliefs oder sonstigen Hinweisen im Wirkungsgefüge attribuiert (vgl. Abb. 2.12).

## Sonderstandorte

Gleye in Hanglagen werden im Wirkungsgefüge mit dem Reliefkürzel oder sonstigen Hinweisen im Datenfeld SONST attribuiert. Quellgleye und Auengleye sind mittelbar anhand des Gesteins (Quellkalke, Travertin bzw. Auensediment) zu erkennen.

## Stoffliche Charakterisierung

Gleye mit stofflichen Anreicherungen sind an den geologischen Angaben (z. B. Ra = Raseneisenstein = Brauneisengley) erkennbar. Diese Angaben werden aus der Geologischen Karte übernommen und systematisch auf Grundlage der Bodenschätzung ergänzt. Das Vorkommen von Raseneisenstein wird immer mit Wasserständen <4 dm unter GOF gleichgesetzt. Salzgleye werden im Datenfeld SONST attribuiert. Mittelbar ist eine stoffliche Kennzeichnung der Gleye auch durch die bodenlandschaftliche Zuordnung möglich. So sind Gleye in den Niederungen der Kalksteingebiete häufig kalkhaltig oder zeigen sogar deutliche sekundäre Kalkausfällungen.

## Verbesserungsbedarf

Sowohl für Areale mit sehr hohen Grundwasserständen (0–2 dm unter GOF = sehr nasse Standorte) wie auch für Grundwasserstände im mitteltiefen Untergrund zwischen 8 und 16 dm liegen keine ausreichend gesicherten Daten vor. Sie können in der BK50 bei Vorlage von Einzelinformationen nur in Ausnahmen, aber nicht systematisch abgebildet werden. Dies betrifft auch nasse Kleinststandorte, die nicht in der BK50 erfasst sind.

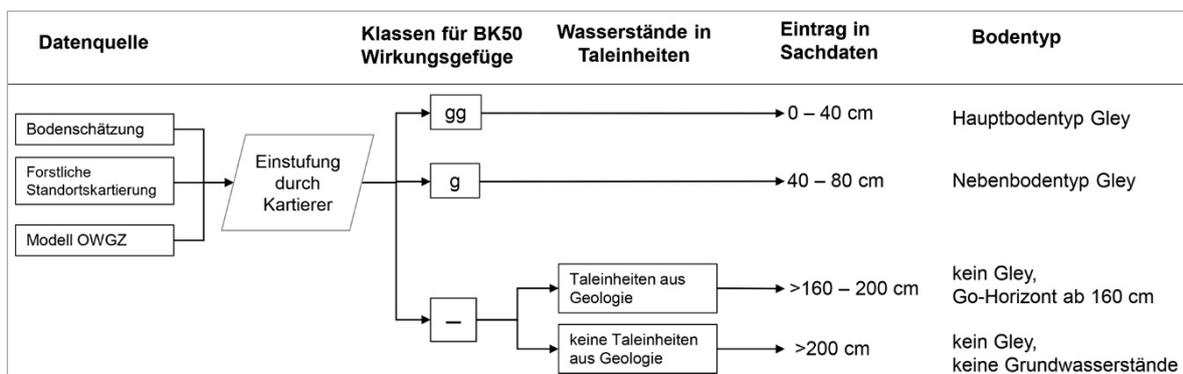


Abb. 2.16: Zuweisung des Grundwassereinflusses für die Grundkarte der BK50 auf Grundlage der Konzeptkarten und der geologischen Einheiten.

## Stauwasserböden

Wie bei den Gleyen verlangt die räumlich z. T. sehr differenzierte und auch lückenhafte Darstellung hydromorpher Merkmale eine generalisierende Bearbeitung und Vervollständigung bei den Pseudogleyen. Stauwassereinfluss wird angenommen, wenn Gesteine mit eingeschränkter Wasserdurchlässigkeit, z. B. Geschiebelehm, vorliegen (vgl. Tab. 2.15) und hydromorphe Merkmale nicht mit Grundwassereinfluss in Verbindung gebracht werden können. Die Abgrenzung der Pseudogleye erfolgt auf Grundlage hydromorpher Merkmale in den Horizonten der Bodenschätzungsprofile, definierter Klassenzeichen der Bodenschätzung und der Angaben der forstlichen Standortskartierung. Liegen keine hydromorphen Hinweise in Arealen definierter Gesteine mit Stauwasserpotenzial vor, werden diese dennoch im Wirkungsgefüge als Pseudogley-Nebenbodentyp (s) gekennzeichnet.

### 1. Klassifikation:

Für die BK50-Grundkarte wird bei der Kartierung der Stauwassereinfluss in folgenden drei Kategorien angegeben:

„–“ = kein Pseudogley bzw. Stauwassereinfluss oberhalb 8 dm unter GOF,

„s“ = Nebenbodentyp Pseudogley bzw. Stauwassereinfluss zwischen 4 und 8 dm unter GOF,

„ss“ = Hauptbodentyp Pseudogley bzw. Stauwassereinfluss oberhalb von 4 dm unter GOF.

### 2. Die Einstufung erfolgt i. d. R. auf Basis der Tiefenlage der hydromorph geprägten Horizonte. Darüber hinaus deuten bestimmte Klassenzeichen auf einen stärkeren oder geringeren Stauwassereinfluss hin.

### 3. Generelle Zuweisungen:

Bei definierten geologischen Einheiten mit eingeschränkter Wasserdurchlässigkeit (Tonstein, Geschiebelehme) erfolgt eine generelle Zuweisung von Staunässe-Kennzeichen im Wirkungsgefüge (Tab. 2.15).

### 4. Prüfung von unplausiblen Kennzeichnungen:

Bei der Bearbeitung der Böden mit potenziellem Stauwassereinfluss ist beispielsweise festzustellen, dass das Bodenschätzungsmerkmal „ei3“ auch bei glazifluviatilen Sanden außerhalb von Senkenberei-

chen angetroffen werden kann. Die Überprüfung in Gelände zeigte aber, dass hier weder Stauwassereinfluss noch nicht erfasste Gesteine mit eingeschränkter Wasserdurchlässigkeit vorliegen, sondern dass hier das Merkmal „ei3“ Bs-Horizonte des Podsols charakterisieren soll. Eine Kennzeichnung als Stauwasserboden wird hier nicht vorgenommen.

### 5. Verbesserungsbedarf:

Für sehr nasse Stauwasserstandorte liegen keine ausreichend abgesicherten Informationen vor, sie können deshalb in der BK50 nicht hinreichend abgebildet werden.

### 6. Besonderheiten der Pseudogleye im Nebenbodentyp bei Tschernosemen:

Bei erhaltenen Tschernosemen wird außerhalb der Niederungen auch bei mächtigen Lössprofilen von einem Stauwassereinfluss ausgegangen, da dieser als Erhaltungsbedingung für Tschernoseme vorauszusetzen ist. Die entsprechenden Merkmale werden i. d. R. von der Bodenschätzung aufgrund der Tiefe ihres Auftretens unterhalb 6 dm und der Hervorhebung der tiefreichenden Humosität nicht aufgenommen. Häufig finden sich aber bei Tschernosem-Profilen in einer Tiefe von mehr als 6 dm Kalkgehaltsangaben. Diese deuten ebenfalls auf eine verzögerte Wasserbewegung durch Stauwasser hin.

Mit den vorgenannten Arbeitsschritten ist die Bearbeitung der Grund- und Stauwasserböden für die Grundkarte der BK50 abgeschlossen. In den Sachdaten werden die Horizonte und Bodentypen entsprechend den Vorgaben umgesetzt. Eine weitergehende Spezifikation setzt die Kenntnis der potenziell natürlichen Bedingungen bzw. der aktuellen Nutzung voraus. Letztere wird in der BK50 mit Hilfe der generalisierten Bedeckung bzw. Nutzung modellhaft erfasst. Mit der Nutzungsdifferenzierung werden die Horizont- und Profildaten regelbasiert angepasst (vgl. Kap. 3.3).

## 2.5. Neukartierung von Geologie und Böden des Küstenholozäns

Die Verbreitung und Benennung der Böden des Küstenholozäns, insbesondere der Marsch, wurde im Rahmen der BK50-Erstellung neu konzipiert (s. Kap. 1.3.8). Dies war aus folgenden Gründen notwendig:

- Für die niedersächsischen Inseln liegen im LBEG einige ältere Manuskriptkarten der BK25 vor. Diese sind weder einheitlich bearbeitet, noch bauen sie auf der Geologischen Karte auf. Zusätzliche Informationen wie z. B. die Vegetationskartierung (NLWKN 2004, NATURE-CONSULT 2006, PETERSEN 2008, PETERSEN & GEHRT 2008) fanden in den älteren Karten keine Berücksichtigung.
- Die Böden des Watts wurden in den Bodenkarten nicht beschrieben.
- Die Beschreibung der Marschböden ist in den älteren Karten (BK25, BÜK50) sehr heterogen. Die geogenetischen Attributierungen in den vorliegenden geologischen und bodenkundlichen Karten entsprechen nicht den geogenetischen Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25.000 (GK25) (HINTZE et al. 1989).
- Bereits bei der Vorbereitung der BK50-Kartierung der Marschengebiete stellte sich heraus, dass in den vorliegenden Karten die Berücksichtigung der Schwefeldynamik und, damit mittelbar verbunden, auch die Beschreibung der Gesteine unzulänglich waren. Eine Neubearbeitung der geologischen Situation aufgrund eines zeitlichen und genetischen Konzeptes war deshalb erforderlich (GEHRT et al. 2013).

### 2.5.1. Inseln und Deichvorländer

Datengrundlage für die Bearbeitung des Küstenholozäns waren neben der Geologischen Karte 1 : 50.000 das Höhenmodell (DGM5) und die Vegetationskartierung (NATURE-CONSULT 2006), die mit Unterstützung von Luftbildern und durch Geländebegehungen im Jahr 2004 validiert wurden. Für die Interpretation der Vegetationskartierung in Bezug auf geologische, hydrologische und bodenkundliche Inhalte wurde in Zusammenarbeit mit dem Büro NATURE-CONSULT Hildesheim eine Zuordnungstabelle erstellt (PETERSEN 2008, PETERSEN & GEHRT 2008). Die Ausweisung salzhaltiger Böden beruht im Wesentlichen auf den Vegetationskarten.

#### Anmerkungen

1. Die Grenzen zur GK50 sind weitgehend übernommen und nur in Ausnahmen an die Vegetationskartierung bzw. die Reliefinformation angepasst worden.
2. Um die Korrelation zu den Vegetationseinheiten zu dokumentieren, werden die Landschafts- bzw. Vegetationseinheiten auf den Inseln und im Bereich der Deichvorländer im Datenfeld SONST vermerkt. Die nachstehende Tabelle 2.16 gibt einen Überblick über die ausgewiesenen Einheiten und die zugehörigen Bodentypen.
3. Die Lage und bodenkundliche Beschreibung kleinerer Sandplaten werden auf Grundlage der Vegetationskartierung unter Zuhilfenahme von Luftbildern angepasst.
4. Die Abgrenzung von trockenem und nassem Strand erfolgt mit Hilfe von Luftbildern (LGLN, Kartenserver des LBEG) und auf Grundlage der anhand der Mittleren Tidehochwasserlinie festgelegten Küstenlinie (MThw, BSH 2006).
5. Während der nasse Strand der Inseln im Niveau der Nordsee immer salzhaltig ist, finden sich am trockenen Strand i. d. R. nach Aussüßung durch Niederschlagswasser brackische Verhältnisse. Informationen über Salzgehalte werden in der konventionellen Beschreibung nicht abgelegt. Dennoch sei bemerkt, dass die Salinität der Nassstrände (ZS1, ZS2) bei etwa 3,5 %, beim trockenen Strand (ZS3) zwischen 1 bis 3,5 % Salzgehalt liegt.

Tab. 2.16: Ausgewiesene Landschafts- bzw. Vegetationseinheiten und zugeordnete Bodentypen im Bereich der Inseln und des Deichvorlandes.

Landschafts- einheit	in BK50 übernommene Vegetationseinheit	Bodentyp
Nasser Strand	Nasser Strand Nasser Strand, episodisch überspült Nasser Strand mit Primärdünen Außenstrand mit Brandung	ZS1 Nassstrand ZS1 Nassstrand ZS1 Nassstrand ZS2 Nassstrand
Trockener Strand	Trockener Strand (ohne Vegetation) Trockener Strand, salzbeeinflusst (mit Vegetation) Primär- / Embrionaldüne  Salzbeeinflusste Düne  Alte Marsch am Strand	ZS3 Strandboden ZS3 Strandboden  OL/ZS3 Strandboden mit Lockersyrosem- auflage OL3//ZS Lockersyrosem, unterlagert von Strandboden MR/ZS3 Strandboden mit Rohmarschauflage
Grüner Strand	Nasser Strand (Andelzone, Strandmelde) episodisch überspült, oberer Salzwiese zugehörig Trockener Strand, salzbeeinflusst	ZS1 Nassstrand Gz2 Salzglye  ZS3 Strandboden
Weißdüne	Weißdüne (Strandhafer)	OL5 Lockersyrosem
Graudüne	Graudüne Trockenes Dünenal der Graudünen Trockenes Graudünenal über Watt Graudünenal über Watt, ausgesüßt Dünenal der Graudünen	Q5 Regosol Q4 Regosol Q3//MC Regosol, unterlagert von Kalkmarsch G3//MC Gley, unterlagert von Kalkmarsch G2 Gley
Braundüne	Braundüne Geringmächtige Braundüne Braundünenal	P-Q5 Podsol-Regosol P-Q4 Podsol-Regosol P-G3//ZS Podsol-Gley, unterlagert von Strandboden
Watt	Watt Queller- und Schlickgraszone	IWz Wattboden MRz-IWz Rohmarsch-Wattboden
Salzwiesen im Deichvorland	Untere Salzwiese (Andelzone, Strandmelde) Untere Salzwiese, salzarm Untere Salzwiese, salzfrei Obere Salzwiese und Brackwasserröhricht Obere Salzwiese, salzfrei	MRz1 Salz-Rohmarsch  MRb1 Brack-Rohmarsch (noch nicht in BK50) MR1 Rohmarsch (noch nicht in BK50) MC-MR3 Kalkmarsch-Rohmarsch MN-MR3 Kleimarsch-Rohmarsch

6. Am trockenen Strand wird in der Regel das Aufkommen von Vegetation durch den verwehenden Sand verhindert. Zwischen dem vegetationslosen trockenen Strand und der primären „Weißen Düne“ finden sich örtlich etwas tiefer liegende, vegetationsbedeckte Bereiche mit Anschluss an brackisches Grundwasser. Diese auf Grundlage der Vegetationskartierung als „Grüner Strand“ bezeichneten Einheiten haben bereits deutlich erkennbare Ah-Horizonte entwickelt und werden separat ausgewiesen.

7. Die Ausweisung der Dünentäler ist bodenkundlich durch die unterschiedlichen Mächtigkeiten der Flugsande über den Strandablagerungen und die Anreicherung von Spülsanden begründet. Lediglich in vernässten Dünentälern bietet die Vegetationskartierung verlässliche Informationen. So lassen sich Areale ausweisen, die mehrere Monate unter Wasser stehen (Nassgleye). Liegen keine Informationen aus der Vegetationskartierung vor, z. B. in bebauten Gebieten,

werden die Informationen zum Grundwassereinfluss aus der BK25, den Konzeptunterlagen oder aus dem Höhenmodell abgeleitet. Die „trockenen“ Dünentäler mit Einwehungen wurden auf Grundlage der Reliefkarte auf Basis des DGM5 abgegrenzt.

8. Künstlich aufgeschüttete Strände und Dünen an den Sielen des Festlandes wurden als Auftrag über Sandwatt (y/Sawa) benannt und gesondert gekennzeichnet.
9. Flughäfen wurden als Auftragsflächen ausgewiesen.
10. Hochwasserschutzbauten wurden in der BK50 nicht dargestellt.

## 2.5.2. Bodengroßlandschaft Watt und die Einheiten des Deichvorlandes

Die Böden im Watt beruhen auf der Kartierung der Wattsedimente durch das NLWKN (RAGUTZKI 1980), deren Ergebnisse in den Kategorien Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt bereits in die Geologische Karte 1 : 50.000 (GK50) übernommen wurden. Sie beschreiben die oberen drei bis fünf Dezimeter, weshalb auch in der BK50 die Wattprofile nur in diesen Mächtigkeiten beschrieben werden.

Die Kennwerte wurden von RAGUTZKI (1980; vgl. Tab. 2.17, Abb. 2.17) nach Überführung in die bodenkundliche Nomenklatur (AD-HOC-AG BODEN 2005) übernommen. Die Kohlenstoffgehalte steigen vom hellen Sandwatt von 0,5 bis 1,5 % auf fast 4 bis 9 % im Schlickwatt an. Kalkgehalte sind im hellen Sandwatt mit 0,5 bis 3 % geringer als im Schlickwatt (4 bis 14 %). Die geringeren Kalkgehalte können auch im Watt schon durch den Schwefelsäureeinfluss und die damit einhergehende Karbonatlösung infolge der Pyritoxidation begründet sein.

Tab. 2.17: Kennwerte der Bodenhorizonte von Wattböden und -sedimenten in Anlehnung an MEYER & RAGUTZKI (1999).

Bodentyp	Substrat	Horizont	Tiefe	Bodenart	Humus	Kalk	Ton	Schluff	Sand	Glühverlust	Kalkgehalt	Wassergehalt	Dichte	Anzahl
			[cm]										Mittelwert [g/cm <sup>2</sup> ]	
zIW	helles Sandwatt	zFo	0–6	mS	h1	c2		7	93	1,0	1,7	23,7	1,4	144
		zFr	6–12		h2	c2							23,5	
zIW	dunkles Sandwatt	zFo	0–6	mSfs	h2	c3		9	91	1,4	3,0	25,4	1,4	85
		zFr	6–12		h2	c2							26,0	
zIW	Mischwatt	zFo	0–6	Ut3	h3	c3	12	9	79	2,4	4,2	31,9	1,3	150
		zFr	6–12		h2	c3							32,2	
zIW	Schlickwatt	zFo	0–6	Lt2	h4	c3	26	35	39	6,5	7,9	64,0	1,1	26
		zFr	6–12		h2	c3							59,1	

Neben den oben beschriebenen Wattsedimenten werden in den Karten des NLWKN auch Bereiche mit starker Anreicherung von Muschelschill (Geologische Bezeichnung: bioherm (bih)) ausgewiesen. Die Sedimentverteilung des Watts in der BK50 entspricht dem Stand der Jahre 1996/1997. Sowohl die Höhe der Wattoberfläche als auch die Sedimentverteilung sind

durch Tideeinfluss und Strömungen vor allem im küstennahen Bereich stets Änderungen unterworfen (MEYER & RAGUTZKI 1999). Dagegen sind große Areale, vor allem des Sandwatts, räumlich eher stabil.

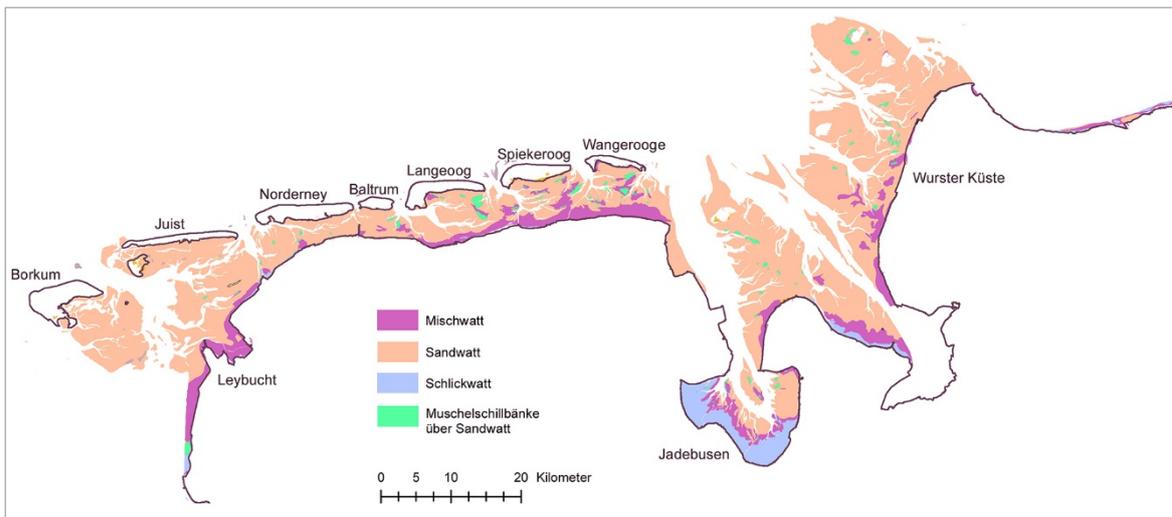


Abb. 2.17: Sedimentverteilung in Niedersächsischen Wattenmeer auf Grundlage der Erhebungen des NLWKN (RAGUTZKI 1980).

Die Salzgehalte der Nordsee sind sowohl im Watt wie auch im Deichvorland regional unterschiedlich. Sie verringern sich von der offenen Nordsee (Salinität um 3,5 %) über die Ästuarie der Flussmündungen von Ems, Weser, Oste und Elbe (Salinität <3,5 % bis 1 % = brackisch) bis in den Bereich des Gezeitenrückstaus mit Süßwasser (Salinität <1 %) und beeinflussen die Vegetation. Brackische Verhältnisse weisen insbesondere die Watten im Dollart an der Ems, südlich Bremerhaven und an der Elbe oberhalb von Cuxhaven auf. Überwiegend Süßwasser-Verhältnisse sind an der Ems oberhalb von Papenburg, an der Weser oberhalb von Elsfleth, an der Oste oberhalb von Hechthausen und an der Elbe oberhalb von Bützfleth anzutreffen. Die unterschiedlichen Salzgehalte der Böden im Watt und im Deichvorland sind in der BK50 nicht ausgewiesen.

Die Deichvorlandgebiete der Nordseeinseln und der Festlandküste entsprechen sich hinsichtlich ihrer ökologischen Zonierung. Im Unterschied zu den Inseln sind die Sedimente im Vorland der Festlandküste mächtiger und tonreicher (GIANI et al. 2003), insbesondere in geschützten Buchtenlagen wie dem Dollart oder dem Jadebusen.

- Böden der Queller- und Schlickgraszone liegen geringfügig unterhalb der mittleren Tidehochwasserlinie (MThw) und werden regelmäßig bei Flut überspült. Sie repräsentieren den Übergang vom Watt zur Rohmarsch und werden bodenkundlich als Salzrohmarsch-Salzwatt (MRz-IWz) ausgewiesen.
- Oberhalb der MThw liegen die „Salzwiesen“. Diese gliedern sich in die untere Salzwiese mit Rohmarschen und die obere Salzwiese mit Kalkmarschen bis Rohmarschen.

Hier ist zu beachten, dass die Böden der Salzwiesen bisher generell den Rohmarschen zugeordnet waren. In der BK50 dagegen werden die untere Salzwiese (MRz1, MR1) und die obere Salzwiese (MC-MR3) bodenkundlich voneinander getrennt, da der Salzgehalt für die Eigenschaften der Böden von wesentlicher Bedeutung ist. So bilden die Böden der oberen Salzwiese (MC-MR3) den Übergang zur Kalkmarsch (MC) und unterscheiden sich lediglich in den erhöhten Salzgehalten im Gr-Horizont und am Salzeintrag durch die Sturmfluten von der Kalkmarsch.

Im Bereich der Deichvorländer werden salzhaltige und salzfreie Varianten unterschieden. In Abweichung von der bodenkundlichen Kartieranleitung werden die salzhaltigen Böden als Varietät mit „z“ (IWz = Salzwatt, MRz = Salzrohmarsh, Gz = Salzgley) und die salzfreien Varianten als Normtyp ohne weitere Spezifikation im Wirkungsgefüge im Datenfeld ANMERKUNGEN gekennzeichnet. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da ansonsten die salzfreie Variante im Bodentyp nicht erkennbar wäre.

Weltweit einzigartig ist das Sehestedter Außendeichsmoor, ein Hochmoorkomplex im östlichen Jadebusen. In seinem Umfeld entwickelten sich aus erodierten Torfen und marinen Sedimenten besondere Rohmarschen. Sie sind potenziell sulfatsauer mit entsprechend intensiver Schwefel- und Methandynamik (DITTRICH 1997).

### 2.5.3. Bodengroßlandschaft Marschen und Moore im Tideeinflussbereich

#### 2.5.3.1. Konzept der Neukartierung der Marsch

Die Neukartierung der Marsch basiert auf dem folgenden Verständnis der Sedimentationsräume im Küstenholozän:

- Die Sedimentation erfolgt seeseitig durch eine anhaltende Meerestransgression, den Einfluss der Tide sowie häufig auftretende Sturmflutereignisse. Die Sedimentherkunft ist erkennbar am Schwefel-, Kalk- und Tongehalt. Dies belegt der Vergleich mit den eher sandigen, kalkfreien und sulfatarmen Auenablagerungen:

1. Die jüngeren Uferwälle im Küstenholozän sind kalkhaltig und durch die mit den Sturmfluten ins Landesinnere vorgeprägten Sedimenten zu erklären.
2. Kleinere Geestflüsse, wie z. B. die Oste, führen sandige Sedimente aus ihrem Ursprungsgebiet mit. Im Gegensatz dazu müssen beispielsweise die tonigen Ablagerungen der Oste nördlich von Bremervörde von der Seeseite geliefert worden sein.
3. Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) wird mit dem Meerwasser eingetragen. Sulfatgehalte von mehr als 0,5 % sind ein sicheres Zeichen für eine seeseitige Beeinflussung.

- Da seit den letzten ca. 4.000 Jahren der Meeresspiegel und damit auch der Hochwasserspiegel der Sturmfluten langsam, aber kontinuierlich anstiegen, erhöhte sich auch das Sedimentationsniveau von den jüngeren zu den älteren Ablagerungen.
- Die Gliederung der Sedimente in der Marsch und im Watt richtet sich nach ihrem jeweiligen Ablagerungsmilieu (vgl. Abb. 1.69). Grundsätzlich sind die Ablagerungen des Sublitorals (unterhalb MTnw) und des Eulitorals (Intertidal, zwischen MTnw und MThw) von denen des Supralitorals (oberhalb MThw) bzw. des Epilitorals (tiefliegende Marsch des Sietlandes hinter dem Uferwall) sowie des Lagunärs zu unterscheiden. Im Wesentlichen erfolgte die Ablagerung der Marschensedimente im Supratidal bzw. Supralitoral.

Bei den subtidalen (sublitoralen) Ablagerungen handelt es sich um Sedimente, die bei ständiger Wasserbedeckung, also unterhalb des MTnw, umgelagert werden. Die eutidalen (eulitoralen) bzw. intertidalen Sedimente des Watts (= wa) werden im Tiderhythmus geflutet. Es kommt mit dem Tidewassergang zur Sedimentumverteilung. Dadurch sind lediglich subhydrische initiale Bodenentwicklungen möglich. Nach ihrer Textur werden Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt unterschieden. Im Supratidal (Supralitoral) werden Sedimente bei leichten Sturmfluten, die im Mittel alle zwei Jahre mit 1,5 bis 2,5 m über MThw auftreten, abgelagert. Die deutlich selteneren, alle 10 bis 100 Jahre vorkommenden schweren (ab 2,5 m über MThw) und einmal in 100 bis 1.000 Jahren vorkommenden sehr schweren Sturmfluten (mehr als 3,5 m

über MThw) sind bei der Sedimentation weniger bedeutsam (BSH 2011). Im Supratidal sind verschiedene Gesteinsfazies zu unterscheiden. In der Nähe der Küstenlinie, von Flüssen oder Prielen finden sich in konvexen Uferwällen (ufw) eher relativ grobe Sedimente mit Sturmflutschichtung. Eine den supralitoralen Uferwällen nahestehende Variante sind Ablagerungen, die im Kontext mit der Landgewinnung in den Groden (auch Polder oder Koog genannt) entstanden. Diese Bildungen werden in der BK50 als Groden (gr) bezeichnet. Neben der Auflandung sind hier die anthropogene Unterstützung der Sedimentation durch den Einbau von Sedimentfallen (z. B. Lahnungen oder Bühnen) oder die aktive Aufschüttung mit Handwerkzeugen oder Maschinen zu erwähnen. Die fluviatilen Gezeitesedimente (fgz) werden im Bereich des Tidewasserrückstaus abgelagert.

Tab. 2.18: Liste der Gesteine in der Marsch.

Kürzel	Klartext
wa	Watt allgemein
Miwa	Mischwatt
Sawa	Sandwatt
Slwa	Schlickwatt
la	lagunäre Ablagerungen
ufw	Uferwall
eps	epilitorale Ablagerungen
gr	Groden
fgz	fluviatile Gezeitenablagerungen

Die bodenkundliche Beschreibung beruht auf den Prozessen der Bodenentwicklung unter Berücksichtigung der Schwefeldynamik. Bodenmerkmale, -horizonte und -typen wurden unter Beachtung des Schwefeleinflusses definiert. Dazu war es notwendig, neue Horizontsymbole einzuführen und die Bodentypen anzupassen (vgl. Kap. 1.4.2.7 und 1.4.2.8).

### 2.5.3.2. Arbeitsschritte bei der Marschenkartierung

Die BK50-Arbeitsanweisung zur Bearbeitung der Marsch (EILERS & GEHRT 2011) beschreibt die Vorgehensweise bei der Ausweisung der geologischen Einheiten und deren Differenzierung nach bodengenetischen Gesichtspunkten. Ziel ist es dabei, die stratigraphisch-petrographischen Einheiten vergleichbar abzubilden und insbesondere die Bedeutung der Schwefelgehalte und -dynamik für die Bodenentwicklung zu berücksichtigen.

Tabelle 2.19 zeigt die inhaltlichen Grundlagen und erforderlichen Arbeitsschritte für die Bearbeitung der Marschen. Die Arealabgrenzung erfolgte im Wesentlichen auf Grundlage der Bodenschätzungsangaben hinsichtlich Bodenart, Bodenzahl und Kalkgehalt, der Höhenlage des DGM5 sowie der historischen Deichlinien, bei Bedarf auch mit Hilfe ergänzender Geländearbeiten. Angaben zu Schwefelgehalten wurden unter Berücksichtigung lagunärer Ablagerungen aus der Geologischen Karte, Bodenarten mit hohen Tongehalten und Kohlenstoffgehalten im Abgleich mit Laborergebnissen und kartierten Merkmalen der Bodenschätzung (Maibolt) abgeleitet (Tab. 2.19). In dem Zusammenhang waren auch die Beschreibungen der BK25 wertvolle Informationen. Wurten und historische Deiche wurden als charakteristische Elemente der Landschaftsentwicklung in die Bodenkarte übernommen. Weiterführende Hinweise sind in EILERS & GEHRT (2011) beschrieben.

Tab. 2.19: Tabellarische Übersicht der Marschen-Konzeptkarten und Hinweise zur Bearbeitung.

Arbeits-schritt	Thema	Name bzw. Inhalt der Konzeptkarte	Bearbeitungshinweise bzw. -schritte
1	Manuskript-karte	<b>GK50-Gene-Grenzen ohne</b> Areale mit klastischen Sedimenten in der Marsch	Prüfung der verbleibenden und zu übernehmenden Grenzen
		Bodenart „Marsch“ aus der Bodenschätzung	Prüfung, Korrektur und Ergänzung der Abgrenzung der Marsch von der Geest oder den Auen
2	Geologische Gliederung der Marsch	<b>Deichlinien</b> mit Alter der Anlage <b>Höhenlagen über NN</b> in 8 Klassen <b>Bodenart</b> des Klassenzeichens <b>Bodenzahlen</b> der Bodenschätzung <b>Zustands- bzw. Bodestufen</b> der Bodenschätzung <b>Vegetationskarte</b>	Gliederung der Ablagerungsräume gr, eps, ufw, la Orientierung an der Höhenlage über NN, Grenzziehung in der Regel im Abgleich mit Bodenart, Zustand und Bodenzahl der Bodenschätzung <b>Grobgliederung</b> a) Eingedeichte Gebiete werden unter Berücksichtigung und im Abgleich mit der Höhenlage als Groden ausgewiesen. b) Identifikation der lagunären Senken (i. d. R. tonige Sedimente in tiefliegenden Reliefpositionen). Hinweise geben Maiboltvorkommen (Jarosit) in der Bodenschätzung oder der BK25 oder lagunäre Sedimente bzw. Sedimente der Auwaldfazies aus der Geologischen Karte. c) Identifikation der Uferwälle auf Grundlage der Höhenlage und der Bodenart. d) Im Bereich zwischen Uferwällen und lagunären Ablagerungen finden sich i. d. R. epilitorale tonige Ablagerungen. <b>Feingliederung</b> e) Abgleich mit Hinweisen aus der Vegetationskartierung, f) alte Abzielungen (Abtragungssignaturen aus Topografischer Karte TK25), g) alte Bracks, Kolke aus historischer Karte und TK25, h) geringmächtige tonige und lehmige Decken aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung (T/Mo T/S).
		<b>Höhenlage über NN</b> <b>Bodenart</b> der Bodenschätzung <b>Kalkgehalt</b> der Bodenschätzung <b>Maibolt</b> aus der Bodenschätzung	Die Abgrenzung der fluviatilen Gezeitenablagerungen erfolgt wie folgt: Abgrenzung von Auen • nach Höhenmodell, • Hinweise geben tonige Decken über Mooren in der Bodenschätzung (Klassenzeichen T/Mo, T/Mo). Abgrenzung von Marschsedimenten (eps, ufw und la) • kein Kalkhinweis, • keine Hinweise auf Schwefel (Maibolt, Eisensulfat).
		Wattrinnen in der Marsch	Füllung alter Meereseinbrüche und Priele in der Marsch werden als Watt gekennzeichnet (tidale Ablagerungen). Die Grundlage sind Auswertungen des Höhenmodells und Historische Karten.
		Moore der Marsch aus GK50 Bodenart „Torf“ aus der Bodenschätzung Moormächtigkeitskarte	Die Bearbeitung der Moore in der Marsch erfolgt vergleichbar der beschriebenen Moorbearbeitung (s. Kap. 2.4.5.6); ggf. erfolgt eine Ergänzung von Mooren aus der Bodenschätzung und der Moormächtigkeitskarte.

Tab. 2.19: Tabellarische Übersicht der Marschen-Konzeptkarten und Hinweise zur Bearbeitung (Fortsetzung).

Arbeits-schritt	Thema	Name bzw. Inhalt der Konzeptkarte	Bearbeitungshinweise bzw. -schritte
6	Geologische Gliederung der Marsch	Bodenarten der Bodenschätzung	Die Bodenarten werden auf Grundlage der Bodenschätzung nach Prüfung gesetzt und ggf. spezifiziert.
7		Anthropogene Veränderungen (Kultsole)	Ausweisung der Spittkulturböden auf Grundlage der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der BÜK50 Ausweisung der Marschhufenbeete auf Grundlage der Höhendaten, der BK25 und Luftbilder
8	Bodenkundliche Untergliederung	Kalkhinweise und Entkalkungstiefe aus der Bodenschätzung	Berücksichtigung der Kalkangaben oberhalb 4 dm und zwischen 4 und 8 dm u. GOF für die Ausweisung von Kalkmarschen
9		Maibolt aus Bodenschätzung und BK25	Hinweis auf erhöhte Schwefelgehalte und Vorkommen von Maibolt (= m) in lagunären und epilitoralen Sedimenten, Uferwälle und Grodenablagerungen haben normale Schwefelgehalte, Ausschlussgebiete für Schwefel sind fluviatile Gezeitsedimente und lagunäre Ablagerungen in deren Umfeld. Diese werden mit „potenziell nicht sulfatsauer“ gekennzeichnet.
10		Knickmarsch	Knickmarschen werden ausgewiesen, wenn folgende Kriterien vorliegen: Bodenart = Ton mit etwas tonärmerer Deckschicht im Grenzsäum zwischen lagunären und epilitoralen Sedimenten sowie schlechtere Bodenbewertung durch die Bodenschätzung. Das Merkmal „Knick“ bzw. „knickig“ aus der Bodenschätzung wurde nicht berücksichtigt, da es nicht konsequent und schlüssig zugewiesen wurde.
11		Salz	Übernahme der Salzhinweise aus der Vegetationskartierung

## 2.6. Qualitätsprüfung der BK50 im Erstellungsprozess

Im Zuge der Manuskriptkartenerstellung und in der weiteren Bearbeitung der einzelnen BK50-Blätter ergaben sich zur Qualitätssicherung die in Tabelle 2.20 aufgelisteten Arbeitsblöcke. Die Prüfung und Kommentierung von Manuskriptkarte und Titeldatenlegende erfolgten vor der Redaktionsbesprechung durch die Mitglieder der LBEG-Redaktionsgruppe, so dass beim Redaktionsgespräch mit dem Kartierer fachliche

Anmerkungen umgesetzt und Fragen einer Klärung zugeführt werden konnten. Im Anschluss daran erfolgte die Digitalisierung von Manuskriptkarte und Titeldatenlegende, so dass anhand dieser Daten weitere Prüfschritte, eventuelle Korrekturen und die Komplettierung der Generallegende vorgenommen werden konnten. Mit der Freigabe des BK50-Blattes im letzten Arbeitsschritt erfolgte der Abschluss der Bearbeitung. Sämtliche Unterlagen wurden blattbezogen in BK50-Kartenhängeschranken archiviert und können bei Nachfragen eingesehen werden.

Tab. 2.20: Arbeitsblöcke zur Qualitätsprüfung im Erstellungsprozess der BK50.

Nr.	Arbeitsblock	Gegenstand der Prüfung	resultierende Tätigkeit
1	Redaktionsbesprechung	Einarbeitung der Konzeptkarten und Beschreibung der Wirkungsgefüge auf Grundlage der BK50-Arbeitsanleitung	Überarbeitung der Manuskriptkarte und des Wirkungsgefüges durch Kartierer
2	Digitalisierung	Vollständigkeit der Inhaltsvergabe auf Grundlage des Testplots mit allen ausgewiesenen Flächen und NRKART-Einschreibungen	Ergänzung fehlender Flächeninhalte durch Kartierer
3	Übernahme der Legende in Datenbank	Konformität der Angaben	Korrektur der Einschreibungen durch Redaktionsgruppe
4	Abgleich der Flächeninhalte mit den Legendenbeschreibungen	Vollständigkeit der Wirkungsgefüge in der Titeldatenlegende	Ergänzung der Inhalte bzw. des Wirkungsgefüges durch Redaktionsgruppe
5	Abgleich Titeldatenlegende (Wirkungsgefüge) mit Generallegende	Konformität der Wirkungsgefüge-Eintragen mit dem Regelwerk	Anpassen der Beschreibungen durch Redaktionsgruppe
6	quantitative Prüfung	Einheiten mit geringer Anzahl bzw. geringer Flächengröße, Reduzierung von Artefakten (Scheineinheiten), Erhaltung von kleinräumigen lokalen Besonderheiten	ggf. Zuordnung zu ähnlichen Einheiten auf fachlicher Grundlage durch Redaktionsgruppe
7	Erstellung von Testplots der einzelnen Wirkungsgefügefaktoren	Abgleich der einzelnen Faktoren des Wirkungsgefüges und Vergleich mit den Quelldaten	ggf. Korrektur der Inhaltsangaben durch Änderung der NRKART, ggf. Zusammenfassung gleicher Kartiereinheiten durch Redaktionsgruppe
8	Ergänzung neuer Wirkungsgefüge	Fortschreibung der Generallegende	Ergänzung der Sachdaten (Horizont- und Profilbeschreibungen, Titeldaten) durch Redaktion
9	Plotausgabe der BK50-Bodenkarte im NIBIS®-Layout	Prüfung des Kartenbildes und der Legendenbeschreibungen, manueller Abgleich mit älteren Karten (BK25, BÜK50)	ggf. letzte Änderungen
10	Randabgleich	Abgleich aller Kartenränder anhand niedersachsenweit zusammengeführter BK50-Blätter mit Randabgleich-Tool in ArcGIS®	Angleichung bzw. Korrektur der Grenzföhrung und Inhalte an den Blattsnitten durch Redaktionsgruppe
11	Ablage und Archivierung	Zusammenstellung und Archivierung sämtlicher Arbeitsunterlagen pro BK50-Blatt in Hängemappe zur Aufbewahrung im BK50-Kartenschrank	Erstellung der Inhaltsverzeichnisse der Mappen durch Redaktionsgruppe

## 2.7. Erstellung der Sachdaten

### 2.7.1. Ergänzung der Titeldatenlegende

Einigen Gesteinen der GK50\_GENE wurde bereits vor der Kartenbearbeitung per Regelwerk eine Bodenentwicklung zugeordnet, da erfahrungsgemäß bestimmte Bodenentwicklungen eng an die Ausgangsgesteine gebunden sind. Diese pedogenetische Vorhersage wurde regelbasiert in Kürzelform in die Areale der Manuskriptkarte und in die Titeldatenlegende gedruckt. Daneben wurden die Datenfeldinhalte zur pedoregionalen Gliederung (BR, BGL, BL) und zum Relieftyp (RK50) automatisiert in die Titeldatenlegende eingebracht, sodass lediglich bei Abweichungen vom definierten Standard Änderungen nach Prüfung vorzunehmen waren.

Während der weiteren Bearbeitung wurde parallel zur Erstellung und arealspezifischen Differenzierung der Manuskriptkarte die Beschreibung des Wirkungsgefüges für jede Kartiereinheit in die blattschnittbezogene Titeldatenlegende (TDL) eingepflegt. Diese enthält neben der blattspezifischen fortlaufenden Nummerierung, welche die Verknüpfung zur Manuskriptkarte ermöglicht, die eindeutige Kennzeichnung in den Datenfeldern des Wirkungsgefüges (vgl. Tab. 2.21).

So sind die Angaben zur petrographischen (SAND50, BOAHTYP50) und pedogenetischen Differenzierung (ESCH50, SCHWARZ50, AUE50, MOORMAE, PODSOL50) sowie zur anthropogenen (ANTHRO50) und hydromorphen Beeinflussung (HYDRO50) auf Grundlage und nach Prüfung der jeweiligen Konzeptkarten einzuarbeiten und in der Titeldatenlegende zu ergänzen. Tabelle 2.22 zeigt die zulässigen Einträge bzw. Abkürzungen für die Datenfelder der Titeldatenlegende.

Tab. 2.21: Angaben in der Titeldatenlegende und Inhalte des Wirkungsgefüges.

Datenfeld	Beschreibung	Status	Bearbeitung
TK50	Nummer des TK50-Blattes	Vorgaben im Manuskript	keine
KARTIR	Name des Kartierers / Bearbeiters		
NRKART_GK50_GENE	automatisch generierte lfd. Nr. der GK50_GENE-Einheit		
ANZAHL	Anzahl der Areale einer Einheit		
SUMME_AREA	Gesamtfläche einer Einheit in ha		
BR	Bodenregion		Prüfung, ggf. Änderung, Zusammenfassung und Korrektur der Angaben
BGL	Bodengroßlandschaft		
BL	Bodenlandschaft		
GK50_GENE	Angabe zum Inhalt der generalisierten geologischen Einheit		
RK50	Reliefformtyp	Ergänzung und Einarbeitung	inhaltliche Bearbeitung / Differenzierung
NRKART_LOKAL	Blattspezifische lfd. Nr. der ausgewiesenen Kartiereinheit		
SAND50	Sandregion		
BOAHTYP50	Bodenartenhaupttyp		
ANTHRO50	anthropogene Veränderungen		
ESCH50	Kennzeichnung von Esch-Merkmalen		
SCHWARZ50	Kennzeichnung von Tschernosem-Merkmalen		
AUE50	Kennzeichnung von Kalkmerkmalen (nur in der Marsch)		
MOORMAE	Kennzeichnung der Moormächtigkeit		
HYDRO50	Kennzeichnung von Hydromorphie-Merkmalen und Maibolt		
PODSOL50	Kennzeichnung von Podsol-Merkmalen		
SONST	sonstige Hinweise zur Einheit		
ANMERK	Anmerkungen zur Bearbeitung		
			Prüfung der jeweiligen Konzeptkarteninformationen, Ergänzung und Abgrenzung

Nach Beendigung der Bearbeitung werden die zunächst analog bearbeiteten blattspezifischen Titeldatenlegenden digital erfasst. Aus ihnen wird das gesamte Wirkungsgefüge mit allen ausgewiesenen und beschriebenen Kartiereinheiten erzeugt und daraus die Generallegende

der BK50 abgeleitet (vgl. Kap. 2.7). Thematische Kartendarstellungen als Auszüge einzelner Wirkungsgefüge-Komponenten werden auf dieser Grundlage für die Qualitätskontrolle standardisiert erstellt und geprüft.

Tab. 2.22: Liste der zulässigen Einträge in der Titeldatenlegende.

Konzeptkarte	Angabe im Wirkungsgefüge		Inhalt	Angabe in TDL und Manuskript: Vorgabe		Anmerkung
	Datenfeld	Zeichen		1. Ziffer NRKART	2. Ziffer	
GK50_GENE	GK50_GENE		Vorgaben bleiben unverändert. Zusammenfassung von Einheiten möglich.			
Reliefkarte RK50	RK50	T	Tiefenbereich		0	muss immer gesetzt werden
		1	Hang N01		1	
		2	Hang N23		2	
		4	Hang N4		3	
		5	Hang N56		4	
		K	Kulminationsbereich		5	
HÖHE MARSCH	RK50		Höhe über NN in der Marsch		01–08	
ANTHRO50	GK50_GENE	smk	Sandmischkultur			muss gekennzeichnet werden, wenn die Information zur Teilung des Arealis führt
		tug	Tiefumbruch			
		yas	Fräskulturen			
		yt	Spitkulturen			
		ysp	Spülfäche			
		ybk	Baggerkultur			
		ymb	Marschhufenauftrag			
		y	künstlicher Strand		y	
	SONST	a	abgetorft	SONST	a	
ESCH50	GK50_GENE	yp	Esch	in GK50_GENE	e	
KALK50	AUE50		Kalkangaben		c, cc	
MAIBOLT 50	HYDRO		Maibolt		m	
BOAHTYP50	BOAHTYP50	s	Sand		6	
		u	Schluff		7	
		l	Lehm		8	
		t	Ton		9	
MOORMAE	MOORMAE	2	Torfmächtigkeit < 3 dm (Moor-Gley)		h	
		3	Torfmächtigkeit von 3 – 8 dm		3	
		4	Torfmächtigkeit von 8 – 13 dm		4	
		5	Torfmächtigkeit von 13 – 20 dm		5	
		x	Mächtigkeit nicht gesichert (Profilbeschreibung: 8 – 13 dm)		x	
SAND50	SAND50	fs	fSms		f	
		ms	mSfs		m	
SCHWARZ50	SCHWARZ50	x	Nebenbodentyp Tschernosem		x	
		xx	<b>Hauptbodentyp Tschernosem</b>		xx	
		xz	Grauerde		xz	
		k	Tschernosem-Kolluvisol		k	
PODSOL50	PODSOL50	p	Nebenbodentyp Podsol		p	
		pp	<b>Hauptbodentyp Podsol</b>		pp	
HYDRO50	HYDRO50	g	Nebenbodentyp Gley		g	
		gg	<b>Hauptbodentyp Gley</b>		gg	
		s	Nebenbodentyp Pseudogley		s	
		ss	<b>Hauptbodentyp Pseudogley</b>		ss	

### 2.7.2. Ableitung der inhaltlichen Beschreibung (Sachdaten)

Die bodenkundliche Spezifikation der BK50-Areale umfasst neben den Angaben zum Relief und den vergesellschafteten Böden (Tabelle BK50\_Legende) die Beschreibung der Leit- und Begleitprofile (Tabelle BK\_PROFIL) mit ihren jeweiligen Horizontbeschreibungen (Tabelle BK\_HORIZONTE).

Im Erstellungsprozess der BK50 erfolgt die Beschreibung der Einheiten anhand synthetischer, generalisierter Profil- und Horizontangaben. Diese werden regelbasiert unter Einbindung von Modellen der Substrat- und Bodenentwicklung und der Auswertungen der Profil- und Labordatenbank aus den Inhalten des Wirkungsgefüges generiert. Damit sind Unterschiede durch individuelle Auffassungen ausgeschlossen, und neue Erkenntnisse können ggf. systematisch eingearbeitet werden. Zugleich ist das Verfahren transparent und nachvollziehbar. Abbildung 2.18 beschreibt den Gesamtablauf der Sachdatenerzeugung.

Grundlage der Sachdatenableitung sind die folgenden Vorgaben und Quellen:

1. generelle Vorgaben zum Profilaufbau,
2. Angaben aus dem Wirkungsgefüge,
3. allgemeines Wissen zzgl. Auswertung der Profil- und Labordatenbanken (Regeltabellen):
  - a. Modelle des Substrat- und Profilaufbaus,
  - b. Horizontfolge in Anlehnung an die bodenkundliche Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005).

Die Vorgehensweise wird zur Veranschaulichung an dem unten genannten Beispiel der Beschreibung eines Pseudogley-Podsols erläutert. Die Anforderungen an die Profilbeschreibung sind in den definierten Datenfeldern des Wirkungsgefüges (Tab. 2.23) dokumentiert. Gemäß den Einträgen im Wirkungsgefüge ist in dem Beispiel ein Boden in der grundwasserfernen Geest (BR = Bodenregion = 3), der Bodengroßlandschaft Geestplatten und Endmoränen (BGL= Bodengroßlandschaft = 8) und der Bodenlandschaft Lehmgebiete (BL = Bodenlandschaft = 10) aus drenthezeitlichem Geschiebelehm bis Geschiebemergel (GK50\_GENE = Lg-Mg) in ebener bis schwach geneigter Lage (RK50 = 01) beschrieben. Auf die stratigraphische Angabe des Gesteins wurde im Wirkungsgefüge verzichtet, da die Geschiebelehme in Niedersachsen in der Mehrzahl drenthezeitlich sind. Nur Abweichungen davon (warthezeitlich) werden entsprechend gekennzeichnet. Neben Podsol-Merkmalen (PODSOL50 = pp) sind hydromorphe Merkmale (HYDRO50 = s) vermerkt, so dass die o. g. Beschreibung zum Bodentyp Pseudogley-Podsol führt. Aus diesen Angaben im Wirkungsgefüge werden regelbasiert alle Bodenhorizonte und, daraus resultierend, der Bodentyp abgeleitet. Die Horizontangaben sind neben der Beschreibung des Gesamtprofils die Grundlage für die bodenkundlichen Auswertungen in der Methodenbank im NIBIS®.

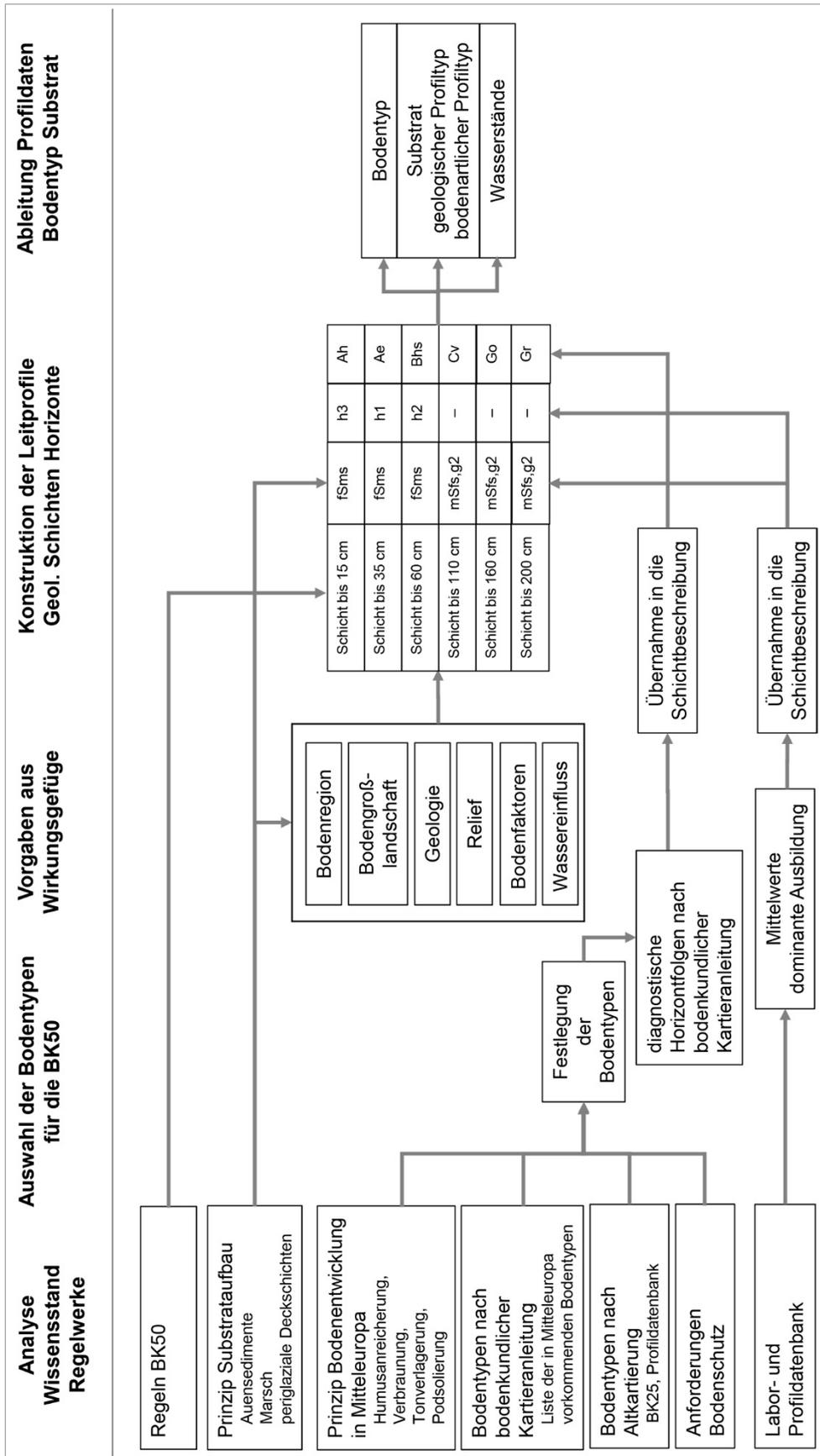


Abb. 2.18: Schema zur Erzeugung der Profil- und Horizontdaten (Sachdaten).

Tab. 2.23: Beispiel eines Wirkungsgefüges für einen Pseudogley-Podsol in der grundwasserfernen Geest.

dbo_BK50_WIRKUNGSGEFÜGE																
NRKART	BR	BGL	BL	GK50_GENE	SAND	ANTHRO50	RK50	ESCH_SCHWARZ50	AUE50	BOAHTYP50	MOORMAE	PODSOL50	HYDRO50	SONST	HUFORM_FN	HUFORM_FL
2354	3	8	10	Lg-Mg	-	-	01	-	-	-	-	pp	s	-	MR	MOM

Für jedes zu erstellende Profil wird eine Tabelle (Tab. 2.24) mit einer eindeutigen Profilvernummer und sechs Horizontzeilen erzeugt. Die Horizonte enthalten pauschale Tiefenangaben (obere und untere Tiefe) von 0–15, 15–35, 35–60, 60–110, 110–160 und 160–200 cm. Während der Bearbeitung wird diese Tabelle schrittweise mit den arealspezifischen Wirkungsgefüge-Attributen gemäß der Arbeitsanweisung gefüllt.

Tab. 2.24: Grundaufbau der Horizonttabelle mit vorgegebenen Tiefen.

BK_HORIZONTE																
PRONUM	HOR_NR	OTIEF	UTIEF	HORIZ	HNBOD	SKEL	BODSON	HERKUNFT	ZER	STRAT	GEOGE	HUMUS	KALK	LD	VERFEST	HSONST
2354	1	0	15													
2354	2	15	35													
2354	3	35	60													
2354	4	60	110													
2354	5	110	160													
2354	6	160	200													

Im Beispiel wird in der grundwasserfernen Geest in der Bodengroßlandschaft Geestplatten und Endmoränen (BR 3, BGL 8) Geschiebedecksand als Standarddeckschicht in den oberen drei Horizonten in einer Mächtigkeit bis 6 dm zugewiesen.

Die Attributierung der Lockergesteine hinsichtlich deren Mächtigkeit und Bodenarten erfolgt für alle Gesteine auf Grundlage der Auswertungen der Profil- und Labordatenbank. Tabelle 2.25 regelt die Zuordnung der Bodenarten zu den jeweiligen Lockergesteinen. Auf dieser Grundlage werden die Datenfelder Bodenart (HNBOD), Skelett (SKEL), Sonstiges zur Bodenart (BODSON) regelwerkkonform gefüllt.

Tab. 2.25: Zuordnung der Bodenarten zu den Lockergesteinen von Niedersachsen.

GEOGE	fS	fSms	mSfs	Slu	Su2	Su3	Su4	SI2	SI3	SI4	LS3	LS4	LSu	Lt2	Lt3	Lts	Tu2	Tu3	Tu4	Us	Uls	Lu	Ut2	Ut3	Ut4	weitere Zuordnung der Bodenart nach Kriterien aus
f(qh)	x	x	x					x					x	x				x	x			x				W: Bodengroßlandschaft
f(qM)			x						x																	Schichtung
f(qN)	x	x	x																							W: SAND50
Lhf									x				x													W: BOHTYP
f(qO)			x						x																	Grobboden beachten
f(qw)	x	x	x											x	x											W: SAND50
f(qw-qh)													x	x			x	x				x				W: SAND50, BOAHTYP
Ra	x	x	x		x			x																		W: SAND50, BOAHTYP
l																					x	x				W: BOHTYP
b																	x				x	x				W: BOHTYP
gf	x	x	x		x			x																		W: SAND50
Lg									x	x		x														Schichtung, Stratigraphie
Mg									x	x	x															Schichtung, Stratigraphie
Lo																								x	x	Horizont
Lol																								x	x	Horizont
Los						x	x													x	x					W: BOAHTYP
Loss					x	x	x													x	x					Schichtung
Sa	x	x																								W: SAND50
Sp	x	x			x	x																				W: BOAHTYP, SAND50
p					x			x							x	x						x	x			liegendes Gestein, W: BOAHTYP
fl					x	x	x							x			x	x	x			x	x	x	x	liegendes Gestein, W: BOAHTYP
z-f					x	x	x							x					x			x	x	x		W: Bodenlandschaft

W: Angabe im Wirkungsgefüge, Schichtung bzw. Stratigraphie: Angabe wird nach Schichtfolge bzw. Stratigraphie zugeordnet. Erläuterungen zu den Kürzeln in Spalte GEOGE s. Kapitel 4.3.2.5, Tabelle 4.28.

Allgemein ist anzumerken, dass das Bodenartenspektrum bei einigen Gesteinen sehr eng, bei anderen Gesteinen weiter ist. Dies ist in überregionalen Unterschieden, typischen Schichtabfolgen, kleinräumiger Variabilität, Ablagerungen unterschiedlichen Alters oder pedogenen Veränderungen (Verlehmung, Tonverlagerung) begründet.

Periglaziale Umlagerungen sind kleinräumig sehr heterogen. Hier ist das Herkunftsgebiet der Bildungen entscheidend und entsprechend zu berücksichtigen. Allerdings ist die Differenzierung im Maßstab 1 : 50.000 nicht darstellbar. Unterschiede in der Korngrößenverteilung holozäner Flussablagerungen sind in ihren Ablagerungsbedingungen begründet (s. Kap. 1.3.9). Neben der pedoregionalen Lage führen die Angaben zur Bodenartenhauptgruppe im Wirkungsgefüge bei den Hauptlagen und holozänen Gesteinen zu spezifischeren Angaben der Bodenart im Horizont (HNBOD).

### Schritt 1

Die Angabe zum Ausgangsgestein wird aus dem Datenfeld GK50\_GENE (im Beispiel: Geschiebelehm bis Geschiebemergel) in die Datenfelder Stratigraphie (STRAT), Geogenese (GEOGE) und Herkunft umgesetzt.

Im Beispiel (Tab. 2.23) wird für den Eintrag der Bodenarten Geschiebelehm angezeigt. Die Auswertungen der Profil- und Labordatenbank ergaben, dass der Geschiebelehm in Niedersachsen in den Bodenarten SI3, SI4, LS3 oder LS4 auftritt (Tab. 2.25). Die weitergehende Analyse zeigt, dass die drenthezeitlichen Geschiebelehme aus einem oberen, etwa 5 bis 6 dm mächtigen, lehmigen, schwach kiesigen Sand (SI3, g2) über einem stark lehmigen, schwach kiesigen Sand (SI4, g2) bestehen (Tab. 2.26). Der geringere Tongehalt im oberen Bereich erklärt sich aus der periglazialen Beeinflussung, die im Gelände an Eiskeilen und Kryoturbation zu erkennen ist (s. Kap. 1.4.1.3, Tab. 1.9). Die Mächtigkeit des unteren Bereichs des Geschiebelehms ist variabel. Im nachstehenden Beispiel reicht er bis 20 dm, da keine weitere unterlagernde Schicht angegeben ist. Die warthezeit-

lichen Geschiebelehme bzw. -mergel sind dagegen generell tonreicher (oben Ls4, unten Ls3). In der Tiefe (>180 dm) sind die warthezeitlichen Grundmoränen häufig noch kalkhaltig (Geschiebemergel). Im Beispiel wird als Ergebnis beim Geschiebelehm (rot) die Bodenart SI3 über SI4 gesetzt.

Tab. 2.26: Beispiel der Horizonttabelle mit den vorgegebenen Tiefen und Kennzeichnung der Informationsherkunft.

rot: Angabe aus dem Wirkungsgefüge (GK50\_Gene), gekoppelt mit Auswertungsergebnissen.  
 braun: Standarddeckschicht der Geest (BR 3, BGL 8).  
 grün: Bodenkundliche Beschreibung gemäß Wirkungsgefüge (pp, s).

BK_HORIZONTE																
PRONUM	HOR_NR	OTIEF	UTIEF	HORIZ	HNBOD	SKEL	BODSON	HERKUNFT	ZER	STRAT	GEOGE	HUMUS	KALK	LD	VERFEST	HSONST
2354	1	0	15	Aeh	Su2	g2	zt(fSms)	gf,Lg,Sa		qw	Sp	h2	c0	Ld3		
2354	2	15	35	Ae	Su2	g2	zt(fSms)	gf,Lg,Sa		qw	Sp	h1	c0	Ld3		
2354	3	35	60	Bhs	Su2	g2	zt(fSms)	gf,Lg,Sa		qw	Sp	h1	c0	Ld3	Vf2	
2354	4	60	110	Sw	SI3	g2	zt(mSfs)	Lg(qD)		qD	Lg		c0	Ld3		
2354	5	110	160	Sd	SI4	g2		Lg(qD)		qD	Lg		c0	Ld4		
2354	6	160	200	Sd	SI4	g2		Lg(qD)		qD	Lg		c0	Ld4		

## Schritt 2

Die Zuweisung der Attribute für die Deckschicht erfolgt auf Grundlage von Regeln und Standardtabellen, in denen die Modelle und Variablen der Deckschichtausbildung abgelegt sind (vgl. Kap. 1.4.1). Folgende Varianten unterschiedlicher Deckschichtenausprägungen wurden berücksichtigt:

- Deckschichten im Löss-Bergland, getrennt nach Bodenlandschaften bzw. Gesteinsausprägung (Sandstein, Schluffstein, Tonstein, Mergelstein, Kalkstein),
- Deckschichten im lössfreien Bergland, getrennt nach Bodenlandschaften bzw. Gesteinsausprägung (Sandstein, Schluffstein, Tonstein, Mergelstein, Kalkstein),
- autochthone und allochthone Fließerdien und Hangschutte im Bereich der Steilhänge des Berglandes, getrennt nach Bodenlandschaften und Gesteinsausprägung (Sandstein, Schluffstein, Tonstein, Mergelstein, Kalkstein),

- Deckschichten in der Geest mit regionaler Anpassung an die Bodenartenausprägung aus Bodenschätzung und liegendem Gestein.

## Schritt 3

Nach der Generierung des Substrataufbaus erfolgt die Zuweisung der Bodenhorizonte entsprechend dem im Wirkungsgefüge beschriebenen Bodentyp. Wie oben in Kapitel 2.7.2 beschrieben, greift hier die Regelung, dass im Wirkungsgefüge nur die Abweichungen von der Norm gekennzeichnet und geregelt werden. Liegen im Wirkungsgefüge keine Angaben zum Bodentyp vor, werden die substratspezifischen Horizonte nach der Regeltabelle eingesetzt. Im Beispiel ist dies die Horizontfolge des Pseudogley-Podsols (Aeh-Ae-Bhs-Sw-Sd). Diese Horizonte werden sachlogisch den Schichten zugeordnet.

#### Schritt 4

Abschließend werden weitere horizont- und substratspezifische Merkmale zugewiesen. Diese beruhen ebenfalls auf der Profil- und Labordatenbank des LBEG, wodurch die Konsistenz zwischen der Horizont- und Profiltabelle sichergestellt ist.

#### Schritt 5

Die Ableitung der Profildaten erfolgt mit Hilfe von Regeltabellen, die auf den diagnostischen Horizonten beruhen. Die Kennwerte zum Bodentyp, den geologischen und bodenartlichen Profiltypen sowie den Grundwasserständen, der bodenkundliche Feuchtestufe oder dem Vernässungsgrad werden automatisiert mit den Methoden der Methodenbank abgeleitet (Tab. 2.27). Nutzungsspezifische Angaben werden erst mit der Nutzungsdifferenzierung (Teil 3) zugeordnet.

Tab. 2.27: Beispiel der Beschreibung des Bodens in der Profiltabelle.

Datenfeld	Inhalt (Beispiel)	Beschreibung und Herkunft	Methode
PRONUM	2354	Profilnummer in Datenbank	Schlüsselnummern und Setzung durch System
AUFDAT	31-Okt-16	Datum der Erzeugung des Profils	
BL_NR	48762	Verweis auf pedoregionale Lage des Profils	
BOTYP	S-P3	Bodentyp	Ableitung per Programm über diagnostischen Horizont
BOAUTYP	Su2,z2,zt(fSms) // SI3,z2,zt(mSfs) = SI4,z2	Bodenartlicher Profiluntertyp (Bodenartenuntergruppe)	Ableitung per Programm aus Horizontdaten
BOATYP	Is=sl	Bodenartlicher Profiltyp (Bodenartengruppe)	
BOAHTYP	s/l	Bodenartlicher Profilhaupttyp (Bodenartenhauptgruppe)	
GEOUTYP	Sp/Lg	Geologischer Profiluntertyp	
GEOTYP	Sp/Lg	Geologischer Profiltyp	
GEOHTYP	Sp/Lg	Geologischer Profilhaupttyp	
KULTUR		Nutzung bzw. Bedeckung	Ableitung erfolgt bei Nutzungsdifferenzierung regelbasiert per Programm
HUFORM		Humusform	
VERNAS		Vernässungsgrad	
BOSUBS		Bodensubstrattyp nach KA5	
MHWG		Mittlerer Grundwasserhochstand	
MNGW		Mittlerer Grundwasserniedrigstand	
RMHWG		Reliktischer mittlerer Grundwasserhochstand	
RMNGW		Reliktischer mittlerer Grundwasserniedrigstand	
PSONST		sonstige Angaben aus Wirkungsgefüge und Nutzungsdifferenzierung sowie Bearbeitungshinweise	aus Wirkungsgefüge und Nutzungsdifferenzierung
ANMERK		Vermerk von weiteren Bearbeitungshinweisen	

### 2.7.3. Sachdatenerstellung bei den Böden der Marsch

Bei den Marschböden erfolgte die Erstellung der Sachdaten ähnlich wie in den Gebieten außerhalb der Marsch. Die Genese und die Bodenarten wurden im Wesentlichen auf Grundlage des Wirkungsgefüges zugewiesen. Für die genauen Angaben wurden zusätzlich die vorliegenden Analysenwerte aus der Profil- und Laboratenbank des LBEG herangezogen. Die Auswertung der Bodenart ergab, dass der Ton- und Humusgehalt mit zunehmender Höhe bei gleicher Genese abnimmt. Diese Abhängigkeit wurde bei der Feinkalibrierung der Bodenarten und Humusklassen berücksichtigt.

Dies gilt auch für die Kalk- und Humusgehalte. Die Prozesse der Bodenbildung in der Marsch werden maßgeblich vom Schwefelgehalt gesteuert (vgl. Kap. 1.4.2.5). Um die Kalkgehalte vor und nach Oxidation anzugeben bzw. die Prozesse der Schwefeldynamik bei Redoxprozessen zu berücksichtigen, war es notwendig, die Schwefelgehalte abzuschätzen. Dies erfolgte in Ermangelung eigener Daten auf Grundlage der Analysenwerte von BRÜMMER (1968), GRUNWALDT (1969), BRÜMMER, GRUNWALDT & SCHRÖDER (1970) und DELLWIG (1999). Auf Grundlage einfacher Korrelationen zwischen Ton- und Humusgehalten wurden die Schwefelgehalte und die Auswirkungen der Schwefeldynamik abgeschätzt. Dies war die Grundlage für die Zuweisung der aus der Schwefeldynamik resultierenden Bodenhorizonte (pGsr, Gjo, Gio).

### 2.7.4. Bodenvergesellschaftung

Bodenareale sind i. d. R. nicht homogen. In vielen Bodenkartierungen ist es heute Standard, die Heterogenität von Bodenarealen mit der Angabe der Bodenvergesellschaftung zu beschreiben. Grundlage dafür ist die pedoregionale Gliederung (AD-HOC-AG BODEN 2005, vgl. Kap. 2.4.2). Die Kartiereinheiten der BK50 entsprechen Pedotopen (Aggregierungsstufe 3) oder Leitbodenassoziationen (Aggregierungsstufe 4) unterschiedlich komplexer Bodengesellschaften. Aufgrund der Heterogenität werden neben dem Leitprofil für die Arealbeschreibung auch begleitende Bodentypen angegeben. Nur in Ausnahmen treten weitgehend homogene Bodenareale auf, andere setzen sich aus vielen verschiedenen Bodenformen zusammen. Die Angaben zur Vergesellschaftung haben in der BK50 einen verallgemeinernden, beschreibenden Charakter. Im Maßstab 1 : 50.000 werden im Regelfall heterogene Areale dargestellt, und neben der beschriebenen Leitbodenform können weitere Bodenformen vorkommen.

Da für eine seriöse Angabe der Verteilungsart und -form oder der Flächenanteile die Datenbasis fehlt bzw. nicht weitergehend ausgewertet wurde, werden in der BK50 neben dem Leitprofil nur begleitende Bodentypen beschrieben. Die Angabe beruht auf einer Auswertung des Wirkungsgefüges. Bei der Zuweisung wird angenommen, dass bei gleicher pedoregionaler Lage und gleichem Ausgangsgestein in einem Areal auch benachbarte pedogene Einheiten auftreten. So wird davon ausgegangen, dass in Arealen aus glazifluviatilen Sanden in der grundwasserfernen Geest mit geringer Podsolierung (Podsol-Braunerden) wahrscheinlich auch Podsole und Braunerden auftreten. In Geschiebelehmarealen der Geest mit Pseudogley-Braunerden werden mit hoher Wahrscheinlichkeit örtlich auch Pseudogleye oder Podsol-Braunerden auftreten. Im Grundsatz ist dies durch die Kartiererfahrung hinterlegt. Die Ableitung der vergesellschafteten Böden erfolgte mittels einer Datenbankabfrage auf das Wirkungsgefüge. Nur in wenigen Ausnahmen wurde die Zuweisung der Bodengesellschaft erweitert. So wurde davon ausgegangen, dass bei stärker erosionsgefährdeten Gesteinen (Löss, Sandlöss, Lösssand) i. d. R. Kolluviole in der Bodengesellschaft anzutreffen sind. In diesen Fällen wurden die entsprechenden Böden aus den Abschwemmmassen in die Bodengesellschaft

integriert. Abschließend sei auf folgende Punkte hingewiesen:

- Die Auswertung für Eigenschaften oder Bodenfunktionen erfolgt z. Z. auf Basis des Leitprofils. Damit ist für die Bewertung die Bodengesellschaft nicht erforderlich.
- Die Angabe zur Bodengesellschaft signalisiert lediglich, dass die Einheit nicht homogen ist.
- Die Kartiereinheiten der BK50 sind der dritten oder der vierten Aggregierungsstufe zuzuordnen (s. o.) und somit unterschiedlich heterogen.
- Auswertungen der begleitenden Bodentypen können annäherungsweise Hinweise auf Abweichungen in den Eigenschaften oder der Bodenfunktion vom Leitprofil geben. Für weitergehende Auswertungen sind die begleitenden Bodentypen nicht konzipiert.
- Soll die Variabilität in Bezug auf die Verteilungsart und -form oder der Flächenanteile beschrieben und ausgewertet werden, ist vorab eine Analyse der Vergesellschaftung z. B. auf Grundlage höher auflösender Daten (Bodenschätzung oder digitale Höhenmodelle) notwendig.

### Infocamp Bodengesellschaften

Das Thema Bodenvergesellschaftung hat eine lange Forschungstradition. Mit den ersten flächendeckenden Kartierungen ab den 1920er Jahren entwickelten sich die Bedarfe zur Beschreibung, Klassifikation und Systematisierung von Bodenarealen. Erst nach dem zweiten Weltkrieg wurden die theoretischen Grundlagen insbesondere in der geographischen Landschaftsforschung von LAUTENSACH (1952), TROLL (1950), NEEF (1963, 1967), SCHMITHÜSEN (1964, 1976) oder RICHTER 1967, LESER & STÄBLEIN 1975) für regionale Systematiken und Klassifikationen gelegt. Die Arbeiten von FRIDLAND (1965 und 1970) bildeten die Grundlage für die bodengeographische Betrachtung. Insbesondere in der DDR wurden in dieser Tradition die allgemeinen geographischen Grundlagen durch R. SCHMIDT (1965 bis 1978) und HAASE (1968 bis 1978) für die Bodenkunde adaptiert und erweitert. In Westdeutschland entstanden, verbunden mit den Namen SCHROEDER, MÜTERT, LAMP und KNEIP, in den Jahren 1969 bis 1979 in Kiel grundlegende Arbeiten zur geostatistisch begründeten Bodenkartierung. Ab Ende der 90er Jahre wurden seitens der AG Bodensystematik die Bodengesellschaften in den Blick genommen (Statusbericht SCHMIDT & JAHN 2004). Zusammenfassend wird der Wissensstand 1997 und 1999 von SCHMIDT (1999a, b) auch im Handbuch der Bodenkunde beschrieben.

1994 wurde die Flächenbeschreibung (Verteilungsart und -form, Flächenanteil) und die pedoregionale Gliederung (Aggregierungsstufen) in die Bodenkundliche Kartieranleitung (4. Aufl., AG BODEN 1994) aufgenommen und in der 5. Auflage (AD-HOC-AG BODEN 2005) fortgeschrieben. Regeln zur nachvollziehbaren Abgrenzung von Bodenarealen oder zur Zusammenfassung zu komplexeren Bodengesellschaften bleiben in der Kartieranleitung offen (SPONAGEL et al. 1999). Auch mit dem Konzept zur Vereinheitlichung der BK50 (AD-HOC-AG BODEN 2006) war es nicht möglich, diese Kriterien zu spezifizieren. Des Weiteren fehlen Parameter zur Charakterisierung der Geometrie, der lateralen stofflichen Mobilität und des stofflichen Zusammenhanges, der Nachbarschaftsbeziehungen, der Beschreibung vergesellschafteter Böden und der Funktionen von Böden in der Bodengesellschaft (SPONAGEL et al. 1999). Darüber hinaus fehlen die generellen Zielsetzungen und die Regeln für die Zusammenfassung zu Bodengesellschaften.

Im Grundsatz gilt der Konsens, dass eine Systematik der Bodengesellschaften erforderlich ist.

- Bodengesellschaften sollten nach boden- und substratgenetischen sowie prozessorientierten Merkmalen abgeleitet werden.
- Die Aggregation von Böden oder Bodengesellschaften zu Kartiereinheiten sollte nach Ähnlichkeit und funktionalen Kriterien erfolgen.

Tab. 2.28: Anforderungen an die Beschreibung von Bodengesellschaften (BG).

<b>Anforderungen an die Beschreibung einer Bodengesellschaft (BG)</b>	<b>Umsetzung in der Bodenkundlichen Kartieranleitung</b>	<b>Defizite</b>
Systematik der BG	nur ansatzweise	vgl. SCHMIDT 1997 und 1999a, b
hierarchisches Klassifikationssystem	Aggregierungsstufen (pedoregionale Gliederung)	
Methoden / Kriterien zur Ableitung der BG	nein	keine generelle Regelung vorhanden
Funktion der Bodenform in BG	nein	vgl. SPONAGEL et al. 1999
beschreibende Parameter der BG	Verteilungsmuster, Flächenanteil	Arealform, Graphenbeschreibung (SCHMIDT 1978), weitere statistische Parameter
funktionale Auswertungen	nein	Methoden zur Bestimmung der Funktionen, räumliche Interaktionen

### 3. Teil 3: Nutzungsdifferenzierung und Qualitätssicherung der BK50n

ERNST GEHRT, RAMONA EILERS,  
SVEN EVERTSBUSCH, KARSTEN KRÜGER,  
JAN BUG, ANJA WALDECK & JAN SBRESNY

#### 3.1. Hintergründe und Anforderungen an die Differenzierung von Bodenkarten durch die Landnutzung

Das Konzept zur Erstellung der Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000 (BK50) sieht die Differenzierung der Böden nach der Landbedeckung bzw. -nutzung vor. Dies ist darin begründet, dass der Profilaufbau, die Eigenschaften und die Merkmale von Böden durch die jeweilige Nutzung und Nutzungsgeschichte sowie die Bodenbearbeitung (z. B. Pflughorizonte, Auflagehorizonte, Grundwasserstände, Podsolierung, Erosion) beeinflusst werden. Die Anpassung der Bodenprofile an Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen wird hier als Nutzungsdifferenzierung bezeichnet.

Zum großen Teil können einige Bodeneigenschaften (z. B. Humusgehalt, Gefüge) erst durch die Nutzungsgeschichte erklärt werden (vgl. SPRINGOB et al. 2001, BZE 2018). So hinterlassen anthropogene historische Veränderungen wie Erosion und Akkumulation (BORK 1988) oder Abtorfung Böden mit spezifischen Eigenschaften. So ist aus den Bodenkartierungen bekannt, dass hochvariable Bodenmuster (z. B. an alten Flurgrenzen) vorhanden sind. Die Analyse von historischen Karten kann dabei helfen, einen Teil der daraus hervorgehenden Verbreitungsmuster von Bodeneigenschaften zu erklären (BZE 2018). Zum Ende des 18. Jh. entstehen mit der trigonometrischen Vermessung vergleichsweise lagetreue Karten (Kurahannoversche Landesaufnahme des 18. Jahrhunderts (HL), Karte des Landes Braunschweig im 18. Jahrhundert (BL), Karte von Nordwestdeutschland von K. L. v. Lecoq (LC), Gaußsche Landesaufnahme (GL), Oldenburgische Vogteikarte (O)). Ab 1900 liegen genau vermessene topografische Karten vor. Für mittelmaßstäbige

Bodenkarten wäre die Auswertung der Landnutzungsgeschichte gewinnbringend. Hierzu müssten die Historischen Karten allerdings digital und georeferenziert vorliegen (OSTMANN 1993). Da sie jedoch nicht digital verfügbar sind, war für die BK50 nur eine Koppelung mit der aktuellen Landnutzung möglich.

In konventionellen, gedruckten Bodenkarten (z. B. BK25) erfolgte eine nutzungsabhängige Differenzierung nicht, da die Anzahl der Variablen die Möglichkeiten der Blattrandlegende überfordert hätte. Mit der Umstellung zu digitalen Bodenkarten und digitalen Auswertungsmethoden ergab sich mit der Möglichkeit die Notwendigkeit der Anpassung. So verlangen einige Methoden die Angabe der Nutzung (z. B. Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum). In dem Zusammenhang stellte sich schnell heraus, dass eine Berücksichtigung der Nutzung ohne Anpassung der Profilvermerkmale inkonsequent ist. Vor diesem Hintergrund wurde schon 2002 der Profilaufbau der BÜK50 von Niedersachsen anhand von vier Landnutzungsklassen angepasst (BOESS et al. 2004). Da in der BÜK50 nur die vorherrschende Nutzung ausschlaggebend für die Profilausprägungen war, mussten die Profile an die reale, räumlich differenziertere Nutzung angepasst werden. Diese Anpassungen betrafen im Wesentlichen den Profilaufbau und die Grundwasserstände.

#### 3.2. Durchführung der Nutzungsdifferenzierung

Aufbauend auf den Erfahrungen der Nutzungsdifferenzierung der BÜK50 wurden für die BK50 folgende Konsequenzen gezogen:

- Die Anforderungen zur Nutzungsdifferenzierung wurden in einer grundlegenden Arbeit behandelt und dokumentiert (EILERS 2010).
- Die Kartierung erfolgt in einer Grundkarte ohne nutzungsspezifische Horizont- und Merkmalsanpassung.
- Die Nutzungs- oder Bedeckungsklassen werden vorab unabhängig festgelegt, für den Zielmaßstab generalisiert und anschließend in die Grundkarte eingearbeitet.
- Die möglichen Informationsquellen zur Landnutzung wurden gesichtet und bewertet. Zur Anwendung kamen die ATKIS-

DLM25-Daten, ergänzt durch CORINE-Landnutzungsdaten.

- Die Arbeitsschritte werden in einem Workflow festgelegt und, soweit möglich, programmiert, um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Dies gilt sowohl für die Flächeninformationen (Polygone) als auch für die Anpassung der Horizonte und Profilbeschreibungen.

Eine Differenzierung der Bodengesellschaften wie bei der Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik (BÜK1000, RICHTER et al. 2007) wurde nicht vorgenommen. Das Verfahren war für die BÜK1000 sinnvoll, da sich herausstellte, dass je nach Nutzungsklasse in komplexen Bodeneinheiten (eher Bodenlandschaften i. S. der pedo-regionalen Gliederung) unterschiedliche Bodenformen dominieren. Im Maßstab 1 : 1.000.000 galt es daher, die Landnutzung räumlich zu generalisieren und den Kartiereinheiten eine dominante Nutzung zuzuweisen. Nur in Ausnahmen war es sinnvoll, die Kartiereinheiten nach der Nutzung zu trennen. Bei der vergleichsweise hohen Auflösung der BK50 ist nur in Ausnahmefällen anzunehmen, dass sich die Bodenform oder die Bodengesellschaft in den Nutzungsklassen unterscheidet. Daher ist das Verfahren zur Nutzungsdifferenzierung der BÜK1000 nicht auf die BK50 übertragbar.

### 3.2.1. Anpassung der Flächendaten

Für die Verwendung der Nutzungsinformationen im Rahmen der BK50-Nutzungsdifferenzierung besteht der Anspruch, die Auflösung und die minimale Arealgröße an den Zielmaßstab anzupassen. Es war also notwendig, die Daten der Landnutzung inhaltlich und räumlich für den Maßstab 1 : 50.000 zu generalisieren.

#### 3.2.1.1. Daten zur Landnutzung

Damit die Bodenflächendatenbank zur BK50 (BFD50) um die Nutzungsebene erweitert werden konnte, war zunächst eine Eignungsprüfung der vorliegenden Nutzungsinformationen vorzunehmen. Kriterien waren die Möglichkeit der Ableitung von Acker, Grünland und Laub- bzw. Nadelwald bei ausreichender räumlicher

Auflösung und die Aktualität der Datenbestände. Getestet wurden die ATKIS®-Daten (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem, Basis-DLM25, Stand 2015), die CORINE-Landcover-Daten (Coordinated Information on the European Environment), Feldblockdaten der Landwirtschaftskammer Niedersachsen und die GSE-Daten (Global Monitoring for Environment and Security Services Element).

Als gut geeignet stellten sich die bundesweit verfügbaren Daten des ATKIS® heraus. Sie sind vergleichsweise aktuell, lagertreu und weisen sehr differenzierte Nutzungstypen bzw. Landbeckungen auf. Die CORINE-Landcover-Daten sind zwar inhaltlich gut strukturiert, im Detail aber räumlich nicht ausreichend hoch aufgelöst für den angestrebten Maßstabsbereich. Die GSE- und Feldblockdaten erfüllen zwar die Kriterien der Aktualität bzw. der räumlichen Auflösung, enthalten aber weder die Kategorie Grünland noch Wald.

#### 3.2.1.2. Festlegung der Nutzungsvarianten

Ziel der Nutzungsdifferenzierung ist es, die Veränderung der Merkmalsausprägungen in Folge der Nutzung in den Sach- und Flächendaten zu hinterlegen. Daher erfolgt sowohl eine Verschneidung der Landnutzungsinformationen mit den Flächendaten der BK50-Grundkarte als auch eine nutzungsspezifische Anpassung der Profilbeschreibungen.

Für die nutzungsdifferenzierte BK50n wurden fünf Nutzungsvarianten für die Bodenareale festgelegt. Diese sind die Kategorien „Acker“, „Grünland“, „Laubwald“ und „Nadelwald“ (vgl. Tab. 3.1). Neben den Nutzungen der freien Landschaft enthalten die ATKIS®-Daten insbesondere in Siedlungsgebieten und anthropogen stark veränderten Bereichen weitere Objektarten, die in die Kategorie „Sonstige Nutzungen“ zusammengefasst wurden. Die benutzten ATKIS®-Daten (Basis-DLM25, Stand 2015) enthalten zudem zahlreiche Objekttypen, die sich räumlich überlagern. Für die Anwendung bei der Nutzungsdifferenzierung der BK50 waren deshalb eine Zusammenfassung und Priorisierung (s. Kap. 3.2.1.3) notwendig.

Tab. 3.1: Bezeichnung der Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen.

Kürzel	Nutzung bzw. Landbedeckung	Erläuterung
<b>A</b>	Acker	Ackerkulturen; auch mehrjährige Sonderkulturen (Obst, Spargel) und Gartenland
<b>G</b>	Grünland	Dauergrünland (Wiesen, Weiden) und Heide
<b>FL</b>	Laubwald	Laubholzbestände (einschließlich Mischwälder)
<b>FN</b>	Nadelwald	(reine) Nadelholzbestände
<b>N</b>	sonstige Nutzungen	Wohnbebauung, Industrie, Gewerbe, Verkehr, Auftrags- und Abtragsflächen
<b>W</b>	Gewässer	Seen, Flüsse, Küstengewässer

Darüber hinaus werden in den betreffenden Kartiereinheiten der BK50 die Klassen „Naturnahe Flächen“ und „Gewässer“ ausgewiesen, die im Datenfeld KULTUR als „Ödland“ bezeichnet und nicht nutzungs-differenziert werden. Unter naturnahen Flächen werden Gebiete zusammengefasst, die weitgehend ohne land- oder forstwirtschaftliche Nutzung sind (Watt, Inseldünen, Deichvorländer, Harzhochmoore). Die Wasserflächen werden in der BK50 mit -1 attribuiert und nicht mit den Daten der Landnutzung abgeglichen, also 1:1 übernommen.

Die Zusammenfassung in Nutzungsklassen ist dahingehend ein Kompromiss, bei Reduzierung der Varianten die Beeinflussung der Böden hinreichend gut zu beschreiben. Die fünf Nutzungsvarianten sind Ergebnis eines Abwägungsprozesses. Einerseits sollen Nutzungen, die das Bodenprofil beeinflussen, hinreichend beschrieben werden, während andererseits die Anzahl bzw. die Vervielfältigung der Kartiereinheiten in vertretbarem Umfang bleiben soll. Da das vorrangige Ziel der Nutzungsdifferenzierung die Anpassung des Bodenprofilaufbaus ist, werden auch mehrjährige Sonderkulturen und Gartenland in der Kategorie Acker geführt. Vorwiegend durch Gras bewachsene Flächen mit nicht agrarischer Nutzung werden der Kategorie Grünland zugeordnet, Mischwälder mit den reinen Laubwäldern zusammengefasst. Eine deutlich höhere Anzahl von Nutzungsklassen würde die Anzahl der Kartiereinheiten deutlich erhöhen, ohne dass eine abgesicherte Beschreibung der Unterschiede vorliegt. Infolge der Zusammenfassung weicht die Nutzung allerdings von definierten Nutzungen (z. B. der amtlichen

Agrarstatistik) ab, was im Zweifelsfall zu Missverständnissen führen kann. So umfasst das Kriterium der Kategorie Grünland in der BK50n nicht das Wirtschaftsgrünland, sondern beschreibt eine Vegetationsbedeckung mit Gras. Dies ist der Grund für die Abweichungen in der Flächenbilanz (s. Kap. 3.2.1.5, Tab. 3.3). Einige relevante Unterschiede konnten nicht berücksichtigt werden. So wäre die Unterscheidung von Weideland und Wiesen für die Grundwasserstände ebenso wünschenswert wie die Berücksichtigung von Wiedervernässungen im Kontext von Naturschutzmaßnahmen. Beides war aufgrund der unzureichenden Datenlage nicht möglich.

### 3.2.1.3. Generierung der Nutzungsebene

Im ersten Schritt war es notwendig, die ATKIS®-Daten zu den definierten Nutzungskategorien zusammenzufassen. Das Modell der ATKIS®-Daten beinhaltet überlappende Flächen bzw. Objekte (Punkte, Linien, Flächen). Es werden also Nutzungen oder Landbedeckungen in mehreren Informationsebenen beschrieben. Die entscheidende Information findet sich im Objektartenbereich (40000) „tatsächliche Nutzung“ mit den vier Objektartengruppen „Siedlung“ (41000), „Verkehr“ (42000), „Vegetation“ (43000) und „Gewässer“ (44000). Eine Objektartengruppe umfasst wiederum mehrere Objektarten. Alle Objektarten dieses Bereichs nehmen an der lückenlosen, überschneidungsfreien und flächendeckenden Beschreibung der Erdoberfläche teil (Grundflächen, vgl. AdV

2017). Dadurch können die ATKIS®-Daten an einem Ort ggf. mehrfache Zuordnungen haben. Um den Bodenflächen eine eindeutige Nutzung zuzuordnen, muss diese Mehrfachzuordnung zugunsten nur einer Nutzung aufgelöst werden (SBRESNY 2015). Die Zuordnung von Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen erfolgt durch eine festgelegte Priorisierung von Objektarten

(BOESS et al. 2004). Alle Objektarten einer Fläche haben also einen Rang, der als Ordnungszahl im Datenfeld PRIORITAET abgelegt ist, wobei eine kleinere Zahl höhere Priorität bedeutet. Tabelle 3.2 zeigt die Objektarten mit Klartext, der Priorität und im Datenfeld KULTUR die Kennung bzw. den Klartext für die BK50.

Tab. 3.2: Auszug aus Zuordnungstabelle ATKIS\_Versiegelung\_2015 (nach SBRESNY 2015).

ATKIS-DLM25-Tabelleninhalte			BK50-Klassifizierung		
OBJ-ART	OBJART_TXT	ATTRIBUT-WERT	PRIORITAET	KULTUR_KENNUNG	KULTUR_TEXT
41001	AX_Wohnbauflaeche	ohne	760	N	Sonstige Nutzungen
41002	AX_Industrie und Gewerbeflaeche	ohne	391	N	Sonstige Nutzungen
42001	AX_Strassenverkehr	ohne	228	N	Sonstige Nutzungen
43001	AX_Landwirtschaft	Ackerland	130	A	Acker
43001	AX_Landwirtschaft	Grünland	132	G	Grünland
43001	AX_Landwirtschaft	Obstplantage	135	A	Acker
43002	AX_Wald	Laubholz	161	FL	Laubwald
43002	AX_Wald	Nadelholz	162	FN	Nadelwald
43002	AX_Wald	Laub- und Nadelholz	163	FL	Laubwald
43004	AX_Heide	ohne	210	G	Grünland
43008	AX_Flaeche zur Zeit unbestimmbar	ohne	780	N	Sonstige Nutzungen
44001	AX_Fliessgewaesser	ohne	50	W	Wasser
44006	AX_Stehendes Gewaesser	ohne	96	W	Wasser
41007	AX_Flaeche besonderer Funktionaler Praegung	ohne	730	A, G, FL, FN oder N	CORINE-differenziert
43005	AX_Moor	ohne	190	A, G, FL, FN oder N	CORINE-differenziert
71006	AX_Natur-, Umwelt- oder Bodenschutzrecht	ohne	164	A, G, FL, FN oder N	CORINE-differenziert

Innerhalb der Bedeckungs- bzw. Nutzungs-kategorie „Grünland“ wurde in den Objektarten „Moor“ (43005), „Flächen besonderer funktionaler Bedeutung“ (41007) und „Flächen mit Natur-, Umwelt- oder Bodenschutzrecht“ (71006) (vgl. Tab. 3.2) eine weitere Differenzierung vorgenommen. Im Vergleich mit Satelliten- oder Luftbildern zeigte sich, dass in diesen Arealen auch Acker- oder Waldnutzungen vorliegen. Mit den Daten des CORINE LAND COVERS (CLC, Stand 2006) wurden hier die entsprechenden Bedeckungs- bzw. Nutzungs-

klassen aus den CORINE-Daten in die Geometrien der ATKIS\_NUTZUNG eingearbeitet und den o. g. Objektarten zugeschrieben (vgl. SBRESNY 2015). Anhand der Zuordnungstabelle werden den Flächengeometrien des Basis-DLM die entsprechenden Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen zugewiesen, so dass mittels technischer GIS-Verarbeitungswerkzeuge eine lückenlose, überschneidungsfreie und flächendeckende Nutzungsebene erzeugt werden kann (Abb. 3.1, oben).



Abb. 3.1: Zuweisung der Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen an originale ATKIS®-Daten (oben) und erzeugte Nutzungsebene nach Generalisierung und Bereinigung (unten).

Anschließend wurde die Nutzungsebene generalisiert. Zunächst wurden Flächen gleichen Inhalts zusammengefasst sowie Areale kleiner als 6,25 ha eliminiert (AD-HOC-AG BODEN 2006) und der größten Nachbarfläche zugewiesen. Rein technisch erfolgte die räumliche Generalisierung rasterbasiert. Methodenimmanent wurden die Grenzen dabei etwas geglättet (Abb. 3.1, unten). Die Karte der Landbedeckung bzw. der Landnutzung für den Maßstab 1 : 50.000 wurde als separater Nutzungslayer abgelegt (Abb. 3.2).

#### 3.2.1.4. Einarbeitung der Nutzungsebene in die BK50-Grundkarte

Durch Verschneidung der Nutzungsebene mit den Arealen der BK50-Grundkarte (Abb. 3.2, oben) in Arc-GIS® wird die kombinierte Flächen-

geometrie der BK50n erzeugt. Dieses automatisierte Verfahren erzeugt zunächst kartografisch unbefriedigende Grenzverläufe. So treten beispielsweise sehr schmale lange Teilflächen (Lineamente) oder Kleinstflächen (<6,25 ha) auf. Diese werden automatisiert bereinigt. Dabei bleiben die Grenzen der Bodeneinheiten erhalten, und Nutzungsgrenzen werden ggf. eliminiert (SBRESNY 2015).

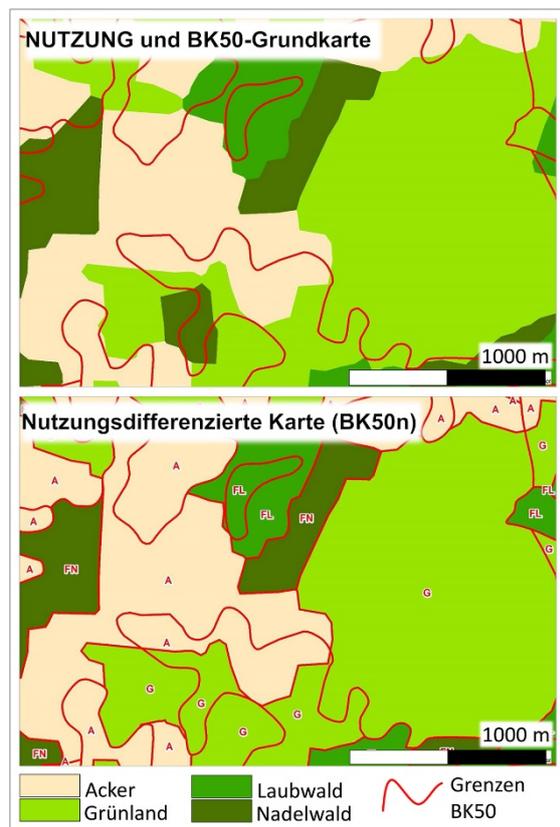


Abb. 3.2: Überlagerung von Bodenarealebene (rote Polygone) und Nutzungsebene (Flächenfarbe) (oben) und Verschneidung zur kombinierten Flächengeometrie der BK50n (unten).

Im Ergebnis liegt die nutzungsdifferenzierte Geometrie der BK50 vor. Diese enthält die Informationen aus beiden Datenebenen (Abb. 3.3) und wird im Kartenserver des LBEG dargestellt. Beide Datenebenen (BK50-Grundkarte und BK50n nutzungsdifferenziert) werden im NIBIS® flächendeckend und blattschnittfrei vorgehalten.

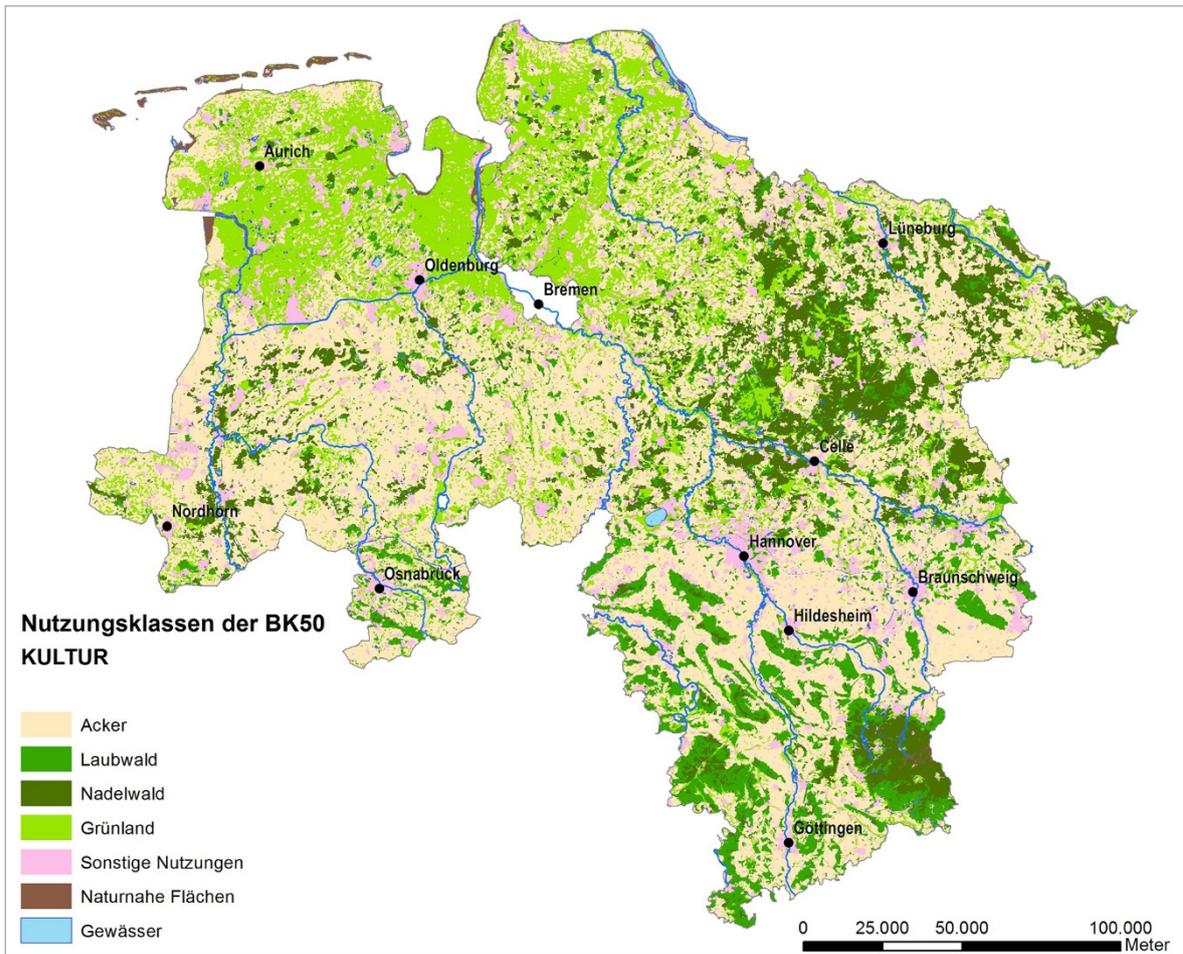


Abb. 3.3: Darstellung der Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen der BK50n.

### 3.2.1.5. Beschreibung und Validierung der Landnutzungsverteilung und Flächenstatistik

In Tabelle 3.3 sind die Angaben der amtlichen Flächen- und Landnutzungsstatistik (LSN 2015, STBA 2015) den Summen der Arealgrößen der Landnutzungsklassen der BK50n gegenübergestellt. Durch die Verschneidung mit den Nutzungsklassen nimmt sowohl die Anzahl der Areale als auch der Inhaltsbeschreibungen um den Faktor 1,4 von ca. 143.000 Arealen (BK50) auf ca. 196.000 Areale (BK50n) deutlich zu. Auch die Anzahl der Legendeneinheiten erhöht sich um den Faktor 2,3 von ca. 6.000 (BK50) auf ca. 13.500 (BK50n). Das Resultat zeigt eine wesentlich detailliertere Darstellung der Flächeninformationen und damit auch der Böden, deren Eigenschaften und Merkmalen. Insgesamt ist die Flächensumme der BK50n höher als die der

amtlichen Flächen- und Landnutzungsstatistik. Das liegt daran, dass in der BK50n das Watt und damit verbundene Wasserflächen ausgewiesen sind. Betrachtet man die Flächenstatistik der BK50n hinsichtlich der Nutzungsarten und Flächengrößen bzw. -anteile (Tab. 3.3), so nimmt die landwirtschaftliche Nutzfläche (A, G) mit ca. 3,2 Mio. ha (~ 64 %) den größten Anteil ein, gefolgt von der forstwirtschaftlichen Nutzfläche (FL, FN) mit ca. 1,0 Mio. ha (~ 20 %). Die landwirtschaftliche Nutzfläche ist durch die Integration landwirtschaftsähnlicher Landbedeckungen entsprechend größer (+340.000 ha, +4 %). Die forstwirtschaftliche Nutzfläche hingegen ist etwas kleiner (-41.000 ha, -2 %). Dazu kommen Abweichungen aus der maßstabsbedingten Überzeichnung der Arealgrenzen (bei A, G, W) und der Eliminierung von Kleinstflächen (insbesondere bei FL, FN, N) im Prozess der Generalisierung und Verschneidung.

Tab. 3.3: Landnutzungsstatistik im Vergleich zu den Nutzungskategorien der BK50.

Bedeckungs-/ Nutzungsklasse	Landnutzungsstatistik Niedersachsen		BK50n	
	[ha]	[%]	[ha]	[%]
Bodenflächen insgesamt (ohne Küstengewässer)	4.761.500 <sup>1)</sup>	100	4.994.255	100
Acker	1.885.500 <sup>1)</sup>	40	2.169.458	43
Grünland	965.500 <sup>1)</sup>	20	1.023.192	21
Laubwald	510.279 <sup>2)</sup>	11	493.806	10
Nadelwald	540.421 <sup>2)</sup>	11	515.249	10
Sonstige Nutzungen	749.100 <sup>1)</sup>	16	508.613	10
Gewässer	110.700 <sup>1)</sup>	2	189.199	4
Naturnahe Flächen	k. A.	k. A.	94.738	2

<sup>1)</sup> LSN 2015, <sup>2)</sup> StBA 2015.

### 3.3. Anpassung der Bodenprofile an die Nutzungsvarianten

Neben der Nutzungsdifferenzierung der Flächendaten hat die Anpassung der Sachdaten, also der hinterlegten Bodenprofile, an die verschiedenen Nutzungen zu erfolgen. Zunächst werden für jedes beschreibende Grundprofil der Generallegende entsprechend der festgelegten Nutzungsklassen nutzungsspezifische Profilvarianten erzeugt (Tab. 3.4). Diese werden dabei in ihren Merkmalsausprägungen angepasst (z. B. Ausprägung, Mächtigkeit und Humusgehalte der Oberbodenhorizonte, Humusform der Auflagehorizonte, Grundwasserstand, erosionsbedingte Profilverkürzung und Podsolierungsgrad). Der Profilaufbau der heterogenen Variante „Sonstige Nutzung“ wurde in der Beschreibung ähnlich wie die Grünlandnutzung, allerdings mit etwas tieferen Grundwasserständen, behandelt.

Die Anpassung der Sachdaten erfolgt durch ein Programm, das in das Methoden-Management-System (MEMAS<sup>®</sup>) integriert ist. Regeltabellen bestimmen, welche Änderungen bzw. Anpassungen des Bodenparameters unter der jeweiligen Nutzung vorzunehmen sind (EILERS 2010). Die Nutzungsart ist im Datenfeld KULTUR der Profiltabelle abgelegt. Im Programmablauf ist die Reihenfolge der Änderungen festgelegt, Spezifikationen und Ausnahmen werden definiert und umgesetzt und das Ergebnis letztlich in der vorgegebenen Datenbankstruktur abgelegt.

Um die eindeutige Zuordnung zu den Datenbanktabellen zu gewährleisten, mussten eindeutige Nummern (Primary Key) der Kartiereinheiten (NRKART) und der Bodenprofile (PRONUM) an die Nutzungsvarianten generiert werden. Den Nummern der Grundkarte wurde für die Ackervariante eine 1, für die Grünlandvariante eine 2, für die Laubwaldvariante eine 3, für die Nadelwaldvariante eine 4 und für die Sonstige Nutzungsvariante eine 5 vorangestellt (vgl. Tab. 3.4). Ausführliche Erläuterungen zu den Datenbanktabellen und Datenfeldinhalten sind dem Kapitel „Informationen zu den Bodenflächendaten der BK50“ zu entnehmen (vgl. Kap. 4.3).

Tabelle 3.4 zeigt die Veränderungen am Beispiel einer Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm in der grundwasserfernen Geest (3.8.10). Das Wirkungsgefüge bestimmt eindeutig die Nummer der Kartiereinheit der Grundkarte (NRKART 392, vgl. Kap. 1.3.4). Das Leitprofil dieser Kartiereinheit (Nummer in der Bodengesellschaft NRBEGL = 1) ist eindeutig mit einer Profilnummer gekoppelt (PRONUM = 107079). Auf Grundlage der Regelwerke wird dieses Grundprofil für jede Nutzungsart im Profilaufbau modifiziert, dadurch als Modellprofil für jede Nutzungsvariante generiert und die eindeutige Nummer der Kartiereinheit bzw. des Bodenprofils durch die führenden Ziffern, wie oben beschrieben, ergänzt. Unter Ackernutzung wird diese zur NRKART = **10392** (PRONUM = 1107079), unter Grünland zur NRKART = **20392** (PRONUM = 2107079), unter Laubwald zur NRKART =

30392 (PRONUM = 3107079) und unter Nadelwald zur NRKART = 40392 (PRONUM = 4107079). Das Profil der sonstigen Nutzungen (NRKART = 50392, PRONUM = 5107079) ist hier aus Platzgründen nicht dargestellt.

Tab. 3.4: Beispiel für nutzungsspezifische Profilvarianten in der BK50.

HOR_NR	UTIEF	HORIZ	HNBOD	SKEL	BODSON	ZER	STRAT	GEOGE	HUMUS	KALK	LD	Profil-variante
<b>PRONUM: 54796, Grundprofil</b>												<b>Grundprofil</b>
<b>BOYTP: Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm</b>												
1	15	Ah	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h3	c0	Ld3	
2	60	Bv	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp		c0	Ld3	
3	110	Sw	Sl3	z2	zt(mSfs)		qD	Lg		c0	Ld3	
4	200	Swd	Sl4	z2			qD	Lg		c0	Ld4	
<b>PRONUM: 154796, KULTUR: Acker, Vernässung: 1</b>												<b>Acker</b>
<b>BOYTP: Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm</b>												
1	30	Ap	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h3	c0	Ld2	
2	60	Bv	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp		c0	Ld3	
3	110	Sw	Sl3	z2	zt(mSfs)		qD	Lg		c0	Ld3	
4	200	Swd	Sl4	z2			qD	Lg		c0	Ld4	
<b>PRONUM: 254796, KULTUR: Grünland, Vernässung: 1</b>												<b>Grünland</b>
<b>BOYTP: Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm</b>												
1	5	Ah	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h4	c0	Ld2	
2	20	rAp	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h3	c0	Ld3	
3	60	Bv	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp		c0	Ld3	
4	110	Sw	Sl3	z2	zt(mSfs)		qD	Lg		c0	Ld3	
5	200	Swd	Sl4	z2			qD	Lg		c0	Ld4	
<b>PRONUM: 354796, KULTUR: Laubwald, HUMUSFORM mullartiger Moder, Vernässung: 1</b>												<b>Laubwald</b>
<b>BOYTP: Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm</b>												
1	-2	L	Vb			z1	qh	sstr	h7		SV1	
2	0	Of	Vb			z2	qh	sstr	h7		SV2	
3	4	Ah	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h4	c0	Ld3	
4	60	Bv	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp		c0	Ld3	
5	110	Sw	Sl3	z2	zt(mSfs)		qD	Lg		c0	Ld3	
6	200	Swd	Sl4	z2			qD	Lg		c0	Ld4	
<b>PRONUM: 454796, KULTUR: Nadelwald, HUMUSFORM: Moder, Vernässung: 1</b>												<b>Nadelwald</b>
<b>BOYTP: podsolierte Pseudogley-Braunerde aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm</b>												
1	-3	L	Vn			z1	qh	sstr	h7		SV1	
2	-1	Of	Vn			z2	qh	sstr	h7		SV2	
3	0	Oh	Vn			z5	qh	sstr	h7		SV2	
4	2	Aeh	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp	h4	c0	Ld3	
5	60	Bv	Su2	z2	zt(fSms)		qw	Sp		c0	Ld3	
6	110	Sw	Sl3	z2	zt(mSfs)		qD	Lg		c0	Ld3	
7	200	Swd	Sl4	z2			qD	Lg		c0	Ld4	

Unter Acker wird der Oberboden als 30 cm mächtiger Ap-Horizont beschrieben. Im Grünland wird im Oberboden ein 5 cm mächtiger Ah-Horizont über einem 20 cm mächtigen rAp-Horizont eingefügt. Dies ist durch die generelle Beobachtung begründet, dass im Grünland in der Regel ein reliktscher Bearbeitungs-Horizont zu finden ist, der auf Nutzungswechsel bzw. auf Maßnahmen im Rahmen der Grünlandpflege zurückzuführen ist. Der Humusgehalt im Ah-Horizont wird um eine Stufe angehoben (h4). Unter Laubwald enthält das Profil die Humusform des mullartigen Moders (MOM), unter Nadelwald eine dem Moder (MO) entsprechende Humusauflage. Die Humusgehalte der Waldböden werden im Ah-Horizont um eine Stufe erhöht. Unter Nadelwald wird eine Versauerung mit geringfügiger Podsolierung und die Ausbildung eines Aeh-Horizontes angenommen. Die anderen Profil-Parameter ändern sich im Grundsatz nicht.

Für die Anpassung der Sachdaten liegen Regeltabellen zu folgenden Punkten vor:

1. Nutzungstypische Ausprägung von Oberböden (Tab. 3.5),
2. Humusgehalte in Oberböden (Tab. 3.6),
3. Humusformen unter Laub- und Nadelwald (Tab. 3.9); die Zuordnung der Humusformen erfolgt in der Tabelle BK50\_Wirkungsgefüge (Tab. 3.8),
4. Anpassungen der Horizonte bei grundwasserbeeinflussten Böden (Tab. 3.10),
5. Anpassungen der Horizonte bei Podsolierung (Tab. 3.12),
6. Profilverkürzung durch Erosion und Änderungen im Bodentyp (Tab. 3.13).

Im Folgenden werden diese Modelle näher erläutert. Dabei werden kurz die Modellansätze sowie die Kennwertableitungen beschrieben und die entsprechenden notwendigen Bedingungen und Auswirkungen zur Anpassung der Parameter in Form von Regeltabellen dargestellt.

### 3.3.1. Nutzungstypische Ausprägung von Oberböden

Der Oberbodenaufbau unter landwirtschaftlicher Nutzung mit den Bedeckungs- bzw. Nutzungsklassen „Acker“ und „Grünland“ wird nachfolgend beschrieben. Die Regeln und Auswirkungen der Nutzungsdifferenzierung von Grünland zeigt Tabelle 3.5. Die nutzungsbedingten Änderungen in den Horizontbezeichnungen und Tiefen zeigt schematisch Abbildung 3.4 am Beispiel eines Podsol bei Acker- und Grünlandnutzung.

#### Acker

Die Änderung betrifft alle Kartiereinheiten unter Ackernutzung (KULTUR = A). Durch regelmäßige Bodenbearbeitung zeigt der Oberboden (die Ackerkrume) mit der Homogenisierung und einer scharfen Untergrenze typische Merkmalsausprägungen, die diesen vom unterliegenden Horizont trennt (EILERS 2010; vgl. KUNTZE, ROESCHMANN & SCHWERDTFEGER 1994; LESER, HAAS & MOSIMANN 2005; SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2018). Der erste Horizont (HOR\_NR = 1) ist generell der Pflughorizont; Kennzeichnung in HORIZ als Ap-Horizont bzw. bei Mooren Hvp-Horizont, die untere Tiefe (UTIEF) wird auf 30 cm gesetzt. Falls aus dem Grundprofil Podsol-Merkmale integriert werden, erfolgt die Kennzeichnung als rAeh+Ap-Horizont. Die Anpassung des Oberbodenaufbaus der Grundprofile bei Acker und Grünland ist in Abbildung 3.4 dargestellt. Die Bedingungen und Auswirkungen der Nutzungsdifferenzierung sind der Tabelle 3.5 zu entnehmen.

#### Grünland

Die Änderung betrifft alle Kartiereinheiten unter Grünlandnutzung (KULTUR = G). Die Grünlandnutzung ist von unterschiedlichen Bewirtschaftungsweisen (z. B. Wiese oder Weide) geprägt. Auch hier kann die Nutzung, vergleichbar mit der Ackernutzung, unterschiedlich intensiv erfolgen, wodurch sich wiederum die Auswirkungen auf den Boden verändern. Ehemals erfolgter Umbruch und Pflugeinsatz ist im Profilaufbau der Böden in Form eines reliktschen Pflughorizontes (rAp-Horizont) erkennbar (vgl. KLAPP 1965 (aus EILERS 2010)). Der erste Horizont (HOR\_NR 1) ist i. d. R. der humose Oberboden; Kennzeichnung in HORIZ als Ah- oder Aeh-Horizont bzw. Hv-Horizont bei Mooren, Aktualisie-

zung der unteren Tiefe (UTIEF) bis 5 cm. Darunter wird ein ehemals umgebrochener und/oder aus vorheriger Ackernutzung resultierender Pflughorizont (HOR\_NR 2) eingefügt; Kennzeichnung in HORIZ als rAp- oder rAeh+rAp-Horizont bzw. rHvp-Horizont bei Mooren, Aktualisierung der unteren Tiefe (UTIEF) bis 20 cm.

Grundprofil			Acker			Grünland		
HOR_NR	HORIZ	UTIEF	HOR_NR	HORIZ	UTIEF	HOR_NR	HORIZ	UTIEF
1	Aeh	15	1	rAeh+Ap	30	1	Aeh	5
2	Ae	35 cm	2	Ae	35 cm	2	rAp	20
3	Bhs		3	Bhs		3	Ae	35 cm
...			...			4	Bhs	

Abb. 3.4: Schema zur Anpassung des Oberbodenaufbaus des Grundprofils eines Podsols bei Acker- und Grünlandnutzung.

Tab. 3.5: Regeltabelle zur Anpassung der Oberböden von Acker (A) und Grünland (G).

KULTUR	HOR_NR	HORIZ_alt	HORIZ_NEU	OTIEF	UTIEF	BEMERKUNG
A	1	Hv	Hvp	0	30	p wird ergänzt, UTIEF wird 30
	1	Aeh	rAeh+Ap	0	30	Ap wird mit + ergänzt, UTIEF wird 30
	1	nicht Aeh und nicht Hv	Ap	0	30	generell wird Ap gesetzt, UTIEF wird 30
G	1	Ah	Ah	0	5	Ah bleibt erhalten, UTIEF wird 5
	2	Aeh	rAeh+rAp	5	20	HOR_NR 2 wird in HOR_NR 2 und HOR_NR 3 aufgeteilt, Aeh wird rAeh und mit +rAp ergänzt, UTIEF wird 20, Anpassung der folgenden HOR_NR
	1	Ah	Ah	0	5	Ah bleibt erhalten, UTIEF wird 5
	2	Ae	rAe+rAp	5	20	HOR_NR 2 wird in HOR_NR 2 und HOR_NR 3 aufgeteilt, Ae wird rAe und mit +rAp ergänzt, UTIEF wird 20, Anpassung der folgenden HOR_NR
	2	rGo	rGo+rAp	5	20	HOR_NR 2 wird in HOR_NR 2 und HOR_NR 3 aufgeteilt, rGo wird mit +rAp ergänzt, UTIEF wird 20, Anpassung der folgenden HOR_NR
	1	Hv	Hv	0	5	Hv bleibt erhalten, UTIEF wird 5
	2	Hv	rHvp	5	20	HOR_NR 2 wird in HOR_NR 2 und HOR_NR 3 aufgeteilt, Hv wird rHvp, UTIEF wird 20, Anpassung der folgenden HOR_NR
	1	Ah	Ah	0	5	Ah bleibt erhalten, UTIEF wird 5
	2	nicht Aeh und nicht Ae und nicht Hv	rAp	5	20	HOR_NR 2 wird in HOR_NR 2 und HOR_NR 3 aufgeteilt, generell wird rAp gesetzt, UTIEF wird 20, Anpassung der folgenden HOR_NR

### 3.3.2. Humusgehalte in Oberböden

Die mittleren Humusgehalte bzw. Kohlenstoffvorräte im Boden unterscheiden sich nach den Standorteigenschaften und der Nutzung. Die Speicherung oder der Abbau der Kohlenstoffvorräte ist ein komplexer Vorgang. Vereinfacht ist die Abhängigkeit wie folgt zu beschreiben: Der deutlichste Einfluss auf den Humusgehalt geht von der Vernässung eines Standortes aus. Aber auch Klima, Substrat und Versauerung des Standortes bestimmen den Humusvorrat (BZE 2018, MÖLLER & KENNEPOHL 2014). Bei landwirtschaftlicher Nutzung werden sowohl die Vernässung (durch Drainagen) wie auch die Azidität (Kalkung, Düngung) und der Kohlenstoffeintrag der Standorte verändert. Wird ein Standort entwässert, wird Kohlenstoff abgebaut, der Humusgehalt sinkt. Kalkung regt ggf. die biologische Aktivität an und führt zum beschleunigten Humusabbau, unter Umständen auch zum Humusaufbau. Der Einsatz von organischen Düngern oder der Zwischenfruchtanbau erhöht den Eintrag von Kohlenstoff. Bei Grünland- und Waldnutzung wird etwas mehr Kohlenstoff in geringermächtigen Horizonten angereichert und führt zu höheren Humusgehalten. Insbesondere unter Nadelwäldern führt die Versauerung zu verminderten Kohlenstoffumsätzen und Anreicherung von Kohlenstoff im Oberboden bzw. bei verminderter biologischer Aktivität in den Auflagehorizonten.

Die Angaben in einer Bodenkarte können daher den tatsächlichen Humusgehalt oder Kohlenstoffvorrat nur näherungsweise beschreiben. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Humusgehaltsdifferenzierung der Oberböden. (Tab. 3.6, EILERS 2010). Für die Differenzierung der Humusgehalte wurde zunächst nur ein vereinfachter Regelansatz eingebracht. In der Tendenz weisen Ackerböden die geringsten, Grünlandböden mittlere und Waldböden die höchsten Humusgehalte auf (vgl. EILERS 2010). Die Anpassungen gelten für die angegebenen Humusgehalte (HUMUS) der mineralischen Oberböden (HORIZ = Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap) unter den verschiedenen Nutzungsklassen (KULTUR = A, G, FL oder FN).

Die Aktualisierungen werden in der Datentabelle BK50\_HORIZONT im Datenfeld HUMUS vorgenommen, in dem die Humusklasse des jeweiligen Horizontes angegeben wird. Die Humusgehalte der Oberböden der Grundprofile werden laut Regeltabelle neu zugewiesen. Bei Acker werden die ursprünglichen Humusklassen 3 bis 5 in die nächstniedrigere Humusklasse überführt, bei Grünland die ursprünglichen Humusklassen 0 bis 2 sowie bei Laubwald die Humusklassen 0 bis 5 in die nächsthöhere Humusklasse gestellt. Unter Wald besteht zudem eine Abhängigkeit zwischen den Humusgehalten im Mineralboden und den Auflagehorizonten (Abb. 3.5). Bei Hoch- und Niedermooren (HN, HH) wird davon ausgegangen, dass, unabhängig von der Nutzung, keine Änderungen des Humusgehaltes auftreten. Die Kohlenstofffreisetzung kann mit der Bodenkarte nicht beschrieben werden. Die Humusstufe 7 bleibt daher erhalten.

Tab. 3.6: Regeltabelle zur Anpassung der Humusgehalte in Oberböden von Acker, Grünland, Laub- und Nadelwald.

Horizontbezeichnung	Grundprofil	Acker	Grünland	Laubwald	Nadelwald
<b>HORIZ</b>	<b>HUMUS</b>				
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h0	h0	h1	h2	h1
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h1	h1	h2	h3	h2
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h2	h2	h3	h4	h3
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h3	h3	h3	h4	h3
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h4	h3	h4	h5	h5
Ah, Ap, Aeh oder rAeh+Ap	h5	h4	h5	h6	h6
HN oder HH	h7	h7	h7	h7	h7

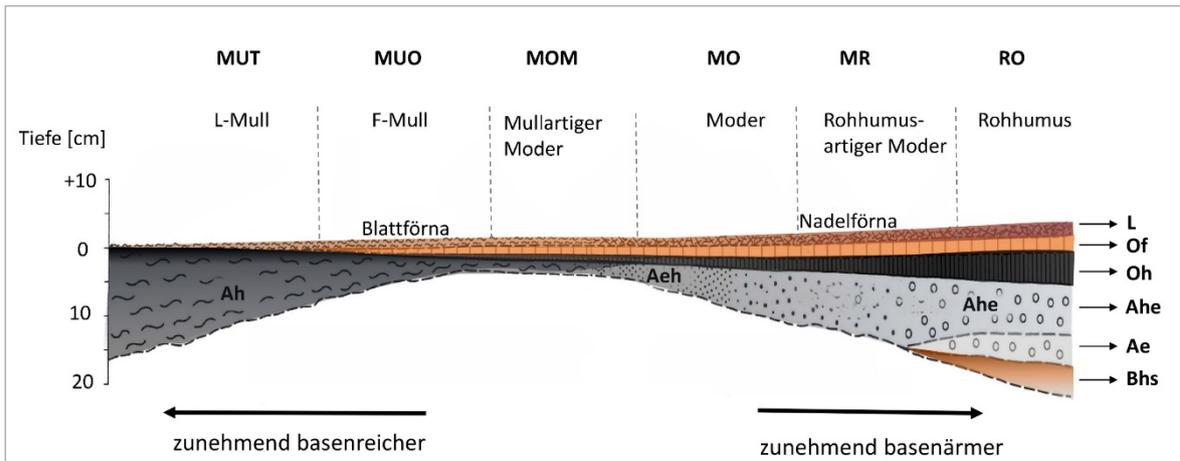


Abb. 3.5: Schematische Darstellung der verschiedenen Auflage- und Oberbodenhorizonte unter Laub- und Nadelwald (in Anlehnung an AD-HOC-AG BODEN 2005).

### 3.3.3. Organische Auflagehorizonte (Humusformen) unter Wald

Bei forstlicher Nutzung finden sich auf den Mineralbodenhorizonten organische Streuaufgaben, die durch die Humusform beschrieben werden. Die Ausprägung der Humusform wird vor allem durch die Azidität oder den pH-Wert des Bodens gesteuert. Im leicht basischen bis neutralen Milieu ist die biologische Aktivität relativ hoch, die Streu wird relativ schnell umgesetzt und in den Boden eingearbeitet. Es finden sich lediglich Auflagen der wenig zersetzten Streu (L) der Humusform Mull. Der stärker zersetzte Humus wird einige Dezimeter in den Oberboden eingearbeitet. Mit zunehmender Versauerung nimmt die biologische Aktivität ab, wodurch weniger Streu abgebaut und in den Boden eingearbeitet wird, was eine Zunahme der Streuaufgabe bewirkt. Zunächst bildet sich ein Horizont aus geringer zersetzter Streu (Of), der zur Humusform Moder überleitet. Bei stärkerer Versauerung reichert sich eine amorphe, stark zersetzte Humusaufgabe (Oh) auf dem Mineralboden an, die durch die Humusform Rohhumus charakterisiert wird. Die Versauerung wird unter Nadelwald verstärkt, so dass sich dort häufiger Moder und Übergänge zum Rohhumus finden (vgl. Abb. 3.5). Aufgrund der Nährstoffeinträge und Kalkung der letzten Jahrzehnte hat die Verbreitung der Humusform Rohhumus eher abgenommen.

Bei grund- oder staunassen Standorten werden Auflagehorizonte zusätzlich durch Vernässung geprägt. Dies führt zur Ausweisung der Humusformen Feuchtmull, -moder und -rohhumus. Humusformen weisen eine hohe räumliche Variabilität auf, die im Maßstab 1 : 50.000 nicht dargestellt werden kann. Die Angabe der Humusform ist daher eine vereinfachte, stark generalisierte Aussage. Die für das Wirkungsgefüge definierten Humusformen sind in Tabelle 3.7 aufgelistet.

Tab. 3.7: Definierte Humusformen im Wirkungsgefüge.

HUFORM	
MUT	L-Mull
MUO	F-Mull
MOM	Mullartiger Moder
MO	Typischer Moder
MR	Rohhumusartiger Moder
RO	Rohhumus
MUF	Feuchtmull
MOF	Feuchtmoder
ROF	Feuchtrohhumus
L_Moor	L-Mull auf Moorböden

Grundsätzlich wird zwischen der potenziell natürlichen Stammhumusform und der aktuellen Bestandeshumusform unterschieden. Im Rahmen der BK50 wurde jedem Wirkungsgefüge eine Stammhumusform jeweils für die Laub- bzw. Nadelwaldnutzung zugeordnet. Diese Zuordnung ist die Grundlage für die Generierung der Auflagehorizonte im Rahmen der Nutzungsdifferenzierung. Im Grundsatz erlaubt diese Vorgehensweise, sowohl die beste (MUT) als auch die schlechteste (RO) terrestrische wie hydromorphe Humusform (MUF, MOF, ROF) sowohl bei Laub- als auch bei Nadelwald zuzuweisen. Aufgrund der jeweiligen Eigenschaften ist die Zuordnung durch die Bodeneigenschaften aber determiniert. Die Humusformen (MUO, MOM, MO, MR) werden unter Nadelwald i. d. R. um eine Stufe schlechter eingestuft als unter Laubwald. Bei Mooren unter Waldnutzung wird die Humusform L\_Moor eingeführt (vgl. Tab. 3.8).

Für die verschiedenen Humusformen wurden jeweils standardisierte Horizontbeschreibungen mit Tiefenangaben und Merkmalsbeschreibungen abgelegt (Tab. 3.9). Im Zuge der Nutzungsdifferenzierung werden die Horizonte des Grundprofils mit den Horizonten der nutzungsspezifischen Stammhumusform überlagert. Die Mächtigkeit (UTIEF) und die Ausprägung des Horizontes des Oberbodens (HORIZ) wurden abschließend entsprechend der Angabe zum ersten Mineralbodenhorizont in den Vorlagen (vgl. Tab. 3.9, blau gekennzeichnete Horizont) angepasst. Die anderen Kennwerte der ursprünglichen Horizontbeschreibung bleiben, sofern nicht andere Anpassungen notwendig sind, erhalten. Die unten anschließenden Horizonte werden in ihrer Abfolge (HOR\_NR) entsprechend fortgeführt. Die Umsetzung der Profilanpassung unter Laub- und Nadelwald zeigt Abbildung 3.6.

Tab. 3.8: Beispiele aus der Tabelle BK50\_Wirkungsgefüge mit der Zuordnung der Humusformen.

Wirkungsgefüge (Auszug)										Humusform	
NRKART	BR	BGL	BL	GK50_GENE	SAND	RK50	MOOR-MAE	POD-SOL50	HYDRO 50	Nadelwald (FN)	Laubwald (FL)
54	3	8	10	Sa(qw)/Lg-Mg	–	01	–	pp	s	MR	MO
55	3	8	9	Sa(qh)/gf	ms	01	–	pp	–	MO	MO
56	3	8	12	Los	–	01	–	–	–	MO	MOM
59	3	8	12	yp/Los	–	01	–	–	–	MOM	MUO
60	3	8	12	Los/b	–	01	–	–	S	MO	MOM
64	3	8	12	z/gf	ms	T	–	–	gg	MUF	MUF
65	3	8	12	z/gf	ms	T	–	–	G	MOM	MUO
67	3	8	12	Los/Lg-Mg	–	01	–	–	S	MO	MOM
5008	3	6	6	f(qh)/f(qw)	ms	T	2	–	gg	L_Moor	L_Moor
99	5	15	14	mo(^k)	–	4	–	–	–	MUT	MUT
101	5	15	14	Lo-Lol/mo(^k)	–	23	–	–	–	MO	MOM
106	5	15	14	mm(^m)	–	01	–	–	–	MOM	MUO
159	5	15	14	Kq	–	T	–	–	gg	MUF	MUF
4907	6	16	4	Hn/pl(+D)	–	T	4	–	–	L_Moor	L_Moor

Tab. 3.9: Regeltabelle zur Anpassung der Humusaufgaben und Oberböden von Laub- und Nadelwald.  
 Die blau gekennzeichneten Mineralbodenhorizonte enthalten die Information zur Anpassung der  
 Horizontbezeichnung und Mächtigkeiten des Oberbodens, die der Humusform entsprechen.

KULTUR	HUFORM	Humusform Name	HOR_NR	HORIZ	OTIEF	UTIEF	HNBOD	ZER	STRAT	GEOGE	HUMUS	LD
FL / FN	MUT	Mull	1	L	-1	0	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Ah	0	10 / 8	-	-	-	-	-	-
	MUO	Moderartiger Mull	1	L	-2	-1	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Of	-1	0	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2
			3	Ah	0	5	-	-	-	-	-	-
	MOM	Mullartiger Moder	1	L	-4	-2	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Of	-2	0	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2
			3	Ah	0	4	-	-	-	-	-	-
	MO	Moder	1	L	-5	-3	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Of	-3	-1	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2
			3	Oh	-1	0	Vb / Vn	z5	qh	sstr	h7	SV2
			4	Aeh	0	2	-	-	-	-	-	-
MR	Moderartiger Rohhumus	1	L	-6	-4	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1	
		2	Of	-4	-2	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2	
		3	Oh	-2	0	Vb / Vn	z5	qh	sstr	h7	SV2	
		4	Ahe	0	5	-	-	-	-	-	-	
RO	Rohhumus	1	L	-7	-5	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1	
		2	Of	-5	-3	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2	
		3	Oh	-3	0	Vb / Vn	z5	qh	sstr	h7	SV2	
		4	Ahe	0	10	-	-	-	-	-	-	
MUF	Feuchtmull	1	L	-2	-1	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1	
		2	Of	-1	0	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2	
		3	Ah	0	15	-	-	-	-	-	-	
MOF	Feuchtmoder	1	L	-5	-3	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1	
		2	Of	-3	-1	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2	
		3	Oh	-1	0	Vb / Vn	z5	qh	sstr	h7	SV2	
		4	Aeh	0	10	-	-	-	-	-	-	
ROF	Feucht-rohumus	1	L	-7	-5	Vb / Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1	
		2	Of	-5	-3	Vb / Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2	
		3	Oh	-3	0	Vb / Vn	z5	qh	sstr	h7	SV2	
		4	Ahe	0	10	-	-	-	-	-	-	
FL	L_Moor	Auflage im Moor	1	L	-3	-2	Vb	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Of	-2	0	Vb	z2	qh	sstr	h7	SV2
			3	Hv	0	15	-	-	-	-	-	
FN	L_Moor	Auflage im Moor	1	L	-3	-1	Vn	z1	qh	sstr	h7	SV1
			2	Of	-1	0	Vn	z2	qh	sstr	h7	SV2
			3	Hv	0	15	-	-	-	-	-	

Grundprofil			Laubwald mit (MR) Rohhumusartiger Moder			Nadelwald mit (RO) Rohhumus		
HOR_NR	HORIZ	UTIEF	HOR_NR	HORIZ	UTIEF	HOR_NR	HORIZ	UTIEF
			1	L	-4	1	L	-5
			2	Of	-2	2	Of	-3
			3	Oh	0	3	Oh	0
			4	Ahe	5	4	Ahe	10
1	Aeh	15	5	Aeh	15			
2	Ae	35 cm	6	Ae	35 cm	5	Ae	35 cm
3	Bhs		7	Bhs		6	Bhs	
...			...			...		

Abb. 3.6: Schema zur Anpassung des Aufbaus von Humusauflagen und Oberböden der Grundprofile unter Laub- und Nadelwald.

### 3.3.4. Angaben zu den Grundwasserständen in hydromorphen Böden

Böden mit Grundwassereinfluss werden ausgewiesen, wenn dies aufgrund der Konzeptunterlagen fachlich wahrscheinlich ist. Die Kennzeichnung in der Grundkarte erfolgt nach der Obergrenze der hydromorphen Merkmale bzw. den qualitativen Angaben der Datenquellen. Das Ergebnis wird im Datenfeld HYDRO50 des Wirkungsgefüges in vier Kategorien abgelegt (s. Kap. 2.4.6.3). Die vergleichsweise groben Einstufungen der Wasserstände der Grundkarte werden nun im nächsten Schritt mit den potenziell natürlichen um die nutzungsspezifischen mittleren Grundwasserhochstände (MHGW) und mittleren Grundwasserniedrigstände (MNGW) ergänzt. Die MHGW und MNGW werden dafür aus Grundwasseramplituden der Bodenregionen (BR), Bodengroßlandschaften (BGL) und Bodenlandschaften (BL) für die Nutzungen „Acker“, „Grünland“, „Laubwald“, „Nadelwald“ und „sonstige Nutzungen“ sowie aus den potenziell natürlichen Grundwasserständen abgeleitet (nach GEHRT & RAISSI 2008, vgl. Abb. 3.7). Das Gesamtschema (Abb. 3.8) der Zuweisung der Grundwasserstände im Boden für die BK50 zeigt farblich markiert die Arbeitsschritte und Datengrundlagen.

Die Darstellung individueller Ausprägungen würde wesentlich bessere Grundlagendaten (Messpunkte, Einbindung beeinflussender Faktoren, Gewässerumlegungen, Kanäle, Grabensysteme und -wasserstände etc.) und zur Darstellung einen größeren Maßstab voraussetzen. Eine flächendeckende Erhebung ist vom Aufwand her nicht realisierbar und im Maßstab 1 : 50.000 nicht darstellbar. Im mittleren Maßstab geht es vielmehr darum, generelle Züge der Bodenwasserstände zu beschreiben (vgl. Kap. 1.4.2.3). Absenkungstrichter im Bereich der Entnahme von Wasserwerken finden in der BK50 ebensowenig Berücksichtigung wie die mögliche Absenkung der Wasserstände durch Beregnung.

### 3.3.4.1. Von den Angaben der Grundkarte zu den potenziell natürlichen Wasserständen

Der Grundwasserstand im Boden schwankt naturgemäß im Jahresverlauf. Die bei der bodenkundlichen Kartierung zu erkennenden Obergrenzen des Go- und Gr-Horizontes sind Ausdruck des MHGW und des MNGW und erlauben folglich die Ableitung der Grundwasseramplituden des oberflächennahen Grundwassers (vgl. AD-HOC-AG BODEN 2005, RAISSI et al. 2008).

Die Ableitung von MHGW und MNGW beruht auf der Beziehung zu den Grundwasseramplituden (Abb. 3.7). Mit zunehmender Grundwasserstufe nimmt die Amplitude zu. Innerhalb einer Grundwasserstufe weisen MHGW und MNGW einen weiten Schwankungsbereich auf, der z. T. deutlich über die in der Kartieranleitung angegebenen Amplituden hinausgeht.

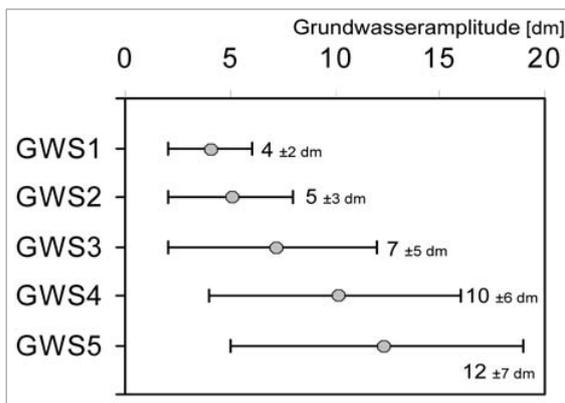


Abb. 3.7: Beziehung der Grundwasseramplituden zu den Grundwasserstufen (GWS 1–5) und möglichen Abweichungen (in Anlehnung an AG BODEN 1994, AD-HOC-AG BODEN 2005).

Die weiten Schwankungsbereiche erklären sich z. T. durch landschaftliche Unterschiede der Grundwasserstände (BALLETIN 1994, KEMPER 1975, GEHRT & RAISSI 2008). Um diese regionalen Unterschiede zu fassen, wurden ca. 7.500 Bodenprofile des NIBIS® ausgewertet (GEHRT & RAISSI 2008) und zur Validierung mit den Mittleren Wasserständen von ca. 1.300 Grundwassermessstellen des NLWKN abgeglichen. Bei den Auswertungen wurde sowohl bei den Profilmerkmalen wie auch bei den Messstellen berücksichtigt, dass diese schon nutzungsspezifische Veränderungen beinhalten können (s. u.).

Die Zuordnung der vier Klassen des Wirkungsgefüges zu den landschaftsspezifischen potenziell natürlichen Wasserständen der BK50n erfolgt über bodenlandschaftsspezifische Regeltabellen (s. Tab. 3.10).

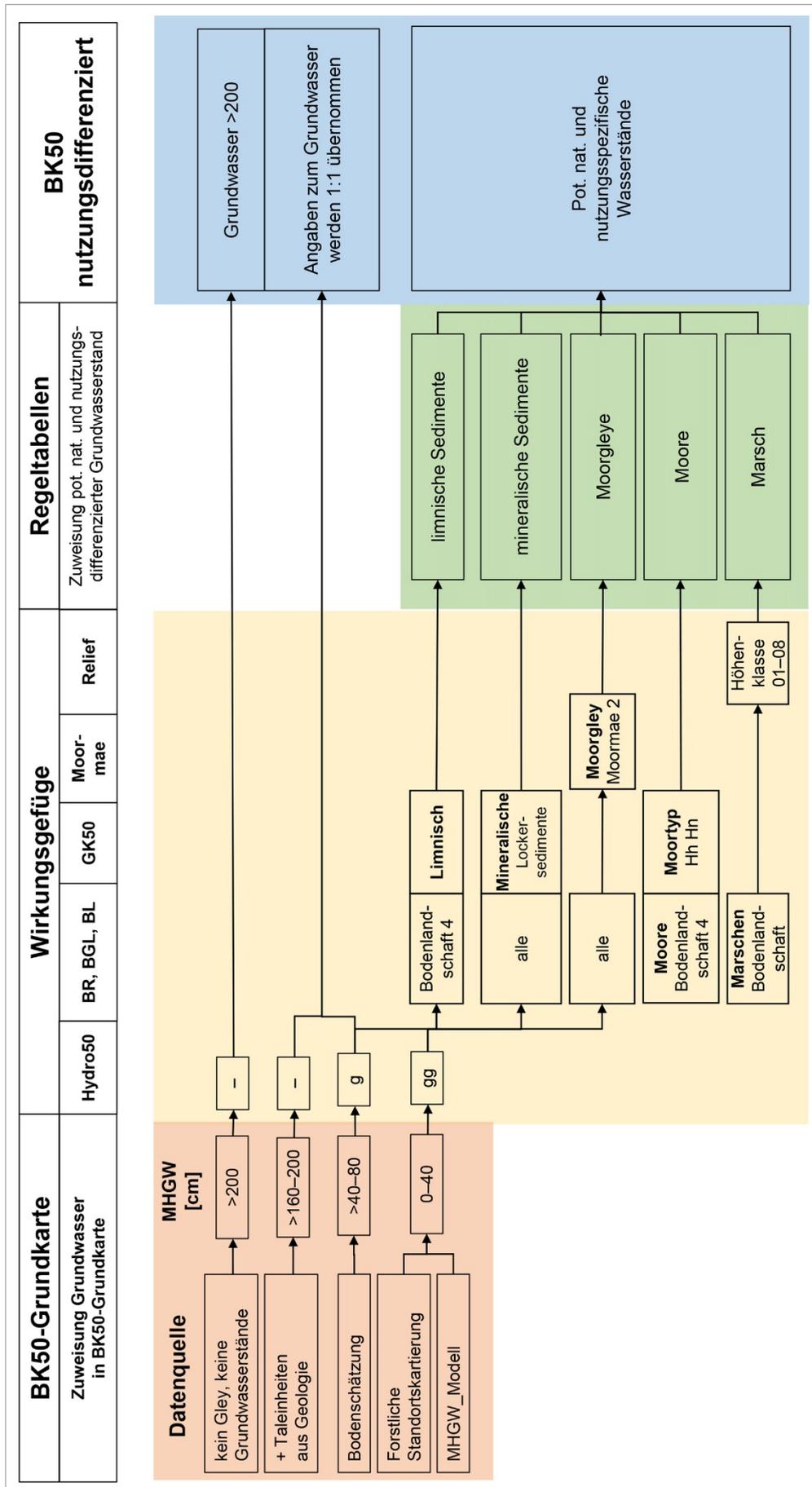


Abb. 3.8: Schema zur Ableitung des Grundwasserhochstandes (MHGW) im Rahmen der Nutzungsdifferenzierung.

### Infocfeld regionale Differenzierung

In der **Geest** und den Dünentälern der **Nordseeinseln** weisen die durchlässigen Gesteine (sandigen Substrate) Grundwasserschwankungen auf, die mit den mittleren Grundwasserschwankungen nach Abbildung 3.11 harmonisieren.

Abbildung 3.9 zeigt eine typische Grundwasserganglinie der grundwassernahen Geest (Vechtel). Aus dem langjährigen Mittel ist ein MHGW von 75 cm und ein MNGW von 140 cm abzuleiten. Der Bereich der Grundwasserschwankung (Amplitude) von 75 bis 140 cm entspricht dem Gr-Horizont. Unterhalb 140 cm ist der Boden immer wassererfüllt, was dem Gr-Horizont entspricht. Der von der Bodenart und Porenverteilung abhängige Kapillarsaum oberhalb der MHGW wird i. d. R. in den Gr-Horizont integriert und ist bei der Verbindung von mess- und merkmalsbezogenen Auswertungen zu berücksichtigen (HEUMANN, BUG & EVERTSBUSCH 2020). In dem Beispiel wäre die Obergrenze des Gr-Horizontes (MNGW) dann bei ca. 125 cm und die aus den Bodenmerkmalen abzuleitende Grundwasserschwankung mit ca. 50 cm anzusetzen.

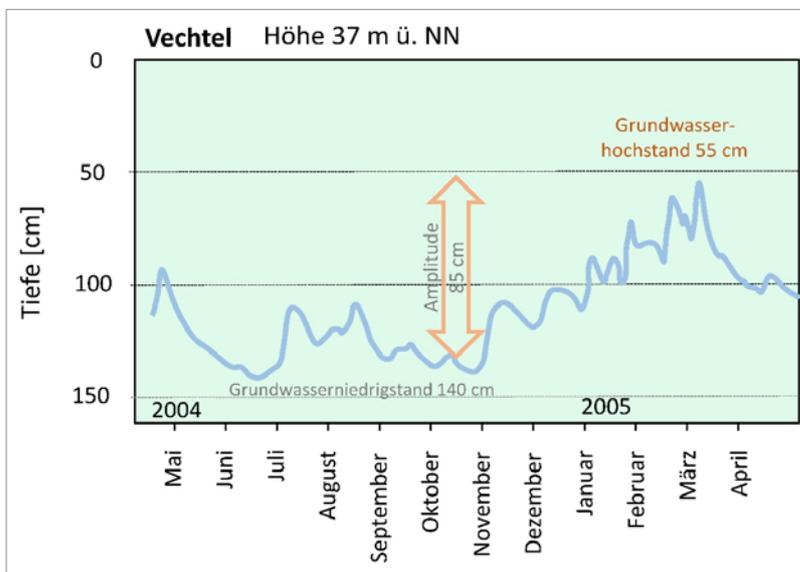


Abb. 3.9: Grundwasserschwankung am Beispiel Vechtel.

Die Grundwasserganglinie in der **Lössbörde** zeigt im Beispiel (ZESCHWITZ 1964) eine Amplitude von ca. 20 dm auf. In naturnahen Mooren betragen die Unterschiede im Jahresgang nur ca. 1 dm um die Oberfläche (Abb. 3.10). Abweichend große Amplituden des Grundwassers sind mit Werten von 12–16 dm und mehr in den Lössbörden und Sandlössgebieten der Geestplatten zu verzeichnen, was durch die Messungen von ZESCHWITZ (1964) und eigene exemplarische Messungen bestätigt wird. Die Ursache für diese großen Amplituden wird in einem erheblichen Grundwasserzuström aus dem Hinterland, der im Winter bis ins Frühjahr zu sehr hohen Wasserständen führt, gesehen. Im Sommer fallen die Wasserstände schnell mehrere Dezimeter ab. Zudem hat der kapillare Aufstieg auf Grund des hohen Mittelporenanteils einen deutlichen Einfluss (s. AD-HOC-AG BODEN 2005, KEMPER 1975).

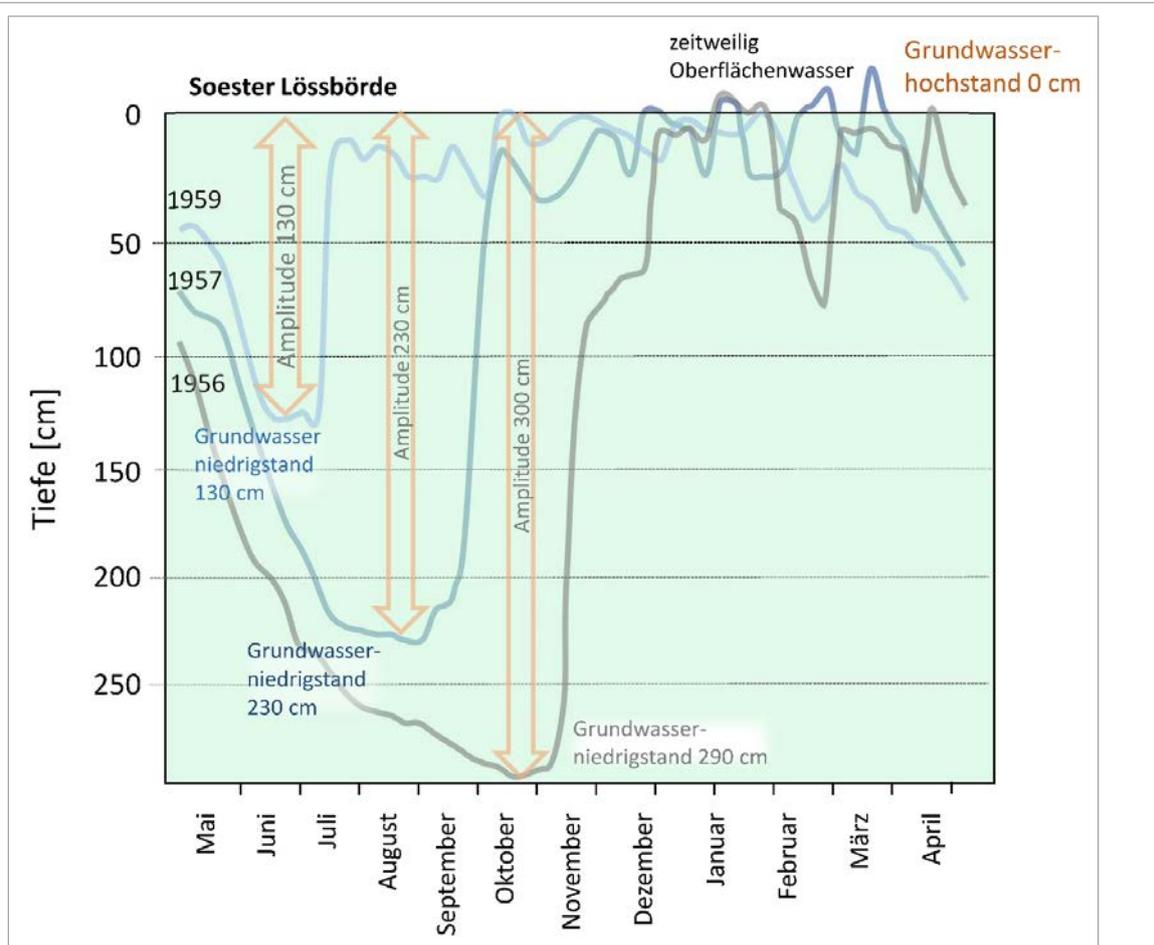


Abb. 3.10: Grundwasserschwankung Lössbörde Niederbörde (ZESCHWITZ 1964).

**Auen** weisen mit 10 dm eine etwas höhere Amplitude auf. Auffallend sind die Auen des Hochharzes, die ganzjährig etwa gleiche Wasserstände zeigen. Als Ursache sind die ganzjährig hohen Niederschläge zu sehen.

Während sich die Grundwasserschwankungen im **Festgestein**, z. B. in den Böden der Karbonatgesteine des Bergvorlandes, mit ca. 8 dm normal verhalten, sind die Grundwasserschwankungen in den Tongesteinen mit 2 dm nur sehr gering. Hier ist allerdings anzumerken, dass die Feldansprache der Bodenmerkmale und insbesondere die Abgrenzung zu den Pseudogleyen grundsätzlich sehr problematisch ist.

In der **Marsch** sind die hydromorphen Merkmale nur bedingt geeignet, die Wasserstände zu bestimmen, da die Profile häufig aufgrund der Sedimentgenese durchgehend hydromorph zeichnen. Deshalb wurde auch auf eine Klassifikation der MHGW in der BK50-Grundkarte verzichtet. Hier greift aus derzeitiger Sicht vielmehr die Tiefenlage, die die Wasserstände bestimmt und die Entwässerung mit der anthropogenen Beeinflussung durch Schöpfwerke steuert. Die Ableitung und Zuweisung potenziell natürlicher Wasserstände ist hier entsprechend vage. Die zugrundeliegenden Bodenprofile stammen zum überwiegenden Teil aus kultivierten Marschen mit abgesenktem Grundwasser. Tiefe Entwässerungsgräben und Grundwasserabsenkungen haben nach KEMPER (1975) aber ebenso einen Einfluss auf die Grundwasserstände. Es wird davon ausgegangen, dass nicht entwässerte Marschen geringere Schwankungen aufweisen und dass bei Grundwasserabsenkung in der Marsch die GW-Amplitude größer wird. KEMPER (1975) ermittelte bei sandig-schluffigen Seemarschen Grundwasseramplituden von ca. 12 dm und bei der eher tonigen Knick-Brackmarsch von ca. 4 dm, was auf einen Einfluss der Bodenarten hindeutet.

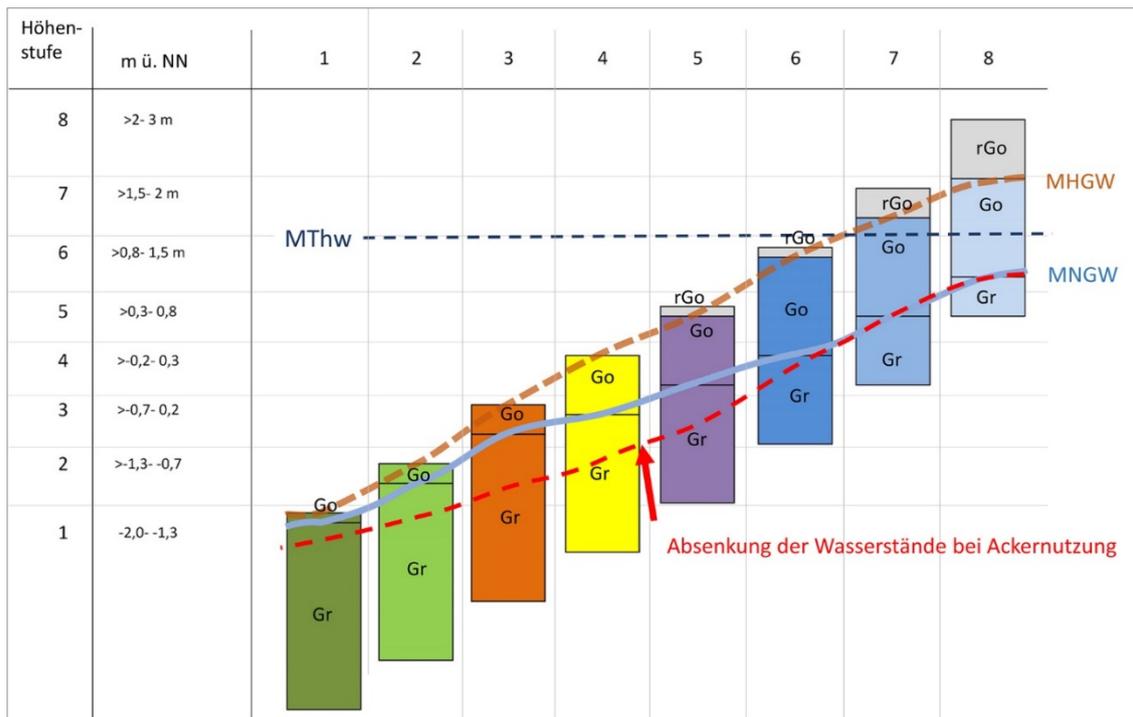


Abb. 3.11: Abhängigkeit der Grundwasserstände in der Marsch von der Höhe.

### 3.3.4.2. Nutzungsdifferenzierte Wasserstände

Um Böden mit hohen Grundwasserständen landwirtschaftlich nutzen zu können, wurde in weiten Gebieten Niedersachsens das Grundwasserregime durch regulierende Maßnahmen wie z. B. Grabenentwässerung, Rohr-Drainagen, Grüppung und Schöpfwerke verändert (vgl. EGGELSMANN 1979; GEHRT, BUG & WALDECK 2019). Exemplarisch ist dies in Abbildung 3.12 dargestellt. Durch die Grundwasserregulierung sind die Grundwasserhochstände

um 4–6 dm und die Grundwasserniedrigstände um 1–2 dm abgesenkt. Durch die Kappung der Grundwasserhochstände wird die Vernässung im Frühjahr deutlich verringert. Die geringe Absenkung der Grundwasserniedrigstände gewährleistet weiterhin eine ausreichende Wasserversorgung in der Vegetationszeit (vgl. Abb. 3.13). Eine tiefere Absenkung des MNGW ist nicht sinnvoll, da die Wasserversorgung in Trockenperioden nicht mehr gewährleistet wäre.

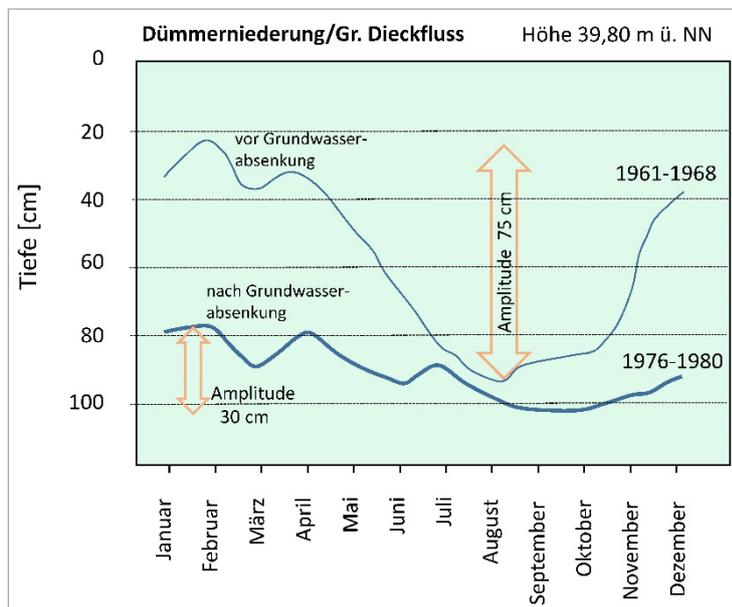


Abb. 3.12: Beispiel für Grundwasserstände vor und nach der Grundwasserregulierung in der grundwassernahen Geest (GEHRT 1982).

Die Anpassung der Horizontabfolgen, Horizontmächtigkeiten und der Horizontanzahl durch Grundwasserregulierungen bei einem Ackerstandort ist in Abbildung 3.13 exemplarisch dargestellt. Tabelle 3.10 gibt auszugsweise den Aufbau der Regeltabelle mit den potenziell natürlichen und den nutzungsdifferenzierten Wasserständen wieder. In den Abbildungen 3.14 und 3.15 werden exemplarisch die nutzungsspezifischen Wasserstände bildlich wiedergegeben.

Die Grundwasserabsenkungen bei Grünlandstandorten sind geringer, da einerseits von

Sommer bis Herbst der Wasseranschluss erhalten wird und andererseits eine Befahrbarkeit bzw. Trittfestigkeit gegeben sein soll (vgl. Abb. 3.12). Bei Waldflächen wurde eine generell größere Grundwasseramplitude zugrunde gelegt, da die hohen Verdunstungsraten im Sommer zu einer stärkeren Absenkung der Wasserstände führen. Im Vergleich zu den natürlichen Grundwasserständen wurde daher angenommen, dass auch der MNGW abgesenkt wird. Einschränkend ist zu bemerken, dass die Kenntnis der Wasserstände unterhalb 160 cm nur eingeschränkt ist und hier bei Waldstandorten eine gewisse Unsicherheit vorliegt.

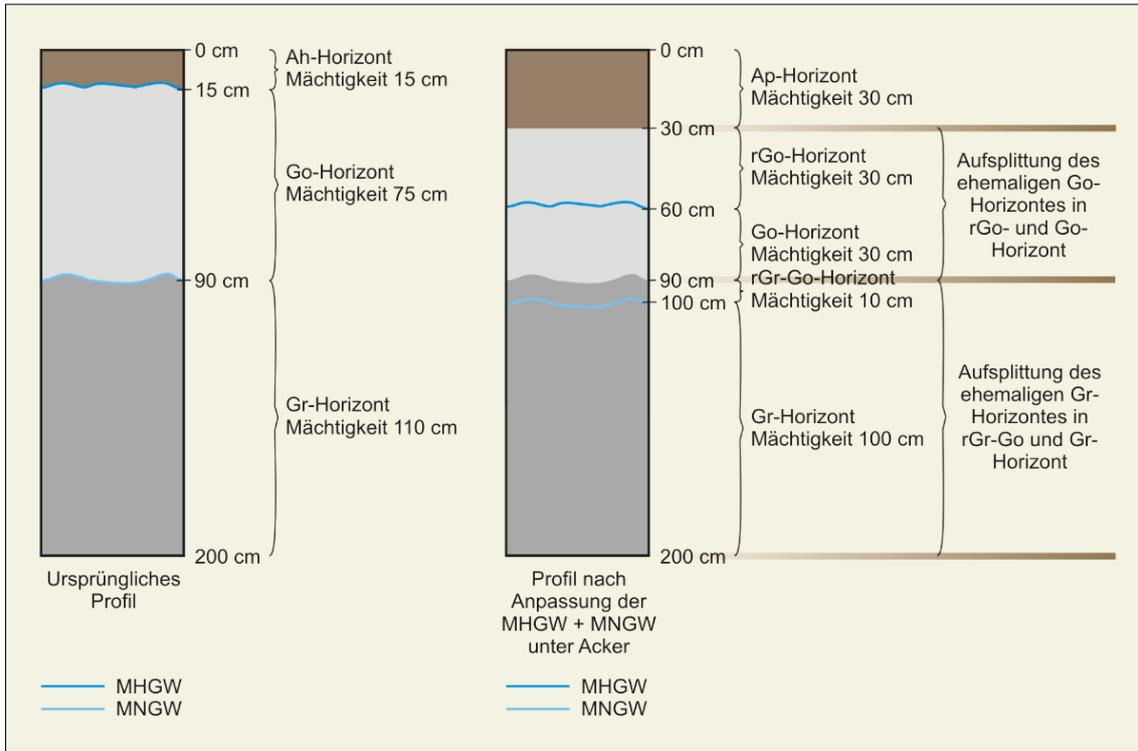


Abb. 3.13: Schema zur Anpassung der Horizontabfolgen, Horizontmächtigkeiten und der Horizontanzahl durch Grundwasserregulierungen am Beispiel eines Gleys unter Ackernutzung (EILERS 2010).

Tab. 3.10: Auszug aus der Regeltabelle zur Ableitung der Grundwasseramplituden in Abhängigkeit von der pedoregionalen Gliederung.

Eingangsdaten für das Modell				Ableitung aus Profilen und Messdaten			Nutzungsangepasste Grundwasserstände (aus Messungen und Expertenschätzung)									
Wirkungsgefüge				potenzielle natürliche Wasserstände			Acker		Grünland		Laubwald		Nadelwald		Sonstige Nutzungen	
BR	BGL	BL	HYDRO50	Amplitude	MHGW	MNGW	MHGW_A	MNGW_A	MHGW_G	MNGW_G	MHGW_FL	MNGW_FL	MHGW_FN	MNGW_FN	MHGW_N	MNGW_N
3	6	6	gg	10	1	11	5	11	3	11	1	11	1	11	3	11
3	6	7	gg	8	1	9	5	11	3	9	1	9	1	9	3	9
3	6	8	gg	6	1	7	6	11	4	9	1	10	1	9	6	11
3	6	9	gg	8	1	9	5	11	3	9	1	9	1	9	3	9
3	6	10	gg	8	1	9	5	11	3	9	1	9	1	9	3	9
3	6	11	gg	8	1	9	5	11	3	9	1	9	1	9	3	9
3	6	12	gg	8	1	9	5	11	3	9	1	9	1	9	3	9

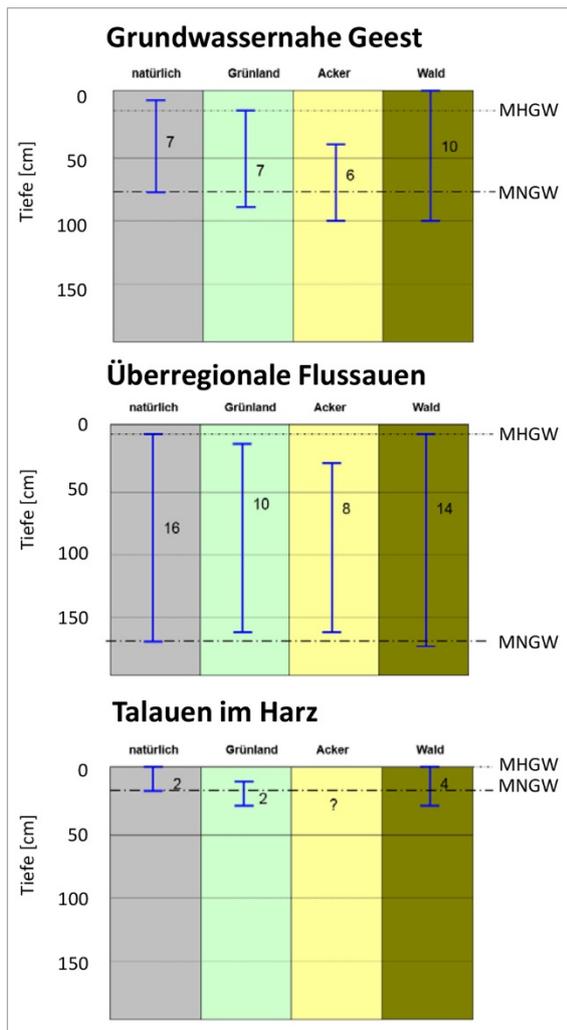


Abb. 3.14: Darstellung von Grundwasseramplituden in Gleyen bei verschiedenen Nutzungen: Grundwassernahe Geest, Überregionale Talauen und Talauen im Harz.

Böden mit mittleren Grundwasserhochständen oberhalb 40 cm (gg im Datenfeld HYDRO50), Moore und Gleye mit Moorauflagen sowie Marschen und aus limnischen Sedimenten hervorgegangene Böden wurden landschaftlich und gesteinspezifisch differenziert behandelt. Die Differenzierung ist in Regeltabellen festgelegt. Sie enthalten Angaben zu den Amplituden, die Mittleren Grundwasserhoch- und -niedrigstände (AMPLITUDE, MHGW, MNGW) jeweils zu den potenziell natürlichen und den nutzungsspezifischen Wasserständen (vgl. Tab. 3.10). In den Abbildungen 3.14 und 3.15 werden zur weiteren

Veranschaulichung exemplarisch die Unterschiede in den Grundwasserständen und -amplituden in verschiedenen Landschaften und in Mooren gegenübergestellt.

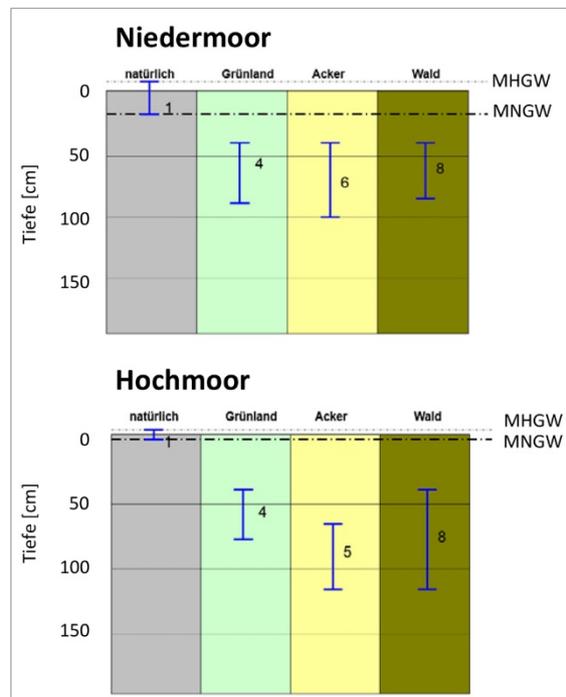


Abb. 3.15: Darstellung von Grundwasseramplituden in Mooren bei verschiedenen Nutzungen: Nieder und Hochmoore.

Die Ober- und Untergrenzen (OTIEF, UTIEF) der Go- bzw. Gr-Horizonte in der Sachdatentabelle BK50\_HORIZONT wurden entsprechend den Regeltabellen angepasst. Die potenziell natürlichen Go- und Gr-Horizonte (HORIZ) wurden bei der modellierten Absenkung als reliktsche Horizonte (rGo bzw. rGr) gekennzeichnet. Die Angaben der ursprünglichen Grundwasserstände bleiben als reliktsche Grundwasserhoch- und -niedrigstände (RMHGW, RMNGW) im Datenbestand erhalten. Die Änderungen wurden unter „sonstigen Bemerkungen“ im Datenfeld PSONST mit „MHGW oder MNGW wurde abgesenkt“ gekennzeichnet.

### Infocamp Moore und limnische Ablagerungen

Bei Bodeneinheiten mit Torfen muss davon ausgegangen werden, dass die Wasserstände zur Bildungszeit nur wenige cm um die Oberfläche schwankten (Torfbildung ist sonst nicht möglich). Nach EGGELSMANN (1981) sind die Unterschiede in den Mooren im Wesentlichen durch die Nutzung bestimmt (Abb. 3.16). Für eine Grünlandnutzung wird eine Grundwasserabsenkung von etwa 4 dm durchgeführt. Hierbei vergrößert sich die Grundwasseramplitude auf ca. 4 dm. Für eine Ackernutzung ist eine weitere Absenkung notwendig und muss dann mit Kulturmaßnahmen wie der Sanddeck- oder der Sandmischkultur begleitet werden, um eine zu starke Austrocknung zu verhindern. Bei forstlicher Nutzung wird im Sommer das Grundwasser durch die Verdunstung der Bäume abgesenkt, und die Amplitude steigt auf  $6 \pm 2$  dm (EGGELSMANN 1981).

Nach der Grundwasserabsenkung und Belüftung kommt es zum Ab- und Umbau der organischen Substanz (Vererdung, Vermulmung). In der BK50 werden diese Umwandlungen vereinfacht abgelegt. Hw-Horizonte werden an der Oberfläche durch Vererdung zu Hv-Horizonten. Infolge der Entwässerung und der damit einhergehenden Torfschrumpfung werden Hw-Horizonte zu Ht-Horizonten. Bei Hr-Horizonten ist anzunehmen, dass statt einer ständigen nur noch eine zeitweilige Wassersättigung vorliegt. Diese Horizonte werden folglich als Hw-Horizonte bezeichnet (vgl. EILERS 2010).

Die Bildung der limnischen Ablagerungen (Mudden) erfolgte subhydrisch. Mudden haben keine große flächenhafte Bedeutung. Bei der Regelung der Grundwasserstände sind nur Böden betroffen, bei denen die limnischen Gesteine oberflächennah (<4 dm) auftreten (insbesondere um den Dümmer). Die Horizonte mit mittleren Grundwasserhochständen (MHGW) oberhalb von 8 dm werden in Anlehnung an CHMIELESKI (2007) als rezente Go- oder Gr-Horizonte oder relictische rGr- oder rGo-Horizonte gekennzeichnet.

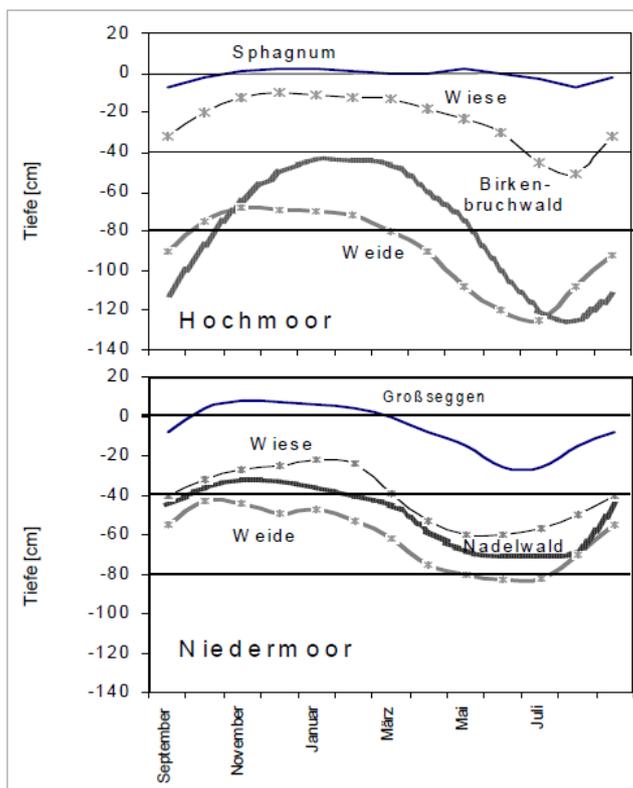


Abb. 3.16: Nutzungsspezifische Grundwasserstände bei Hoch- und Niedermooeren (EGGELSMANN 1981).

### 3.3.5. Stauwasserbeeinflusste Böden

Mit der BK50 konnte die Verbreitung der Pseudogleye aufgrund der Auswertung der geologischen Karte, der Bodenschätzung und der forstlichen Standortskartierung deutlich besser erfasst werden. Auch bei Pseudogleyen wird der Wasserhaushalt durch kulturtechnische Maßnahmen wie Drainagen nutzungsspezifisch reguliert. Obwohl deswegen eine nutzungsspezifische Anpassung der Horizontierung nach der Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) nicht vorgesehen ist, sind funktionale Parameter wie die Vernässung oder die bodenkundliche Feuchtestufe verändert. Bei Pseudogleyen wird zur vollständigen Typisierung die bodenkundliche Feuchtestufe in der Vernässungs- und Austrocknungsphase angegeben. Um nun die potenziell natürliche Vernässung genauer zu erfassen, wäre es notwendig, die standortspezifischen Ursachen der Pseudovergleyung zu kennen. In der Gesamtsicht stellt sich heraus, dass die Ursachen für das Auftreten und die Intensität der Vernässung durch Stauwasser nicht einheitlich zu fassen sind. Ursächlich wären z. B. die klimatische Wasserbilanz (klimatischer Wasserüberschuss), der Porenraum im Stauwasserleiter, der Wasserzu- oder Wasserabfluss an der Oberfläche (Reliefposition, Bodenfeuchteindex), der laterale Wasserzuzug, die Länge der Vernässungs- bzw. Trockenphase, die Durchlässigkeit des Gesteins, die sekundäre pedogene Dichtlagerung (sekundäre Pseudogleye), die Interaktion mit dem Grundwasser im Barrieregestein oder Kombinationen aus den genannten Faktoren. Mit der genauen Kenntnis der Bildungsfaktoren-Basis wären ggf. auch nutzungsspezifische Änderungen besser zu quantifizieren.

In der BK50n werden die Vernässung (VERNAS) und die bodenkundliche Feuchtestufe (SEUCH) angegeben. Die Vernässungsstufen 1 bis 6 entsprechen dabei den bodenkundlichen Feuchtestufen 6 bis 11.

Die bodenkundliche Feuchtestufe in der Trockenphase ist vergleichsweise einfach abzuschätzen, da hier abgestimmte Methoden vorliegen (nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum; BUG et al. 2020). Die Kartiereinheiten mit Pseudogley als Nebenbodentyp werden nicht nutzungsdifferenziert. Die Vernässung wird hier mit Stufe 6 (im Frühjahr gelegentlich zu nass) angegeben.

In Ermangelung der Kenntnisse zum Wasserüberschuss in der Nassphase wurde die Einschätzung der potenziell natürlichen und der nutzungsspezifischen Vernässung auf Grundlage von Expertenwissen vorgenommen. Die Grundlage dafür bieten Kenntnisse aus der Kartierung der BK25, die Bewertung der Bodenschätzung und die regionale Sichtung der Nutzungsverteilung. Insgesamt wurden die nutzungsdifferenzierten Kennwerte für ca. 1.200 Einheiten der Grundkarte mit dem Hauptbodentyp Pseudogley geschätzt. Tabelle 3.11 gibt den Aufbau der Zuweisungstabelle auszugsweise wieder. Für die Trockenphase wird bei Pseudogleyen in der bodenkundlichen Feuchtestufe die Stufe der nFKWe übernommen. Der Grad der Vernässung bzw. die bodenkundliche Feuchtestufe in der Nassphase wurde unter Berücksichtigung der Geologie und der Bodendlandschaft gesetzt. Bei Einheiten mit erhöhter Vernässung in der Grundeinheit wurde diese unter Grünland und Laubwaldnutzung um eine Stufe erhöht. Bei Nadelwald wird aufgrund der höheren Verdunstung der Ackerwert übernommen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zur besseren Anpassung eine genauere Analyse und pedoregionale Zuordnung der o. g. Faktoren notwendig wäre.

Tab. 3.11: Ableitung der nutzungsspezifischen Kennwerte bei Pseudogleyen.

NRKART	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum		Vernässung (VERNAS)					Bodenkundliche Feuchtestufe (SFEUCH)					Bodenkundliche Feuchtestufe (SFEUCH) Feuchtestufe / BKF Trockenphase				
	nFK_We [mm]	nFKWE_STUFE	Acker	Grünland	Laubwald	Nadelwald	SONST	Acker	Grünland	Laubwald	Nadelwald	SONST	Acker	Grünland	Laubwald	Nadelwald	SONST
38329	213	3	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/3	6/3	6/3	6/3	6/3
38347	192	5	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/5	6/5	6/5	6/5	6/5
38348	185	4	2	3	3	2	2	7	8	8	7	7	7/4	8/4	8/4	7/4	7/4
38352	213	5	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/5	6/5	6/5	6/5	6/5
38356	213	5	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/5	6/5	6/5	6/5	6/5
38398	153	4	2	3	3	2	2	7	8	8	7	7	7/4	8/4	8/4	7/4	7/4
38400	153	4	1	1	1	1	1	6	6	6	6	6	6/4	6/4	6/4	6/4	6/4
38401	142	3	2	3	3	2	2	7	8	8	7	7	7/3	8/3	8/3	7/3	7/3
38405	155	2	1	1	1	0	1	6	6	6	6	6	6/2	6/2	6/2	6/2	6/2

### 3.3.6. Profilverkürzungen durch Erosion

Das Regelwerk zur Nutzungsdifferenzierung sieht bei erosionsanfälligen Bodenarten unter Ackernutzung ab einer Hangneigung  $\geq 3,5\%$  eine Profilverkürzung bis an die erosionsresistentere Mittel- oder Basislage oder den Bt-Horizont von Parabraunerden vor (LUNG 2002). Dabei wird davon ausgegangen, dass mit zunehmender Hangneigung die Hauptlage häufig erodiert ist (vgl. Abb. 3.17). Es ist klar, dass diese Annahme und deren Umsetzung stark vereinfacht. Einerseits ist festzustellen, dass im Lössbergland häufig auch der Bt-Horizont erodiert ist. Andererseits werden maßstabsbedingt weder die Bodenarten noch differenzierende Reliefparameter und schon gar nicht historische Landnutzungen Berücksichtigung finden.

Erosionsbedingte Profilverkürzungen werden in der Bodenregion des Berglandes und Bergvorlandes und in den Sandlössgebieten der Geest bei den Hangneigungsstufen 2, 3 und 4 unter der Nutzung Acker vorgenommen. Bei Moor bzw. Moorgley wird keine Erosion simuliert. In der Horizonttabelle der Sachdaten (BK50\_HORIZONT) wird z. B. die Hauptlage einer Parabraunerde (bzw. der Al-Horizont) entfernt. Der Ap-Horizont besteht dann bis 30 cm aus dem ehemaligen Bt-Horizont. Die Horizonttiefen (OTIEF, UTIEF) und der laufende Horizontzähler (HOR\_NR) werden entsprechend angepasst. Die ursprünglichen Angaben der Horizonte werden übernommen, und die untere Tiefe des letzten Cv-Horizontes wird auf 200 cm verlängert (vgl. Abb. 3.17). Im Datenfeld PSONST wird außerdem vermerkt: „Profil erodiert“.

Als Resultat der Profilverkürzungen durch Erosion kommen liegende Horizonte näher an die Oberfläche und werden ggf. bodentypbestimmend (vgl. Kap. 3.3.7).

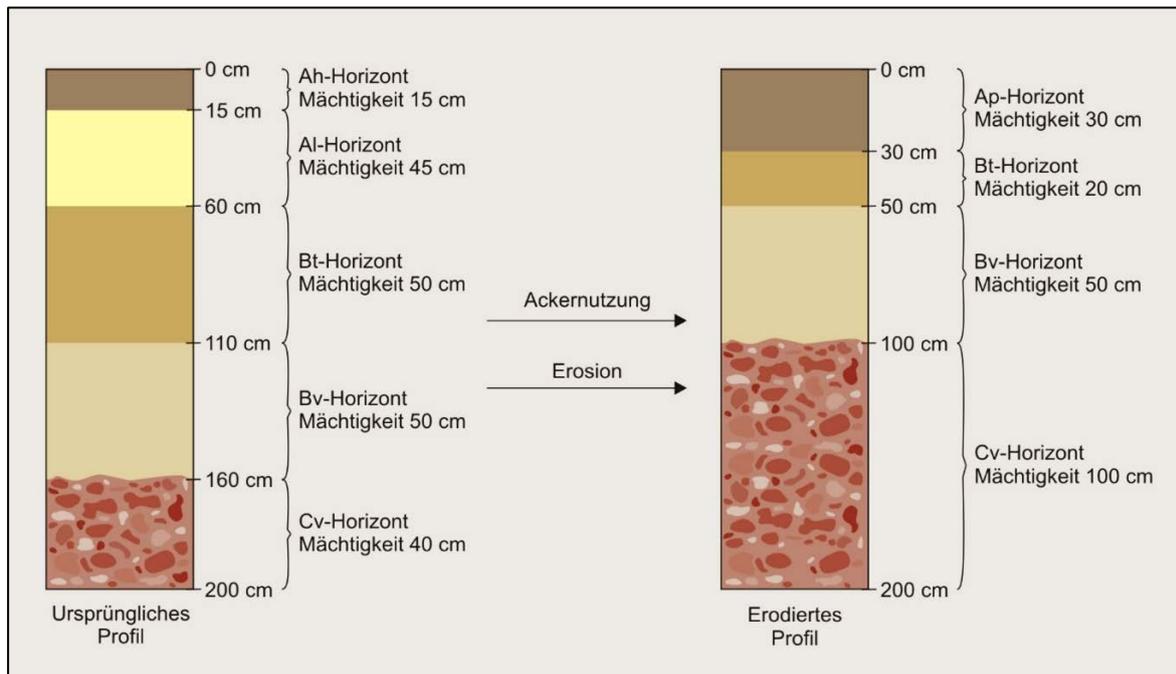


Abb. 3.17: Schema zur Anpassung der Horizontabfolgen, Horizont- und Profilmächtigkeiten durch Erosion am Beispiel einer Parabraunerde unter Ackernutzung an einem Hang der Neigungsklasse 2 und 3 (entspricht >3,5 %) (aus EILERS 2010).

### 3.3.7. Nutzungsabhängige Änderungen im Bodentyp

In Abhängigkeit von der Nutzung ergeben sich durch die oben beschriebenen Regelwerke Änderungen in den Horizontausprägungen. Aus diesem Grund wurden nach der Nutzungsdifferenzierung die Bodentypen erneut abgeleitet, womit Änderungen insbesondere aufgrund von Podsolierung und Profilverkürzungen durch Erosion zu erwarten sind. Insgesamt ergeben sich durch die Nutzungsdifferenzierung in 112 Fällen der Standardprofile Änderungen des Bodentyps. Dies betrifft ca. 550.000 ha oder 11 % der Bodenareale.

Für die Bodenregion der Geest (BR 3) ist davon auszugehen, dass sich insbesondere in den mit Kiefern aufgeforsteten Heiden aus Podsol-Braunerden in den letzten 200 bis 250 Jahren Braunerde-Podssole entwickelten (vgl. DINTER, GEHRT & KRÜGER 2017). Die Profilmodifikationen durch stärkere Podsolierung ist in Tabelle 3.12 dargestellt und betrifft etwa 4 % der Landesfläche.

In Waldböden treten, mit Ausnahme von Böden aus basischen Gesteinen, verbreitet Aeh-Horizonte mit einer Mächtigkeit bis 5 cm auf (BARITZ 2003, vgl. Kap. 3.3.3 „Humusformen unter Wald“). Im Zuge der Nutzungsdifferenzierung wurde die Auswirkung der Humusformen auf die Podsolierung berücksichtigt. So ergibt sich für Braunerden unter Laubwald entsprechend der Humusform die Varietät „podsolierte Braunerde“ (pB), unter Nadelwald ggf. auch eine Podsol-Braunerde (vgl. Tab. 3.12 und 3.13). Diese Änderungen betreffen ca. 2 % der Landesfläche.

Der erosionsbedingte Bodenabtrag kann zum Verlust diagnostischer Bodenhorizonte und damit zur Änderung des Bodentyps führen (s. Kap. 3.3.6). Im letzten Schritt der Nutzungsdifferenzierung wurde deshalb auch hier der Bodentyp neu abgeleitet. Im Vergleich der Grundkarte mit der nutzungsdifferenzierten Karte kann die Auswirkung der Profilverkürzung ermittelt werden (s. Tab. 3.13).

Tab. 3.12: Anpassung der Braunerden an die stärkere Podsolierung unter Nadelwald in der Geest (BR 3).

Grundprofil							nach Anpassung Nadelwald						
BR	BOTYP	HOR_NR	KULTUR	UTIEF	HORIZ	HUMUS	KULTUR	BOTYP	HOR_NR	HORIZ	OTIEF	UTIEF	HUMUS
3	pB	1	0	15	Aeh	h3	FN	B-P	1	Aeh	0	5	h4
		2	15	35	Bv	h0			2	Ae	5	15	h1
3	Bhs	15	35	h1									
3	P-B	1	0	15	Aeh	h3	FN	B-P	1	Aeh	0	2	h4
		2	15	35	Bsv	h1			2	Ahe	2	5	h2
		3	Ae	5	15	h1							
		4	Bhs	15	35	h1							

In Kalksteingebieten finden sich verbreitet sekundäre Rendzinen aus Terra-fusca-Parabraunerden. Mit vergleichbarer Fläche werden Braunerden zu Regosolen. In Tonsteingebieten kommt die Basislage mit den pelitischen Eigenschaften von Pelosol-Horizonten in oberflächennahe Positionen. Bei fehlender Hauptlage trocknet der Boden häufiger aus, und der Prozess des Quellens und Schrumpfens wird verstärkt. Pelosol-Braunerden werden zu reinen Pelosolen. Die Flächengröße dieser sekundären Pelosole ist mit 4.200 ha vergleichsweise gering (vgl. Tab. 3.13). Die Bodenerosion wirkt sich mit über 200.000 ha hingegen bei den Löss-Parabraunerden deutlich aus. Bei den erodierten Parabraunerden ohne Al-Horizont sind sicherlich auch Braunerden mit zusätzlich fehlendem Bt-Horizont subsummiert. Pseudogley-Parabraunerden werden zu Parabraunerde-Pseudogleyen oder reinen Pseudogleyen.

In der Marsch führt die Grundwasserabsenkung zu einer stärkeren Oxidation. Ehemals sulfatsaure Kleimarschen werden zu eisenreichen Kleimarschen. An der Unterelbe sind in Folge der Nutzungsdifferenzierung rund 6.300 ha kulturhistorisch bedeutsamer Marschhufenböden unter Ackernutzung einplaniert. Von Bedeutung ist auch die Umwidmung von ca. 24.000 ha Gleyen mit geringmächtigen Moorauflagen (Moorgleye). Bei Ackernutzung sind auf ca. 25.000 ha die geringmächtigen Torfhorizonte untergepflügt. Dazu kommen ca. 52.000 ha unter Grünlandnutzung, bei denen die Torfmächtigkeit deutlich reduziert ist (s. Tab. 3.13).

Tab. 3.13: Ausgewählte Beispiele der Änderungen im Bodentyp durch die Nutzungsdifferenzierung und Erosion.

Bodentyp Grundprofil	Bodentyp nach Nutzungsdifferenzierung	Summe Flächengröße [ha]
<b>verstärkte Podsolierung</b>		
P-B	B-P	184.500
S-P-B	S-P	5.800
pQ	P-Q	23.700
B	P-B	33.300
S-B	S-pB	20.100
B	pB	19.500
L	pL	5.800
<b>Veränderungen durch Erosion A-C Profile durch Erosion</b>		
CF-L	Z	22.800
B	Q	22.300
<b>Pelosol durch Erosion</b>		
D-B	D	3.300
S-D-B	S-D	900
<b>verkürzte Parabraunerden</b>		
L3	L2	51.800
S-L3	S-L2	75.200
<b>Pseudogleye durch Erosion von Pseudogley-Parabraunerden und Pseudogley-Braunerden</b>		
S-L	S	94.800
S-B	S	9.300
<b>Marsch Oxidation sulfatsaurer Böden nach Grundwasserabsenkung</b>		
MNsf/HN	MNe/HN	14.900
HN\MNsf/MO	HNv/MO	5.800
YM//MC	YM/MN	6.300
<b>Verlust von Moorgleyen unter Acker und Grünland</b>		
HN\G	HNv/G	51.800
HN\G	G	24.400

### 3.4. Qualitätssicherung durch den Vergleich der BK50n mit der BÜK50n

Im Folgenden werden die Unterschiede zwischen der nutzungsdifferenzierten BÜK50n und BK50n beschrieben. Der Vergleich ist zugleich ein Teil der Qualitätssicherung. Durch die Gegenüberstellung ist es möglich, abschließend zu prüfen, ob Abweichungen und Unterschiede plausibel und gewollt sind. Dies gilt für die Bodentypen (Kap. 3.4.1) und vor allem für die Eigenschaften und Merkmale, die in den Auswertungen funktionale Unterschiede begründen (Kap. 3.4.2).

#### 3.4.1. Differenzen zwischen der Bodentypologie der BK50 und der BÜK50

Neben der deutlich höheren räumlichen Differenzierung weist die BK50n gegenüber der BÜK50n auch in bodentypologischer Hinsicht eine inhaltlich viel tiefergehende Beschreibung auf (s. Tab. 3.14).

Ohne Berücksichtigung von Tiefenstufen (126), Überlagerungen (174) und Varietäten („podsolierte/podsolierter [...]“) (35) werden in der BK50n 135 Bodentypen ausgewiesen; damit ist sie gegenüber der BÜK50 mit 84 Bodentypen deutlich spezifischer und differenzierter. Zu nennen sind die eingeführten Bodentypen Bänderparabraunerde, Grauerde, Terra fusca, Brauneisengley, Humuspodsol und diverse Kultosole, deren differenzierte Ausweisung erst durch die Informationsgrundlagen der GK50, Bodenschätzung, Forstlichen Standortskartierung und Reliefdaten möglich wurde (vgl. Kap. 1.4.2 und Tab. 1.11). So sind neben den aus der GK50 vergleichsweise detailliert abgeleiteten Bodenausgangsgesteinen z. B. auch die periglazialen Deckschichten und die Verbreitung bestimmter Bodenmerkmale (z. B. die Podsoligkeit) Grundlage für eine detailliertere Wiedergabe. Die Ausweisung von Spittkulturen erfolgt, abweichend von älteren Bodenkarten (YT), in der BK50n als Spittkulturboden aus Hochmoor (YThh).

Tab. 3.14: Die 47 „Bodengrundtypen“ der BK50 von Niedersachsen in alphabetischer Reihenfolge. Hervorgehoben sind die gegenüber der BÜK50 neu eingeführten Bodentypen.

Bodentyp	Klartext	Bodentyp	Klartext	Bodentyp	Klartext
AB	Vega	<b>Lb</b>	<b>Bänderparabraunerde</b>	P	Podsol
B	Braunerde	MC	Kalkmarsch	<b>Ph</b>	<b>Humuspodsol</b>
<b>CF</b>	<b>Terra fusca</b>	<b>MH</b>	<b>Haftnässemarsch</b>	Q	Regosol
D	Pelosol	MK	Knickmarsch	R	Rendzina
E	Plaggenesch	MN	Kleimarsch	S	Pseudogley
<b>Eb</b>	<b>Brauner Plaggenesch</b>	<b>MNe</b>	<b>Eisenreiche Kleimarsch</b>	T	Tschernosem
F	Felshumusboden	<b>MNsf</b>	<b>Sulfatsaure Kleimarsch</b>	<b>Tg</b>	<b>Grauerde</b>
G	Gley	MO	Organomarsch	<b>YB</b>	<b>Baggerkuhlungs-</b> <b>boden</b>
<b>Ge</b>	<b>Brauneisengley</b>	<b>MOe</b>	<b>Eisenreiche Organomarsch</b>	YD	Sanddeckkultur
<b>Gz</b>	<b>Salzgley</b>	<b>MOsf</b>	<b>Sulfatsaure Organomarsch</b>	<b>YM</b>	<b>Marschhufenboden</b>
HH	Hochmoor	MR	Rohmarsch	<b>YS</b>	<b>Spargelkulturboden</b>
HHv	Erdhochmoor	<b>MRz</b>	<b>Salzrohmarsch</b>	YT	Spittkulturboden
HN	Niedermoore	N	Ranker	YU	Tiefumbruchboden
HNv	Erdniedermoore	OL	Lockersyrosem	Z	Pararendzina
<b>HNz</b>	<b>Salzniedermoore</b>			ZS	Strandboden
<b>IWz</b>	<b>Salzwatt</b>				
K	Kolluvisol				
L	Parabraunerde				

Darüber hinaus werden die Bodentypen durch Übergangsbodentypen und Varietäten weitergehend spezifiziert. Dies betrifft vor allem die Böden des Küstenholozäns, für die marschenspezifische Bezeichnungen wie „eisenreiche“ oder „sulfatsaure“ Böden als Abweichung vom Normtyp beschrieben werden. Bei den Gleyen werden salzhaltige Varietäten ausgewiesen.

Aus der Nutzungsdifferenzierung und der Zuweisung der Humusformen mit entsprechender Anpassung der Horizonte ergeben sich unter Wald zahlreiche Varietäten mit Podsolierung (Tab. 3.15).

Tab. 3.15: Varietäten der BK50 von Niedersachsen in alphabetischer Reihenfolge.

Kürzel	Klartext
pB	podsolierter Braunerde
pG	podsolierter Gley
pGe	podsolierter Brauneisengley
pL	podsolierter Parabraunerde
pLb	podsolierter Bänderparabraunerde
pOL	podsolierter Lockersyrosem
pQ	podsolierter Regosol
pS	podsolierter Pseudogley

Während die meisten der eingeführten Bodentypen in ihrer Flächenrelevanz und Anzahl an Vorkommen nur wenig ins Gewicht fallen, nehmen Terra fusca (0,8 %), Salzwatt (3 %), Salzrohmarsch (0,8 %), Brauner Plaggenesch (1,1 %) und vor allem Tiefumbruchböden (4,7 %) große Areale ein (vgl. Tab. 3.16). Die in Tabelle 3.17 aufgeführten Bodentypen werden in der BK50 nicht mehr verwendet.

Tab. 3.16: Anzahl der Vorkommen, Flächensummen und Flächenanteile der in der BK50 neu eingeführten Bodentypen.

Boden(sub-)typ		Anzahl Areale	Flächensumme	Anteil in Niedersachsen
Kürzel	Klartext	n	[ha]	[%]
<b>Terrestrische Böden</b>				
Tg	Grauerde	356	16.600	0,3
Lb	Bänderparabraunerde	781	21.000	0,4
CF	Terra fusca	1.282	37.000	0,8
Ph	Humuspodsol	1	12	0,0
<b>Semiterrestrische Böden</b>				
Ge	Brauneisengley	460	8.000	0,2
Gz	Salzgley	23	300	0,0
HNz	Salzniedermoor	6	120	0,0
IWz	Salzwatt	669	143.000	3,0
MRz	Salzrohmarsch	219	6.490	0,8
MH	Haftnässemarsch	65	2.560	0,1
MNe	Eisenreiche Kleimarsch	269	20.240	0,4
MNsf	Sulfatsaure Kleimarsch	322	14.470	0,3
MOe	Eisenreiche Organomarsch	106	3.930	0,1
MOsf	Sulfatsaure Organomarsch	152	6.090	0,1
<b>Kultosole</b>				
Eb	Brauner Plaggenesch	2.340	51.500	1,1
YBhh	Baggerkuhlungsboden aus Hochmoor	67	3.340	0,1
YM	Marschhufenboden	380	19.104	0,4
YS	Spargelkulturboden	80	1.890	0,0
YThh	Spittkulturboden aus Hochmoor	46	4.840	0,1
YU	Tiefumbruchboden	9.745	227.990	4,7
	...davon aus Mineralboden	6.857	141.990	2,9
	...davon aus Moorboden	2.888	86.000	1,8

Tab. 3.17: In der BK50 nicht mehr geführte Bodentypen.

Kürzel	Klartext	Anmerkungen
MD	Dwogmarsch	nach heutigem Verständnis eine überlagerte (fossile) Bodenbildung in der Bodenregion des Küstenholozäns und daher kein eigenständiger Bodentyp
O	Syrosem	auf Grund unsicherer Kenntnisse kein qualitätsgesichertes Bodenprofil darstellbar; aus heutiger Sicht keine im Maßstab 1 : 50.000 darstellbare Verbreitung in Niedersachsen
SH	Haftnässepseudogley (KA5: Haftpseudogley)	aus heutiger Sicht keine im Maßstab 1 : 50.000 darstellbare Verbreitung in Niedersachsen
YR	Rigosol	auf Grund unsicherer Kenntnisse kein qualitätsgesichertes Bodenprofil darstellbar; ansonsten aus heutiger Sicht keine im Maßstab 1 : 50.000 darstellbare Verbreitung in Niedersachsen

Tab. 3.18: Flächensummen der Bodentypen (ohne Überlagerungen) im Vergleich der BÜK50 mit der BK50.

Hauptbodentyp	Subtypen der Böden	BÜK50	BK50	Differenz (Zu- bzw. Abnahme)	Bemerkung / Hinweise für die Unterschiede
		[ha]			
Rendzina (R)	Normtyp R	56.773	15.723	-41.050	deutliche Abnahme (zu Z und zu CF-L)
	Haupt-/Nebenbodentyp R	2.974	0	-2.974	R im Nebenbodentyp entfällt
Pararendzina (Z)	Normtyp Z	47.522	58.209	+10.687	Zunahme aus R
	Haupt-/Nebenbodentyp Z	887	7.283	+6.396	Zunahme aus R
Tschernosem (T)	Normtyp T	912	0	-912	entfällt, da T in Nds. nur durch G und S erhalten ist
	Haupt-/Nebenbodentyp T	49.560	62.086	+12.525	Zunahme durch konsequente Auswertung der BS
Grauerde (Tg)	Haupt-/Nebenbodentyp Tg	0	16.638	+16.638	neu
Braunerde (B)	Normtyp B	279.102	187.878	-91.224	deutliche Abnahme, da mehr Übergangsbodentypen
	Haupt-/Nebenbodentyp B	708.981	782.454	+73.473	
Parabraunerde (L)	Normtyp L	122.024	157.927	+35.903	Zunahme durch konsequente Ausweisung der perigl. Deckschichten
	Haupt-/Nebenbodentyp L	23.366	263.658	+240.291	
Bänderparabraunerde (Lb)	Normtyp Lb	0	11.847	+11.847	neu: Ausweisung der Lb auf geringmächtigen Lösssand
Podsol (P)	Normtyp P	503.897	273.702	-230.195	durch Nutzungsdifferenzierung
	Haupt-/Nebenbodentyp P / Varietät p	1.092.431	1.494.466	+402.035	mehr Varietäten
Pseudogley (S)	Normtyp S	173.919	136.162	-37.757	Abnahme, i. d. R. zu G
	Haupt-/Nebenbodentyp S	844.087	739.175	-104.912	
Vega (Ab)	Normtyp AB	78.124	48.713	-29.411	deutliche Abnahme, da mehr Übergangsbodentypen
	Haupt-/Nebenbodentyp AB	57.893	78.211	+20.318	
Gley (G)	Normtyp G	314.205	307.367	-6.838	
	Haupt-/Nebenbodentyp G	593.736	786.607	+192.871	Zunahme aus S
Hochmoor (HH)	naturnah (HH)	1.509	1.487	-22	insgesamt 40.000 ha weniger Zunahme der kultivierten Hochmoore durch gezielte Kartierung
	vererdet (HHv)	263.367	206.218	-57.149	
	kultiviert (YB, YD, YT, YU)	64.092	76.592	+12.500	
Niedermoor (HN)	naturnah (HN)	0	874	874	Zunahme der kultivierten Niedermoores aufgrund gezielter Kartierung
	vererdet (HNv)	283.205	236.193	-47.012	
	kultiviert (YD, YU)	9.292	55.175	+45.883	
Kolluvium (K)	Normtyp K	17.437	81.947	+64.509	durch Berücksichtigung der Bodenerosion und Einarbeitung der Tiefenbereiche Zunahme der Areale mit Kolluvien
	Nebenbodentyp K	0	4.985	+4.985	
Kultosole	Kultosole gesamt (E, Eb, YB, YD, YM, YR, YS, YT, YU)	320.194	456.307	+136.113	Zunahme der Kultosole durch gezielte Kartierung
Eschboden (E, Eb)	Normtyp E	173.556	186.280	+12.724	Zunahme der Esche durch gezielte Kartierung
	Varietät Eb	137.346	227.987	+90.641	
Umbruchboden (YU)	...aus Mineralboden	68.417	117.268	+48.851	Zunahme der Umbruchböden durch gezielte Kartierung
	...aus Torf	68.929	110.720	+41.790	

Aus der direkten Gegenüberstellung der 10 flächenrelevantesten Bodentypen (vgl. Tab. 3.18) der BK50 bzw. BÜK50 (ohne Berücksichtigung von Tiefenstufen und Varietäten) wird ersichtlich, dass eine Rangverschiebung zugunsten der Gleye zu verzeichnen ist, während Podsolböden etwas zurücktreten. In der BK50 sind zudem weniger Erdhoch- und Erdniedermoores sowie Pseudogley-Parabraunerden vertreten.

Tab. 3.19: Flächensummen und Häufigkeit der zehn meistverbreiteten Bodentypen der BÜK50n und BK50n im Vergleich.

BÜK50n – TOP 10					
Nr.	BOTYP	ha	ha NI [%]	n	n NI [%]
1	P	503.897	10,6	9.878	11,5
2	G-P	421.174	8,8	9.891	11,6
3	G	314.205	6,6	7.019	8,2
4	S-L	294.170	6,2	4.175	4,9
5	B	279.102	5,8	4.110	4,8
6	HHv	258.394	5,4	2.560	3,0
7	S-B	218.324	4,6	4.198	4,9
8	S-P	211.590	4,4	4.609	5,4
9	P-B	200.388	4,2	3.469	4,1
10	HNv	183.421	3,8	3.217	3,8
<b>Summe</b>		2.884.665	60,4	53.126	62,1

BK50n – TOP 10					
Nr.	BOTYP	ha	ha NI [%]	n	n NI [%]
1	G-P	390.399	8,1	15.915	8,5
2	G	298.774	6,2	13.858	7,4
3	P	273.702	5,7	10.502	5,6
4	P-G	235.396	4,9	9.595	5,1
5	P-B	233.624	4,8	7.083	3,8
6	S-P	222.795	4,6	8.898	4,7
7	B	218.727	4,5	10.233	5,5
8	HHv	205.154	4,2	4.960	2,6
9	S-P	196.546	4,1	8.937	4,8
10	B-P	194.150	4,0	4.385	2,3
<b>Summe</b>		2.469.266	51,1	94.366	50,3

### 3.4.2. Evaluierung der BK50n durch Auswertungsmethoden

Bei der Erstellung der BK50 wurde bereits im Vorfeld berücksichtigt, dass die Daten die Grundlage für die bodenkundlichen Auswertungsmethoden bieten sollen. So wurden vor der Veröffentlichung der Karte Arbeitsversionen in das MeMaS<sup>®</sup> eingebunden, um die Anwendbarkeit und Kompatibilität der programmierten Methoden mit dem neuen Kartenwerk sicherzustellen. Im Prozess dieser Evaluierung der Methoden wurden Lücken in den Auswertungen geschlossen, da die BK50n zum Teil komplexere Informationen lieferte als die bisher verwendete Bodenkundliche Übersichtskarte BUEK50. So werden in der BK50n deutlich mehr Bodentypen ausgewiesen als in der BUEK50. Methoden, in denen der Bodentyp als Eingangsdatum verwendet wird (Denitrifikationspotenzial, Biologische Aktivität der Böden), mussten dementsprechend erweitert werden. Einige Methoden sind grundlegend neu aufgesetzt worden, wie z. B. die Auswertung zur Bodenfruchtbarkeit (BFR).

Zur Qualitätssicherung der BK50n hat beigetragen, dass die hierauf basierenden Methodenergebnisse sogleich mit denen der BUEK50 durch statistische Auswertungen in Form von Histogrammen verglichen wurden. Bereiche mit stark abweichenden Ergebnissen wurden in Form

von Karten herausgearbeitet und ggf. in der BK50 nachgearbeitet. Bei einigen Kennwerten, wie zum Beispiel den Grundwasserständen, wurden auf Grundlage der Auswertungskarten noch Anpassungen vor der Veröffentlichung vorgenommen.

Anhand des Beispiels der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) soll das Vorgehen erläutert werden. Abbildung 3.18 zeigt im Vergleich die nFKWe für den Landkreis Hildesheim, Abbildung 3.19 die Differenzen nach räumlicher Verschneidung.

Anhand Abbildung 3.19 lässt sich schnell erfassen, dass ein Großteil des Landkreises Hildesheim nahezu gleich bewertet wird (graue Farben). Die Lössböden im Norden erreicht bei beiden Auswertungen die höchste Stufe, wie auch die Senkenbereiche im Berg- und Hügelland. Größere Unterschiede gibt es in den Hang- und Kuppenbereichen der Höhenzüge des Berglandes. Hier kommen auch größere Veränderungen in den Klassenzuweisungen vor. Dies ist primär durch den höheren Detaillierungsgrad der BK50 und die Umsetzung der Deckschichtgliederung (vgl. Kap. 1.4.1.3) mit den daraus resultierenden Bodentypenausweisungen begründet. In der BUEK50 sind dagegen geringmächtige A-C-Böden dominierend.

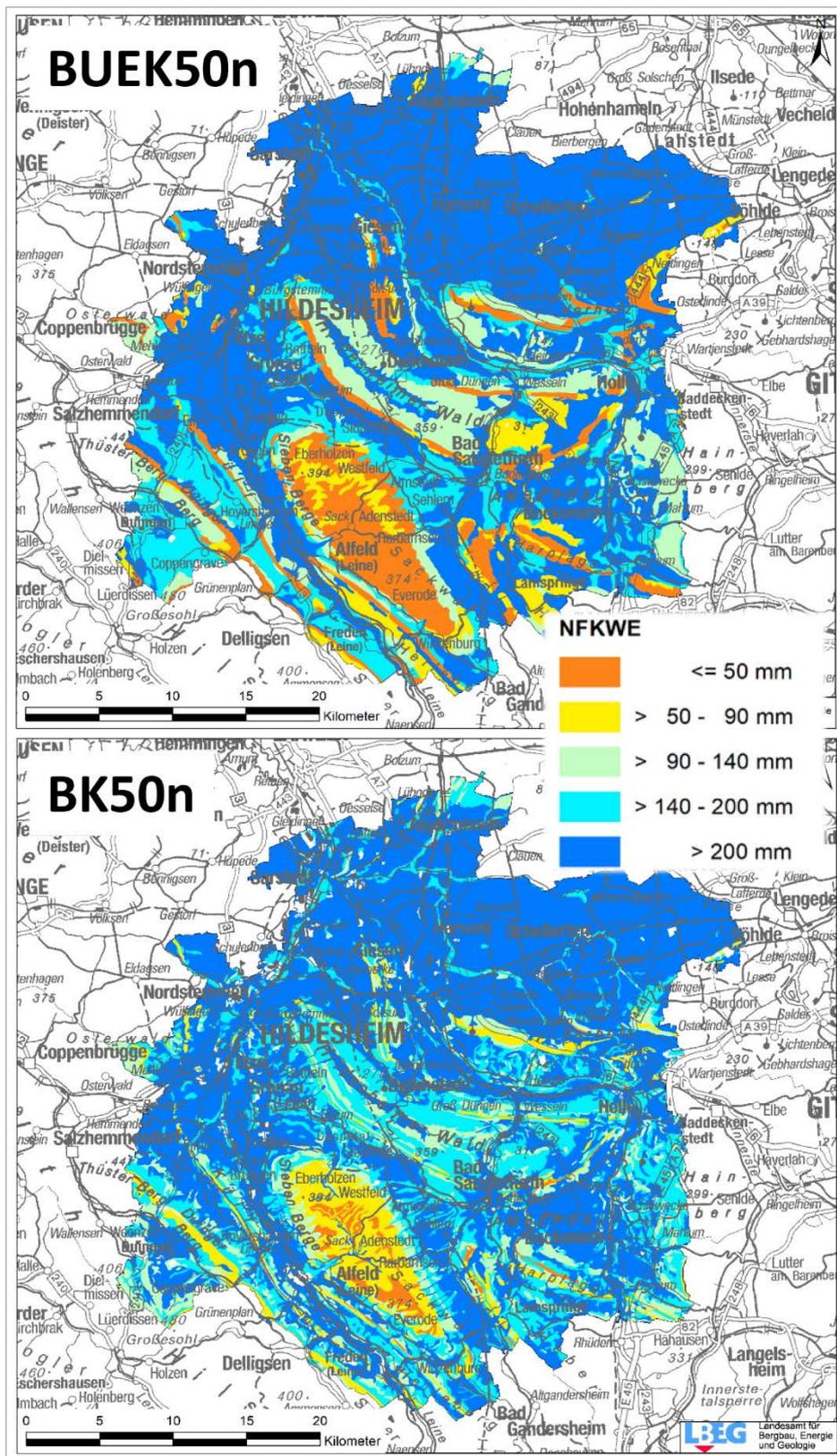


Abb. 3.18: Gegenüberstellung der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum in der BÜK50n und der BK50n im Landkreis Hildesheim.

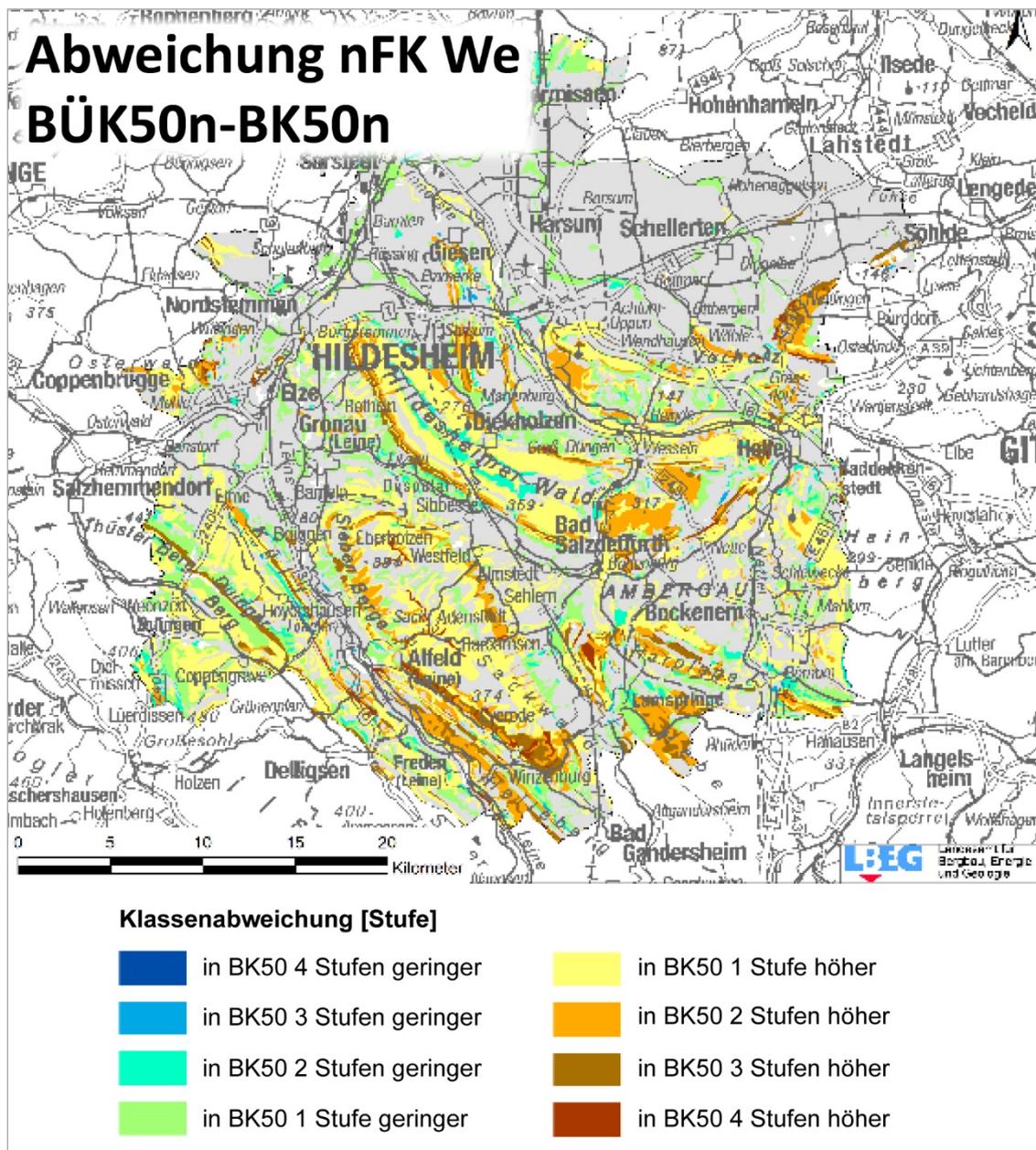


Abb. 3.19: Vergleich der Nutzaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum im Landkreis Hildesheim auf Basis der BÜK50n und der BK50n.

Bei der Validierung der BK50n mit Hilfe von Auswertungskarten wurde geprüft, ob Abweichungen in den Methodenergebnissen mit neuen, eingeflossenen Erkenntnissen begründbar sind. Basieren die Abweichungen auf Veränderungen der Bodenformen und Substrate, sind die aktuellen Ergebnisse der Methodenanwendungen nachvollziehbar und plausibel. Abbildung 3.20 zeigt einen Landschaftsausschnitt

mit detaillierter Analyse der Ursachen für unterschiedliche Kennwertableitungen (hier Pflanzenverfügbares Bodenwasser). Die Analyse zeigt auch die deutlich höhere räumliche Auflösung und Detailschärfe der BK50n im Vergleich zur BUEK50n.

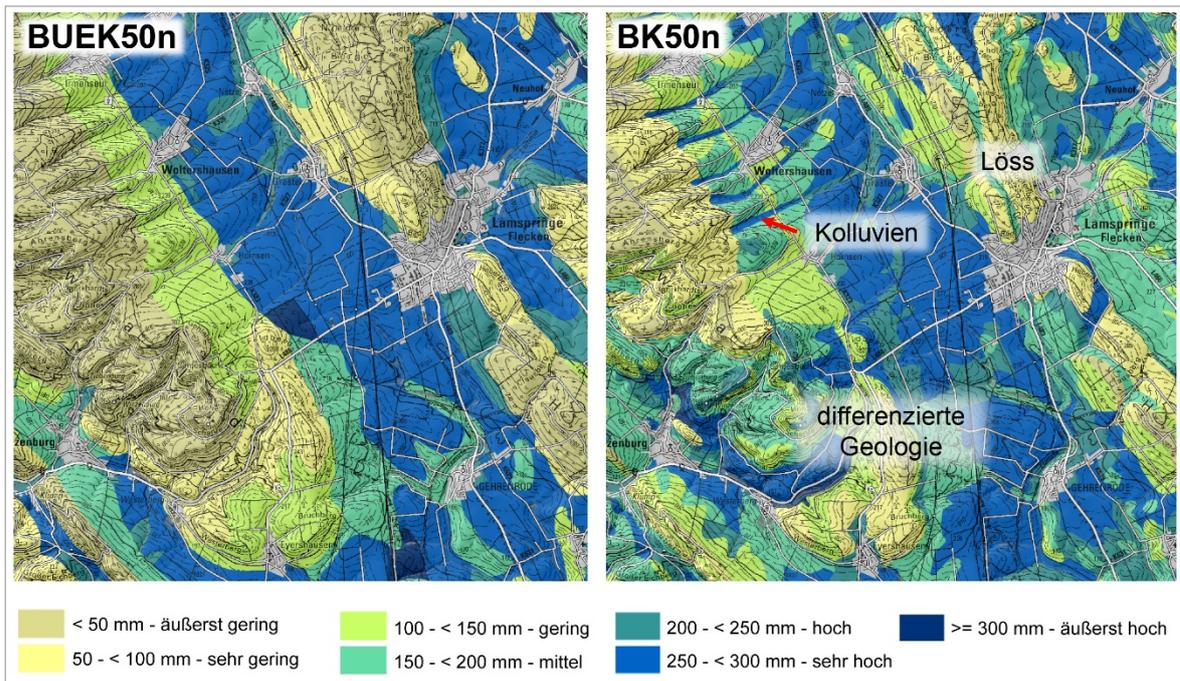


Abb. 3.20: Pflanzenverfügbares Bodenwasser auf Basis der BK50n und der BUEK50n.

Ein extremes Beispiel für die Veränderung abgeleiteter Kennwerte im Vergleich BK50n – BUEK50n bietet die einfache Methodenanwendung „Verschlammungsneigung der Oberböden“. Als Eingangswert wird lediglich die Bodenart des Oberbodens genutzt. Abbildung 3.21 zeigt den niedersachsenweiten Vergleich der Ergebnisse. Insbesondere im östlichen Teil der Geest gibt es einen Klassensprung zu verzeichnen. Während bei der Auswertung auf Basis der BUEK50 dort flächendeckend eine „geringe Verschlammungsneigung“ ausgewiesen wird,

ist bei der BK50-Auswertung die Klasse „sehr starke Verschlammungsneigung“ dominant. Dies ist auf die höheren Schluffgehalte im Oberböden bzw. im Geschiebedecksand in der östlichen Geest zurückzuführen (Kap. 1.4.1.3). Die Methode reagiert auf den Schluffgehalt sensibel. Durch die Auswertung der NIBIS®-Profil- und Labordatenbank und die Hinzuziehung der Bodenschätzungsdaten konnten die höheren Schluffgehalte in der BK50n im Vergleich zur BUEK50n bestätigt werden.

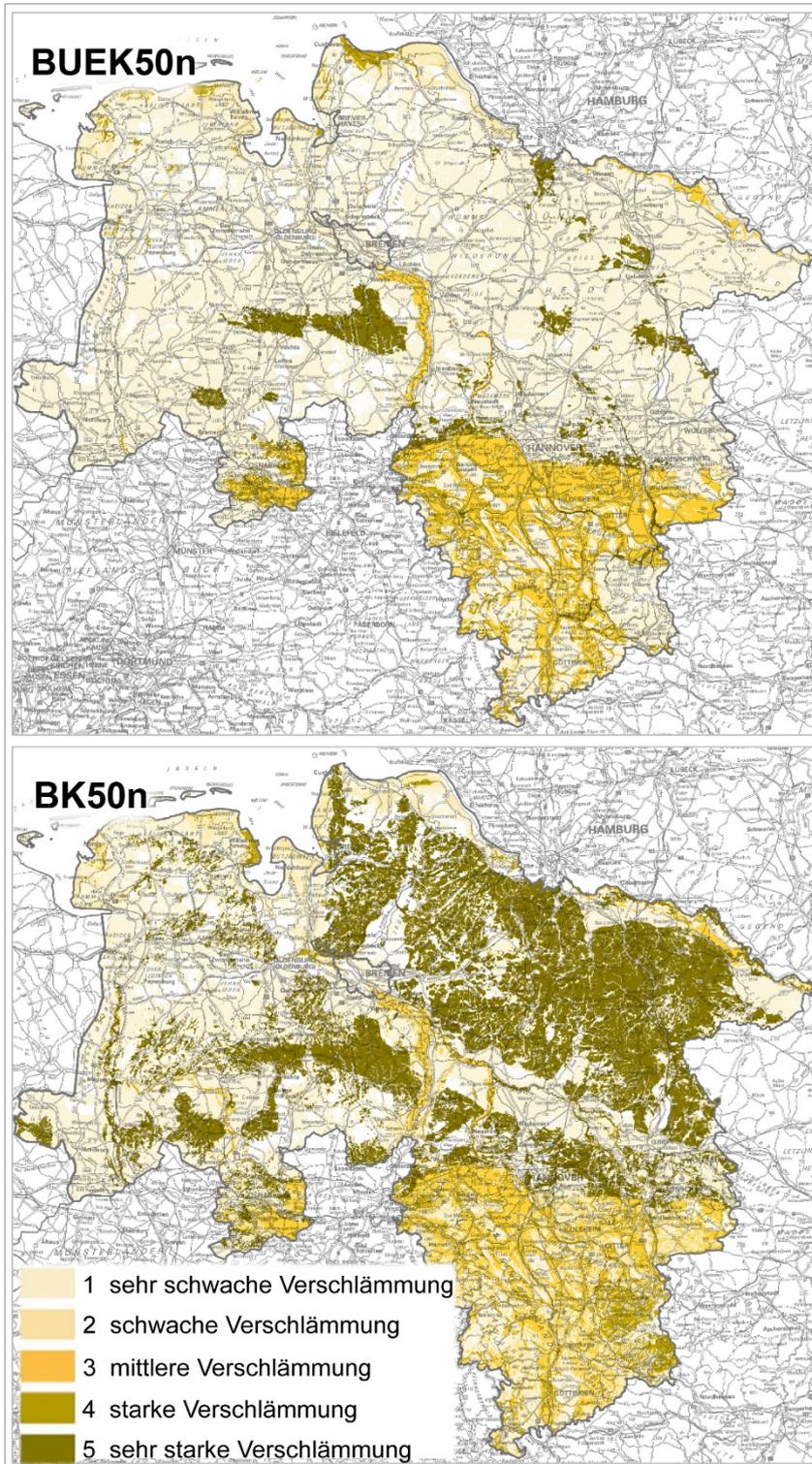


Abb. 3.21: Verschlammungsneigung der Oberböden in Niedersachsen auf Basis der BUEK50n und der BK50n.

## 4. Teil 4: Informationen zu den Bodenflächendaten – Technische Dokumentation

SVEN EVERTSBUSCH, DIRK PRAUSE,  
SILVIA DIELER, JAN SBRESNY & ERNST GEHRT

### 4.1. Einleitung

Mit der Bodenkarte im Maßstab 1 : 50.000 (BK50) liegen für ganz Niedersachsen aktuelle Bodenflächendaten vor. Sie enthält hochauflösende, einheitliche und blattschnittfreie Informationen über die Verbreitung und Eigenschaften der Böden Niedersachsens und löst die alte Bodenübersichtskarte (BÜK50) ab (BOESS et al. 2004).

Diese Dokumentation informiert über Aufbau und Struktur der digitalen Bodenflächendaten der BK50. Sie gibt einen allgemeinen Überblick zur Datenorganisation und -bereitstellung und erläutert im Speziellen die Begriffe, Wertebereiche und Größen der einzelnen Datenfelder. Sie soll vornehmlich als Anleitung für Datennutzer und -anwender dienen, welche die Daten in einem Geoinformationssystem (GIS) weiterverarbeiten. Neben diesen speziellen Erläuterungen zur technischen Datendokumentation werden in den allgemeinen Erläuterungen (s. Teil 1–3) darüber hinaus die fachlichen Grundlagen zur Entwicklung und Konzeption der BK50 beschrieben.

Um dem Datennutzer und -anwender die Suche nach dem umfangreichen Informationsangebot auf der LBEG-Webseite zu erleichtern, verweisen *Hyperlinks* innerhalb dieses Dokuments auf die entsprechenden Internetseiten.

### 4.2. Datenorganisation und -bereitstellung

Das LBEG bietet zahlreiche Karten und Daten sowie geowissenschaftliche Publikationen an, die als Planungs- und Bewirtschaftungsgrundlage dienen. Die Geofachdaten werden digital im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS® gesammelt. Ihre Darstellung erfolgt vor allem in Form von Karten in Übersichtsmaß-

stäben 1 : 500.000 und 1 : 200.000 für landesweite Planungen und im allgemeinen Planungsmaßstab 1 : 50.000 (teilweise 1 : 25.000). Über den NIBIS® Kartenserver und zahlreiche Download-Angebote wird die schnelle Verfügbarkeit für jeden Interessierten gewährleistet. Bei Bedarf können Karteninformationen als digitaler Datensatz zur Weiterverarbeitung bestellt werden. Weitere Auskünfte über Art und Umfang der zur Verfügung stehenden Daten können auf den Internetseiten des LBEG eingesehen werden (*Karten, Daten und Publikationen im LBEG*).

#### 4.2.1. Grundlagen zur Datenorganisation

Allgemein sind Geofachdaten raumbezogene Daten aus einem bestimmten Fachgebiet. Sie setzen sich aus ihrer Geometrie, Topologie, den Sach- und Metadaten zusammen. Alle Daten werden im einheitlichen Lagebezugssystem „Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989“ (ETRS89)/UTM-Zone N32 mit 8stelligem Ostwert (EPSG 4647) gespeichert. Ein Teil der Geofachdaten wird themenbezogen und dateibasiert auf dem Datenserver verwaltet, so z. B. Symboldateien zur Darstellung der Themen in Karten, Erläuterungstexte, Bilder und Grafiken. Die Fachdatengeometrie- und Sachdaten werden zentral in ArcGIS®-SDE- und Sachdatenbanken auf dem Datenbankserver (SQL-Server) bereitgestellt.

Die Geometrien werden in SDE-Datenbanken, organisiert nach Fachgebiet und Thema, als SDE-Feature Class gespeichert. Neben den Standardattributen, die an den Geometrien hängen, werden erweiterte Informationen in den Tabellen der Sachdatenbank abgelegt.

Die topografische Grundlage aller angebotenen Geofachdaten sind die ATKIS®-Rasterdaten in unterschiedlichen Maßstäben (TK25, TK50, TK100, ÜKN500) der Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen (LGLN) oder die TÜK200 des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (BKG). Diesen Behörden obliegt die Erhebung, Bereitstellung und Pflege dieser amtlichen Geobasisdaten.

Metadaten sind übergeordnete dokumentierende und beschreibende Informationen über Geodaten und Geodatendienste, wie z. B. Fachanwendungen, die dem Nutzer strukturiert zur Verfügung gestellt werden. Die Metadaten

zu den Geofachdaten werden im Management Center der CARDO-Administration erfasst und gepflegt. Dem externen Kunden werden die Metadaten über die *NIBIS-Metadaten-Internetseite* und den Kartenserver zur Verfügung gestellt (LBEG 2014).

#### 4.2.2. Bodenkundliche Kartenprodukte

Die *bodenkundlichen Fachinformationen* stellt das LBEG den Nutzern in Form von Karten unterschiedlicher Maßstäbe und digitalen Datensätzen aus dem NIBIS® zur Verfügung. Die Kartenwerke sind so konzipiert, dass sie für vielfältige Fragestellungen nutzbar sind. In Bodenkarten wird der Boden bis in 2 m Tiefe bzw. bis zur Obergrenze des Festgesteins dargestellt. Bodentypen (z. B. Parabraunerde, Gley), Bodenartengruppen (z. B. Reinsande, Sandschluffe,

Tonlehme) oder Bodenartenuntergruppen (z. B. schwach toniger Schluff über sandigem Lehm) und Angaben zum geologischen Ausgangsgestein (z. B. Löss über Geschiebelehm) wie auch zum Grundwasserstand bei grundwasserbeeinflussten Böden gehören zum Karteninhalt.

Eine Ausnahme bildet die BK50-Bodentypenkarte. Sie stellt als Auszug aus der BK50-Bodenflächendatenbank lediglich die Verbreitung der Hauptbodentypen ohne weitere Angaben dar (Abb. 4.1).

Eine Übersicht der bodenkundlichen Kartenprodukte liefert folgende Auflistung (Tab. 4.1). Umfassende Informationen zum Produktspektrum können dem *Produktkatalog des LBEG* entnommen werden.

Tab. 4.1: Übersicht von bodenkundlichen Produkten des LBEG.

Produkt	erhältlich als
Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 25.000 (BK25)	Plotausgabe (analog/digital) im Blattschnitt ArcGIS®-Shapefile
Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000 (BK50)	ArcGIS®-Shapefile mit Access-Datenbank (Komplett- oder Teillieferung „Titeldaten“)
BK50-Bodentypenkarte 1 : 50.000	Plotausgabe (analog/digital) im Blattschnitt
Bodenkundliche Übersichtskarte von Niedersachsen und Bremen 1 : 500.000 (BUEK500)	Plotausgabe (analog/digital) ArcGIS®-Shapefile
Bodenkarten auf Grundlage der Bodenschätzung 1 : 5.000 (BS5)	ArcGIS®-Shapefile
Forstliche Standortskarte von Niedersachsen 1 : 25.000 (FORST25)	Plotausgabe (analog/digital) im Blattschnitt ArcGIS®-Shapefile (genehmigungspflichtig!)
Historische Landnutzung in Niedersachsen 1 : 25.000 (HIST25)	Plotausgabe (analog/digital) im Blattschnitt ArcGIS®-Shapefile
Bodenkundliche Auswertungskarten zu diversen Themen auf Grundlage der BK50	ArcGIS®-Shapefile



### 4.2.3. Bereitstellung und Abgabe von Daten

Auf Anfrage können digitale Datensätze wahlweise im Blattschnitt oder für ausgewählte Gebiete zur Weiterverarbeitung im GIS angefordert werden (*Bestellhinweise*). Dabei werden die Topografischen Karten vom LBEG nicht mitgeliefert. Diese können beim LGLN bezogen werden.

Bei der digitalen Komplettlieferrung werden ArcGIS®-Shapedateien und eine Access-Datenbank mit den Profil- und Horizontdaten geliefert (Tab. 4.2). Die Teillieferung „Titeldaten“ umfasst nur die Datenfelder Bodentyp [BOTYP], Bodenartlicher [BOATYP] und Geologischer Profiltyp [GEOTYP] sowie mittlerer Grundwasserhoch-/niedrigstand [MHGW/MNGW] bei grundwasserbeeinflussten Böden aus der Sachdatentabelle [BK\_PROFIL] (Tab. 4.6).

Tab. 4.2: Abgabedateien und -formate.

Dateiformat	Typ	Erläuterung
.dbf	DBF-Datei	Sachdaten im dBASE-Format (Attribute-Tabelle)
.lyr	ArcGIS Layer	(Design-)Legendendatei eines Shapefiles
.prj	PRJ-Datei	(Karten-)Projektion der Daten
.sbn	SBN-Datei	räumlicher Index
.sbx	SBX-Datei	räumlicher Index
.shp	SHP-Datei	Speicherformat der Geometriedaten
.shp.xml	XML-Dokument	Metadaten zum Shapefile
.shx	SHX-Datei	Index der Geometrie zur Verknüpfung der Sachdaten
.mdb .accdb	MS Access Database	Standard-Datenbank-Format von Microsoft Access®

Quelle: ESRI (2016): ArcGIS®-Hilfebibliothek, <http://resources.arcgis.com/de/help/>, Abruf am 30.11.2017.

### 4.3. Informationen zu den Bodenflächendaten der BK50

Es folgt die Beschreibung über Aufbau und Struktur der digitalen Bodenflächendaten. Im Einzelnen werden die Begriffe, Wertebereiche und Größen der einzelnen Sachdatentabellen sowie deren Datenfeldinhalte dargestellt.

#### 4.3.1. Aufbau der Bodenflächendatenbank

Die BK50 ist eine Bodenflächendatenbank, deren Gesamtheit aus räumlichen Flächendaten (Geometriedaten) und inhaltlich beschreibenden Sachdaten (Attribute) das komplette Bodeninventar Niedersachsens erschließt. Bei der Erstellung wurde auf die Einhaltung niedersächsischer und bundesweiter Konventionen geachtet,

insbesondere das Konzept zur Vereinheitlichung der Bodenkarte 1 : 50.000 (AD-HOC-AG BODEN 2006).

#### 4.3.1.1. Datenstruktur im NIBIS®

Die Bodenkarten im NIBIS® bestehen aus scheinbar homogenen Flächen, den Kartiereinheiten, die jeweils durch eine charakteristische Leitbodenform und Aufzählung von vergesellschafteten Begleitböden beschrieben werden. Die Geometriedaten werden mit dem Geoinformationssystem ArcGIS® von ESRI gespeichert und verwaltet. Dabei wird jedem Flächenpolygon eine eindeutige Flächennummer über die Tabelle [BK50\_FLAECHEN] zugewiesen. Technisch sind sie in Form einer Datensammlung von Dataset-Typen (Polygon-Feature-Class und Attributtabelle) als Geodatenbank auf dem zentralen Datenbankserver in der Datenbank NIBIS\_BODENKARTEN abgelegt.

Die Speicherung und Verwaltung der Sachdaten, also der Kartiereinheiten und der dazugehörigen Profile, erfolgt als Datenbanktabellen mit dem relationalen Datenbankmanagementsystem SQL-Server. Dabei werden die Kartiereinheiten, Profil- und Horizontdaten in jeweils einer eigenen Sachdatentabelle abgelegt, die blattschnittfrei alle Daten Niedersachsens enthält. Die Kartiereinheiten sind bodenlandschaftlich in Bodenregion, -großlandschaft und -landschaft gegliedert [BK\_BL\_GLIEDERUNG]. Die

Summe aller Leitbodenformprofile bildet die Generallegende [BK50\_LEGENDE]. Die Profile werden logisch getrennt in die Titeldaten, die zum ganzen Profil gehören [BK\_PROFIL], und die Horizontdaten, die jeweils einem Abschnitt des in der Regel 2 m tiefen Profils entsprechen [BK\_HORIZONT].

Das logische Datenmodell der Bodenflächendaten ist in Abbildung 4.2 durch ein Entity-Relationship-Diagramm dargestellt.

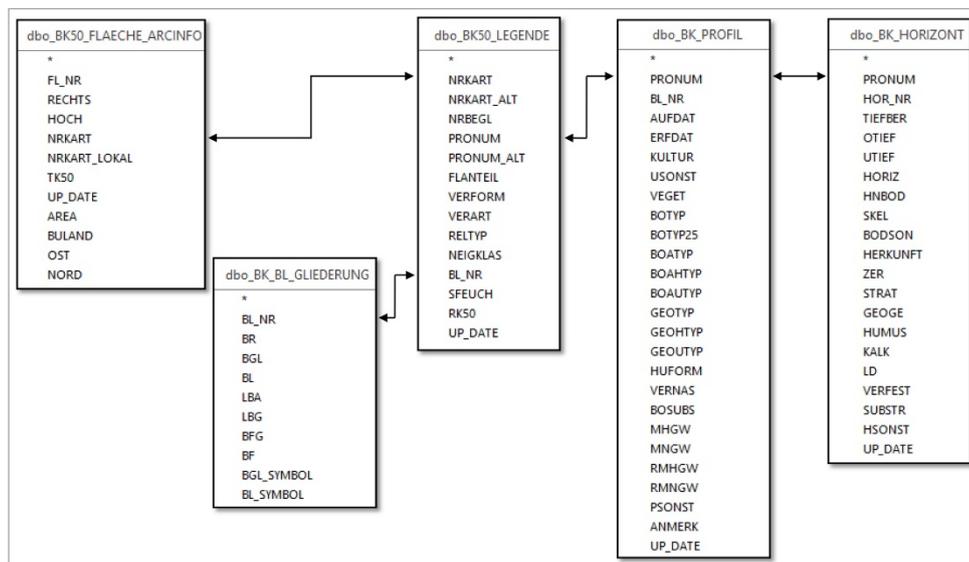


Abb. 4.2: Entity-Relationship-Diagramm der logischen Datenstruktur im NIBIS®.

#### 4.3.1.2. Sachdatentabellen der Datenbank

Die Datenbank besteht aus fünf Sachdatentabellen (vgl. Abb. 4.2):

1. [BK50\_FLAECHE]  
Standardattribute der Flächengeometrien (Tab. 4.3),
2. [BK\_BL\_GLIEDERUNG]  
Bodenlandschaftliche Gliederung (Tab. 4.4),
3. [BK50\_LEGENDE]  
Kartier-/Legendeneinheiten (Tab. 4.5),
4. [BK\_PROFIL]  
Titeldaten zum Profil (Tab. 4.6),
5. [BK\_HORIZONT]  
Horizontbezogene Daten (Tab. 4.7).

Die folgenden Übersichten (Tab. 4.3 bis 4.7) listen die einzelnen Inhalte der Sachdatentabellen auf. In der zweiten Tabellenspalte „eindeutig“ ist das Schlüsselfeld (Primärschlüssel) zur eindeutigen Identifizierung für den Datensatz gekennzeichnet. Der „Felddatentyp“ legt fest, welcher Art die Daten sind (Text oder Zahl usw.), wie lang eine Zahlenfolge sein darf (z. B.: (10,3) = 10stellige Zahl mit drei Nachkommastellen) und ob ein Eintrag erforderlich ist (<NOT NULL>). Die in der letzten Spalte „erläutert“ angegebene Kennung besagt, welche Datenfelder im Weiteren detaillierter erklärt werden (i = Datenfeld mit technischem Inhalt, nicht weiter beschrieben; E = Inhalt des Datenfeldes wird in Kapitel 4.3.2 ausführlich erläutert).

### Standardattribute der Flächengeometrien [BK50\_FLAEICHE]

Die Tabelle [BK50\_FLAEICHE] enthält pro Fläche einen Datensatz mit den Feldern [FL\_NR] für die Flächennummer und [NRKART] für die Nummer der Kartiereinheit (Tab. 4.3). Die Verbindung zur Tabelle [BK50\_FLAEICHE] erfolgt über das Feld [NRKART].

Tab. 4.3: Sachdatentabelle [BK50\_FLAEICHE].

Feldname	ein-deutig	Felddatentyp	zulässige Werte	Beschreibung [BK50_FLAEICHE]	erläu-tert
FL_NR	ja	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Flächennummer	i
RECHTS	nein	Long Integer, (10,3)	Koordinatenwert in ETRS89/UTM32	Rechtswert-Koordinate	i
HOCH	nein	Long Integer, (10,3)	Koordinatenwert in ETRS89/UTM32	Hochwert-Koordinate	i
NRKART	nein	Long Integer, <NOT NULL>	positive und negative Ganzzahlen	Nummer der Kartiereinheit	E
TK50	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	TK50-Blattnummer	i
UP_DATE	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Datum der letzten Änderung	i
AREA	nein	Double	positive Kommazahlen	Flächengröße des Polygons in m <sup>2</sup>	i

### Bodenlandschaftliche Gliederung [BK\_BL\_GLIEDERUNG]

Die Tabelle [BK\_BL\_GLIEDERUNG] zeigt alle vorkommenden Bodenregionen, -großlandschaften und -landschaften (Tab. 4.4). Die Verbindung zu [BK50\_LEGENDE] erfolgt über das Datenfeld [BL\_NR].

Tab. 4.4: Sachdatentabelle [BK\_BL\_GLIEDERUNG].

Feldname	ein-deutig	Felddatentyp	zulässige Werte	Beschreibung [BK_BL_GLIEDERUNG]	erläu-tert
BL_NR	ja	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Nummer der bodenland- schaftlichen Einheit	i
BR	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Nummer der Bodenregion	i
BR_NAME	nein	Varchar(100)	Zeichenkette mit max. 100 Zeichen	Name der Bodenregion	E
BGL	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Nummer der Bodengroß- landschaft	i
BGL_NAME	nein	Varchar(100)	Zeichenkette mit max. 100 Zeichen	Name der Bodengroßland- schaft	E
BL	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Nummer der Bodenland- schaft	i
BL_NAME	nein	Varchar(100)	Zeichenkette mit max. 100 Zeichen	Name der Bodenlandschaft	E

## Kartiereinheiten [BK50\_LEGENDE]

In der Tabelle [BK50\_LEGENDE] sind die Kartiereinheiten mit dem dazugehörigen Profil abgelegt (Tab. 4.5). Kartiereinheiten werden über das Datenfeld [NRKART] identifiziert, die dazugehörigen Profile über das Datenfeld [PRONUM].

Tab. 4.5: Sachdatentabelle [BK50\_LEGENDE].

Feldname	ein-deutig	Felddatentyp	zulässige Werte	Beschreibung [BK50_LEGENDE]	erläutert
NRKART	ja	Long Integer, <NOT NULL>	positive und negative Ganzzahlen	Nummer der Kartiereinheit	E
NRBEGL	nein	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Nummer des Begleitbodens	E
PRONUM	nein	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer -10	Profilnummer der Generallegende	E
FLANTEIL	nein	Varchar(2)	Zeichenkette mit max. 2 Zeichen	Zurzeit nicht belegt!	i
VERFORM	nein	Varchar(4)	Zeichenkette mit max. 2 Zeichen	Zurzeit nicht belegt!	i
VERART	nein	Varchar(3)	Zeichenkette mit max. 2 Zeichen	Zurzeit nicht belegt!	i
RELTYP	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Einfacher Reliefformtyp	E
NEIGKLAS	nein	Varchar(5)	Zeichenkette mit max. 5 Zeichen	Hangneigung (Inklination) in Stufen	E
BL_NR	nein	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Nummer der bodenland-schaftlichen Einheit	i
SFEUCH	nein	Varchar(10)	Zeichenkette mit max. 10 Zeichen	Bodenkundliche Feuchtestufe	E
RK50	nein	Varchar(2)	Zeichenkette mit max. 2 Zeichen	aus DGM-Daten generierte Reliefkarte i. M. 1 : 50.000	E
UP_DATE	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Aktualisierungsdatum	i

## Profildaten [BK\_PROFIL]

In der Tabelle [BK\_PROFIL] ist pro Profilnummer der Generallegende ein Datensatz mit den Titeldaten vorhanden (Tab. 4.6). Die Verbindung zur Legende erfolgt über das Datenfeld [PRONUM].

Tab. 4.6: Sachdatentabelle [BK\_PROFIL].

Feldname	eindeutig	Felddatentyp	zulässige Werte	Beschreibung [BK_PROFIL]	erläutert
PRONUM	ja	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer -10	Profilnummer der Generallegende	E
BL_NR	nein	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Nummer der bodenlandschaftlichen Einheit	i
AUFDAT	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Datum der Profilaufnahme	i
ERFDAT	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Datum der Erfassung in der Datenbank	i
KULTUR	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Angabe zur Kulturart, aktuelle Nutzung	E
ASONST	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Sonstige Angaben zur Aufnahme-situation	i
VEGET	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Angabe zum derzeitigen Bewuchs, Vegetation	E
BOTYP	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Bodentypologische Klassifikation	E
BOTYP50	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Bodentypologische Klassifikation i. M. 1 : 50.000	E
BOATYP	nein	Varchar(40)	Zeichenkette mit max. 40 Zeichen	Bodenartlicher Profiltyp	E
BOAHTYP	nein	Varchar(40)	Zeichenkette mit max. 40 Zeichen	Bodenartenhauptgruppe	E
BOAUTYP	nein	Varchar(100)	Zeichenkette mit max. 100 Zeichen	Bodenartenuntergruppe	E
GEOtyp	nein	Varchar(40)	Zeichenkette mit max. 40 Zeichen	Geologischer Profiltyp	E
GEOHTYP	nein	Varchar(40)	Zeichenkette mit max. 40 Zeichen	Geologischer Haupttyp	E
GEOUTYP	nein	Varchar(40)	Zeichenkette mit max. 40 Zeichen	Geologischer Untertyp	E
HUFORM	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Angabe zur Humusform	E
VERNAS	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Vernässungsgrad	E
BOSUBS	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Substratsystematische Einheit	E
MHW	nein	Double	Gleitkommazahlen	Mittlerer Grundwasserhochstand	E
MNGW	nein	Double	Gleitkommazahlen	Mittlerer Grundwasserniedrigstand	E
RMHW	nein	Double	Gleitkommazahlen	Reliktischer mittlerer Grundwasserhochstand	E
RMNGW	nein	Double	Gleitkommazahlen	Reliktischer mittlerer Grundwasserniedrigstand	E
PSNST	nein	Varchar(255)	Zeichenkette mit max. 255 Zeichen	Sonstiges zum Profilkennzeichen (Freitextfeld)	i
ANMERK	nein	Varchar(255)	Zeichenkette mit max. 255 Zeichen	Sonstige Anmerkungen zur Kartiereinheit (Freitextfeld)	i
UP_DATE	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Datum des DB-Eintrags	i

## Horizontdaten [BK\_HORIZONT]

Die Horizonte der Profile sind in der Tabelle [BK\_HORIZONT] beschrieben (Tab. 4.7). Die zu einem Profil gehörigen Horizonte haben im Datenfeld [PRONUM] die entsprechende Identifikation und sind geordnet durch eine Nummerierung im Feld [HOR\_NR] bzw. durch die Angabe ihrer jeweiligen Ober- [OTIEF] und Untertiefe [UTIEF].

Tab. 4.7: Sachdatentabelle [BK\_HORIZONT].

Feldname	ein-deutig	Felddatentyp	zulässige Werte	Beschreibung [BK_HORIZONT]	erläutert
PRONUM	ja	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer -10	Profilnummer der Generallegende	E
HOR_NR	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Horizontnummer	i
TIEFBER	nein	Varchar(10)	Zeichenkette mit max. 10 Zeichen	Horizontmächtigkeit in cm	E
OTIEF	nein	Long Integer	Ganzzahlen größer 0	Obere Horizonttiefe in cm	E
UTIEF	nein	Long Integer, <NOT NULL>	Ganzzahlen größer 0	Untere Horizonttiefe in cm	E
HORIZ	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Horizontbezeichnung	E
HNBOD	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Haupt- und Nebenbodenart	E
SKEL	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Grobbodenart/Festgestein	E
BODSON	nein	Varchar(50)	Zeichenkette mit max. 50 Zeichen	Sonstiges zur Bodenart	E
HERKUNFT	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Herkunft des Ausgangsgesteins	E
ZER	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Zersetzungsstufe von Torfen	E
STRAT	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Stratigraphie	E
GEOGE	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Geogenese	E
HUMUS	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Humusgehalt	E
KALK	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Carbonatgehalt	E
LD	nein	Varchar(20)	Zeichenkette mit max. 20 Zeichen	Effektive Lagerungsdichte	E
VERFEST	nein	Varchar(5)	Zeichenkette mit max. 5 Zeichen	Verfestigungsgrad	E
SUBSTR	nein	Varchar(10)	Zeichenkette mit max. 10 Zeichen	Zurzeit nicht belegt!	i
HSONST	nein	Varchar(255)	Zeichenkette mit max. 255 Zeichen	sonstige Anmerkungen zum Horizont (Freitextfeld)	i
UP_DATE	nein	Date	Datum im Format dd.mm.yyyy	Datum des DB-Eintrags	i

### 4.3.2. Beschreibung der Datenfeldinhalte

Auf den nachfolgenden Seiten werden die Begriffe, Wertebereiche und Größen der einzelnen Datenfelder der Sachdatentabellen und die darin in Kurzschreibweise enthaltenen Abkürzungen beschrieben. Ausführliche Bestimmungen zur Ausweisung und Klassifikation der Parameter sind der Anweisung zur Erfassung von bodenkundlichen Profildaten (Profil-Erfassungs-Programm PEP) des LBEG (NLFB 2000) und der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) zu entnehmen (AD-HOC-AG BODEN 2005).

#### 4.3.2.1. Allgemeine Sonderzeichen

##### Komma und runde Klammer

Die Aufzählung mehrerer Begriffe in einem Datenfeld wird durch Komma getrennt. Detaillierte Bemerkungen zur Beschreibung werden in einer runden Klammer nachgestellt. Dies ist u. a. der Fall, wenn ein Symbol einer Verteilungsform bzw. Lagebeschreibung zugeordnet wird.

Beispiel aus Feld [KALK]:  
c0, lag(c2) = carbonatfrei, lagenweise carbonatarm.

##### Kürzel zur Kennzeichnung der Verteilungsform und Lagebeschreibung

und zur ergänzenden Beschreibung von Symbolen haben die in Tabelle 4.8 aufgelisteten Bedeutungen.

Symbole, die einer Verteilungsform bzw. Lagebeschreibung zugeordnet werden, sind dem Kürzel in Klammern nachgestellt.

Beispiel aus Feld [HUMUS]:  
h4, zt(h2) = stark humos, örtlich schwach humos.

Tab. 4.8: Kennzeichnung der Verteilungsform und Lagebeschreibung.

Kürzel	Bedeutung
bae	horizontale Bänder, gebändert
bro	Brocken, brockig
dif	diffus
dsm	durchsetzt mit
int	integriert aus
lag	Lagen, in Lagen, lagenweise
ls	Linsen
nst	Nester, nesterweise
ob	oben
obz	nach oben zunehmend
ssgs	schräg geschichtet (bei Tiefumbrüchen)
un	unten
una	nach unten abnehmend
unz	nach unten zunehmend
vs	verschießen, sehr starker Wechsel
wl	wechsellagernd mit, Wechsellagerung
zt	zum Teil, örtlich, stellenweise

### Sonderzeichen zur Kennzeichnung von Tiefenstufen für Schichtwechsel

werden durch diese Sonderzeichen gekennzeichnet (Tab. 4.9):

Tab. 4.9: Kennzeichnung von Tiefenstufen für Schichtwechsel.

Zeichen	Tiefenstufe	Schichtwechsel zwischen	Klartext
\	1	0 und < 2 dm unter GOF	sehr flache... / sehr flacher...
/	2	2 und < 4 dm unter GOF	flache... / flacher...
//	3	4 und < 8 dm unter GOF	mittlere... / mittlerer...
=	4	8 und < 13 dm unter GOF	tiefe... / tiefer...
-	5	13 und < 20 dm unter GOF	sehr tiefe... / sehr tiefer...

#### 4.3.2.2. Bodenlandschaftliche Gliederung

Im Folgenden werden die Inhalte der Sachdatentabelle [BK\_BL\_GLIEDERUNG] beschrieben (vgl. Tab. 4.4). In der Bodenkunde erfolgt die Aggregierung von großmaßstäbigen Bodenkarten zu Übersichtskarten nach einem in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (vgl. KA5, Kap. 6) beschriebenen System der bodenlandschaftlichen Gliederung, das auch bei der Erarbeitung der BK50 Anwendung gefunden hat. Hierdurch soll gewährleistet werden, dass bei der Aggregierung von klein- und mittelmaßstäbigen Bodenkarten aus großmaßstäbigen Vorlagen einheitlich vorgegangen wird und vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Um diese Zuordnung der ausgewiesenen Einheiten zu verdeutlichen, werden in den Bodenflächendaten der BK50 die drei übergeordneten bodenlandschaftlichen Aggregierungsebenen (Bodenregion, Bodengroßlandschaft und Bodenlandschaft) in der Legende als zusammenfassende Überschriften angegeben (GEHRT et. al. 2017a).

##### Bodenregion [BR\_NAME]

Die Bodenregion (BR) stellt das oberste Niveau der Aggregierung von Bodeneinheiten dar. Es werden in Niedersachsen sieben Bodenregionen unterschieden: Küstenholozän, überregionale Flusslandschaften, Geest, Bergvorland, Bergland, Mittelgebirge und anthropogen überprägte Gebiete. Die Bodenregionen sind meist durch einheitliche geologisch bedingte Kriterien gekennzeichnet.

##### Bodengroßlandschaft [BGL\_NAME]

Bodenlandschaften, die durch eine gemeinsame geologisch-paläogeographische Entwicklung verbunden sind, werden zu Bodengroßlandschaften (BGL) zusammengefasst. Charakteristisch für Niedersachsen sind folgende dreizehn Bodengroßlandschaften: Nordseeinseln, Watten, Küstenmarschen, Auen und Niederterrassen, Talsandniederungen und Urstromtäler, Geestplatten und Endmoränen, Bördenvorland, Lössbörde, Becken, Höhenzüge, Submontanes Mittelgebirge (Oberharz), Montanes Mittelgebirge (Hochharz) und anthropogen überprägte Gebiete.

##### Bodenlandschaft [BL\_NAME]

Die niedrigste in der Legende als Überschrift dargestellte Aggregierungsstufe ist die Bodenlandschaft (BL) als Verknüpfung der Leitbodentypen mit dem Landschaftscharakter, der bestimmt wird durch sehr ähnlichen geologisch-morphologischen Habitus (überschrieben z. B. als: Sedimente kleiner Täler, Moore, Dünen und Flugsande, Löss, Hangbildungen über basenreichen Silikatgesteinen u. a.).

#### 4.3.2.3. Kartiereinheiten

Im Folgenden werden die Inhalte der Sachdatentabelle [BK\_LEGENDE] beschrieben (vgl. Tab. 4.5). Hierüber sind die Kartiereinheiten mit dem dazugehörigen Profil verknüpft. Zurzeit bestehen alle Kartiereinheiten der BK50 aus genau einem Datensatz, werden also durch ein Leitprofil beschrieben, und es werden bis zu zwei vergesellschaftete Begleitböden aufgelistet. Darüber hinaus finden sich weitere beschreibende Angaben zum Relief und zur Feuchtestufe.

##### Nummer der Kartiereinheit [NRKART]

Die Schlüsselnummer der Kartiereinheit [NRKART] kennzeichnet die Kombination von auf einer Fläche vorkommenden Profilen, ihren jeweiligen Flächenanteilen und Verteilungsformen, Relieftypen und Feuchtestufen. Flächen gleicher Kombinationen bekommen dieselbe Kartiereinheit, die allerdings zusätzlich durch die bodenlandschaftliche Gliederung differenziert wird. Die Kartiereinheit weist also einer Leitbodenform ihre pedoregionale Lage bzw. Zugehörigkeit zu einer bestimmten Bodenlandschaft zu.

Für die Kartiereinheiten [NRKART] werden folgende Wertebereiche abgegrenzt:

[NRKART] < 0 beschreiben nicht bodenkundlich relevante Flächenareale (- 1 = Wasser, - 3 = Auftrag, - 4 = Abtrag, - 6 = Flächen außerhalb Niedersachsens, - 8 = Wurten).

[NRKART] < 10.000 geben die grundlegenden Kartiereinheiten wieder, denen die entsprechenden Grundprofile zugeordnet sind.

Durch die Verschneidung der Grundkarte mit Informationen zur Landbedeckung bzw. -nutzung (Nutzungsdifferenzierung) und die damit verbundene Anpassung des Grundprofils an die jeweilige Nutzung (EILERS 2010, EVERTSBUSCH et al. 2017) erfolgt die Angabe der Kartiereinheit in den Daten als nutzungsdifferenzierte Variante; so ist:

[NRKART] > 100.000 und < 200.000 = Acker,

[NRKART] > 200.000 und < 300.000 = Grünland,

[NRKART] > 300.000 und < 400.000 = Laubwald,

[NRKART] > 400.000 und < 500.000 = Nadelwald und

[NRKART] > 500.000 = sonstige Nutzung.

Es ist also theoretisch möglich, dass ein Grundprofil mit der [NRKART] = 9.200 für alle fünf Bedeckungs-/Nutzungsvarianten abgeleitet werden kann (z. B. 109.200 als Ackervariante, 209.200 als Grünlandvariante, 309.200 als Laubwaldvariante usw.).

##### Nummer des Begleitbodens [NRBEG]

Es wird die Nummer des vergesellschafteten Begleitbodens aufgelistet (Leitprofil = 1, Begleitboden 1 = 2, Begleitboden 2 = 3). Bisher erfolgt die Beschreibung der Kartiereinheiten nur über ein Leitprofil.

##### Reliefformtyp [RELTYP]

Es wird der einfache Reliefformtyp (Kulminationsbereich = K, Tiefenbereich = T, Verebnungsbereich = V, Hang = H) angegeben (vgl. KA5: 63 f).

##### Hangneigungsklassen [NEIGKLAS]

Die Angabe zur Neigung (Inklination) der Bodenoberfläche erfolgt in sieben Stufen (N0 = nicht geneigt, N1 = sehr schwach geneigt, N2 = schwach geneigt, N3 = mittel geneigt, N4 = stark geneigt, N5 = sehr stark geneigt, N6 = steil) bei Aufnahme im Gelände (vgl. KA5: 58, Tab. 6).

##### Bodenkundliche Feuchtestufe [SFEUCH]

Die Bodenkundliche Feuchtestufe (Tab. 4.10) kennzeichnet die Feuchtesituation eines Standortes und gibt Auskunft über die dort mögliche Nutzung. In die Bodenkundliche Feuchtestufe fließen sowohl bodenkundliche (Bodenart), bodenhydrologische (Grundnässe- bzw. Staunässestufe), morphologische als auch klimatische Parameter ein. Für Böden mit Stauwassereinfluss oberhalb von 8 dm werden zwei durch einen Schrägstrich (/) getrennte Feuchtestufen angegeben, wobei die erste den Zustand im Frühjahr bei voller Wassersättigung, die zweite den im Spätsommer nach Verschwinden des Stauwassers angibt (BENZLER, ECKELMANN & OELKERS 1987).

Tab. 4.10: Bodenkundliche Feuchtestufe.

Feuchtestufe und Bezeichnung		Eignung für landwirtschaftliche Nutzung unter den derzeitigen Wasserverhältnissen
11		meist offenes Wasser (Großseggenried)
10	nass	für landwirtschaftliche Nutzung zu nass (Kleinseggenried)
9	stark feucht	für Wiese bedingt geeignet, da häufig zu feucht (Streuwiese)
8	mittel feucht	für Wiese geeignet, für Weide bedingt geeignet, für Intensivweide und Acker zu feucht
7	schwach feucht	für Wiese und Weide geeignet, für Intensivweide und für Acker bedingt geeignet (im Frühjahr zu feucht)
6	stark frisch	für Grünland und Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Frühjahr gelegentlich zu feucht
5	mittel frisch	für Acker und Grünland geeignet
4	schwach frisch	für Acker und Grünland geeignet, für intensive Grünlandnutzung im Sommer gelegentlich zu trocken
3	schwach trocken	für Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Sommer zu trocken, für intensive Grünlandnutzung zu trocken
2	mittel trocken	für Acker und extensive Grünlandnutzung häufig zu trocken
1	stark trocken	für landwirtschaftliche Nutzung zu trocken (Trockenrasen)
0	dürr	Steppenrasen und Felsbandgesellschaft

### Reliefkarte [RK50]

Die Feldangabe beschreibt die objektivierte Reliefsituation, abgeleitet aus der Reliefkarte RK50 i. M. 1 : 50.000. Sie beruht auf dem digitalen Höhenmodell im Raster von 12,5 m (DGM5) von Niedersachsen. Es werden folgende Reliefformtypen dargestellt: Tiefenbereiche = T, Kulminationsbereiche = K und Hänge = H, unterteilt in vier Gruppen der Neigungsklassen (eben bis flach = 01; Hänge mit deutlicher Neigung zur Erosion, aber ackerbaulich nutzbar = 23; ackerbaulich nicht mehr nutzbar = 4 und Steilhänge mit deutlicher Neigung zu gravitativen Hangbewegungen = 56). Diese Angaben sind im Vergleich zu den Reliefformtypen und Hangneigungsklassen (s. o.) weiter zusammengefasst und klassifiziert.

In der Bodengroßlandschaft der Küstenmarschen wird die relative Höhenlage der Sedimente in Bezug auf NN abgebildet. Die Höhe der Geländeoberfläche steht in Verbindung mit den Transgressions- und Regressionsphasen der Nordsee und erlaubt somit Rückschlüsse auf die Sedimentationsphasen bzw. Genese (LBEG 2012). Mit der Einstufung der Höhenlagen zwischen +3 m NN bis <-1,3 m NN wird jeder Legendeneinheit der Küstenmarsch eine von acht Höhenklassen zugewiesen (Tab. 4.11).

Tab. 4.11: Höhenklassen der Küstenmarsch.

Höhenklasse	Höhe in m NN
08	+2,0 bis +3,0
07	+1,5 bis +2,0
06	+0,8 bis +1,5
05	+0,2 bis +0,8
04	-0,3 bis +0,2
03	-0,7 bis -0,3
02	-1,3 bis -0,7
01	< -1,3

#### 4.3.2.4. Profilbezogene Daten

Im Folgenden werden die Inhalte der Sachdatentabelle [BK\_PROFIL] beschrieben (vgl. Tab. 4.6). Dort sind die Titeldaten der Profile der Generallegende jeweils mit einem Datensatz dargestellt.

##### Profilnummer [PRONUM]

Das Schlüsselfeld enthält die eindeutige Nummer des beschreibenden Leitprofils.

##### Kulturart, aktuelle Nutzung [KULTUR]

Angaben zur Kulturart bzw. aktuellen Nutzung (Nutzungsdifferenzierung) werden auf Grundlage von Landbedeckungs/-nutzungsinformationen aus ATKIS®-Daten abgeleitet (vgl. Kap. Nummer der Kartiereinheit [NRKART]). Folgende Nutzungsklassen sind vorgesehen: Acker = A, Grünland = G, Laubwald = FL, Nadelwald = FN, sonstige Nutzung = N und naturnahe Flächen (Ödland allgemein) = O. Darüber hinaus sind noch Auftragsflächen = D und Abtragsflächen (Tagebau) = T ausgewiesen.

##### Derzeitiger Bewuchs, Vegetation [VEGET]

Die zuvor im Feld Kulturart genannten Informationen werden durch genauere Angaben zur Vegetation spezifiziert. Bei Ackerland werden die Feldfrüchte, bei Grünland und naturnahen Flächen die Pflanzengesellschaften und bei Wald- bzw. Forstflächen die Baumarten angegeben. Abweichend von den allgemein gültigen Angaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung (vgl. KA5: 73, Liste 14), werden die Waldarten wie folgt abgekürzt: Laubwald = FL, Nadelwald = FN und Mischwald = FM.

##### Bodentypologische Klassifikation [BOTYP]

In Abhängigkeit von Klima, Relief, Ausgangsgestein und Nutzung haben sich Bodentypen mit unterschiedlichen Merkmalen und Eigenschaften entwickelt. Um die Beschreibung dieser Böden zu vereinheitlichen, werden diese in den Kategorien Abteilung, Klasse und Bodentyp klassifiziert (vgl. KA5: 199 f, Liste 31). Grundlage dafür bildet die Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland.

Das Spektrum der in Niedersachsen vorkommenden Bodentypen, nach bodensystematischen Kriterien geordnet, ist in Tabelle 4.12 aufgelistet und erläutert.

Tab. 4.12: Bodensystematische Einheiten (Bodentypen).

Sym- bol	Bodentyp	Erläuterung
<b>Abteilung Terrestrische Böden</b>		
<b>Klasse O/C-Böden</b>		
F	Felshumus- boden	Gebirgsboden aus wenig verwittertem Festgestein in Form von Fels- oder Skelettsubstraten mit einer mindestens 10 cm mächtigen Tangelhumusauflage. Nährstoffarmer Standort.
O	Syrosem	Rohboden aus wenig verwittertem Festgestein mit initialer Humusakkumulation im Oberboden. Nährstoffarmer Standort.
OL	Locker- syrosem	Rohboden aus wenig verwittertem Lockergestein mit initialer Humusakkumulation im Oberboden. Nährstoffarmer Standort.
<b>Klasse A/C-Böden</b>		
Q	Regosol	Boden aus wenig verwittertem, carbonatfreiem bzw. -armem, silikatischem oder quarzitischem, lockerem Ausgangsgestein
R	Rendzina	Boden aus wenig verwittertem, carbonathaltigem bis carbonatreichem Ausgangsgestein (Carbonatgehalt > 75 Masse-%) oder Sulfat-(Gips-)gestein. Bei Entstehung aus Festgestein meist flachgründige, z. T. trockene, bei Entstehung aus Lockergestein verbreitet tiefgründige, i. d. R. trockene Standorte mit mittlerer bis guter Nährstoffversorgung.
Z	Pararendzina	Boden aus wenig verwittertem, carbonathaltigem, lockerem oder festem Ausgangsgestein (Carbonatgehalt 2 bis < 75 Masse-%), z. B. Löss, Mergel, carbonathaltige Schotter, Kalksandstein.

Tab. 4.12: Bodensystematische Einheiten (Bodentypen) (Fortsetzung).

Sym- bol	Bodentyp	Erläuterung
<b>Klasse Steppenböden</b>		
T	Tschernosem (Schwarzerde)	Tief humoser, dunkler Boden, meist aus Löss. Tiefgründige Standorte mit besonders guter Wasser- und Nährstoffversorgung. Im Osten Niedersachsens überwiegend als hydromorpher Übergangsbodentyp vorkommend.
Tg	Grauerde	Wie Tschernosem, aber durch fortschreitende Tonverlagerungsprozesse stark aufgehellter (hellerer) humoser Boden. Im Osten Niedersachsens überwiegend als hydromorpher Übergangsbodentyp vorkommend, z. B.: Tg-S = Grauerde-Pseudogley
<b>Klasse Pelosole</b>		
D	Pelosol	Tonreicher Boden mit hoher Lagerungsdichte, starker Quellung und Schrumpfung, aus tonreichem Festgestein. Schwer bearbeitbare, nährstoffreiche, in der Umsetzung träge Standorte.
<b>Klasse Braunerden</b>		
B	Braunerde	Durch Verwitterung braun gefärbter, gut durchlüfteter, durchlässiger Boden. Aus verschiedenartigem Ausgangssubstrat, relativ günstige Standorte unterschiedlicher Nährstoffversorgung.
<b>Klasse Lessivés</b>		
L	Para-braunerde	Braunerdeähnlicher Boden, meist aus Löss, mit Tonverlagerung aus dem Oberboden in den Unterboden. Zur Verschlammung neigende, in Hanglagen stark erosionsgefährdete Standorte mit guter Nährstoffversorgung.
Lb	Bänderpara-braunerde	Wie Parabraunerde, aber mit deutlich ausgeprägten (zwischen 1 bis 5 cm mächtigen) Tonanreicherungsbändern.
<b>Klasse Podsole</b>		
P	Podsol	Boden aus verschiedenartigem, sandigem Ausgangssubstrat, durch Auswaschung im Oberboden stark verarmt und versauert, im Unterboden Anreicherung der ausgewaschenen Humusstoffe sowie Eisen- und Aluminiumoxide als Ortserde oder Ortstein. Nährstoffarme Standorte, verwehungsgefährdet.
<b>Klasse Terrae calcis</b>		
CF	Terra fusca	Boden aus Carbonatgestein, carbonatfrei, braungelb bis rotbraun, sehr tonreich; meist umgelagerter Residualton aus Kalkstein- bzw. Dolomitstein-Lösungsverwitterung; hohe Wasserdurchlässigkeit infolge ausgeprägten Polyedergefüges und Karstränung; Vorkommen in Deutschland meist reliktsch oder fossil. In Niedersachsen nur als Übergangsbodentyp vorkommend: z. B.: CF-L = Terra-fusca-Parabraunerde
<b>Klasse Stauwasserböden</b>		
S	Pseudogley	Boden aus verschiedenartigem Ausgangsmaterial mit geringer Wasserdurchlässigkeit im Unterboden oder Untergrund. Daher im Oberboden Wechsel zwischen unterschiedlich langer Stauwasservernässung und Austrocknung. Standorte besitzen in Abhängigkeit von der Vernässung sehr unterschiedliche Nährstoffversorgung.
<b>Klasse Terrestrische anthropogene Böden</b>		
K	Kolluvisol	Boden aus verlagertem humosem Bodenmaterial, das entweder durch Wasser von Hängen abgespült und am Hangfuß, in Senken und kleinen Tälern akkumuliert oder durch Wind erodiert und örtlich wieder abgelagert oder durch Bearbeitungsmaßnahmen bzw. anthropogene Umlagerung angehäuft worden ist (z. B. Ackerberge).
E	Plaggenesch	Boden mit mächtigem humosem Horizont, entstanden durch lang andauernde Plaggenwirtschaft: Plaggen aus Heide wurden kompostiert oder vermischt mit Stalldung zur Verbesserung des Nährstoff- und Wasserhaushaltes auf den Acker gebracht.
Eb	Brauner Plaggenesch	Wie Plaggenesch: Plaggenauftrag aus schluffreicheren Grassoden führt aufgrund der leichteren Zersetzbarkeit von Humus zu einem braunen Eschhorizont.

Tab. 4.12: Bodensystematische Einheiten (Bodentypen) (Fortsetzung).

Symbol	Bodentyp	Erläuterung
<b>Klasse Terrestrische anthropogene Böden</b>		
YU	Tiefumbruchboden (Trepesol)	Tief umgebrochener Boden verschiedenartigen Bodenmaterials, gemischt oder schräg geschichtet. Für land- und forstwirtschaftliche Nutzung im Wasser- und Lufthaushalt verbesserte Standorte. Nachgestellte Kleinbuchstaben geben Auskunft über den ehemaligen Boden, z. B.: YUab = Tiefumbruchboden aus Auenboden, YUhn = aus Niedermoor, YUhn-g = aus Moorgley usw.
YT	Spittkulturboden	Boden mit einer weniger als 4 dm mächtigen, anthropogen aufgetragenen (umgespitteten) Mineralbodenschicht (z. B. Klei, Blausand u. a.) auf Torf (FLEISCHMANN & VOIGT 1963). Zweck des Umspittens war die Melioration durch das Aufbringen von carbonathaltigem Substrat aus dem Untergrund. Nachgestellte Kleinbuchstaben geben Auskunft über den ehemaligen Boden, z. B.: YThh = aus Hochmoor, YTmn = aus Kleimarsch etc.
YD	Deckkulturboden	Niedermoorboden mit künstlich aufgebracht mineralischer Decke. Dadurch sollte ein zu starkes Austrocknen (puffig werden) des Moores verhindert und die Tragfähigkeit des Standortes erhöht werden, Beispiel: YD/HNv = Erdniedermoor mit Sanddeckkultur.
YBhh	Baggerkuhlungsboden	Die Torfe mächtiger Hochmoore wurden von Baggern bis in eine maximale Tiefe von 5 m ausgehoben und ungeschichtet wieder eingebaut. Anschließend erfolgte die Überdeckung mit einer 50 bis 60 cm dicken Sandschicht aus dem Untergrund. Das so entstandene mehr oder weniger durchmischte Substrat (Kuhlerde) weist keinerlei Schichtung auf.
YS	Fräskulturboden	Boden mit mächtiger humoser Ackerkrume infolge von Tieffräsen zur Vorbereitung von Spargelanbau. Nachgestellte Kleinbuchstaben geben Auskunft über den ehemaligen Boden, z. B.: YSg = Fräskulturboden aus Gley.
YM	Marschhufenboden	Marschhufenbeete sind gewölbte mittelalterliche Ackerflächen in Form von breiten Rücken (Beete) und Gräben (Gruppen). Marschhufenaufträge bestehen aus Material des Uferwalls und Wattablagerungen. Mit dem Aushub werden diese Sedimente homogenisiert. Neben der Bodenverbesserung durch Auftrag von kalkhaltigem Blausand erzielte man auch eine Verbesserung der Oberflächenentwässerung. Marschhufenböden sind kulturgeschichtlich herausragende Bodendenkmäler und erfüllen die Kriterien als Archive der Kultur- und Landschaftsgeschichte (KREUZBERG 2013).
<b>Abteilung Semiterrestrische Böden</b>		
<b>Klasse Auenböden</b>		
AB	Vega (allochthoner brauner Auenboden)	Braunerdeähnlicher Boden aus holozänen fluviatilen und (> 4 dm mächtigen) humosen Sedimenten in Tälern entlang von Flüssen und Bächen, die periodisch überflutet werden und noch Anschluss an stark schwankendes Grundwasser haben. In der Regel frei von Hydromorphiemerkmalen.
<b>Klasse Grundwasserböden (Gleye)</b>		
G	Gley	Vom Grundwasser beeinflusster, wasserdurchlässiger Mineralboden aus verschiedenartigen Ausgangssubstraten mit meist rostfleckigem Durchlüftungshorizont (Grundwasserschwankungsbereich) über ständig vom Grundwasser erfülltem, meist reduziertem Horizont. Standorte mit meist ganzjähriger kapillarer Wassernachlieferung für die Vegetation und sehr unterschiedlicher Nährstoffversorgung.
Ge	Brauneisengley	Wie Gley, aber mit massiven Raseneisenstein-Konkretionen innerhalb des Grundwasserschwankungsbereichs.
Gz	Salzgley	Wie Gley, aber aus salzhaltigen marinen Ablagerungen im Küstenbereich entstanden.
<b>Klasse Marschen</b>		
MR	Rohmarsch	Grundnasser Boden aus locker abgelagerten, meist carbonathaltigen Gezeiten-sedimenten mit beginnender Bodenentwicklung, Varietät: MRz = Salzrohmarsch.
MC	Kalkmarsch	Grundnasser Boden aus locker gelagerten, carbonathaltigen Gezeitensedimenten (Obergrenze der Carbonatführung < 4 dm unter GOF).

Tab. 4.12: Bodensystematische Einheiten (Bodentypen) (Fortsetzung).

Sym- bol	Bodentyp	Erläuterung
<b>Klasse Marschen</b>		
MN	Kleimarsch	Grundnasser Boden aus überwiegend locker gelagerten, teilweise carbonathaltigen Gezeitensedimenten (Obergrenze der Carbonatführung < 4 dm unter GOF), Varietäten: MNe = eisenreiche Kleimarsch, MNsf = sulfatsaure Kleimarsch.
MH	Haftnässemarsch	Grundnasser Boden aus schluffreichem, zur Verschlämmung neigendem Gezeitensediment, teilweise carbonathaltig.
MK	Knickmarsch	Grundnasser Boden aus überwiegend carbonatfreien Gezeitensedimenten mit starker Verdichtung innerhalb von 4 dm unter GOF, Varietät: MKe = eisenreiche Knickmarsch.
MO	Organomarsch	Grundnasser, stark humoser bis anmooriger und zum Teil extrem saurer Boden mit vielen Pflanzenresten aus lagunären oder perimarinem Gezeitensedimenten. Stark nasse, hochdurchlässige, meist nährstoffarme Standorte geringer Trittfestigkeit, Varietäten: MOsf = sulfatsaure Organomarsch, MOe = eisenreiche Organomarsch.
<b>Abteilung Semisubhydrische und Subhydrische Böden</b>		
<b>Klasse Semisubhydrische Böden</b>		
IW	Watt	Boden aus Gezeitensedimenten (Sand-, Misch-, Schlickwatt) mit meist reichhaltiger Fauna und Beimengungen von organischer Substanz, Varietät: IWz = Salzwatt.
ZS	Strandboden	Boden aus Sandablagerungen im Brandungsbereich ohne nennenswerte Bodenentwicklung.
<b>Abteilung Moore</b>		
<b>Klasse Moore</b>		
HN	Niedermoor	Grundwasserbeeinflusster Boden, aus Niedermoor torfen entstanden. Weiche, durchtrittige, meist nährstoffreiche Standorte.
HNv	Erdniedermoor	Wie Niedermoor, aber durch Entwässerung und Nutzung degradiert, mit vererdetem Oberboden.
HH	Hochmoor	Aus Hochmoor torfen entstandener Boden, verbreitet wasserbeeinflusst. Weiche, durchtrittige, sehr nährstoffarme Standorte.
HHv	Erdhochmoor	Wie Hochmoor, aber durch Entwässerung und Nutzung degradiert, mit vererdetem Oberboden.

### Übergangsbodentypen

Neben reinen Bodentypen gibt es Übergangsbodentypen, die oberhalb von 8 dm unter GOF aus den bestimmenden Horizonten (Merkmalen) von zwei oder mehr Bodentypen bestehen. Sie setzen sich aus einem Hauptbodentyp und einem vorangestellten Nebenbodentyp zusammen. Die Eigenschaften des jeweils letztgenannten Bodentyps überwiegen.

Beispiele:

G-P = Gley-Podsol,

S-B = Pseudogley-Braunerde.

Bei hydromorphen Übergangsbodentypen erfolgt die Klassifizierung nach der Gewichtung des Wassereinflusses. Tritt der hydromorphe Haupthorizont oberhalb 4 dm unter GOF auf, wird der hydromorphe Bodentyp Haupttyp (zuletzt genannt). Tritt der hydromorphe Haupthorizont zwischen 4 und 8 dm unter GOF auf, wird der hydromorphe Bodentyp Nebentyp. Diagnostische Horizonte (s. u.) von drei Bodentypen oberhalb 8 dm unter GOF werden für die Benennung bzw. Symbolisierung nur dann berücksichtigt, wenn einer der beteiligten Bodentypen hydromorph ist. Dabei muss dessen Symbol an erster oder letzter Stelle stehen.

Beispiele:

G-B-P = Gley-Braunerde-Podsol,

B-P-G = Braunerde-Podsol-Gley.

Ausführliche Erläuterungen zur Bildung von Übergangsbodentypen aufgrund ihrer Horizontfolgen sind in der Bodenkundlichen Kartieranleitung aufgeführt (KA5: 190f, Kap. 5.7).

#### Gliederungsstufen

Eine weitere Differenzierung der bodensystematischen Einheiten erfolgt durch nachgestellte Ziffern. Diese Angaben werden als Gliederungsstufen bezeichnet und beziehen sich immer auf das Symbol des Hauptbodentyps. Dadurch wird bei allen Bodentypen eine Aussage zur Tiefenstufe des diagnostischen Horizonts gemacht und der Bodentyp hinsichtlich seiner Entwicklungstiefe eingeordnet. Die Angabe der Gliederungsstufe erfolgt in fünf Stufen von 1–5 (Tab. 4.13), von sehr flach bis sehr tief, wobei die Tiefenlage der Untergrenze des bestimmenden diagnostischen Horizonts maßgebend ist (vgl. Tab. 4.14).

Tab. 4.13: Gliederungsstufen der Bodentypen.

Bezeichnung	Untergrenze des bestimmenden diagnostischen Horizonts	Gliederungsstufe	Beispiel
sehr flach	< 2 dm unter GOF	1	sehr flache Rendzina (R1)
flach	2 – < 4 dm unter GOF	2	flache Pararendzina (Z2)
mittel	4 – < 8 dm unter GOF	3	mittlerer Braunerde-Gley (B-G3)
tief	8 – < 13 dm unter GOF	4	tiefe podsolige Braunerde (pB4)
sehr tief	> 13 dm unter GOF	5	sehr tiefes Erd-Hochmoor (HHv5)

Tab. 4.14: Klassifikation des bestimmenden diagnostischen Horizonts.

Symbol	Bodentyp	diagnostische Horizonte	Festlegung des bestimmenden diagnostischen Horizonts
F	Felshumusboden	O, Cv, Cn	Untergrenze Cv-Horizont
O	Syrosem	Ai, Cv, Cn	Untergrenze Cv-Horizont
OL	Lockersyrosem	Ai, Cv, Cn	Untergrenze Cv-Horizont
Q	Regosol	Cv	Untergrenze Cv-Horizont
R	Rendzina	Cv	Untergrenze Cv-Horizont
Z	Pararendzina	Cv	Untergrenze Cv-Horizont
T	Tschernosem	Axh	Untergrenze Axh-Horizont
Tg	Grauerde	gAhl, gAxh	Untergrenze gAxh-Horizont
D	Pelosol	P	Untergrenze P-Horizont
B	Braunerde	Bv	Untergrenze Bv-Horizont
L	Parabraunerde	Al, Bt	Untergrenze Al-Horizont
Lb	Bänderparabraunerde	Al, Bbt	Untergrenze Al-Horizont
P	Podsol	(Ae,) Bh, Bs	Untergrenze B-Horizont
CF	Terra fusca	T	Untergrenze T-Horizont

Tab. 4.14: Klassifikation des bestimmenden diagnostischen Horizonts (Fortsetzung).

Symbol	Bodentyp	diagnostische Horizonte	Festlegung des bestimmenden diagnostischen Horizonts
S	Pseudogley	Sw, Sd	Untergrenze Sw-Horizont
K	Kolluvisol	M	Untergrenze M-Horizont
E	Plaggenesch	E	Untergrenze E-Horizont
Eb	Brauner Plaggenesch	bE	Untergrenze bE-Horizont
YU	Tiefumbruchboden	uR	Untergrenze uR-Horizont
YT	Spittkulturboden	tR	Untergrenze tR-Horizont
YD	Deckkulturboden	dC-Ap	Untergrenze H-Horizont
YBhh	Baggerkuhlungsboden	bR	Untergrenze bR-Horizont
YS	Fräskulturboden	sR	Untergrenze sR-Horizont
YM	Marschhufenboden	mR	Untergrenze mR-Horizont
AB	Vega (brauner Auenboden)	M	Untergrenze M-Horizont
G	Gley	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
Ge	Brauneisengley	Gso, Gr	Untergrenze Gso-Horizont
Gz	Salzgley	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
MR	Rohmarsch	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
MC	Kalkmarsch	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
MN	Kleimarsch	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
MH	Haftnässemarsch	Sg-Go	Untergrenze Sg-Horizont
MK	Knickmarsch	Sw, Sq	Untergrenze Sw-Horizont
MO	Organomarsch	Go, Gr	Untergrenze Go-Horizont
IW	Watt	Fw, Fo, Fr	Untergrenze Fo-Horizont
ZS	Strandboden	Cv, Fo, Fr	Untergrenze Fo-Horizont
HN	Niedermoor	Hw, Hr	Untergrenze H-Horizont
HNv	Erdniedermoor	Hv, Hw, Hr	Untergrenze H-Horizont
HH	Hochmoor	Hw, Hr	Untergrenze H-Horizont
HHv	Erdhochmoor	Hv, Hw, Hr	Untergrenze H-Horizont

### Bodenartlicher Profiltyp [BOATYP]

Der Bodenartliche Profiltyp ist eine generalisierte Kurzfassung der im Profil auftretenden Bodenartenschichtung und soll dem Nutzer einen schnellen Überblick über den Bodenaufbau ermöglichen. Das Datenfeld enthält die Angaben zu den Bodenartengruppen (Abb. 4.3; KA5: 142). Die oben angeführte Tabelle 4.9 erklärt die Kennzeichnung von Tiefenstufen für Schichtwechsel.

Beispiele:

ls/hn\_us = flacher Lehmsand über sehr tiefem Niedermoortorf über Schluffsand,

lt=^t = tiefer Lehmton über Tonstein,

tu\ut=^k = sehr flacher Tonschluff über tiefem Schluffton über Kalkstein.

Bodenarten- hauptgruppe	Bodenarten- gruppe	Bodenarten- untergruppe
h Torfe	<b>ff Mudden</b>	F, Fh, Fm
	<b>hh Hochmoortorfe</b>	Hh
	<b>hn Niedermoortorfe</b>	H, Hn
s Sande	 <b>ss Reinsande</b>	Ss
	 <b>ls Lehmsande</b>	St2, Su2, Sl2, Sl3
	 <b>us Schluffsande</b>	Su3, Su4
u Schluffe	 <b>su Sandschluffe</b>	Us, Uu
	 <b>lu Lehmschluffe</b>	Ut2, Ut3, Uls
	 <b>tu Tonschluffe</b>	Ut4, Lu
l Lehme	 <b>sl Sandlehme</b>	Slu, Sl4, St3
	 <b>ll Normallehme</b>	Lt2, Ls2, Ls3, Ls4
	 <b>tl Tonlehme</b>	Lts, Ts3, Ts4
t Tone	 <b>ut Schlufftone</b>	Tu3, Tu4, Lt3
	 <b>lt Lehmtone</b>	Tt, Tu2, Tl, Ts2

Abb. 4.3: Klassifikation der Feinbodenartengruppen nach KA5.

### Geologischer Profiltyp [GEOTYP]

Der Geologische Profiltyp ist eine Kurzfassung der im Profil auftretenden geologischen Schichtfolge und soll dem Nutzer einen schnellen Überblick über den Aufbau des Profils ermöglichen. Der geologische Profiltyp wird mittels eines Programms aus den Datenfeldern [STRAT] und [GEOGE] abgeleitet. Die verwendeten Abkürzungen zum Geologischen Profiltyp sind im Kapitel Stratigraphische und Geogenetische Begriffe [STRAT; GEOGE] beschrieben und basieren auf dem *Symbolschlüssel Geologie* (LBEG 2015). Dazu definiert Tabelle 4.9 die Kennzeichnung von Tiefenstufen für Schichtwechsel.

Beispiel:

Los/gf=fl = flacher Sandlöss über tiefem glazifluviatilen Sand über Fliesserde.

## Humusform [HUFORM]

Angaben zur Humusform werden nur bei Waldböden gemacht. Die wichtigsten Humusformen sind in der nachfolgenden Liste aufgeführt (Tab. 4.15).

Tab. 4.15: Humusformen bei Waldböden.

Laubwald		Nadelwald	
HUFORM	Humusform	HUFORM	Humusform
MUT	L-Mull	MUT	L-Mull
MUO	F-Mull		
MOM	Mullartiger Moder	MOM	Mullartiger Moder
MO	Typischer Moder	MO	Typischer Moder
MR	Rohhumusartiger Moder	MR	Rohhumusartiger Moder
RO	Rohhumus	RO	Rohhumus
MUF	Feuchtmull	MUF	Feuchtmull
MOF	Feuchtmoder	MOF	Feuchtmoder
ROF	Feuchtrohumus	ROF	Feuchtrohumus
L_Moor	L-Mull auf Moorböden*	L_Moor	L-Mull auf Moorböden*

\* Bisher liegen nur unzureichende Untersuchungen zu Humusformen auf Torfen vor, deshalb wurden hier nur Streuauflagen verwendet.

## Vernässungsgrad [VERNAS]

Der Vernässungsgrad (Tab. 4.16) bei stau-, haft- und grundwasserbeeinflussten Böden gibt den durchschnittlichen Grad der Vernässung eines Standortes während länger andauernder Nassphasen im Durchwurzelungsbereich an (KA5: 314 f). Die Angabe erfolgt in sieben Stufen.

Tab. 4.16: Vernässungsgrad.

Stufe	Bedeutung
0	nicht vernässt
1	sehr schwach vernässt
2	schwach vernässt
3	mittel vernässt
4	stark vernässt
5	sehr stark vernässt
6	äußerst stark vernässt

## Substratsystematische Einheit/ Substrattyp [BOSUBS]

Analog den bodensystematischen Einheiten, die bestimmte Horizontabfolgen beinhalten, werden Substrattypen gebildet, welche die Abfolge der Substrate (Ausgangsgestein der Bodenbildung) bis 2 m unter Flur kennzeichnen. Im Datenfeld zum Substrattyp werden der bodenartige und geologische Profilaufbau in einem Titeldatum zusammengefasst. Die Angaben werden mittels eines Programms aus den Datenfeldern [HNBOD], [SKEL], [GEOGE] und [KALK] abgeleitet.

Zur Typisierung der Substratabfolge ist es erforderlich, Tiefenstufen für die Substratwechsel festzulegen, deren Kennzeichnungsregeln in Tabelle 4.9 dargestellt sind. Die einzelnen Angaben zur Symbolisierung des Substrattyps finden sich in Tabelle 4.17.

Beispiele:

a-ö/f-(k)s = mittlerer Löss (Schichtwechsel zwischen 4 und < 8 dm unter GOF) über kiesführendem Fluvisand,

og-Hn\f-s\_g-(n)l = sehr flacher Niedermoortorf (Schichtwechsel zwischen 0 und < 2 dm unter

GOF) über sehr tiefem Fluvisand (Schichtwechsel zwischen 13 und < 20 dm unter GOF) über schuttführendem Moränenlehm,

p-(v)s/f-(k)s = flacher grusführender (Kryo-) Sand (Schichtwechsel zwischen 2 und < 4 dm unter GOF) über kiesführendem Fluvisand.

Eine ausführliche Darstellung der Regeln, nach denen die Symbole aufgebaut sind, ist der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5), Kapitel 5.7.2 (S. 289 f) zu entnehmen. Eine Liste aller gültigen Substratsymbole steht als Auswahlliste im PEP zur Verfügung (NLFB 2000).

Tab. 4.17: Kennzeichnung von Substrattypen.

Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung
a-as	Flugsand	og-Hn	Niedermoortorf
a-ö	Löss	oj-(k)s	kiesführender Kipp-Sand
a-ös	Lösssand	oj-(n)s	schuttführender Kipp-Sand
a-sö	Sandlöss	oj-l	Kipp-Lehm
c-(n)s	schuttführender Verwitterungssand	oj-s	Kipp-Sand
c-(z)et	grusführender Verwitterungskarbonatton	oj-t	Kipp-Ton
c-n	Verwitterungsschutt	oj-u	Kipp-Schluff
c-ns	Verwitterungsschuttsand	oj-Yb	Bauschutt
c-zs	Verwitterungssgrussand	oj-Yü	Müll
f-k	Fluvikies	p-(k)s	kiesführender (Kryo-)Sand
f-(k)l	kiesführender Fluvilehm	p-(n)l	schuttführender (Kryo-)Lehm
f-s	Fluvisand	p-(n)s	schuttführender (Kryo-)Sand
f-t	Fluviton	p-(v)s	skelettführender (Kryo-)Sand
f-u	Fluvischluff	p-(v)t	skelettführender (Kryo-)Ton
g-(k)l	kiesführender Moränenlehm	p-(z)et	grusführender (Kryo-)Karbonatton
g-(k)s	kiesführender Moränensand	p-(z)l	grusführender (Kryo-)Lehm
g-(n)l	schuttführender Moränenlehm	p-etz	(Kryo-)Karbonatongrus
g-(n)s	schuttführender Moränensand	p-eu	(Kryo-)Karbonatschluff
g-ln	Moränenlehmschutt	p-l	(Kryo-)Lehm
g-sn	Moränensandschutt	p-lz	(Kryo-)Lehmgrus
m-es	Meerkarbonatsand	p-ö	(Kryo-)Löss
m-et	Meerkarbonatton	p-s	(Kryo-)Sand
m-eu	Meerkarbonatschluff	p-t	(Kryo-)Ton
m-l	Meerlehm	p-u	(Kryo-)Schluff
m-s	Meersand	p-zu	(Kryo-)Grusschluff
m-t	Meerton	q-Kq	Quellkalk
m-u	Meerschluff	u-(k)s	kiesführender Hangsand
n-^car	karbonatischer Sedimentschutt	u-(n)l	schuttführender Hanglehm
n-^s	Sandsteinschutt	u-(n)s	schuttführender Hangsand
n-^sa	Sandsteinschutt (Psammite allgemein)	u-(z)t	grusführender Hangton
n-^to	Tongesteinschutt (Pelite allgemein)	u-n	Hangschutt
n-+Pla	Saurer Plutonitschutt	u-l	Hanglehm
og-Hh	Hochmoortorf	u-u	Hangschluff

#### Mittlerer Grundwasserhochstand [MHGW]

Dieses Feld enthält Angaben zum langjährigen Mittel der Grundwasserhochstände in dm unter Geländeoberfläche (KA5: 310 f).

#### Mittlerer Grundwasserniedrigstand [MNGW]

Dieses Feld enthält Angaben zum langjährigen Mittel der Grundwasserniedrigstände in dm unter Geländeoberfläche (KA5: 310 f).

### Reliktischer mittlerer Grundwasserhochstand [RMHGW]

Bei Grundwasserabsenkungen wird der geschätzte mittlere Grundwasserhochstand vor der Absenkung in dm angegeben.

### Reliktischer mittlerer Grundwasserniedrigstand [RMNGW]

Bei Grundwasserabsenkungen wird der geschätzte mittlere Grundwasserniedrigstand vor der Absenkung in dm angegeben.

#### 4.3.2.5. Horizontbezogene Daten

Im Folgenden werden die Inhalte der Sachdatentabelle [BK\_HORIZONT] beschrieben (vgl. Tab 4.7). Der vertikale Bodenaufbau wird in Horizonte gegliedert. Jeder Horizont wird durch Merkmale und Eigenschaften gekennzeichnet, deren Ausprägungsgrad und -form zur Differenzierung bzw. Abgrenzung führt. Die Horizontabfolge (Nummerierung im Feld [HOR\_NR]) beschreibt dabei genau ein Profil.

#### Tiefenangaben [OTIEF, UTIEF, TIEFBER]

In diesen Datenfeldern wird die Tiefenlage der Horizontobergrenze [OTIEF] bzw. der Horizontuntergrenze [UTIEF] in cm unter der Oberfläche des Mineralbodens, bzw. bei Moorböden unter der Geländeoberfläche, als positive Zahl angegeben. Abweichend davon wird bei den organischen Auflagehorizonten (Humusformen) die Obergrenze von der Mineralbodenoberfläche gemessen und mit negativem Vorzeichen versehen angegeben. Das Feld Tiefenbereich [TIEFBER] gibt die Mächtigkeit des Horizontes in dm an.

### Bodenhorizont [HORIZ]

Die Horizonte werden durch Hauptsymbole (Großbuchstaben, Tab. 4.18 und 4.19) und Zusatzsymbole (Kleinbuchstaben, Tab. 4.20 und 4.21) gekennzeichnet. Anthropogene Zusatzsymbole werden den Hauptsymbolen vorangestellt, die pedogenen Zusatzsymbole nachgestellt.

Beispiele:

dC = Deckkultur-C-Horizont (anthropogen),  
Cv = verwitterter C-Horizont (pedogen).

Anthropogene Zusatzsymbole sind in der Regel an bestimmte Hauptsymbole gebunden (Tab 4.20), pedogene Zusatzsymbole können dagegen verschiedenen Hauptsymbolen zugeordnet werden und sind dabei begrenzt frei kombinierbar (Tab. 4.21). Einem Hauptsymbol können auch mehrere pedogene Zusatzsymbole durch Aneinanderreihung (ohne Trennzeichen) zugeordnet werden. Die Betonung liegt dabei stets auf dem letzten Symbol (vgl. KA5: 82 f).

Horizonte mit mehreren Merkmalen lassen sich zu Übergangs- oder Verzahnungshorizonten kombinieren, wobei auch hier die Betonung stets auf dem jeweils letztgenannten Symbol liegt. In Übergangshorizonten überlagern sich unterschiedliche pedogene Prozesse:

Beispiel:

Sw-Bv = Überlagerung von Stauwassereinfluss und dominierender Verbraunung/Verlemmung.

In Verzahnungshorizonten kommen unterschiedliche pedogene Prozesse zusammen, ohne sich zu durchdringen (vgl. KA5: 82 f):

Beispiel:

Al+Bt = Verzahnung von flecken- oder zungenförmigem Al-Material innerhalb des dominierenden Tonanreicherungshorizonts.

Tab. 4.18: Hauptsymbole von organischen Horizonten.

Symbol	Definition von organischen Horizonten (≥ 30 Masse-% organischer Substanz, vgl. KA5: 83)
L	aus Ansammlung von nicht und wenig zersetzter Pflanzensubstanz an der Bodenoberfläche
O	aus Ansammlung von stark zersetzter Pflanzensubstanz (soweit nicht H-Horizont) über dem Mineralboden oder über Torf
H	aus Resten torfbildender Pflanzen (Torf) an der Oberfläche unter Grundwasser- und/oder Stauwassereinfluss entstanden

Tab. 4.19: Hauptsymbole von mineralischen Horizonten.

Symbol	Definition von mineralischen Horizonten ( <b>&lt; 30 Masse-% organischer Substanz, vgl. KA5: 83</b> )
A	Oberbodenhorizont mit Akkumulation organischer Substanz und/oder Verarmung an mineralischer Substanz
B	Unterbodenhorizont mit Änderung des Stoffbestandes und Farbe gegenüber dem Ausgangsgestein sowie weniger als 75 Vol.-% Festgesteinsresten (soweit nicht P, T, S oder G)
C	Untergrundhorizont, in der Regel das Ausgangsgestein, aus dem der Boden entstanden ist
P	Unterbodenhorizont aus (> 45 Masse-%) Ton- oder Tonmergel mit Prismen- und Polyedergefüge, nicht Wasser stauend, jedoch schlecht durchlüftet
T	Unterbodenhorizont aus dem Lösungsrückstand von Carbonatgesteinen, die ≥ 75 Masse-% Carbonat enthalten
S	Unterbodenhorizont mit Stauwassereinfluss und hydromorphen Merkmalen
G	semiterrestrischer Bodenhorizont mit Grundwassereinfluss und hydromorphen Merkmalen
R	Mischhorizont anthropogener Böden, entstanden durch tiefgreifende bodenmischende Meliorationsmaßnahmen
M	Bodenhorizont von Kolluvisolen und Auenböden aus akkumuliertem Solummaterial
E	Bodenhorizont aus anthropogen aufgetragenem Plaggenmaterial

Gliederung der Hauptsymbole durch vorangestellte Zusatzsymbole

Die vorangestellten Zusatzsymbole bezeichnen geogene und anthropogene Eigenschaften. In Anlehnung an die KA4 finden beim LBEG nur die in Tabelle 4.20 dargestellten Zusatzsymbole Anwendung.

Tab. 4.20: Zusatzsymbole (vorangestellt) für geogene und anthropogene Merkmale.

Symbol	Bedeutung	Beispiel
b	Kennzeichnung des <u>braunen</u> Plaggeneschs oder des <u>Baggerkühlungs</u> bodens	bE, bR
d	Kennzeichnung des <u>Deck</u> kulturbodens (überdeckt)	nur dC
f	<u>fossiler</u> Horizont	fAh, fAhe
g	Kennzeichnung der <u>Grauerde</u>	gAhI, gAxb
m	Kennzeichnung des <u>Marschhufen</u> bodens	nur mR
p	Geogenes <u>Pyrit</u> in reduzierenden G-Horizonten bei Marschböden	nur pGr
r	<u>reliktischer</u> Horizont	rAp, rGo
s	Kennzeichnung des <u>Fräsk</u> kulturbodens	nur sR
t	Kennzeichnung des <u>Spitt</u> kulturbodens (gespittet)	nur tR
u	Kennzeichnung des <u>Tiefumbruch</u> bodens (tief <u>umgebrochen</u> )	nur uR
y	Kennzeichnung von anthropogen umgelagertem künstlichen Substrat	yM
z	Kennzeichnung <u>salzhaltiger</u> Horizonte	zGr, zFr

Gliederung der Hauptsymbole durch nachgestellte Zusatzsymbole

Dem Hauptsymbol nachgestellte Zusatzsymbole zur Bezeichnung pedogener Eigenschaften werden nach der folgenden Tabelle 4.21 verwendet (vgl. KA5: 85).

Tab. 4.21: Zusatzsymbole (nachgestellt) für pedogene Merkmale.

Symbol	Bedeutung	Beispiel
a	<u>a</u> nmoorig (mit 15 bis 30 Masse-% organischer Substanz)	Aa
a	aggregiert, vermurscht ( <u>A</u> bsonderungsgefüge von Torfen)	Ha
b	geb <u>b</u> ändert	Bbt, Bbh
d	Wasser stauend, relativ <u>d</u> icht	Sd
e	gebleicht, <u>e</u> luvial (ausgewaschen)	Ae
f	vermodert	Of
g	haftwasserbeeinflusst	Sg
h	<u>h</u> umos, humusangereichert	Ah, Bh, Oh
i	<u>i</u> nitial (beginnend)	Ai
i	eisenhydroxidangereicherter Go-Horizont bei Marschböden	nur Gio
j	jarosithaltiger Go-Horizont bei Marschböden	nur Gjo
l	tonverarmt, <u>l</u> essiviert	Al
n	unverwittert, frisch, <u>n</u> eu	Cn
o	<u>o</u> xidiert	Go, Yo
p	bearbeitet, gep <u>p</u> flügt	Ap, Hp
q	„Knickhorizont“ der Knickmarsch	Sq
r	<u>r</u> eduziert	Gr, Fr, Yr
s	<u>s</u> esquioxidangereichert, Pyritvorkommen in Gr-Horizonten bei Marschböden	Bs, Gsr
t	<u>t</u> onangereichert	Bt
t	geschrum <u>t</u> t (bei Torfen)	Ht
v	<u>v</u> erwittert, verbraunt, verlehmt	Bv, Cv
v	<u>v</u> ererdet (bei Torfen)	Hv
w	stauwasserleitend	Sw
w	zeit <u>w</u> eilig grundwassererfüllt (bei Torfen)	Hw, Fw
x	biogen gem <u>x</u> t	Axh

Beispiele für Horizontkombinationen von Haupt- und Zusatzsymbolen

In Tabelle 4.22 werden an einigen Beispielen die Horizontkombinationen von Haupt- und Zusatzsymbolen und ihre Bedeutung erläutert (vgl. KA5: 88f.).

Tab. 4.22: Horizontkombinationen.

Symbol	Bedeutung
Ah	humoser A-Horizont mit < 15 Masse-% Humus
Ae	sauergebleichter A-Horizont
Ap	durch Pflugarbeit geprägter A-Horizont
Al	tonverarmter A-Horizont
fAh	fossiler humoser A-Horizont mit < 15 Masse-% Humus
Bv	durch Verwitterung verbrauchter und deshalb relativ nährstoffreicher B-Horizont
Bh	vorwiegend mit saurem Humus angereicherter B-Horizont
Bs	vorwiegend mit Eisen- und Aluminiumoxiden angereicherter B-Horizont
Bt	tonangereicherter und deshalb meist schwach verdichteter B-Horizont
Cv	schwach verwitterter C-Horizont
Cn	unverwitterter C-Horizont
Sw	stauwasserleitender Horizont mit mittlerer bis hoher Wasserdurchlässigkeit, zeitweilig von gestautem Niederschlagswasser erfüllt und dann schlecht durchlüftet
Sd	wasserstauender Horizont, dicht gelagert und schlecht durchlüftet
Sg	haftwasserbeeinflusster, schluffreicher Horizont, mit hoher nFK und geringer Luftkapazität; Luftmangel auch noch nach Abzug des Sickerwassers
Go	zeitweilig grundwassererfüllter Oxidationshorizont im Grundwasserschwankungsbereich
Gr	überwiegend grundwassererfüllter Reduktionshorizont
rGo	reliktischer Oxidationshorizont
zGr	salzhaltiger Reduktionshorizont
Ha	Torfhorizont mit Aggregatgefüge
Hv	vererdeter Torfhorizont
Hr	überwiegend grundwassererfüllter, reduzierter Torfhorizont
Hw	zeitweilig grundwassererfüllter, oxidiertes Torfhorizont

### Bodenarten des Feinbodens [HNBOD, BODSON]

Im Feld [HNBOD] wird die Bodenart des mineralischen Feinbodens ( $\emptyset < 2 \text{ mm}$ ), bei organischem Material ( $> 30 \text{ Masse-\%}$  Humusgehalt) die Torfart bzw. die Streuauflage und bei limnischen Sedimenten die Muddenart angegeben, welche im jeweiligen Horizont auftritt.

Mit der Bodenart wird die Korngrößenzusammensetzung der mineralischen Fraktionen Sand, Schluff und Ton gekennzeichnet und hier als Bodenartenuntergruppe angegeben (vgl. Abb. 4.3). Die Kurzzeichen bestehen in der Regel aus einem Großbuchstaben und einem

nachgestellten Kleinbuchstaben (z. B. Ls3 = mittel sandiger Lehm), die mit einer Kennziffer (2 = schwach, 3 = mittel, 4 = stark) weiter gliedert und als Feinbodenartendiagramm (Abb. 4.4) dargestellt werden (vgl. KA5: 141f).

Die Bodenart „reiner Sand“ = Ss wird nach ihren Fein-, Mittel- und Grobsandanteilen entsprechend den Möglichkeiten der Geländeansprache (KA5: 149) weiter differenziert.

Für Torfe, Streuauflagen und Mudden werden die Kurzzeichen aus Tabelle 4.23 benutzt.

Tab. 4.23: Angaben zu Torfen, Streuauflagen und Mudden.

Symbol	Bezeichnung
Fh	Organische Mudde ( $> 30 \text{ Masse-\%}$ organische Substanz)
Fm	Organo-mineralische Mudde ( $5 - 30 \text{ Masse-\%}$ organische Substanz)
Fmu	Schluffmudde
Fmk	Kalkmudde
H	Torf, allgemein ( $> 30 \text{ Masse-\%}$ organische Substanz)
Hh	Hochmoortorf
Hh,s	sandiger Hochmoortorf
Hh,t	toniger Hochmoortorf
Hn	Niedermoortorf
Hn,l	lehmiger Niedermoortorf
Hn,s	sandiger Niedermoortorf
Hn,t	toniger Niedermoortorf
Hn,u	schluffiger Niedermoortorf
V	Streuauflage
Vb	Streuauflage aus Blattstreu
Vbn	Streuauflage aus Blatt- und Nadelstreu
Vn	Streuauflage aus Nadelstreu

Treten innerhalb eines Horizontes noch andere Feinbodenarten auf, so werden diese mit der Angabe der Verteilung (vgl. Tab. 4.8) im Feld Sonstiges zur Bodenart [BODSON] aufgeführt.

Beispiel:

HNBOD: SI2; BODSON: lag(mSfs) = schwach lehmiger Sand, lagenweise feinsandiger Mittelsand.

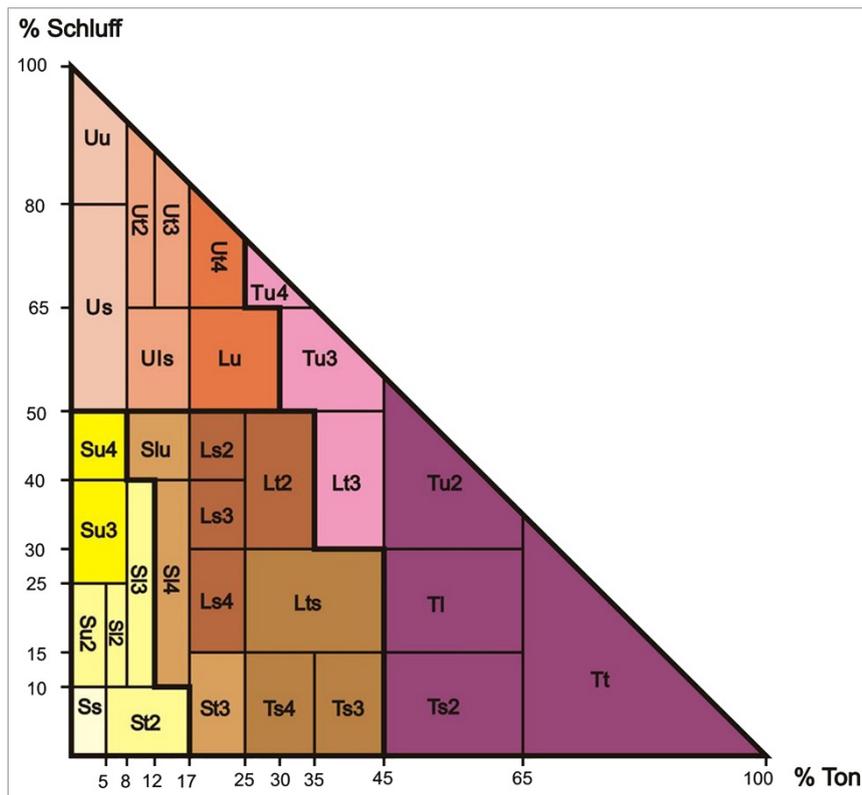


Abb. 4.4: Feinbodenartendiagramm der Bodenartenuntergruppe nach KA5.

### Bodenart des Grobbodens [SKEL, BODSON]

Im Feld [SKEL] wird die Fraktion des Grobbodens ( $\varnothing > 2 \text{ mm}$ ) und dessen Anteil am Gesamtboden angegeben. Der Anteil des Grobbodens wird nach Volumenprozenten geschätzt und durch fünf Stufen (1 bis 5) entsprechend Tabelle 4.24 gekennzeichnet.

Beispiel:  
HNBOD: Ls3, SKEL: gr2 = sandiger Lehm, schwach grusig.

Bei mehreren Grobbodenarten wird der Gesamtanteil mit dem Symbol Z („Gemenge“) und der nachgestellten Anteilsklasse angegeben. Die genaue Beschreibung der Grobbodenarten wird dann im Feld Sonstiges zur Bodenart [BODSON] mit der Verteilungsform int („integriert aus“) gekennzeichnet. In Klammern, durch Komma getrennt, werden die auftretenden Grobbodenfraktionen in absteigender Reihenfolge ohne Anteilsangaben aufgezählt.

Beispiel:  
SKEL: z4, BODSON: int(G,X) = stark gemengt, integriert aus Kies und Steinen.

Überwiegt der Grobbodenanteil mit  $> 75 \text{ Vol.-%}$ , wird die begleitende Feinbodenartengruppe der Bodenart des Grobbodens durch Komma getrennt nachgestellt (vgl. Tab. 4.24).

Dominiert der Skelettanteil mit  $> 90 \text{ Vol.-%}$ , erfolgt nur die Angabe des Festgesteins- bzw. Festgesteinszersatzmaterials. Die Beschreibung der Festgesteine erfolgt mit den in der Geologie gebräuchlichen Symbolen nach Tabelle 4.25. Weitere Kürzel können dem *Symbol-schlüssel Geologie* entnommen werden (LBEG 2015).

Tab. 4.24: Angaben zum Grobboden (Skelett).

Symbole	Bezeichnung	Anteil Vol.-%
x1, g1, gr1, z1	sehr schwach steinig, kiesig, grusig, gemengt	< 1
x2, g2, gr2, z2	schwach steinig, kiesig, grusig, gemengt	1 – < 10
x3, g3, gr3, z3	mittel steinig, kiesig, grusig, gemengt	10 – < 30
x4, g4, gr4, z4	stark steinig, kiesig, grusig, gemengt	30 – < 50
x5, g5, gr5, z5	sehr stark steinig, kiesig, grusig, gemengt	50 – < 75
X,s; G,l; Gr,...; Z,...	Steine, Kiese, Grus, Gemenge, sandig, lehmig etc. durchsetzt	75 – < 90
X, G, Gr, Z	Steine, Kiese, Grus, Gemenge	> 90

Tab. 4.25: Angaben zum Festgestein.

Symbol	Bedeutung	Symbol	Bedeutung
*Q	Quarzit	^sk	Kalksandstein
*Qc	Quarzitersatz	^skc	Kalksandsteinersatz
^brk	Braunkohle	^t	Tonstein
^d	Dolomitstein	^tc	Tonsteinersatz
^dc	Dolomitsteinersatz	^tmc	Mergeltonsteinersatz
^dc,l	lehmiger Dolomitsteinersatz	^tsf	Tonschiefer (bei nicht eindeutiger Genese)
^fs	Feinsandstein	^tsfc	Tonschieferersatz (bei nicht eindeutiger Genese)
^fsc	Feinsandsteinersatz	^u	Schluffstein
+Gb	Gabbro	^uc	Schluffsteinersatz
+G	Granit	^y	Gipsstein
^g	Grauwacke	^yc	Gipssteinersatz
^gc	Grauwackeersatz	+B	Basalt
^il	Lydit	+Bc	Basaltersatz
^ilc	Lyditersatz	+D	Diabas
^k	Kalkstein	+Dc	Diabaszersatz
^kc	Kalksteinersatz	+G	Granit
^m	Mergelstein	+Gb	Gabbro
^mc	Mergelsteinersatz	+Gbc	Gabbroersatz
^mk	Kalkmergelstein	+Gc	Granitzersatz
^mkc	Kalkmergelsteinersatz	+R	Rhyolith
^q	Quarzit (Sandstein mit kieseligen Beimengungen)	+Rc	Rhyolithersatz
^qc	Quarzitersatz (Sandstein mit kieseligen Beimengungen)	fG,l	lehmiger Feinkies
^qc,l	lehmiger Quarzitersatz (Sandstein mit kieseligen Beimengungen)	fGr,l	lehmiger Feingrus
^s	Sandstein	Yb	Bauschutt (allgemein)
^sc	Sandsteinersatz	Yü	Müll (allgemein)

## Herkunft des Bodenausgangsgesteins [HERKUNFT]

Es wird die lithologische und geologische Herkunft des bodenbildenden Ausgangsgesteins insgesamt sowie seiner Komponenten (Zusammensetzung) gekennzeichnet. Die Angaben im Datenfeld dienen der eindeutigen Ableitung der Substratbezeichnung und werden aus den Feldern [HNBOD], [SKEL] und [GEOGE] generiert. Bei Aufzählung mehrerer Begriffe werden diese durch Komma getrennt, dabei überwiegt das zuerst genannte. Die verwendeten Kürzel ergeben sich aus den Tabellen 4.25, 4.27 und 4.28.

## Zersetzungsstufe von Torfen [ZER]

Die Zersetzungsstufe von Torfen (Tab. 4.26) enthält fünf Klassen (vgl. KA5: 128, Tab. 23).

Tab. 4.26: Zersetzungsstufe von Torfen.

Stufe	Zersetzungsstufe
z1	sehr schwach zersetzt
z2	schwach zersetzt
z3	mittel zersetzt
z4	stark zersetzt
z5	sehr stark zersetzt

## Stratigraphische und Geogenetische Begriffe [STRAT; GEOGE]

Abweichend von den Vorgaben der KA5 werden im LBEG einheitlich nur die im *Symbolschlüssel Geologie* (LBEG 2015) festgelegten Symbole, welche auch in das PEP integriert sind, zur Beschreibung der Stratigraphie und Geogenese genutzt.

## Stratigraphische Begriffe [STRAT]

Es wird die Stratigraphie des Substrates gekennzeichnet. Im Folgenden sind die Abkürzungen und Bezeichnungen der häufigsten stratigraphischen Einheiten (Tab. 4.27) in Niedersachsen aufgelistet.

Tab. 4.27: Stratigraphische Begriffe.

Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung
d	Devon	qh	Holozän
j	Jura	qh(a)	Altholozän
jo	Oberer Jura	qh(j)	Jungholozän
jm	Mittlerer Jura	qL	Lauenburger Ton
ju	Unterer Jura	qM	Mittelterrasse
k	Keuper	qN	Niederterrasse
km	Mittlerer Keuper	qO	Oberterrasse
ko	Oberer Keuper	qp	Pleistozän
kr	Kreide	qw	Weichsel-Kaltzeit
kro	Oberkreide	qWA	Warthe-Stadium
kru	Unterkreide	r	Rotliegendes
ku	Unterer Keuper	s	Buntsandstein
m	Muschelkalk	sm	Mittlerer Buntsandstein
mm	Mittlerer Muschelkalk	so	Oberer Buntsandstein
mo	Oberer Muschelkalk	su	Unterer Buntsandstein
mu	Unterer Muschelkalk	t	Tertiär
p	Perm	tug	Tiefumbruch
qD	Drenthe-Stadium der Saale-Kaltzeit	vw	verwittert
qee	Eem-Warmzeit	z	Zechstein

## Geogenetische Begriffe [GEOGE]

Es wird die Geogenese des Substrates gekennzeichnet. Im Folgenden sind die Abkürzungen und Bezeichnungen (Tab. 4.28) der häufigsten geogenetischen Einheiten aufgelistet.

Tab. 4.28: Geogenetische Begriffe.

Symbol	Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung
a	äolische Ablagerung	pm	perimarine Ablagerung, fluviatiler Gezeitenbereich
b	Beckenablagerung	rg	rigolt
bih	Bioherm (Muschelschill)	rs	residual
br	brackische Ablagerung	s	sedimentär
d	Düne	Sa	Flugsand
eps	epilitorale Ablagerung	Sawa	Sandwatt
f	fluviatile Ablagerung	Sf	Auensand
fgz	fluviatile Gezeitenablagerung	sh	Schutt-Fazies
fl	Fließerde	Slwa	Schlickwatt
gf	glazifluviatiler Sand	smk	Sandmischkultur
gr	Groden (Vorlandbildung mit Sturmflutschichtung)	Sp	Geschiebedecksand
hg	Hangbildung	sstr	Streuauflage, -schicht
Hh	Hochmoor	st(tr)	Strandablagerung
Hn	Niedermoor	sw	verschwemmt
Kq	Quellkalk	te	terrestrisch
l	limnische Ablagerung	tug	Tiefumbruch, tief umgebrochen
la	lagunäre Ablagerung	ufw	Uferwallablagerung mit Sturmflutschichtung
Lf	Auenlehm	vst	verstürzt
Lhf	Hochflutlehm	vw	verwittert, Verwitterungsschicht
Lg	Geschiebelehm	y	künstliche Auffüllung
Lhf	Hochflutlehm	ya	Asche
Lo	Löss	yas	Fräskultur
Lol	Lösslehm	yb	Halde
Los	Sandlöss	ybk	Baggerkuhlung
Lou	Schwemmlöss	ydk	Deckkultur
m	marine Ablagerung	ymb	Umlagerungen bei Marschhufenböden
mag	magmatisch	yp	Plaggenauflage
Mg	Geschiebemergel	ysa	Sand-, Schlickaufspülung
Miwa	Mischwatt	ysp	Spülfeldablagerung
mt	metamorph	yzg	Umlagerungen von marinogenem Material auf Abziegelungsflächen
p	periglaziär	z	Abschwemmmassen

Weitere Inhalte werden aus dem Datenfeld [SKEL] abgeleitet. In den Fällen, in denen im Feld [SKEL] Festgestein oder Festgesteinsersatz angeführt wird, werden in das Datenfeld

[GEOGE] die Kürzel s (bei Sedimentgesteinen), mag (bei magmatischen Gesteinen) und mt (bei metamorphen Gesteinen) übernommen.

### Gehalt an organischer Substanz [HUMUS]

Die Angabe zum Humusgehalt (Tab. 4.29) erfolgt in acht Stufen (vgl. KA5: 112, Tab. 15).

Tab. 4.29: Humusgehaltsstufen.

Stufe	Bedeutung
h0	humusfrei
h1	sehr schwach humos (Masse-% < 1)
h2	schwach humos (Masse-% 1 – 2)
h3	mittel humos (Masse-% 2 – 4)
h4	stark humos (Masse-% 4 – 8)
h5	sehr stark humos (Masse-% 8 – 15)
h6	anmoorig, extrem humos (Masse-% 15 – 30)
h7	organisch, Torf (Masse-% > 30)

### Carbonatgehalt [KALK]

Die Angabe des Carbonatgehalts (Tab. 4.30) erfolgt in sieben Stufen (vgl. KA5: 169, Tab. 40).

Tab. 4.30: Carbonatgehaltsstufen.

Stufe	Carbonatgehalt
c0	carbonatfrei
c1	sehr carbonatarm
c2	carbonatarm
c3	carbonathaltig
c4	carbonatreich
c5	sehr carbonatreich
c6	extrem carbonatreich

### Lagerungsdichte bzw. Substanzvolumen [LD]

Hier werden Angaben zur effektiven Lagerungsdichte (Ld) bei Mineralböden und zum Substanzvolumen (SV) bei Moorböden (Tab. 4.31) gemacht (vgl. KA5: 124f.).

Tab. 4.31: Lagerungsdichte von Mineralböden und Substanzvolumen bei Moorböden.

Stufe	effektive Lagerungsdichte	Stufe	Substanzvolumen
Ld1	sehr gering	SV1	sehr gering
Ld2	gering	SV2	gering
Ld3	mittel	SV3	mittel
Ld4	hoch	SV4	groß
Ld5	sehr hoch	SV5	sehr groß

### Verfestigungsgrad [VERFEST]

Als Verfestigungsgrad (Tab. 4.32) wird der vom Wassergehalt unabhängige Zusammenhalt ganzer Horizonte oder Schichten infolge der Einwirkung „verkittender“ Substanzen (z. B. Eisenverbindungen) bezeichnet. Er ist vor allem für die Beurteilung von verfestigten Horizonten in nicht bindigen Böden (z. B. Orterde-, Ortstein- oder Raseneisenstein-Horizonte), für die Kennzeichnung des Bodenwiderstandes gegen mechanische Eingriffe (z. B. Podsol-Tiefumbruch) sowie für die Durchwurzelbarkeit von praktischer Bedeutung (vgl. KA5: 122, Tab. 18).

Tab. 4.32: Verfestigungsgrad des Bodens.

Stufe	Bedeutung
Vf1	sehr lose (sehr schwach verfestigt)
Vf2	lose (schwach verfestigt)
Vf3	mittel (mittel verfestigt)
Vf4	fest (stark verfestigt)
Vf5	sehr fest (sehr stark verfestigt)

## 5. Literatur

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- AD-HOC-AG BODEN (2006) Konzept für eine Vereinheitlichung der Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50). – Bericht im Auftrag des BLA-GEO vom 27./28.09.2006, Königswinter, des Bund/Länder-Ausschusses Bodenforschung (BLA-GEO), Personenkreis „Konzept Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50)“, <[https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AG-Boden/Downloads/Konzept\\_BK50.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/AG-Boden/Downloads/Konzept_BK50.pdf?__blob=publicationFile&v=2)>.
- AdV (2017): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens (GeoInfoDok). Erläuterungen zum ATKIS Basis-DLM, Version 6.0.1. – Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG); Leipzig.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.
- AHRENS, V., DUNTZE, O., FUCHS, B. & GIANI, L. (2001): Untersuchungen zur Entwicklung kalkfreier, initialer Rohmarschen auf Spiekeroog. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **96**: 463–464.
- ALBRECHT, C., JAHN, R. & HUWE, B. (2005a): Bodensystematik und Bodenklassifikation, Teil I: Grundbegriffe. – J. Plant. Nutr. Soil Sci. **168**: 7–20, <<https://doi.org/10.1002/jpln.200421474>>.
- ALBRECHT, C., JAHN, R. & HUWE, B. (2005b): Bodensystematik und Bodenklassifikation, Teil II: Zur Situation in der deutschen Bodenkunde. – J. Plant Nutr. Soil Sci. **168**: 157–168, <<https://doi.org/10.1002/jpln.200421475>>.
- ALTERMANN, M. & FIEDLER, H.-J. (1972): Einige Ergebnisse von Untersuchungen an weichselzeitlichen äolischen Deckschichten in einem Teil des Altmoränengebietes der DDR (Sachsen-Anhalt). – Zpravy Geografickeho ustavu CSAV, Rocnik IX, Cislo **4**: 1–25, 15 Abb., 1 Tab.; Brno.
- ALTERMANN, M. & FIEDLER, H.-J. (1975): Substrat und Bodenwechsel am nördlichen Lößrand des Schwarzerdegebietes der DDR. – Hercynia N. F. **12/2**: 130–159, 19 Abb., 6 Tab.; Leipzig.
- ALTERMANN, M., JÄGER, K.-D., KOPP, D., KO-WALKOWSKI, A., KÜHN, D. & SCHWANECKE, W. (2008): Zur Kennzeichnung und Gliederung von periglaziär bedingten Differenzierungen in der Pedosphäre. – Waldökologie, Landschaftsschutz und Naturschutz **6**, Greifswald.
- ANDERS, E., BECKER K.-W., BEESE, F., BENECKE, P., DIERSCHKE, H., GRIMME, K., JÖRGENSEN, R., KLAGES, F.-W., MEIWES, K.-J., MEYER, B., SCHÄFER, M. & ULRICH, B. (1985): Exkursion Göttinger Wald. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **42**: 143–218.
- ARBEITSKREIS BODENSYSTEMATIK DER DBG (1998): Systematik der Böden und der bodenbildenden Substrate. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **86**; Oldenburg.
- AST, M., ECKL, H., ELBRACHT, J., FISCHER, K., FRITZ, J., HENKE-JELIT, S., JENSEN, H., PESTER, S. & SBRESNY, J. (2012): Leitfaden Erdwärmennutzung in Niedersachsen. Rechtliche und technische Grundlagen. – GeoBerichte **24**: 59 S., 11 Abb., 3 Tab., 5 Anh.; Hannover (LBEG).
- BAILLY, F. (1972): Die Problematik der Reinheit von Kartiergebieten. Dargestellt an einem Beispiel aus der hannoverschen Lößbörde. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **16**: 71–78; Göttingen.
- BAILLY, F. (1973): Zur Vergesellschaftung der Böden aus Löß in der nördlichen Calenberger Börde. – Geol. Jb. **F1**; Hannover.
- BALLENTIN, I. (1994): Optimierung der Grundwasserstands-Klassifizierung für Fragen des Bodenschutzes. Auswertung der Messergebnisse des Landesgrundwasserdienstes Niedersachsens, differenziert nach Bodengroßlandschaften. – Band 1 und 2, Diplomarbeit am Geographischen Institut der Universität Hannover; Hannover [Unveröff.].
- BANTELMANN, A. (1939): Das Nordfriesische Wattenmeer, eine Kulturlandschaft der Vergangenheit. – Westküste **2**: 39–115; Heide/Holst.

- BARGON, E., FICKEL, W., PLASS, W., REICHMANN, H., SEMMEL, A. & ZAKOSEK, H. (1971): Zur Genese und Nomenklatur braunerde- und parabraunerdeähnlicher Böden in Hessen. – Notizbl. hess. Landesamt f. Bodenforschung **99**: 361–372; Wiesbaden.
- BARITZ, R. (2003): Humus forms in forests of the Northern German Lowlands. – Sonderhefte Reihe F - Geol. Jahrb. H. **3**, 145 pages, 68 figures, 17 tables; Stuttgart (Schweizerbart) [ISBN 978-3-510-95908-2].
- BARTUSSEK, I. (1982): Die gewölbten Ackerbeete in der historischen Landwirtschaft. – Diplomarbeit Univ. Göttingen, Fachbereich Agrarwissenschaften, Inst. f. Bodenkunde [Unveröff.].
- BAURIEGEL, A. (2004): Methoden zur Ableitung und Parametrisierung von flächenbezogenen Profil- und Horizontdaten am Beispiel der Bodenübersichtskarte des Landes Brandenburg im Maßstab 1 : 300.000. – Diss. Humboldt-Universität Berlin.
- BBODSCHG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I: 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I: 3465) geändert worden ist. – <<https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BJNR050210998.html>>.
- BEHRENS, T. & SCHOLTEN, T. (2006a) Digital Soil Mapping in Germany - a review. – J. Plant. Nutr. and Soil Sci. **169**: 434–443.
- BEHRENS, T. & SCHOLTEN, T. (2006b). A comparison of data-mining techniques in predictive soil mapping. – In: LAGACHERIE, P., MCBRATNEY, A. B. & VOLTZ, M. (eds.): Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective. – Developments in Soil Science **31**: 353–364; Amsterdam (Elsevier).
- BEHRENS, T., SCHMIDT, K., ZHU, A-X. & SCHOLTEN, T. (2007). Multi-scale Digital Terrain Analysis and Feature Selection in Digital Soil Mapping. – Geoderma submitted.
- BEHRENS, T., ZHU, A-X., SCHMIDT, K. & SCHOLTEN, T. (2010): Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping. – Geoderma **155**, Issues 3–4, 15: 175–185, <<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.07.010>>.
- BENNE, I, BOESS, J., CAPELLE, A., GEHRT, E., LANGNER, S. & SPONAGEL, H. (2003): Die BK50 im NIBIS®: Ein neuer Standard - Die Standards bei der Erstellung der Bodenkarten. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **102**: 429–430.
- BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H. (1987): Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **53**: 95–101; Göttingen.
- BEYME, B. (1973): Bodenkundliche Beobachtungen und Untersuchungen an Raseneisen in der Wietzeniederung. – Neue Ausgrabungen und Forschungen in Niedersachsen **8**; Hildesheim,
- BLANKENBURG, J. (2015): Die landwirtschaftliche Nutzung von Mooren in Nordwestdeutschland. – TELMA 2015, Beiheft **5**: 39–58.
- BOCK, M., CONRAD, O., GÜNTHER, A., GEHRT, E., BARITZ, R. & BÖHNER, J. (2018): SaLEM (v1.0) – the Soil and Landscape Evolution Model (SaLEM) for simulation of regolith depth in periglacial environments. – Geosci. Model Dev. **11**: 1641–1652, <<https://doi.org/10.5194/gmd-11-1641-2018>>.
- BOCK, M., KÖTHE, R., BÖHNER, J. & GEHRT, E. (2003): Quantitative Ansätze zur Bodenregionalisierung - dargestellt am Beispiel von Grundwasserneubildungsrate und Bodenerosion. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **102**: 433–434; Frankfurt.
- BOESS, J., GEHRT, E., MÜLLER, U., OSTMANN, U., SBRESNY, J. & STEININGER, A. (2004): Erläuterungsheft zur digitalen nutzungs-differenzierten Bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 50.000 (BÜK50n) von Niedersachsen. – Arb.-H. Boden 2004/**3**: 61 S., 10 Abb., 35 Tab.; Hannover (NLFb).
- BOESS, J. & MÜLLER, U. (1989): Erläuterungsheft zur digitalen Bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen und Bremen 1 : 200.000 und ihren Auswertungsmöglichkeiten. – Nieders. Landesamt f. Bodenforschung (NLFb); Hannover [Unveröff.].
- BOESS, J., MÜLLER, U. & SBRESNY, J. (1999): Erläuterungen zur digitalen Bodenkundlichen Übersichtskarte 1 : 50 000 (BÜK50) von Niedersachsen. – Arb.-H. Boden 1999/**1**: 3–60, 11 Abb., 15 Tab.; Hannover (NLFb).

- BÖHNER, J. & McCLOY, K. & STROBL, J. (2006): SAGA - Analysis and Modelling Applications. – Göttinger Geographische Abhandlungen **115**, Goltze, <<https://www.researchgate.net/publication/326131093>>.
- BORK, H.-R. (1988): Bodenerosion und Umwelt - Verlauf, Ursachen und Folgen der mittelalterlichen und neuzeitlichen Bodenerosion - Bodenerosionsprozesse - Modelle und Simulationen. – Landschaftsgenese und Landschaftsökologie **13**; Braunschweig.
- BRANDT, M. (1993): Pelite und ihre Böden: Landschaftshydrologische Funktion in Abhängigkeit von geo- und pedogener Struktur und saisonalen Schwankungen. – Dipl.-Arbeit Inst. f. Bodenwissensch. Univ. Göttingen, 82 S., [Unveröff.].
- BRÜMMER, G. (1968): Untersuchungen zur Genese der Marschen. – Dissertation, Universität Kiel.
- BRÜMMER, G., GRUNWALDT, H.-S. & SCHRÖDER, D. (1970): Beiträge zur Genese und Klassifikation der Marschen - II. Zur Schwefelmetabolik in Schlickten und Salzmarschen. – Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde **128**: 208–220; Weinheim.
- BRUNOTTE, E., DISTER, E., GÜNTHER-DIRINGER, D. & MEHL, D. (2009): Flussauen in Deutschland. Erfassung und Bewertung des Auenzustandes. – Naturschutz und Biologische Vielfalt **87**: 243 S.; [ISBN 978-3-7843-3987-0].
- BSH – BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE (2006): Mittleren Tidehochwasserlinie (MThw) im ArcGIS®-Format. – Hamburg [Unveröff.].
- BSH – BUNDESAMT FÜR SEESCHIFFFAHRT UND HYDROGRAPHIE HAMBURG (2011): Berichte zu Sturmfluten und extremen Wasserständen in Nordsee und Ostsee. – <[https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand\\_und\\_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/THEMEN/Wasserstand_und_Gezeiten/Sturmfluten/sturmfluten_node.html)> ; Hamburg.
- BÜCHERL, K. & KÜCHLER, F. (2009): Projekt zur externen Qualitätssicherung bei der Probenahme von Böden. – Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.); Augsburg, <<https://www.bestellen.bayern.de>>.
- BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – 4. überarb. Aufl., GeoBerichte **8**: 56 S., 25 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- BUG, J., HEUMANN, S., MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2020): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – 9. Aufl., GeoBerichte **19**: 383 S., 36 Abb., 384 Tab.; Hannover (LBEG).
- BULLMANN, H. (2010): Eigenschaften und Genese periglazialer Deckschichten auf Carbonatgesteinen des Muschelkalks in einem Teilgebiet der ostthüringischen Triaslandschaft. – Dissertation Universität Leipzig; Leipzig, <<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa-67899>>.
- BURBAUM, B. (2013): Arbeitsunterlagen zur Kartierung und Verbreitung kohlenstoffreicher Böden in Schleswig-Holstein. – November 2013 [Unveröff.].
- BURBAUM, B., FILIPINSKI, M. & KRIENKE, K. (2019): Die Böden Schleswig-Holsteins mit Erläuterungen zur Bodenübersichtskarte 1 : 250.000. – Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) (Hrsg.), Schriftenreihe LLUR SH - GB 23, [ISBN 978-3-937937-94-6].
- BZE – JACOBS, A., FLESSA, H., DON, A., HEIDKAMP, A., PRIETZ, R., DECHOW, R., GENSIOR, A., POEPLAU, C., RIGGERS, C., SCHNEIDER, F., TIEMEYER, B., VOS, C., WITTNEBEL, M., MÜLLER, T., SÄURICH, A., FAHRION-NITSCHKE, A., GEBBERT, S., JACONI, A., KOLATA, H., LAGGNER, A. et al. (2018) Landwirtschaftlich genutzte Böden in Deutschland. - Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. – Thünen Rep. **64**, 316 S.; Braunschweig (Johann Heinrich von Thünen-Institut) [DOI:10.3220/REP1542818391000].
- CAPELLE, A., BENNE, I., BOESS, J., GEHRT, E., LANGNER, S. & SPONAGEL, H. (2003): Die BK50 im NIBIS®: Ein neuer Standard - Standardisierte Auswertungen der Bodenschätzung für die GK50. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **102**: 439–440.

- CAPELLE, A. & BURGHARDT, H. (2007): Zur bodentypologischen Profilsprache anthropogen veränderter Moor- und Mineralböden. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **110**: 1–816.
- CHMIELESKI, J. (2007): Zwischen Niedermoor und Boden - Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, <<http://dx.doi.org/10.18452/15617>>.
- DAHM-ARENS, H. (1978): Überreste tertiärzeitlicher Bodenbildungen im Massenkalk des südlichen Sauerlandes. – Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf. **28**: 103–110; Krefeld.
- DAHM-ARENS, H. (1986): Die Böden des Massenkalkes von Attendorn. – Decheniana **139**: 384–394; Bonn.
- DAHMS, E. (1972): Limnogeologische Untersuchungen im Dümmer-Becken im Hinblick auf seine Bedeutung als Natur- und Landschaftsschutzgebiet. – Diss. Freie Univ. Berlin, 231 S., 56 Abb., 3 Tab. 2 Taf.; Berlin.
- DBG (1965): Böden mit Tonverlagerung. – Kurzfassungen von Vorträgen zur Jahrestagung 1965 der DBG in Aachen (05.09.–09.09.1965), Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **4**: 1–364.
- DE BAKKER, H. & SCHELLING, J. (1966): Systeem van bodemclassificatie voor Nederland: de hogere niveaus. – with english summary: 217 S.; Wageningen (Centrum voor Landbouwpublikaties en Landbouwdocumentatie).
- DEHNER, U., HARTMANN, K. J., GEHRT, E. & KRUG, D. (2001): Zur Hinterlegung der Bodenübersichtskarte 1 : 200.000 (BÜK200) mit bodenkundlichen Flächendatensätzen. – Z. angew. Geol. **47/2**: 121–125, 4 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte **5**: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).
- DELLWIG, O. (1999): Geochemie von küstennahen holozänen Ablagerungen (NW Deutschland): Rekonstruktion der Paläoumweltbedingungen. – Dissertation, Universität Oldenburg.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1994): DIN 4049-3. Hydrologie, Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – Berlin (Beuth).
- DEWERS, F. (1932): Flottsandgebiete in Nordwest-Deutschland, Ein Beitrag zum Lößproblem. – Abh. naturwiss. Ver. Bremen **28**: 131–204, 6 Abb., 5 Tab., 2 Taf.; Bremen.
- DINTER, M., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2017): Die Bodenkarte 1 : 50.000 von Niedersachsen - Aspekte der Podsole - Entstehung, Verbreitung und Funktion. – In: Jahrestagung der DBG 2017: Horizonte des Bodens, 02.-07.09.2017; Göttingen.
- DITTRICH, K. (1997): Organomarschen im Einflußbereich des Meeres: Eigenschaften - Klassifikation - Methanogenese. – 188 S., 50 Abb.; Düren (Shaker) [ISBN 978-3-8265-3464-5].
- DONNERHACK, O. & GEHRT, E. (2015): Knickmarsch – Was ist das? – Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG 2015: Unsere Böden - Unser Leben, 05.09.–10.09.2015 in München, Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <[http://eprints.dbges.de/1146/1/DBG2015\\_Poster\\_Donnerhack.pdf](http://eprints.dbges.de/1146/1/DBG2015_Poster_Donnerhack.pdf)>.
- DÜCKER, A. & v. MAARLEVELD, G. C. (1958): Hoch- und spätglaziale Sande in Nordwestdeutschland und in den Niederlanden. – Geol. Jb. **73**: 215–234, 8 Abb., 5 Tab.; Hannover.
- DUNTZE, O., WATERMANN, F. & GIANI, L. (2005): Rekonstruktion des Paläomilieus und der Geo-Pedogenese kalkfreier Marschböden Niedersachsens. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science **168**: 53–59; Weinheim.
- ECKELMANN, W. (1980): Plaggenesche aus Sanden, Schluffen und Lehmen sowie Oberflächenveränderungen als Folge der Plaggenwirtschaft in den Landschaften des Landkreises Osnabrück. – Geol. Jb. **F10**: 3–93; Hannover.

- ECKL, H. & RAISSI, F. (2009): Leitfaden für hydrogeologische und bodenkundliche Fachgutachten bei Wasserrechtsverfahren in Niedersachsen. – *GeoBerichte* **15**: 99 S., 39 Abb., 10 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- ECKMEIER, E., GERLACH, R., GEHRT, E. & SCHMIDT, M. W. I. (2007): Pedogenesis of Chernozems in Central Europe - A review. – *Geoderma* **139**, Issues 3-4: 288–299.
- EGGELSMANN, R. (1979): Vom Dampfpflug zum Tiefkulturpflug - Entwicklung und Einsatz. – *Z. Kulturtechnik und Flurbereinigung* **20**: 99–112.
- EGGELSMANN, R. (1981): Ökohydrologische Aspekte von anthropogen beeinflussten und unbeeinflussten Mooren Norddeutschlands. – Dissertation am Fachbereich Biologie der Universität Oldenburg; Oldenburg.
- EGGELSMANN, R. & BARTELS, R. (1975): Oxidativer Torfverzehr im Niedermoor in Abhängigkeit von Entwässerung, Nutzung und Düngung. – *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.* **22**: 215–222, 3 Tab., 5 Lit.; Göttingen.
- EILERS, R. (2010): Entwicklung von Modellen der nutzungsspezifischen Differenzierung ausgewählter Bodeneigenschaften auf Grundlage der Bodenflächendaten 1 : 50.000. – Diplomarbeit, Leibniz Universität Hannover.
- EILERS, R., BENNE, I., GEHRT, E., HENSCHER, M., KRÜGER, K. & LANGNER, S. (2011): Die Neukartierung der niedersächsischen Marschen - von der Konzept- zur Bodenkarte. – In: Jahrestagung der DBG 2011: Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen, 03.–09.09.2011, Berlin.
- EILERS, R. & GEHRT, E. (2011): Anweisung zur Erstellung der Manuskriptkarte der Marschen für die BK50. – 74 S., Stand März 2011, Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Archiv-Nr.: **0136222**; Hannover [Unveröff.].
- ENGEL, N. & PRAUSE, D. (2017): Erhalt und Wiederherstellung von Bodenfunktionen in der Planungspraxis. – *Geofakten* **31**: 12 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- ENGEL, N. & STADTMANN, R. (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene – Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. – 2. Aufl., *GeoBerichte* **26**: 67 S., 15 Abb., 21 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- ERTL, G., BUG, J., ELBRACHT, J., ENGEL, N. & HERRMANN, F. (2019): Grundwasserneubildung von Niedersachsen und Bremen. Berechnungen mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA18. – *GeoBerichte* **36**: 54 S.,
- ESRI (2016): ArcGIS®-Hilfebibliothek. – <<http://resources.arcgis.com/de/help/>>, Abruf am 30.11.2017.
- EVERTSBUSCH, S., SBRESNY, J., WALDECK, A. & GEHRT, E. (2017): Nutzungsdifferenzierung der Bodenkarte 1 : 50.000 von Niedersachsen. – Beitrag zur Jahrestagung der DBG 2017, Horizonte des Bodens, 02.–07.09.2017; Göttingen, Berichte der DBG, (nicht begutachtete online-Publikation) <<http://www.dbges.de>>.
- FELL, H. (2014): Schaffung einer Datengrundlage für die Ableitung von Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen auf Moorstandorten in Brandenburg. – Auftrag des Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft des Landes Brandenburg (MIL) und Koordination durch das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR); Präsentation der Holger Fell, Fell & Kernbach GmbH zur Tagung am 30.01.2014 in Potsdam [Unveröff.].
- FIEDLER, H. J. & ALTERMANN, M. (1964): Verbreitung, Entstehung und Eigenschaften von Sandlöß (Flotssand) im norddeutschen Flachland und angrenzenden Gebieten. – *Geologie* **13**: 1199–1226; Berlin
- FIER, A. (2012): Entstehung, Eigenschaften und Klassifikation tonreicher Unterbodenhorizonte in Böden auf Carbonatgestein in norddeutschen Berg- und Hügelländern. – Dissertation Univ. Halle; Halle, <[file:///C:/Users/egehr/AppData/Local/Temp/Fier\\_Anne.pdf](file:///C:/Users/egehr/AppData/Local/Temp/Fier_Anne.pdf)>.
- FLEIGE, H., GÄBLER, E., HINDEL, R. & PLUQUET, E. (1999): Schwermetallbelastete Böden im nördlichen Harzvorland - Von der Quelle bis zur Senke. – Exkursionsführer zur Jahrestagung der DBG, Exkursion H4, Mitteilungen der DBG **90**: 469–477; Hannover.
- FLEISCHMANN, R. & VOIGT, H. (1963). Die Entstehung und Entwicklung der umgespitteten Böden im Küstenmoor des Jadebusens. – *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.* **1**: 41–51.

- FÖLSTER, H., MEYER, B. & KALK, E. (1963): Parabraunerden aus primär karbonathaltigem Würm-Löß in Niedersachsen - II. Profilbilanz der zweiten Folge bodengenetischer Teilprozesse: Tonbildung, Tonverlagerung, Gefügeverdichtung, Tonumwandlung. – Z. f. Pflanzen- u. Bodenkunde **100**: 1–12; Weinheim.
- FRIDLAND, V. M. (1965): Struktura pochvennogo pokrova (Die Struktur der Bodendecke). – Pochvovedenie **4**: 15–28.
- FRIDLAND, V. M. (1970): Die Struktur der Bodendecke und Methoden der kartographischen Darstellung der Böden. – Tag.-Ber. Dt. Akad. Landwirtschafts-Wiss. Berlin **102**: 195–209.
- GASCHLER, D. (1999): Statistische Auswertung der NIBIS-Labordatenbank hinsichtlich bodenphysikalischer Kennwerte von Böden der niedersächsischen Geest. – Magisterarbeit Carl-v.-Ossietzky-Universität Oldenburg, Oldenburg [Unveröff.].
- GEHRT, E. (1982): Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen an Grünlandstandorten nach einer Flurbereinigung. – Diplomarbeit am FB Landespflege der FH Osnabrück; Osnabrück [Unveröff.].
- GEHRT, E. (1989): Klassifikation der Böden und Möglichkeiten ihrer Regionalisierung unter Berücksichtigung der Ausgangsgesteine und des Reliefs am Beispiel der Landschaft südlich der Lößgrenze bei Braunschweig. – Dipl. Arb., Univ. Göttingen, Fachbereich Geowissenschaften, Geogr. Inst., [Unveröff.].
- GEHRT, E. (1994): Die äolischen Sedimente im Bereich der nördlichen Lößgrenze zwischen Leine und Oker und deren Einflüsse auf die Bodenentwicklung. – S. 1–217, Dissertation im Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fachbereich der Georg-August-Universität Göttingen; Göttingen (Eigenverlag).
- GEHRT, E. (1995): Bodenübersichtskarte im Maßstab 1 : 500.000 (BÜK500); Hannover, <file:///C:/Users/egehr/AppData/Local/Temp/BUEK500.pdf>.
- GEHRT, E. (2000a): Äolische Sedimente und Bodenbildung im Bereich der nördlichen Lößgrenze - Vergleich Hildesheim-Braunschweiger und Magdeburger Börde, in: Boden Objekt menschlicher Nutzung und Forschung. – HORIZONTE - Herrenhäuser Forschungsbeiträge zur Bodenkunde **3**: 119–140.
- GEHRT, E. (2000b): Löss- und Sandlösslandschaften nördlich der Mittelgebirge. – in: Handbuch der Bodenkunde; Stuttgart (ecomed).
- GEHRT, E. (2014): Vielfältiger Raseneisenstein: Bodenhorizont, Erz und Baustein. – Das Sammlungsobjekt des Quartals der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) **II/14**, <[https://www.deutscher-rohstoff-effizienz-preis.de/DE/Themen/Sammlungen-Grundlagen/GG\\_Sammlungen/Objekt\\_Quartal/0214\\_raseneisenstein.html?nn=1554850](https://www.deutscher-rohstoff-effizienz-preis.de/DE/Themen/Sammlungen-Grundlagen/GG_Sammlungen/Objekt_Quartal/0214_raseneisenstein.html?nn=1554850)>.
- GEHRT, E. (2021): Böden und Besiedlung im Neolithikum - Ein aktualisierter Überblick auf die Entstehung der Tschernoseme und die Bedeutung der jungsteinzeitlichen Ackerbauern – Gaussian **1**; Göttingen, <<https://dx.doi.org/10.23689/figeo-4316>>.
- GEHRT, E., BECKMANN, T., DULTZ, S., HAHN, K., HILGERS, A., JARMER, T., RATHGEBER, A. & SCHMIDT, M. (1999): Böden der Lössbörde und des Berglandes. – Exkursionsführer. Jahrestagung der DBG, Mitteilungen der DBG **90**: 249–278; Hannover.
- GEHRT, E., BENNE, I., EILERS, R., HENSCHER, M., KRÜGER, K. & LANGNER, S. (2011) Die Neukartierung der niedersächsischen Marschen - Landschaftsaufbau und -genese. – In: Jahrestagung der DBG 2011: Böden verstehen - Böden nutzen - Böden fit machen, 03.-09.09.2011, Berlin.
- GEHRT, E., BENNE, I., BOESS, J., CAPELLE, A., LANGNER, S. & SPONAGEL, H. (2003): Die BK50 im NIBIS®: Ein neuer Standard. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **102**: 475–476; Oldenburg.
- GEHRT, E., BENNE, I., EILERS, R., HENSCHER, M., KRÜGER, K. & LANGNER, S. (2013): Das Landschafts- und Bodenentwicklungsmodell der niedersächsischen Marschen für die Geologische Karte und Bodenkarte im Maßstab 1 : 50.000. – Siedlungs- und Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet (SKN) **36**: 31–47; Rahden/Westf.
- GEHRT, E. & BOCK, M. (2009): Ermittlung der Grundwasserflurabstände auf Grundlage digitaler Höhenmodelle. – Beitrag zur Sitzung der Kommission V der DBG-Jahrestagung 2009, 05.-13.09.2009, Bonn, Berichte der DBG, <<http://www.dbges.de>>.

- GEHRT, E. & BÖHNER, J. (2002): Vom Punkt zur Fläche - Probleme des upscaling in der Bodenkartierung. – Beiträge zum Diskussionsforum Bodenwissenschaften in der Fachhochschule Osnabrück, Fachbereich Agrarwissenschaften, Studiengang Bodenwissenschaften: 15 S., 10 Abb., 1 Tab.; Osnabrück.
- GEHRT, E., BUG, J. & WALDECK, A. (2019): Potenzielle Drängebiete in Niedersachsen auf Grundlage der Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000 (BK50). – Geofakten **34**: 12 S., 7 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- GEHRT, E. & CAPELLE, A. (2007): Die Bodenschätzung: Möglichkeiten der geologischen Anwendung. – 74. Vortrag auf der Tagung Arbeitsgemeinschaft Nordwestdeutscher Geologen 2007, Technische Univ. Hamburg Harburg [Unveröff.].
- GEHRT, E., DINTER, M., EVERTSBUSCH, S., LANGNER, S. & KRÜGER, K. (2017a) Bodenwissen vom Harz bis zur Nordsee - Die neue Bodenkarte 1 : 50.000 von Niedersachsen. – In: Jahrestagung der DBG 2017: Horizonte des Bodens, 02.–07.09.2017, Kommission V; Göttingen.
- GEHRT, E. & GENSIOR, A. (2019) Landesweite bodenkundliche Messnetze und Bodenkarten in Niedersachsen - Auswertungen zur Repräsentanz und Qualitätssicherung. – Jahrestagung der DBG, Erd-Reich und Boden-Landschaften, 24.–29.08.2019, Kommission V; Bern; Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <<http://www.dbges.de>>.
- GEHRT, E., GESCHWINDE, M. & SCHMIDT, M. (2002): Neolithikum, Feuer und Tschernosem - oder: Was haben die Linienbandkeramiker mit der Schwarzerde zu tun? – Archäologisches Korrespondenzblatt **32**: 21–30.
- GEHRT, E., GIANI, L., EILERS, R. & DONNERHACK, O. (2015a): Prinzipien der Landschafts- und Bodengenese der niedersächsischen Marsch. – Tagungsbeitrag zu: Jahrestagung der DBG vom 05.09.–10.09.2015 in München, Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <<http://www.dbges.de>>.
- GEHRT, E., GIANI, L., HENSCHER, M. & EILERS, R. (2015b): Die Böden der niedersächsischen Marsch - Grundprinzipien der Sediment- und Bodengenese und die Darstellung in der BK50 von Niedersachsen. – Berichte der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, online-Publikation, <<https://eprints.dbges.de/1147/>>.
- GEHRT, E., HEISLER, J., EVERTSBUSCH, S., KNABE, W. (†), DIETEL, J., BOCK, M., BÖHNER, J. & LEVIN, M. (2017b): Wanderung durch die Bodenlandschaft des Göttinger Waldes. – Exkursionsführer, Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **118**: 137–205; [ISSN – 0343-1071].
- GEHRT, E. & RAISSI, F. (2008): Grundwasseramplituden in Bodenlandschaften Niedersachsens. – 2. Aufl., Geofakten **20**: 8 S., 5 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- GEHRT, E. & SBRESNY, J. (1999): Erläuterungen zur Ableitung und den Inhalten der Bodenübersichtskarten 1 : 200 000 (BÜK200) und 1 : 500 000 (BÜK500) von Niedersachsen. – Arb.-H. Boden 1999/1: 61–98, 4 Abb., 12 Tab.; Hannover (NLfB).
- GEHRT, E., SPONAGEL, H. & OELKERS, K.-H. (1991): Ein Vorschlag zur pedoregionalen Gliederung und Systematik der Bodengesellschaften. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **66/1**: 791–794; Göttingen.
- GIANI, L., AHRENS, V., DUNTZE, O. & IRMER, S. K. (2003): Geo-Pedogenese mariner Rohmarschen Spiekeroogs. – Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde **153**: 385–388; Weinheim.
- GÖBELER, W. (1966): Die Entwicklung der äolischen Decken und der Böden im Bereich der nördlichen Lößgrenze bei Pegau. – Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig **15**: 713–720, 3 Abb., 6 Tab.; Leipzig.
- GÖTTLICH, K. (Hrsg.) (1990): Moor- und Torfkunde. – 3. vollständig überarbeitete, ergänzte und erweiterte Auflage; Stuttgart (Schweizerbart).
- GÖTTNER, J. J. & KOMODROMOS, A. (1988): Geowissenschaftliche Vorsorgeuntersuchungen zur Standortfindung für die Ablagerung von Sonderabfällen - Abschlußbericht, Band 3 - Bodenphysikalische und bodenchemische Kenndaten. – Archiv-Nr. **92117**; (LBEG) [Unveröff.].
- GRAUPNER, A. (1982): Raseneisenstein in Niedersachsen. Entstehung, Vorkommen, Zusammensetzung und Verwendung. – Forschungen zur niedersächsischen Landeskunde **118**: 180 S.; Göttingen.

- GRÖGER, J. (2010): Acid Sulphate Soils - Processes and Assessment. – Dissertation, Universität Bremen, 145 S.
- GRUNWALDT, H.-S. (1969): Untersuchungen zum Schwefelhaushalt schleswig-holsteinscher Böden. – Dissertation, Universität Kiel.
- GÜNTHER, J. (2012): Die Moorbrandkultur und der Buchweizenanbau als eine frühe Form der landwirtschaftlichen Hochmoornutzung in Nordwestdeutschland. – TELMA **42**: 57–70, 6 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- HAASE, G. (1964): Die Lößbrandstufe in Niedersachsen. Periglazial-Löß-Paläolitikum. – Exkursionsmaterial: 77–81, 1 Abb.; Leipzig.
- HAASE, G. (1968): Pedon und Pedotop. – In: Landschaftsforschung, PGM, Ergänzungsheft **271**: 57–75.
- HAASE, G. (1971): Der Inhalt mittelmaßstäbiger Bodenkarten und seine Darstellungsmöglichkeiten. – PGM **115**: 225–235; Berlin.
- HAASE, G. (1975): Zur inhaltlichen Generalisierung bei der Gestaltung mittelmaßstäbiger Bodenkarten. Dargestellt am Beispiel der Bodenkarte der DDR 1 : 500.000. – Studio Geographica Brno **54**: 45–60.
- HAASE, G. (1978a): Struktur und Gliederung der Pedosphäre in der regionischen Dimension. – Beiträge zur Geographie, Arbeiten zur Bodengeographie, Supplementband **29/3**; Berlin.
- HAASE, G. (1978b): Leitlinien der Bodengeographischen Gliederung Sachsens. – Beiträge zur Geographie, Arbeiten zur Bodengeographie **29/1**: 6–81; Berlin.
- HEINEKE, H. J. (1987): Zur Konzeption von Bodeninformationssystemen - dargestellt am Beispiel des Landes Niedersachsen (NIBIS). – Agrarinformatik, Informationsverarbeitung Agrarwissenschaft **13**: 216–228; Stuttgart.
- HEINEKE, H. J., BARTSCH, H. U., SBRESNY, J. & MÜLLER, U. (2002): Das Methodenmanagementsystem in Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS®. – In: CYFFKA, B. & HÄRTLING, J. (Hrsg.) (2002): Bodenmanagement: 59–84; Berlin (Springer).
- HEINEMANN, B. (1964): Die Böden der Drenthe Grundmoräne im Hümling. – Diss. TU Hannover; Hannover.
- HENSCHER, M. (2012): Erarbeitung eines Konzeptes zur Erfassung und Darstellung der bodenkundlichen und geologischen Entwicklung der Marsch. – Diplomarbeit am Institut für Physische Geographie und Landschaftsökologie; Hannover [Unveröff.].
- HEUMANN, S., BUG, J. & EVERTSBUSCH, S. (2020): Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände – Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen. – 4. Aufl., Geofakten **5**: 9 S., 5 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- HEUMANN, S., GEHRT, E. & GRÖGER-TRAMPE, J. (2018): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten: Entstehung, Vorkundung und Auswertungskarten. – überarbeitete Fassung, Geofakten **24**: 17 S., 6 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- HILGERS, A., GEHRT, E., JANOTTA, A. & RADTKE, U. (2001): A Contribution to the Dating of the Northern Boundary of the Weichselian Loess Belt in Northern Germany by Luminescence Dating and Pedological Analysis. – Quaternary International **76/77**: 191–200.
- HINZE, C., JERZ, H., MENKE, B. & STAUDE, H. (1989): Geogenetische Definitionen quartärer Lockergesteine für die Geologische Karte 1 : 25.000 (GK25). – Geol. Jb. **A112**; Hannover.
- HLUNG (2002): Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1 : 50.000. – Wiesbaden [ISBN 3-89531-240-1].
- HÖPER, H., GRAF, M., SBRESNY, J., BARTSCH, U., GEHRT, E., SAATHOFF, W. & HARMS, A. (2019): MOORIS - Das Moorinformationssystem des Landes im Aufbau. – <<https://docplayer.org/128523957-Mooris-das-moorinformations-system-des-landes-im-aufbau.html>>.
- HÖPER, H. & SCHÄFER, W. (2012): Die Bedeutung der organischen Substanz von Mineralböden für den Klimaschutz. – Bodenschutz **3/12**: 72–80; Berlin.
- HÜBSCH, L., ENGEL, N., BOESS, J., MÜLLER, U., HÖPER, H., SCHÄFER, W., LANGNER, S. & GEHRT, E. (2013): Erstellung einer Gebietskulisse von Böden mit hohen Kohlenstoffgehalten im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz vom 06.12.2011. – Abschlussbericht Juli 2013.

- HÜLLE, D., HILGERS, A., KÜHN, P. & RADTKE, U. (2009): The potential of optically stimulated luminescence for dating periglacial slope deposits - A case study in the Taunus area, Germany. – *Geomorphology* **109**: 66–78.
- ISACÉNKO, A.-G. (1965): Osnovy landsaftovedeniya i fisko-geograficeskoe rajonirovanie. – Moskau.
- JENNY, H. (1941) *Factors of Soil Formation: A System of Quantitative Pedology*. – Dover Publications, 281 p.; New York.
- JOHANNSEN, U., SCHÄFER, W. & DÜWEL, O. (1998): Abschätzung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wind aus Parametern der Bodenschätzung. – *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* **39**: 23–26; Berlin (Blackwell).
- JORDAN, H. (1994): Geologische Karte im Maßstab 1 : 25.000, Blatt 4024 Alfeld mit Erläuterungen. – Hannover.
- KACZOREK, D. & SOMMER, M. (2003): Micromorphology, chemistry, and mineralogy of bog iron ores from Poland. – *Catena* **54**: 393–402.
- KACZOREK, D., SOMMER, M., ANDRUSCHKEWITSCH, I., OKTAB, L., CZERWINSKI, Z. & STAHR, K. (2004): A comparative micromorphological and chemical study of “Raseneisenstein” (bog iron ore) and “Ortstein”. – *Geoderma* **121**: 83–94.
- KARTENSERVER DES LBEG: NIBIS® Kartenserver im Niedersächsischen Bodeninformationssystem. – <<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/>>.
- KEMPER, B. (1975): Grundwassergang und Bodenmerkmale bei einigen Marsch- und Geestböden im nordwestlichen Niedersachsen. – *Geol. Jb.* **F 2**, 70 S., 23 Abb., 8 Tab.; Hannover.
- KLAPP, E. (1965): Grünlandvegetation und Standort nach Beispielen aus West-, Mittel- und Süddeutschland. – 384 S., 78 Abb., 106 Tab.; Berlin (Parey)
- KLIMAWIRKUNGSSTUDIE NIEDERSACHSEN (2019): Wissenschaftlicher Hintergrundbericht, erstellt durch das Klimakompetenznetzwerk Niedersachsen. – Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz (Hrsg.), <[https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/143866/Klimawirkungsstudie\\_Niedersachsen.pdf](https://www.lbeg.niedersachsen.de/download/143866/Klimawirkungsstudie_Niedersachsen.pdf)>.
- KNEIB, W. (1979): Untersuchungen zur Gruppierung von Böden als Grundlage für die Bodenkartierung. Dargestellt an einem Landschaftsausschnitt der Niederen Geest Schleswig-Holsteins. – Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel; Kiel.
- KOENZEN, U. (2005): Fluss- und Stromauen in Deutschland - Typologie und Leitbilder. – Diss. Abt. f. Angewandte Geomorph. und Landschaftsforschung, Geogr. Inst. Univ. zu Köln, Reihe Angewandte Landschaftsökologie des Bundesamtes für Naturschutz **65**: 327 S.; Münster [ISBN 978-3784337388].
- KOPP, D. (1970): Kryogene Perstruktion und ihre Beziehung zur Bodenbildung im Moränengebiet. – In: RICHTER, H., HAASE, G., LIEBEROTH, I. & RUSKE, R.: Periglazial-Löß-Paläolithikum im Jungpleistozän der DDR; Petermans Geographische Mitteilungen **274**; Gotha.
- KREUZBERG, T. (2013): Die Marschböden zwischen Cuxhaven und Stade - Anthropogene Beeinflussung und Nutzungsprobleme. – Bachelorarbeit Geogr. Inst. Univ. Hannover [Unveröff.].
- KUCK, W. (2006): Qualitätsuntersuchungen zur Bodenkarte 1 : 50.000 (BK50) von Niedersachsen. – Diplomarbeit im Fach Umweltwissenschaften der Universität Trier [Unveröff.].
- KÜHN, D., BAURIEGEL, A., MÜLLER, H. & ROSSKOPF, N. (2015): Charakterisierung der Böden Brandenburgs hinsichtlich ihrer Verbreitung, Eigenschaften und Potenziale mit einer Präsentation gemittelter analytischer Untersuchungsergebnisse einschließlich von Hintergrundwerten (Korngrößenzusammensetzung, Bodenphysik, Bodenchemie). – *Brandenburger Geowissenschaftliche Beiträge* **1**: 154.
- KÜHN, P., BILLWITZ, K., BAURIEGEL, A., KÜHN, D. & ECKELMANN, W. (2006): Distribution and genesis of Fahlerden (Albeluvisols) in Germany. – *JPNSS* **169/3**: 420–433, <<https://doi.org/10.1002/jpln.200521963>>; (Wiley).
- KUNTZE, H. (2014): Grundlagen der Bodenkultivierung und -melioration. – In: BLUME, H. P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H. G., HORN, R., & STAHR, K. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*; Landsberg (Ecomed).

- KUNTZE, H., ROESCHMANN, G. & SCHWERDTFEGGER, G. (1994): *Bodenkunde*. – 5. neubearb. und erw. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).
- LAMP, J. (1972): *Untersuchungen zur numerischen Taxonomie von Böden*. – Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität Kiel; Kiel.
- LANG, H. D. (1973): *Erläuterungen zur Geologischen Karte von Niedersachsen 1 : 25.000, Blatt 3323 Schwarmstedt*. – 78 S., 12 Abb., 13 Tab., 1 Kt.; Hannover (NLFb).
- LANG, H. D. (1974): *Über Verbreitung, Zusammensetzung und Alter des Sandlösses im Raum Wittingen-Hankensbüttel*. – *Z. Dtsch. Geol. Ges.* **125**: 269–276, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- LANG, H. D. (1990): *Der Sandlöß in der Umgebung von Bergen Krs. Celle - Verbreitung, Zusammensetzung und Entstehung*. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **40**: 97–106, 3 Abb.; Öhringen/Würt.
- LANGNER, S. (1988): *Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 25.000, Blatt 3117 Twistrigen*. – Hannover.
- LANGNER, S., BENNE, I., BOESS J., CAPELLE, A., GEHRT, E. & SPONAGEL, H. (2003): *Die BK50 im NIBIS®: Ein neuer Standard - Die Standards bei der Erstellung der Konzeptkarten*. – *Mitt. Dt. Bodenkd. Ges.* **102**: 519–520.
- LAUTENSACH, H. (1952): *Der geographische Formenwandel. Studien zur Landschaftssystematik*. – *Colloquium geographicum* **3**; Bonn (Dümmler).
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (2012): *Anweisung zur Erstellung der Manuskriptkarte der Marschen für die BK50*. – 60 S.; Hannover [Unveröff.].
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2014): *Zentrale Geodaten im LBEG*. – Faltblatt, 6 S.; Hannover.
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015), in Zusammenarbeit mit den beteiligten Staatlichen Geologischen Diensten der Bundesrepublik Deutschland: *Symbolschlüssel Geologie*. – 3. völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, 35 S.; Hannover.
- LESER, H., HAAS, H. D. & MOSIMANN, T. (2005): *Diercke - Wörterbuch Allgemeine Geographie*. – München (dtv).
- LESER, H. & STÄBLEIN, G. (1975): *Geomorphologische Kartierung*. – *Berliner Geogr. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten, Abh., Sonderheft: 1–39*; Berlin.
- LGRB-WISSEN: *Geowissenschaftliches Portal für Baden-Württemberg. Fachübergreifendes Karten- und Erläuterungswerk mit den Themen Bodenkunde, Geologie, Hydrogeologie, Geothermie, Ingenieurgeologie, Rohstoffgeologie und Geotourismus des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) im Regierungspräsidium Freiburg*, <<https://lgrb-wissen.lgrb-bw.de/>>.
- LIEBEROTH, I. (1964): *Zur Unterscheidung von Parabraunerden und Fahlerden aus Weichsellöß in Sachsen*. – *Albrecht-Thaer-Archiv* **8/6**: 487–508, 5 Abb., 5 Tab.; Berlin.
- LIEBSCHER, H. J., BAUMGARTNER, A., BENECKE, P. & BRECHTEL, H. (1996): *Lehrbuch der Hydrologie, Bd. 1, Allgemeine Hydrologie, Quantitative Hydrologie*. – Stuttgart (Bornträger).
- LIEDTKE, H. (1983): *Periglacial slopewash and sedimentation in Northwestern Germany during the Würm (Weichsel) Glaciation*. – *Permafrost - Fourth Internat. Conference, Fairbanks 1983, Proceedings, Washington*: 715–718.
- LIPPS, S. (1988): *Fluviatile Dynamik im Mittelwesertal während des Spätglazials und Holozäns*. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **38**: 78–86; Hannover.
- LIPPS, S. & CASPERS, G. (1990): *Spätglazial und Holozän auf der Stolzenauer Terrasse im Mittelwesertal*. – *Eiszeitalter u. Gegenwart* **40**: 111–119; Hannover.
- LORENZ, W. D. & WIELAND, J. (1983): *Tiefpflug-Sanddeckkultur, ein Verfahren zur Melioration flachgründiger sandunterlagerter Niedermoore*. – In: *Wissenschaftlich-technische Informationen für das Meliorationswesen* **70**; Bad Freienwalde.
- LSN (2015): *Katasterfläche nach Nutzungsarten der tatsächlichen Nutzung 2014*. – In: *Online-Regionaldatenbank, Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN)*; Hannover.

- LÜDERS, R. (1965): Zur Entstehung von Raseneisenstein im Emstal bei Meppen. – Geol. Jb. 83 S.; 221–234, 3 Abb., 3 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- LÜDERS, R. (1978): Bodenkundliche Standortkarte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 200.000 (BSK200), 7 Kartenblätter (Oldenburg, Bremen, Lüneburg, Osnabrück, Hannover, Braunschweig, Göttingen) – Hannover.
- LUNG – LANDESAMT FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND GEOLOGIE (2002): Beiträge zum Bodenschutz - Bodenerosion. – 2. überarb. Aufl., Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Mecklenburg-Vorpommern (Hrsg.); Güstrow.
- LÜTTIG, G. (1960): Zur Gliederung des Auelehms im Flußgebiet der Weser. – Eiszeitalter und Gegenwart 11: 39–50.
- MANOLIS, K., GEHRT E., HÖPER H., KRÜGER, K., LANGNER, S., MÜLLER, U., RÖDER, C. & SCHÄFER, W. (2014): Kohlenstoffreiche Böden in Niedersachsen, Teil Grünland. Erstellung einer Gebietskulisse im Auftrag des Niedersächsischen Ministeriums für Landwirtschaft. Abschlussbericht. – Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Referat L3.5 Geologie und Boden; Hannover (LBEG) [Unveröff.].
- MARKGRAF, G. (1963): Über Profilaufbau und Humuszusammensetzung der Schwarzerde in der Magdeburger Börde. – Albrecht-Thaer-Archiv 8, H1/2: 89–105, 4 Abb., 7 Tab.; Berlin.
- MCBRATNEY, A. B, MENDONÇA SANTOS M. L & MINASNY, B. (2003): On digital soil mapping. – Geoderma 117, Issues 1–2: 3–52, <[https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00223-4](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00223-4)>.
- MEYER, B., JÖRGENSEN, R., HUGENROTH, P. & AHL, C. (1985): Entwicklung und Gesellschaft der Böden aus Kalkstein im Muschelkalk-Gebiet des Göttinger Waldes. Exkursion DBG-Jahrestagung. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. 42: 435–454; Göttingen.
- MEYER, B., KALK, E. & FÖLSTER, H. (1962): Parabraunerden aus primär karbonathaltigem Würm-Löß in Niedersachsen. I. Profilbilanz der ersten Folge bodengenetischer Teilprozesse: Entkalkung, Verbraunung, Mineralverwitterung. – Z. f. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde 99: 37–55; Weinheim.
- MEYER, B. & ROESCHMANN, G. (1971): Die Lößböden am Nordrand der Mitteldeutschen Schwelle. Das Schwarzerdegebiet um Hildesheim. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. 13: 287–310.
- MEYER, C. & RAGUTZKI, G. (1999): KFKI-Forschungsvorhaben Sedimentverteilung als Indikator für morphodynamische Prozesse. – Dienstber. Forschungsstelle Küste 21/1999: 43 S., 4. Abb., 37 Anl.; Norderney [Unveröff.].
- MEYER, K. & HAUSCHILD, S. (2016): Ermittlung und Bewertung des Grundwasserflurabstandes in Wasserrechtsverfahren. – 2. Aufl., Geofakten 28: 3 S., 2 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- MICHLICH, G. (1976): Homogenität, Inhomogenität und Gleichheit von Bodenkörpern. – Z. Pflanzenern. Bodenkunde 139: 597.
- MÖLLER, A. & KENNEPOHL, A. (2014): Abschätzung von CO<sub>2</sub>-Emissionen und -Retentionen durch Landnutzungsänderungen anhand regionalisierter Kohlenstoffvorräte auf landwirtschaftlich genutzten Böden Niedersachsens. – GeoBerichte 27: 76 S., 30 Abb., 8 Tab., 13 Kt.; Hannover (LBEG).
- MOERS, C. & GEHRT, E. (1991): Untersuchungen zum bodenkundlichen Informationsgehalt Forstlicher Standortkarten. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. 66 II: 823–826.
- MÜCKENHAUSEN, E. & WORTMANN, H. (1958): Erläuterungen zur Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 300.000. – Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen; Krefeld.
- MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – GeoBerichte 19: 415 S., 37 Abb., 335 Tab.; Hannover (LBEG).
- MÜLLER, W. (1985): Zur Genese der Verbreitungsmuster der Marschböden und Diskussion verschiedener Entstehungstheorien. – Geol. Jb. F19; Stuttgart.
- MÜLLER, W., LÜDERS, R. & BENZLER, J. (1984): Ein anwendungsorientiertes Klassifikationssystem für Bodentypen auf der Grundlage der Quantifizierung von Bodenmerkmalen und Bodeneigenschaften. – Geol. Jb. 75: 663–714; Hannover.

- MUNSELL FARBTAFELN – MUNSELL COLOR COMPANY INC. (1954): Munsell Soil Color Charts. – Baltimore, USA.
- MUTERT, E. (1977): Regionale Gruppierung von Böden und Bodenklassifikation. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **25**: 447–452; Göttingen.
- MUTERT, E. (1978): Untersuchungen zur regionalen Gruppierung von Böden, durchgeführt an einer Kleinlandschaft im schleswig-holsteinischen Jungmoränengebiet. – Diss. Agrarwissenschaftl. Fak. d. Christian-Albrecht-Univ. Kiel; Kiel.
- NATURE-CONSULT (2006): Kartierung der gesamten terrestrischen Bereiche des Nationalparks Niedersächsisches Wattenmeer im Jahr 2004. – Im Auftrag der Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer, Abschlussbericht, 125 S.; [Unveröff].
- NBODSCHG (1999). Niedersächsisches Bodenschutzgesetz vom 19. Februar 1999 (Nds. GVBl.: 46), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 16.05.2018 (Nds. GVBl.: 66). – <http://www.voris.niedersachsen.de/jportal/?quelle=jlink&query=BodSchG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true>.
- NEEF, E. (1963): Topologische und chorologische Arbeitweisen in der Landschaftsforschung. – PGM **107**: 249–259; Berlin.
- NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. – Leipzig
- NEEF, E. (1975): Zu einigen aktuellen Fragen der Erforschung chorischer Strukturen. – PGM **3**: 166–172; Berlin.
- NEUMEISTER, H. (1965): Probleme der nördlichen Lößgrenze. – Leipziger Geogr. Beiträge, Festschrift für Prof. Lehmeier; Leipzig.
- NFP – NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2005): Forstliche Standortaufnahme / Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: pleistozänes (diluviales) Tiefland. – Standortkartierung, Ausgabe 05.2005, <https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2019/03/standortskartierung-berglund-rahmenschema01-2007.pdf>.
- NFP – NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2007): Forstliche Standortaufnahme / Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: Mittelgebirge, Bergland und Hügelland. – Standortkartierung, Ausgabe 01.2007, <https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2019/03/standortskartierung-berglund-rahmenschema01-2007.pdf>.
- NFP – NIEDERSÄCHSISCHES FORSTPLANUNGSAMT (2009): Forstliche Standortaufnahme / Geländeökologischer Schätzrahmen. Anwendungsbereich: Varianten- Anwendungsbereich: pleistozänes (diluviales) Tiefland, Mittelgebirge, Berg- und Hügelland. – Standortkartierung, Ausgabe 01.2007, <https://www.landesforsten.de/wp-content/uploads/2019/03/standortskartierung-berglund-rahmenschema01-2007.pdf>.
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1997): Böden in Niedersachsen. – 127 S., [https://www.lbeg.niedersachsen.de/Bodenbewusstsein/boeden\\_niedersachsen/boeden-in-niedersachsen---online-586.html](https://www.lbeg.niedersachsen.de/Bodenbewusstsein/boeden_niedersachsen/boeden-in-niedersachsen---online-586.html); [ISBN 978-3-510-95814-6].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2000): Profil-Erfassungsprogramm (PEP) - Anweisung zur Erfassung von bodenkundlichen Profildaten nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (KA4). – Version 1.1; Hannover.
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2002): Arbeitsanleitung BK50 - Bodenkarte von Niedersachsen 1 : 50.000. – 91 S., Stand Juni 2002, Archiv-Nr. **0136219**; Hannover [Unveröff.].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2004): Arbeitsanleitung Manuskriptkarte BK50. – 29 S., Stand September 2004, Archiv-Nr. **0136220**; Hannover [Unveröff.].
- NLWKN (2004): Biotoptypen-Karten (GIS) der Lebensraumkartierung im Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer als GIS-Shapes (geografisches Informationssystem) mit den dazugehörigen Layerdateien zur Abbildung von Biotoptypen und TMAP-Typen. – <https://www.nationalpark-wattenmeer.de/nds/service/publikationen/biotoptypen-karten-gis/4423>.
- OELKERS, K.-H. (1970): Die Böden des Leinetales, ihre Eigenschaften, Verbreitung, Entstehung und Gliederung, ein Beispiel für die Talböden im Mittelgebirge und dessen Vorland. – Beih. Geol. Jb. Bodenkundl. Beitr. **99/3**: 71–152.

- OELKERS, K.-H. & VINKEN, R. (1988): Neue Wege bei der Bereitstellung von Entscheidungsgrundlagen für den Bodenschutz im Rahmen eines bodenkundlichen Dienstes. – In: ROSENKRANZ, D., EINSELE, G. & HARRESS, H.-M. (Hrsg.) (1988): Bodenschutz; Berlin.
- OSTMANN, U. (1993): Die Übernahme der historischen Landnutzungsarten aus Karten des 18. und 19. Jahrhunderts in das Niedersächsische Boden informationssystem. – Geol. Jb. **F 27**: 145–183, 11 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- OVERBECK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. – 719 S.; Neumünster (Wachholtz).
- PAAS, W. (1965): Profildifferenzierungen durch Feinsubstanzverlagerung in Löß-, Sandlöß und Flugsandböden am linken Niederrhein. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **4**: 17–23, 1 Abb.; Göttingen.
- PAAS, W. (1968): Stratigraphische Gliederung des Niederrheinischen Lösses und seiner fossilen Böden. – Dechiniana **121** (1/2): 9–38; Bonn.
- PETERSEN, J. (2008): Erstellung der BK50 von Niedersachsen. Übersetzung der aktuellen Vegetationskartierung der Ostfriesischen Inseln in bodenkundlich relevante Parameter. – Auftrag LBEG 200-4500038574; Hildesheim [Unveröff.].
- PETERSEN, J., DASSAU, O., DAUCK H.-P. & JANINHOFF, N. (2008): Angewandte Vegetationskartierung großräumiger Projektgebiete auf Basis digitaler Luftbilddaten - eine kombinierte Methode aus Fernerkundung, GIS und nahezu flächendeckender Verifizierung im Gelände. – <[http://nature-consult.de/fileadmin/user\\_upload/pdf/agit\\_2008\\_nature-consult.pdf](http://nature-consult.de/fileadmin/user_upload/pdf/agit_2008_nature-consult.pdf)>.
- PETERSEN, J. & GEHRT, E. (2008): Nutzung der aktuellen Vegetationskartierung der Ostfriesischen Inseln zur Erstellung von Bodenkarten (BK50). – Beitrag zur Tagung „Die Böden der Küste und deren Genese im Spannungsfeld von Landnutzung und Klimawandel, Gemeinschaftsveranstaltung von DBG, Univ. Oldenburg und LBEG, 03.–05. September 2008 in Oldenburg, Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <<http://eprints.dbges.de/70/1/Petersen.pdf>>.
- PFEIFFER, M. (2002): Periglaziale Lagen: ihre Zuordnung zum Relief und ihre sedimentologisch-pedologische Differenzierung sowie ihre Auswirkungen auf Standortqualitäten anhand ausgewählter Beispiele aus dem Steigerwald. – <[http://edoc.ub.uni-muenchen.de/1468/1/Pfeiffer\\_Margit.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/1468/1/Pfeiffer_Margit.pdf)> [18.07.2009].
- PLASS, W. (1966): Braunerden und Parabraunerden in Nordhessen. – Z. Pflanzenernähr. u. Bodenkunde **114/1**: 12–27; Weinheim.
- RAGUTZKI, G. (1980): Verteilung der Oberflächensedimente auf den niedersächsischen Watten. – Jahresbericht der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz **22**: 55–68; Norderney.
- RAGUTZKI, G. (1982): Verteilung und Eigenschaften der Wattsedimente des Jadebusens. – Jahresbericht der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz **32**: 31–61; Norderney.
- RAISSI, F., BOHNENSTEIN, V., MÜLLER, U. & FRITZ, J. (2011): Ermittlung von Bodenklassen für Erdarbeiten nach DIN 18300 auf Basis der Bodenübersichtskarte i. M. 1 : 50 000. – 3. Aufl., Geofakten **23**: 6 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- RAISSI, F. & MÜLLER, U. (2009): Bodenkundliche Ermittlungen von Grundwasserabsenkungen im Gelände – Erfassung und Abschätzung der anteiligen Grundwasserabsenkungsbeiträge durch Grundwasserentnahme und Entwässerungsmaßnahmen. – 3. Aufl., Geofakten **5**: 6 S., 4 Abb.; Hannover (LBEG).
- RAISSI, F., WEUSTINK, A., MÜLLER, U., MEYER, H., MEESENBURG, H. & RASPER, M. (2008): Durchführungspläne für die Beweissicherung zum Bewilligungsbescheid zur Entnahme von Grundwasser. – 2. Aufl., Geofakten **19**: 15 S., 3 Abb., 4 Tab.; Hannover (LBEG).
- RATGEBER, A. (1998): Bodengesellschaften des Flammenmergels im Sackwald. – Diplomarbeit, Georg-August-Universität Göttingen [Unveröff.].
- RD ERL, D. MU (2001): Richtlinie für die Ausarbeitung und Fortschreibung des Landschaftsrahmenplans nach § 5 des Niedersächsischen Naturschutzgesetzes. – Hannover.

- RICHTER, A., ADLER, G. H., FAHRAK, M. & ECKELMANN, W. (2007): Erläuterungen zur nutzungsdifferenzierten Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland im Maßstab 1 : 1.000.000. – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Hrsg.); Hannover.
- RICHTER, H. (1967): Naturräumliche Ordnung. – In: NEEF, E. (1967): Probleme der Landschaftsökologischen Erkundung und Naturräumlichen Gliederung. – Wiss. Abh. d. Geogr. Gesellsch. d. Dtsch. Demokr. Rep. **5**: 129–160; Leipzig.
- ROESCHMANN, G. (1956): Die Grundwasserböden des Emstaales zwischen Rheine und Papenburg und ihre Beziehungen zur Geschichte des Emslaufes. – Inaugural-Dissertation Universität Münster, 175 S., 29 Abb., 6 Tab., 3 Kt.; Münster.
- ROESCHMANN, G. (1963): Zur Entstehungsgeschichte von Parabraunerden und Pseudogleyen aus Sandlöß südlich von Bremen. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **117** (Festschrift Lotze): 286–302; Stuttgart.
- ROESCHMANN, G. (1968a): Pseudogley-Tschernoseme und deren Übergangsbildungen zu Parabraunerden im Lößgebiet der Hildesheimer Börde. – Geol. Jb. **85**: 841–860.
- ROESCHMANN, G. (1968b): Besonderheiten der Ton- und Eisenverlagerung in Parabraunerden aus Sandlöß südwestlich von Bremen. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **8**: 277–282, 1 Abb.; Göttingen.
- ROESCHMANN, G. (1972): Zur Problematik der Reinheit von Kartiereinheiten auf Bodenkarten aus der Sicht der systematischen bodenkundlichen Landesaufnahme. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **16**: 79–88; Göttingen.
- ROESCHMANN, G., GROSSE-BRAUCKMANN, G., KUNTZE, H., BLANKENBURG, J. & TÜXEN, J. (1993): Vorschläge zur Erweiterung der Bodensystematik der Moore. – Geol. Jb. **F29**; Hannover (Schweizerbart).
- ROHDENBURG, H. (1966): Eiskeilhorizonte in südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **5**: 137–170, 20 Abb.; Göttingen.
- ROHDENBURG, H. & MEYER, B. (1966): Zur Feinstratigraphie und Paläopedologie des Jungpleistozäns nach Untersuchungen an südniedersächsischen und nordhessischen Lößprofilen. – Mitt. Dt. Bodenkd. Ges. **5**: 1–135, 25 Abb., 12 Tab.; Göttingen.
- ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1971): Bemerkungen zur Stratigraphie des Würmlösses im westlichen Mitteleuropa. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. **99**: 246–252, 2 Abb.; Wiesbaden.
- RÖSCH, A. & KURANT, F. (1950): Bodenschätzung und Liegenschaftskataster. – Berlin.
- ROTHKEGEL, W. (1950): Geschichtliche Entwicklungen der Bodenbonitierungen und Bedeutung der deutschen Bodenschätzung. – Stuttgart, Ludwigsburg.
- SAUER, D., SPONAGEL, H., SOMMER, M., GIANI, L., JAHN, R. & STAHR, K. (2007): Podzol: Soil of the Year 2007. A review on its genesis, occurrence, and functions. – JPNSS **170**, Issue 5, <<https://doi.org/10.1002/jpln.200700135>>.
- SBRESNY, J. (2015): Ableitung einer Nutzungsebene und Zuordnung von Versiegelungsklassen aus den ATKIS-Daten von 2015 Niedersachsen. – NIBIS®-Dokumentation; Hannover (LBEG) [Unveröff.].
- SCHÄFER, W., GEHRT, E., MÜLLER, U., BLANKENBURG, J. & GRÖGER, J. (2010a): Sulfatsaure Böden in niedersächsischen Küstengebieten. – Geofakten **24**: 9 S., 4 Abb., 1 Tab.; Hannover (LBEG).
- SCHÄFER, W., KUNTZE, H. & BARTELS, R. (1987): Bodenentwicklung aus Spülgut in Deponieflächen. – Geol. Jb. **F22**: 79 S., 24 Abb., 41 Tab.; Hannover.
- SCHÄFER, W., PLUQUET, E., WEUSTINK, A., BLANKENBURG, J. & GRÖGER, J. (2010b): Handlungsempfehlungen zur Bewertung und zum Umgang mit Bodenaushub aus (potenziell) sulfatsauren Sedimenten. – Geofakten **25**: 8 S., 4 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- SCHARPENSEEL, H. W. (1972): Messung der natürlichen C-14 Konzentration in der organischen Substanz von rezenten Boden Eine Zwischenbilanz. – Zeitschr. Pflanzenernähr. Bodenkd. **133**: 241–263.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2018): Lehrbuch der Bodenkunde. – 15. Auflage; Stuttgart (Enke).

- SCHILLING, W. & WIEFEL, H. (1962): Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes. – *Geologie* **11**: 428–460, 5 Abb., 2 Tab.; Berlin.
- SCHIRMER, W. (1983): Die Talentwicklung an Main und Regnitz seit dem Hochwürm. – *Geol. Jb.* **A71**: 11–43; Hannover.
- SCHIRMER, W. & KELS, H. (2007): Bericht zum Sedimentflux in Lössflächen und Auen des Niederrheins. – DFG-Bericht: 12 S; Düsseldorf, <<http://www.uni-duesseldorf.de/WWW/MathNat/Geologie/Online-Publikationen-01.pdf>> (14.07.2007).
- SCHIRMER, W. & STREIT, R. (1967): Die Deckschichten der Niederrheinischen Hauptterrasse bei Erkelenz. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln **13**: 81–94; Köln.
- SCHLÜTER, H. (1999): Einsatz von Klassifizierungsmodellen zur Herausstellung genereller Züge der Bodenformen Niedersachsens - ein Hilfsmittel zur Bearbeitung von Bodenkarten. Dargestellt am Beispiel der Bodenkarte 1 : 25.000 „Vechta“. – Diplomarbeit Geographisches Institut Georg-August-Universität Göttingen [Unveröff.].
- SCHLÜTTER, F. (1999): DBU-Projekt Raseneisenstein. – Untersuchungsergebnisse der MPA Bremen, Berichtszeitraum 1998–99, <[http://www.mpa-bremen.de/www/fileadmin/user\\_upload/Publikationen/DBU-Raseneisenstein\\_98-99.pdf](http://www.mpa-bremen.de/www/fileadmin/user_upload/Publikationen/DBU-Raseneisenstein_98-99.pdf)>.
- SCHMIDT, M. (2002): Carbon isotop geochemistry and nanomorphology of soil black carbon: Black chernozemic soils in central Europe originate from ancient biomass burning. – *Global Biogeochemical Cycles* **16**, No. 4.
- SCHMIDT, M. W. I., SKJEMSTAD, J. O., GEHRT, E. & KÖGEL-KNABNER, I. (1999): Charred organic carbon in German chernozemic soils. – *European Journal of Soil Science* **50** (2): 351–365.
- SCHMIDT, R. (1965): Sandlöß und Treibsand in der Grossenhainer Pflege. – *Sächs. Heimatblätter* **11**.
- SCHMIDT, R. (1971a): Ergebnisse und Fortschritte in der Erforschung der Struktur der Bodendecke für die Charakterisierung heterogener Standorteinheiten. – *Albrecht-Thaer-Archiv* **15**: 5–24.
- SCHMIDT, R. (1971b): Die Weichselzeit im Übergangsgebiet zwischen Löß und Treibsand in Nordsachsen (Gossenhainer Gebiet). – *Zpravy Geografickeho ustavu CSAV VIII*: 1–22; Brno.
- SCHMIDT, R. (1975): Grundlagen der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standorterkundung. – *Albrecht-Thaer-Archiv* **19**: 533–543.
- SCHMIDT, R. (1978): Prinzipien der Standortgliederung der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung der DDR. – *Albrecht-Thaer-Archiv* **22**: 459–469.
- SCHMIDT, R. (1997): Grundsätze der Bodenvergesellschaftung. – Kap. 3.4.1 in BLUME, H. P. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*: 24 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).
- SCHMIDT, R. (1999a): Grundsätze der Bodenvergesellschaftung. – Kap. 3.4.1 in BLUME, H. P. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*; Landsberg/Lech (Ecomed) 1999, [ISBN 3-609-72210-X].
- SCHMIDT, R. (1999b): Klassifikation von Bodengesellschaften. – Kap. 3.4.3 in BLUME, H. P. et al. (Hrsg.): *Handbuch der Bodenkunde*: 18 S.; Landsberg/Lech (Ecomed) 1999, [ISBN 3-609-72210-X].
- SCHMIDT, R. & JAHN, R. (2004): Statuspapier zum Bearbeitungsstand der Bodengesellschaftssystematik. Arbeitskreis für Bodensystematik der DBG. – *Mitt. Dt. Bodenkundl. Gesell.* **103**: 3–16, <[https://www.bodensystematik.de/AK%20Bodensystematik%202004%20Bodengesellsch-DBG\\_Mitt-103\\_3-16.pdf](https://www.bodensystematik.de/AK%20Bodensystematik%202004%20Bodengesellsch-DBG_Mitt-103_3-16.pdf)>; [ISSN 0343-1071].
- SCHMIDT, W., v. D. WAYDBRINK, W., MUNDEL, G. & SCHOLZ, A. (1981): Kennzeichnung und Beurteilung der Bodenentwicklung auf Niedermoor unter besonderer Berücksichtigung der Degradierung. – Forschungsabschlußbericht, IPF Paulinenaue, Akad. Landwirtsch.-Wiss. DDR.
- SCHMITHÜSEN, F. (1964): Was ist eine Landschaft. – *Erdkundliches Wissen* **9**: 7–24; Wiesbaden.
- SCHMITHÜSEN, F. (1976): Allgemeine Geosynergetik, Grundlagen der Landschaftskunde. – *Lehrbuch der allg. Geographie* **12**; Berlin und New York.

- SCHMOOCK, I. (2017): Charakterisierung und Verbreitung von Wölbackerböden in Niedersachsen. – Masterarbeit im Studiengang Agrarwissenschaften an der Georg-August-Universität Göttingen [Unveröff.].
- SCHMOOCK, I. & GEHRT, E. (2017): Verbreitung und Charakterisierung der Wölbackerböden in Niedersachsen. – In: Jahrestagung der DBG 2017: Horizonte des Bodens, 02.–07.09.2017; Göttingen.
- SCHNEEKLOTH, H. & TÜXEN, J. (1970): Die Moore in Niedersachsen. 8 Teile, nach Blättern der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland (1 : 200.000). – Veröff. Nds. Inst. Landeskd.; Göttingen.
- SCHOEDER, D. (1978): Bodenkunde in Stichworten. – (Verlag Ferdinand Hirt).
- SCHOLTEN, T. (2003): Beitrag zur flächendeckenden Ableitung der Verbreitungssystematik und Eigenschaften periglaziärer Lagen in deutschen Mittelgebirgen. – In: Relief, Boden, Paläoklima **19**; [ISBN 978-3-443-09019-7].
- SCHRADER, S. (2005): Daten und Methoden zur Bearbeitung der Bodenschätzung im NIBIS® - Untersuchungen zur Qualität. – Diplomarbeit Landwirtschaftliche Fakultät Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- SCHREY, H.-P. (2014): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50.000 - BK50. – 120 S., 20 Abb., 35 Tab., 81 S., Anh.; Krefeld.
- SCHROEDER, D. & LAMP, J. (1974): Ein Beitrag zur Theorie der traditionellen und der numerischen Bodenklassifikation. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **18**: 291–295; Göttingen.
- SCILANDS GMBH (2006): Dokumentation zur Qualitätsverbesserung des DGM5 von Niedersachsen und Eliminierung anthropogener Reliefformen und eingetiefter Gewässer. – erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Auftr. Nr. **10021077**, 30 S; Göttingen [Unveröff.].
- SCILANDS GMBH (2008): Dokumentation zur Reliefanalyse in Niedersachsen auf Basis digitaler Höhenmodelle. – erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Auftr. Nr. **10021129**; Göttingen [Unveröff.].
- SEMMELE, A. (1964): Junge Schuttdecken im hessischen Mittelgebirge. – Notizbl. Hess. Lds.-Amt f. Bodenforsch. **92**: 275–285; Wiesbaden.
- SEMMELE, A. (1968): Studien über den Verlauf der jungpleistozänen Formung in Hessen. – Frankfurter Geographische Hefte **45**.
- SIEBERTZ, H. (1988): Die Beziehung der äolischen Decksedimente in Nordwestdeutschland zur nördlichen Lößgrenze. – Eiszeitalter u. Gegenwart **38**; Öhringen.
- SIEBNER, C. (2000) Wasserbewegung und Stofftransport in Pelosolen am Beispiel des Südniedersächsischen Röt (Oberer Buntsandstein). – Dissertation Georg-August-Universität Göttingen, <<https://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-AEB8-8/siebner.pdf?sequence=1>>.
- SPONAGEL, H. (2006): Wie Phoenix aus der Asche. Podsol - Boden des Jahres 2007. – Vortrag zur Festveranstaltung in Berlin [Unveröff.].
- SPONAGEL, H., BENNE, I., BOESS, J., CAPELLE, A., GEHRT, E. & LANGNER, S. (2003): Die BK50 im NIBIS®: Ein neuer Standard. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **102**: 585–586.
- SPONAGEL, H., GEHRT, E., FUCHS, M., SOMMER, M. & BÖHNER, J. (1999): Bodenarealabgrenzung - Parameter zur Ableitung von Bodengesellschaften. – Mitt. Dt. Bodenk. Ges. **91**, H. 2: 1108–1111.
- SPONAGEL, H., GIANI, L. & GEHRT, E. (2009): Die Strandböden der Ostfriesischen Inseln. – Tagungsbeitrag zur Sitzung der Kommission V der DBG vom 05.–13.09.2009 in Bonn, Berichte der DBG (nicht begutachtete online-Publikation), <<http://www.dbges.de>>.
- SPRINGOB, G., BRINKMANN, S., ENGEL, N., KIRCHMANN, H. & BÖTTCHER, J. (2001): Organic carbon levels of Ap horizons in North German pleistocene sands as influenced by climate, texture and history of land-use. – Journal of Plant Nutrition and Soil Science **164**, 681–690.
- STBA (2015): Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung 2014. – In: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Fachserie **3** Reihe **5.1**, Statistisches Bundesamt (StBA); Wiesbaden.

- STÖHR, W. (1959): Die Bodenschätzung: Möglichkeiten der Auswertung und Verwertung der Ergebnisse für die geologisch-bodenkundliche Landesaufnahme. – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft **111**: 739–781.
- SUCCOW, M. & JOOSTEN, H. (Hrsg.) (2001): Landschaftsökologische Moorkunde. – 2., völlig neu bearb. Aufl.; Stuttgart (Schweizerbart).
- TGL24300/04 (1985): Aufnahme landwirtschaftlich genutzter Standorte. Moorstandorte. – Leipzig (Verlag für Standardisierung).
- TOLKSDORF-LIENEMANN, E. (2000): Genese und Klassifizierung von Podsolen im Nordwestdeutschen Flachland. – Dissertation Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 171 S.
- TROLL, C. (1950): Die geographische Landschaft und ihre Erforschung. – Studium generale **3**, 4/5: 161–181.
- URBAN, B., KUNZ, A. & GEHRT, E. (2011): Genesis and dating of Late Pleistocene-Holocene soil sediment sequences from the Lüneburg Heath, Northern Germany. – In: E&G - Quaternary Science Journal **60**, No. 1, A. 01, <<http://hdl.handle.net/11858/00-1735-0000-0001-B8EE-B>>.
- V. HOYNINGEN-HUENE, P.-F. (1939): Die Niedersächsischen Böden - Erläuterungen zum Bodenkundlichen Atlas von Niedersachsen. – Wirtschaftswissenschaftliche Ges. zum Studium Niedersachsens (Hrsg.); Oldenburg.
- V. D. HAMMEN, T., MAARLEVELD, G. C., VOGEL, J. C. & ZAGWIJN, W. H. (1967): Stratigraphy, climatic succession and radiocarbon dating of the last Glacial in the Netherlands. – Geol. en Mijnb. **46**: 79–95; s'Gravenhage.
- V. ZESCHWITZ, E. (1964): Grundwasser und Bodenbildung in der Soester Niederbörde. – Geol. Jb. **82**: 143–176, 5 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- VIERHUFF, H. (1967): Untersuchungen zu Stratigraphie und Genese der Sandlößvorkommen in Niedersachsen. – Mitt. Geol. Inst. TH Hann. **5**; Hannover.
- WAGNER, B. (2011). Spatial analysis of loess and loess-like sediments in the Weser-Aller catchment (Lower Saxony and Northern Hesse, NW Germany). – E&G Quaternary Science Journal **60**, 27–46, <[10.3285/eg.60.1.02](https://doi.org/10.3285/eg.60.1.02)>.
- WEIN, N. (1969): Akkumulations- und Erosionsformen im Tal der mittleren Ems. – Diss. Geogr./Philosoph. Fakultät Universität Münster.
- WILDHAGEN, H. & MEYER, B. (1972a): Holozäne Boden-Entwicklung, Sediment-Bildung und Geomorphogenese im Flußauen-Bereich des Göttinger Leinetal-Grabens. 1. Spätglazial und Holozän bis zum Beginn der eisenzeitlichen Auenlehm-Ablagerung. – Göttinger Bodenkundliche Berichte **21**: 1–75.
- WILDHAGEN, H. & MEYER, B. (1972b): Holozäne Boden-Entwicklung, Sediment-Bildung und Geomorphogenese im Flußauen-Bereich des Göttinger Leinetal-Grabens. 2. Die Auenlehm-Decken des Subatlantikums. – Göttinger Bodenkundliche Berichte **21**, 77–158.
- ZAKOSEK, H. (1991): Zur Genese und Gliederung des Rheintal-Tschernosems im nördlichen Oberrheingraben. – Mainzer geowiss. Mitt. **20**: 159–176, 6 Tab.; Mainz.
- ZEITZ, J. (2014) Moorkulturen. – In: BLUME, H. P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FISCHER, W. R., FREDE, H. G., HORN, R., & STAHR, K. (Hrsg.) Handbuch der Bodenkunde; Landsberg (Ecomed), <<https://doi.org/10.1002/9783527678495.hbbk2003006>>.

## Redaktionsteam

- Dr. Ernst Gehrt

<https://orcid.org/0000-0002-3664-1796>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

- Irmin Benne

ehemals LBEG

Schmiedestr. 17,  
30890 Barsinghausen.

- Sven Evertsbusch

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

- Dr. Karsten Krüger

<https://orcid.org/0000-0003-0263-8668>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

- Silvia Langner

<https://orcid.org/0000-0002-2494-2823>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

### Mit Beiträgen von

- Dr. Jan Bug

<https://orcid.org/0000-0002-2435-2540>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

- Silvia Dieler

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.3 Geodatenmanagement, 3D-Infrastruktur,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

- Ramona Eilers  
ehemals LBEG  
Südstr. 37,  
31177 Harsum.
- Dirk Prause  
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.
- Dr. Jan Sbresny  
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.2 Digitalisierung, Niedersächsisches Bodeninformationssystem,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.
- Anja Waldeck  
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,  
Referat L 2.2 Digitalisierung, Niedersächsisches Bodeninformationssystem,  
Stilleweg 2,  
30655 Hannover.

ISSN 1864 – 7529