

MITTEILUNGEN ZU GEOLOGIE UND BERGWESEN  
IN SACHSEN-ANHALT  
Band 11

# BODENBERICHT 2006

Böden und Bodeninformationen in Sachsen-Anhalt



SACHSEN-ANHALT

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

# Bodenbericht Sachsen-Anhalt 2006

Böden und Bodeninformationen in Sachsen-Anhalt



Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

## **Mitteilungen zu Geologie und Bergwesen in Sachsen-Anhalt, Band 11, 2006**

Herausgeber: Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt

Köthener Straße 34, Halle (Saale)

Postfach 156, 06035 Halle (Saale)

Tel. (0345) 52 12-0, Fax (0345) 52 22 99 10

E-Mail: [poststelle@lagb.mw.lsa-net.de](mailto:poststelle@lagb.mw.lsa-net.de)

Internet: [www.mw.sachsen-anhalt.de/gla](http://www.mw.sachsen-anhalt.de/gla)

Präsident: Armin Forker

Verantwortliche Redakteure: Dr. Dieter Feldhaus, Dr. Klaus-Jörg Hartmann

Redaktionsschluss: 31.07.2006

Druck: Druckerei Schütze, Halle (Saale)

Layout: Markus Möller, [terrasys.info](http://terrasys.info), Halle (Saale)

Titelbild: Blick von Norden über die landwirtschaftlich genutzte Lösslandschaft auf den Petersberg bei Halle und Profil einer in dieser Landschaft typischen Schwarzerde aus Löss (Wolfgang Kainz, 2001)

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren allein verantwortlich. Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder auf anderem Weg sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen – auch nur auszugsweise – sind nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers möglich.

ISSN 1861-8723

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>1. Einführung und Zielstellung</b>                                                                                  |            |
| A. Forker, K.-J. Hartmann und D. Feldhaus                                                                              | 7          |
| <b>2. Möglichkeiten und Grenzen zur Verwendung bodensystematischer Daten im Bodenschutz</b>                            |            |
| R. Jahn                                                                                                                | 11         |
| <b>3. Entwicklung des Bodenbewertungsverfahrens Sachsen-Anhalt</b>                                                     |            |
| A. Weigel, M. Bischoff, D. Feldhaus und H. Helbig                                                                      | 23         |
| <b>4. Böden in Sachsen-Anhalt</b>                                                                                      |            |
| W. Kainz und C. Fleischer                                                                                              | 33         |
| <b>5. Böden unter Dauerbeobachtung – Monitoring als Vorsorgeaufgabe</b>                                                |            |
| M. Weller                                                                                                              | 53         |
| <b>6. Erfassung des aktuellen Zustandes der Böden in Sachsen-Anhalt</b>                                                |            |
| W. Kainz                                                                                                               | 65         |
| <b>7. Bodenkundliche Basisinformationen</b>                                                                            |            |
| K.-J. Hartmann                                                                                                         | 71         |
| <b>8. Methodik der Bewertung von Bodenfunktionen und Bodengefährdungen</b>                                             |            |
| H. Helbig                                                                                                              | 89         |
| <b>9. Bodenkundliche Basiskarten und thematische Bodenkarten</b>                                                       |            |
| K.-J. Hartmann und H. Helbig                                                                                           | 95         |
| <b>10. Konzept zur integrierten datenbasierten Modellierung räumlich hochauflösender bodenkundlicher Informationen</b> |            |
| K.-J. Hartmann, T. Behrens, J. Boess, H. Domsch und T. Scholten                                                        | 99         |
| <b>11. Bodenkundliche Daten und Methoden in der EG-Wasserrahmenrichtlinie</b>                                          |            |
| M. Steininger, H. Helbig und M. Schrödter                                                                              | 105        |
| <b>Anhang</b>                                                                                                          | <b>114</b> |
| A. Bodenkundliche Basiskarten und thematische Karten                                                                   | 117        |
| B. Bodenprofile aus dem Bodenformenkatalog Sachsen-Anhalt                                                              | 145        |
| C. Autoren                                                                                                             | 193        |





# Zum Geleit



Für die Entwicklung eines jeden Landes bedarf es räumlicher und inhaltlicher Informationen zu Art und Umfang vorhandener und verfügbarer Ressourcen. Der Boden gehört neben Wasser und Luft zu den nicht vermehrbaren Produktions- und somit Wirtschaftsfaktoren.

Der Mensch ist in jeder Hinsicht auf den Boden angewiesen. Eine Übernutzung oder/und eine unsachgemäße Nutzung des Bodens kann zu Einschränkung der Lebens- und Entwicklungsbasis führen. Auch vor dem Hintergrund der Diskussionen um die Klimaänderung ist ein sorgsamer Umgang mit dem Boden als eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe anzusehen.

Bodenkundliche Informationen sind u.a. für Planungs-, Genehmigungs- und Produktionsfragen in vielen Bereichen von Bedeutung, so u.a.

- in der städtebaulichen und kommunalen Entwicklung,
- in der Land- und Forstwirtschaft,
- in der Industrie und im Straßenbau,
- im Bergbau und der Wiedernutzbarmachung von Flächen,
- in der Wasserwirtschaft, einschließlich dem Hochwasserschutz.

Als Fachbehörde ist das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) für die Erarbeitung und Bereitstellung geowissenschaftlicher Grundlagen und Informationen sowie den Aufbau und die Pflege des Bodeninformationssystems zuständig. Die Bodenkunde erstellt hierbei, aufbauend auf anderen geowissenschaftlichen Daten, das Fachinformationssystem Boden. Die Bedeutung der digitalen Verfügbarkeit bodenkundlicher Informationen steigt, dem allgemeinen Trend der Informationsgesellschaft folgend, kontinuierlich. Beispiele im Internet machen den Bedarf an digitalen Daten und deren Verfügbarkeit deutlich.

Anwendungen wie 'Google Earth' und Entwicklungen zur Bereitstellung von Fachdaten durch andere Geologische Dienste Deutschlands bestätigen den am Landesamt für Geologie und Bergwesen eingeschlagenen Weg der digitalen Datenbereitstellung im Internet und zeigen Entwicklungsperspektiven auf. Hier lauten die Schlagwörter Internet, Interaktivität und Nutzerorientierung.

Die technischen Möglichkeiten erlauben mittlerweile, dass sich der Nutzer 'just in time' entsprechend seiner Bedürfnisse Informationen zusammenstellt bzw. berechnen lässt. Gleichzeitig reduziert sich der Aufwand für eine nutzerorientierte Aufbereitung und Bereitstellung von Informationen in der datenhaltenden Behörde.

Vor der Bereitstellung nutzerorientierten Wissens sind die dafür erforderlichen Daten zu erheben. Das LAGB erhebt die Grundlagen im Rahmen von Projekten der bodenkundlichen Landesaufnahme und der Boden-Dauerbeobachtung. Die moderne DV-Infrastruktur des LAGB ermöglicht die Aufbereitung, flächenhafte Darstellung, themenbezogene Auswertung und nutzerfreundliche Präsentation der Unterlagen und Ergebnisse.

Unter ökonomischen und ökologischen Aspekten steigt der Bedarf und die Bedeutung bodenkundlicher Informationen. Der Bericht zeigt, dass die Bodenkunde am LAGB auf diese Herausforderung eingestellt ist und neuste Möglichkeiten der technischen Entwicklung nutzt.



Armin Forker

Präsident des Landesamtes für Geologie und Bergwesen



# 1. Einführung und Zielstellung

A. Forker, K.-J. Hartmann und D. Feldhaus

Ltd. GeoD Dipl.-Geol. A. Forker, Dr. K.-J. Hartmann, Dr. D. Feldhaus, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

Mit dem 1999 veröffentlichten Bodenatlas (GLA, 1999) hat das Landesamt für Geologie und Bergwesen einen Überblick über das landschaftliche Inventar der Böden in Sachsen-Anhalt, die vorhandenen Kartengrundlagen, Auswertungen und thematische Bearbeitungen gegeben. Diese Informationen haben allgemein zur Verbesserung des Kenntnisstandes über die Ressource Boden in Sachsen-Anhalt beigetragen. Seit dem Druck des Bodenatlas haben sich sowohl die Anforderungen an Informationen über den Boden als auch der Stand der Verfügbarkeit solcher Informationen weiterentwickelt. Es ist an der Zeit über bodenkundliche Arbeiten, die seit 1999 in Sachsen-Anhalt allgemein und am Landesamt für Geologie und Bergwesen im besonderen (LAGB) stattgefunden haben, zusammenhängend und umfassend zu informieren.

Aus dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG, 1998) und den Regelungen der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV, 1999) sowie den Vorgaben des Bodenschutz Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt (BodSchAG LSA, 2002) resultieren neue Anforderungen an die Bereitstellung bodenkundlicher Punkt- und Flächeninformationen sowie an Auswertungen und thematischen Bearbeitungen dieser Informationen mit denen die Erfüllung der Bodenfunktionen und die Gefährdungen des Bodens nach BBodSchG dargestellt werden. Ähnliche Anforderungen an bodenkundliche Informationen ergeben sich aus dem Oberflächen- und Grundwasserschutz nach der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft.

Seitens der Landwirtschaft besteht ein zunehmender Bedarf an großmaßstäbigen, flächenscharfen Informationen in Hinblick auf die

Eigenschaften des Bodens als Pflanzenstandort und daraus folgenden Bewirtschaftungsmaßnahmen. Diese Anforderungen resultieren sowohl aus Themen wie Nachhaltigkeit und Daseinsvorsorge im Rahmen der guten fachlichen Praxis (§ 17, BBodSchG) als auch aus EU-Regelungen, wie Prämienzahlungen an die Landwirte für die Einhaltung von Auflagen u.a. zum Umwelt und Naturschutz (cross compliance). Für die standortgerechte Bodenbewirtschaftung ergeben sich daraus klare ökologische und ökonomische Ziele. Hier sind Bodeninformationen erforderlich, die aufgrund ihrer Anforderungen an die Flächengenauigkeit die Auswertung der Bodenschätzung als Grundlage haben müssen. Im Rahmen von Projekten ist das LAGB an methodischen Arbeiten beteiligt, um mit der Bodenschätzung mögliche Aussagen in der Interpretation und Flächenschärfe weiter zu entwickeln.

Mit der Planung von Straßen, Gewerbeflächen, Rohstoffgewinnung, Renaturierung, usw. (Abb. 1.1) sind Eingriffe in den Boden verbunden. Neben den Auswirkungen des Bodenverlustes durch Versiegelung oder Abgrabung sind auch die Auswirkungen von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in der Wirkung auf den Boden zu bewerten und zu orientieren. In welchem Umfang Boden versiegelt und in seiner Nutzung verändert wurde zeigt Tabelle 1.1. Erkennbar sind die Folgen des wirtschaftlichen Umbaus der letzten 10 Jahre mit dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur sowie von Wohn- und Gewerbeflächen einerseits und der Stilllegungen und Rekultivierung von Braunkohletagebauen andererseits. Die Rekultivierung trägt wesentlich zu der bedeutenden Steigerung von Wasser- und Erho-

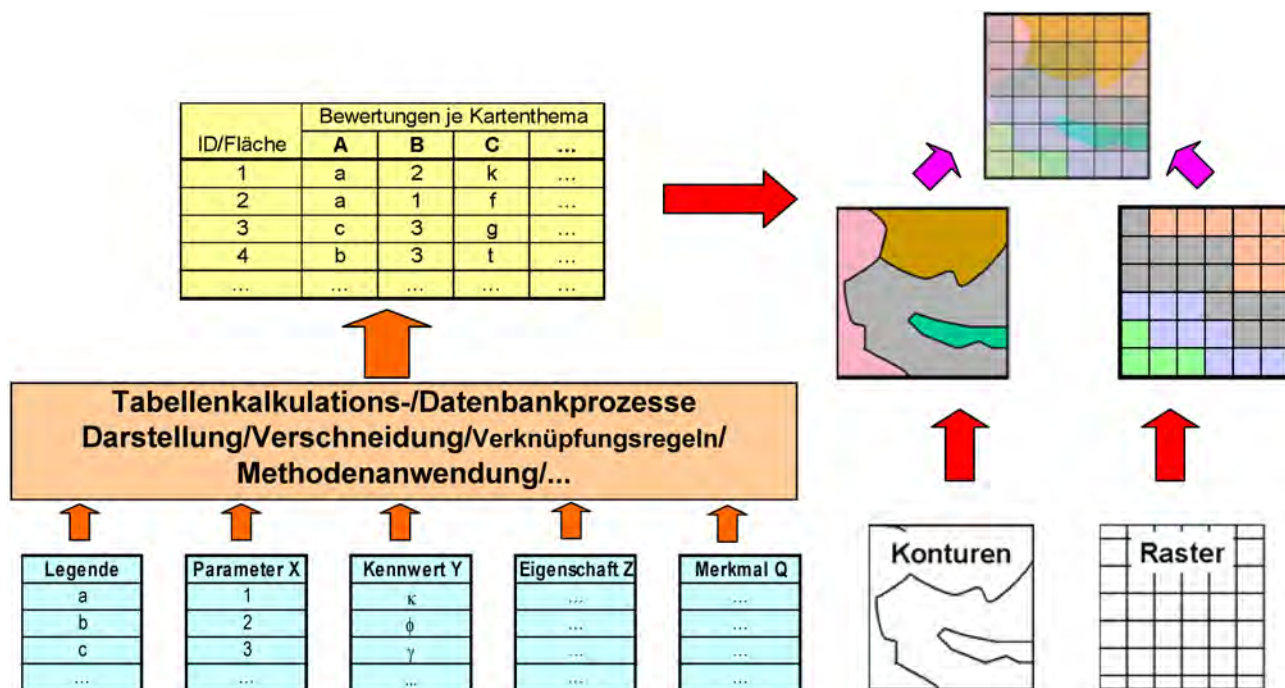




**Abb. 1.1.:** Flächennutzung und Nutzungskonflikte erfordern Bodeninformationen. Für den Raum in der Umgebung von Bernburg zeigt der Ausschnitt des Luftbildes eine dominierende Flächennutzung durch die Landwirtschaft. Neue Straßen (gelb gestrichelt) und geplante Gewerbegebiete (an der A14, links) sowie Erweiterungen von Tagebauen (helle Flächen nördlich von Bernburg) und Reststoffdeponien (im Nordosten) erfordern Flächenplanungen für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen. Verlassene Standorte von Bergbau und Gewerbe sind zu rekultivieren (Wasserflächen im Südwesten).

**Tab. 1.1.:** Veränderung der tatsächlichen Flächennutzung in ha (Angaben des statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt)

| Jahr | Gebäude-, Verkehrs- und Freiflächen | Landwirtschaft | Wald    | Wasser | Erholungsfläche |
|------|-------------------------------------|----------------|---------|--------|-----------------|
| 1992 | 153.949                             | 1.294.350      | 433.430 | 34.576 | 7.244           |
| 2004 | 179.572                             | 1.281.208      | 487.690 | 38.168 | 26.589          |
| +/-  | 25.623                              | -13.142        | 54.260  | 3.592  | 19.345          |
| %    | +17                                 | -1             | +13     | +10    | +267            |



**Abb. 1.2.:** Ablauf der Entwicklung thematischer bodenkundlicher Informationen – Die verschiedenartigen Grundlagen und Eingangsinformationen liegen in Tabellen vor. Eine eindeutige Identifikationsnummer (ID) stellt den Bezug zu Konturen und Flächeninformationen her. Mit Hilfe von Datenbankprozessen werden die Grundlagen nach definierten Regeln und Methoden miteinander verarbeitet. Die Ergebnisse liegen ebenfalls in Tabellenform vor und können in den jeweils zugehörigen Konturen als Karte dargestellt werden. Bei der Verarbeitung unterschiedlicher räumlicher Grundlagen können neue Konturen entstehen.

lungsflächen bei. Für die nachhaltige Planung der Flächennutzung ist eine möglichst komplexe Kenntnis der Bodeneigenschaften erforderlich. Gleiches gilt für die Bewertung der Bodenfunktionen, die den Wert des Bodens gegenüber anderen Anforderungen erkennbar machen und seine Berücksichtigung in Genehmigungsverfahren im Sinne von Nachhaltigkeit und Daseinsvorsorge ermöglichen.

Die für die Steuerung der Bodennutzung und die Bodenbewertung erforderlichen Bodendaten werden aus der Profildatenbank SABO\_P entwickelt und über Flächendatensätze für Legeneinheiten der Karten bereitgestellt. Die Flächendatensätze stellen Bodeninformationen auf unterschiedlichen Niveaus zur Verfügung. Es können sowohl bodensystematische Informationen als auch Parameter und Profileigenschaften dargestellt werden (Abb. 1.2).

Auf Basis der Flächendatensätze des Bodens und weiterer Flächeninformationen können weitergehende thematische und methodi-

sche Bearbeitungen zur Bodenfunktionsbewertung durchgeführt werden. Die Anwendung der meist komplexen Methoden in denen große Datenbestände zu bearbeiten sind wird durch das Methoden Management System MeMaS realisiert. In MeMaS sind die Verarbeitungsalgorithmen der Methoden programmtechnisch aufbereitet. Bei der Verschneidung und Verknüpfung mit ergänzenden Informationen wie Nutzung, Klima oder Relief, entstehen inhaltlich und räumlich neue Konturen. Die Vielzahl der bei der Verschneidung zu berücksichtigenden Eigenschaften und daraus resultierender Konturen erfordert als technische Lösung ein Raster, das als Umweltdatenraster bezeichnet wird. Die auf der Grundlage des Umweltdatenrasters erzielten Ergebnisse fließen in das Bodenwertungsverfahren des Landes ein.

Entwicklungen in der Bodennutzung, diffuse Einträge und Veränderungen im Bodenwasserhaushalt können die Leistungsfähigkeit und die Funktionserfüllung der Böden be-

einträchtigen. Eine frühe Erkennung derartiger Veränderungen ermöglicht ein Umsteuern mit geringem Risiko. In diesem Sinne führt Sachsen-Anhalt ein Programm zur Boden-Dauerbeobachtung durch. Die Einrichtung der Boden-Dauerbeobachtungsflächen ist mit der Erstbeprobung von 69 Flächen abgeschlossen.

Im weiteren Programm werden diese Flächen in den ökologisch wirksamen Einflüssen beobachtet und Veränderungen des Bodenzustandes durch wiederholte Probenahmen ermittelt. Das vor 15 Jahren begonnene Programm erweist sich inzwischen bei verschiedensten aktuellen Fragestellungen als sehr hilfreich. Ergänzend zu den intensiv untersuchten Dauerbeobachtungsflächen beschäftigt sich ein weiteres Projekt, mit der Bodenzustandsbeschreibung einer größeren Zahl von Profilen. Es zeigt sich, dass Ergebnisse der Boden-Dauerbeobachtung und der stofflichen Inventur der Böden des Landes Sachsen-Anhalt statistisch abgesichert in die Fläche übertragen werden können. Ein weiteres Produkt bildet der Bodenformenkatalog mit Informationen zu typischen Bodenprofilen des Landes.

Das Spektrum der für Sachsen-Anhalt verfügbaren bodenkundlichen Information erstreckt sich von punktbezogenen, detaillierten Profilaufnahmen, deren statistischen Auswertung und Bereitstellung als Flächendatensätze über digitale bodenkundliche und thematische Karten verschiedener Maßstäbe bis hin zur Darstellung bodenkundlicher Zusammenhänge im Kontext mit anderen umweltrelevanten Daten.

Perspektivische Schwerpunkte liegen in der Bodenzustanderfassung, Wiederbeprobung und Auswertung von Boden-Dauerbeobachtungsflächen, Entwicklung von Methoden und Strukturen zur Bereitstellung großmaßstäbiger bodenkundlicher Informationen sowie dem Einsatz bodenkundlicher Grundlagen für eine nachhaltige wirtschaftliche Nutzung und Entwicklung der Landesfläche im Zusammenhang mit der Erhaltung natürlicher Bodenfunktionen.

## Literatur

- BBodSchG (1998). Bundesbodenschutzgesetz. BGBl., 1 G5702(16), 502–510. Internet-Referenz: <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschg/>.
- BBodSchV (1999). Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. BGBl., 1, 1554. <http://bundesrecht.juris.de/bundesrecht/bbodschv/>.
- BodSchAG LSA (2002). Ausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt zum Bundes-Bodenschutzgesetz (Bodenschutz-Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt) vom 2.4.2002. GVBl. LSA, 21, 214–219.
- GLA (1999). Bodenatlas Sachsen Anhalt. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt. Halle (Saale).



## 2. Möglichkeiten und Grenzen zur Verwendung bodensystematischer Daten im Bodenschutz

R. Jahn

Professur für Bodenkunde und Bodenschutz, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Weidenplan 14, 06108 Halle (Saale)

### 2.1. Einleitung

Böden entwickeln sich. Insofern sind Bodenzustände stets Momentaufnahmen auf einer Zeitskala. Da sich die natürliche Bodenentwicklung in Zeiträumen von 1000er Jahren vollzieht, ist eine pedogenetische Bodenklassifikation im Zeitmaß des Menschen beinahe zeitlos und damit dem 'Objekt' entsprechend. Genetische Klassifikationen erlauben eine vielseitige, effektive und spezifische Interpretation ihrer Kategorien (Schlichting, 1970). Hierin begründet sich der Vorteil pedogenetischer Klassifikationssysteme gegenüber Klassifikationssystemen, welche einem spezifischen, gegenwärtigen 'Anspruch' entsprechen (Beispiel Reichsbodenschätzung) und damit den schnell wechselnden Ansprüchen des Menschen nicht nachhaltig Rechnung tragen können. So erfordert die Einführung des Bodenschutzes eine relativ rasche Bewertung von Bodenfunktionen, welche realistischweise nicht auf der Basis eigens initierter Kartierungen spezifischer Bodeninformationen erfolgen kann. Sinnvollerweise sind daher vorliegende Bodendaten, wie sie von den bodenkundlichen Abteilungen der Geologischen Landesämter nach bodensystematischen Vorgaben erhoben und gespeichert werden, zu verwenden.

Die Bodensystematik der Bundesrepublik Deutschland wird laufend in Zusammenarbeit zwischen den bodenkundlichen Abteilungen der Geologischen Landesämter und dem Arbeitskreis Bodensystematik der Deutschen Boden-

kundlichen Gesellschaft nach den neuesten Erkenntnissen aktualisiert. Die Landesämter setzen diese Erkenntnisse in den jeweils in Arbeit befindlichen Bodenkarten und Bodeninformati-onssystemen um. Zum erheblichen Teil erfolgt auch eine Transformation von Altdaten (insbesondere aus der Reichsbodenschätzung) in Standards der aktuellen Bodenklassifikation.

Die Bodensystematik Deutschlands, zeichnet sich im internationalen Vergleich dadurch aus, dass sie mit der Substratsystematik physikalisch-lithogen orientierte Daten mit pedogenetischen Informationen auf Grund abge-laufener physikalischer, chemischer und biologischer Prozesse miteinander verbindet und ergänzt. So sind mit der Substratsystematik insbesondere Daten zum Wasserhaushalt und Eigenschaften, welche auf das Ausgangsgestein zurückzuführen sind (z.B. lithogene Schwermetallgehalte), darstellbar. Der pedogenetische Informationsgehalt bezieht sich ebenfalls teilweise auf den Wasserhaushalt, stärker jedoch auf chemische und biologische Bodenzustände sowie bodeninterne Verlagerungsprozesse. In den letzten Jahren wurden verstärkt Bodenzustände bei der Bodenklassifikation berücksichtigt, welche sich auf anthropogene Eingriffe beziehen, so dass in zunehmendem Maße auch Belastungszustände und Meliorationsmaßnahmen darstellbar werden.

Die Klassifikation von Böden beruht auf diagnostischen Horizonten und deren Abfolge. Die Ausweisung von diagnostischen Horizonten be-



ruht auf objektiven beobachtbaren und messbaren Kriterien (Grenzdefinitionen). Damit implizieren Einheiten von Bodenkarten einen hohen Informationsgehalt wodurch eine Reihe von Bodeneigenschaften ableitbar sind.

Hier soll der Einfachheit halber lediglich gezeigt werden, welche bodenschutzrelevanten Aussagen aus der pedogenetischen Bodenklassifikation abgeleitet werden können. Basis hierfür ist das Auftreten bestimmter diagnostischer Bodenhorizonte, welche in ihrer Abfolge einen Bodentyp definieren. Weitergehend differenzierende Bewertungen sind unter Verwendung der Substratsystematik möglich. Zweckmäßig sind ebenso statistische Auswertungen der Bodeninformationen der Länder. Für ausgewählte Bodeneigenschaften liegen derartige Auswertungen bereits vor (z.B. GLA, 1999).

## 2.2. Bodensystematik und Bodenklassifikation in Deutschland

Die gegenwärtig gültige deutsche Bodensystematik und -klassifikation (Ad-hoc-AG Boden, 2005) geht auf die Arbeiten von Kubiena (1953) und Mückenhausen (1977) zurück und wird vom Arbeitskreis Bodensystematik der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) für das Gebiet der Bundesrepublik laufend fortgeschrieben (AG Bodenkunde, 1965, 1971; AG Boden, 1994, 1996; Ad-hoc-AG Boden, 2005; AK Bodensystematik, 1985, 1998). Die Diskussion um die grundsätzliche Struktur des Ordnungssystems ist weitgehend abgeschlossen, auch wenn im Detail weiterhin Änderungen vorgenommen werden. Nach intensiven Auseinandersetzungen um die Vor- und Nachteile einer genetischen oder einer effektiven Konzeption hat sich im Arbeitskreis Bodensystematik der DBG die Erkenntnis durchgesetzt, dass eine umfassende wissenschaftliche Ordnung der Böden nur mit einem so genannten natürlichen System durchführbar ist (Mückenhausen, 1977). Da die Ordnung der Böden immer nur nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand der Genese erfolgen kann, muss es zu Veränderungen kom-

men, die in den verschiedenen Fortschreibungen dokumentiert sind. Diese Korrekturbedürftigkeit ist den Ergebnissen wissenschaftlichen Arbeitens immanent. Für die Übersetzung von KA 3 nach KA 4-Daten existiert ein Übersetzungsprogramm (Adler et al., 2004, für die Übersetzung von KA 4 nach KA 5 ist ein solches in Arbeit) mit dem eine Formalisierung der Übertragung von einer Entwicklungsstufe zur nächsten möglich ist, ähnlich den Vergleichen von Bodenformen der ehemaligen DDR mit dem jeweils aktuellen System der BRD (Altermann & Kühn, 1994; Hartmann & Kainz, 1997).

Im Laufe der Jahre haben sich die Fassungen der deutschen Bodensystematik dahingehend verändert, dass am Anfang die Beschreibung der typischen Bodenhorizonte und Böden im Vordergrund stand (Zentralbodenkonzept), während jetzt die Abgrenzung zwischen den systematischen Einheiten dominiert (Betonung der Grenzdefinitionen). Im Sinne der Definitionen in Albrecht et al. (2005a,b) wurde also der systematische Aspekt mehr und mehr durch einen klassifikatorischen ersetzt. Wesentliche Ursache hiervon war die mangelnde Praktikabilität der allgemein gehaltenen systematischen Definitionen und deren reproduzierbare Anwendung in den verschiedenen Bundesländern. Mit dem Zentralbodenkonzept werden Prototypen gekennzeichnet, mit denen eine genaue Vorstellung vom typischen Aussehen der Böden erzeugt werden kann, wobei Abweichungs- und Übergangsböden nur schwer zugeordnet werden können. Grenzdefinitionen dagegen haben den Vorteil einer eindeutigen Klassierung, jedoch den Nachteil, dass eine Art 'Negativ-Schlüssel' entsteht, nach dessen Analyse bekannt ist, wie die verschiedenen Böden nicht sind. Dieser Sachverhalt ist besonders in Klassifikationen wie der US Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1998) und der World Reference Base for Soil Resources (IUSS Working Group WRB, 2006) ausgeprägt.

Ein entscheidender Schritt der Entwicklung von einer Systematik zu einer Klassifikation war, angeregt durch Entwicklungen auf internationaler Ebene, der Vorschlag von Schlichting & Blume (1979) zur Einführung diagnostischer Horizonte, welcher in der KA 3 (AG Bodenkunde, 1982) und in AK Bodensystematik (1985)

durch Grenzdefinitionen für Horizonte eingeführt wurde. Damit verließ die Deutsche Bodensystematik den Zustand einer natürlichen Systematik, in der lediglich nach Profilmorphologien hierarchisch geordnet wurde, und entwickelte sich in Richtung Klassifikation nach der man durch Werte-Vergleiche Horizonte identifizieren und durch Vergleich von Horizontfolgen klassifizieren konnte. Weitere wesentliche Schritte erfolgten mit der Einführung von Bestimmungsschlüsseln in der KA 4 (AG Boden, 1994, 1996; AK Bodensystematik, 1998). Mit der KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005) liegen Bestimmungsschlüssel auch für Bodentypen vor. Diese Bestimmungsschlüssel sind so aufgebaut, dass sie mit ja/nein Entscheidungsbäumen das offene Kubiena- und Mückenhausen-System durch ein geschlossenes System ablösen.

Für Anwendungen im Rahmen des Bodenschutzes ist hierbei wesentlich, dass (von Kartierern durchaus kritisch gesehen) durch die zunehmende Schärfe der Definitionen die Inhalte von bodensystematischen Einheiten von Bodenkarten und Bodeninformationssystemen klarer definiert wurden und dadurch die Ableitung von Bodenfunktionen möglich ist. Dies sei im Folgenden anhand der Definitionen in KA 2 und KA 5 für Go- und Gr-Horizont sowie für Typ Gley und Subtyp Normgley demonstriert (Tab. 2.1).

Das Beispiel veranschaulicht die zunehmende Informationsschärfe bodensystematischer Einheiten mit der Weiterentwicklung der Deutschen Bodensystematik durch:

- Reduktion unscharfer Begrifflichkeiten wie 'im Allgemeinen', 'in der Regel',
- Schärfung der Definitionen wie z.B. Ablösung subjektiver Farbbegriffe durch objektive Farbangaben (nach Munsell-Karten),
- Quantifizierung morphologischer Sachverhalte wie z.B. hier den Anteil von Oxidations- und Rostflecken,
- Einführung von überprüfbaren und damit objektiven Maßzahlen wie z.B. hier dem Redox Potenzial, welche durch Messungen oder einfache Geländetest ermittelbar sind,
- Weglassung nichtssagender Informationen wie z.B. hier 'basisch bis sauer'.

Das dominierende Ordnungsprinzip ist nach

wie vor die Bodengenese (AK Bodensystematik, 1998). Auf der höchsten Ebene werden dabei vier Abteilungen ausgeschieden, wobei die Land-, Grundwasser- und Unterwasserböden wegen des unterschiedlichen Wasserregimes und die Moorböden wegen der spezifischen Materialien und Entstehung als eigenständig betrachtet werden. Die weitere Diversifizierung wird ermöglicht durch

- Klassen (Böden mit gleicher oder ähnlicher Horizontfolge),
- Typen (Böden mit einer charakteristischen Horizontfolge und spezifischen Eigenschaften der Horizonte),
- Subtypen (qualitative Modifikationen der Typen mit spezifischer Horizontfolge),
- Varietäten (Modifikationen der Subtypen nach qualitativen Kriterien oder beim Hinzutreten weiterer Pedogenesen) und
- Subvarietäten (quantitative Modifikationen der Varietäten).

Eine eigenständige Kategorie bildet die Bodenform, die aus der Kombination einer bodensystematischen Einordnung beliebigen Niveaus und der Substratangabe besteht. Insbesondere die Substratinformation mit der Angabe der Bodenart eröffnet die Möglichkeit der Ableitung zahlreicher bodenschutzrelevanter Informationen. Hierzu stehen in Ad-hoc-AG Boden (2005) eine Reihe von Schätztabellen (Pedotransferfunktionen) zur Verfügung.

Das hierarchische System der Gliederung von Bodenhorizonten und Böden erlaubt die Darstellung von Bodeninformationen deren Präzision und Inhaltsschärfe vom gewählten Maßstab abhängig ist.

## 2.3. Möglichkeiten zur Verwendung bodensystematischer Daten im Bodenschutz

Zweck und Grundsatz des Bodenschutzes ist es, „nachhaltig die Funktionen des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen“ (BBodSchG §1). Dies kann nur erfolgen, wenn die Funktionen des Bodens nachvollziehbar anhand qualitati-



**Tab. 2.1.:** Definitionen für Go- und Gr-Horizont sowie für Typ Gley und Subtyp Normgley in KA 2 (AG Bodenkunde, 1971) und KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005)

| KA 2                                                                                                                                                                                                                                           | KA 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>G<sub>o</sub></b> → Oxydationshorizont eines Grundwasserbodens, der im allgemeinen mit dem Spiegelschwankungsbereich einschließlich des Kappillarraumes zusammenfällt; o von Oxydation</p>                                               | <p><b>Go</b> → G-Horizont, mit im Jahresverlauf überwiegend oxidierenden Verhältnissen und folgenden Merkmalen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\geq 5</math> Flächen-% Rostflecken o d e r</li> <li>• mit Rost- und Carbonatflecken, besonders an Aggregatoberflächen u n d</li> <li>• Reduktionsfarben (s. Gr) im Horizontabschnitt fehlend oder nur schwach vorhanden (<math>&lt; 10</math> Flächen-%)</li> <li>• im Grundwasserschwankungsbereich einschließlich Schwankungsbereich der Obergrenze des geschlossenen Kapillarraumes entstanden o d e r</li> <li>• ständig durch sauerstoffreiches Grund-/Kapillarwasser erfüllt u n d</li> <li>• mit Oxidationsmerkmalen (Oxigley)</li> </ul>                     |
| <p><b>G<sub>r</sub></b> → Reduktionshorizont eines Grundwasserbodens, der in der Regel dem ständigen Grundwasserbereich entspricht und ein reduzierendes Milieu anzeigt; r von Reduktion</p>                                                   | <p><b>Gr</b> → G-Horizont, mit im Jahresverlauf fast durchgängig reduzierenden Verhältnissen (nass an über 300 Tagen) und folgenden Merkmalen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>&lt; 5</math> Flächen-% Rostflecken u n d</li> <li>• Reduktionsfarben im gesamten Horizontanschnitt (<math>&gt; 95</math> Flächen-%)</li> <li>• Reduktionsfarben mit folgenden Munsell-Farbtönen: N1 bis 8,5Y bis 10Y, GY, G, BG, B und PB mit einem Chroma <math>&lt; 1,5</math> (bei 5G <math>&lt; 2,5</math>) oder andere Farbtöne mit einem Chroma <math>&lt; 1,5</math> u n d</li> <li>• rH-Wert <math>\geq 19</math> o d e r</li> <li>• positive Reaktion beim <math>\alpha</math>-<math>\alpha</math>-Dipyridyl-Test</li> </ul> |
| <p>Typ: <b>Gley</b><br/>Boden mit A-Go-Gr-Profil</p>                                                                                                                                                                                           | <p><b>GG</b> → Typ: GLEY</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Böden mit Ah/G - Profil (bei bestimmten Subtypen treten weitere Horizonte auf)</li> <li>• Go bzw. Gw-Horizonte (einschließlich der Übergangs-Go-Horizonte) innerhalb <math>&lt; 4</math> dm unter GOF beginnend, Gr-Horizonte <math>\geq 4</math> dm unter GOF beginnend</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p>Subtyp: <b>(Normaler) Gley</b><br/>A-Go-Gr-Profil<br/>Grenze Go-Gr 4 bis <math>&lt; 8</math> dm u. GOF<br/>Go-Horizont stets rostfleckig; Gr-Horizont stets Reduktionsfarben (grau, graublau, graugrün);<br/>Reaktion basisch bis sauer</p> | <p><b>GGn</b> → Subtyp: Normgley</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ah/Go/Gr-Profil</li> <li>• 4 bis <math>&lt; 8</math> dm</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

ver oder quantitativer Maßzahlen bewertet werden können. Als schützenswerte Bodenfunktionen sind im §2(2) des BBodSchG festgelegt:

1. natürliche Funktionen als
  - a) Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen,
  - b) Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen,
  - c) Abbau-, Ausgleichs- und Aufbau-medium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers,
2. Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte sowie
3. Nutzungsfunktionen als
  - a) Rohstofflagerstätte,
  - b) Fläche für Siedlung und Erholung,
  - c) Standort für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung,
  - d) Standort für sonstige wirtschaftliche und öffentliche Nutzungen, Verkehr, Ver- und Entsorgung.

Im Folgenden werden einige Beispiele gezeigt, wie zur Bewertung einzelner Funktionen bzw. Teilfunktionen bodensystematische Daten verwendet werden können.

### 2.3.1. Bewertung von Böden als Standorte für eine natürliche (mittlerweile seltene) Vegetation

Seltene und damit schützenswerte Vegetationseinheiten in unseren Kulturlandschaften sind z.B. insbesondere dystrophe und trockenheitsliebende Vegetationseinheiten, sowie Vegetationseinheiten feuchter Auenbereiche.

1. **Böden mit hoher Eignung für dystrophe Vegetationseinheiten** sind in erster Annäherung auf Grund ihrer Genese versauerte Böden wie: Ranker – Regosole – Parabraunerden < Braunerden (außer Kalkbraunerden) – Terra fusca – Fahlerden – Pseudogleye – Stagnogleye < Org-

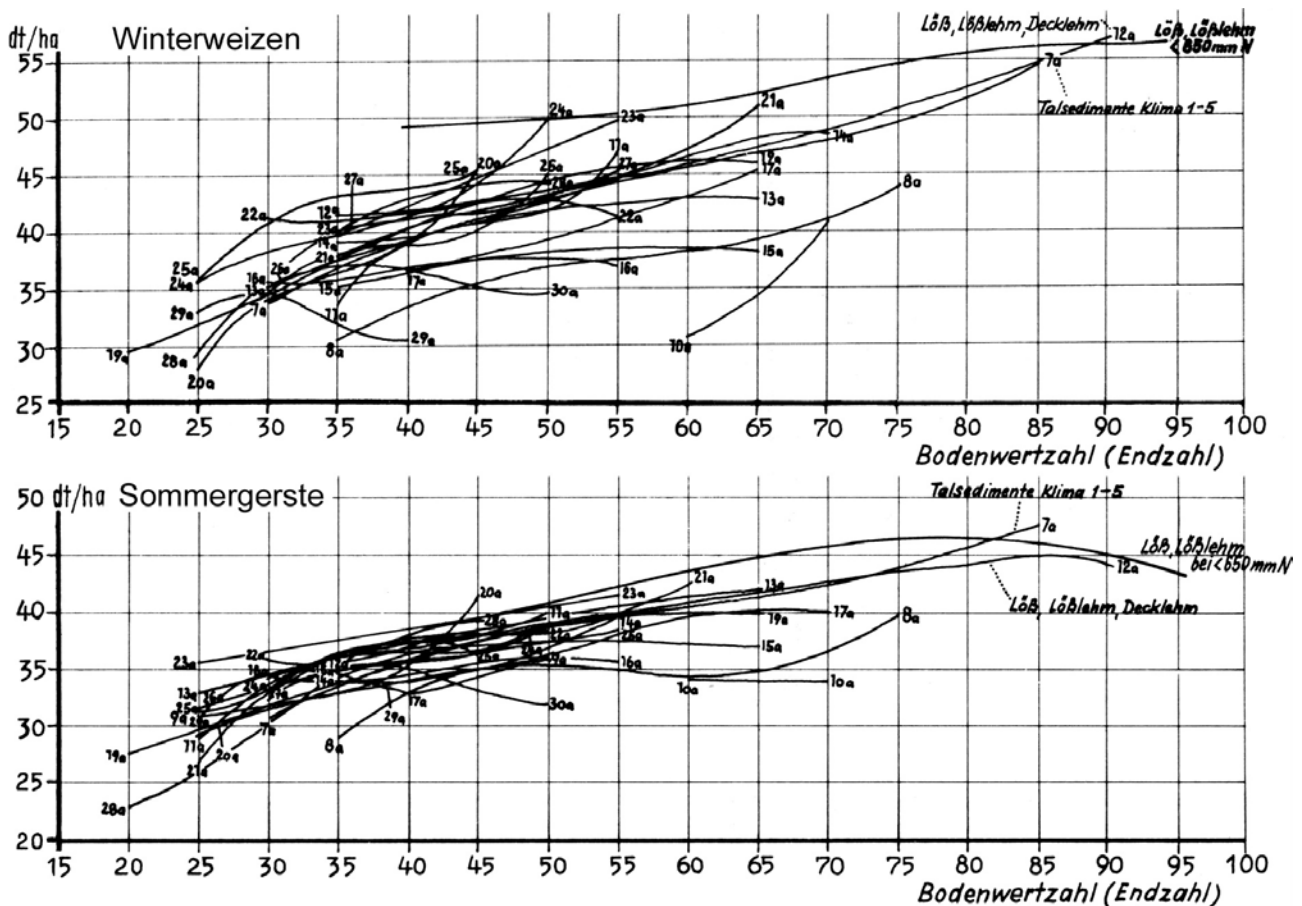
anomarsch < Podsole < Hochmoore. Auf Varietätenniveau werden Böden zusätzlich in die Kategorien basenreich, mittelbasisch und basenarm unterteilt, so dass hier weitergehende Informationen vorliegen.

2. **Böden mit hoher Eignung für trockenheitsliebende Vegetationseinheiten** sind grundsätzlich flachgründige, steinreiche Böden sofern sonnenexponiert in Kuppenlagen wie: Pararendzinen < Ranker – Rendzinen < Syrosette. Eine zusätzliche Informationsquelle ist die Substratangabe, nach der steinreiche und sandige Böden mit geringer nutzbarer Feldkapazität identifiziert werden können.
3. **Böden mit hoher Eignung für feuchtigkeitsliebende Vegetationseinheiten der Auenbereiche** sind Böden mit Grundwasseranschluß wie die Klasse der Auenböden und der Auengleye. **Für feuchtigkeitsliebende (auch staunädeliebende) Vegetationseinheiten außerhalb der Auen** Böden wie: Pseudogleye, Stagnogleye und Gleye. Weitere Differenzierungen sind unter Berücksichtigung der Übergangssubtypen möglich.

### 2.3.2. Bewertung von Böden für landwirtschaftliche Produktion

Für landwirtschaftlich genutzte Böden stehen zur Bewertung die Ergebnisse aus der Reichsbodenschätzung zur Verfügung. Zwar ist die ermittelte Bodenzahl auch nur ein ungefähres Maß für die Ertragsfähigkeit eines Bodens, jedoch sicher besser geeignet als eine genetische Bodenklassifikation. Systematische Auswertungen, z.B. von Wittmann (1979), zeigen allerdings nur einen geringen Zusammenhang zwischen landwirtschaftlichem Ertrag und Bodenzahl (Abb. 2.1).

Das Beispiel zeigt, dass zwar bei einer Kultur wie Sommergerste, mit einer relativ hohen ökologischen Anpassungsfähigkeit, ein gewisser Zusammenhang zwischen Ertrag und Bodenzahl besteht, der jedoch bei Kulturen mit spezifischen Standortansprüchen wie bei Winterwei-



**Abb. 2.1.:** Beziehungen zwischen Ertrag von Winterweizen (oben) und Sommergerste (unten) nach Wittmann (1979)

Bodenausgangsgesteine: 12 = Löss und Lösslehm, 7 = Talsedimente, 23 = Lettenkeuper, 24 = Gipskeuper, 25 = Muschelkalk, 8 = Talsedimente, 10 Seeabsätze und Alm, 28 = paläoz. Schiefer, 29, 30 Kristallin

zen nicht mehr gegeben ist. Das Beispiel zeigt auch, dass in der ursprünglichen Punktwolke nur dann eine Ordnung zu erkennen ist wenn man die Information des Bodenausgangsgesteins berücksichtigt. Dies muß dann aber wesentlich differenzierter getan werden als es in der Reichsbodenschätzung vorgesehen ist.

1. **Ertragseignung:** Der Entwicklungszustand eines Bodens definiert wesentlich die ökologischen Standortseigenschaften wie Wurzelraum, Wasser-, Luft- und Nährstoffhaushalt. Hieraus ergibt sich folgende Abfolge für die landwirtschaftliche Nutzung:

**Sehr hohe Eignung** (Bodenzahlen ca. > 80): Tschernoseme, Hortisole, Kolluvisole, Kalkmarsch.

**Geeignet** (Bodenzahlen ca. 40–80): Parabraunerden, Braunerden, Pelosole, Löss-Pseudogleye, Terra fuscen,

Fahlerden, entwässerte Niedermoore, Löss-Pararendzinen.

**Gering geeignet** (Bodenzahlen ca. 20–40): Plaggenesch, mittelgründige Rendzinen, Übergangsmoore, Kleimarsch, Organomarsch.

**Ungeeignet** (Bodenzahlen < 20): Podsole, Stagnogleye, Hochmoore, Ranker, flachgründige Rendzinen, Rohmarsch (Verschiebungen in der Zuordnung je nach Substrat möglich).

2. **Verschlämmungs-, Erosions- und Verdichtungsgefährdung:** lässt sich, da in hohem Maße texturabhängig, besser zusammen mit den substratsystematischen Daten auswerten. Hierdurch sind Böden mit schluffigem Oberboden als besonders gefährdete Böden identifizierbar.

### 2.3.3. Bewertung von Böden für den Wasserkreislauf

Die Funktion der Böden im Wasserkreislauf ergibt sich durch ihre Infiltrationskapazität, dem Verhältnis von Wasserspeicherkapazität im Verhältnis zum Niederschlag, den (vegetationsabhängigen) Transpirations- und Verdunstungsverhältnissen und für die Grundwasserneubildung auch den Eigenschaften des tieferen Untergrundes.

1. Die **Transportdistanz** von der Geländeoberfläche zum Grundwasser ist gering und damit eine hohe potenzielle Konatminationsgefahr des Grundwassers) gegeben bei der Klasse der Auenböden ( $> 8$  dm)  $>$  Gley-xxx-Subtypen (4–8 dm)  $>$  Gleyen ( $< 4$  dm).
2. Die **Wasserspeicherkapazität** ist insbesondere hoch in Böden mit organischen Auflagen oder aus organischem Material (Gesamtporenvolumen bis zu 90 Vol.%). Für Mineralböden ist sie besser zusammen mit den substratsystematischen Daten auszuwerten.  
Sie ist generell **gering** bei Syrosem, Ranker, Rendzinen und Regosolen, **mittel bis hoch**, je nach Textur und Steingehalt, bei den übrigen Böden.  
**Weitere Erhöhungen** bei Rohumus-Varitäten – Anmoorgleyen – Anmoorstagnogleyen  $<$  Moorstagnogleyen – Moorgleyen – Organomarschen  $<$  Niedermooren  $<$  Hochmooren.
3. Die **Infiltrationskapazität (im Oberboden)** geht gegensinnig mit der Verschlammungs- und Verdichtungsneigung einher, und ist besser zusammen mit den substratsystematischen Daten auszuwerten. Sie ist generell hoch bei Ranker, Rendzinen und Regosolen.
4. Die **Infiltrationskapazität (im Unterboden)** verringert sich von: Parabraunerden – Fahlerden  $>$  Pseudogley-xxx Subtypen  $>$  Pseudogleyen  $>$  Knickmarschen – Stagnogleyen.  
Eine Sonderstellung nehmen Pelosole ein, welche im geschrumpften (trockenen) Zustand einen hohen 'preferential flow' und

im gequollenen Zustand eine geringe Infiltrationskapazität haben.

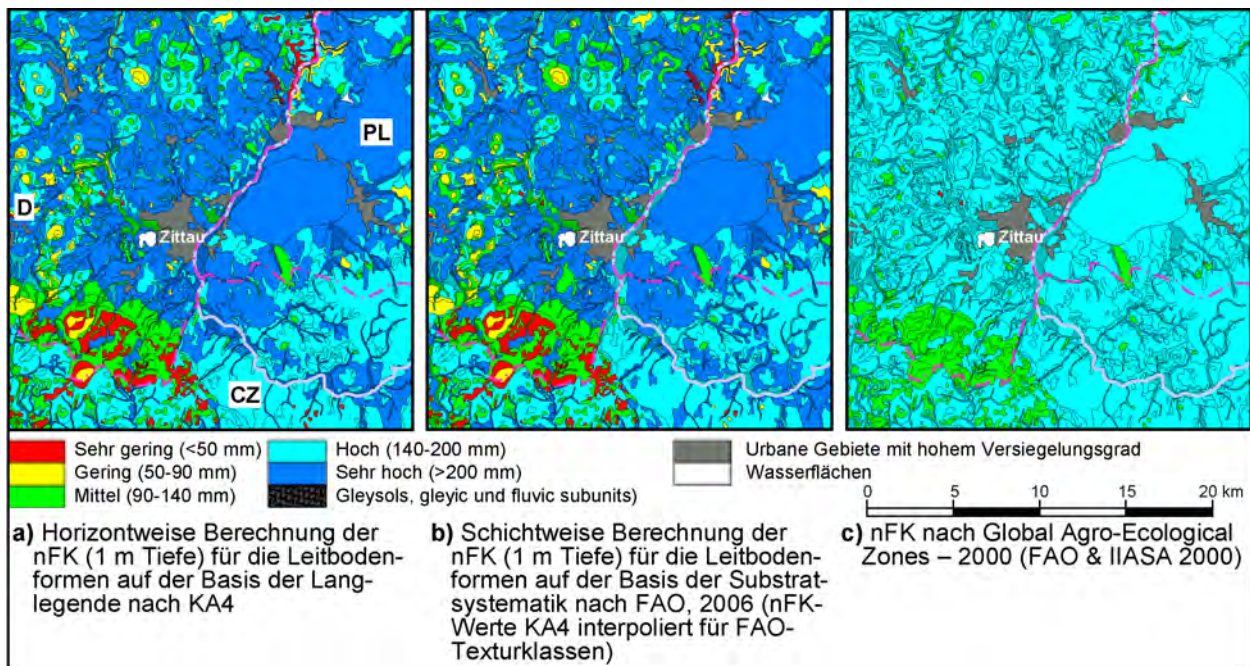
5. **Filtereignung:** Ein gutes Maß hierfür ist die Kationenaustauschkapazität entlang der Filterstrecke. Sie lässt sich, da in hohem Maße abhängig von Textur und Humusgehalt, besser zusammen mit den substratsystematischen Daten auswerten. Tiefgründige lehmige bis tonige Böden weisen hierbei die höchste Filtereignung bei den Mineralböden auf. Bei organischen Böden muß der Zersetzungsgrad mitberücksichtigt werden.

### 2.3.4. Beispiel: Auswertung bodensystematischer Daten zur Einschätzung der nutzbaren Feldkapazität (nFK)

Substratangaben sind bodensystematische Daten und beinhalten wichtige Informationen über Bodeneigenschaften. Insbesondere physikalische und mineralogische Daten sind daraus ableitbar und können zur Bodenfunktionsbewertung verwendet werden. Im nachfolgendem Beispiel, der Internationalen BK 50, Blatt Zittau (Joisten et al., 2003), wurde die Ermittelbarkeit der nFK nach verschiedenen Verfahrensweisen getestet (Jahn et al., 2003).

Als Referenzwerte wurden hierzu anhand der erweiterten Legende der BK 50 Zittau die nFK horizontweise bis 1m Tiefe bestmöglichst ermittelt. Da Messwerte noch ausstehen, wurde die nFK nach AG Boden (1994) unter Berücksichtigung der Legendenangaben über Bodenart, Steingehalte und Humus im Oberboden berechnet. Für Ah- und Ap Horizonte wurde  $\rho_{t1-2}$  angenommen, für Sd- und C-Horizonte  $\rho_{t4-5}$ , für die restlichen Horizonte  $\rho_{t3}$ . Bei der Bodenansprache nach FAO (2006) ist nun ebenfalls eine einfache und systematische Substratansprache entsprechend Jahn et al. (2003) möglich. Zur Ermittlung der nFK wurden hierbei die KA 4-Werte der nFK auf die lediglich 13 Bodenarten nach FAO interpoliert. Entsprechend der Substratansprache der Kurzlegende wurde dann schichtweise (0–1, 1–5, 5–10 dm) die nFK





**Abb. 2.2.:** Räumliche Verbreitung der mit unterschiedlichen Methoden geschätzten nFK der Leitbodenformen für BK 50 Blatt Zittau (Jahn et al., 2003)

einheitlich für *pt3* ohne Berücksichtigung von Humus berechnet und mit den nach deutscher Profilsprache detaillierter ermittelten Werten verglichen. Desweiteren wurden Angaben für die nFK von Böden nach der FAO-Legende (FAO & IIASA, 2000), die nach 3 Texturklassen (coarse, medium, fine) differenzieren, herangezogen.

Nach Berechnung mit der vereinfachten Substratsystematik nach FAO (2006) fallen 80 % (47 von 59) der Leitbodenformen in die selbe nFK-Klasse wie nach der feineren Deutschen Systematik. 24 % (14) weisen eine Abweichung von > 20 %, 30 % (18) von 10–20 % und 46 % (27) weisen eine Abweichung von < 10 % der KA 4-nFK auf. Das Kartenbild ändert sich hierdurch kaum (Abb. 2.2). Die Abweichungen sind insbesondere durch die nur 4 Steingehaltsklassen und die größeren FAO-Texturklassen (insbesondere SiL und SL) bedingt (Jahn, 2004).

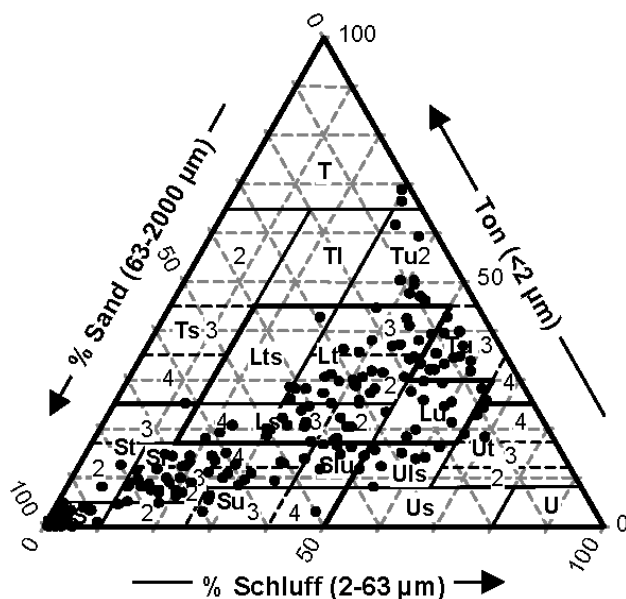
Eine Einschätzung nach FAO & IIASA (2000) ohne konkrete Substratangaben ist demgegenüber wesentlich schlechter (Abb. 2.2). Hier bleiben nur 24 Einheiten (41 %) in der selben nFK-Klasse und das Kartenbild fällt deutlich anders aus. Vier Einheiten werden um 2 Klassen, 19 Einheiten um 1 Klasse zu hoch und 12 Einheiten um eine Klasse zu niedrig gegenüber den

Referenzwerten eingeschätzt. Problematisch ist hier neben der Verwendung von nur 3 Texturklassen die sehr unzulängliche Berücksichtigung der Steingehalte. Das Beispiel zeigt deutlich, dass selbst bei einer sehr einfachen Einbeziehung des Substrats in bodensystematische Datensätze wichtige Bodeneigenschaften aus Bodenkarten ableitbar sind.

## 2.4. Probleme bei der Nutzung von Altdaten

Einer der größten Datenbestände in Deutschland sind die Daten aus der Reichsbodenschätzung. Sie wurden (und werden) nach einem nunmehr über 70 Jahre alten System erhoben und sind mittlerweile in vielen Bundesländern digital verfügbar. Angesichts des laufenden Personalabbaus in den bodenkundlichen Abteilungen der Landesämter werden auch diese Altdaten in moderne Bodeninformationssysteme überführt und zur Erstellung von Bodenkarten herangezogen. Hierzu wurden Übersetzungsschlüssel entwickelt (Benne et al., 1990) um diese Datenbestände in moderne Bodeninformationssysteme transferieren zu können. Neben dem Pro-





**Abb. 2.3.:** Spektrum der Korngrößenverteilung in Böden der Elbaue Sachsen-Anhalts (Daten LAGB-ST)

blem, dass die Daten der Reichsbodenschätzung keine direkten bodengenetischen Informationen enthalten, besteht auch das Problem, dass die Datendifferenzierung in der Reichsbodenschätzung außerordentlich gering ist. So existieren dort nur fünf Gruppen (Entstehungsart) der Ausgangsgesteine, während nach KA 5 nach einem hierarchischen System bis über 200 Ausgangsgesteine differenziert werden können. Schwerwiegend ist auch der Umstand, dass die Reichsbodenschätzung nur acht mineralische Bodenarten kennt, während nach KA 5, ebenfalls hierarchisch aufgebaut, vier Bodenarten-Hauptgruppen, elf Bodenartengruppen und 31 Bodenarten differenziert werden können. Da die Bodenart eine wesentliche Basisinformation für viele Pedotransferfunktionen darstellt, ist eine zuverlässige Übersetzung der Altdaten zur weiteren Nutzung unerlässlich. Ein wesentliches Problem hierbei ist, dass die Reichsbodenschätzung keine Schluffe kennt. Schluffige Bodenarten werden deshalb standardisiert bei der Übersetzung nur bei der Entstehungsart Löss angenommen. Ein Beispiel für Böden aus der Elbaue zeigt jedoch, dass ein erheblicher Anteil (25 %) der 186 dargestellten Horizonte relativ schluffige Bodenarten wie Uls, Lu, Tu und Ut aufweisen

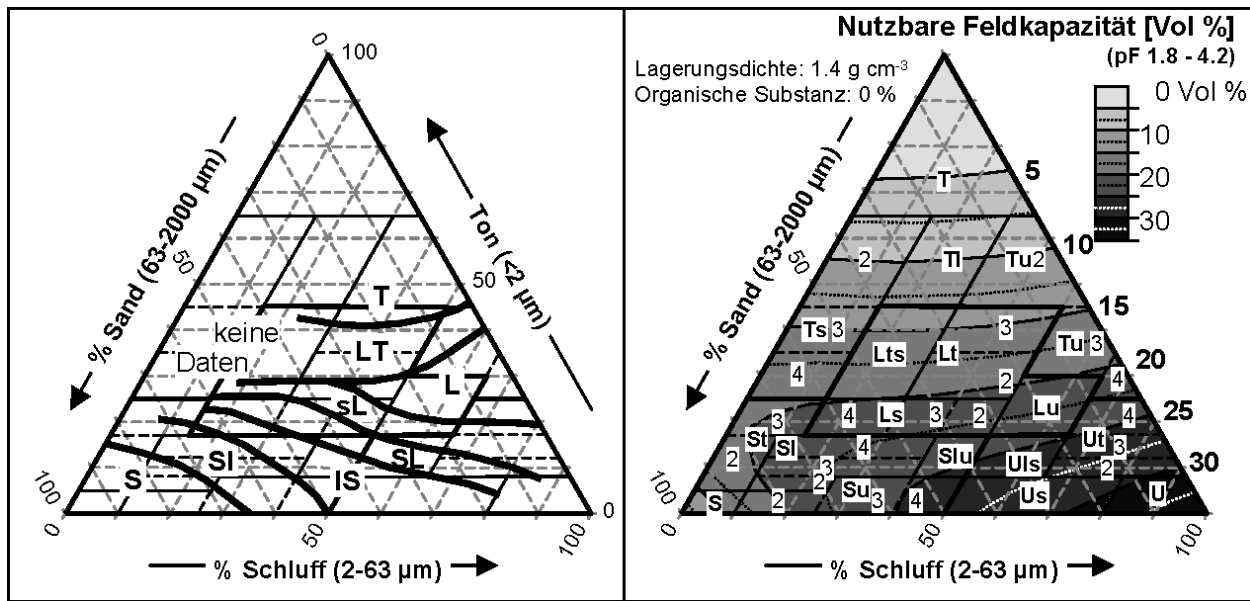
(Abb. 2.3). Insgesamt variieren diese Auenböden im Schluffgehalt zwischen 0 und 70 %.

Die Bodenarten der Reichsbodenschätzung differenzieren hinreichend gut unterschiedliche Sandgehalte, weniger gut unterschiedlich Tongehalte und kaum unterschiedliche Schluffgehalte (Abb. 2.4 links). So kann die Reichsbodenschätzungs-Bodenart SL die Bodenarten Ls, Slu, Uls, Ut2 bis hin zum Uu nach KA 5 umfassen. Fehlerhafte Übersetzungen können hier bei der Nutzung von Pedotransferfunktionen zu erheblichen Fehleinschätzungen führen. Die nFK variiert beispielsweise in diesem Bereich nach Bachmann & Hartge (1992) sowie KA 5 zwischen ca. 20 und 30 Vol.-% (Abb. 2.4 rechts).

## 2.5. Resümee und Ausblick

Die Deutsche Bodensystematik ist mit ihren 56 Bodentypen und über 220 Bodensubtypen bereits ein sehr stark ausdifferenziertes Klassifikationssystem, das zusammen mit der Substratsystematik bei Kenntnis der Definitionen eine Vielzahl von Bodeninformationen transportiert. In Verbindung mit Bodeninformationssystemen, die noch weitere Daten beinhalten, stehen damit schlagkräftige Werkzeuge für vielfältige Anwendungen in der Landesplanung, der Umweltvorsorge und für den Bodenschutz zur Verfügung. Defizite in der Klassifikation bestehen in der Differenzierung des bodenchemischen und bodenbiologischen Zustandes, während die Differenzierung im Wasserhaushalt stark ausgeprägt ist. Überlegungen bezüglich der Weiterentwicklung der Bodensystematik sollten dies im Blick haben, möglichst jedoch ohne die Anzahl der Bodentypen und Subtypen zu erhöhen. Hierbei sollte das umfangreiche Datenmaterial der Landesämter statistischen Untersuchungen unterworfen werden, um neben rein genetischen Unterteilungen auch für die praktische Nutzanwendung sinnvolle Abgrenzungen zu finden.

Mit der Einführung von Grenzdefinitionen und eindeutigen Entscheidungsbäumen im Bestimmungsschlüssel für Bodentypen ist die Eindeutigkeit und Reproduzierbarkeit bei der Bodenansprache gestiegen. Defizite bestehen hier-



**Abb. 2.4.:** Links: Korngrößenverteilung der Bodenarten nach Reichsbodenschätzung und KA 5 (nach Pehamberger, 1992). Rechts: Abhängigkeit der nutzbaren Feldkapazität von der Korngrößenverteilung (nach Bachmann & Hartge, 1992)

bei noch bezüglich eines Bestimmungsschlüssels bis auf die Ebene der Subtypen. Dies erfordert jedoch zunächst eine Überarbeitung der Definitionen der sehr zahlreichen diagnostischen Horizonte, für die es ebenfalls erstrebenswert ist einen Bestimmungsschlüssel zu erarbeiten.

Pedotransferfunktionen sind ein wesentliches Werkzeug um begrenzte Bodendaten für vielfältige Anwendungen nutzbar zu machen. Hier ist ähnlich wie bei der Bodensystematik festzustellen, dass diese im bodenphysikalisch/hydrologischen Bereich wesentlich weiter entwickelt sind als in den bodenchemischen und bodenbiologischen Bereichen. Auch hier können statistische Auswertungen weiterhelfen. Letztlich wird es aber auch darauf ankommen Merkmale zu finden, welche bei Bodenkartierungen mit einfachen Mitteln erfassbar sind. Verbesserungen im bodenchemischen Bereich müssen sich sicherlich auch auf bessere mineralogische Kennzeichnungen stützen. Hier kann eine Weiterentwicklung der Substratsystematik zielführend sein.

Die Nutzung von Altdaten ist sicherlich schon aus pragmatischen Gründen weiterhin nötig. Wegen der Fehleranfälligkeit sollte deshalb der Angabe von Toleranzen bzw. Fehlerbereichen bei Auswertungen stärkeres Augenmerk gewid-

met werden. Letztlich können aus wenig differenzierenden Altdaten geschätzte Übersetzungen keine mit modernen Methoden erhobene und stärker differenzierende Daten ersetzen.

Die Politik muss lernen, dass beständige Umstrukturierungen und personelle Ausdünnungen im öffentlichen Dienst wenig geeignet sind, die Datenlage bezüglich lebensnotwendiger Naturgüter zu verbessern. Das gesunkene Reaktionsvermögen öffentlicher Dienste bei Naturkatastrophen und die jüngsten Lebensmittelskandale liefern überdeutliche Beispiele fehlgeleiteter Sparmaßnahmen.

## Literatur

- Adler, G., H., Behrens, J., Eckelmann, W., Feinhals, J., Hartwich, R., & Krug, D. (2004). Übersetzungsschlüssel zum Transfer von Bodendaten aus den deutschen Klassifikationen KA3 nach KA4 und von KA4 in die internationalen Klassifikationen nach WRB und FAO. Arbeitshefte Boden, (1), 7–49.
- AG Boden (1994). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 4. Auflage.

- AG Boden (1996). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 4. Auflage, verbesserter und erweiterter Nachdruck.
- Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.
- AG Bodenkunde (1965). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 1). Hannover: Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Geologischen Landesämter der BRD. 1. Auflage.
- AG Bodenkunde (1971). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 2). Hannover: Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und die Geologischen Landesämter der BRD. 2. Auflage.
- AG Bodenkunde (1982). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 3). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 3. Auflage.
- AK Bodensystematik (1985). Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 44, 1–91.
- AK Bodensystematik (1998). Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 86, 1–192.
- Albrecht, C., Jahn, R., & Huwe, B. (2005a). Bodensystematik und Bodenklassifikation, Teil 1: Grundlagen. J. Plant Nutr. Soil Sci., 168, 7–20.
- Albrecht, C., Jahn, R., & Huwe, B. (2005b). Bodensystematik und Bodenklassifikation, Teil 2: Zur Situation in der deutschen Bodenkunde. J. Plant Nutr. Soil Sci., 168, 157–168.
- Altermann, M. & Kühn, D. (1994). Vergleich der bodensystematischen Einheiten der ehemaligen DDR mit denen der Bundesrepublik Deutschland. Z. angew. Geol., 40, 1–11.
- Bachmann, J. & Hartge, K. H. (1992). Die Berechnung von Wasserspannungskurven aus Primärdaten — ein Methodenvergleich. Zeitschr. f. Pflanzenernährung und Bodenkunde, 155, 109–114.
- Benne, I., Heineke, H.-J., & Nettelmann, R. (1990). Die DV-gestützte Auswertung der Bodenschätzung. Technische Berichte zum NIBIS. Hannover: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung.
- FAO (2006). Guidelines for soil description. Rom. 4. Auflage.
- FAO & IIASA (2000). Global Agro – Ecological Zones. <http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/GAEZ/index.htm>.
- GLA (1999). Bodensatlas Sachsen Anhalt. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt. Halle (Saale).
- Hartmann, K.-J. & Kainz, W. (1997). Konzept zur Übertragung bodenkundlicher Daten aus dem Sprachgebrauch der früheren DDR in die aktuelle deutsche Nomenklatur. Z. angew. Geol., 43, 112–117.
- IUSS Working Group WRB (2006). World Reference Base (WRB) for Soil Resources: A framework for international classification, correlation and communication, World Soil Resources Reports, 103. Rom: FAO. 2. Auflage.
- Jahn, R. (2004). Research needs and new developments in soil classification and mapping: meeting the changing demands for soil information. In Proceedings of International Conference on Innovative Techniques in Soil Survey (Cha-Am/Thailand). (pp. 207–222).
- Jahn, R., Joisten, H., & Kabala, C. (2003). Vorschlag einer einfachen Substratsystematik für die World Reference Base of Soil Resources (WRB) – Erzielbare Auswertungen demonstriert für die nFK der Leitbodenformen am Beispiel der internationalen BK 50, Blatt Zittau. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 102(2), 499–500.
- Joisten, H., Jahn, R., Sinapius, R., Kabala, C., Tomasek, M., & Kowalkowski, A. (2003). Erste Internationale gemeinsame Bodenkarte von Deutschland, Tschechien und Polen im maßstab 1:50.000, Blatt Zittau. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 102(2), 501–502.
- Kubiena, W. (1953). Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag.
- Mückenhausen, E. (1977). Entstehung, Eigenschaften und Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/Main: DLG-Verlag.
- Pehamberger, A. (1992). Die Bodenschätzung



in Österreich. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 67, 235–240.

Schlichting, E. (1970). Bodenklassifikation nach Genese oder Effekt. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 10, 13–16.

Schlichting, E. & Blume, H.-P. (1979). Beitrag zur Objektivierung der DBG-Bodensystematik. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 29, 765–774.

Soil Survey Staff (1998). Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture/Natural Resources Conservation Service, Washington.

Wittmann, O. (1979). Beziehungen zwischen Ertrag und Bodenbewertung durch die Bodenschätzung. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 29(2), 849–856.



### 3. Entwicklung des Bodenbewertungsverfahrens Sachsen-Anhalt

A. Weigel<sup>1</sup>, M. Bischoff<sup>1</sup>, D. Feldhaus<sup>2</sup> und H. Helbig<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale)

<sup>2</sup> Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

#### 3.1. Veranlassung

Mit dem Bodenschutzausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt (BodSchAG LSA) wird in §8 Bodenschutzplanung die Erarbeitung eines 'Bodenschutzplanes' vorgesehen, welcher der Festlegung und Durchsetzung von Bodenschutzzielen dienen soll. Dazu heißt es:

##### **§8 Bodenschutzplanung**

Die oberste Bodenschutzbehörde erarbeitet einen Bodenschutzplan und schreibt diesen fort. Dieser Plan stellt die Eignung der Böden im Land zur Wahrnehmung der in §2 Abs. 2 Nr. 1 und 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes genannten Funktionen dar sowie Grundsätze und Ziele zum Schutz des Bodens auf.

Neben der Formulierung landeseinheitlicher Grundsätze und Umweltqualitätsziele für den Bodenschutz in Sachsen-Anhalt ist die Darstellung der Eignung der Böden zur Wahrnehmung der natürlichen Funktionen sowie der Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte wesentlicher Bestandteil des Bodenschutzplanes. Der Bodenschutzplan soll in seiner Ausrichtung als Instrument des behördlichen Handelns Planungsträger und Öffentlichkeit erreichen und kann deshalb seiner Aufgabe nur gerecht werden, wenn auf allen Planungsebenen bodenschutzrelevante Sachverhalte und landestypische Ziele in Form von digitalen Karten darstellbar, anwendbar und kontrollfähig sind.

Im Einklang mit der Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird das Erreichen einer

Trendwende im Landverbrauch für Siedlungs- und Verkehrsfläche als das gegenwärtig wichtigste Ziel in den Bodenschutzplan des Landes Sachsen-Anhalt aufgenommen.

Aus der Problematik des Konfliktes zwischen der Entwicklung von Infrastruktur, Wirtschaft und Wohnansprüchen der Bürger und des damit verbundenen Verbrauchs häufig sehr wertvoller Böden erwächst für die Berücksichtigung des Bodens in Entscheidungsprozessen die Notwendigkeit, den Boden in seinen Eigenschaften und seiner Funktionserfüllung zielorientiert zu kennzeichnen und Regeln aufzustellen, um ihn im Abwägungsprozess angemessen zu berücksichtigen.

##### **3.1.1. Flächenverbrauch – Schwerpunktthema des Bodenschutzes**

Das Land Sachsen-Anhalt hatte in den letzten Jahren einen erheblichen Flächenverbrauch zu verzeichnen. Statistiken zeigen, dass der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche hauptsächlich zu einem Verlust von landwirtschaftlichen Nutzflächen (LN) führt (Tab. 3.1). Der Anteil der LN an der Gesamtfläche des Landes Sachsen-Anhalt hat in den Jahren 1993 bis 2002 kontinuierlich um insgesamt 22.689 ha abgenommen, während der Flächenanteil für Siedlung und Verkehr im gleichen Zeitraum um 31.880 ha zunahm. Große Teile

**Tab. 3.1.:** Entwicklung der Flächenanteile der Landwirtschaftsfläche und der Siedlungs- und Verkehrsfläche (Angaben des statistischen Landesamtes Sachsen-Anhalt)

|                                            | Landwirtschafts-<br>fläche (ha) | Siedlungs- und Ver-<br>kehrsfläche (ha) |
|--------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|
| Ausgangssituation 1993                     | 1300713                         | 163620                                  |
| 1993 bis 1995                              | -4719                           | +6386                                   |
| 1995 bis 1997                              | -4656                           | +7022                                   |
| 1997 bis 1998                              | -2169                           | +2760                                   |
| 1998 bis 1999                              | -2445                           | +3878                                   |
| 1999 bis 2000                              | -2411                           | +3878                                   |
| 2000 bis 2001                              | -1398                           | +3877                                   |
| 2001 bis 2002                              | -4891                           | +4079                                   |
| Summe                                      | -22689                          | +31880                                  |
| Mittelwert pro Jahr                        | -2521                           | +3542                                   |
| m <sup>2</sup> pro Einwohner 1993 bis 2000 | -99                             | 139                                     |
| m <sup>2</sup> pro Einwohner und Jahr      | -11                             | 15                                      |

Sachsen-Anhalts zählen mit ihren wertvollen Löss-Schwarzerden zu den fruchtbarsten Agrarstandorten Deutschlands. Hier gilt es in besonderem Maße, die Nutzungskonflikte soweit wie möglich zu minimieren und den nicht vermeidbaren Flächenverbrauch auf geeignete Standorte zu lenken.

Die Entscheidung über die Ausweisung neuer Baugebiete liegt allein bei der Gemeinde, die aufgrund ihrer Planungshoheit alle Möglichkeiten der Steuerung ihrer Siedlungsflächenentwicklung hat. Voraussetzung für die richtige Nutzung dieser Entscheidungskompetenz ist die Befähigung, mittels eines einfach handhabbaren Bewertungsverfahrens, die Flächenauswahl auf aus Bodenschutzsicht geeignete Standorte, d.h. in diesem Fall auf Böden mit minderer Erfüllung der natürlichen Bodenfunktionen zu lenken.

### 3.1.2. Bodenfunktionsbewertung in Überschneidung mit anderen Rechtsbereichen

Der Schutz des Bodens und seiner Funktionen ist nur teilweise unmittelbar durch das Bundes-Bodenschutzgesetz geregelt. Die Maßstäbe des Bodenschutzes, darunter die in §2 Abs. 2 definierten natürlichen Bodenfunktionen und die Archivfunktion sind jedoch auch bei der Anwendung anderer Gesetze zu berücksichtigen, die den Schutz des Bodens mit umfassen,

wie das Naturschutzgesetz oder das Baugesetzbuch.

Die Berücksichtigung der mit dem Bundesbodenschutzgesetz geregelten Vorgaben in den anderen Rechtsbereichen stößt nach den bisherigen Erfahrungen häufig auf Probleme. So orientiert sich bspw. die Eingriffsregelung als Instrument des Naturschutzrechtes bzw. des Bauplanungsrechts an Zielen nach §1 BNatSchG. Danach ist die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts als Lebensgrundlage des Menschen nachhaltig zu sichern. Damit sollen negative Auswirkungen von Bauvorhaben auf den Naturhaushalt vermieden oder minimiert bzw. nicht vermeidbare negative Auswirkungen kompensiert werden. Der Boden als wesentliche Grundlage des Naturhaushalts hat in dieser naturschutzrechtlichen Regelung noch keine hinreichend spezifische Berücksichtigung gefunden.

Neben Hindernissen zur Berücksichtigung des Bodens, die aus unterschiedlichen Zuständigkeiten resultieren, spielen häufig fachliche und datentechnische Defizite eine Rolle. Bodenbewertung im Rahmen anderer Regelungsbereiche setzt Bodenfunktionsbewertungsverfahren voraus, die auch in diesen Bereichen sinnvoll und zielführend eingesetzt werden können. Das Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt entwickelt gemeinsam mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen ein Bodenfunktionsbewertungsverfahren, das integraler Bestand-

teil und Umsetzungswerkzeug des Bodenschutzes sein soll. Mit dem Bodenfunktionsbewertungsverfahren ist eine verbesserte Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in planungsrechtlichen Verfahren und bei der Anwendung der naturschutzrechtlichen Regelungen zu erreichen.

## 3.2. Das Bodenfunktionsbewertungsverfahren Sachsen-Anhalt

### 3.2.1. Entwicklung seit 1998

Bereits vor der landesgesetzlichen Aufgabenzuweisung wurden vorhandene Datengrundlagen genutzt, um ein Bodenfunktionsbewertungsverfahren für Sachsen-Anhalt zu entwickeln (Borg et al., 1998). Die unteren Bodenschutzbehörden und Gemeinden sollten damit in die Lage versetzt werden, ihre Siedlungsentwicklung auf geeignete Flächen zu lenken. Auf der Grundlage der zum damaligen Zeitpunkt verfügbaren Daten waren für die Abbildung der Bodenfunktionen zahlreiche 'Vereinfachungen' notwendig. Die frühe Einführung verschiedener Bodenbewertungen, die als digitale Karten verfügbar gemacht wurden, hat die Anwender im Umgang mit dem Schutzgut Boden geschult und den Prozess der Berücksichtigung der verschiedenen Bodenteilfunktionen im behördlichen Handeln erleichtert. Das neue Verfahren soll hier anknüpfen und auf der Grundlage weiterentwickelter bodenkundlicher Grundlagen und Bewertungsmethoden die Aussagekraft verbessern und rechtlich belastbarer gestalten.

### 3.2.2. Maßstabsebenen und Bewertungsgrundlagen

Bodenfunktionsbewertungen stellen häufig sehr komplexe Aussagen über den Grad der Erfüllung einer Bodenfunktion auf einer konkreten Fläche dar. Auf Grundlage der Bewertung der Bodenfunktionen nach BBodSchG können die Böden hinsichtlich ihres Wertes in einem Planungsraum untereinander verglichen und somit

in den Abwägungsprozess einbezogen werden. Solche Bewertungsverfahren sind im Rahmen des Bodenschutzes auch für Gefährdungen des Bodens (Erosion, Verdichtung) verfügbar.

Die LABO stellt fest, dass die Bewertungen für Planungs- und Zulassungsverfahren in den Maßstabsebenen

- **Obere Planungsebene** ⇒  
Maßstab 1:500.000; 1:200.000
- **Mittlere Planungsebene** ⇒  
Maßstab 1:50.000; 1:25.000
- **Untere Planungsebene** ⇒  
Maßstab 1:10.000 und größer

erforderlich ist (Lambrecht et al., 2003).

#### Obere Planungsebene

Mit der oberen Planungsebene werden Landesübersichten bearbeitet, wie sie z.B. für den Agraratlas oder die EG-Wasserrahmenrichtlinie erforderlich sind. Diese Planungsebene wird in Sachsen-Anhalt mit Übersichtskarten im Maßstab 1:200.000 abgedeckt. Entsprechende Bodeninformationen liegen vor und werden bei Kenntnisfortschritt aktualisiert.

#### Mittlere Planungsebene

Die mittlere Planungsebene umfasst vor allem Raumordnung und UVU zu Infrastrukturmaßnahmen sowie die Regional- und Landschaftsrahmenplanung. In Sachsen-Anhalt wurde für diese Maßstabsebene vom Landesamt für Geologie und Bergwesen eine vorläufige digitale Bodenkarte erstellt und deren Bodeneinheiten mit den für die Ableitung der Bodenteilfunktionen erforderlichen Parametern hinterlegt.

#### Untere Planungsebene

Die angestrebte Trendwende im Landverbrauch ist auf den Maßstab der gemeindlichen Planung, insbesondere der Bauleitplanung angewiesen, weil nicht der Neubau von Verkehrsinfrastruktur den größten Bodenverbrauch verursacht, sondern die Ansiedlung von Gewerbe- und von Wohngebieten. Die digital vorliegenden Informationen der Bodenschätzung und die daraus zu entwickelnde 'Vorläufige Bodenkarte' im Maßstab 1:10.000 (VBK 10) wird die Anwendung von Bodenfunktionsbewertungsmethoden ermöglichen, die auch in den übrigen Maßstabsebenen eingesetzt werden.

### 3.2.3. Bodenteilfunktionen und Methoden

Unter Berücksichtigung der von der LABO empfohlenen Auswahl von Bodenfunktionen in Planungsverfahren (Lambrecht et al., 2003) und der vorhandenen Datenbasis wurde eine Liste von Bodenfunktionen zusammengestellt (Tab. 3.2). Diese Auswahl zielt darauf ab, die für den vorsorgenden Bodenschutz wesentlichen Bodenfunktionen nach BBodSchG zu berücksichtigen.

**Bodenfunktion:** Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen

Zur Beschreibung der Bodenfunktion Lebensgrundlage wurden Bewertungsmethoden ausgewählt, die mit der Pflanzendecke verbunden sind und in gewissen Grenzen damit auch Bodenorganismen repräsentieren. Diese sind:

- Standortpotenzial für spezialisierte Pflanzengesellschaften (Müller, 2004) und
- Natürliche Ertragsfähigkeit (Müller, 2004).

Das 'Standortpotenzial für spezialisierte Pflanzengesellschaften' hebt Bodenbedingungen hervor, die extrem trockene, nährstoffarme und/oder nasse Standortbedingungen kennzeichnen und damit für Pflanzengesellschaften geeignet sind, die an entsprechend extreme Standortbedingungen angepasst sind. Mit der 'natürlichen Bodenfruchtbarkeit' wird die Fähigkeit gekennzeichnet, bei einer landwirtschaftlichen oder forstlichen Nutzung günstige Wachstumsbedingungen zu gewährleisten. Beide Funktionen sind wichtige Aspekte in der Flächenplanung und Eingriffsregelung. Ihre Ableitung erfolgt für die große Maßstabsebene (1:5000; 1:10.000) auf Basis der digitalen Bodenschätzungsdaten. Sie sind deshalb zur Zeit nur für die landwirtschaftlich genutzten Böden verfügbar. Eine weitgehende Flächendeckung soll durch die Bearbeitung der VBK 10 erreicht werden.

**Bodenfunktion:** Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen

Nach der Formulierung des BBodSchG sind eine Vielzahl von Bewertungsansätzen möglich und verfügbar. Zwei wesentliche Kriterien und entsprechende Bewertungsmethoden wur-

den für Sachsen-Anhalt ausgewählt:

- Abflussregulationspotenzial (Karl, 2001),
- Sickerwasserrate (Pfützner, 2001).

Die Abflussregulation bewertet den Beitrag des Bodens zur Aufnahme und Speicherung von extremen Niederschlagsereignissen und damit der Verhinderung von schnellen Abflüssen, die zu Hochwasserereignissen führen. Dabei wird auch aufgezeigt, wie die Bodennutzung Risiken verstärken oder mindern kann.

Die Sickerwasserrate stellt den Beitrag des Bodens zur Grundwasserneubildung dar. Sie variiert mit Boden, Klimabedingungen und Pflanzenbewuchs (Nutzungsart). Damit können Grundwasserneubildungsraten sowohl unter den aktuellen Nutzungsbedingungen als auch Auswirkungen von Nutzungsänderungen und/oder Klimaänderungen dargestellt werden. Beide Bodenfunktionen sind vor allem in der Landschafts- und Infrastrukturplanung relevant und werden auf der Grundlage der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 erarbeitet. Erarbeitung und Bereitstellung erfolgen als Raster 40×40 Meter (siehe Artikel 8).

Für die Ableitung der Sickerwasserrate stehen verschiedene, gleichermaßen anerkannte Methoden zur Verfügung. Da im Rahmen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie für den Gewässerschutz eine landesweite Bearbeitung der Sickerwasserrate auf Grundlage der VBK 50 bereits weitgehend fertiggestellt ist, soll diese Information auch im Bodenbewertungsverfahren Anwendung finden. Damit wird u.a. die Verwendung voneinander abweichender Daten zur Sickerwasserrate in Sachsen-Anhalt vermieden. Die Sickerwasserrate ist in Zusammenhang mit Betrachtungen zum Stoffhaushalt und zur Stoffverlagerung auch als Eingangsgröße für andere Bewertungsmethoden erforderlich.

**Bodenfunktion:** Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers

Die Bewertung des Bodens als Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium ist komplex. Da eine flächendeckende Bewertung einer Vielzahl von Einzelstoffen für eine Bewertung in der Planung nicht zielführend ist, sind sinnvolle Grup-

**Tab. 3.2.:** Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen und Bodengefährdungen in Sachsen-Anhalt: ausgewählte Kriterien, Methoden und Informationen

| <b>Bodenfunktion</b><br>(BBodschG)                                                                                                                                                      | <b>Kriterium</b>                                                           | <b>Methodendokumentation</b><br>(AG Boden, 2003)                              | <b>Erforderliche Informationen</b>                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen (LAU)                                                                                                  | Standortpotenzial für spezialisierte Pflanzengesellschaften                | UMBW (1995)                                                                   | Klassenzeichen der Bodenschätzung (Hutung, Moore, Gerüstland) und Acker- bzw. Grünlandzahlen                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                         |                                                                            | Müller (2004); Brahms et al. (1989)                                           | Bodentyp, Kationenaustauschkapazität, effektive Durchwurzelungstiefe, bodenkundliche Feuchtestufe, Pufferbereich, Salzböden, Überschwemmungsböden                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                         | Natürliche Bodenfruchtbarkeit; alternativ: Ackerbauliches Ertragspotenzial | UMBW (1995)                                                                   | Klassenzeichen der Bodenschätzung (Bodenzahl)                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                         |                                                                            | Richter & Eckelmann (1993)                                                    | nFKWe, Grund-/Stauwasser, potenzielle Nährstoffgehalte, Klima                                                                                                                                                                                                                                    |
| Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen (LAGB)                                                                                         | Abflussregulationspotenzial                                                | LFUG (2000); Karl (1997)                                                      | Infiltrationsvermögen, Speicherkapazität, Klima, Hangneigung                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                         | Sickerwasserrate                                                           | Wessolek et al. (2003)                                                        | Nutzung, Niederschlag, Verdunstung, We, nFKWe, kf, kap. Aufstieg, Neigung, Oberflächenabfluss                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                         | Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schwermetallen                    | DVWK (1988); Blume & Brümmmer (1991); Müller (2004)                           | Bodenart, Humusgehalt, pH-Wert                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers (LAGB) | Verhalten von Organika im Boden                                            | Litz & Blume (1989); DVWK (1990); Müller (1997, 2004)                         | Bodenart bzw. Torfart, Tongehalt, Humusgehalt, Auflagenhorizonte, pH-Wert                                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                                         | Nitratauswaschungsgefährdung                                               | DIN 19732 (1997) (ansonsten besteht Verwechslungsgefahr zu Abflussregulation) | nFKWe/FKWe, Grundwasser/Stauwasser, kapillarer Aufstieg/Trockenrisse, Mineralisierungspotenzial, Relief, Sickerwasser, Nutzung                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                         | Archivböden und ihre Schutzbedürftigkeit                                   | Altermann et al. (2003)                                                       | seltene Böden, besondere Bodeneigenschaften, wissenschaftlich und kulturgeschichtlich bedeutende Flächen und Profile, (Versuchsflächen, Bodendenkmale, Paläoböden, ...); administrativ bedeutende Profile, wissenschaftlich bedeutende Profile (Versuchsflächen, Bodendenkmale, Paläoböden, ...) |
| Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte (LAU)                                                                                                                             |                                                                            |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                                         |                                                                            |                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion (LAGB)                                                                                                                                     | potenzielle Erosion durch Wasser                                           | DIN 19708 (2005); Schwertmann et al. (1990)                                   | Bodenart, Humusgehalt, Lagerungsdichte, Steingehalt, Hangneigung, Hanglänge, Jahresniederschlag oder Niederschlag im Sommerhalbjahr                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                         | potenzielle Erosion durch Wind                                             | DIN 19706 (2004)                                                              | Bodenart, Humusgehalt, Feuchtestufe, Bodennutzung, Agrarstatistik (Anbauverhältnisse)                                                                                                                                                                                                            |



pen zu bilden. Hier bieten sich Gruppen an, die von gleichen bodenkundlichen Parametern beeinflusst werden. Entsprechend kann das Filter- und Pufferverhalten für anorganische, sorbierbare Schadstoffe (Bindungsstärke für Schwermetalle) und die Fähigkeit zur Filterung, Pufferung und Stoffumwandlung für organische Schadstoffe (Bindungsstärke für organische Schadstoffe) mit weitgehend identischen Bodenparametern abgeleitet werden.

Die Funktion als Filter für nicht sorbierbare Stoffe berücksichtigt andere Prozesse (Verweilzeit des Stoffes in der oberen Bodenzone) und muss dementsprechend andere Einflussgrößen berücksichtigen. Die **Filtereigenschaften des Bodens** gegenüber Schwermetallen (Bindungsstärke für Schwermetalle) wurde nach Blume & Brümmer (1991) und Müller (2004) auf der Grundlage der VBK 50 entwickelt. Auf nahezu den gleichen Datengrundlagen basieren die Aussagen zum **Verhalten von Organika im Boden** (Müller, 2004).

Mit dem **Rückhaltevermögen** (Retention) für Bodenwasser wird die Fähigkeit des Bodens beschrieben, im Sickerwasser gelöste Stoffe wie z.B. Nitrat gegen die Schwerkraft in der durchwurzelbaren Bodenschicht zu halten und damit einer Grundwasserkontamination entgegenzuwirken. Sie ergibt sich aus dem Verhältnis der Sickerwasserrate zur Speicherkapazität (Feldkapazität) der Wurzelzone.

Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Die Bewertung des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte erfolgt auf Grundlage einer expertengestützten Einschätzung, die Seltenheit, Repräsentanz und Eigenart der Böden beurteilt und klassifiziert. Entsprechend ist die Archivbodenkarte für Sachsen-Anhalt erarbeitet worden. Böden, welche gemäß §2 Abs. 2 Nr. 2 BBodSchG die Funktion 'Archiv der Natur- und Kulturgeschichte' überdurchschnittlich erfüllen können, sind in der 'Archivbodenkarte' als Punkt- und Flächenobjekte dargestellt. Bisher liegt diese Bewertung für den Übersichtsmaßstab 1:200.000 vor. Für den Maßstab 1:50.000 ist eine Bearbeitung unter Verwendung gleicher Kriterien bisher nur für den Bereich Halle (Saale) verfügbar.

Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen

Gefahren des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen kennzeichnen keine Bodenfunktion, spielen aber im vorbeugenden Bodenschutz eine bedeutende Rolle. Um den Boden vor der Zerstörung (Entstehung schädlicher Bodenveränderungen) zu bewahren, ist seine Nutzung entsprechend zu planen und zu steuern.

Die **Bodenerosion durch Wasser und Wind** führt zu einer Verringerung der Bodenfruchtbarkeit. Gleichzeitig kommt es auf den geschädigten Ackerstandorten zu Ernteverlusten. Umgelagertes Bodenmaterial kann zu Beeinträchtigungen der Wasserqualität der Gewässer führen. Im Rahmen der europäischen Wasserrahmenrichtlinie und der Bildung von Kriterien für die gute fachliche Praxis (cross compliance) werden deshalb die potenzielle und die aktuelle Erosionsgefährdung durch Wasser erarbeitet. Die Bewertung der potenziellen Wassererosionsgefährdung (DIN 19708, 2005; Schwertmann et al., 1990) ermöglicht im Rahmen des vorsorgenden Bodenschutzes die Ausweisung von besonders gefährdeten Flächen, die z.B. für Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen angeboten werden können.

### 3.2.4. Methodische Ableitung der Themenkarten

Methoden, die im Wesentlichen eine direkte Ableitung einer Bewertungsklasse (z.B. geringe Durchlässigkeit oder starke Gefährdung) aus einer Bodeneigenschaft (z.B. Bodenart oder Klassenzeichen der Bodenschätzung) vorsehen, sind unmittelbar in Datenbanken oder GIS-Systemen umsetzbar. Komplexere Methoden, die eine größere Anzahl von Parametern des Bodens oder anderen Einflussfaktoren berücksichtigen und in mehrstufigen Aufbereitungsschritten organisiert sind, erfordern programmierte Routinen. Für eine große Zahl entsprechender Methoden wurden Programmroutinen im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung erarbeitet und in einem System der Verwaltung von Daten und Methoden (Methoden-Managementsystem – MeMaS) technisch realisiert (Heinecke et al., 2002; Müller, 2004). MeMaS Anwendungen sind auch

für Sachsen-Anhalt verfügbar (Helbig, 2005, siehe Artikel 8).

### 3.3. Entwicklungsbedarf

#### 3.3.1. Aggregation der Einzelbewertungen

Das Bewertungsverfahren Sachsen-Anhalt wurde auf wichtige Kriterien der Bodenfunktionsbewertung beschränkt. Auch nach dieser Beschränkung ist durch die Vielzahl der Bewertungsergebnisse ihre Berücksichtigung in der Planung eine sehr komplexe und damit aufwendige Aufgabe.

Hinsichtlich einer einfachen Handhabung der Bewertungsergebnisse im Planungsprozess existieren im Wesentlichen zwei Ansätze:

1. Durch eine summarische kartographische Darstellung sämtlicher Flächen mit besonderer Funktionserfüllung in GIS-Systemen können diese jeweils in ihrer Relevanz zu konkreten Planungsinhalten betrachtet werden (z.B. Landkreis Meißen, 2005).
2. Einen weiteren Ansatz bietet die Aggregation (Zusammenführung) unterschiedlicher Bewertungsergebnisse zu einer Gesamtbewertung. Das Ziel einer überschaubaren, fachlich noch ausreichend differenzierten Gesamtbewertung wird erreicht, indem einzelne Bodenfunktionen stärker gewichtet werden als andere.

In dem bisher in Sachsen-Anhalt angewendeten Bodenfunktionsbewertungsverfahren wurden die bewerteten Bodenfunktionen bereits abschließend gewichtet, um zu einer Gesamtbewertung des Konfliktpotenzials für den Boden gegenüber Eingriffen zu gelangen. Ein Boden wurde jeweils der besten Kategorie zugeordnet, in die er für eine der vorgenannten Funktionen bzw. eines Teilaspekts davon eingestuft wurde. Fiel er z.B. hinsichtlich der (Teil)Funktion Standort für natürliche Vegetation in Kategorie 2, aber in Bezug auf die (Teil)Funktion Standort für landwirtschaftliche Nutzung und die übrigen Funktionen in eine schlechtere Kategorie, wurde er insgesamt in Kategorie 2 eingestuft. Dieses Maximalprinzip (für eine Fläche gilt die höchste

Einzelbewertung) wird ergänzt durch eine höhere Wichtung der Bodenfunktion 'Standort für natürliche Vegetation'.

Tatsächlich aber besitzen die einzelnen Boden(teil)funktionen und Kriterien in unterschiedlichen Planungsvorgängen eine unterschiedliche Relevanz. Demnach bestimmen die Art der Planung und der Planungsmaßstab, welche Bodenfunktionen für die Beurteilung heranzuziehen sind und welche Wichtungsfaktoren prioritäre Funktionen ggf. mit einer höheren Bedeutung in die Bewertung eingehen lassen. Ein auf all diese Aspekte zugeschnittenes Bodenfunktionsbewertungsverfahren ist demnach ein Baukastensystem, dessen einzelne Bewertungs- und Maßstabsebenen in Abhängigkeit vom Planungsvorhaben ausgewählt und unterschiedlich verknüpft werden müssen. Die Erarbeitung eines einheitlichen Orientierungsrahmens für die zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen wird derzeit vom Länderfinanzierungsprogramm 'Wasser, Boden und Abfall' im Rahmen eines Projektes gefördert. Die Ergebnisse dieses Projektes werden in die Weiterentwicklung des sachsen-anhaltinischen Bodenfunktionsbewertungsverfahrens einfließen.

#### 3.3.2. Bewertung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen

Zur Bilanzierung eines Eingriffs in Natur und Landschaft durch Baumaßnahmen gehört neben der Eingriffsbewertung auch die Bewertung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen (A/E-Maßnahmen). Es sollte dabei eine zumindest gleichwertige Kompensation der gestörten Werte und Funktionen angestrebt werden. Häufig werden für die Eingriffsbilanzierung Biotopwertverfahren eingesetzt, die auf Maßnahmen für die Erhaltung und Entwicklung von Biototypen basieren, ohne die abiotischen Schutzgüter ausreichend zu berücksichtigen.

Die Bewertungspraxis der letzten Jahre zeigte, dass eine Berücksichtigung von Bodenfunktionen in diesem Rahmen kontraproduktiv sein kann, wenn daraus ein höherer Bedarf an Ausgleichsflächen resultiert und dieser Ausgleich mit unangepassten Maßnahmen, wie der Suk-

zession auf Ackerstandorten im Schwarzerdegebiet umgesetzt wird.

In den 'Empfehlungen zum Bodenschutz in der Bauleitplanung' (MLU, 1998) wurden für Sachsen-Anhalt bereits Hinweise für praktische Bodenschutzmaßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung formuliert. Bei der Novellierung des BauGB erfolgte eine räumliche und zeitliche Entkoppelung von Eingriff und Ausgleich für die Bauleitplanung. Daraus resultiert einerseits eine höhere Flexibilität bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen im Sinne des Bodenschutzes, gleichzeitig aber auch der Anspruch, die neu eröffneten Möglichkeiten schutzgutbezogen richtig einzusetzen. Die notwendige Lenkung auf geeignete Standorte auch außerhalb des Plangebietes erfordert zur Berücksichtigung raumordnerischer Belange die Einrichtung von Flächenpools. Auf Grundlage eines solchen Flächeninventars können A/E-Maßnahmen zur Verbesserung oder Sicherung von Bodenfunktionen (z.B. Rekultivierung der durchwurzelbaren Bodenschicht) bzw. zur Verminderung des Risikos schädlicher Bodenveränderungen (z.B. Windschutzstreifen, Umwidmung von Flächen mit extremem Erosionsrisiko) eingesetzt werden.

Die zeitliche Flexibilisierung für die gemeindliche Planung wird schließlich durch das Instrument der Ökokonto-Verordnung möglich (LSA, 2005). Maßnahmen auf Ausgleichsflächen werden auf das Konto 'eingezahlt' und können im Falle eines Eingriffs als Ausgleichsmaßnahmen entsprechend 'abgebucht' werden. Voraussetzung für die Anrechnung der Maßnahmen in Form von Ökopunkten ist ein In-Wert-Setzen durch das Bewertungsmodell Sachsen-Anhalt. In der momentanen Fassung ist dieses Modell jedoch ein reines Biotopwertverfahren, das für eine In-Wert-Setzung des Bodens keine Eignung besitzt. Hier ist auch auf Grundlage der durch das Bodenbewertungsverfahren Sachsen-Anhalt bereitzustellenden Informationsgrundlagen eine Weiterentwicklung im Sinne des Bodenschutzes erforderlich. Den in §1 des NatSchG LSA formulierten Zielen zur Pflege und Entwicklung der **Funktionsfähigkeit des Naturhaushalts** und der **Nutzbarkeit der Naturgüter** muss damit besser entsprochen werden.

### 3.4. Fazit

Es ist in den letzten Jahren in Sachsen-Anhalt gelungen, die Datenbasis für eine Bewertung der Bodenfunktionen auch für die große Maßstabsebene entscheidend zu verbessern und zu vereinheitlichen. Die auf dieser Grundlage abgeleiteten Bodenfunktionen bzw. Bodenteilfunktionen liegen in Form von digitalen Themenkarten anwendungsbereit vor. Es gilt Regelungen zu finden, diese Informationen für die Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in anderen Fach- und Rechtsbereichen (rechtskonform) nutzbar zu machen.

Die Ziele und Prinzipien des Bodenschutzplans Sachsen-Anhalt werden durch das Bodenfunktionsbewertungsverfahren inhaltlich und methodisch ausgestaltet. Damit kann seine Umsetzung in unterschiedlichen planungsrechtlichen Verfahren, wie Landschaftsplanung, UVS und naturschutzrechtlicher Eingriffsregelung erfolgen. Der Bodenschutz muss mit dem Bodenfunktionsbewertungsverfahren in die Eingriffsregelung Sachsen-Anhalt und in andere Vorhaben, wie die Landschaftsplanung einbezogen werden, da überwiegend gleiche Ziele verfolgt werden und die Einführung einer eigenständigen bodenschutzrechtlichen Eingriffsregelung nicht vermittelbar ist.

### Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2003). Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion 'Rohstofflagerstätte' nach BBodSchG. Arbeitshefte Boden, (2), 1–73. [http://www.bgr.de/saf\\_boden/adhocag/adhocag.html](http://www.bgr.de/saf_boden/adhocag/adhocag.html).
- Altermann, M., Steininger, M., Rosche, O., Kopp, D., & Schwanecke, W. (2003). Erarbeitung eines Bewertungsrahmens und Maßnahmenkataloges zum Umgang mit Böden für die Funktion Archiv der Natur- und Kulturgeschichte im Land Sachsen-Anhalt. Landesamt für Umweltschutz, Halle.

- Blume, H. P. & Brümmer, G. (1991). Prediction of heavy metal behaviour in soil by means of simple field tests. *Ecotoxicology and Environment Safety*, 22, 164–174.
- Borg, H., Preetz, H., Fehse, K.-U., Wolter, M., & Wallbaum, E. (1998). Bodenschutz in der räumlichen Planung – eine Methode zur Bewertung und Wichtung von Bodenfunktionen. *Ber. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt*, 29, 1–50.
- Brahms, M., von Haaren, C., & Jannsen, U. (1989). Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotenzial. *Landschaft + Stadt*, 21(3), 110–114.
- DIN 19706 (2004). Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. Beuth, Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 19708 (2005). Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Beuth, Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
- DIN 19732 (1997). Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotenzials von nicht sorbierbaren Stoffen. Beuth, Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
- DVWK (1988). Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. DVWK-Merkblatt, 212. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.
- DVWK (1990). Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall.
- Heinecke, H. J., Bartsch, H. U., Sbresny, J., & Müller, U. (2002). Das Methodenmanagementsystem im Bodeninformationssystem NIBIS. In B. Cyffka & J. Härtling (Eds.), *Bodenmanagement*. (pp. 59–84). Berlin: Springer.
- Helbig, H. (2005). Rechnergestützte Bodenfunktionsbewertung mit dem 'Methoden Management System' MeMaS in Sachsen-Anhalt. In M. Möller & H. Helbig (Eds.), *GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen – Datengrundlagen und Lösungsansätze*. (pp. 199–209). Heidelberg: Wichmann.
- Karl, J. (1997). Bodenbewertung in der Landschaftsplanung. *Naturschutz und Landschaftsplanung*, 29(1), 5–17.
- Karl, J. (2001). Landschaftsbewertung in der Planung – Verfahren zur flächenbezogenen Analyse und Bewertung des Naturhaushalts und zur Prognose der Wirkung von Eingriffsplanungen und Kompensationsmaßnahmen am Beispiel der kommunalen Bauleitplanung Hessen. *Gießener Geographische Schriften*, 79, 1–241.
- Lambrecht, H., Rohr, A., Kruse, K., & Angersbach, J. (2003). Empfehlungen zur Klassifikation von Böden für räumliche Planungen – Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. Planungsgruppe Ökologie und Umwelt GmbH, Hannover. Bericht an die Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz LABO. <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/stadtentwicklung-umwelt/umwelt/boden/bodenschutz/fragen/bfb-labo.html>.
- Landkreis Meißen (2005). Ökoflächenmanagement Landkreis Meißen. <http://webs.idu.de/oekoMan/content.asp?pgid=24>.
- LFUG (2000). Ableitung von Bodenfunktionskarten für Planungszwecke aus dem Fachinformationssystem Boden – Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben. Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen. Freiberg.
- Litz, N. & Blume, H. P. (1989). Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. *Z. Kulturtech. Landentw.*, 30, 355–364.
- LSA (2005). Verordnung über die Anerkennung und Anrechnung vorzeitig durchgeführter Maßnahmen zur Kompensation von Eingriffsfolgen (Ökokonto-Verordnung). GVBl. LSA, 5/2005. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt.
- MLU (1998). Empfehlungen zum Bodenschutz in der Bauleitplanung. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt

des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg. [http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/bodenschutz/files/empfehlungen\\_bodenschutz\\_blp.pdf](http://www.mu.sachsen-anhalt.de/start/fachbereich02/bodenschutz/files/empfehlungen_bodenschutz_blp.pdf).

Müller, U. (1997). Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. Technische Berichte zum NIBIS. Hannover: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung. 6. erweiterte und ergänzte Auflage.

Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.

Pfützner, B. (2001). Bestimmung der Grundwasserneubildung für das Land Sachsen-Anhalt auf der Grundlage des Verfahrens Bagrov/Glugla. Abschlussbericht des F. und E-Vorhabens.

Richter, U. & Eckelmann, W. (1993). Das Ertragspotenzial ackerbaulich genutzter Standorte in Niedersachsen – Beispiel einer Auswertungsmethode im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. Geol. Jb., F 27, 197–205.

Schwertmann, U., Vogl, W., & Kainz, M. (1990). Bodenerosion durch Wasser: Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. Ulmer.

UMBW (1995). Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Luft – Boden – Abfall, 31.

Wessolek, G., Duijnisveld, W., & Trinks, S. (2003). Die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur bundesweit einheitlichen Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden im Rahmen des Projektes 'Hydrologischer Atlas von Deutschland' (HAD). Wasser und Boden. in Vorbereitung.



## 4. Böden in Sachsen-Anhalt

W. Kainz

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 4.1. Einleitung

In Sachsen-Anhalt finden sich sieben von zwölf Bodenregionen der Bundesrepublik Deutschlands. Entsprechend vielgestaltig sind die Böden. Weite Flussauen, wellige Tieflandsgebiete, Lösslandschaften sowie Berg- und Hügelländer gliedern die Bodendecke (Abb. 4.1). Die leistungsfähigen Böden bieten in Sachsen-Anhalt Voraussetzungen für eine effiziente Land- und Forstwirtschaft. Sie erfüllen wichtige Funktionen im Stoffkreislauf der Landschaften.

Böden entwickeln sich als Teil der sich verändernden Umwelt in Abhängigkeit bodenbildender Faktoren und Prozesse (Blume & Stahr, 2002). Der Einfluss des Menschen auf relevante Faktoren hat dabei kontinuierlich an Intensität und Weiträumigkeit zugenommen. Dies betrifft u.a. die Bodennutzung, stoffliche Einträge, Meliorationen, Be- und Entwässerung. Die Veränderungen im Boden können anhand von Merkmalen und Messwerten erkannt und bewertet werden. Je mehr im Gelände erhobene Daten zur Verfügung stehen, desto zutreffender sind die daraus abgeleiteten Aussagen.

Grundlagen der Erfassung bodenkundlicher Merkmale natürlicher und anthropogener Veränderungen werden im Folgenden vorgestellt. Die Erläuterung dieser Grundlagen erfolgt anhand ausgewählter Böden der Bodenbildungsbereiche Sachsen-Anhalts (Abb. 4.1). Sie zeigen wesentliche Bestandteile des Bodeninventars und sind Beispiele für die Entwicklung und Veränderung der Böden.

### 4.2. Boden und sein natürlicher Entwicklungsraum

Boden ist der oberste Teil der festen Erdkruste. Aufgrund dieser Position hinterlassen aktuelle geologische Prozesse in ihm ihre Spuren, die durch die Lebenstätigkeit der Wurzeln und der bodenbewohnenden Tiere überlagert werden.

Der Boden ist im Stoffkreislauf der Landschaften ein offenes System. Eine Eigenschaft des Bodens ist es, manche Stoffe anzureichern und andere durch Verlagerung zu verlieren.

Böden reagieren verzögert auf Umweltveränderungen. Vor sichtbaren Änderungen im Profilaufbau ändern sich Bodeneigenschaften, die den aktuellen Bodenzustand charakterisieren. Diese Veränderungen sind nicht leicht erkennbar oder sichtbar, sondern müssen erst durch genaue Beobachtungen und Analysen nachgewiesen werden.

Der Boden ist das Ergebnis einer langen Entwicklung, deren Spuren im Profilaufbau zu finden sind. Diese Entwicklung hat viele einzeln betrachtbare, aber immer in ihrer Wirkung sich gegenseitig beeinflussende Aspekte (Roeschmann, 1994; GLA, 1999; Blume & Stahr, 2002).

Grundgerüst im Bodenaufbau sind die jungen, periglaziären und holozänen Lockergesteine, die die anstehenden Gesteine des Untergrundes bedecken. Die Lockergesteine sind in Schichten abgelagert worden (Händel, 1964; Schilling & Wiefel, 1962). Schichten sind das Ergebnis der von außen auf die Erdoberfläche wirkenden stoffumlagernden Kräfte, wie z.B. Wind, Regen, Flüsse, Schwerkraft, Frostwechsel und Eis. Das Wirken dieser Kräfte steht in



| Farbe                                                                               | Bodenbildungsbereich                          | Gesteine                                                              | Böden                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|  | Aue                                           | Auen-, Fluss- und Niederungsablagerungen                              | Vegas, Tschernitzen, Gley-Pseudogleye                        |
|  | Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen | Moore, Flugsande und Niederungsablagerungen                           | Erd-Niedermoores, Gleye, Gley-Braunerden, -Podsole           |
|  | Sander, sandige Platten, sandige Endmoränen   | Deck- und Flugsande, Sandlöss, Schmelzwassersande                     | Braunerden, Braunerde-Fahlerden, Podsole                     |
|  | lehmige Grundmoränenplatten                   | Decksande, Decklehme, Geschiebelehme, Tone                            | Braunerde-Fahlerden bis Pseudogleye, Pseudogley-Tschernoseme |
|  | Lösslandschaften                              | Löss, Sandlöss, Hangablagerungen                                      | Schwarzerden, Pararendzinen, Kolluvisole, Fahlerden          |
|  | Mesozoische Berg- und Hügelländer mit Löss    | Hangablagerungen, Fließerden, Löss, Kalk-, Schluff- und Sandsteine    | Pararendzinen, Braunerden, Braunerde-Fahlerden               |
|  | Paläozoische Mittelgebirge und Bergländer     | Hangablagerungen, Fließerden, Schutte, Tonschiefer, Grauwacke, Granit | Braunerden, Braunerde-Fahlerden, Braunerde-Podsole, Regosole |
|  | Bergbaufolgelandschaften                      | Kippsande, -lehme, -schluffe; Industrieabfälle                        | Pararendzinen, Regosole, Rohböden                            |

**Abb. 4.1.:** Schema der regionalen Bodenbildungsbereiche mit Reliefdarstellung. Die Bodenbildungsbereiche sind die Ablagerungsräume der jungen Lockergesteine und fassen die anstehenden Gesteine nach ihrer Wirkung auf die Bodenbildung zusammen.



**Abb. 4.2.:** Steinsohlen sind häufig ein Zeichen für Schichtgrenzen. Ihre Ausbildung ist nicht immer so deutlich wie im Foto. Meist sind es Ausblasungspflaster oder Abspülungsreste. Sie kennzeichnen Erosionsphasen.

Zusammenhang mit der Klimaentwicklung und ist deshalb periodischen Schwankungen unterworfen. Schichten werden an den Unterschieden der sie aufbauenden Lockergesteine und an der Form und Art ihrer Grenzen erkannt. Die Grenzen sagen viel über die Entstehung und über Veränderungen des Lockergesteins aus (Abb. 4.2, 4.3 u. 4.4).

Das Alter, die Entstehung und die Zusammensetzung der Lockergesteine bestimmen die physikalischen und chemischen Bedingungen, unter denen die Bodenhorizontbildung abläuft. Die Ablagerungsräume der verschiedenen Lockergesteine sind dadurch zugleich die Bodenbildungsbereiche (Abb. 4.1).

Die Bodenentwicklung verläuft zyklisch durch die Wiederholung der Prozessfolge (Mania & Stechemesser, 1970; Kainz & Wansa, 1997; Kainz, 1999):

- Ablagerung von Lockergesteinen
- Bildung von Bodenhorizonten
- Umlagerung des Bodenmaterials.

Dadurch sind mächtige Paläoboden-Komplexe in Strukturen mit hoher Sedimentationsrate, wie Subrosionsmulden, begrabenen Rinnen oder Hangterrassen, entstanden. Solche Vorkommen wurden bei Bad Kösen (Abb. 4.5) und Langenbogen (Altermann & Kühn, 1995; Altermann, 1996), Hedersleben und Arendsee gefunden. Nach regionalen Vergleichen und



**Abb. 4.3.:** Das Foto zeigt eine Grenze zwischen ungeschichtetem periglaziärem Sand (oben) und geschichtetem anstehendem Schmelzwassersand (unten). Die Entstehung dieser Grenze ist nur erklärbar, wenn die untere Schicht während der Ablagerung der oberen gefroren und fest war. Die Grenze ist eine Erscheinungsform, die durch Thermokarst, d.h. die Lösung und Erosion des Permafrostbodens, entsteht.

Altersbestimmungen gehören die älteren Profilabschnitte vieler heute vorhandener Böden in das Pleistozän (Richter et al., 1970; Schröder & Fiedler, 1977). Im Harz und bei Halle (Schröder & Fiedler, 1979; Kunert, 1998) sowie im Ostthüringisch-Sächsischen Löss-Hügelland sind auch tertiäre Bodenbildungen Teil der aktuellen Bodenprofile.

Die Abgrenzung der heutigen Bodenprofile nach der Tiefe ist durch das feste Gestein, das Grundwasser und in allen anderen Fällen durch Konvention bei zwei Metern Tiefe festgelegt (Ad-hoc-AG Boden, 2005).

In Abhängigkeit von der Mächtigkeit der periglaziären und holozänen Lockergesteine können Bodenprofile ein- oder mehrschichtig sein. Die Mächtigkeit der Lockergesteine ist von mehreren Bedingungen abhängig und kann kleinräumig stark schwanken.

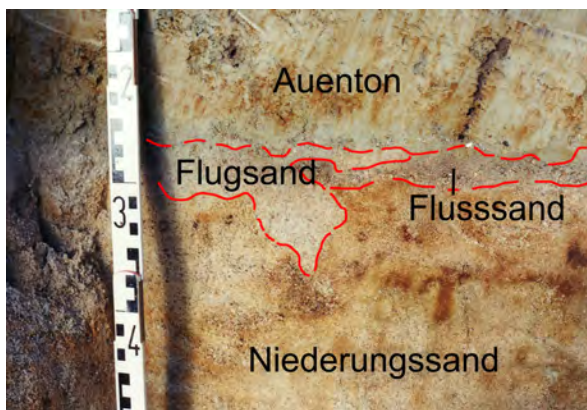
Einfache Bodenprofile entstehen in einer mächtigen Schicht, so dass ältere Bodenzyklen im Bodenprofil nicht mehr erfasst werden. Ein Beispiel für diese Böden ist die Braunerde-Schwarzerde aus Löss (Anlage B, Profil S. 180).

Mehrschichtige Bodenprofile entstehen in Be-





**Abb. 4.5.:** Paläobodenkomplex Bad Kösen. Aufschluss mehrerer Bodenzyklen der Saale- und Weichselkaltzeiten über einer begrabenen Hangterrasse.

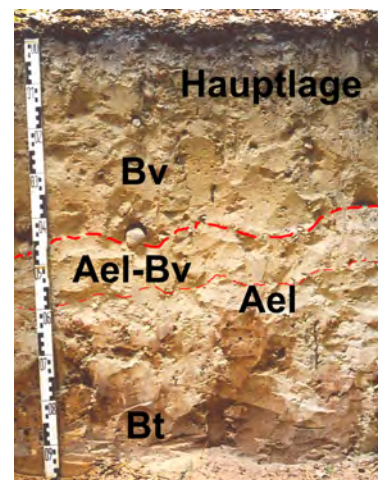


**Abb. 4.4.:** Keilstrukturen unterschiedlicher Größe und Entstehungsart kennzeichnen Unterbrechungen im Sedimentationsablauf und in diesem Falle auch der bodenhorizontbildenden Prozesse.

reichen geringer Sedimentationsrate. In ihnen überlagern oder durchdringen sich mehrere Zyklen der Bodenbildung (Abb. 4.6 u. 4.9).

Bodenhorizonte bilden sich periodisch in Zeitabschnitten relativer Sedimentationsruhe, in denen das Klima den Ablauf solcher Prozesse ermöglicht.

Weitere Faktoren, wie z.B. Temperatur, Niederschlag, Grundwasserstand und Vegetation beeinflussen komplex den Ablauf der bodenhorizontbildenden Prozesse, zu denen Humus- und Mineralneubildung, Humusabbau und Mineralzerstörung, Stoffverlagerung und Gefügeänderung gehören. Dabei können sich einige Faktoren mit der Zeit so ändern, dass die neuen Bedingungen nicht mehr denen während der Hori-



**Abb. 4.6.:** Braunerde-Fahlerde: Der Verbraunungshorizont (Bv) ist in der Hauptlage entwickelt, die unten durch eine Steinsohle begrenzt wird. Die Verbraunung erfasst den Tonauswaschungshorizont (Ael) der älteren Fahlerde im oberen Teil (Ael-Bv).

zontbildung entsprechen. Durch diese Veränderungen werden bodenhorizontbildende Prozesse beendet und neue können beginnen.

Weiterhin können sich die physikalischen und chemischen Rahmenbedingungen durch die Ergebnisse der bodenhorizontbildenden Prozesse selbst ändern. Dadurch ergeben sich vom Bodenbildungsbereich und Lockergestein abhängige Prozessfolgen (Blume & Stahr, 2002), die im Verlauf der Bodenbildung nacheinander wirken.

Viele Böden enthalten schichtgebundene reliktsche Horizontmerkmale (Ehwald, 1970). Die zyklische Bodenentwicklung bedingt das

schichtgebundene Vorkommen fossiler, reliktscher und aktueller Horizontmerkmale im Bodenprofil. Diese Merkmale kommen in den Bodenprofilen in unterschiedlichen Kombinationen vor.

Die **Überlagerung** reliktscher durch aktuelle Horizonte in einem zyklischen Bodenprofil zeigt Abbildung 4.6.

Der bodenhorizontbildende Prozess der Tonverlagerung ist unter den aktuellen Bedingungen gestoppt. Wohl aber bestimmt die Fahlerde im Bodenprofil eine Reihe wichtiger Bodeneigenschaften wie die Kationenaustauschkapazität.

Aus dem Profil mit einer Steinsohle, die eine Erosionsfläche kennzeichnet, kann die Vergesellschaftung mit erodierten Böden ohne Ael-Horizont oder ohne Bv-Horizont abgeleitet werden. Das Fehlen des Ael-Horizontes ist an begrabene Untergrund-Hochlagen gebunden. Der fehlende oder verkürzte Bv-Horizont ist die Folge aktuellen Bodenabtrags oder der Krumenvertiefung.

**Reliktische Merkmale** haben besondere Bedeutung in Böden, die durch Grund- oder Stauwasser geprägt sind. In Abbildung 4.7 sind sie im gesamten Bodenprofil ausgebildet.

Der Grundwasserstand liegt bei unveränderten Verhältnissen oberhalb des Gr-Horizontes. Aus der Beziehung des aktuellen Grundwasserstandes zum reliktschen Gr- bzw. Gor-Horizont lässt sich die Absenkung abschätzen. Schwieriger ist die Einschätzung des Grundwasseranstiegs, da Rostflecken und Eisenkonkretionen unter reduzierenden Bedingungen relativ stabil sind.

Oberflächennahe Zeichen für den aktuellen Wasserhaushalt in Stau- und Grundwasserböden sind die Befahrbarkeit der Böden sowie Humusgehalt, Aufbau und Gefüge der Humushorizonte.

Eine weitere gute Hilfe für die Einschätzung der aktuellen Bodenwasserverhältnisse sind Bodenvegetation und Bodenfauna. Grundwasserhorizonte sind reliktsch, wenn sie gut und tief durchwurzelt oder bioturbat überprägt sind.

**Umlagerungsprozesse** wirken an Geländeoberflächen durch Erosion und Bodenkriechen aber auch im Bodenprofil durch Bioturbation,

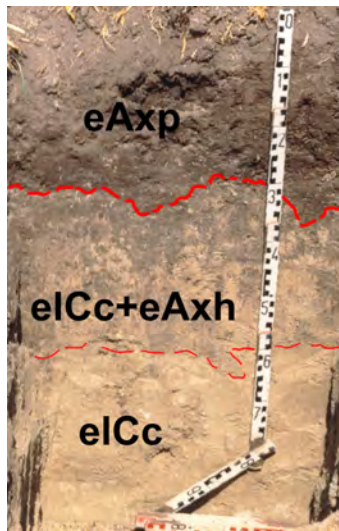


**Abb. 4.7.:** Reliktischer Gley mit ehemals humusreichem Oberboden. Die früher starke Vernässung wird durch Tropfenbildung (tr) an der Untergrenze des humosen Oberbodens und die dortige dunkelbraune Eisenanreicherung belegt. Im Seitenstoß des Schurfes befand sich ein verfüllter Entwässerungsgraben. Die aktuelle Absenkung des Grundwassers beträgt über 2 m.

Frostwechsel oder Bodenfließen. Sie können zur Bildung von Mischhorizonten führen. Abbildung 4.8 zeigt einen Mischhorizont im unteren Teil des humosen Oberbodens einer Schwarzerde. Die einzelnen Anteile liegen räumlich getrennt so nebeneinander, dass sie keinen eigenständigen Horizont bilden. In diesem Fall handelt es sich um einen eMcC+eAxx-Horizont. Er belegt eine Humusanreicherung durch Bioturbation, was ein Hinweis auf gute ökologische Verhältnisse im Boden ist.

**Durchdringungen** verschiedener bodenhorizontbildender Prozesse im gleichen Horizont werden durch Übergangshorizonte beschrieben. In Abbildung 4.9 enthält der untere Teil des verbrauchten Bereiches schwache Rostflecken. Dieser Bereich ist ein Go-Bv-Horizont. Es erfolgte





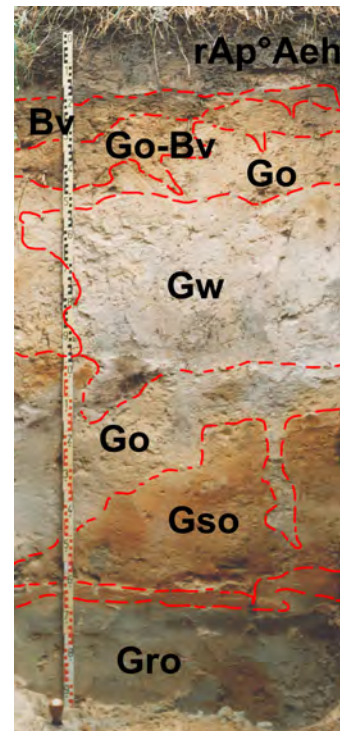
**Abb. 4.8.:** Zwischen 3 und 6 dm ist ein Mischhorizont aus humosem Oberboden und Untergrund durch Bodenwühler ausgebildet. Er belegt eine ungestörte Humusanreicherung, die an der oberen scharfen Grenze des Pflughorizontes der Erosion unterliegt.

aber keine Verbraunung des Go-Horizontes, sondern eine Vernässung des Bv-Horizontes. Durch eine starke Grundwasserabsenkung ist der Go-Anteil reliktsch.

Der Horizont unterhalb 18 dm weist durch seine Färbung starke Reduktion und eine starke Rostfleckung, d.h. stark oxidierende Bedingungen, auf. Es ist ein Gro-Horizont. Auch hier liegt eine Durchdringung durch den Wechsel reduzierender und oxidierender Bedingungen im gleichen Raum vor. Die zeitliche Abfolge der bodenhorizontbildenden Prozesse bleibt unberücksichtigt. Es ist nicht ersichtlich, ob hier in einem Go-Horizont lange reduzierende Phasen auftreten oder ein stark ausgeprägter Gr-Horizont unter überwiegend oxidierenden Bedingungen Veränderungen unterliegt.

Zur richtigen Bewertung der Bodenprofile kann aber die Kennzeichnung der zeitlichen Abfolge entscheidend sein. Dies geschieht durch die Ausweisung reliktscher Horizonte bzw. Horizontmerkmale. Im betrachteten Profil liegt eine Grundwasserabsenkung vor und die Grundwasserhorizonte sind reliktsch. Genauere Kenntnisse ergeben sich durch die Beobachtung des Grundwasserstandes.

In manchen Fällen, z.B. bei Böden mit Stau-



**Abb. 4.9.:** Gley-Braunerden sind Übergangsböden zwischen Braunerden und Gleyen. Die Bodenbildung verlief zyklisch. Vergleyung, Grundwasserabsenkung, Erosion und Sediment-Auftrag wurden überlagert von periglazialen Überprägungen, Verbraunung und erneuten Schwankungen des Grundwassers.

wassereinfluss, hilft die genaue Beobachtung des relativen Alters der Horizontmerkmale weiter. In anderen Fällen, wie z.B. in komplexen Böden mit Lessivierung und Podsolierung, ist die Kenntnis der bodenhorizontbildenden Prozessfolgen für die Analyse des Bodenprofils von Nutzen (Blume & Stahr, 2002).

Bodenhorizontbildende Prozesse und Bodenveränderungen sind zunehmend direkt oder indirekt durch den Menschen beeinflusst. Die Veränderungen betreffen nicht nur einzelne Belastungsflächen, wie Deponien und Industriegebiete (Abb. 4.10), sondern ganze Landschaftsräume, z.B. in ihrem Wasserhaushalt, in ihrer Vegetationsdecke und ihrem Nutzungswandel.

Zu den Veränderungen gehören neben den Folgen der Ackernutzung diffuse Stoffeinträge aus der Atmosphäre (Kap. 6, Tab. 6.1), ebenso wie spezifische Stoffeinträge, die durch Bergbau und Industrie in großen, regionalen Bereichen



**Abb. 4.10.:** Pappelsterben im Emissionsbereich der ehemaligen Hütte Hettstedt. Die frühere Ackerfläche, eine erodierte Fahlerde, wurde aufgeforstet. Humusauflage und Oberboden haben sehr hohe Schwermetallgehalte. Hüttenrauch und -staub sind die Ursachen des Absterbens.

über die Luft oder das Wasser in die Böden einwanderten (Anlage B, Profil S. 182). Sie durchdringen durch Einwaschung die Bodenhorizonte und bewirken das Einsetzen neuer horizontbildender Prozesse oder verändern die ökologischen Bodenverhältnisse. Der erhöhte Humusgehalt im Bv-Ael-Horizont in Profil S. 182 ist die Folge erhöhter Bioturbation, die durch die Brache ermöglicht und durch den Eintrag von Kalkstaub befördert wurde.

Letztendlich können Horizonte reliktsch werden, wenn sich ihre typischen Eigenschaften stark verändern. Das ist in den durch Ascheintrag eutrophierten Podsolen und Podsol-Braunerden der Dübener Heide der Fall. Diese Entwicklung ist allerdings reversibel (Konopatzky et al., 1995).

Staubablagerungen können neue Schichten bilden und die bestehenden Bodenhorizonte überlagern, die dann reliktsch werden. In allen Braunkohlen-Abbaurevieren sind Ablagerungen von Braunkohlenstaub im Umfeld der Tagebaue nachgewiesen (Abb. 4.11).

Diese Beeinflussungen werden als Immission bezeichnet und können auf die Bodennutzung einschränkend oder befördernd wirken.



**Abb. 4.11.:** Regosol aus Flugasche und Braunkohlenstaub über verkipptem Gemeengekies-sand. Bergbaufolgelandschaft Bitterfeld; Foto: Feldhaus 1995

Der Boden sieht in der Natur durch die oben beschriebenen Gegebenheiten und Prozesse sehr unterschiedlich aus. Die Erscheinungsbilder entstehen durch die den Boden aufbauenden Gesteine und die Bodenhorizonte. Die den Boden aufbauenden Gesteine sind der Nährboden der Pflanzen. Deshalb werden sie als Substrate bezeichnet (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Die Gesteinsabfolge der Bodenprofile wird im Substrattyp verallgemeinert beschrieben. Die Horizontabfolge bestimmt den Bodentyp. Die Kombination des Boden- und des Substrattypes ist die Bodenform. Sie fasst Böden zusammen, die auf äußere Einflüsse gleich oder ähnlich reagieren.

Die Bodenformen sind durch die Verbreitung der sie aufbauenden Gesteine und die in den Bodenbildungsbereichen ablaufenden Veränderungen miteinander verknüpft. Sie bilden Bodengesellschaften, die unter gleichen Voraussetzungen wiederholt auftreten. Die Bodengesellschaften können in Abhängigkeit von Flächengröße, Dichte und ökologischer Unterschiede der beteiligten Bodenformen einfach oder komplex zusammengesetzt sein.

Bodengesellschaften sind Darstellungsgegenstand der Bodenkarten. Sie zeigen Verbreitung und Verteilungsmuster der Böden in der Fläche. Das Verteilungsmuster der Bodengesellschaften

zeigt in bestimmten Landschaftsbereichen Abfolgen von Kartiereinheiten, die in gleicher Position wiederholt auftreten. Diese Abfolgen resultieren u.a. aus Substratwechseln, aktuellen Sedimentations- und Erosionsprozessen, Wasserstau oder Grundwasserstand. Ihre Ursachen liegen aber auch in Veränderungen des Klimas und der Landschaften während der Bodenentwicklung.

### 4.3. Erfassung der Bodeneigenschaften

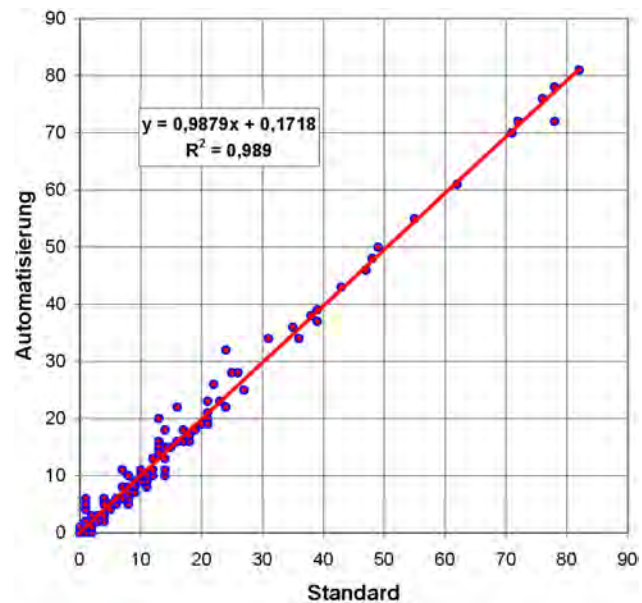
Bei der Dokumentation der Bodenprofile im Gelände werden die sicht- und fühlbaren Eigenschaften erfasst. Die geschätzten Parameter werden teilweise analytisch abgesichert und durch gemessene Werte ergänzt. Die Analytik dient nicht nur der Absicherung der Felddaten. Ein wesentlicher Teil der Bodeneigenschaften wird erst durch Laboruntersuchungen bestimmt. Insbesondere betrifft dies veränderliche Bodeneigenschaften, die den aktuellen Zustand beschreiben. Hierbei handelt es sich um Versauerung, Schadstoffanreicherung, Veränderungen im Pufferverhalten und andere.

Die Ergebnisse der Felddaten und Analysen sind für ausgewählte Bodenprofile in der Anlage B und in Tabelle 4.1 in gemittelten Werten dargestellt. Deshalb folgt hier eine kurze Beschreibung der dargestellten Eigenschaften und der angewandten Untersuchungsmethoden.

Die Durchwurzelung des Bodens, d.h. die Einschätzung der Dichte der Feinwurzeln (Ad-hoc-AG Boden, 2005), ist ein Beispiel für im Gelände erfasste Daten.

Die Durchwurzelungsintensität ist in ihrer Tiefenfunktion den Bodenprofilen der Anlage B zu entnehmen. Sie kennzeichnet die ökologischen Verhältnisse in den Böden und steht in Abhängigkeit zur nutzbaren Luft- und Wasserkapazität, dem pH-Wert, der Lagerungsdichte sowie den Wasser- und Nährstoffverhältnissen im Bodenprofil. Sie wird aber auch durch die Bewirtschaftung und Vegetation beeinflusst.

Das Analysenprogramm beinhaltet für alle Proben die Ermittlung der Korngrößenzusammensetzung, der Humus-, Stickstoff- und Kalk-



**Abb. 4.12.:** Vergleich von Ergebnissen der Korngrößenanalyse nach KÖHN mit Standartpipette und mit teilautomatisierter Sedimentations-Anlage (20 Proben, Fraktionen 2 bis 2000  $\mu\text{m}$ )

gehalte, der pH-Werte und der potenziellen Austauschkapazität. Je nach Aufgabenstellung werden weitere Untersuchungen vorgenommen. Eine zusammenfassende Beschreibung der Analysenmethoden geben Schlichting et al. (1995).

Die **Korngrößenzusammensetzung** wird durch kombinierte Sieb- und Sedimentationsanalyse nach KÖHN ermittelt (DIN 19683, 1973). Dabei erfolgt die Dispergierung durch 15-stündiges Schütteln mit 0,1 %iger Tetranatriumdiphosphat-Lösung.

Bislang war diese Untersuchung nur manuell und zeitaufwändig möglich. Seit 2002 ist eine neuentwickelte, teilautomatisierte Sedimentations-Anlage nach dem Verfahren von KÖHN im Einsatz (Hartmann et al., 2003). Vergleiche mit der bisherigen Methode zeigen eine gute Übereinstimmung der Messwerte (Abb. 4.12).

Die einzelnen Korngrößenfraktionen des Feinbodens ( $< 2 \text{ mm}$ ) werden in Masse-% bezogen auf 100 % Feinboden dargestellt. Aus den Anteilen der Fraktionen Ton ( $< 2 \mu\text{m}$ ), Schluff ( $2 \mu\text{m}$ – $63 \mu\text{m}$ ) und Sand ( $> 63 \mu\text{m}$ – $2000 \mu\text{m}$ ) wird die Bodenart bestimmt. Das Bodenskelett



(> 2 mm) wird in Volumen-% bezogen auf den Gesamtboden ermittelt.

Skelettgehalt und Bodenart sind wichtige Daten für die Substratbezeichnung. Sie sind Eingangsparameter für die Berechnung und Schätzung von Bodeneigenschaften und -potenzialen wie den Kennwerten der Wasserbindung oder der Erosionsgefährdung.

In den Bodenprofilen des Bodenformenkataloges Sachsen-Anhalt (Anlage B) sind die Ton-, Schluff- und Sandgehalte sowie die abschlämmbaren Teilchen als Tiefenfunktionen dargestellt. Die abschlämmbaren Teilchen sind die Summe des Ton-, Feinschluff- und eines Drittels des Mittelschluffgehaltes. Das Abschlämmbare wird in der Bodenschätzung verwendet und ermöglicht den Bezug zu diesen Daten.

Die **pH-Werte** werden elektrometrisch in einer Bodensuspension bestimmt, der definierte Calciumchlorid- oder Kaliumchlorid-Lösungen bzw. destilliertes Wasser zugesetzt wurden (DIN 19684, 1977d; DIN ISO 10390, 1997). Die Messung in Kaliumchlorid ist die traditionelle Methode landwirtschaftlich genutzter Standorte, für die in Sachsen-Anhalt umfangreiche Datenbestände und Zeitreihen bestehen. Die Messung in Calciumchlorid dient der bundesweiten Vergleichbarkeit der Ergebnisse und der Anwendung bundeseinheitlicher Auswertungsmethoden, wie der Einschätzung der Bodenpufferbereiche (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Die pH-Werte in destilliertem Wasser und in Kaliumchlorid liefern Aussagen über die potenzielle und aktuelle Bodenversauerung. Der pH-Wert in destilliertem Wasser wird standardmäßig in forstlich genutzten Böden gemessen.

**Stickstoff** wird als Gesamt-Stickstoff in allen humushaltigen Proben bestimmt. Die Bestimmung erfolgte durch Schwefelsäure-Aufschluss und anschließende Destillation nach KJELDAHL (DIN 19684, 1977b). Seit 2001 erfolgt die Bestimmung durch CNS-Elementaranalyse. Dabei wird die Probe im Sauerstoffstrom bei 1200°C verbrannt. Die gasförmigen Reaktionsprodukte werden nach Reduktion der Stickoxide zu Stickstoff im Helium-Trägergasstrom der dynamischen Trennung zugeführt. Stickstoff gelangt direkt zum Wärmeleitfähigkeitsdetektor und wird dort

gemessen. Koeffizienten der Stickstoff- und organischen Kohlenstoffwerte sind Maßzahlen für die Humusqualität und den aktuellen Humuszustand der Böden.

Der **Karbonatgehalt** wird aus dem CO<sub>2</sub>-Anteil berechnet, der bei der Zersetzung der Karbonate durch Säuren entsteht. Der CO<sub>2</sub>-Anteil wurde bis 1996 nach der Methode FRESENIUS-CLASSEN bestimmt. Seit 1997 erfolgt die Bestimmung durch Zersetzung der Karbonate mit 50-%iger Phosphorsäure und nachfolgender Messung des CO<sub>2</sub>-Anteils im Schwefel-Kohlenstoff-Analysator.

Der Karbonatgehalt wurde in den Bodenprofilen der Anlage B als Tiefenfunktion dargestellt. Er ist Teil der Substratbezeichnung und Parameter für Aussagen zur Nährstoffbevorratung und -verfügbarkeit sowie der potenziellen Kontaminationsgefährdung.

Der **Humusgehalt** wird durch Multiplikation des organischen Kohlenstoffgehaltes mit dem Faktor 1,724 berechnet. Die Bestimmung des organischen Kohlenstoffgehaltes erfolgte bis 1995 nach dem Dichromat-Schwefelsäure-Verfahren (DIN 19684, 1977c). Seit 1996 wird der organische Kohlenstoffgehalt durch Verbrennung der Probe bei 1400°C im Sauerstoffstrom mit nachfolgender Messung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes im Schwefel-Kohlenstoff-Analysator bestimmt.

Die Messwerte sind durch nicht eliminierbare Feinwurzeln systematisch erhöht. Disperse Braunkohlen- oder Bitumengehalte in den Substraten führen ebenfalls zu einer Erhöhung der Messwerte gegenüber den realen Gehalten. Diese Einflüsse werden nach der Feldaufnahme in der Auswertung berücksichtigt.

Die Bestimmung der **potenziellen Austauschkapazität** ( $KAK_{pot}$ , früher T-Wert) erfolgt nach der Perkulationsmethode von JACKSON und MEHLICH (DIN 19684, 1977a). Dabei werden die Austauscher in der Probe mit Barium-Ionen belegt und die hierzu benötigte Menge gemessen. Das Ergebnis wird in cmol<sub>c</sub>/kg angegeben.

Für die Bodenfruchtbarkeit ist der Ionenaustausch von großer Bedeutung. Die Kationen werden durch Ionenaustausch (Sorption) an Ton- und Humusteilchen im Boden gebunden.



Dadurch werden sie vor Auswaschung geschützt und bleiben trotzdem pflanzenverfügbar.

Die potenzielle Austauschkapazität ist ein wichtiger Parameter zur Einschätzung des Rückhaltevermögens der Böden für Nähr- aber auch für Schadstoffe.

Die Basensättigung ist der prozentuale Anteil der basischen Kationen (Calcium, Magnesium Natrium, Kalium u.a.) an der Austauschkapazität. Sie beschreibt den aktuellen Pufferzustand des Bodens und wird zur Einschätzung der Versorgung des Bodens mit Pflanzennährstoffen genutzt.

**Nutzbare Feldkapazität und Luftkapazität** wurden nach Methoden des NIBIS (Müller, 2004) auf Grundlage von Bodenart, Humusgehalt und Lagerungsdichte abgeleitet. Weitere Kennwerte, die als Ableitungsgrundlage dienen, finden sich in den verschiedenen Versionen der Kartieranleitung und bei Riek et al. (1995). Die Ergebnisse wurden mit vorhandenen Analysendaten stichprobenartig überprüft. Beide Parameter beeinflussen die Bodenfruchtbarkeit und sind für die Bewirtschaftung wichtig.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt als klassierte verbale Einschätzung bezogen auf die effektive Durchwurzelungstiefe (siehe Anlage B).

## 4.4. Böden der regionalen Bodenbildungsbereiche

Sachsen-Anhalt verfügt aufgrund seiner geologischen und morphologischen Gliederung über eine große Vielfalt unterschiedlicher Böden. Ihr Vorkommen und ihre Vergesellschaftung werden von Faktoren bestimmt, die in ihrer Komplexität und Abfolge in gleicher oder ähnlicher Weise in größeren Landschaftsräumen wirken und dort zu einem gleichartigen Inventar an Bodenformen führen (Haase & Schmidt, 1985). Diese Landschaftsräume werden im Folgenden als Bodenbildungsbereiche bezeichnet. Sie unterscheiden sich durch die anstehenden Gesteine, die Zusammensetzung der periglaziären oder holozänen Lockergesteine, das Relief und den Wasser-

haushalt sowie durch die Tendenzen der Bodenentwicklung, die mit der Entwicklung des Klimas und der Vegetation korrelieren (Abb. 4.1). Zur Differenzierung der Bodenbildungsbereiche und Herstellung räumlicher Bezüge wird im Folgenden auf die Bodenlandschaften in Sachsen-Anhalt verwiesen (GLA, 1999).

### 4.4.1. Auen

Vegas, Tschernitzen aus schluffigem Auelehm; Pseudogley-Tschernitzen bis Gley-Pseudogleye aus Auelehm über Aueton und aus Aueton

Auen liegen in den flachen Talböden der Sohlentäler. Ihre Ausdehnung ist durch die Verbreitung der holozänen Fluss- und Hochwasserablagungen definiert. Die in diesen Sedimenten gebildeten Böden unterliegen dem stark schwankenden Grundwassereinfluss der Flüsse und regelmäßigen Überflutungen, die heute durch Deiche flächenmäßig eingeschränkt sind.

Die Substratprofile enthalten in der Deckschicht lehmige oder tonige, seltener sandige, meist humose Auensedimente (Abb. 4.13), die sowohl über weichselzeitlichen Niederungssanden als auch über holozänen Flusssanden und Schottern lagern. Die Mächtigkeit der Auensedimente erreicht in den Tälern, die das Lössgebiet entwässern, über zwei Meter.

Die Elbaue ist die größte Auenlandschaft in Sachsen-Anhalt. Sie erstreckt sich von Prettin im Süden bis zur nördlichen Landesgrenze bei Schnackenburg. Zwischen Prettin und Magdeburg dominieren, wie auch in den Auen der Mulde, Weißen Elster und Ilse, grundwasserferne bis grundwasserbeeinflusste, carbonatfreie Lehm-Böden. Es sind Vegas bis Gley-Vegas aus meist schluffigem, lössbürtigem Auenlehm (Anlage B, Profil S. 156).

Mit dem Vorkommen toniger Lehme bis Tone in den Auensedimenten erfahren diese Böden eine Überprägung durch Stauwasser. Die entsprechenden Bodenformen sind Pseudogley-Vegas und Gley-Pseudogleye bis Pseudogleye aus Auenlehm über Aueton.

Im Elbe-Havel-Winkel bildet die Elbe nach dem Durchbruch durch den Südlichen Landrücken ein Binnendelta. In den Rinnen sind



**Abb. 4.13.:** 1 m mächtiger Auenlehm liegt über tiefem Auensand. Die Bildung der Auenböden verläuft zyklisch. Die Auensedimente sind bei großer Mächtigkeit mehrschichtig und beinhalten dann häufig begrabene Böden (fAh-Horizonte) (Händel, 1964; Litt, 1994; Dehner, 2000).

Gleye bis Humusgleye aus Auenlehm und Auenton ausgebildet. Sie umschließen Niederterrassen, auf denen ökologisch trockenere Auengleye aus lehmigem Auensand über Niederungssand verbreitet sind. Bemerkenswert ist das Wuster Moor; ein Überflutungsmoor aus Torf und Anortorf über Auenlehm.

In der Unteren Havelaue, der Wische und der nördlichen Elbaue dominieren tiefhumose stauvernässte Auenböden. Es sind Pseudogley-Tschernitzen bis Gley-Pseudogleye aus sehr quelfähigem Auenton (Anlage B, Profil S. 158), wogegen in der Arneburger Elbrinne, Auengleye aus Auensand überwiegen.

Die Auen der Saale und Unstrut, Bode und Bode-Nebenflüsse sowie der Fuhne, weisen tiefhumose, carbonathaltige, schwarzerdeähnliche Böden, Tschernitzen, aus lössbürtigem, schluffreichem Auenlehm auf (Anlage B, Profil S. 156). Tschernitzen sind an höhergelegene, äl-

tere Auenbereiche gebunden. Vegas aus lössbürtigem Auenlehm kommen in den jüngeren, tieferliegenden Auenbereichen vor. Tonige Böden prägen das Bodenmosaik in der Bodeaue und im Bereich der Saalemündung. Die Fuhne folgt einem älteren Urstromtal und ist durch nach Osten abnehmende Auendynamik in ihrem östlichen Teil vermoort. Die Aue der Helme ist ein Staubereich für Hochwässer. Humus- und Anmoorgleye aus Auenlehm weisen auf ehemals vermoorte Gebiete im mittleren Teil dieser Bodenlandschaft hin, in deren Randbereichen Vegas dominieren.

Auenböden weisen durch ihren Wasserhaushalt große, ökologisch wirksame Unterschiede auf. In den höhergelegenen Landschaften überwiegen grundwasserferne landwirtschaftlich genutzte Böden. In den Landschaftsteilen auf den Überflutungsflächen sowie in den Auenlandschaften, die das Tiefland durchziehen, sind die Böden ökologisch feuchter. Deshalb werden sie als Grünland genutzt oder tragen Auenwälder.

#### 4.4.2. Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen

Gleye, Reliktgleye, Gley-Braunerden und Gley-Podsole aus periglazialen und Flugsand über Niederungssand; Gleye bis Anmoorgleye aus Niederungssand; Erd-Niedermoor aus Torf über Niederungssand

In Niederungen, Urstromtälern und auf den Niederterrassen des Tieflandes sind Grundwasser- und Moorböden aus holozänen, seltener periglazialen, Sedimenten über weichselzeitlichen Flussablagerungen entwickelt. Die Böden sind durch die Substrate sowie Zusammensetzung und Schwankung des Grundwassers in ihrem Erscheinungsbild und ihren Eigenschaften bestimmt.

Auf den Niederterrassen sind Gleye aus Niederungssand die typischen Böden. Der Grundwasserstand ist in den Niederungen und Urstromtälern generell abgesenkt (Abb. 4.7 u. 4.9), so dass die Gleye in großen Bereichen reliktsch sind. In den Randbereichen der Elbaue schwankt der Grundwasserstand in Abhängigkeit von der Wasserführung der Elbe und dem

damit verbundenen Rückstau beträchtlich. Auf den höhergelegenen Niederterrassen sind ökologisch trockenere Gley-Braunerden und grundwasserbeeinflusste Braunerden entwickelt. Auf den teilweise landschaftsprägenden Dünen und Flugsandfeldern dominieren mit Regosolen bis Podsolen und Gley-Podsolen kaum bis mäßig entwickelte, saure Sandböden. Im Beispielprofil (Anlage B, Profil S. 160) eines Waldbodens über einer Niederterrasse ist eine vollständige Lockergesteinsabfolge vorhanden. Bei fehlender Vegetationsdecke bilden sich, wie bei Gommern, Wanderdünen aus. Die Böden der Niederterrassen werden land- und forstwirtschaftlich genutzt.

Die Urstromtäler und Niederungen weisen hoch stehendes Grundwasser und verzögerten Wasserabfluss auf. Die zentralen, tiefliegenden Bereiche werden deshalb von ausgedehnten Niedermooren eingenommen, während auf den Niederterrassen der Randbereiche und Horste Gleye dominieren.

Im Drömling, im Eberswalder und Berliner Urstromtal östlich von Havelberg sowie im Baruther Urstromtal südlich Genthin haben sich überwiegend flachgründige Versumpfungsmoore aus stark zersetztem Torf über Niederungssand entwickelt (Anlage B, Profil S. 156). Es sind saure bis neutrale, mesotrophe Niedermoore. Die Moore der Niederungen sind genetisch heterogener. Hier finden sich tiefgründige Durchströmungsmoore ebenso häufig wie flachgründige Versumpfungsmoore. Durch die Entwässerung der Moore weisen die Torfprofile eine deutliche Horizontierung auf (Anlage B, Profil S. 164). Mächtige Quellmoore kommen bevorzugt an den Rändern der Hochflächen mit Hang- bzw. Schichtwasseraustritt vor. Hochmoore sind in den niederschlagsarmen Landschaften des Tieflandes Sachsen-Anhalts selten. Ihre Bildung ist nur in abflusslosen Mulden und saurer Umgebung, wie z.B. im Jävenitzer Moor am Nordrand der Colbitz-Letzlinger Heide, möglich.

In den Lösslandschaften nehmen Niederungen vergleichsweise geringe Flächen ein. Tiefhumose Gleye bis Anmoorgleye aus Lehm und Mud- den sowie Niedermoore prägen das Landschaftsbild. Die Moorentwicklung ist hier immer durch

den Eintrag schluffigen, lössbürtigen Materials beeinflusst. Die Moore sind durch Verlandung ehemaliger Seen entstanden und extrem nährstoffreich.

Seit dem 18. Jahrhundert werden die Moore für die landwirtschaftliche Nutzung erschlossen. Sie wurden dafür entwässert und teilweise mit Mineralboden bedeckt. Durch die Entwässerung des Torfkörpers und den Luftzutritt kam es zum Torfabbau, der sich in Moorschwind äußert. Dadurch wurde die Moormächtigkeit und die Moorfläche verringert. Es entstanden regressive Anmoore. Das sind Böden, deren Horizontfolge und Humusgehalt Anmooren mit abgesenktem Grundwasser entsprechen. In den Moorprofilen fand Gefügeumbildung statt. Sie wandelten sich zu Erd- und Mulm-Niedermooren (Anlage B, Profil S. 164) (Succow, 1988).

Moore sind als Wasserspeicher, Klimaregulator und Kohlenstoffspeicher im Stoffkreislauf sowie ökologische Inseln in der Landschaft wichtig und daher erhaltenswürdig und schutzbedürftig.

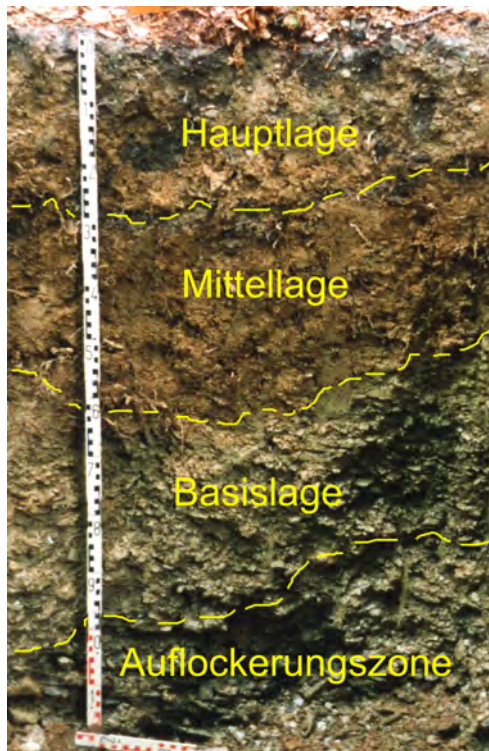
#### 4.4.3. Hochflächen

Auf Hochflächen überwiegen grundwasserferne Böden aus weichselzeitlichen äolischen Sedimenten mit periglazialer Überformung. Die Böden bestehen aus verschiedenen Lagen periglaziärer Lockergesteine, die über anstehenden Gesteinen im Untergrund lagern. Durch die anstehenden Gesteine werden die Hochflächen weiter gegliedert. Der Wasserhaushalt dieser Böden wird durch die Niederschläge gesteuert.

An der Entstehung der bodenaufbauenden periglaziären Sedimente sind Verwitterung, Windablagerung, Hangabspülung und Solifluktion in unterschiedlichem Maße beteiligt. Diese Sedimente sind ungeschichtet und unterscheiden sich in der Zusammensetzung und der Lagerungsdichte, die primär durch die Art der Ablagerung bzw. Umlagerung bedingt ist. Ihre Grenzen sind durch Steinsohlen mit Windkantern (Abb. 4.2) sowie durch kryoturbate Taschen, Fahnen, Eiskeil-Füllungen oder Rissstrukturen erkennbar (Abb. 4.3 u. 4.4).

Mehrfache Klimaschwankungen ermöglichten Bodenbildungen und initiierten Sedimentumlagerungen. Dadurch weist ein Teil der Deck-





**Abb. 4.14.:** Die periglaziären Lagen in einem Bodenprofil des Harzes

schichten Merkmale älterer Bodenbildungen auf. Heute werden die Deckschichten in Haupt-, Mittel- und Basislage (Altermann, 1993) gegliedert (Abb. 4.14):

- Die **Hauptlage** beinhaltet äolische oder äolisch beeinflusste Sedimente, die diskordant über der Basis- oder Mittellage liegen. Sie wurde im Hoch- und Spätglazial der Weichselkaltzeit sedimentiert und bildet weitverbreitet die Geländeoberfläche. Zu den Substraten der Hauptlage gehören periglaziärer Flugsand, Geschiebedecksand, Decklehm, Lösssand, Sandlöss, Löss und Hangsedimente. In den Substraten der Hauptlage sind die Humus- und Verbraunungshorizonte der spätglazialen bis holozänen Böden entwickelt. Hier liegt die Hauptwurzelzone der Pflanzen. Die Substrate der Hauptlage prägen damit wesentlich die Fruchtbarkeit der Böden.
- Die **Mittellage** beinhaltet durch Bodenfließen umgelagerte oder Frostwechsel überprägte Sedimente mit deutlichem Gehalt an äolischem Material (Hangsande, Löss-Fließerden, Schutt-Lösse und Löss-Schutte). Zusammensetzung, Anordnung

und Rundung des Skelettes sind im Vergleich zur Basislage verschieden. Die Mittellage enthält häufig alte Bodenbildungen. Hierzu gehören Fahlerdereste (Abb. 4.6) oder Braunerden. Sie sind in vielen Bodenlandschaften am Aufbau komplexer Bodenprofile, wie den Braunerde-Fahlerden, beteiligt.

- Die **Basislage** beinhaltet solifluidal umgelagerte bzw. an Ort und Stelle entstandene Verwitterungsprodukte der anstehenden Gesteine (Hangschutte, Hangsande, Fließerden, Gesteinszersatz) oder kryptoturbat überprägte Lockergesteine (z.B. Brodelböden). Sie ist lössfrei. Farbe und Stoffbestand sind den anstehenden Gesteinen ähnlich.
- Die **Auflockerungszone** ist der Bereich zwischen der Basislage und dem anstehenden Gestein. Das Gestein ist zersetzt oder in Fragmente aufgelöst. Der Zersatz bzw. die Fragmente zeigen noch die primäre Lagerung (Schichtung, Schieferung, Klüftung) sind aber schon im cm-Bereich verschoben. Es ist ebenfalls die Zone des 'Hakenwerfens'. Die Zwickel zwischen den Fragmenten sind meist offen und der Bereich für die Zirkulation von Hangwasser.

#### 4.4.3.1. Sander, sandige Platten und sandige Endmoränen

Braunerden bis Podsole und Braunerde-Fahlerden aus Geschiebedecksand bis Sandlöss über Schmelzwassersand

Sander, sandige Platten und sandige Endmoränen gehören morphologisch zum Tiefland und sind im Untergrund durch Schmelzwassersande geprägt. Podsolige Braunerden bis Podsol-Braunerden und Acker-Braunerden bis Acker-Regosole aus Geschiebedecksand über Schmelzwassersand sind die typischen und am weitesten verbreiteten Böden (Anlage B, Profil S. 166). Sie sind mit Podsolen aus Flugsand (Anlage B, Profil S. 170) oder Braunerde-Fahlerden, lokal aus Sandlöss, vergesellschaftet (Anlage B, Profil S. 168).

Podsolige Braunerden und Podsol-Braunerden sind Waldböden. Unter Ackernutzung wer-



den die podsoligen Horizonte dieser Böden durch die Pflugarbeit zerstört und homogenisiert. Es entstehen Acker-Braunerden, die durch Düngung und Kalkung höhere Nährstoffgehalte und pH-Werte aufweisen als die Ausgangsböden. Nach Aufgabe der Ackernutzung, d.h. unter Brache oder bei Aufforstung, versauern die Böden sehr schnell wieder. Die Ackerhorizonte sind dann reliktsch. Sie unterliegen dem Humusabbau, wodurch die ursprüngliche Verbraunung wieder sichtbar wird. Bei pH-Werten unter 4 werden sowohl Humus als auch Eisen mobilisiert und ausgewaschen. Die Böden podsolieren (siehe Anlage B, Profil S. 166).

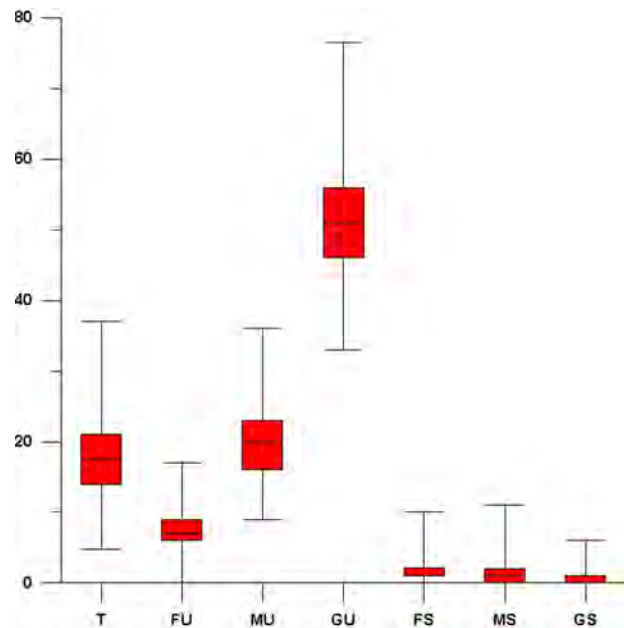
Braunerde-Fahlerden sind an des Vorkommen lehmsandiger Fließerden, stark ausgeprägter Bändersande oder von Sandlöss und Lösssand gebunden. Bändersande sind Erosionsreste fossiler Lessivé-Böden (Bänderfahlerden). Sandlöss-Böden sind ertragreiche Ackerstandorte, wobei sie extrem erosionsgefährdet sind.

#### 4.4.3.2. Lehmige Grundmoränenplatten

Braunerde-Fahlerden bis Pseudogleye aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm, Pseudogley-Tschernoseme aus Geschiebedecksand bis Decklehm über Ton- oder Geschiebemergel

Die Grundmoränenplatten sind durch großflächige Geschiebelehm-Vorkommen gekennzeichnet. Sie sind in der Altmark, auf den Fläming-Vorländern sowie im Zerbster Ackerland produktive Ackerstandorte. Braunerde-Fahlerden sind hier typisch (Anlage B, Profil S. 172). Diese Böden bestehen aus einer Braunerde im Geschiebedecksand über einem mehr oder weniger vollständig erhaltenen Fahlerdeprofil aus Hangsand bzw. Fließerden über Geschiebelehm. In Mulden und bei verzögertem Wasserabfluss sind diese Böden durch Stauwasser überprägt (Anlage B, Profil S. 174).

In den kontinental geprägten, niederschlagsarmen Bodenlandschaften der Stendaler und der Samswegener Platten, im Leitzkauer Hügelland und auf der Königsborner Platte sind schwarzerdeartige tiefhumose stauvernässte Lehm- und Ton-Böden (Anlage B, Profil S. 176) verbreitet. Ihr Vorkommen ist an carbonathaltige Aus-



**Abb. 4.15.:** Die Korngrößenverteilung im Löss, aus allen Horizonten, n = 346 (T-Ton; FU, MU, GU – Fein-, Mittel-, Grobschluff; FS, MS, GS – Fein-, Mittel-, Grobsand; Anteile in Masse-%). Der Löss ist sehr grobschluffreich. Diese Korngrößenzusammensetzung bedingt eine hohe potenzielle Erosionsgefährdung und eine starke Neigung zur Verdichtung.

gangsgesteine (tertiäre Tonmergel, pleistozäne Beckensedimente, Geschiebemergel) und den Einfluss von Stau- oder Grundwasser gebunden.

#### 4.4.3.3. Lösslandschaften

Tschernoseme und Braunerde-Tschernoseme aus Löss und aus Sandlöss; Pararendzinen; Fahlerden und erodierte Fahlerden aus Löss und aus Löss über Lehm

Die Lösslandschaften liegen im Zentrum von Sachsen-Anhalt. Ihre Höhenlage vermittelt zwischen dem Tiefland, den Bergländern und Mittelgebirgen.

Löss ist das vorherrschende Bodensubstrat (Abb. 4.15). Dagegen tritt Sandlöss in einem zusammenhängenden Gürtel an der nordöstlichen Löss-Grenze und östlich von Halle auf.

Schwarzerden, auch Tschernoseme genannt, (Anlage B, Profil S. 180) sind großflächig im zentralen Bereich der Lössböden entwickelt. Hier liegt das mit über 5600 km<sup>2</sup> größte, zu-

sammenhängende Schwarzerde-Vorkommen in Deutschland. Es entspricht dem Mitteldeutschen Trockengebiet mit mittleren Jahresniederschlägen unter 500 mm (Abb. 4.16).

Aufgrund ihrer hohen Fruchtbarkeit mit Bodenwertzahlen über 83 werden Schwarzerden fast ausschließlich ackerbaulich genutzt. In Tabelle 4.1 sind gemittelte Analysendaten von Schwarzerden aus den Musterstücken der Bodenschätzung zusammengestellt.

In den Randbereichen der schwarzerdebetonten Bodenlandschaften und auf den über 200 m NN liegenden Löss-Plateaus überwiegen Braunerde-Tschernoseme. Sie leiten zu den Parabraunerde-Tschernosemen über, die nach ihrer Entstehung durch Versauerung und Tonverlagerung überprägte Schwarzerden oder Schwarzerden über älteren Fahlerden sind. Seit dem Beginn des Ackerbaus in der frühen Jungsteinzeit, vor ca. 7000 Jahren (Grünberg, 1996), unterliegen die Schwarzerden der Erosion. Erodierete Schwarzerden machen den überwiegenden Anteil der Pararendzinen aus, mit denen die Schwarzerden vergesellschaftet sind (Anlage B, Profil S. 178).

Pararendzinen werden in Abhängigkeit von der Hangneigung und -exposition genutzt. Gering geneigte Flächen sind Acker. Auf stärker geneigten, erosionsgefährdeten Standorten finden sich Hutungen oder Wald. Steilere Hänge wurden terrassiert. Sie werden für den Obst-, Garten- und, in südexponierter Lage, Weinbau genutzt. Das durch Pflügen und Abspülung erodierte Bodenmaterial sammelte sich am Hangfuss, in Rinnen und Schwemmkegeln oder baute in den Ackerfluren Böschungen auf. Hier entwickelten sich tiefgründige, nährstoffreiche schwarzerdeähnliche Böden (Schwarzerde-Kolluvisole).

Schwarzerden sind Reliktböden, deren Bildung unter Steppenbedingungen erfolgte und bereits im älteren Atlantikum, vor ca. 4500 Jahren, abgeschlossen war (Altermann & Mania, 1968; Czerny, 1965; Altermann & Kühn, 1995). Unter den heutigen klimatischen Bedingungen regenerieren sich diese Böden nicht. Sie verdanken ihre Erhaltung der Niederschlagsarmut des mitteldeutschen Trockengebietes (Abb. 4.16) und ihrer frühen, bis heute andauernden,

ackerbaulichen Nutzung.

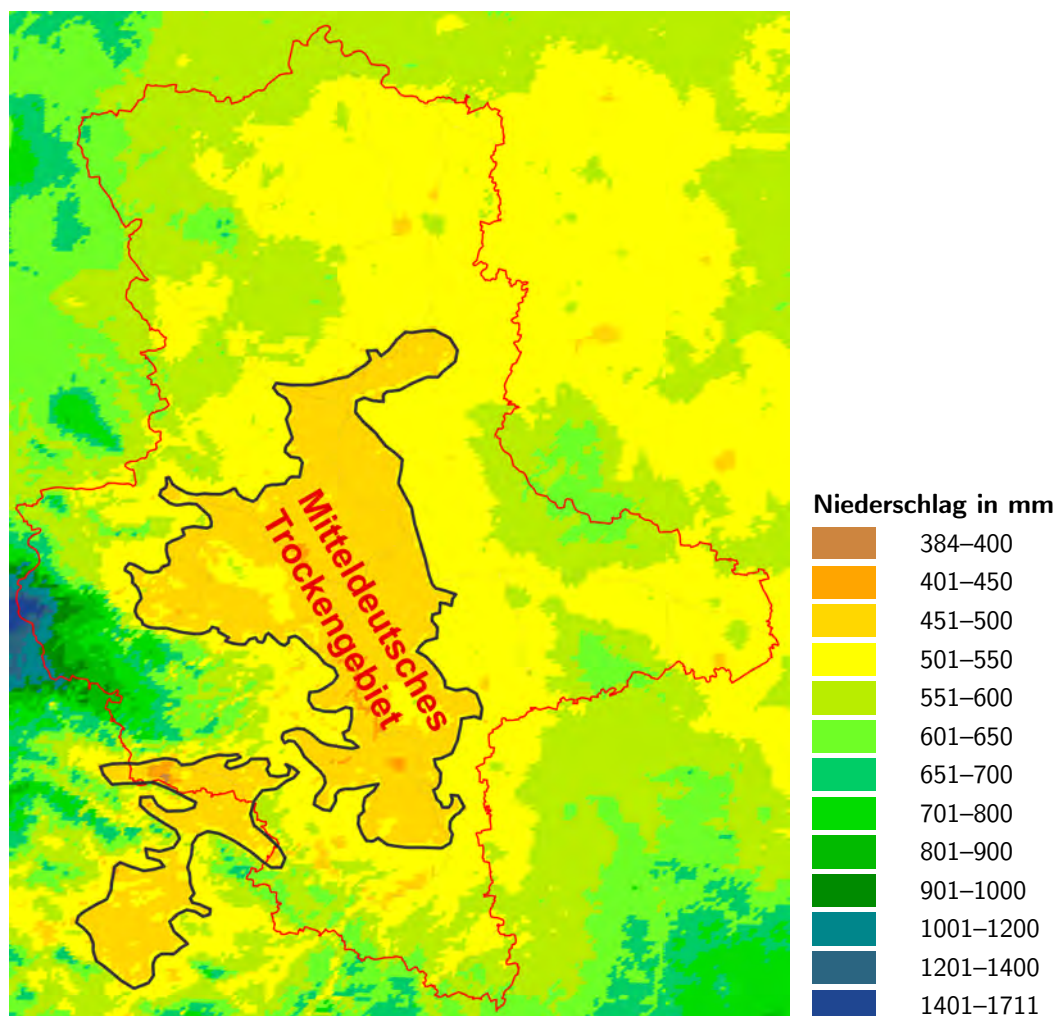
In den höher gelegenen Landschaftsteilen und in den Randbereichen der Schwarzerdeverbreitung sind die Niederschläge höher. Dadurch dominieren dort Böden mit Tonverlagerung (Fahlerden, Anlage B, Profil S. 182) und Staunässemerkmalen (Pseudogley-Braunerden bis Parabraunerde-Pseudogley). Die Böden sind in Löss, in Sandlöss über Geschiebelehm oder in Löss über Lehm-Fließerden entwickelt. Das Ostthüringisch-Sächsische Löss-Hügelland liegt in Sachsen-Anhalt zwischen 250 und 300 m NN. Entsprechend höhere Niederschläge und wasserstauer Untergrund bedingen hier die Dominanz von Pseudogley-Braunerden bis Pseudogleyen.

#### 4.4.3.4. Mesozoische Berg- und Hügelländer mit Löss

Pararendzinen bis Braunerden aus Hanglöss über Gestein; Fahlerden bis Parabraunerden aus Hanglöss über Gestein und aus Löss

Berg- und Hügelländer aus mesozoischen Gesteinen schließen in südwestlicher Richtung an die Löss-Hochflächen an. Sie kommen nördlich und südlich des Harzes und im Randbereich des Thüringer Beckens vor. Für den Bodenbildungsbereich sind schutthaltige, am Hang umgelagerte Lössderivate (Hanglöss, Hanglehm, Hangsand) im Wechsel mit Löss in der Hauptlage über lösshaltigen Fließerden in der Mittellage typisch. Durch Kryoturbation und Umlagerung am Hang wurde Material der anstehenden Gesteine als Feinboden (Kornfraktionen < 2 mm) oder Bodenskelett (Schutt) in die Substrate der Hauptlage aufgenommen. Das Material der anstehenden Gesteine verdünnt oder bereichert durch seine Nährstoffausstattung und Verwitterbarkeit das Substrat der Hauptlage (Altermann & Wünsche, 1991; GLA, 1999). Deshalb wird dieser Bodenbildungsbereich, ebenso wie der Harz und Kyffhäuser, nach den anstehenden Gesteinen weiter untergliedert.

Karbonatgesteine sind im wesentlichen an die Muschelkalk-, Zechstein- und Kreidevorkommen gebunden. Gips kommt im südlichen Harzvorland und in kleinen Ausstrichen nördlich des Harzes sowie in den Hangberei-



**Abb. 4.16.:** Die mittleren jährlichen Niederschläge und das Mitteldeutsche Trockengebiet in Sachsen-Anhalt (Döring et al., 2003)

**Tab. 4.1.:** Aufbau und Kennwerte eines gemittelten Normtschernosems aus Löss unter Acker-nutzung

| Nr | Mäch-tigkeit<br>in dm | Ge-stein | Hori-zont | Ske-lett<br>in<br>M-% | Bo-den-art | Hu-mus | Kalk<br>in<br>M-% | pH<br>in<br>CaCl <sub>2</sub> | KAK<br>in<br>mval/<br>100g | Basen-sätti-gung<br>in % | Pro-ben-an-zahl |
|----|-----------------------|----------|-----------|-----------------------|------------|--------|-------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|
| 1  | 2,5                   | Löss     | Axp       | 1                     | Ut4        | 3,0    | 0,2               | 6,7                           | 18                         | 87                       | 29              |
| 2  | 0,8                   | Löss     | rAxp      | 1                     | Ut4        | 2,7    | 0,2               | 6,9                           | 18                         | 91                       | 20              |
| 3  | 1,8                   | Löss     | Axh       | 0                     | Ut4        | 2,5    | 0,2               | 7,0                           | 19                         | 92                       | 17              |
| 4  | 1,3                   | Löss     | elCc+Axh  | 0                     | Ut4        | 1,2    | 10,6              | 7,6                           | 14                         | 100                      | 6               |
| 5  | > 3,6                 | Löss     | elCc      | 0                     | Ut3        | 0,4    | 14,2              | 7,7                           | 7                          | 100                      | 40              |





**Abb. 4.17.:** Pararendzina aus Hanglöss über Mergelstein der Kreide



**Abb. 4.18.:** Pararendzina aus Hanglösslehm über Hangschutt aus Schluffstein des Unteren Buntsandsteins

chen der Helme- und Unstruttäler vor. Auf diesen Gesteinen sind überwiegend Pararendzinen (Abb. 4.17) entwickelt. Unter den feuchteren Klimabedingungen des Großen Fallsteins und im Huy sind im Kuppenbereich unter Wald Kalkbraunerden und Mullrendzinen entwickelt. Die Fahlerden der Hanglagen sind schwach stauvernässt und weisen Anzeichen einer früheren Schwarzerde-Entwicklung auf.

Auf den trockeneren Saale-Muschelkalkplatten dominieren tiefgründige Löss-Böden, Parabraunerden bis Fahlerden auf den Plateauflächen. Auf den Hängen herrschen Pararendzinen aus Löss und schutthaltigem Löss sowie erodierte Fahlerden aus Löss vor. Auf Steilhängen und Felsklippen sind sehr flachgründige Kalkstein- bzw. Gips-Böden (Rendzinen bis Rohböden) entwickelt.

Sand-, Ton- und Schluffsteine gehören überwiegend zu den Ablagerungen des Buntsandsteins. Pararendzinen aus Hangsandlöss über Schluffstein (Abb. 4.18) und Parabraunerden aus Sandlöss über Fließerden formieren das dominierende Bodenmosaik.

Im Nördlichen Harzvorland bilden carbonatfreie Sandsteine der Kreide Felsklippen und lieferten das Material für lokale Sanddünen, in denen Podsol-Regosole und Podsole vorkommen. Die Ackerfluren liegen hier im Bereich von Braunerden aus lösshaltigem Hangsand bis Sandlöss. Auf den Lössflächen dominieren Fahlerden. Über den saalekaltzeitlichen Flussterrassen (Mittelterrassen) entwickelten sich Braunerde-Fahlerden bis Parabraunerde-Pseudogleye aus

Löss über Fließerden.

Die Bodenbildung ist von der Lössmächtigkeit abhängig. Dadurch entstehen immer wieder vorkommende Boden-Abfolgen von:

- Fahlerden und Pseudogleye auf Plateauflächen,
- flach- bis mittelgründige Böden auf Steilhängen,
- Braunerden und erodierte Fahlerden aus Löss über Fließerden auf Hängen,
- Fahlerden aus Löss und Kolluvisole im unteren Hangbereich.

#### 4.4.3.5. Paläozoische Mittelgebirge und Bergländer

Rohböden bis Regosole und Hochmoore über Granit; Braunerden bis Braunerde-Fahlerden aus Hanglöss über Schutt oder Fließerden; Braunerden bis Braunerde-Podsole aus schuttreichem Löss

Zu diesem Bodenbildungsbereich gehören Harz und Kyffhäuser. Die Bodenentwicklung wird durch die lösshaltigen Decken einerseits sowie Chemismus und Verwitterungsfähigkeit des Bodenskelettes (Korngrößenfraktion  $> 2 \text{ mm}$ ) andererseits bestimmt (Schröder & Fiedler, 1975, 1979). Zusätzlich prägen das mit zunehmender Höhenlage kühler und feuchter werdende Klima und der damit einhergehende Wechsel vom Laub- zum Nadelwald durch zunehmende Podsolierung den Boden.

Auf dem Granit des Brockenmassives be-



stehen die Deckschichten aus Schutt, Hangsand und in erosionsgeschützten, flacheren Lagen aus skeletthaltigem Sandlöss. Die Substrate sind durchlässig und sauer. Durch das extrem regenreiche und kühle Lokalklima begünstigt, konnten hier Podsole und Hochmoore entstehen. Im Kuppenbereich und auf den Hängen handelt es sich um blockreiche flachgründige (Rohböden, Ranker) und saure ausgewaschene Böden (Podsole). Weniger saure und tiefgründigere Braunerde-Podsole kommen in lehmigen Sanden der tieferliegenden Landschaftsteile des Brockens vor. Humus- bis Moorstaugleye, Übergangs- und Hochmoore sind auf den Nordwesthängen, in Sattellagen, Mulden und oberen Talabschnitten häufig zu finden.

Auf Tonschiefern, Grauwacken und Kalksteinen herrschen Braunerden und Braunerde-Fahlerden vor, die bevorzugt in skeletthaltigem Löss über Lehmschutt vorkommen (Anlage B, Profil S. 184 u. 186). Im Bereich Elbingerode-Rübeland kann die Hauptlage auch aus Löss bestehen. An deren Basis sind über Kalksteinen Reste einer Terra fusca erhalten. In den Hanglagen ist das Lagen-Profil durch Erosion verkürzt (erodierte Basis- oder Mittellage) oder durch Umlagerungen verändert. Die Bodenentwicklung ist mehrphasig (Schröder & Fiedler, 1978). Der nördliche Teil des Harz-Plateaus ist stärker lössbeeinflusst und fahlerdedominiert, während im südlichen Teil mittel- bis tiefgründige, nährstoffreiche Braunerden verbreitet sind (Abb. 4.14).

Auf dem lössbeeinflussten östlichen Harzrand, dem Hornburger Sattel und dem Kyffhäuser bilden Sandsteine und Schiefertone sowie Konglomerate des Permokarbons den Untergrund der Böden. Sie werden von Fließerden und Schutten überlagert, die von Löss und Hanglöss bedeckt sind. Auf den überwiegend landwirtschaftlich genutzten Plateauflächen dominieren erodierte Braunerde-Fahlerden aus Löss und Braunerde-Pseudogleye aus Hanglöss über Schiefertone. Braunerden sind die typischen Böden der Hanglagen. Sie kommen bevorzugt in sandigen und skelettreichen Decken vor.

#### 4.4.4. Bergbaufolgelandschaften

Regosole aus Sand bis Lehm; Pararendzinen aus verkipptem Löss, Geschiebemergel und Gemengesand

Anthropogene Landschaften sind Bereiche tiefgreifender Bodenveränderungen mit anthropogenen, durch den Menschen geschaffenen, und anthropogen umgelagerten natürlichen Sedimenten, in denen die Böden nur eine kurze Entwicklungszeit hatten. Entsprechend gering ist die Entwicklungstiefe der meisten Böden.

Im Verlauf der letzten 150 Jahre sind im Bereich der Braunkohlenabbaugebiete großflächige Bergbaufolgelandschaften geschaffen worden. Je nach Stand der Rekultivierung sind Restlöcher, Kippen, Halden und, in zunehmendem Maße, gestaltete Landschaftsräume anzutreffen, die land- bzw. forstwirtschaftlich und für Erholungszwecke genutzt werden. Ausgangssubstrate für die Kippböden sind die umgelagerten Lockergesteine aus den Tagebauen. Eigenschaften und Parameter der Kippsubstrate, die aufgrund der geringen Bodenentwicklung auch die Eigenschaften der entsprechenden Kippböden sind, wurden für die einzelnen Abbaureviere zusammengestellt (Knauf, 1999).

Für die Rekultivierung wurden die Kippen und Halden planiert sowie die Böschungen gesichert. Auf den verkippten Abraum wurden kulturfähige Substrate aufgebracht. Im Bereich Bitterfeld-Gräfenhainichen und Halle-Merseburg wurden dazu Sande mit Lehm- und Mergelbrocken gemeinsam verkippt, um die Sorptionsleistung und das Wasserrückhaltevermögen zu verbessern. Diese Sande werden als Gemengesande bezeichnet.

In den Gemengesanden ist die Körnungsanalyse aus dem Gesamtsupstrat differenziert zu bewerten. Für die Wasserleitfähigkeit ist die Bodenart der Matrix wichtig, für die Nährstoffbevorratung eher die Gemengebodenart (Anlage B, Profil S. 190). In den Abbaubereichen, in denen genügend Löss, Sandlöss oder Auenmergel zur Verfügung stand, wurden diese zur Rekultivierung und Neugewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen aufgetragen (Anlage B, Profil S. 188). Je nach Kalkgehalt sind die rekultivierten Böden kalkfrei und damit Regosole oder kalk-

haltig und damit Pararendzinen.

Neben dem Braunkohlenbergbau hat der Abbau des Kupferschiefers die Bodenlandschaften östlich und südlich des Harzes großflächig beeinflusst. Auf den Ausstrichen des Kupferschiefers prägen alte Bergbauspuren mit vielen kleinen Halden das Landschaftsbild. In den Abbau- und Hüttenzentren der Reviere Sangerhausen und Eisleben-Hettstedt sind auf großen Flächen Schutt- und Schlackehalden angelegt worden, die das Landschaftsbild prägen, ohne weiter nutzbar zu sein.

## Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.
- Altermann, M. (1993). Gliederung und Lithologie pleistozäner Lagen im Gebiet Sachsen-Anhalts. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 72, 819–824.
- Altermann, M. (1996). Rezente und fossile Böden im südlichen Sachsen-Anhalt. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 80, 11–14.
- Altermann, M. & Kühn, D. (1995). Böden, Bodennutzung und Bodenschutz im mitteldeutschen Trockengebiet – am Beispiel der Querfurter Platte. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 77, 229–278.
- Altermann, M. & Mania, D. (1968). Zur Datierung von Böden im mitteldeutschen Trockengebiet mit Hilfe quartärgeologischer und urgeschichtlicher Befunde. Albrecht-Thaer-Archiv, 12, 539–557.
- Altermann, M. & Wünsche, M. (1991). Ausgangsgesteine und Bodeneigenschaften. Z. Geol. Wiss., 19, 171–183.
- Blume, H.-P. & Stahr, K. (2002). Bodenentwicklung, Bodensystematik und Bodenverbreitung. In F. Scheffer & P. Schachtschabel (Eds.), Lehrbuch der Bodenkunde Berlin: Spektrum Akademie Verlag. 15. Auflage.
- Czerny, P. (1965). Bodenkundliche Untersuchungen an einer fossilen und einer rezenten Schwarzerde. Albrecht-Thaer-Archiv, 9, 867–881.
- Dehner, U. (2000). Ermittlung geogener Hintergrundwerte umweltrelevanter Spurenelemente im Flussgebiet der unteren Saale auf der Basis stratigraphisch bodenkundlich orientierter Untersuchungen. Hallesches Jahrb. Geowiss., Reihe B (Beiheft 11).
- DIN 19683 (1973). Bodenuntersuchungsverfahren im landwirtschaftlichen Wasserbau – physikalische Laboruntersuchungen: Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung.
- DIN 19684 (1977a). Chemische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Austauschkapazität des Bodens und der austauschbaren Kationen. Teil 8.
- DIN 19684 (1977b). Chemische Laboruntersuchungen: Bestimmung des Gehaltes an Gesamt-Stickstoff im Boden. Teil 4.
- DIN 19684 (1977c). Chemische Laboruntersuchungen: Bestimmung des Humingehaltes im Boden. Teil 2.
- DIN 19684 (1977d). Chemische Laboruntersuchungen: Bestimmung des pH-Wertes des Bodens und Ermittlung des Kalkbedarfs. Teil 1.
- DIN ISO 10390 (1997). Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des pH-Wertes.
- Döring, J., Chudy, T., & Kainz, W. (2003). Die klimatische Gliederung Sachsen-Anhalts – eine neue Informationsebene im Boden-Landschaftsmodell. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 102(2), 443–444.
- Ehwald, E. (1970). Zur Systematik der Böden der DDR unter Berücksichtigung rezenter und reliktscher Merkmale. In E. Ehwald (Ed.), Beiträge zur Bodensystematik unter besonderer Berücksichtigung reliktscher und rezenter Merkmale, Tagungsbericht, 102 (pp. 9–32). Berlin: Dt. Akad. Landwirtsch.-Wiss..
- GLA (1999). Bodenatlas Sachsen Anhalt. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt., Halle (Saale).
- Grünberg, J. M. (1996). Die geschichtliche Entwicklung Sachsen-Anhalts. L.-Amt f. archäol. Denkmalpflege, Halle (Saale). Faltafel.
- Haase, G. & Schmidt, R. (1985). Konzeption und Inhalt der Karte 'Böden' 1 : 750.000 im 'Atlas DDR'. Petermanns Geogr. Mitt., 129, 199–204. 1 Kt., 1 Anl..
- Händel, D. (1964). Zur Genese des Auelehmes



- in den nordwestsächsischen Flussauen. *Geologie*, 13, 1144–1146.
- Hartmann, K.-J., Fleischer, C., & String, P. (2003). Bodenkundliche Informationen – von Profiluntersuchungen zur Flächeninformation. In *Tätigkeitsbericht des LAGB 2002*. (pp. 41–54). Halle (Saale): Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- Kainz, W. (1999). Bodenkunde. In L. Stottmeister, G. Schönberg, W. Kainz, B. Poblozki, & K. Schmidt (Eds.), *Geologie, Ingenieurgeologie, Bodenkunde und Siedlungsgeschichte im Umfeld des Arendsees – Tag.-bd. u. Exkursionsführer 66. Tagung Arb.-gem. Nordwestdeutscher Geologen in Salzwedel* (pp. 81–84). Halle (Saale): Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt.
- Kainz, W. & Wansa, S. (1997). A new paleosol sequence near Hedersleben – Luvisols in Saalian to Weichselian sediments (Eastern forelands of the Harz mountains). <http://fadr.msu.ru/inqua/nl-15/abstracts.html>.
- Knauf, C. (1999). Bergbauböden. In GLA (Ed.), *Bodenatlas Sachsen-Anhalt, Teil II: Thematische Bodenkarten*. Halle (Saale): Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt.
- Konopatzky, A., Kopp, D., Heymann, G., Köhler, S., Kümmel, G., & Freyer, C. (1995). Bodenzustandswandel forstlich genutzter Standorte des Immissionsgebietes Dübener Heide und seine Erfassung über die forstliche Standortskartierung. *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.*, 77, 95–124.
- Kunert, R. (1998). Zur Genese der Kaolintone, Tertiärquarzite und Eisenerze in der Umgebung von Halle (Saale). *Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt*, 4, 21–49.
- Litt, T. (1994). Exkursionspunkt B1/7: Holozäne Talentwicklung am Beispiel der Elster-Luppe-Aue, Tagebau Merseburg Ost. In L. Eissmann & T. Litt (Eds.), *Das Quartär Mitteldeutschlands*, Altenburger Naturwiss. Forschungen, H. 7. (pp. 333–355).
- Mania, D. & Stechemesser, H. (1970). Jungpleistozäne Klimazyklen im Harzvorland. In H. Richter, G. Haase, I. Lieberoth, & R. Ruske (Eds.), *Periglazial – Löss – Paläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik*, Petermanns Geogr. Mitt. – Erg.-h. 274. (pp. 1–422).
- Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. *Arbeitshefte Boden*, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.
- Richter, H., Haase, G., Lieberoth, I., & Ruske, R. (Eds.) (1970). *Periglazial – Löss – Paläolithikum im Jungpleistozän der Deutschen Demokratischen Republik*. Petermanns Geogr. Mitt. – Erg.-H. 274.
- Riek, W., Wessolek, G., Renger, M., & Vetterlein, E. (1995). Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrat-Horizont-Gruppen – eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 158, 485–491.
- Roeschmann, G. (1994). Prozesse der Bodenbildung. In H. Kuntze, G. Roeschmann, & G. Schwertfeger (Eds.), *Bodenkunde*. Stuttgart: Ulmer. 5. Aufl.
- Schilling, W. & Wiefel, H. (1962). Jungpleistozäne Periglazialbildungen und ihre regionale Differenzierung in einigen Teilen Thüringens und des Harzes. *Geologie*, 11, 428–460.
- Schlichting, E., Blume, H.-P., & Stahr, K. (1995). *Bodenkundliches Praktikum*. Pareys Studentexte 81. Wien: Blackwell. 2. Auflage.
- Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1975). Nährstoffgehalt und Trophiegliederung waldbodenbildender Grundgesteine des Harzes. *Hercynia N.F.*, 12, 40–57.
- Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1977). Beitrag zur Kenntnis der periglazialen Deckschichten des östlichen Harzes. Teil 2: Genese, stratigraphische Deutung und Parallelisierung der periglazialen Deckschichten. *Z. Geol. Wiss.*, 5, 1083–1104.
- Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1978). Beziehungen zwischen periglazialen Deckschichten und Bodenhorizonten im östlichen Harz. *Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk.*, 22, 511–519.
- Schröder, H. & Fiedler, H. J. (1979). Beitrag zur Kenntnis der Böden des östlichen Harzes. *Hercynia N.F.*, 16, 121–140.
- Succow, M. (1988). *Landschaftsökologische Moorkunde*. Jena: Fischer.

## 5. Böden unter Dauerbeobachtung – Monitoring als Vorsorgeaufgabe

M. Weller

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 5.1. Das Boden-Dauerbeobachtungsprojekt in Sachsen-Anhalt

Die Boden-Dauerbeobachtung ist ein deutschlandweit betriebenes Projekt, das von den Bundesländern nach einer verbindlichen Richtlinie (AG Boden-Dauerbeobachtung, 2000) eigenverantwortlich durchgeführt wird. Die Anregung dazu gab eine Empfehlung der 28. Umweltministerkonferenz im Mai 1987. Im Gegensatz zu zahlreichen Bodenuntersuchungen, die sich mit dem aktuellen Bodenzustand befassen, liegt bei der Boden-Dauerbeobachtung der Schwerpunkt auf der langfristigen und nach gleicher Methodik mehrfach wiederholten Bodenzustandsuntersuchung. Dazu sind eine nach verschiedenen Gesichtspunkten repräsentative Flächenauswahl sowie Erst- und Wiederbeprobungen und die Einbindung in Messnetze und Spezialuntersuchungen erforderlich. So entstehen durch die Erstuntersuchung Ausgangswerte, auf deren Grundlage durch Wiederbeprobungen Zeitreihenauswertungen ermöglicht werden.

Die dafür nötigen Untersuchungen werden auf 'Boden-Dauerbeobachtungsflächen' (BDFs) durchgeführt. Da alle Bodenschutzmaßnahmen auf Bundesebene in die Kompetenz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit gehören, sind auf Länderebene die entsprechenden Länderministerien verantwortlich. Für das Land Sachsen-Anhalt gibt es seit Dezember 1995 einen gemeinsamen Erlass der beteiligten Ministerien (LSA, 1996). In

ihm wird folgende Definition einer BDF gegeben: „Eine Boden-Dauerbeobachtungsfläche ist ein wiederauffindbarer, zum Zweck der langfristigen Beobachtung angelegter und untersuchter Ausschnitt des Bodens, der entsprechend festgelegter Untersuchungsprogramme zyklisch auf Veränderungen der Bodenbeschaffenheit überprüft wird.“

Die Boden-Dauerbeobachtung begann in Sachsen-Anhalt 1990 mit der Einrichtung der ersten drei Boden-Dauerbeobachtungsflächen. Die Einrichtungsphase wurde im Jahre 2004 mit dem Endstand von 69 BDFs abgeschlossen (Abb. 5.1). Parallel zur Einrichtung neuer BDFs wurde mit Wiederbeprobungen begonnen, so dass mittlerweile bei 25 BDFs die Grundlage für eine erste Zeitreihenauswertung gelegt ist. Die Boden-Dauerbeobachtung in Sachsen-Anhalt verfolgt drei wesentliche Zielstellungen:

- aktuelle Zustandserfassung repräsentativer Standorte mit umfassendem Untersuchungsprogramm;
- Vorhaltung von bodenkundlichen 'Eichstandorten' für die Landesfläche;
- im Langzeitmonitoring (über Wiederholungsuntersuchungen) die frühzeitige Feststellung etwaiger Bodenveränderungen an repräsentativen Standorten, die eine Verdachtsprognose für das jeweils repräsentierte Gebiet erlauben.

Eine Boden-Dauerbeobachtungsfläche besteht zunächst aus der eigentlichen Untersuchungsfläche, einer quadratischen, 30×30 m großen 'Kernfläche', die von einem 10 m brei-



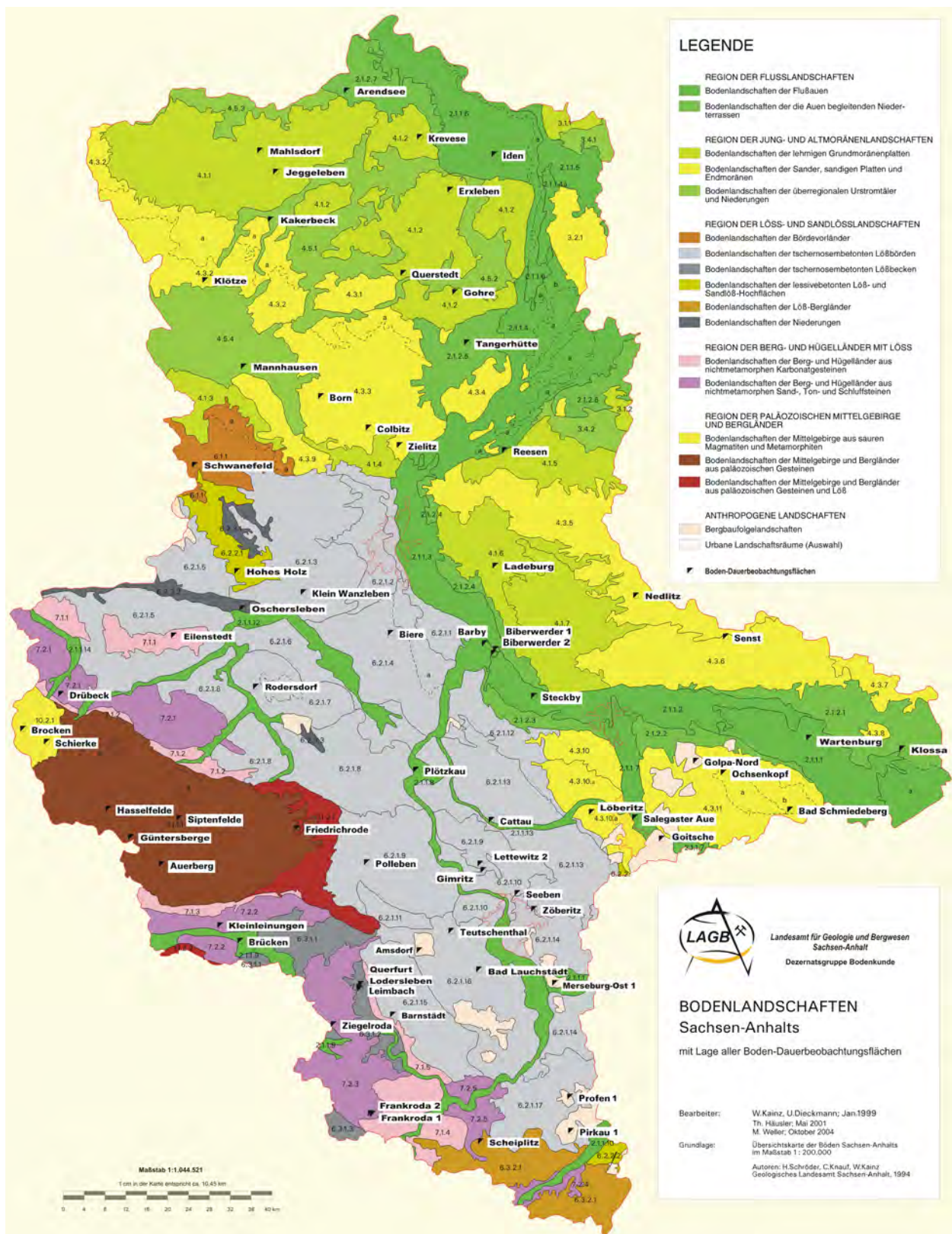


Abb. 5.1.: Lage der mit Stand 2004 eingerichteten Boden-Dauerbeobachtungsflächen in Sachsen-Anhalt mit Hinterlegung der für die Bodenrepräsentanz maßgeblichen Bodenlandschaftsgliederung (Originalmaßstab 1:400.000, hier verkleinert wiedergegeben)

ten Randstreifen umgeben ist, so dass die gesamte BDF ein 50×50-m-Quadrat darstellt. Auf der Kernfläche wird in einem bestimmten Turnus (im Allgemeinen alle 10 Jahre) eine statistisch abgesicherte Probennahme im Oberboden durchgeführt, die einen Umfang von 18 bis 80 Proben besitzt, sodass der Einfluss von Singularitäten infolge Heterogenität der Boden-, Nutzungs- oder Immissionsverhältnisse minimiert wird. Zur ungestörten Probennahme und zur Belegung der tieferen Horizonte wird parallel dazu eine Profilgrube außerhalb der Kernfläche aufgeschossen. Zur exakten Wiederauffindung sind die Eckpunkte jeder BDF durch unterirdisch eingebaute Magnete gekennzeichnet; zusätzlich ist jede BDF geodätisch eingemessen. Bei Intensiv-BDFs werden darüberhinaus Daten aus kontinuierlicher Messung erhoben, für deren Erfassung entsprechende Messeinrichtungen installiert sind (z.B. Bodenfeuchte, Bodentemperatur, Witterungsparameter). Dort sind auch Vorrichtungen zur Entnahme von Bodenwasserproben vorhanden.

## 5.2. Einrichtungsphase abgeschlossen – Flächenrepräsentanz erreicht – jetzt entstehen Zeitreihen

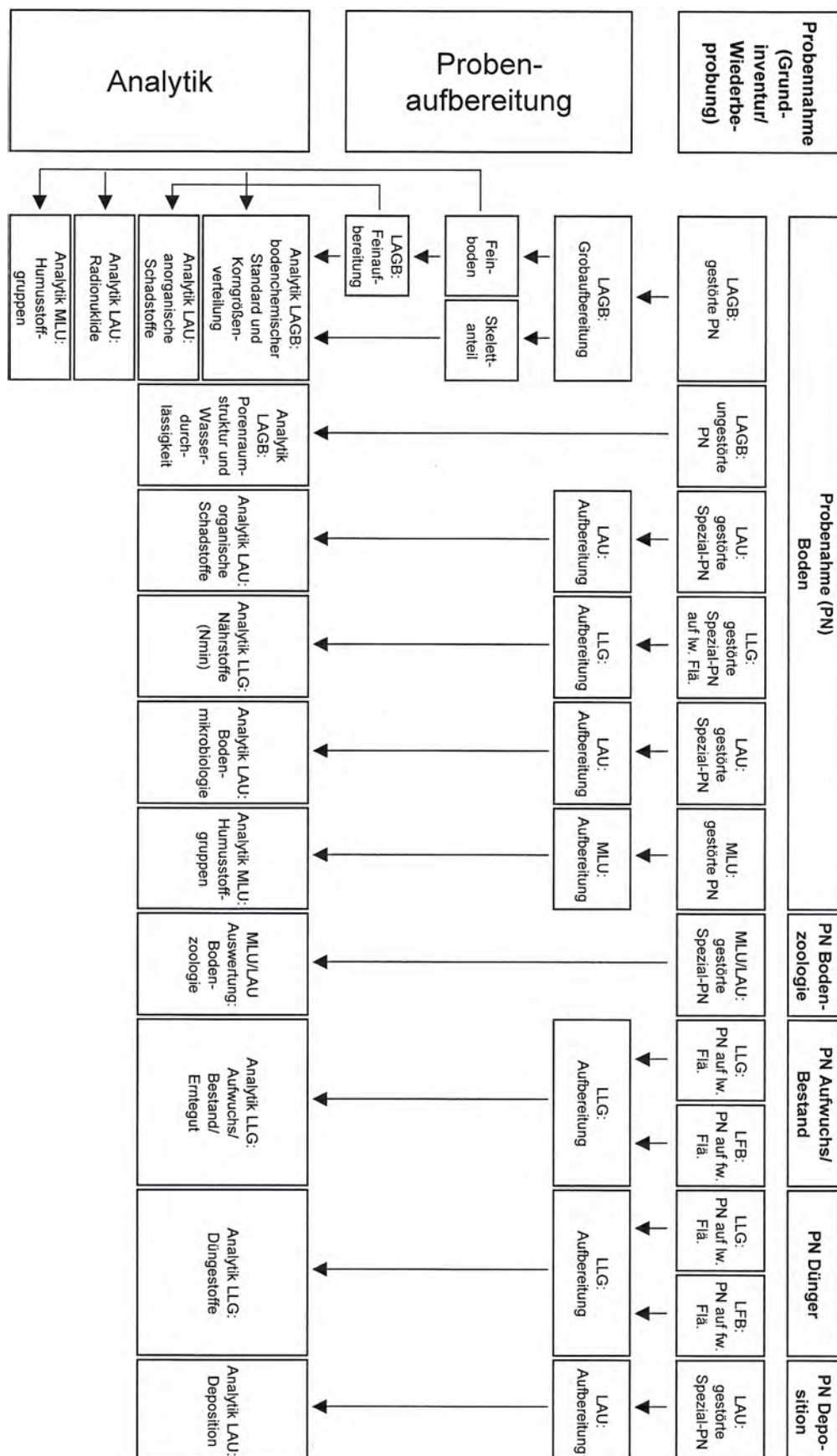
Im Jahre 2004 konnte die Einrichtungsphase abgeschlossen werden. Gemäß der Studie 'Aufbau eines Bodenbeobachtungssystems in Sachsen-Anhalt' (Altermann et al., 1993) sowie der nachfolgenden Studie 'Statistische Analyse bodenkundlicher Inhalte der Bodenlandschaften Sachsen-Anhalts zur Übertragung von Ergebnissen der Boden-Dauerbeobachtung in die Fläche' (Altermann et al., 2000) wurden die Bodenlandschaften mit Boden-Dauerbeobachtungsflächen belegt. Große, relativ homogene Bodenlandschaften mit hohem Flächenanteil wurden hierbei in der Belegung mit BDFs untergewichtet zugunsten einiger kleinerer Bodenlandschaften, in denen sich die Einrichtung zusätzlicher BDFs zum Verständnis bestimmter boden-

kundlicher Prozesse empfahl. Untergewichtet wurden so die Bodenlandschaft der tschernosembetonten Lössböden, die Bodenlandschaften der lehmigen Grundmoränenplatten sowie die Bodenlandschaften der Sander, sandigen Platten und Endmoränen, wohingegen beispielsweise die Bodenlandschaften der tschernosembetonten Lössbecken, aber vor allem die Bergbaufolgelandschaften stärker durch Boden-Dauerbeobachtungsflächen repräsentiert werden als dies ihrem Anteil an der Landesfläche entspricht. Bei den Bergbaufolgelandschaften liegt der Grund dafür zum einen in ihrer Heterogenität, zum anderen in der Möglichkeit, sie gewissermaßen von einem Ausgangspunkt Null an beobachten zu können, sowie in der Verfügbarkeit dieser Standorte für die Einrichtung absolut beliebiger Nutzungen. Auf diese Weise können Standorte in ihrer Bodenentwicklung miteinander verglichen werden können, die aus gleichem Ausgangsmaterial entstanden sind, jedoch unterschiedlichen Nutzungen unterworfen werden.

## 5.3. Umsetzung im Behördenverbund – ein fortschrittliches System in Sachsen-Anhalt

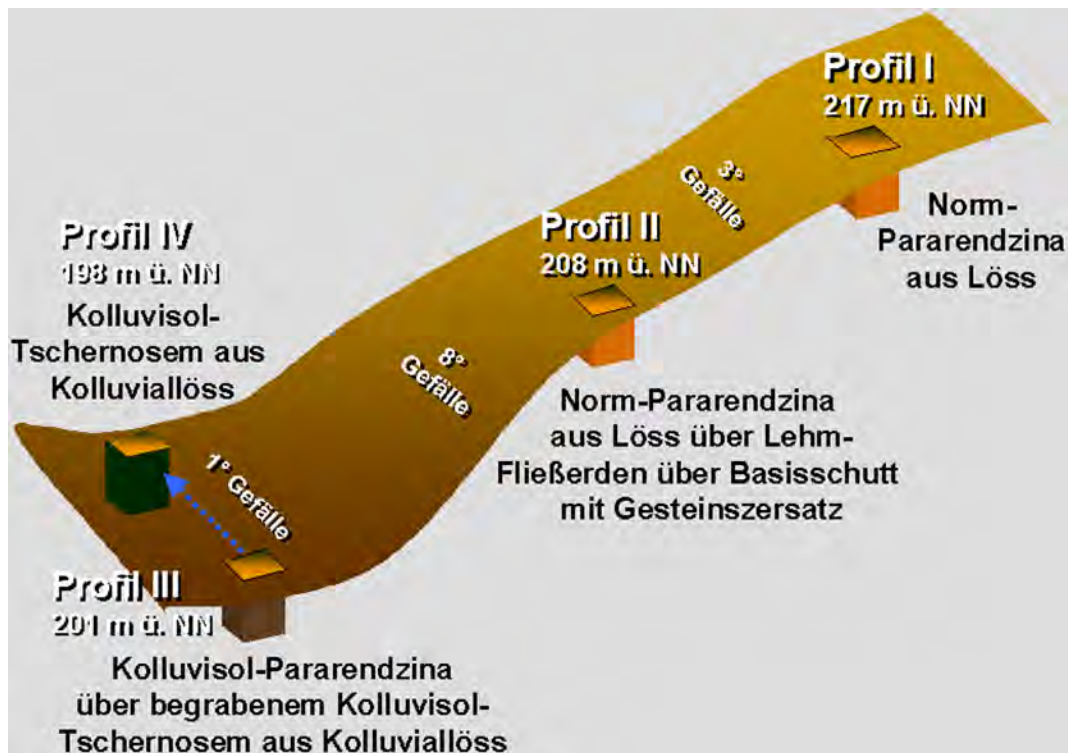
Die Durchführung des Programms erfolgt in Sachsen-Anhalt gemäß BodSchAG LSA (2002) arbeitsteilig in Zusammenarbeit verschiedener Landesbehörden, wobei die Zuständigkeiten in dem bereits erwähnten Erlass geregelt sind. Danach regeln sich die Zuständigkeiten des BDF-Programms (Abb. 5.2) wie folgt:

- Landesamt für Geologie und Bergwesen (früher: Geologisches Landesamt) für den bodenkundlichen Teil,
- Landesamt für Umweltschutz für Schadstoff- und Immissionsuntersuchung,
- Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau sowie das Landesuntersuchungsamt für die Erfassung der Bewirtschaftungsdaten bzw. zugehörigen Untersuchungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- Landesforstbetrieb für Untersuchungen auf forstlich genutzten Flächen.



**Abb. 5.2.:** Zuständigkeit der verschiedenen Landesämter und -institutionen im Boden-Dauerbeobachtungsprogramm Sachsen-Anhalts am Beispiel der Erfassung probengestützter Parameter





**Abb. 5.3.:** Erosions-Akkumulations-Catena im Nebraer Löss-Becken

Die beteiligten Behörden führen ihre jeweiligen Aufgaben selbst durch oder beauftragen Dritte mit den erforderlichen Untersuchungen. Damit die Ergebnisse vergleichbar bleiben, wird darauf geachtet, dass eine Änderung von Verfahrensweisen und Standards vermieden wird. Um Letzteres zu gewährleisten, werden in erster Linie die behördeneigenen Labore mit der Analytik betraut, weil hier sowohl methodische als auch personelle Konstanz gewahrt ist sowie die Ablauf- und Ergebniskontrolle gesichert ist. Die Auswahl der zu untersuchenden Parameter erfolgt auf der Grundlage einer bundesweit verbindlichen Richtlinie (AG Boden-Dauerbeobachtung, 2000), die gewährleistet, dass die Ergebnisse der Boden-Dauerbeobachtung über die Ländergrenzen hinweg ausgewertet werden können. Eine erste bundesweite Auswertung der BDF-Daten der Länder erfolgte 2001 bis 2004 im Auftrag des Umweltbundesamtes.

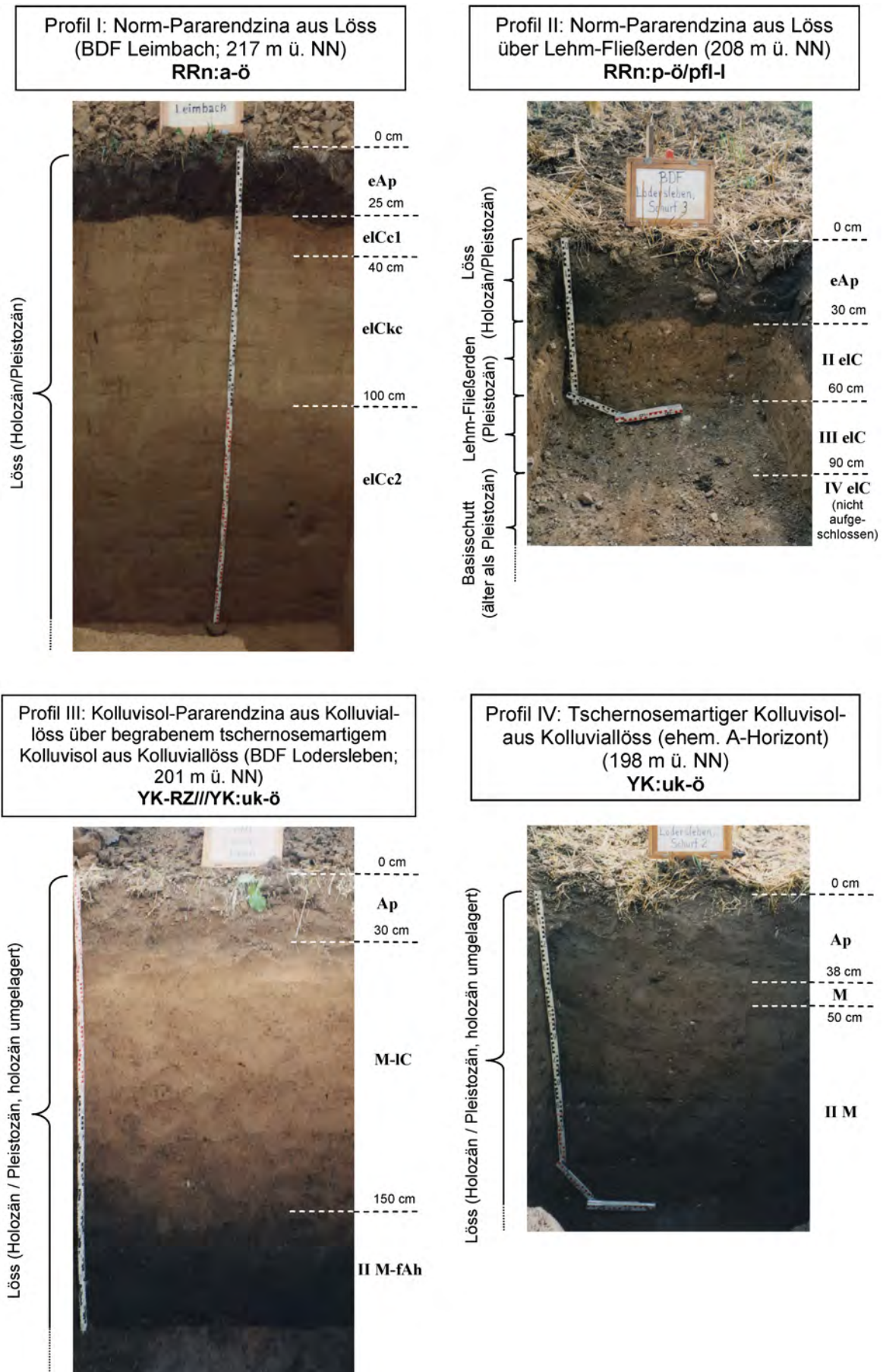
## 5.4. Beispiele

### 5.4.1. Erosions-Akkumulations-Catena im Löss-Hügelland des Nebraer Löss-Beckens

Das 'Nebraer Löss-Becken' stellt eine lössbedeckte weitgespannte Beckenstruktur dar, die sich entlang des Karsdorfer Schichtstufenrandes westlich der Querfurter Platte von Lodersleben bis Laucha an der Unstrut erstreckt. Entsprechend der hügeligen Morphologie des Geländes wechseln Erosions- und Akkumulationsstandorte engeräumig miteinander ab. Diese Gegebenheiten erlaubten die Anlage einer Catena, d.h. einer in genetischem Zusammenhang stehenden Bodentypen-Abfolge.

Verwirklicht wurde die Catena, indem zwei auf demselben Ackerschlag befindliche, ca. 250 m auseinanderliegende Boden-Dauerbeobachtungsflächen durch zwei weitere Profilgruben ergänzt wurden (Abb. 5.3). Die BDF 'Leimbach' (Profil I) liegt in Kuppenlage und hat eine Norm-Pararendzina aus Löss aufgeschlossen. Die BDF 'Lodersleben' (Profil III) hingegen ist im Beginn eines Muldentälchens gelegen und zeigt eine Kolluvisol-Pararendzina





**Abb. 5.4.:** Profile der Erosions-Akkumulations-Catena im Löss-Hügelland des Nebraer Löss-Beckens

aus verlagertem (= Kolluvial-) C-Horizont-Material aus Löss über einem begrabenen teschernosemartigen Kolluvisol aus verlagertem A-Horizont-Material aus Löss. Diese beiden BDFs wurden einerseits durch ein Profil in Hanglage dazwischen, andererseits durch ein Profil talabwärts im weiteren Verlauf des Muldentälchens ergänzt. Dabei zeigte sich, dass die Überlagerung des teschernosemartigen Kolluvisols aus verlagertem ehemaligem A-Horizont durch Löss aus dem C-Horizont, wie sie an der Lokalität der BDF 'Lodersleben' (Profil III) auftritt, ca. 110 m weiter talabwärts (am Profil IV) noch nicht stattgefunden hat, was sicher mit der geringen Talneigung von rund  $1^\circ$  zusammenhängt. Dies zeigt, wie kleinräumig die Bedingungen sich ändern. Beim Zwischenprofil in Hanglage hingegen (Profil II) sind mehrere Fließerden übereinander aufgeschlossen, wobei wohl die Erosion die Akkumulation überwiegt, da hier eine Mikrokuppenlage innerhalb des Gefälles vorliegt.

Die Erosionsleistung wird auf dem betrachteten Ackerschlag durch die vorherrschende Pflugrichtung noch begünstigt, die in Richtung des Gefälles liegt. Im Profil III (dies ist das Profil der BDF 'Lodersleben') wurden in 40 bis 50 cm Tiefe im verlagerten C-Löss Scherben gefunden, die den 60er Jahren des vergangenen Jahrhunderts zugeordnet werden können. Dies erlaubt die Berechnung der Akkumulationsrate am Beginn des Muldentälchens mit ca. 1 cm pro Jahr. In Abbildung 5.4 sind die Profile der Catena dargestellt.

#### 5.4.2. Bodenvergesellschaftung in der Elbaue unter Dauerbeobachtung

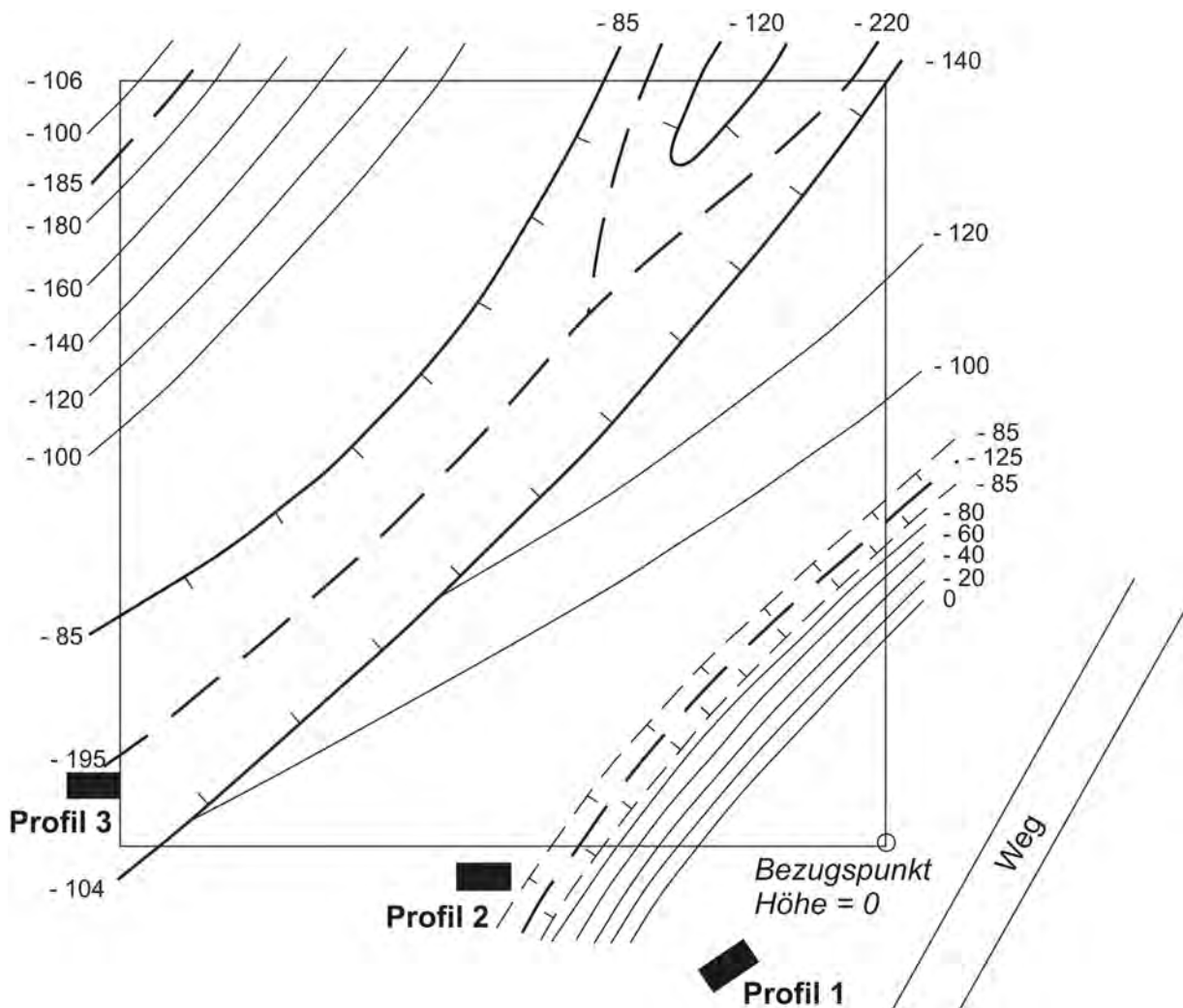
Auengebiete stellen sich dem Betrachter meist als relativ einförmige ebene Landschaften dar. Verglichen mit Hügelländern oder Mittelgebirgen sind sie dies auch. Sie weisen jedoch ein sehr differenziertes System von Höhenunterschieden im Bereich von wenigen Metern auf. Das System stellt sich in einer ausgeprägten Morphologie solcher Landschaften mit hochgelegenen, selten überfluteten 'Werden' und tiefergelegenen, häufiger überfluteten 'Rinnen' dar. Da sich

aufgrund der Nähe zum Vorfluter der Grundwasserstand überall nahe der Geländeoberfläche befindet, bedingen sehr geringe Geländehöhen-differenzen gravierende Unterschiede im Bodentyp und durch unterschiedliche Vernässungsneigung auch in der Nutzungseignung. Tiefgelegene Auenbereiche, insbesondere flussseits des Sommerdeiches, befinden sich daher in der Regel unter Grünland- oder Forstnutzung und sind somit häufig unter Schutz gestellt.

In einem solchen Schutzgebiet – dem Biosphärenreservat 'Mittlere Elbe' – wurde die BDF 'Steckby' eingerichtet. Die BDF wurde so gelegt, dass sie drei, diesen Elbauenbereich prägende Höhenniveaus erfasst (Abb. 5.5): das hochgelegene 'Werder'-Niveau (Profil 1), das tiefgelegene 'Rinnen'-Niveau (Profil 3) sowie ein Zwischen-Niveau (Profil 2). Um die unterschiedlichen Bodenverhältnisse vollständig beschreiben und beobachten zu können, wurden in Abweichung von der üblichen Verfahrensweise mehrere Profilgruben eingerichtet. Damit konnte die Spanne vom anhydromorphen Auenboden (Norm-Vega) zum typischen grundwasserbeeinflussten Auenboden (Vega-Gley) abgedeckt werden (Abb. 5.6).

### 5.5. Ausblick auf Europa

Im Mai 2004 legte die Working Group on Monitoring der Generaldirektion Umwelt der Europäischen Kommission ihren Bericht zur Bodenüberwachung (Soil Monitoring) im Rahmen der Erarbeitung einer 'Spezifischen Bodenschutzstrategie' (Soil Thematic Strategy) vor (EG, 2004). Aufgrund einer umfassenden Bestandsanalyse gelangt die Working Group zu der Empfehlung, dass die Europäische Gemeinschaft ein „gemeinschaftsweites Bodenüberwachungsprogramm“ braucht, „weil ein überragender Informationsbedarf zur Unterstützung auf solidem Wissen fußender Bodenschutzstrategien in allen Mitgliedstaaten ... besteht“. Aufgrund der Kosten, die ein solches Projekt verursacht, sowie aufgrund der unterschiedlich weit entwickelten Bodenüberwachungsprogramme der Mitgliedstaaten empfiehlt die Working Group, dass die „Europäische Kommission ein – so weit wie



**Abb. 5.5.:** Morphologische Aufnahmen der Niveaus und Rinnen auf der BDF Steckby (Skizze: F. Vogler/E. Vogler; Maßstab  $\approx 1:500$ ; Isolinen mit cm)

irgend möglich – auf schon existierenden Systemen aufbauendes Stufenkonzept für den Prozess der Bodenüberwachung schaffen“ soll.

Zur Sichtung und Prüfung bereits bestehender Überwachungssysteme wurde eine Task Group 'Review of existing monitoring systems' eingesetzt. Diese stellte zunächst fest, dass die meisten Mitgliedsstaaten der EG Bodenbeobachtungsprogramme eingerichtet haben. Die Mehrzahl dieser Programme kann nach Ansicht der Task Group jedoch nicht als Beobachtungssysteme im eigentlichen Sinne angesehen werden, da nur in wenigen Fällen eine zeitliche Wiederholung der Beobachtung vorliegt. Solche Programme müssten demnach im Augenblick noch als Bestandsaufnahmen betrachtet werden, die sich zukünftig zu Bodenbeobachtungssystemen entwickeln könnten. Zu den Unsicherheitsfaktoren dieser Systeme ge-

hört, dass in der Regel weder Finanzierung noch Zuständigkeiten dauerhaft gesichert sind. Demzufolge ist die zeitliche Fortführung und Wiederbeobachtung bei dessen Beobachtungsnetzwerken nicht abschließend geregelt.

Eine weitere Unterscheidung von Bodenbeobachtungssystemen wird nach dem Grad ihrer Intensität getroffen. In einigen Ländern wie Österreich, Frankreich, Finnland, Deutschland, den Niederlanden sowie Großbritannien existieren sowohl extensive als auch intensive Monitoringprogramme.

Eine dritte Unterscheidung schließlich ergibt sich aus dem Untersuchungsansatz, nach dem die Beobachtungssysteme aufgebaut sind. Auf der einen Seite steht der rasterorientierte Ansatz. Bei diesem Verfahren wird ein Punktraster (grid) mit festem Punktabstand über das Land gelegt, wobei an jedem Rasterpunkt ei-



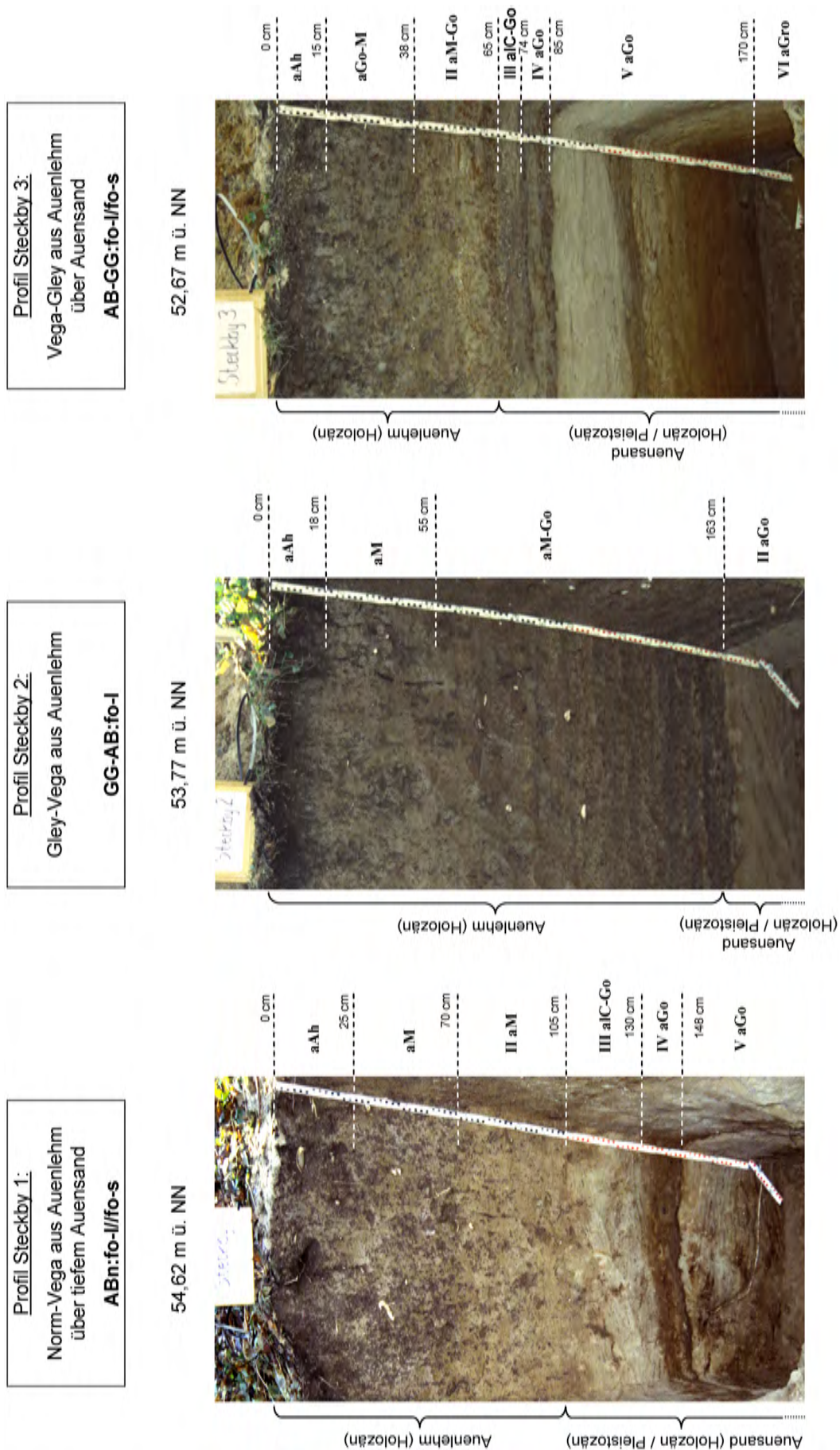
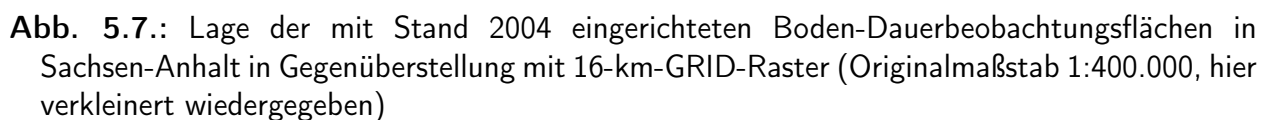


Abb. 5.6.: Bodenvergesellschaftung in der Elbaue am Beispiel der BDF Steckby





ne Beobachtungsfläche eingerichtet wird. Der Punktabstand beträgt 16, 8 oder 4 km. Als nationales Beobachtungsnetz mit Rasterbezug ist z.B. die Waldschadenserhebung 'Level I' (WSE) zu nennen. Für sie wurde EG-weit ein 16-km-Raster festgelegt. In Deutschland wurde sie allerdings im 4-km-Raster ausgeführt und durch die 'Bodenzustandserhebung' (BZE), die im 8-km-Raster auf Rasterpunkten der WSE durchgeführt wurde, ergänzt. Eine Verdichtung auf das 4-km-Raster der WSE wurde regional vollzogen.

Auf der anderen Seite steht der repräsentanzorientierte Ansatz. Dieser Ansatz erlaubt die Wichtung nach fachlichen und räumlichen Prioritäten sowie eine Dichtestreuung von Monitoringstandorten nach ökonomischen Gesichtspunkten. Der rasterorientierte Ansatz hingegen bildet große bodenlandschaftliche Einheiten im Zahlenverhältnis der einzurichtenden Standorte zueinander getreu ihrem Anteil an der Landesfläche ab, wobei jedoch die Gefahr besteht, dass kleinere Einheiten komplett durchs (Raster-)Netz fallen. In Deutschland existieren mit der BZE ein rasterorientiertes und mit der Boden-Dauerbeobachtung ein repräsentanzorientiertes Monitoringsystem. Im Sinne der Unterscheidung der Task Group sind solche Systeme als 'echte' Monitoringsysteme anzusehen, da Wiederbeprobungen laufen.

Auf der Karte in Abbildung 5.7 sind den in Sachsen-Anhalt eingerichteten Boden-Dauerbeobachtungsflächen vergleichshalber fiktive Standorte eines 16-km-Rasters gegenübergestellt, um die Flächenbelegung und auch die notwendige Standortzahl beider Systeme zu vergleichen. Es zeigt sich, dass der Rasteransatz im Ergebnis 80 Monitoringstandorte bedingt, während das repräsentanzorientierte, verwirklichte BDF-Netz 69 Standorte umfasst.

Im Vergleich zeigt sich, dass der Rasteransatz, sofern man die urbanen Landschaftsräume außer Betracht lässt, drei Bodenlandschaftsgruppen nicht berücksichtigt. Beim repräsentanzorientierten Ansatz ist dies nur in Bezug auf eine Bodenlandschaftsgruppe der Fall. Diese wird jedoch durch BDFs einer anderen Bodenlandschaftsgruppe mitrepräsentiert.

Bei der Umsetzung des repräsentanzorien-

tierten Ansatzes werden bei großen, flächenbedeutsamen Bodenlandschaftsgruppen BDFs 'eingespart', da der Vielfalt der Bodenausprägungen auch durch eine geringere Anzahl BDFs Rechnung getragen wird, als der Flächengröße anteilmäßig entsprechen würde. Hierdurch ergab sich die Möglichkeit, in ausgewählten, flächenhaft weniger verbreiteten Bodenlandschaftsgruppen zum Zweck des besseren Verständnisses bestimmter Bodenbildungsprozesse mehr Boden-Dauerbeobachtungsflächen einzurichten als dem Flächenanteil dieser Landschaften eigentlich entsprechen würde.

Entscheidungen auf EG-Ebene über die Einrichtung eines EG-weiten originär bodenbezogenen Monitoringsystems sind noch nicht gefallen. Hierfür ist vor allem die Weichenstellung in Richtung eines raster- oder eines repräsentanzorientierten Ansatzes zu treffen. Sollte der rasterorientierte Ansatz befürwortet werden, so wäre zu prüfen, inwieweit Teile des vorhandenen Bodenbeobachtungssystems in ein Rastersystem übernommen werden könnten. Der Aufwand wäre demjenigen beim bereits praktizierten repräsentanzorientierten System vergleichbar. D.h.: auch bei einem Wechsel auf den rasterorientierten Ansatz bei der Boden-Dauerbeobachtung könnten die bereits vorhandenen Strukturen der Datenerhebung, Probenverwaltung und Auswertung beibehalten werden.

Sollte die Entscheidung jedoch zugunsten des repräsentanzorientierten Ansatzes fallen, befindet sich Sachsen-Anhalt in einer hervorragenden Ausgangsposition, da hier ein bereits vollständig eingerichtetes, optimiertes System vorhanden ist.

## Literatur

AG Boden-Dauerbeobachtung (2000). Boden-Dauerbeobachtung: Einrichtung und Betrieb von Boden-Dauerbeobachtungsflächen. In D. Rosenkranz, G. Bachmann, G. Einsele, & H.-M. Harreß (Eds.), Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grund-



wasser. Berlin: Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden-Dauerbeobachtung des ständigen Ausschuss Informationsgrundlagen der Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). Erich Schmidt Verlag. 32. Lfg. XI/00.

Altermann, M., Schrödter, M., Steininger, M., & Trefflich, A. (1993). Aufbau eines Bodenbeobachtungssystems in Sachsen-Anhalt: Naturwissenschaftliche Grundlagen. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung, Halle (Saale). Studie mit Beiträgen von D. Kopp und W. Schwanecke.

Altermann, M., Steininger, M., & Dehner, U. (2000). Statistische Analyse bodenkundlicher Inhalte der Bodenlandschaften Sachsen-Anhalts zur Übertragung von Ergebnissen der Boden-Dauerbeobachtung in die Fläche. Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle (Saale). Mit Ergänzungen 2001.

BodSchAG LSA (2002). Ausführungsgesetz des Landes Sachsen-Anhalt zum Bundes-Bodenschutzgesetz (Bodenschutz-Ausführungsgesetz Sachsen-Anhalt) vom 2.4.2002. GVBl. LSA, 21, 214–219.

EG (2004). Working Group on Monitoring: Kurzfassung und Abschlussbericht. In Multi Stakeholder Working Group Reports: Soil Thematic Strategy. Brüssel: Europäische Kommission, Generaldirektion Umwelt. Übersetzung im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg. 16. Mai 2004.

LSA (1996). Gem. RdErl. des MU, MW und ML vom 5.12.1995: Aufbau und Betrieb des Bodenbeobachtungssystems des Landes Sachsen-Anhalt. Mbl. LSA, 6/1996, 112–115.

## 6. Erfassung des aktuellen Zustandes der Böden in Sachsen-Anhalt

W. Kainz

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 6.1. Einleitung

Der Vollzug der Bodenschutzgesetze (BBodSchG, BodSchAG LSA), vorsorgender Bodenschutz, Landschaftsplanung und Bodenbewirtschaftung benötigen Parameter, die für konkrete Landschaftsräume aussagekräftig sind und auf aktuellen, vergleichbaren Analysen beruhen. Die verfügbaren Bodenkarten können zur Zeit für viele Landschaften nicht mit vor Ort erhobenen Daten unteretzt werden. Dieses Defizit soll durch das Projekt 'Erfassung des aktuellen Zustandes der Böden in Sachsen-Anhalt' abgebaut werden (Kainz, 2005a).

### 6.2. Methodik

Grundlage der Arbeiten ist ein landesweites Netz von Bodenprofilen, die für die jeweilige Landschaft, ihren geologischen und pedologischen Bau sowie die Nutzung repräsentativ sind. Die Bodenprofile sind bodenkundlich und geologisch bestimmt und vollständig beprobt. Die Profildichte der Bodenprofile variiert entsprechend der Komplexität der Landschaften in einem lockeren Netz:

- 10–16 km im Tiefland und den Löss-Landschaften,
- 8–12 km im Berg- und Hügelland.

An allen Proben werden Bodenart, pH-Werte, Kalkgehalt, Humus- und Stickstoffgehalt sowie potenzielle Kationenaustauschkapazität (Kap. 4.3) sowie die Gesamtgehalte von 22 Spurenelementen bestimmt. Die Gehalte der Spurenelemente werden im Königswasser-Mikrowellen-Aufschluss mittels ICP-OES gemessen. Für die Elemente Arsen, Cadmium, Selen, Thallium und Quecksilber werden spezielle Anreicherungsverfahren eingesetzt, um auch sehr geringe Gehalte nachweisen zu können. Diese Elementgehalte werden mit AAS ermittelt.

elemente werden im Königswasser-Mikrowellen-Aufschluss mittels ICP-OES gemessen. Für die Elemente Arsen, Cadmium, Selen, Thallium und Quecksilber werden spezielle Anreicherungsverfahren eingesetzt, um auch sehr geringe Gehalte nachweisen zu können. Diese Elementgehalte werden mit AAS ermittelt.

Mit den Proben des Programms wird die Bodenprobenbank des LAGB für die Beweissicherung und für wissenschaftliche Bearbeitungen erweitert. Für die Durchführung eines derartigen landesweiten Programms ist die Kooperation mit allen Institutionen, die Bodendaten erheben, erforderlich. Deshalb erfolgen die Untersuchungen in Zusammenarbeit mit der Oberfinanzdirektion, Bereich Bodenschätzung, der Forstlichen Standortkartierung, der geologischen und bodenkundlichen Kartierung, dem Landesamt für Umweltschutz und der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forst- und Gartenbau denen an dieser Stelle für das entgegengebrachte Interesse und die Unterstützung gedankt werden soll.

### 6.3. Stand der Arbeiten

Im Verlauf der Arbeiten wurden 770 Bodenschürfe ausgehoben, dokumentiert und beprobt. Davon sind 578 Schürfe Knotenpunkte des Untersuchungsnetzes und 192 Schürfe Verdichtungspunkte aus lokalen Projekten. Die Knotenpunkte entsprechen der oben angeführten Profildichte und den Auswahlkriterien. Verdichtungspunkte liegen zwischen den Knoten-



punkten und erfassen typische vergesellschaftete Bodenprofile. Sie werden in die statistische Auswertung der im Folgenden erläuterten Substrat-Horizont-Gruppen einbezogen, aber in der flächenhaften Auswertung, z.B. der Einzellelemente, nicht gleichwertig zu den Knotenpunkten behandelt. Die Schürfe der Boden-Dauerbeobachtungsflächen sind hier nicht berücksichtigt. Aus den Schürfen wurden über 4500 Proben entnommen, davon befinden sich noch knapp 900 in der Analytik und Auswertung sowie 1000 in der Aufbereitung. Insgesamt umfasst das Programm die Entnahme von mehr als 5000 Proben.

An ausgewählten Bodenprofilen aus dem Archiv, für die Proben vorliegen, werden Nachuntersuchungen durchgeführt. Damit werden die mit anderen Methoden ermittelten Archivdaten mit den neu erhobenen Daten vergleichbar und erweitern die Datenbasis.

## 6.4. Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes bestehen aus dokumentierten Schürfen und Analysen, Auswertungstabellen und Programmen, die in Datenbanken gespeichert sind. Damit können die Bodenprofile recherchiert und bereitgestellt werden. Auswertung, Interpretation und Bewertung der Bodenprofile erfolgen fortlaufend.

Die Bodenprofile der Bodenzustandserfassung sind Bestandteil des Bodenformenkataloges Sachsen-Anhalt, in dem typische und repräsentative Böden des Landes mit ihren Eigenschaften dargestellt und erläutert werden (siehe Anhang B). Für die landschaftsbezogene Auswertung der Profildaten wurden für die Ableitung von Substrat-Horizont-Gruppen Regeln entwickelt. Die Ergebnisse sind in Zuordnungstabellen und Ergebnistabellen der statistisch berechneten Parameter abgelegt. Die statistisch berechneten Parameter sind automatisiert aktualisierbar.

Die erarbeiteten Profildaten dienen zur Verbesserung der Beschreibung von Bodenkarten, Erweiterung und landschaftsbezogenen Absicherung des Datenhintergrundes, Qualifizierung vorhandener Flächendatensätze bis hin zur Kar-

tenkorrektur.

Die Musterstücke der Bodenschätzung des Landes machen ca. 25 % der Bodenprofile des Untersuchungsprogramms aus. Die Aufnahmen der Musterstücke dienen der Bodenschätzung zur Eichung ihrer Aussagen und der Bodenkartierung zur Auswertung der Bodenschätzung.

Der Forstlichen Standortskartierung helfen die Profile, den Forstbodenformenkatalog mit realen Weiserprofilen zu untersetzen, um so langfristig eine eindeutige Bodenansprache abzusichern.

In unterschiedlichen Maßstabsebenen können den Schürfen, je nach Aufgabenstellung, unterschiedliche Gültigkeitsbereiche zugewiesen werden, auf denen Modellierungen und Bewertungen aufbauen. Die Erfahrungen bei der Profilaufnahme und der Vergleich mit den neu erhobenen Daten ermöglichen in den jeweiligen geologisch und morphologisch begründeten Bereichen der Bodenlandschaften die qualitativ verbesserte Bewertung vorhandener Altdaten. Durch die Erfassung aktueller Bodenzustände sind Veränderungen im Landschaftsraum, wie Grundwasserabsenkungen, Bodenerosion, Folgen von Nutzungsänderungen usw., quantifizierbar.

Anhang B enthält Auszüge aus dem Bodenformenkatalog. Die Darstellung der Analysenwerte zeigt ihre Veränderungen mit zunehmender Tiefe. Diese Veränderungen sind Tiefenfunktionen, die von den Eigenschaften der einzelnen Substrate und Horizonte sowie deren Abfolge abhängig sind. Die Tiefenfunktionen sind in ihrer Tendenz für die jeweilige Bodenform typisch. Aus den Tiefenfunktionen unterschiedlicher Messgrößen werden Eigenschaften für das gesamte Bodenprofil berechnet, wie die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum. Damit können unterschiedliche Böden in ihren Eigenschaften verglichen und bewertet werden. Eine Auswahl dieser Eigenschaften ist in den Profildarstellungen der Anlage vorgestellt. Die Eigenschaften und Bewertungen der Bodenprofile sind in einer gesonderten Datenbank abgelegt. In ihr sind Bodeneigenschaften, Bodenpotenziale und Aussagen zu Bodenfunktionen gespeichert.

Ein wesentliches Ergebnis der Arbeiten be-

steht darin, durch Auswertung der aufgenommenen Profile geologisch und pedologisch sicher bestimmbare Substrat-Horizont-Gruppen (SHG) zu entwickeln.

Das Konzept der Substrat-Horizont-Gruppen wurde zur Verallgemeinerung einer begrenzten Anzahl bodenphysikalischer Analysen entwickelt. Auf diese Weise können im Substrat vergleichbare Bodenhorizonte mit bodenphysikalischen Kennwerten belegt und Flächenbodenformen entwickelt werden (Vetterlein, 1986; Vetterlein & Zeitz, 1985; Altermann & Schröder, 1992). Die Weiterentwicklung der bodenphysikalischen Anwendung erfolgte durch Riek et al. (1995) unter Einbeziehung von Profildaten aus Gesamtdeutschland. Für die Untersetzung der neu erstellten Bodenübersichts- und vorläufigen Bodenkarten mit Bodenparametern wurden in Sachsen-Anhalt und Brandenburg Substrat-Horizont-Gruppen als Gruppierungskriterium für die Mittlung der Parameter und als Baustein für die Bildung gemittelter Bodenprofile angewendet (Hartmann et al., 1999; Dehner et al., 2001; Hartmann, 2005; Bauriegel, 2005, siehe auch Artikel 7). Diese Substrat-Horizont-Gruppen basieren in Sachsen-Anhalt auf Altdaten mit ungleichmäßiger Verteilung in den Bodenlandschaften bzw. im Land allgemein. Sie wurden nicht durch Bildungsbereiche eingeschränkt, und die Mittelwertbildung erfolgte ohne Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungsarten. Durch die Einbeziehung der Landschaften, Nutzungen und großflächiger Belastungsräume in die Auswertung können Veränderungen in ansonsten gleichen SHG nachgewiesen werden. Daher gehen die in Tabelle 6.1 vorgestellten SHG im Hinblick auf Nutzung, inhaltliche und räumliche Auflösung über die, von Hartmann et al. (2003) veröffentlichten SHG hinaus.

Die angewendete Methodik (Kainz, 2005b) basiert auf den Lagen der Bodenprofile und ihrer räumlichen Verteilung (Kap. 4.2). Dabei wird davon ausgegangen, dass Substrate Lockergesteine im Bereich der Bodenbildung sind und Böden als Ergebnis der Wechselwirkung sedimentologischer und pedologischer Prozesse entstehen (Kainz & Wansa, 1997). Dieser Ansatz erlaubt es, die Bodenprofile in Substrat-

Horizont-Einheiten aufzulösen, sie zu SHG zusammenzufassen und ihnen vom Profil unabhängige Gültigkeitsbereiche zuzuweisen. Sedimentologische Gesetzmäßigkeiten verbinden die SHG in der Fläche. Pedologische Prozesse verbinden die SHG im Profil. Darüber hinaus haben Böden und Bodenlandschaften gemeinsame Eigenschaften (Kainz, 1999). Aus diesen Verbindungen ergeben sich pedologisch-profilbezogene und geologisch-landschaftsbezogene Kriterien, die die Gültigkeitsbereiche der SHG beschreiben.

Aus den SHG können gemittelte Flächenbodenprofile aufgebaut werden, deren Vorhandensein nachgewiesen ist oder aufgrund der Landschaftseigenschaften vermutet wird. Das aufgebaute Profil muss mit Hilfe der Tiefenfunktionen auf Richtigkeit geprüft werden und kann durch Veränderung der Mächtigkeiten an lokale Gegebenheiten, die aus Bohrungen bekannt sein können, angepasst werden. Ein Beispiel hierfür ist in Artikel 4 (Tab. 4.1) vorgestellt. Die so erzeugten Bodenformen haben eine hohe Aussagequalität und einen engen räumlichen Bezug. Ein weiteres Anwendungsfeld dieser SHG ist die Modellierung von Bodenformen bei Änderungen der Nutzung oder der Umweltbedingungen, um deren Auswirkungen auf den Boden abzuschätzen.

Anhand der geologischen und bodenkundlichen Interpretation von über 450 ausgewerteten Bodenprofilen mit mehr als 2750 Horizonten aus Sachsen-Anhalt wurden Substrat-Horizont-Gruppen abgeleitet. Die Gruppierung der SHG erfolgte nach dem Landschaftsraum, dem Bildungsbereich, der Lage im Profil, den Substratgruppen, den Hauptnutzungsarten und den Horizontgruppen.

Horizonte und Substrate können auf unterschiedlichem Hierarchieniveau zusammengefasst werden. Für die weitere Bearbeitung werden die Horizontgruppen auf dem Subtypen-Niveau gebildet (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Landschaftstypische Besonderheiten der Bodenentwicklung werden dadurch sichtbar, und die Wirkung von Nutzungsänderungen im Oberboden kann nachgewiesen werden. Deshalb sind die Horizonte der Einzelprofile so gruppiert, dass Übergangs- und Mischhorizonte erhalten blei-

ben, ebenso wie typische Kombinationen mit fossilen Horizonten aber auch reliktsche Acker- oder Torfhorizonte. Die Horizontkürzel wurden auf den pedologischen Inhalt beschränkt.

Durch die gleichmäßige Verteilung der Profile belegt die Probenanzahl die Häufigkeit der SHG in den betrachteten Landschaften. Die Repräsentanz der mit den SHG beschriebenen Eigenschaften, auch der seltenen SHG, ist höher als es nach der Probenanzahl scheint, weil bereits die Auswahl der Profilpunkte nach statistischen Kriterien erfolgte. Die Wertebereiche der Parameter sind durch die Definition und den Gültigkeitsbereich der SHG eingegrenzt. Daraus lassen sich für seltene SHG mögliche Abweichungen von vorhandenen Messwerten berechnen.

In Tabelle 6.1 sind SHG vorgestellt, die auf der Zusammenfassung der Bodenhorizonte auf dem Typenniveau basieren. Die angegebenen Parameter sind Medianwerte, weil die Wertestreuung nicht der Normalverteilung entspricht und der Median robuster gegen Ausreißer ist. Auf die Angabe von Minimal- und Maximalwerten wurde hier verzichtet. Sie sind aber in der Datenbank verfügbar. Ergebnisse werden in Tabelle 6.1 am Beispiel folgender umweltrelevanter Elementgehalte dargestellt:

- Bor, Kupfer und Zink, sind Mikronährstoffe die bei zu hohen Konzentrationen pflanzenschädigende Wirkung haben,
- Blei, Arsen, Cadmium und Quecksilber sind Schadstoffe, die in unberührten Böden nur in sehr geringen Gehalten vorkommen. In Löss betragen die lithogenen Grundgehalte nach Fleige & Hindel (1991):

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| <b>Blei</b>        | 34,00 mg/kg  |
| <b>Arsen</b>       | 6,50 mg/kg   |
| <b>Cadmium</b>     | < 0,03 mg/kg |
| <b>Quecksilber</b> | 0,02 mg/kg   |

Natürliche Anreicherungen dieser Elemente zeigen Tiefenfunktionen mit nach unten zunehmenden Gehalten und schichtspezifische Verteilung in den Böden. Deutlich erhöhte Gehalte im Oberboden mit fallender Tendenz nach der Tiefe (siehe Tab. 6.1) belegen im wesentlichen anthropogen bedingte und/oder äolische Stoffeinträge.

Neben den Bindungsformen und der Pflanzenverfügbarkeit sind die Migrationsprozesse

der Spurenelemente in den konkreten Böden für die Bewertung des Bodenzustandes wichtig. Die Migrationsprozesse können aus den Tiefenfunktionen der Elemente erkannt werden. Die Migration der Spurenelemente in den Böden wird entscheidend durch deren Humus- und Carbonatgehalte, den pH-Wert sowie die Kationenaustauschkapazität gesteuert. Mit zunehmender Größe dieser Parameter nimmt das Bindungs- bzw. Speichervermögen der Böden gegenüber den meisten Schadstoffen zu. Hohes Bindungsvermögen führt zur Anreicherung von Schadstoffen in den Böden, geringes Bindungsvermögen erhöht das Risiko der Grundwassergefährdung (Kapitel 9, Karte S. 136).

## 6.5. Ausblick

Im Ergebnis entsteht ein Bodenformenkatalog mit für das gesamte Land typischen und repräsentativen Profildaten, anhand derer der aktuelle Bodenzustand in den Bodenlandschaften dokumentiert wird (Anhang B). Die Erfassung des aktuellen Bodenzustandes ermöglicht es, die in der Boden-Dauerbeobachtung festgestellten Entwicklungen in die Fläche zu übertragen.

In diesem Projekt werden die von Feldhaus et al. (1996) begonnenen Arbeiten weitergeführt. Profilbezogene Bodenparameter in Verbindung mit einem erweiterten Elementspektrum für das gesamte Bodenprofil erweitern die Aussagemöglichkeiten zur Elementverteilung in Bodenformen und in der Fläche.

Die nächsten Auswertungen erfolgen, wenn die geplante Zahl der Schürfe für den jeweiligen Landschaftsraum erreicht und die Schürfe ausgewertet sind. Auf dieser Basis entstehen für die Bodenlandschaften aktuelle Informationen über die Elementgehalte unterschiedlicher Bodenformen, Substrate und Lagen.

Tab. 6.1.: Parameter und Spurenelemente bezogen auf Substrat-Horizont-Gruppen

| BR <sup>1</sup>                 | Bodenausgangsgesteine | Horizont-<br>bereiche | Boden-<br>horizonte | Proben-<br>anzahl | Humus<br>Masse-% | Carbonat<br>Masse-% | KAKpot<br>cmol <sub>c</sub> /kg | B <sup>2</sup> | Cu <sup>2</sup> | Zn <sup>2</sup> | As <sup>2</sup> | Hg <sup>2</sup> | Pb <sup>2</sup> | Cd <sup>2</sup> |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Auenlandschaften                | Auelehm               | Oberboden             | Ap                  | 10                | 2,1              | 0                   | 20                              | 17             | 18              | 78              | 16,2            | 0,19            | 20              | 0,57            |
|                                 | Auelehm               |                       | Ah                  | 14                | 2,7              | 0                   | 20                              | 20             | 15              | 81              | 20,1            | 0,17            | 19              | 0,47            |
|                                 | Auelehm               |                       | M                   | 11                | 1,2              | 0                   | 17                              | 22             | 18              | 98              | 29,7            | 0,20            | 14              | 0,93            |
|                                 | Auelehm               |                       | Sd                  | 8                 | 0,4              | 0                   | 29                              | 8              | 8               | 54              | 11,4            | 0,11            | 11              | 0,48            |
|                                 | Auelehm               |                       | Go                  | 22                | 0,7              | 0                   | 21                              | 9              | 9               | 55              | 12,7            | 0,16            | 9               | 0,24            |
|                                 | Auelehm               |                       | Go                  | 22                | 0,7              | 0                   | 21                              | 9              | 9               | 55              | 12,7            | 0,16            | 9               | 0,24            |
| Auenlandschaften                | Aueton                | Oberboden             | Ap                  | 16                | 3,5              | 0                   | 41                              | 28             | 29              | 123             | 28,5            | 0,23            | 30              | 0,74            |
|                                 | Aueton                |                       | Ah                  | 16                | 3,4              | 0                   | 36                              | 23             | 21              | 123             | 18,7            | 0,15            | 43              | 0,89            |
|                                 | Aueton                |                       | Sd                  | 18                | 1,2              | 0                   | 47                              | 20             | 20              | 102             | 23,7            | 0,21            | 9               | 0,80            |
|                                 | Aueton                |                       | Go                  | 9                 | 0,9              | 0                   | 37                              | 18             | 18              | 94              | 28,0            | 0,17            | 9               | 0,27            |
|                                 | Aueton                |                       | C                   | 8                 | 0                | 0                   | 2                               | 6              | 1               | 14              | 2,0             | 0,04            | 9               | 0,03            |
|                                 | Aueton                |                       | C                   | 8                 | 0                | 0                   | 2                               | 6              | 1               | 14              | 2,0             | 0,04            | 9               | 0,03            |
| Niederrungen                    | lehmiger Aueand       | Oberboden             | Ap                  | 10                | 1,7              | 0                   | 8                               | 6              | 9               | 49              | 7,6             | 0,15            | 18              | 0,25            |
|                                 | lehmiger Aueand       |                       | Go                  | 11                | 0,7              | 0                   | 10                              | 6              | 3               | 23              | 6,4             | 0,08            | 9               | 0,14            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Go                  | 18                | 0,3              | 0                   | 3                               | 6              | 2               | 16              | 3,8             | 0,08            | 9               | 0,17            |
|                                 | Niederrungen          |                       | H                   | 9                 | 63,4             | 0                   | 24                              | 12             | 19              | 28              | 8,4             | 0,36            | 33              | 0,65            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ap                  | 8                 | 2,0              | 0                   | 9                               | 9              | 5               | 25              | 2,9             | 0,05            | 17              | 0,37            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Go                  | 6                 | 4,3              | 0,2                 | 14                              | 15             | 7               | 19              | 3,9             | 0,19            | 13              | 0,33            |
| Lösslandschaften                | Niederrungen          |                       | Go                  | 12                | 0,2              | 0                   | 4                               | 7              | 2               | 9               | 1,5             | 0,04            | 9               | 0,65            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Gr                  | 8                 | 0,7              | 0                   | 3                               | 6              | 2               | 9               | 2,4             | 0,03            | 9               | 0,15            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ah                  | 5                 | 2,5              | 0                   | 16                              | 21             | 16              | 51              | 8,6             | 0,11            | 31              | 0,03            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ap                  | 21                | 2,4              | 0,2                 | 19                              | 21             | 12              | 60              | 10,2            | 0,14            | 36              | 0,33            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ah                  | 12                | 1,7              | 0                   | 20                              | 22             | 12              | 50              | 8,6             | 0,11            | 29              | 0,03            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Bv                  | 12                | 0,8              | 0,2                 | 17                              | 17             | 8               | 39              | 7,6             | 0,08            | 18              | 0,03            |
| Jung- und Altmoorenlandschaften | Niederrungen          |                       | Cc                  | 23                | 0,3              | 12,7                | 12                              | 17             | 7               | 33              | 6,8             | 0,06            | 15              | 0,03            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ap                  | 5                 | 1,4              | 0                   | 4                               | 6              | 5               | 36              | 2,8             | 0,10            | 17              | 0,18            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Bv                  | 5                 | 0,6              | 0                   | 2                               | 6              | 2               | 12              | 0,8             | 0,03            | 9               | 0,06            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ap                  | 13                | 1,4              | 0                   | 6                               | 7              | 6               | 31              | 2,7             | 0,10            | 15              | 0,43            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Bv                  | 9                 | 0,7              | 0                   | 7                               | 6              | 4               | 27              | 2,8             | 0,08            | 9               | 0,13            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ap                  | 9                 | 1,7              | 0                   | 18                              | 16             | 8               | 45              | 5,8             | 0,10            | 18              | 0,60            |
| Jung- und Altmoorenlandschaften | Niederrungen          |                       | Ah                  | 7                 | 1,4              | 0,9                 | 17                              | 15             | 8               | 41              | 5,2             | 0,13            | 11              | 0,59            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Ael                 | 8                 | 0,3              | 0                   | 7                               | 8              | 3               | 25              | 3,0             | 0,06            | 9               | 0,10            |
|                                 | Niederrungen          |                       | C                   | 8                 | 0,3              | 0                   | 1                               | 6              | 2               | 9               | 0,7             | 0,04            | 9               | 0,04            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Bt                  | 11                | 0                | 0                   | 18                              | 21             | 8               | 38              | 5,9             | 0,07            | 9               | 0,05            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Sd                  | 10                | 0,3              | 0                   | 25                              | 22             | 7               | 40              | 6,5             | 0,09            | 9               | 0,31            |
|                                 | Niederrungen          |                       | Sd                  | 10                | 0,3              | 0                   | 25                              | 22             | 7               | 40              | 6,5             | 0,09            | 9               | 0,31            |

<sup>1</sup> Bodenregionen <sup>2</sup> Medianwerte in mg/kg Trockensubstanz



## Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.
- Altermann, M. & Schröder, H. (1992). Zur Kennzeichnung der Schwarzerden aus Löss in Sachsen-Anhalt. *Kühn-Archiv*, 86(1), 9–20.
- Bauriegel, A. (2005). Ermittlung flächenbezogener bodenkundlicher Parameterdatensätze – Methodik und Stand im Land Brandenburg. In M. Möller & H. Helbig (Eds.), *GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen – Datengrundlagen und Lösungsansätze*. (pp. 17–26). Heidelberg: Wichmann.
- Dehner, U., Hartmann, K.-J., Gehrt, E., & Krug, D. (2001). Zur Hinterlegung der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200) mit bodenkundlichen Flächendatensätzen. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, 47(2), 121–125.
- Feldhaus, D., Schrödter, M., & Gutteck, U. (1996). Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden des Landes Sachsen-Anhalt. *Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt*, 2, 205–211.
- Fleige, H. & Hindel, B. (1991). Geogene Grundgehalte von Schwermetallen in Böden. In D. Rosenkranz, G. Bachmann, G. Einsele, & H.-M. Harreß (Eds.) (1988), *Bodenschutz – Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser*. (1530: 6–31). Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Hartmann, K.-J. (2005). Bereitstellung von Informationen der bodenkundlichen Landesaufnahme zur Bewertung von Bodenfunktionen. In M. Möller & H. Helbig (Eds.), *GIS-gestützte Bewertung von Bodenfunktionen – Datengrundlagen und Lösungsansätze*. (pp. 27–34). Heidelberg: Wichmann.
- Hartmann, K.-J., Dehner, U., Dobler, L., Krug, M., & Kainz, W. (1999). Entwicklung von Flächendatensätzen für die Bodenübersichtskarte im Maßstab 1:200.000, Blatt Leipzig. *Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt*, (5), 135–146.
- Hartmann, K.-J., Fleischer, C., & String, P. (2003). Bodenkundliche Informationen – von Profiluntersuchungen zur Flächeninformati-  
on. In *Tätigkeitsbericht des LAGB 2002*. (pp. 41–54). Halle (Saale): Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- Kainz, W. (1999). Die Bodenlandschaften und Böden. In W. Kainz, P. String, M. Weller, K.-J. Hartmann, C. Knauf, A. Möbes, & D. Feldhaus, *Bodenatlas Sachsen-Anhalt, Teil I*. (pp. 33 S.). Halle (Saale): Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt.
- Kainz, W. (2005a). Erfassung des aktuellen Zustandes der Böden in Sachsen-Anhalt. In *Tätigkeitsbericht des LAGB 2003/2004*. (pp. 71–74). Halle (Saale): Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- Kainz, W. (2005b). Substrat-Horizont-Gruppen – Bausteine für Bodeneinheiten. *Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges.*, 106, 81–82.
- Kainz, W. & Wansa, S. (1997). A new paleosol sequence near Hedersleben – Luvisols in Saalian to Weichselian sediments (Eastern forelands of the Harz mountains). <http://fadr.msu.ru/inqua/nl-15/abstracts.html>.
- Riek, W., Wessolek, G., Renger, M., & Vetterlein, E. (1995). Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrat-Horizont-Gruppen – eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 158, 485–491.
- Vetterlein, E. (1986). Bodenphysikalische Parameter auf der Grundlage von Substrat-Horizont-Gruppen. *Akad. Landw. Wiss. der DDR, Berlin. Tagungsberichte der AdL der DDR*.
- Vetterlein, E. & Zeitz, J. (1985). Bodenphysikalische Kennwerte für Substrat-Horizont-Gruppen. In V. Koepke (Ed.), *Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme* (pp. 57–68). Bad Freienwalde: Ing.-Büro für Melioration.

## 7. Bodenkundliche Basisinformationen

K.-J. Hartmann

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 7.1. Einleitung

Für die Fläche des Landes Sachsen-Anhalt liegen mittel- bis kleinmaßstäbige, bodenkundliche Übersichtskarten vor (Tab. 7.1). Diese Karten, die sich in Zielstellung und Nomenklatur unterscheiden, verfügen über Langelegenden und Flächendatensätze. Demzufolge gilt es für die Maßstäbe  $\geq 1:50.000$  ein Konzept zur Bereitstellung bodenkundlicher Informationen zu entwickeln und umzusetzen. Hierbei können in Hinblick auf Grundlagendaten die Maßstabsbereiche  $1:50.000$  und  $\geq 1:10.000$  unterschieden werden.

Den Maßstabsbereich  $1:50.000$  deckt erst einmal die vorläufige digitale Bodenkarte (VBK) ab. Großmaßstäbige Informationen für die landwirtschaftlich genutzten Standorte resultieren aus der bodenkundlichen Erschließung und Auswertung der Bodenschätzung.

### 7.2. Die vorläufige, digitale Bodenkarte VBK

Der aktuelle Bedarf an bodenkundlichen Informationen ist für die gesamte Landesfläche im Maßstab  $1:50.000$  kurzfristig nicht durch die klassische bodenkundliche Landesaufnahme zu befriedigen. Aus diesem Grund wurde das Konzept der VBK entwickelt. Die VBK resultiert aus der digitalen Aufbereitung vorhandener Unterlagen (Abb. 7.1) wie

- großmaßstäbige Projektkartierung im Maßstab  $1:10.000/25.000$ ,

- Arbeitskarten der mittelmaßstäbigen, landwirtschaftlichen Standortkartierung im Maßstab  $1:25.000$ ,
- Informationen der forstlichen Standortkartierung,
- Auffüllung nicht belegter Flächen mit ergänzenden Informationen.

Mit der Digitalisierung der Grundlage im Originalmaßstab begann die Entwicklung einer einheitlichen Legende und nachfolgend eine inhaltlich räumliche Bearbeitung der Konturen. Die Notwendigkeit der Legendenvereinheitlichung resultiert aus den unterschiedlichen Ausgangskarten, deren Maßstäbe und Entstehungszeiten sowie verschiedenartigen Nomenklaturen bzw. systematischen Vorgaben.

Die dominante Bodenform als Kombination einer boden- mit einer substratsystematischen Einheit bildet die Legendenbasis (Abb. 7.2). Auf die Darstellung der in diesem Maßstab üblichen Vergesellschaftung wurde aufgrund der Heterogenität der verschiedenen Ausgangsunterlagen verzichtet. Dies hätte zu einer nicht mehr überschaubaren Anzahl an Legendeneinheiten mit marginalen, kaum darstellbaren inhaltlichen Unterschieden geführt. Allerdings bietet die Verknüpfung der VBK-Konturen mit den digitalen Dokumentationsblättern A der MMK eine Information zum Bodenformeninventar mit geschätzten Flächenanteilen.

Die Informationen zu Bodentyp, Substrat und Genese der vorhandenen Legendeneinheiten liegen als Ziffern verschlüsselt in einer Datenbank vor. Die Kombination der einzelnen Schlüsselemente steht für eine bestimmte Bodenform.

**Tab. 7.1.:** Mittel- und kleinmaßstäbige bodenkundliche Flächeinformationen in Sachsen-Anhalt

| Karte               | Maßstab   | Darstellung                               | Flächendatensätze         | Nomenklatur    |
|---------------------|-----------|-------------------------------------------|---------------------------|----------------|
| BÜK400 <sup>1</sup> | 1:400.000 | flächendeckend<br>Land                    |                           | TGL 24.300     |
|                     |           | flächendeckend<br>Land                    | Substrat-Horizont-Gruppen | TGL 24.300     |
| BÜK200 <sup>1</sup> | 1:200.000 | Blattschnitt<br>Braunschweig (CC<br>3926) | Profile                   | KA 4           |
|                     |           | Blattschnitt Leip-<br>zig (CC 4734)       | Profile                   | KA 4           |
| MMK <sup>2</sup>    | 1:100.000 | landwirtschaftliche<br>Standorte Land     | Dokumentationsblatt A     | MMK/TGL 24.300 |

<sup>1</sup> Bodenübersichtskarte    <sup>2</sup> Mittelmaßstäbige Landwirtschaftliche Standortkartierung

Auf diese Weise lassen sich auch neue Legendeneinheiten aus der Datenbank generieren.

Eine weitere Programmierung setzt die Legendeneinheiten unter Zugriff auf die Datenbankverschlüsselungen als Bodenform zusammen. Die Darstellung der bodensystematischen Einheit erfolgt über die Zuweisung einer Flächenfarbe. Informationen zum Substrat werden durch Signaturen dargestellt, wobei sich die Signaturfarben von Decke und Liegendem unterscheiden.

### 7.3. Die Bodenschätzung als bodenkundliche Basisinformationen

In Folge der Umwelt- und Bodenschutzgesetzgebung steigt der Bedarf an hochauflösenden, flächentreuen bodenkundlichen Grundlagen sowie thematischen Informationen. Forderungen stellen die Landwirtschaft (§17 BBodSchG 'gute landwirtschaftliche Praxis') sowie umweltgesetzliche Regelungen (Bauleitplanung, EG-Wasserrahmenrichtlinie).

Eine wichtige Voraussetzung zur Umsetzung derartiger Anforderungen besteht u.a. in der Bereitstellung hochauflösender, digitaler Bodeninformationen. Während die Bereitstellung von Sachdaten zur inhaltlichen Beschreibung des bodenkundlichen Inventars und von Parametern für die Entwicklung thematischer Karten (Hart-

mann, 2002) keine Schwierigkeiten bereitet, bestehen Defizite bei der Flächenausgrenzung. Zufriedenstellende Ergebnisse erfordern den Einsatz verschiedener Datenquellen (Boess & Benne, 2002). Eine Datenquelle bildet die Bodenschätzung mit Grablochbeschrieben als Punkt- bzw. Sachdaten und Klassenflächen als Flächeninformationen.

Die Anforderung an die Bereitstellung von Parametern zur Anwendung bodenschutzrelevanter Methoden, die Boden(teil)funktionen beschreiben, lässt sich im Wesentlichen auf Bodenart, Humusgehalt, Lagerungsdichte und pH-Wert reduzieren (Hartmann, 2002). Diese Basisparameter gilt es großmaßstäbig und flächendeckend bereitzustellen. Das Potenzial, das die Bodenschätzung hierfür bietet, die erforderlichen Erschließungsschritte und der daraus resultierende Aufwand sind allgemein bekannt. Die Parameter lassen sich nach verschiedenen Verfahren bereitstellen (Hartmann, 2004):

- Bodenkundliche Übersetzung und Weiterverarbeitung von Grablochbeschrieben,
- Auswertung von Profilinformatoren mit Bezug zum Klassenzeichen.

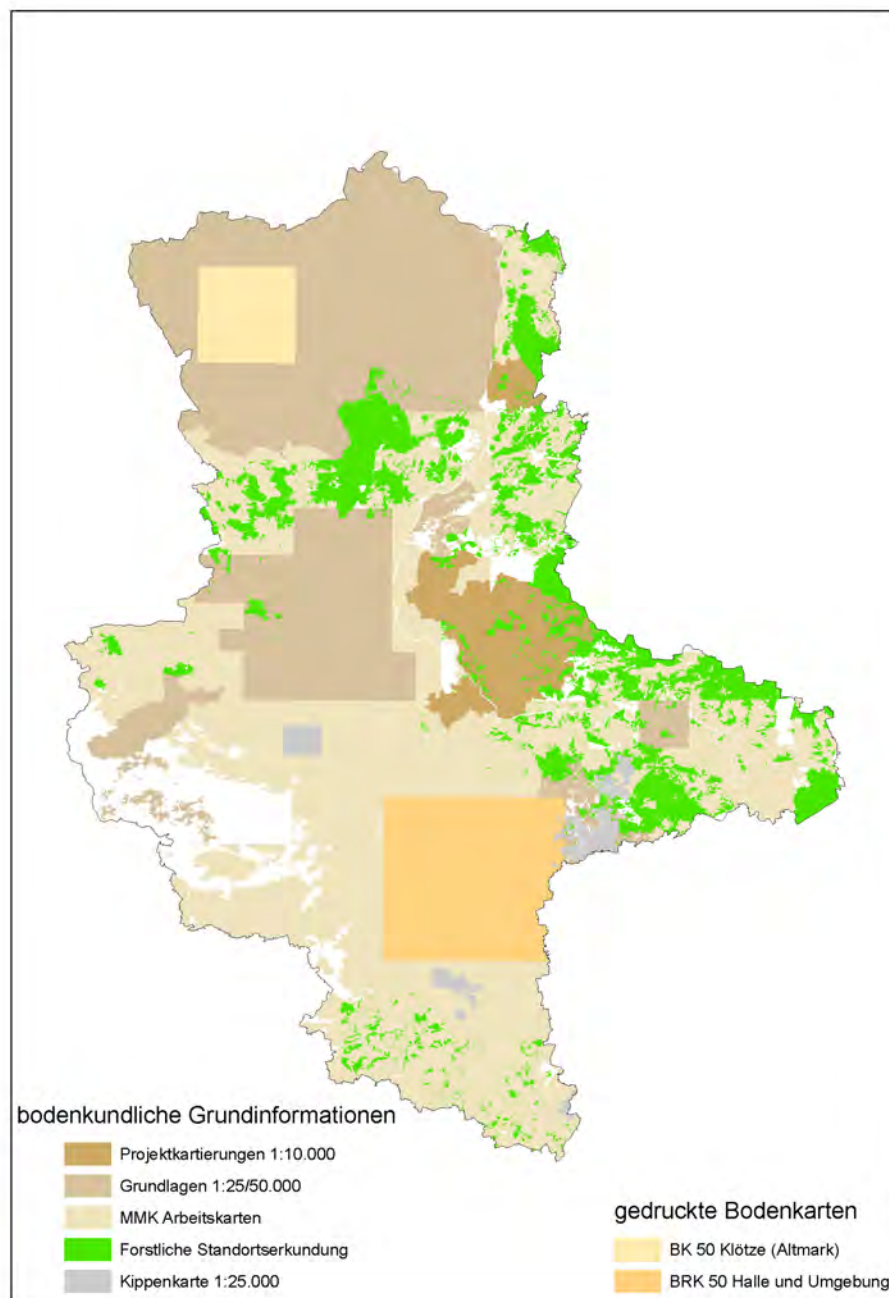


Abb. 7.1.: Eingangsinformationen der VBK

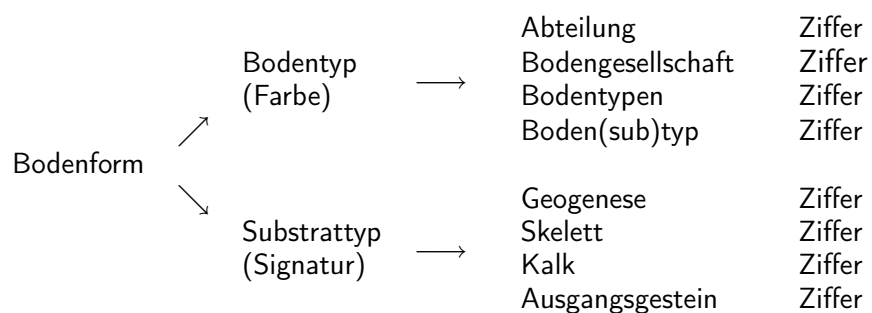


Abb. 7.2.: Legendenaufbau der VBK-Einheiten



### 7.3.1. Bodenkundliche Übersetzung und Weiterverarbeitung von Grablochbeschrieben

Zur Dokumentation der Grablochbeschriebe hat die Bodenschätzung einen eigenen Schlüssel entwickelt, weshalb die Daten für eine allgemeine Nutzung in den bodenkundlichen Sprachgebrauch übertragen werden müssen. Hierfür gibt es rechentechnische Lösungen. Das LAGB orientiert sich an der Verfahrensweise des LBEG (Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Niedersachsen, früher NLFb: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung Bartsch et al., 2003; Engel & Mithöfer, 2003):

- Übernahme der digitaler Daten von der Katasterverwaltung,
- Einlesen der Daten (ProfilReader, SQL-Server-Datenbank),
- Atomisierung (Zerlegung der Information),
- automatisierte Korrektur fehlerhafter Schreibweisen,
- Übersetzung der Merkmale mit Hilfe eines, aus Tabellen bestehenden, Regelwerks,
- Interpretation von Bodenhorizonten,
- Ableitung von Bodentypen.

Die technische Umsetzung bietet durch ein Punktbewertungssystem große inhaltliche Flexibilität, die die Berücksichtigung regionaler Faktoren ermöglicht. Beim Umgang mit den Ergebnissen werden fünf Qualitätsstufen unterschieden (Tab. 7.2).

Als Werkzeug zur Prüfung und Korrektur wurde durch das LBEG ein Programm zur Nachbearbeitung entwickelt, das unter Arcview neben den Analysemöglichkeiten einer Datenbank die Möglichkeit einer Verknüpfung mit räumlichen Informationen bietet und so ein inhaltliche Weiterentwicklung unter Einsatz ergänzender Informationen ermöglicht (Engel & Mithöfer, 2003).

### 7.3.2. Bodenschätzung in Sachsen-Anhalt

In den letzten Jahren hat das Landesamt für Umweltschutz (LAU) mehr als 400.000 in

Sachsen-Anhalt liegenden Grablöcher digital in dem Programm EXCEL erfasst (Gutteck, 1999). Die Katasterverwaltung stellt mit der digitalen Liegenschaftskarte Konturen bereit.

Das Interesse des LAU an der Bodenschätzung betrifft ihren Einsatz als großmaßstäbige Datengrundlage für den Bodenschutz. In die Zuständigkeit des LAGB fällt die bodenkundliche

- Datenhaltung,
- Interpretation und Auswertung,
- nutzerorientierte Informationsbereitstellung.

Im Rahmen des bodenkundlichen Einsatzes der Bodenschätzung für verschiedene Vorhaben durch unterschiedliche Nutzer muss eine einheitliche bodenkundliche Interpretation abgesichert werden. Dem LAGB kommt hierbei eine koordinierende Funktion zu. In Hinblick auf die durch das LBEG definierten Qualitätsstufen bedeutet dies, dass das Ziel in einer, mit Bezug auf die Bodenregionen modifizierten, das Land abdeckenden Qualitätsstufe 2 besteht. Höhere Qualitätsstufen können perspektivisch nur in ausgewählten Projekten, z.B. im Rahmen von Hofbodenkarten, realisiert werden. Dies erfordert:

- Nutzung externer Anwendungen und Lösungen (Programmierung des LBEG),
- Erschließung und strukturierte Ablage der Grablöcher,
- Übersetzung von Grablochbeschrieben für regionale Beispielsgebiete,
- Inhaltliche Überprüfung und gegebenenfalls Änderung der Ergebnisse,
- formale und inhaltliche Korrektur von Profilgruppen mit Bezug auf die Bodenregion, unter Nutzung von Höhen- bzw. Reliefinformationen.

In Hinblick auf Kapazitäten und Kosten erscheint es nicht sinnvoll, dass das LAGB eine eigene Lösung entwickelt. Vielmehr werden die strukturellen Entwicklungen des LBEG genutzt. Die eigentlichen Inhalte der Bodenschätzung sind vergleichbar, so dass nur die formalen Vorgaben an die Datenablage und Schreibweise zu erfüllen bzw. anzupassen sind.

**Tab. 7.2.:** Qualitätsstufen digital übersetzter Bodenschätzungsdaten (Bartsch et al., 2003; Engel & Mithöfer, 2003)

| Qualitätsstufe | Beschreibung                                                                                                                                        |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1              | automatische Übersetzung der Profile mit dem Regelwerk ohne Überprüfung und Korrektur                                                               |
| 2              | formale und inhaltliche Korrektur der Profilgruppen nach allgemeiner Kartiererfahrung                                                               |
| 3              | formale und inhaltliche Korrektur der Profilgruppen unter Berücksichtigung lokaler Kenntnisse und ergänzender Informationen wie Geologie und Relief |
| 4              | formale und inhaltliche Korrektur der Einzelprofilen nach Kartierung oder unter Berücksichtigung von Profilen der Profildatenbank                   |
| 5              | Korrektur von Einzelprofilen aufgrund Geländeüberprüfung am bestimmten Grabloch                                                                     |

## 7.4. Alternative Entwicklung großmaßstäbiger bodenkundlicher Flächeninformationen

Die bodenkundliche Landesaufnahme befindet sich in dem Dilemma einerseits die Anforderungen an nachvollziehbare, bodenkundliche Informationen für verschiedenartigste Fragestellungen und Planungsmaßstäbe zu erfüllen, andererseits der geringen Verfügbarkeit personeller und materieller Ressourcen, die einer vollständige Inventur in einem überschaubaren Zeitraum entgegenstehen.

Eine Alternative zur Generierung hochauflösender flächendeckender Bodeninformationen stellt die Erstellung einer digitalen Konzeptbodenkarte unter Verwendung vorliegender Geoinformationen dar, auf deren Grundlage die Ableitung von Kriterien zur Beschreibung von Bodentypengesellschaften (Tab. 7.3) und ihre Übertragung in die Fläche erfolgt (Abb. 7.3 u. 7.4).

Für eine derartige Bearbeitung bietet sich das Schwarzerdegebiet aufgrund seiner naturräumlichen Geschlossenheit und der für diesen Raum vorliegenden Informationsbasis an. Des weiteren liegen hier für einzelne Bodentypen formalisierbaren Kriterien vor (Fornacon et al., 2002). Als Grundlage für die Generierung einer solchen funktionalen Bodenkarte dienen:

- digitales Geländemodell (DGM) mit Höhendaten,
- digitale Profilinformatoren,

- Informationen zu Gewässern und Wassereinfluss nach BÜK 200,
- Klima,
- Nutzung (ATKIS),
- Vorläufige Bodenkarte (VBK) der landwirtschaftlich genutzten Flächen,
- Flächendatensätze der VBK,
- Informationen des MMK Dokumentationsblattes A.

### 7.4.1. Material und Methoden

Die Bearbeitung erfolgt rasterbasiert. In diesem Format liegen die Geodatensätze zum Klima und Relief, die eine zentrale Komponente bilden, flächendeckend vor. Eine Konvertierung in Vektoren, die bereits bei der Datenaufbereitung zu Informationsverlusten und räumlichen Unschärfen führen würde, kann somit unterbleiben.

Anhand statistischer Analysen werden die relevanten Faktoren der Bodenbildung identifiziert und anschließend parametrisiert. Hierzu finden die verschiedenen Bodeneigenschaften, die Bestandteile der VBK Flächendatensätze sowie die Substratinformationen aus dem MMK Dokumentationsblatt A Verwendung.

Unter Einsatz von Punktdaten aus den Bodenprofilbeschreibungen sollen mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems und spezieller Algorithmen bodenkundlich relevante Informationsschichten differenziert werden. Aus dem DGM werden hierzu geomorphometrische und geomorphographische Reliefeinheiten berechnet. Darauf aufbauend werden weitere Infor-

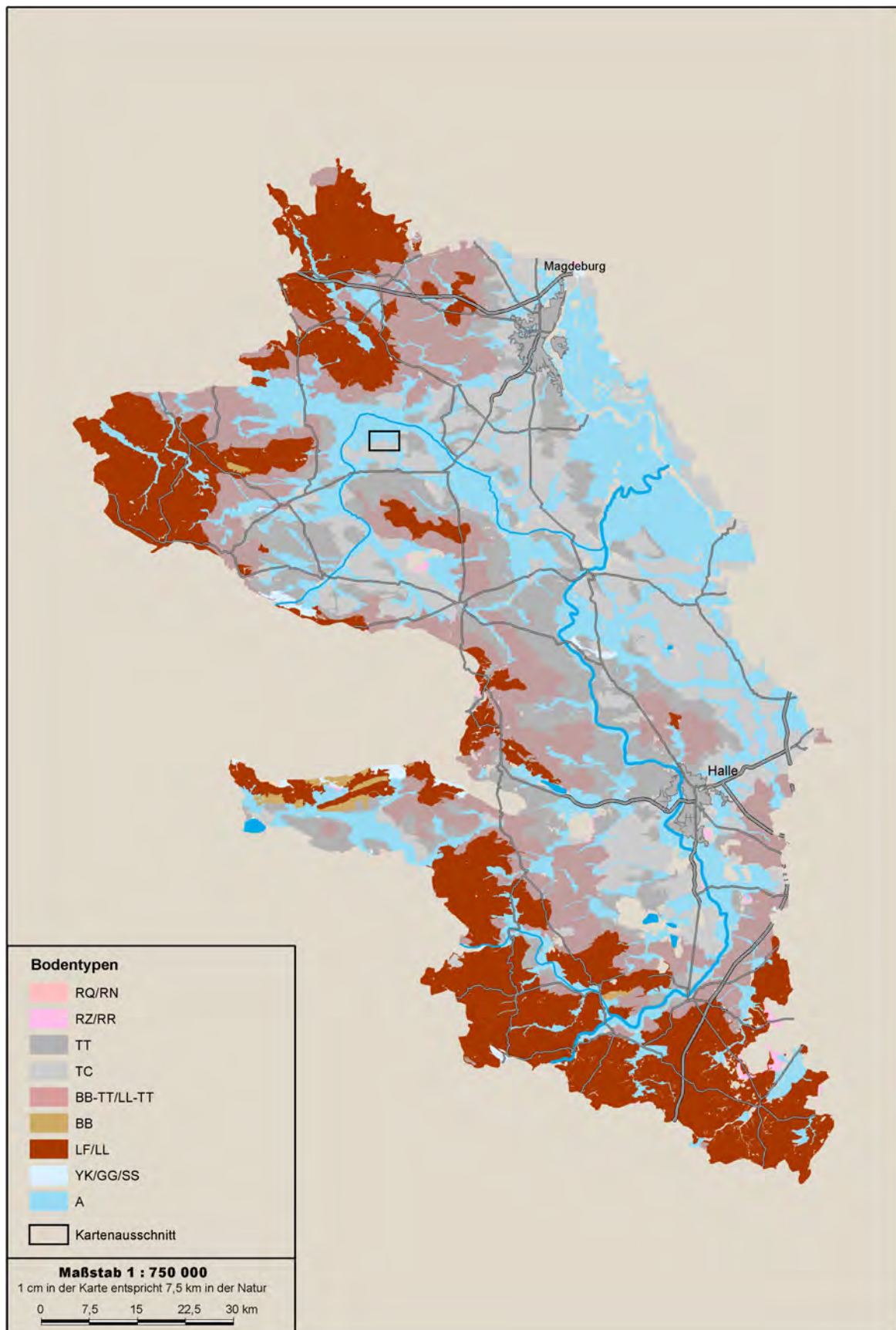
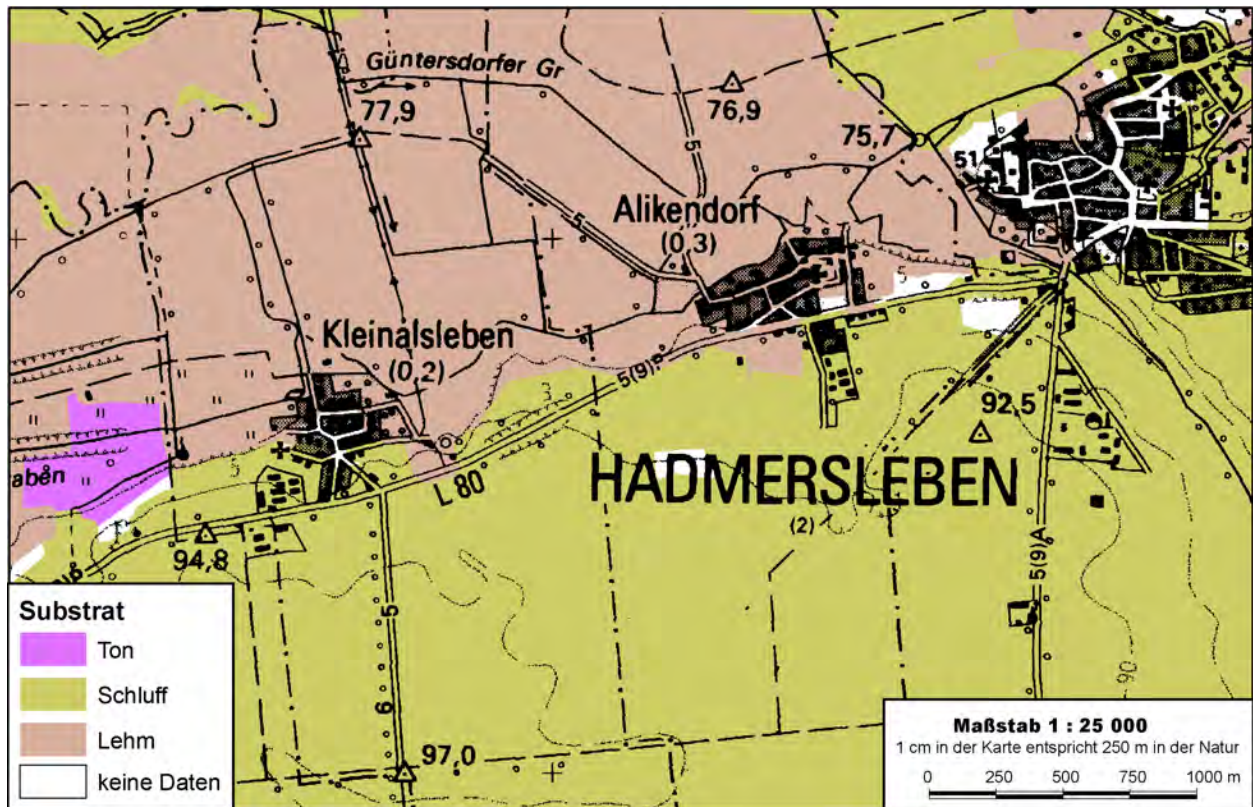
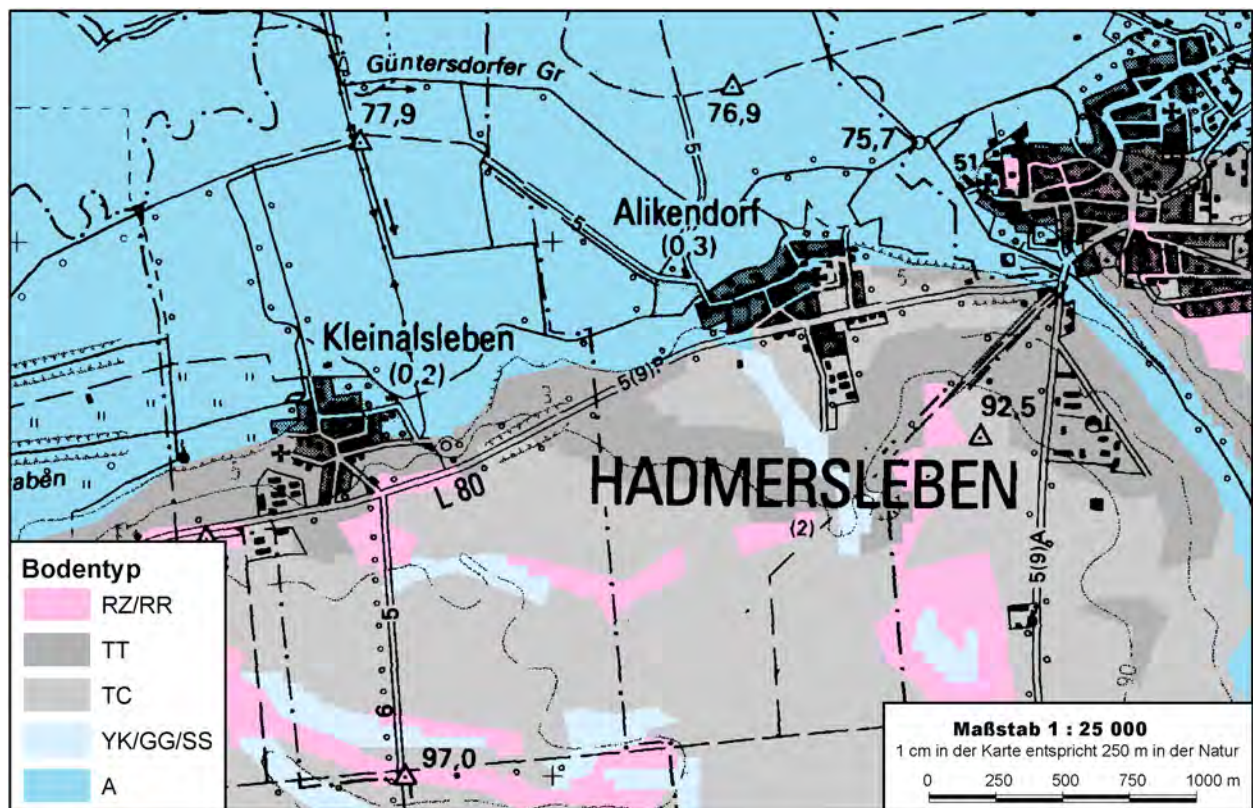


Abb. 7.3.: Synthetische Konzeptbodenkarte für das Schwarzerdegebiet





(a)



(b)

Abb. 7.4.: Synthetische Konzeptbodenkarte für das Schwarzerdegebiet: (a) Substrate und (b) Bodentypen



Tab. 7.3.: Ableitungskriterien der Bodentypengesellschaften

| Bodentypengesellschaft                        | Kriterien                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>A</b> RR, BB-RR                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>relative Profilkrümmung <math>&gt; 30</math></li> </ul>                                                                                                                                                                        |
| <b>B</b> RN, BB-RN, (BB)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hangneigung <math>&gt; 4^\circ</math></li> <li>Mittelwert Strahlungsenergie vom 21. Juni bis 21. Dezember <math>&gt; 4000 \text{ Watt/m}^2</math></li> <li>kleinflächiges Auftreten</li> </ul>                                 |
| <b>C</b> BB, BB-RN, RN-BB, RN                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Hangneigung <math>&gt; 4^\circ</math></li> <li>Mittelwert Strahlungsenergie vom 21. Juni bis 21. Dezember <math>&gt; 4000 \text{ Watt/m}^2</math></li> </ul>                                                                   |
| <b>D</b> TC, (TT, BB-TC)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>500–550 mm Jahresniederschlag</li> <li>klimatische Wasserbilanz <math>&lt; -3,4</math></li> <li>Hangneigung <math>&lt; 1^\circ</math></li> <li>Carbonatgehalt <math>&lt; 9 \text{ dm}</math> unter Flur (DOK A MMK)</li> </ul> |
| <b>E</b> TT, BB-TT, (TC)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>500–550 mm Jahresniederschlag</li> <li>klimatische Wasserbilanz <math>&lt; -3,4</math></li> </ul>                                                                                                                              |
| <b>F</b> TT-LL, LL-TT, BB-TT, (LL, LF)        | <ul style="list-style-type: none"> <li>550–600 mm Jahresniederschlag</li> <li>klimatische Wasserbilanz zwischen <math>-3,4</math> und <math>31,1</math></li> </ul>                                                                                                    |
| <b>G</b> LL, LF, (SS-LL, SS-LF, BB-LL, BB-LF) | <ul style="list-style-type: none"> <li>klimatische Wasserbilanz <math>&gt; 31,1</math></li> </ul>                                                                                                                                                                     |
| <b>H</b> YK, GG-YK, GG-TT, GG-LL              | <ul style="list-style-type: none"> <li>relative Profilkrümmung <math>&lt; -20</math></li> </ul>                                                                                                                                                                       |
| <b>I</b> AB, GG-AB, AB-GG, GG, YK, GG-YK      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Überflutungssimulation, beitragenden Flächen <math>&gt; 160 \text{ ha}</math></li> <li>Überflutungshöhe <math>1,3 \text{ m}</math></li> </ul>                                                                                  |

mationsschichten aus den vorliegenden Flächen Datensätzen extrahiert, um großräumige Unterschiede und Trends zu erfassen. Die Dokumentationsblätter A der MMK dienen dabei als Informationsquelle für Rückschlüsse auf die Ausgangssubstrate der Bodenbildung. Die Unterscheidung zwischen grundwasser- und stauwasserbeeinflussten Standorten erfolgt anhand der Informationen zu Gewässern und dem Grundwasserstand. Die VBK, ebenso wie die Nutzungsinformationen des ATKIS, unterstützen die inhaltlichen Verifizierung der aus dem DGM, dem Klimamodell und der MMK abzuleitenden Flächengrenzen.

Die Zusammenführung der berechneten flächenhaften Informationsschichten bildet die Grundlage für eine statistischen Auswertung der Bodenprofil Datensätze der Profildatenbank SA-BO\_P hinsichtlich der Bodentypologie und der Extrapolation klassifizierter, diskretisierter Bodengesellschaften auf das gesamte Schwarzerdegebiet des Landes Sachsen-Anhalt. Sowohl die Auswahl geeigneter Parameter aus der Bo-

denprofildatenbank als auch die Aggregation der punktbezogenen Bodentypangaben erfolgt auf Basis statistischer Verfahren. Das Ergebnis wird einer fachlichen Prüfung unterzogen. Durch Verschneiden der berechneten Informationsschichten werden Raumeinheiten ausgewiesen. Alle Datensätze mit direkt bodenrelevanten Informationen werden unverändert übernommen. Eine Veränderung der Primärdaten betrifft lediglich die Klassifikation von nominal skalierten Variablen und die Nummerierung von Klassenflächen.

#### 7.4.2. Erstellung der Synthetischen Konzeptbodenkarte für das Schwarzerdegebiet

Auf Basis der flächenhaften Datensätze sowie statistischer Auswertungen wurden Kriterien zur Beschreibung der Verbreitungssystematik verschiedener Bodentypen ermittelt (Tab. 7.3)

und eine synthetische Konzeptbodenkarte erstellt (Abb. 7.3). Die Legendeneinheiten zeigen Bodentypengesellschaften im Sinne von Leitbodentypen in hoher räumlicher Auflösung.

Die Ableitung der räumlichen Verbreitung der Bodentypengesellschaften erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst wird das Untersuchungsgebiet in Bodenlandschaftszonen untergliedert. Eine Unterscheidung erfolgt in Lössgebiete, Auen und lössfreie bzw. stärker reliefierte Bodenlandschaftszonen.

Die Begrenzung der Lössverbreitung erfolgt primär auf Basis von Reliefparametern und der Bestrahlungsintensität. Bei mindestens 4000 Watt/m<sup>2</sup> Strahlungsenergie, gerechnet für den Mittelwert zwischen 21. Juni und 21. Dezember, wird für das Untersuchungsgebiet kein Löss mehr ausgewiesen (Tab. 7.3; Zeile C). Die Ausgrenzung der Auenbereiche erfolgt durch eine Überflutungssimulation (Tab. 7.3; Zeile I). Die ausgehaltenen Flächen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den in der MMK kartierten Verbreitungen.

Die räumliche Abgrenzung zwischen Schwarzerden und Parabraunerden sowie deren Übergangsbildungen innerhalb der Lössgebiete wurden auf Basis der Klimadatensätze und der Profilbeschriebe abgeleitet. Die statistischen Auswertungen der Bodentypenverteilung zeigen deutliche Beziehungen der Böden im Schwarzerdegebiet Sachsen-Anhalts zum heutigen Klima. Die Bodenverbreitung in Relation zur Klimatischen Wasserbilanz (KWB) zeigt mit wenigen Ausnahmen, dass Schwarzerden und Kalkschwarzerden in Sachsen-Anhalt ausschließlich in Gebieten mit negativer klimatischer Wasserbilanz auftreten (Fornacon et al., 2002; Altermann & Kühn, 1995). Bei Niederschlägen von 500 bis 550 mm/a dominieren Braunerde-Schwarzerden, zwischen 550 und 600 mm Jahresniederschlag und deutlich positiver klimatischer Wasserbilanz entwickelten sich Parabraunerde-Schwarzerden (Gehrt, 2000).

Basierend auf dem Prozesssystem der Abtragung und Ablagerung werden innerhalb der Lössgebiete (Para)Rendzinen und kolluvial geprägte Böden differenziert. Hierzu dient der Parameter 'Relative Profil Krümmung' der digita-

len Reliefanalyse (Tab. 7.3; Zeilen A u. H).

Als Grundlage für Substratinformationen dienen Bodenart und Entstehung im Klassenzeichen der Bodenschätzung des Ackerschätzungsrahmens, denen nach Auswertung analysierter Profile ackerbaulich genutzter Standorte Bodenartenhauptgruppen zugeordnet wurden (Tab. 7.4, Abb. 7.4a). Beim Grünlandschätzungsrahmens entspricht die Bodenart des Klassenzeichens der Bodenartenhauptgruppe. Auf diese Weise entstehen für die Klassenzeichen Substratarten-Hauptgruppen. 16 % der Klassenflächen, die mit 97.500 ha 12 % des bearbeiteten Gebietes entsprechen, kann auf diese Weise keine Substratinformation zugeordnet werden. Hierbei handelt es sich um

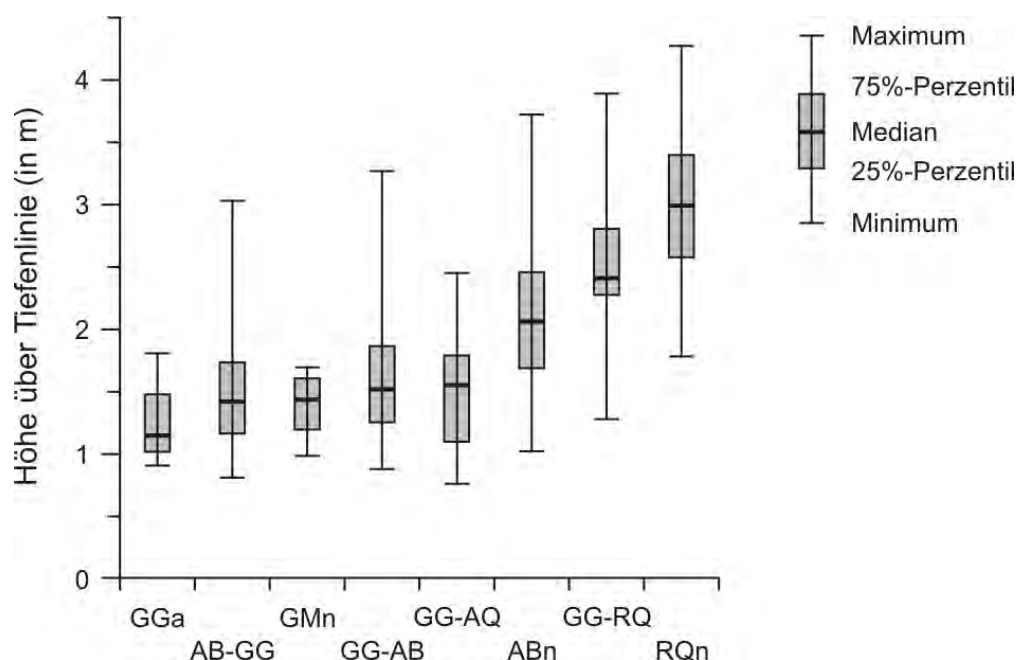
- forstlich genutzte Standorte
- wechselnde Bodenarten
- Kombinationen verschiedener Entstehungen.

**Tab. 7.4.:** Grundlagen der Substratinformationen

|    | D    | Al   | Lö | V    | Vg   |
|----|------|------|----|------|------|
| S  | (v)s | s    |    | s    |      |
| IS | (v)s |      |    |      |      |
| SI | (v)s | s    |    |      |      |
| SL | (v)l | (v)l | u  | (v)u | (v)u |
| sL | (v)l | l    | u  | (v)u |      |
| L  | l    | u    | u  | (v)u | (v)u |
| LT | l    | l    |    | u    | (v)u |
| T  | t    | t    |    | t    |      |

### 7.4.3. Großmaßstäbige Bodeninformationen in Auen

In Auen besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Bodentypen, Grundwasserstand und relativer Höhenlage zum Gewässer (Abb. 7.5). Diese Annahme fand im Rahmen einer Bohrstockkartierung im Gebiet der 'Schwarzen Elster' Bestätigung. Geländeschnitte, die auf Grundlage kartierter Profile für die Saale- und Elsteraue konstruiert wurden (Abb. 7.6), bestätigen diesen Zusammenhang (Grabe et al., 2005; Dehner, 2000). Darauf aufbauend



**Abb. 7.5.:** Beziehung zwischen relativer Höhenlage und Bodentyp (Grabe et al., 2005). GGa = Auengley, AB-GG = Vega-Gley, GMn = Anmoorgley, GG-AB = Gley-Vega, ABn = Vega, GG-AQ = Gley-Paternia, GG-RQ = Gley-Regosol, RQn = Regosol

#### Legende:

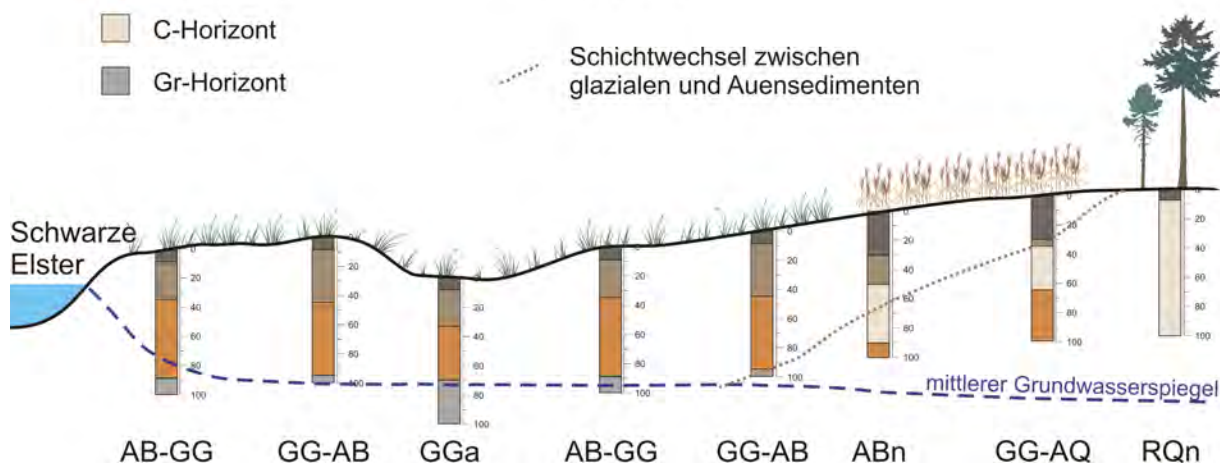
##### Bodenhorizonte

- Ah-Horizont
- M-Horizont
- Go-Horizont
- C-Horizont
- Gr-Horizont

##### Landnutzung

-  Wald
-  Grünland
-  Ackerland

 Schichtwechsel zwischen glazialen und Auensedimenten



**Abb. 7.6.:** Schnitt durch die Elsteraue (Grabe et al., 2005)

lassen sich durch Auswertung von Höhendaten Bodentypenkarten entwickeln.

Für die Modellierung einer großmaßstäbigen Karte liegen hochauflösende Höhendaten auf Basis einer Laserscannerbefliegung in einem Raster von ca. 1 m vor. Als weitere Modellierungsgrundlagen stehen Angaben zu Auftreten und Verbreitung von Bodentypen, die aus einer Übersetzung von Grablochbeschrieben der Bodenschätzung resultieren, sowie Profilbeschreibungen einer Peilstangensondierung zur Verfügung. Zusammenführung und Verrechnung dieser Informationen bilden die Grundlage für die Verarbeitung in einem 'künstlichen neuronalen Netz'. Als erstes Ergebnis entsteht eine Bodentypenkarte (Abb. 7.7). Billen et al. (2003) stellen fest, dass der Einsatz 'Neuronaler Netze' für die Entwicklung von Konzeptbodenkarten bei einer großmaßstäbigen Datengrundlage und entsprechender Methodendokumentation eine hinreichende Genauigkeit erwarten lassen.

## 7.5. Flächendatensätze

### 7.5.1. Das Konzept der Substrat-Horizont-Gruppen

Das Konzept der Substrat-Horizont-Gruppen (SHG) zur Bereitstellung bodenphysikalischer Parameter geht auf Vetterlein (1986) zurück:

- Vetterlein & Zeitz (1985) publizieren bodenphysikalische Kennwerte für Mineralboden- und Moorstandorte des Tieflandes,
- Altermann (1989) kennzeichnet die Eigenschaften landwirtschaftlich genutzter Böden im Unterharz,
- Riek et al. (1992) stellten umfangreiche bodenphysikalische Kennwerte auf Grundlage von SHG vor,
- Ende der 90er Jahre begann die Entwicklung von Flächendatensätzen, die zur inhaltlichen Charakterisierung von Bodenkarten und Bereitstellung beschreibender bodenkundlicher Parameter dienen (Dehner et al., 1999).

Bei den SHG wird davon ausgegangen, dass wesentliche Einflussgrößen für bodenphysikalische (und auch chemische) Eigenschaften durch Substrat- (Bodenart und geologisches Ausgangssubstrat) sowie Horizontmerkmale (bspw. Humusgehalt) bestimmt sind. Die bodengenetischen Faktoren und bodensystematische Einordnungen von Bodenform und Bodentyp, finden an dieser Stelle keine unmittelbare Berücksichtigung (Vetterlein, 1986). Gleichartige SHG unterscheiden sich in ihren Eigenschaften nicht wesentlich. Die typische Abfolge von SHG entsprechend systematischer Vorgaben bildet eine Bodenform. Die Datengrundlage bildet mit 7200 Profilen und 13.800 analysierten Horizonten die Profildatenbank (SABO\_P).

#### 7.5.1.1. Entwicklung der SHG

Nach Definition der SHG wurden die, für weitere Interpretationen, Kennwertzuordnungen und Methodenanwendungen erforderlichen Basisparameter nach festgelegten Kriterien ausgelesen. Neben den Medianen (M) liegen Mittelwerte (X) und Percentile (P) vor (Tab. 7.5). Zur Bereitstellung der Parameter für die SHG (Tab. 7.6) und Standardprofile (Tab. 7.9) dienen Mediane. Die anderen Kennwerte finden bei der inhaltliche Betrachtung und Durchführung von Szenarien Verwendung.

Unter Verwendung der nach KA 4 klassifizierten Basisparametern lassen sich bodenphysikalische Kennwerte (Tab. 7.7) und Kationenaustauschkapazität ermitteln (Tab. 7.8). Bodenphysikalische Kennwerte liegen allgemein auf Grundlage von Bodenart, Humusgehalt und Lagerungsdichte in der KA 4 bzw. bei Riek et al. (1992, 1995) vor. Riek et al. (1992, 1995) zeigen, dass sich die bodenphysikalischen Kennwerte in Abhängigkeit des Ausgangssubstrates unter sonst gleichen Bedingungen unterscheiden (Tab. 7.7). Aus diesem Grund finden nach Möglichkeit die, mit Substratbezug vorliegenden, Werte von Riek et al. (1992, 1995) Verwendung.

Zur Beschreibung und Beurteilung stofflicher Eigenschaften dienen potenzielle und effektive Kationenaustauschkapazität ( $KAK_{\text{pot/eff}}$ ). Die Ableitung der  $KAK_{\text{pot}}$  erfolgt entsprechend der



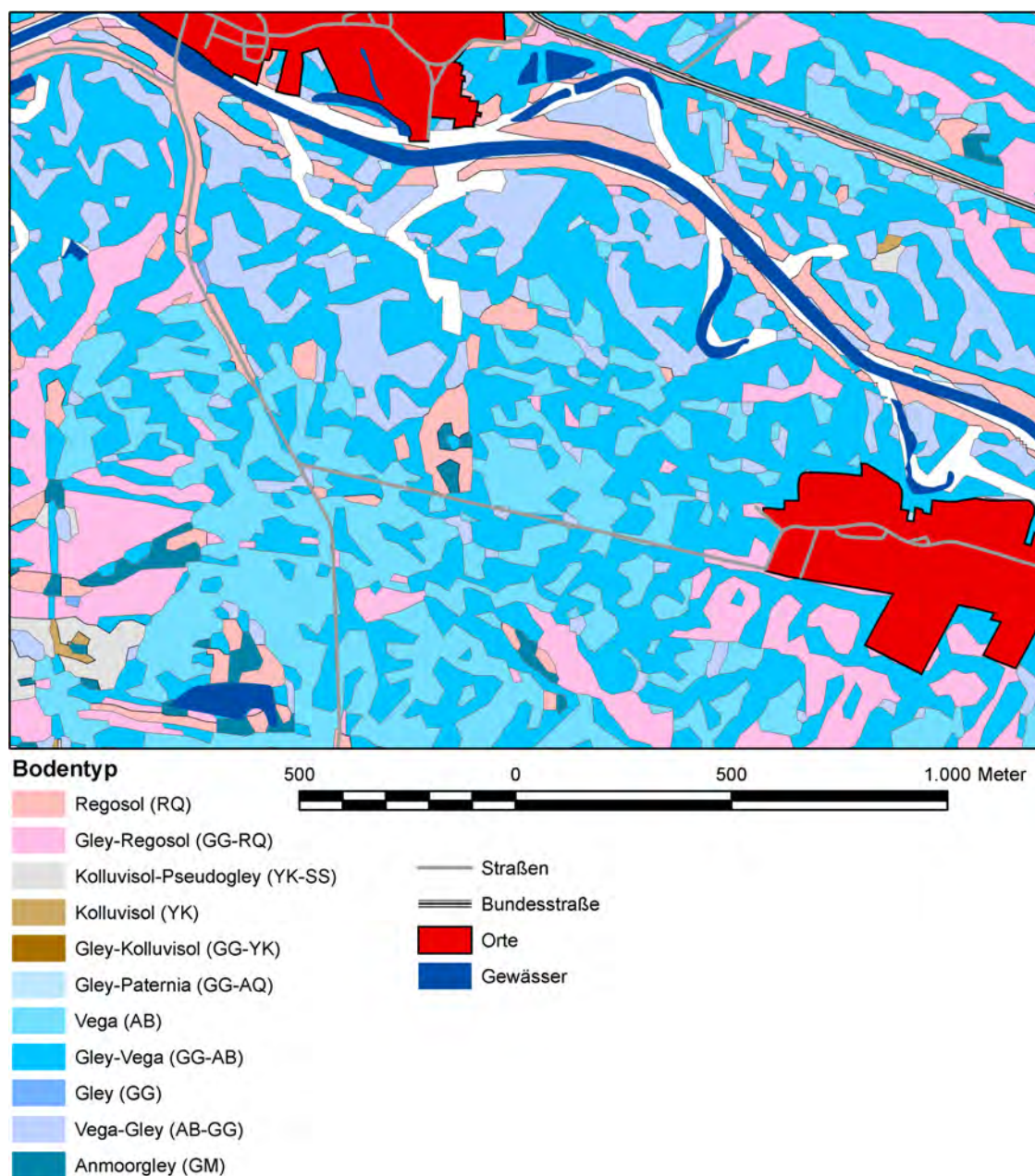


Abb. 7.7.: Ausschnitt aus der Bodentypenkarte Schwarze-Elster

Tab. 7.5.: Parameter (Auswahl) eines Ah aus Löss

|        | dm  | Bodenart | Humus [%] | pH KCl | BS <sup>1</sup> [%] | TRG [g/cm <sup>3</sup> ] |
|--------|-----|----------|-----------|--------|---------------------|--------------------------|
| P 0,10 | 1,3 | Ut4      | 1,0       | 6,0    | 39                  | 1,28                     |
| P 0,25 | 1,5 | Ut4      | 1,4       | 6,8    | 62                  | 1,35                     |
| M      | 2,5 | Ut4      | 1,9       | 7,2    | 88                  | 1,39                     |
| X      | 2,7 | Ut4      | 2,2       | 6,9    | 76                  | 1,43                     |
| P 0,75 | 3,5 | Ut4      | 2,5       | 7,4    | 99                  | 1,52                     |
| P 0,90 | 4,5 | -        | 3,4       | 7,7    | 99                  | 1,62                     |

<sup>1</sup> Basensättigung

KA 4 auf Grundlage von Bodenart und Humusgehalt sowie bei der  $KAK_{eff}$  ergänzend unter Berücksichtigung des pH-Wertes (Tab. 7.8).

#### 7.5.1.2. Informationsbereitstellung der SHG

Die nach KA 4 klassifizierten Parameter und Kennwerte der SHG werden einerseits als Horizonte für die einzelnen Substrate (Tab. 7.6 bis 7.8), andererseits in Form generierter Standardprofile (Tab. 7.9) bereitgestellt. Die Standardprofile, die eine typische Horizontfolge entsprechend der boden- und substratsystematischen Vorgaben abbilden, dienen zur inhaltlichen Charakterisierung von Kartier- und Legendeneinheiten.

### 7.5.2. Informationen für Klassenzeichen der Bodenschätzung

Das Konzept der bodenkundlichen Standardprofile fand u.a. bei der Entwicklung von Flächen Datensätzen für die BÜK 200 Anwendung (Dehner et al., 2001). Hierbei werden für die Legendeneinheiten aus den Informationen bodenkundlich aufgenommener und analysierter Profile unter Einsatz statistischer Methoden Standardprofile generiert und Parameter bereitgestellt. Mit der Bodenschätzung lässt sich vergleichbar verfahren. Die Klassenzeichen bilden die Legendeneinheiten, die Grablochbeschriebe bzw. alternativ Informationen der Profildatenbank SABO\_P die Profile. Dies hängt davon ab, ob mit Hilfe von Algorithmen übersetzte Informationen hinreichend sind oder auf konkrete Messwerte kartierter Profile zurückgegriffen werden muss.

#### 7.5.2.1. Standardklassenzeichen auf Grundlage von Grablochbeschrieben

Eine zusammenfassende Darstellung zur Bodenschätzung enthält Artikel 10. Nach Übersetzung der Grablochbeschriebe mit einer Anwendung des LBEG (Bartsch et al., 2003) liegt im aktuellen bodenkundlichen Sprachgebrauch eine umfangreiche, weiterverarbeitbare Datengrundlage

vor. Diese bildet die Ausgangsbasis für die Generierung von Standardprofilen. In einem zweiten Schritt wurden die Horizontmächtigkeiten in 10 cm Tiefenstufen umgewandelt. Für die einzelnen Tiefenstufen wurden die häufigsten Merkmalskombinationen bodenkundlicher Parameter ermittelt. Die aus diesen Daten generierten Standardprofile werden schließlich auf Plausibilität geprüft und ggf. korrigiert (Tab. 7.10).

Die Regionalisierung der Grablochbeschriebe ermöglicht deren Einordnung in bodengeographische Einheiten. Durch das System der Bodenschätzung bedingt, kommen gleiche Klassenzeichen in verschiedenen Regionen vor, was für die einzelnen Regionen zu unterschiedlichen Anteilen am Gesamtklassenzeicheninventar führt (Tab. 7.11). Standardklassenzeichen liegen sowohl für das Land als auch regionalisiert vor.

#### 7.5.2.2. Kartierte Profile

Die Datengrundlage für die Profilauswertung mit Bezug auf das Klassenzeichen bildet die Profildatenbank SABO\_P des LAGB. Von den 7500 Profilen verfügen aktuell 1400 über eine Information zum Klassenzeichen.

Zur Zuordnung von Parametern und Kennwerten werden die einzelnen Horizonte der bearbeiteten Profile und Grablöcher in 10 cm mächtige Schichten zerlegt, die zur Konstruktion eines 100 cm mächtigen Profils dienen. Zur Beschreibung der Eigenschaften werden den Schichten für die einzelnen Parameter der berechnete Median bzw. der Modal als häufigster Wert zugeordnet (Tab. 7.12).

Auf Grundlage von Bodenart und Humusgehalt lassen sich den Parametern beider Verfahren Kennwerte zuordnen (Hartmann, 2001), wodurch die Bodenschätzung die Informationen für Methoden Anwendungen zur Beantwortung thematischer Fragestellung bereitstellen kann und somit als Grundlage für großmaßstäbige Bearbeitungen zur Verfügung steht.

Neuere Arbeiten versuchen Methoden, Kennwerte und Parameter speziell auf Klassenzeichen zu beziehen und diese so auf Basis des Schätzungsrahmens parameterorientiert zu bewerten (Vorderbrügge et al., 2004). Derartige Verfah-

Tab. 7.6.: Basisparameter von SHG aus Auenlehm

| Horizont | Mächtigkeit [dm] | Bodenart | Humus [%] | TRG [g/cm <sup>3</sup> ] |
|----------|------------------|----------|-----------|--------------------------|
| Ap       | 3,00             | Ls3      | 2,73      | 1,62                     |
| Ah       | 2,00             | Ls2      | 4,10      | 1,42                     |
| M        | 3,50             | Ls2      | 1,20      | 1,49                     |
| C        | 5,50             | Lu       | 1,10      | 1,56                     |
| Sw       | 2,00             | Lts      | 1,40      | –                        |
| Sd       | 3,00             | Ls2      | 0,70      | 1,68                     |
| Go       | 3,00             | Ls3      | 0,58      | 1,56                     |
| Gr       | 2,25             | Ls3      | 0,69      | 1,54                     |

Tab. 7.7.: Luftkapazität (LK) Feldkapazität (FK) und nutzbare Feldkapazität (nFK) von SHG aus Auenlehm in Vol.-%

| Horizont | LK <sup>1</sup> | FK <sup>1</sup> | nFK <sup>1</sup> | LK <sup>2</sup> | FK <sup>2</sup> | nFK <sup>2</sup> |
|----------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| Ap       | 10,5            | 33,5            | 15,0             | 8,0             | 36,5            | 16,5             |
| Ah       | 9,0             | 37,5            | 17,5             | 12,0            | 49,5            | 24,0             |
| M        | 9,0             | 35,0            | 15,5             | 7,5             | 35,0            | 15,0             |
| C        | 7,0             | 38,0            | 15,5             | 6,0             | 38,0            | 16,5             |
| Sw       | 10,0            | 36,5            | 14,0             | –               | –               | –                |
| Sd       | 7,5             | 31,5            | 11,5             | 5,5             | 29,0            | 13,0             |
| Go       | 10,5            | 34,0            | 15,0             | 6,5             | 32,5            | 15,0             |
| Gr       | 10,5            | 34,0            | 15,0             | 6,5             | 32,5            | 15,0             |

<sup>1</sup> Riek et al. (1995)<sup>2</sup> KA 4 (AG Boden, 1994)Tab. 7.8.: KAK<sub>pot/eff</sub> von SHG aus Auenton in cmol/kg

| Horizont | Bodenart | Humus | pH | KAK <sub>pot</sub> | KAK <sub>eff</sub> |
|----------|----------|-------|----|--------------------|--------------------|
| Ap       | Lt3      | h3    | a1 | 29                 | 28                 |
| Aa       | Lt3      | h6    | s2 | 72                 | 52                 |
| Ah       | Lt3      | h4    | s3 | 37                 | 31                 |
| M        | Tu3      | h2    | s3 | 24                 | 23                 |
| C        | Tu2      | h3    | s3 | 36                 | 33                 |
| Sw       | Lu       | h3    | s3 | 22                 | 18                 |
| Sd       | Lt3      | h1    | s3 | 22                 | 22                 |
| Go       | Tu3      | h2    | s2 | 24                 | 23                 |
| Gr       | Lt3      | h2    | a1 | 25                 | 24                 |

Tab. 7.9.: Standardprofil Tschernosem aus Löss (TT: p-ö): Basisparameter und Kennwerte

| Hori-<br>zont | dm  | A – Basisparameter |       |                   |    |             | B – Kennwerte |      |      |                    |                    |
|---------------|-----|--------------------|-------|-------------------|----|-------------|---------------|------|------|--------------------|--------------------|
|               |     | Bodenart           | Humus | CaCO <sub>3</sub> | pH | TRG         | LK            | FK   | nFK  | KAK <sub>pot</sub> | KAK <sub>pot</sub> |
| Ap            | 3,0 | Ut4                | h3    | c2                | s1 | $\rho_{t3}$ | 8,0           | 36,0 | 20,5 | 21                 | 20                 |
| Ah            | 2,5 | Ut4                | h2    | c1                | s2 | $\rho_{t2}$ | 10,5          | 35,5 | 20,0 | 17                 | 16                 |
| C             | 5,5 | Ut3                | h1    | c4                | a2 | $\rho_{t3}$ | 6,5           | 35,0 | 24,0 | 11                 | 11                 |

ren stehen methodisch zwischen den beiden dargestellten Ansätzen und führen zu vergleichbaren Ergebnissen.

## 7.6. Ausblick

Aktuell deuten sich zwei Bereiche an, für die perspektivisch bodenkundliche Basisinformationen bereitgestellt werden müssen. Hierbei handelt es sich um den Bereich, der allgemein in Kapitel 7.4.2 beschrieben wurde. Das Landesamt für Umweltschutz hat in Kooperation mit Universitäten und dem LAGB die Erarbeitung einer Bodenprognosekarte für das nördliche Elbauengebiet beauftragt. Aufgrund aktueller Fragen ist die Bereitstellung einer derartigen Informationsebene auch für andere Auengebiete erforderlich und in Abhängigkeit der Datenlage möglich.

Einen zunehmenden Bedarf an flächenscharfen Bodeninformationen formuliert die Landwirtschaft (siehe Artikel 10). Hochauflösende Bodenkarte dienen im Rahmen des 'Precision Farming' zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung der Ackerflächen. In derartige Bodenkarten gehen verschiedenartigste Informationen ein. Hierzu gehören u.a. anforderungsorientierte Auswertungen von Grablochbeschrieben der Bodenschätzung und punktscharfe Informationen, deren Erhebung mittels geoelektrischer Methoden erfolgt (Boess, 2004; Domsch, 2004). Die Eingangsdaten der Bodenschätzung stehen aufbereitet für eine fachlich/inhaltliche Weiterverarbeitung zur Verfügung.

## Literatur

- AG Boden (1994). Bodenkundliche Kartieranleitung. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 4. Auflage.
- Altermann, M. (1989). Pedologisch-hydrologische Kennzeichnung landwirtschaftlich genutzter Standorte des Unterharzes. Abh. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-nat. Klasse, 56(4), 93–102.
- Altermann, M. & Kühn, D. (1995). Böden, Bodennutzung und Bodenschutz im mitteldeutschen Trockengebiet – am Beispiel der Querfurter Platte. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 77, 229–278.
- Bartsch, H.-U., Benne, I., Gehrt, E., Sbresny, J., & Waldeck, A. (2003). Aufbereitung und Übersetzung der Bodenschätzung. Arbeitshefte Boden, 2003/1, 45–95.
- Billen, N., Stahr, K., Lehmann, D., & Roman, L. (2003). Mit neuronalen Netzen entwickelte Konzeptbodenkarten im GIS – Erstellung einer flächendeckenden Planungsgrundlage. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 102(2), 431–432.
- Boess, J. (2004). Konzept zur Erstellung einer hoch auflösenden Bodenkarte für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Arbeitshefte Boden, 5/2004, 21–33.
- Boess, J. & Benne, I. (2002). Die Hofbodenkartierung des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung. Zeitschrift für angewandte Geologie, 2, 5–8.
- Dehner, U. (2000). Ermittlung geogener Hintergrundwerte umweltrelevanter Spurenelemente im Flussgebiet der unteren Saale auf der Basis stratigraphisch bodenkundlich orientierter Untersuchungen. Hallesches Jahrb. Geowiss., Reihe B (Beiheft 11).
- Dehner, U., Hartmann, K.-J., Gehrt, E., & Krug, D. (2001). Zur Hinterlegung der Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200) mit bodenkundlichen Flächendatensätzen. Zeitschrift für angewandte Geologie, 47(2), 121–125.
- Dehner, U., Hartmann, K.-J., Kainz, W., & Krug, D. (1999). Vom Punkt in die Fläche – zur Generierung von Flächendatensätzen für Bodenübersichtskarten im Maßstab 1:200.000. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 91(2), 957–960.
- Domsch, H. (2004). Aufnahme und Interpretation der elektrischen Bodenleitfähigkeit für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Arbeitshefte Boden, 5, 11–20.
- Engel, N. & Mithöfer, K. (2003). Auswertung digitaler Bodenschätzungsdaten im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) – ein Überblick für den Nutzer. Arbeitshefte Boden, 1/2003, 5–43.
- Fornacon, C., Hartmann, K.-J., & Srugies, A. (2002). Zur standortkundlichen Kennzeich-



**Tab. 7.10.:** Standardprofil L1Lö auf Grundlage übersetzter Grablochbeschriebe

| Schicht | Mächtigkeit [dm] | Skelett | Bodenart | Humus | Kalk | LD |
|---------|------------------|---------|----------|-------|------|----|
| 1       | 3                | 0       | Ut4      | h3    |      | 2  |
| 2       | 3                | 0       | Ut4      | h3    |      | 2  |
| 3       | 2                | 0       | Ut3      |       | c3   | 3  |
| 4       | 2                | 0       | Ut3      |       |      | 3  |

**Tab. 7.11.:** Anzahl und regionale Verteilung parametrisierter Standardklassenzeichen

| Regionen           | Anzahl Klassenzeichen | Anteil Inventar [%] | Anteil Landesfläche [%] |
|--------------------|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| 2 <sup>1</sup>     | 202                   | 54                  | 19                      |
| 3+4 <sup>2</sup>   | 173                   | 47                  | 35                      |
| 6+7 <sup>3</sup>   | 307                   | 83                  | 37                      |
| 10+11 <sup>4</sup> | 10                    | 3                   | 7                       |
| Land               | 371                   | 100                 | 99                      |

<sup>1</sup> Flusslandschaften<sup>2</sup> Jung- und Altmoränenlandschaften<sup>3</sup> Löss- und Sandlösslandschaften, Berg und Hügelländer mit Löss<sup>4</sup> Jung- und Altmoränenlandschaften**Tab. 7.12.:** Standardprofil L3Lö auf Grundlage von Medianen (Mittelwerten)

| Schicht [dm] | Ton [%] | Schluff [%] | Sand [%] | Bodenart  | Humus [%] | pH KCl    |
|--------------|---------|-------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1            | 17 (17) | 77 (76)     | 6 (7)    | Ut4 (Ut4) | 2,1 (2,3) | 7,0 (6,8) |
| 2            | 17 (17) | 77 (76)     | 6 (7)    | Ut4 (Ut4) | 2,1 (2,3) | 7,0 (6,8) |
| 3            | 17 (17) | 77 (76)     | 6 (7)    | Ut4 (Ut4) | 2,1 (2,2) | 7,0 (6,8) |
| 4            | 17 (19) | 77 (76)     | 4 (5)    | Ut4 (Ut4) | 1,7 (1,6) | 7,0 (6,9) |
| 5            | 17 (18) | 77 (76)     | 4 (6)    | Ut4 (Ut4) | 0,5 (0,7) | 7,1 (7,0) |
| 6            | 18 (19) | 77 (75)     | 4 (6)    | Ut4 (Ut4) | 0,5 (0,5) | 7,3 (7,1) |
| 7            | 17 (18) | 77 (75)     | 4 (7)    | Ut4 (Ut4) | 0,3 (0,4) | 7,4 (7,1) |
| 8            | 15 (17) | 79 (76)     | 4 (8)    | Ut3 (Ut3) | 0,3 (0,3) | 7,6 (7,2) |
| 9            | 15 (16) | 79 (76)     | 4 (8)    | Ut3 (Ut3) | 0,3 (0,3) | 7,6 (7,2) |
| 10           | 15 (16) | 80 (76)     | 4 (9)    | Ut3 (Ut3) | 0,3 (0,3) | 7,6 (7,2) |

- nung von Bodentypen in Landschaften des Schwarzerdegebietes. Hallesches Jahrb. Geowiss., 24, 89–96.
- Gehrt, E. (2000). Nord- und mitteldeutsche Lössböden und Sandlössgebiete. In Handbuch der Bodenkunde. (pp. 1–53). 9. Erg. Lfg. 10/2000.
- Grabe, M., Hartmann, K.-J., Jahn, R., & Scholten, T. (2005). Erstellung einer Bodenkonzeptkarte für Auenbereiche der Schwarzen Elster. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 107(1), 321–322.
- Guttek, U. (1999). Digitalisierung von Altdaten der Bodenschätzung. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 32, 3–17.
- Hartmann, K.-J. (2001). Ableitung von Flächendaten für Klassenzeichen der Bodenschätzung. Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, 6, 129–134.
- Hartmann, K.-J. (2002). Das Spannungsfeld Datenbestände und –erhebung, Erfassungsstandards und Qualitätssicherung in Hinblick auf Nutzeranforderungen. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 98, 9–10.
- Hartmann, K.-J. (2004). Bereitstellung bodenschutzrelevanter Parameter und Kennwerte auf Grundlage der Bodenschätzung – ein Vergleich. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 104, 21–22.
- Riek, W., Wessolek, G., Renger, M., & Fackalm, M. (1992). Ableitung bodenphysikalischer Kennwerte aus Basisdaten auf der Grundlage von bodenkundlichen Labordatenbanken. Bundesanstalt für Geologie und Rohstoffe (BGR), Hannover. Bericht im Auftrag der BGR.
- Riek, W., Wessolek, G., Renger, M., & Vetterlein, E. (1995). Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Substrat-Horizont-Gruppen – eine statistische Auswertung von Labordatenbanken. Z. Pflanzenernähr. Bodenk., 158, 485–491.
- Vetterlein, E. (1986). Bodenphysikalische Parameter auf der Grundlage von Substrat-Horizont-Gruppen. Akad. Landw. Wiss. der DDR, Berlin. Tagungsberichte der AdL der DDR.
- Vetterlein, E. & Zeitz, J. (1985). Bodenphysikalische Kennwerte für Substrat-Horizont-Gruppen. In V. Koepke (Ed.), Anleitung zur hydrologischen Standortaufnahme (pp. 57–68). Bad Freienwalde: Ing.-Büro für Melioration.
- Vorderbrügge, T., Miller, R., Peter, M., & Sauer, S. (2004). Anleitung der nutzbaren Feldkapazität aus den Klassenzeichen der Bodenschätzung. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 104, 33–34.



## 8. Methodik der Bewertung von Bodenfunktionen und Bodengefährdungen

H. Helbig

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 8.1. Einleitung

Das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt verfolgt u.a. das Ziel, die Böden Sachsen-Anhalts in ihrer Funktion als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensgrundlage für den Menschen zu bewerten sowie Gefährdungen der Böden deutlich zu machen. Die Aufgabe resultiert aus dem Bundesbodenschutzgesetz, das neben Informationen für den vorsorgenden Bodenschutz auch solche zur Abwehr von Gefahren aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten verlangt.

Um den Schutz des Bodens und seiner Funktionen gegen die Ansprüche anthropogener Flächennutzungen abwägen zu können, werden Aussagen zu Bodenfunktionen und Bodengefährdungen nach Möglichkeit flächendeckend zur Verfügung gestellt. Daten und Karten sollen jederzeit den aktuellen bodenkundlichen Kenntnis- und Datenstand wiedergeben und auf Verfahren beruhen, die im Zusammenwirken mit den jeweiligen Datengrundlagen reproduzierbar sind sowie dem Stand von Wissenschaft und Technik entsprechen. Sie sind damit auch rechtlich belastbar.

In Sachsen-Anhalt wird die Bodenfunktionsbewertung durch die Interministerielle Arbeitsgruppe Bodeninformationssysteme (IMAG) koordiniert.

### 8.2. Umweltdatenraster

Bewertungen von Bodenfunktionen beziehen neben Informationen zum Boden weiterhin digitale Karten und Daten zu Klima, Relief und Landnutzung ein. Im geographischen Sinne werden Boden, Relief, Klima und Landnutzung als Geokomponenten oder Sphären der Landschaft bezeichnet (Haase et al., 1991). Im GIS-technischen Sinne handelt es sich um Informations- bzw. Datenebenen. Sie liegen als weitgehend unabhängig voneinander erarbeitete, einzelne Karten vor. In dieser Hinsicht stellen die Bodenkarten allerdings eine Besonderheit dar, da sich im Boden die übrigen Landschaftssphären gegenseitig durchdringen. Der Boden spiegelt die räumlichen Muster von Relief, Klima und Landnutzung wider.

Den räumlichen Objekten der digitalen Karten (z.B. Bodenkonturen oder Klimarasterpunkte) sind Sachdaten (z.B. Humusgehalt oder Jahresniederschlag) zugeordnet. Diese fungieren als Eingangsdaten für die Bewertung der Bodenfunktionen.

#### 8.2.1. Eingangsdaten

Die **Bodendaten** werden überwiegend mittels Substrat-Horizont-Gruppen aus Profildaten regionalisiert (siehe Artikel 7 und 6). Einige Parameter sind bisher nur aus der Bodenform ableitbar (Vernässungsgrad, Gründigkeit, Grundwasserstände). Die Bodenkarte VBK 50 besteht aus



Konturen, für die eine Bodenform als Leitprofil angegeben ist. Begleitbodenformen werden nicht ausgewiesen.

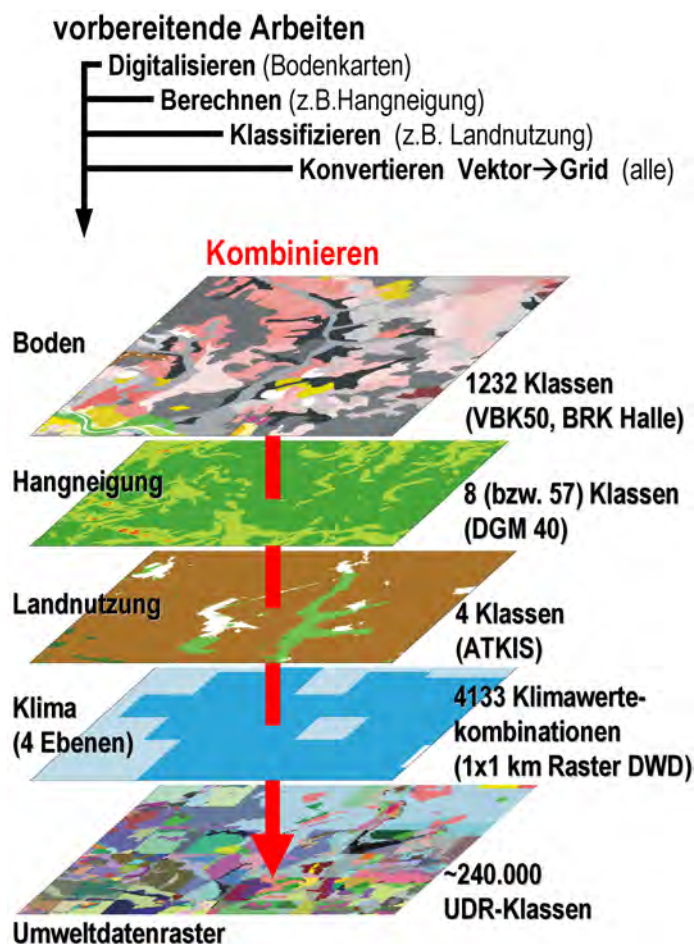
Als Grundlage für die benötigten **Klimaparameter** dienen die Daten des  $1 \times 1$  km Rasters (DWD-Klimaraster) des Deutschen Wetterdienstes. Die Originaldaten vom Deutschen Wetterdienst basieren auf den Reihen der Jahre 1961 bis 1990. Sie wurden vom Deutschen Wetterdienst aus 320 punktförmig vorliegenden und relativ gleichmäßig über das Land verteilten Messstationen mittels Interpolation und Höhenregression in eine flächenhafte Darstellung gebracht (Müller-Westermeier, 1995).

Die **Landnutzungsklassen** wurden dem Amtlichen Topographisch-kartographischen Informationssystem (ATKIS) des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt (Digitales Situationsmodell 1:25.000) entnommen (LLD, 1999). Die Daten liegen als Polygone vor.

**Reliefparameter** werden in Form ganzzahliger gerundeter metrischer Hangneigungen verwendet. Die Hangneigung wurde aus dem Digitalen Geländemodell im 40-m-Raster (LLD, 1999) mit Hilfe des 'Spatial Analyst' von ESRI (McCoy & Johnston, 2001) berechnet.

### 8.2.2. Kombination der Datenebenen im GIS

Alle Datenebenen sind nach Durchführung vorbereitender Arbeitsschritte in das Rasterformat zu konvertieren. Um den räumlichen Bezug der Daten zueinander herzustellen, werden sie im GIS kombiniert. Das Kombinieren ermöglicht die Zusammenführung lageidentischer Raster verschiedener Datenebenen (Abb. 8.1). Dabei entsteht eine neue Rasterkarte, welche die räumliche Verbreitung der mit ihnen verbundenen Sachdaten wiedergibt. Jede Rasterzelle gehört zu einer Klasse von Umweltdatenkombinationen (UDR-Klassen). Diese Vorgehensweise ermöglicht, dass Bewertungen nur noch für Klassen und nicht mehr für Konturen oder Rasterpunkte durchgeführt werden müssen. Der Prozess des Kombinierens könnte ebenfalls auf Vektordatenbasis erfolgen. Aufgrund der komplexen Dateneigenschaften von Vektor-



**Abb. 8.1.:** Integration von räumlichen Daten durch Kombination im GIS. Das Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt (UDR40ST) dient als Grundlage für die Bewertung von Bodenfunktionen und Bodengefährdungen.

daten ist die Arbeit mit großen Polygonshapefile aber sehr zeitaufwändig. Dieses Problem wird mit der Verwendung von Rasterdaten (GRID-Format) erheblich gemildert.

Zur Erstellung dieses Rasters wurden unterschiedliche Daten auf Grund ihrer geographischen Lage kombiniert. Dabei entstehen zwangsläufig auch irreale bzw. unwahrscheinliche Datenkombinationen. Darunter versteht man Umweltbedingungen, die an einem Ort nicht bzw. äußerst selten gemeinsam auftreten (Beispiel: Auenboden in stark geneigter Hanglage). Solche Datenkombinationen haben nur einen geringen Flächenanteil, können aber zu falschen Ergebnissen bei der Bewertung von Bodenfunktionen und Bodenempfindlichkeiten

führen. Insbesondere kleine und schmale Flächen, die eine Größe von nur wenigen Rasterfeldern aufweisen, sind deshalb in ihrem Aussagegehalt kritisch zu betrachten. Zur Überprüfung einzelner Flächen kann der gesamte Datenhintergrund bereitgestellt werden. Eine andere Möglichkeit besteht darin, Flächen zu aggregieren.

### 8.2.3. Strukturierung der Sachdaten in Datenbanken

Die UDR-Klassen bilden den Kern einer Datenbank, die mit dem Methoden-Management-System (MeMaS) verknüpft ist (Abb. 8.2). Die Datenbank enthält alle Eingangsdaten sowie Module und Abfragen zur Anpassung der Daten an die Vorgaben der in MeMaS implementierten Auswertungsalgorithmen. Darüber hinaus werden hier aus Bodenbasisdaten weitere Parameter abgeleitet (bspw. Vernässungsgrad, Gründigkeit).

In MeMaS erfolgt mit programmierten Routinen die Auswertung der Eingangsdaten hinsichtlich der Bewertung von Bodenfunktionen (Müller, 1997, 2004). Alternativ werden Bewertungen bspw. bei der Bodenerosion und Abflussregulation mit Hilfe von Visual Basic Modulen in der Access- bzw. GIS-Umgebung vorgenommen. Die Leitprofile der Bodeneinheiten sind vertikal aus mindestens einem Bodenhorizont aufgebaut. Zu den **Bodenhorizontdaten** gehören Horizontbezeichnung und -tiefe, Bodenart, Skelettgehalt (klassifiziert), Geogenese, Humusgehalt (klassifiziert), Lagerungsdichte (klassifiziert), aktueller und potenzieller pH-Wert (metrisch), Kalziumcarbonatgehalt (klassifiziert).

Zur Kategorie der **Bodenprofilaten** zählen Bodentyp, aktueller und potenzieller Vernässungsgrad (klassifiziert), aktueller und potenzieller mittlerer Grundwasserhochstand, aktueller und potenzieller mittlerer Grundwassertiefstand sowie Gründigkeit.

Weitere erforderliche **Sachdaten** sind Hangneigung (klassifiziert), Niederschlagshöhe und potenzielle Evapotranspiration (metrisch) Jahresmitteltemperatur (metrisch) und Landnutzung (klassifiziert).

### 8.2.4. Umweltdatenraster (UDR) – Definition, Maßstab und Metainformation

Das Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt (UDR40ST) ist ein Datenmodell zur Bewertung von Bodenfunktionen. Es besteht aus einer Rasterkarte und einer Datenbank. Auf der Rasterkarte wird die geographische Lage der Sachdaten wiedergegeben. Jeder Rasterzelle ist somit eine Klasse von Umweltdaten-Kombinationen (UDR-Klassen) zugeordnet. Die Datenbank enthält Informationen zu Boden (Vorläufige Bodenkarte 1:50.000), Relief (DGM 40), Klima (DWD-Raster 1000) und Landnutzung (DLM 10). Erforderliche Weiterentwicklungen und Aktualisierungen des UDR bleiben anhand der Versionsnummer (UDR40STX) nachvollziehbar.

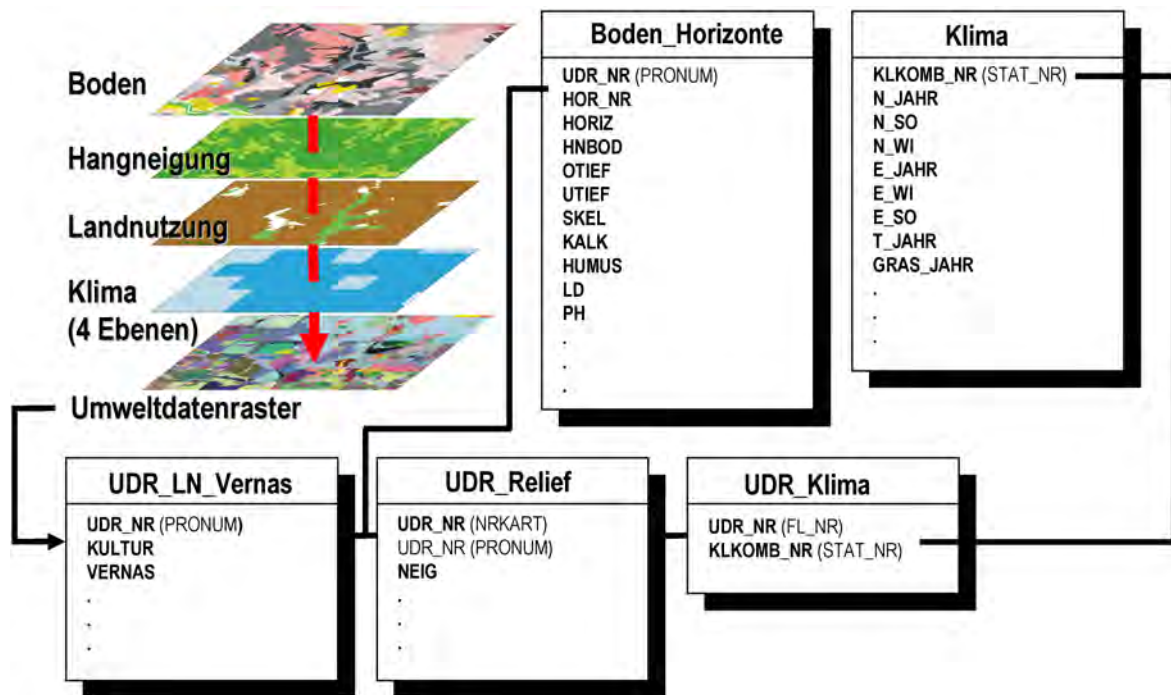
Der Verwendungsmaßstab der aus dem UDR resultierenden thematischen Bodenkarten wird für das UDR40 mit 1:50.000 festgelegt. Ein Rasterpunkt der Größe  $40 \times 40$  m hat auf einer Karte des Maßstabes 1:50.000 eine Kantenlänge von  $0,8 \times 0,8$  mm. Damit wird der Grenzverlauf einer UDR-Klasse bzw. einer bodenthematischen Aussage (Raster gleicher Farbe) im Vergleich zu der Grenzlinie eines Polygons nur unwesentlich verändert.

Bei Angabe der Maßstabseignung bzw. der Wahl der Rastergröße sind auch die Maßstäbe der Eingangsdaten in Betracht zu ziehen. Bei der **VBK 50** beträgt der Maßstab der Eingangsdaten 1:10.000 bis 1:25.000. Andererseits sind die in die VBK 50 eingegangenen Konturen in heute nicht mehr gültige topographische Karten gezeichnet worden, so dass sich hier Konflikte mit der aktuell gültigen Topographie ergeben. Diese sind durch den vorgeschriebenen Maßstab 1:50.000 kompensiert.

Die Ebene **Landnutzung** (ATKIS) ist in das UDR 40 mit einem Maßstab von 1:10.000 eingegangen.

Das Eingangsdatum **Relief** liegt in seiner Rastergröße bei  $40 \times 40$  m und damit hinsichtlich der räumlichen Auflösung, genauso wie die Landnutzung, innerhalb der geforderten Maßstabsebene von 1:50.000.

Gegenüber den bisher genannten Eingangs-



**Abb. 8.2.:** Schematisierte und vereinfachte Struktur der Sachdaten in der Datenbank des Umweltdatenrasters. Die Sachdaten sind über die UDR\_NR (UDR-Klassen) mit der Rasterkarte verknüpft.

daten sind die **Klimadaten** nur in einer verhältnismäßig geringen Auflösung von  $1000 \times 1000$  m verfügbar. Insofern ist deren Verwendung für den Maßstab 1:50.000 einer näheren Betrachtung zu unterziehen. Im Vergleich zu den bisher genannten Eingangsdaten haben Klimadaten innerhalb der Auswertungsmethoden eine eher geringe Bedeutung. Trotzdem bleibt die Kombination von Daten mit deutlich abweichender räumlicher Auflösung eine Hilfslösung. Immerhin wird die originale räumliche Auflösung des Klimarasters für den Nutzer thematischer Bodenkarten transparent, da sich die Klimadaten bei hoher Sensitivität im Bewertungsverfahren als große quadratische Raster in der Themenkarte durchpausen.

Für jedes UDR der Version X werden die Arbeitsschritte zur Erstellung dokumentiert und als Metainformation bereitgestellt. Dies gilt insbesondere, wenn originäre Eingangsdaten vor der Integration in das UDR bearbeitet wurden (Klassifizierung metrischer Daten, Interpolationen u.a.). Eine Weitergabe der UDR und der aus ihnen resultierenden thematischen Bodenkarten erfolgt in Verbindung mit textlichen Informationen zur Maßstabseignung und sonstigen Verwendbarkeit.

### 8.3. Rechnergestützte Auswertung der Eingangsdaten mit dem System MeMaS

Die in MeMaS integrierten Methoden zur Bodenbewertung sind in Müller (1997, 2004) veröffentlicht. Eine Liste der umgesetzten Methoden kann aus dem Internet heruntergeladen werden<sup>1</sup>.

Die Verrechnung von Eingangsdaten erfolgt auf Grundlage dokumentierter Verknüpfungsregeln. Eine Verknüpfungsregel stellt eine Folge von Verarbeitungsschritten dar. Einfache Methoden, wie bspw. die Methode zur Berechnung der Dauer des kapillaren Aufstiegs, bestehen aus einer oder mehreren Verknüpfungsregeln. Komplexere Methoden wie bspw. die bodenkundliche Feuchtestufe sind stets aus mehreren Verknüpfungsregeln aufgebaut und enthalten einfache Methoden als Zwischenschritte Müller (1997, 2004). Der Aufbau der Methoden ist sowohl im MeMaS-Benutzerprogramm

<sup>1</sup><http://www.nlfb.de/boden/downloads/methodenliste.pdf>



als auch im MeMaS-Pflegeprogramm als Methodenbaum erkennbar. Die modulare Zusammensetzung der Auswertungsmethoden erlaubt einen komplikationslosen Austausch von Verknüpfungsregeln in einer Methode.

Bei Vorhandensein entsprechender Daten können Verknüpfungsregeln 'übersprungen' werden. In der Methode bodenkundliche Feuchtestufe kann bspw. die nutzbare Feldkapazität entweder über eine Verknüpfungsregel aus Bodenart, Lagerungsdichte, Humusgehalt und Skelettgehalt berechnet oder als direktes Eingangsdatum in den Methodenablauf eingebaut werden.

Methoden bzw. Verknüpfungsregeln werden durch meist empirisch gewonnene Beziehungen zwischen den Eingangsdaten definiert. Diese Beziehungen bilden den fachlichen Kern der Methoden und sind in Form von Verknüpfungstabellen oder Formeln manifestiert. Verknüpfungstabellen können direkt manipuliert und auf diesem Wege regionalen Verhältnissen angepasst werden.

MeMaS erfüllt alle Anforderungen an ein modernes Informationssystem. Darunter fällt das Setzen von Kriterien, um nur einen Teil der Datensätze in die Berechnung einzubeziehen (bestimmte Profilnummern oder Bodentypen, nur Ah-Horizonte oder Profile aus Löss, Daten in einem gegebenen geographischen Bezugsraum, etc.), der Export der Ergebnisse in Excel-Mappen oder deren digitale Verknüpfung mit Shapefiles und die kartographische Darstellung in Arcview.

### Anwendbarkeit von Methoden und Validierung von Bewertungsergebnissen

Der überwiegende Teil der bisher in MeMaS integrierten Methoden beruht auf einer statistischen Auswertung von niedersächsischen Boden- und Umweltdaten, womit die Übertragbarkeit solcher Methoden auf andere Regionen geprüft werden muss.

Um ihre Anwendbarkeit zu prüfen, ist eine Validierung von Bewertungsergebnissen durchzuführen. Diese erfolgt in vier Stufen:

1. Einfache Plausibilitätsprüfungen von Zwischen- und Endergebnissen der Bewertung erfolgen laufend an thematischen

Bodenkarten, die auf Anforderung für Planungen zur Verfügung gestellt werden. Hierbei werden die Ergebnisse von mindestens einem Experten hinsichtlich ihrer Plausibilität geprüft.

2. Validierung einfacher Ableitungen von Bodenparametern und Bodeneigenschaften aus anderen Bodenparametern auf Grundlage von Labordaten. Bisher liegen Untersuchungen hinsichtlich der Lagerungsdichte (Ableitung aus dem Horizonttyp) und der Durchlässigkeit (Ableitung aus Bodenart und Lagerungsdichte) vor.
3. Vergleich von in MeMaS integrierten Methoden und deren Ergebnisse mit weiteren in Sachsen-Anhalt angewandten Methoden (Borg et al., 1998; Schindler et al., 2002). Im Vordergrund stehen hier vergleichende Analysen der Feldkapazität, nutzbaren Feldkapazität, Grundwasserneubildung und Austauschhäufigkeit.
4. Validierung von Bewertungsergebnissen in Testgebieten mit hoher bodenkundlicher Datenbelegung durch Auswertung aufgenommener Sondierungen und Profile. Diese Untersuchungen befinden sich in der Konzeptphase. Erste Arbeiten hinsichtlich der Wassererosionsgefährdung wurden begonnen.

## 8.4. Ausblick

Die Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung unterliegen entsprechend der noch andauernden Arbeiten an den bodenkundlichen Datengrundlagen einer Fortschreibung und Verbesserung. Insofern bleibt die Aktualisierung und Validierung der Ergebnisse der Bodenfunktionsbewertung ein wichtiger Arbeitsschwerpunkt.

Im Bodenbewertungsverfahren Sachsen-Anhalt (siehe Artikel 3) wird auf die Anwendung vorhandener und erprobter bodenkundlicher Methoden für die Bodenfunktionsbewertung orientiert. Zum Einsatz kommen Methoden, die im Methodenkatalog Bodenfunktionsbewertung (AG Boden, 2003) hinsichtlich der Berücksichtigung der Mindestparameter überwiegend als gut bis sehr gut bewertet sind. Diese Methoden





sind auch in MeMaS integriert, und damit rationell anwendbar.

Das Konzept des UDR wird weiterentwickelt. An die Stelle eines rein formalen Kombinierens soll ein regelbasiertes 'intelligentes' Kombinieren treten. Es ist zu prüfen, ob vorgeschaltete Aggregationen in den Datenebenen Relief und Landnutzung eine Reduzierung sehr kleinflächiger, häufig irrealer Datenkombinationen ermöglichen.

Schließlich ist eine Übertragung des UDR-Konzeptes auf Daten der Bodenschätzung und des DGM 10 vorgesehen, um auf der Basis eines UDR10ST Bodenfunktionsbewertungen für die untere Planungsebene zur Verfügung stellen zu können.

## Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2003). Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion 'Rohstofflagerstätte' nach BBodSchG. Arbeitshefte Boden, (2), 1–73. [http://www.bgr.de/saf\\_boden/adhocag/adhocag.html](http://www.bgr.de/saf_boden/adhocag/adhocag.html).
- Borg, H., Preetz, H., Fehse, K.-U., Wolter, M., & Wallbaum, E. (1998). Bodenschutz in der räumlichen Planung – eine Methode zur Bewertung und Wichtung von Bodenfunktionen. Ber. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 29, 1–50.
- Haase, G., Barsch, H., Hubrich, H., Mannsfeld, K., & Schmidt, R. (1991). Naturraumerkundung und Landnutzung – geochorologische Verfahren zur Analyse, Kartierung und Bewertung von Naturräumen. Beiträge zur Geographie, Bd. 34. Berlin: Akademie-Verlag.
- LLD (1999). Geobasisinformationssystem, Teil Geotopographie. Halle (Saale): Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt. 72 S.
- McCoy, J. & Johnston, K. (2001). Using ArcGIS: Spatial Analyst. ESRI-Handbook. 230 S.
- Müller, U. (1997). Auswertungsmethoden im Bodenschutz – Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. Technische Berichte zum NIBIS. Hannover: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung. 6. erweiterte und ergänzte Auflage.
- Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.
- Müller-Westermeier, G. (1992). Numerische Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. Bericht des Wetterdienstes, (193).
- Schindler, U., Thiere, J., Müller, L., & Altermann, M. (2002). Ableitung bodenhydrologischer Kennwerte für heterogene Flächeneinheiten Nordostdeutschlands auf Grundlage des Flächentypenkonzeptes zur MMK. Landnutzung und Landentwicklung, 43(6), 262–268.

## 9. Bodenkundliche Basiskarten und thematische Bodenkarten

K.-J. Hartmann und H. Helbig

Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

### 9.1. Einleitung

Bei der inhaltlichen Beschreibung von Bodeneigenschaften lassen sich drei Kategorien unterscheiden, die auf verschiedenen Grundlagen basieren (Ad-hoc-AG Boden, 2005; Müller, 2004):

1. **bodenkundliche Grundlagen und Parameter** sind bodenkundliche Eingangsdaten, welche die Basis für die Ableitungen von Kennwerten und die Anwendung von Auswertungsmethoden bilden.
2. **Bodenkennwerte** beschreiben Bodeneigenschaften. Sie werden im Gelände oder Labor erhoben oder mit definierten Methoden aus Bodenparametern abgeleitet.
3. **bodenkundliche Auswertungsmethoden** bestehen aus einer Folge von Verarbeitungsschritten, bei denen aus Boden-, Klima-, Relief-, und Landnutzungsdaten Informationen über Bodenfunktionen und Bodengefährdungen ermittelt werden.

Eine Darstellung der bodenkundlichen Grundlagen und Parameter sowie der Zuordnung von Kennwerten, findet sich im Artikel 7. Zusammenfassend bietet sich folgende Situation:

#### Räumliche Unterlagen

- Maßstäbe  $\leq 1:100.000$ : bodenkundliche Übersichtskarten
- Maßstäbe  $= 1:50.000$ : vorläufige Bodenkarte (VBK 50)
- Maßstäbe  $\geq 1:10.000$ : Bodenschätzung bzw. forstliche Standortskarten

#### Inhaltliche Unterlagen

Die inhaltliche Beschreibung und Kennzeichnung der Legendeneinheiten erfolgt über Flächendatensätze, die in Form von Standardprofilen für eine typische Horizontsituation die Ausprägung bodenkundlicher Parameter und Kennwerte beinhalten. Unter Einsatz der verfügbaren Karten lassen sich sowohl Parameter als auch Kennwerte sowie weitergehende methodische Bearbeitungen flächenhaft darstellen.

Die Entwicklung der Standardprofile für die Karten in den Maßstäben  $\leq 1:50.000$  verläuft entsprechend des Konzeptes der Substrat-Horizont-Gruppen. Die Standardklassenzeichen der Bodenschätzung resultieren aus einer klassenzeichenbezogenen Auswertung von Grablochbeschrieben der Bodenschätzung.

Methodisch lassen sich zwei Arten der flächenhaften Darstellung von Informationen mit bodenkundlichem Inhalt unterscheiden:

1. **Basisinformationen**: Darstellungen, die sich auf bodenkundliche Inhalte oder Parameter beziehen bzw. eine direkte Ableitung darstellen. Flächen und Geometrien der Ausgangskarten bleiben erhalten. Hierzu zählen u.a.: Bodentyp, Bodenform, Substrat, Bodenart, Humusgehalt, pH-Wert, Luft-, Feld- und nutzbare Feldkapazität, kf-Wert, Kationenaustauschkapazität, Erodierbarkeit.
2. **Bodenfunktions- und Bodengefährdungskarten**: Auf Grundlage von bodenkundlichen Eingangsdaten (Bodenbasiskarten, bodenkundliche Flächendatensätze) sowie Informationen über Klima, Relief und

Landnutzung werden in mehr oder weniger komplexen Verarbeitungsschritten fachlich anerkannte und dokumentierte Methoden eingesetzt (u.a. AG Boden, 2003), die eine flächenhafte Darstellung von Informationen wie bspw. des Abflussregulationspotenzials oder der Erosionsgefährdung ermöglichen. In der Regel bleiben die Bodenkonturen der Bodenformenkarte nicht erhalten. Es entstehen neue Geometrien.

## 9.2. Ablauf der Informationsverarbeitung: Vom Einzelprofil bis zur thematischen Bodenkarte

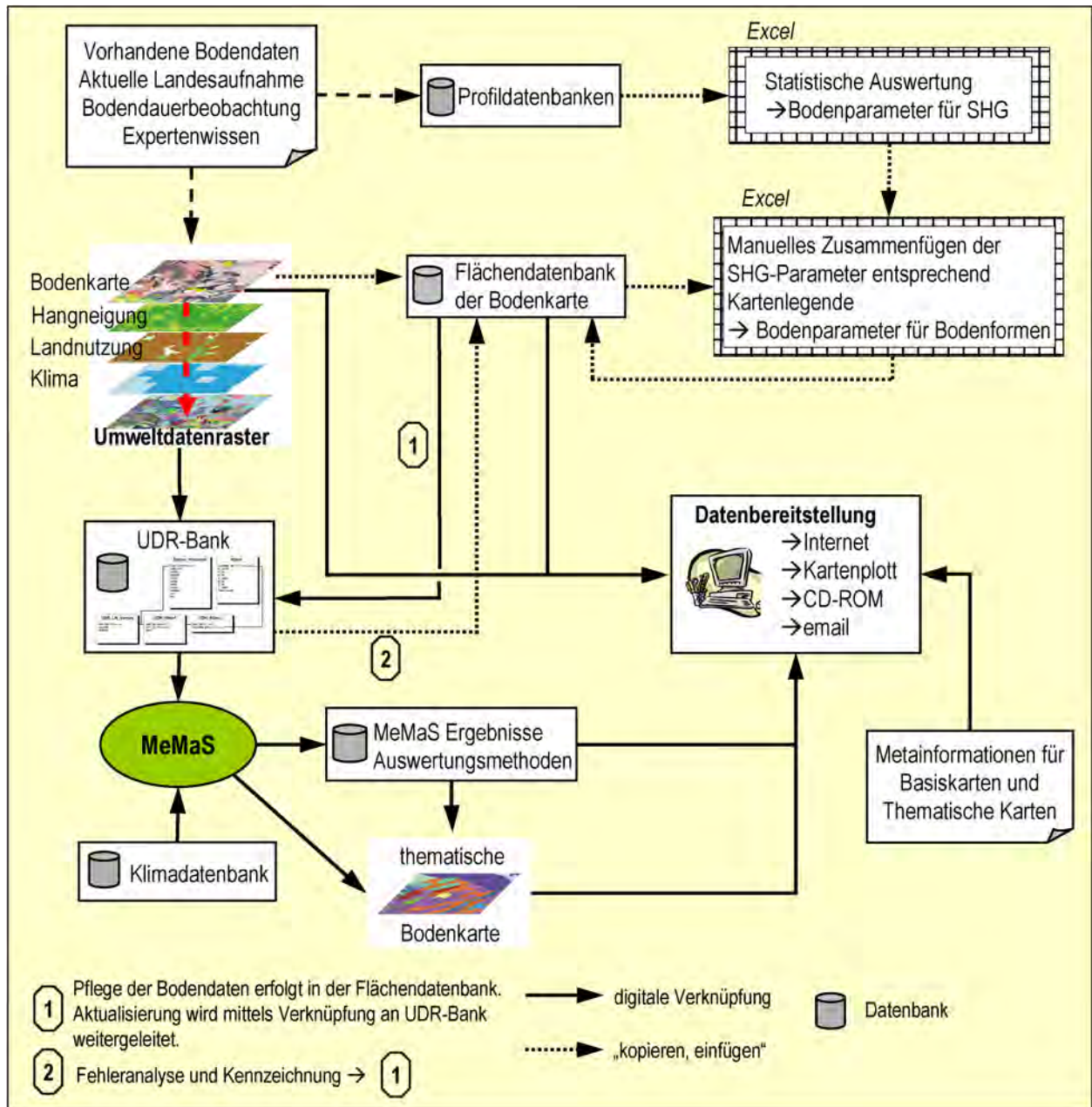
Am Anfang der Informationsverarbeitung steht die Beschreibung, Beprobung und analytische Untersuchung von Bodenprofilen und Boden Sondierungen in der Landschaft. Bodeneigenschaften werden horizont- und schichtweise ermittelt. Bei den erhobenen Informationen kann in **Bodenparameter** (z.B. Humusgehalt, Bodenart und Vernässungsgrad) und **Bodenkennwerte** (z.B. nutzbare Feldkapazität, kf-Wert) unterschieden werden. Diese Daten sind zunächst nur für einen konkreten 'Punkt' in der Landschaft gültig und werden in digitalen **Profildatenbanken** (SABO\_P, Bodenformenkatalog) zusammengeführt (Abb. 9.1). Unter Verwendung derartiger Punktinformationen und anderer Grundlagen werden Bodenkarten erarbeitet (Ad-hoc-AG Boden, 2005). In der Regel bilden moderne Bodenkarten die Bodenform ab. Die Bodenform setzt sich aus einer bodensystematischen Information, dem Bodentyp (z.B. Schwarzerde) und einer Information zum Ausgangsmaterial der Bodenbildung, dem Substrat (z.B. Löss) zusammen.

Im Zusammenhang mit deren Weiterverarbeitung zu thematischen Bodenkarten werden hier Bodenformenkarten (zusammen mit Karten der flächenhaften Verbreitung von Bodenparametern und -kennwerten) auch als **Basiskarten** bezeichnet. Um über die Basiskarten

hinaus thematische Bodenkarten erarbeiten zu können, muss die Gültigkeit einiger Bodeneigenschaften, die punktuell in den Profildatenbanken vorliegen, über den konkreten Aufnahmeort hinaus räumlich erweitert werden. Diesen Prozess nennt man Regionalisierung von Bodeneigenschaften. Die Regionalisierung beinhaltet die statistische Auswertung von Daten der Profildatenbank nach dem Prinzip der Substrat-Horizont-Gruppen (SHG) und deren Verknüpfung mit der Bodenkarte. Am Ende steht für jede Bodenform auf der Bodenkarte eine Reihe von Bodeneigenschaften zur Verfügung, die in **Flächendatenbanken** gespeichert werden. Darüber hinaus werden sie zu **thematischen Bodenkarten** weiterverarbeitet. Auf thematischen Bodenkarten ist die flächenhafte Verbreitung von Bodenfunktionen (z.B. Abflussregulationspotenzial) oder Bodengefährdungen (z.B. Erosionsgefährdung) dargestellt. Karten, die eine Auswahl von Bodenformen unter einem speziellen thematischen Gesichtspunkt beinhalten (z.B. seltene Böden, grundwassernahe Böden), gehören ebenfalls in diese Kategorie.

Für Aussagen zu Bodenfunktionen und Bodengefährdungen werden in der Regel neben Bodendaten auch Relief-, Klima- und Landnutzungsinformationen benötigt. Sämtliche Daten lassen sich im GIS zusammenführen und kombinieren. Als Ergebnis entsteht das Umweltdatenraster 40×40 m von Sachsen-Anhalt, mit Angabe einer Versionsnummer (UDR40ST3). Das Umweltdatenraster ist ein Datenmodell, bestehend aus einer Rasterkarte im GRID-Format und einer Datenbank (UDR-Bank). Im Umweltdatenraster (UDR) gehört jede Rasterzelle zu einer Klasse von Umweltdaten-Kombinationen. Diese Klassen (UDR-Klassen) haben einen geographischen Lagebezug.

Im Methoden-Management-System MeMaS (alternativ auch innerhalb von Datenbanken oder GIS) werden die Boden- und anderen Umweltdaten über bodenkundliche Auswertungsmethoden (Verknüpfungsregeln) zu thematischen Bodenkarten verrechnet und für Anwender aus Praxis und Forschung zur Verfügung gestellt. Beispiele zu Basiskarten und thematischen Karten sind im Anhang A zusammengestellt.

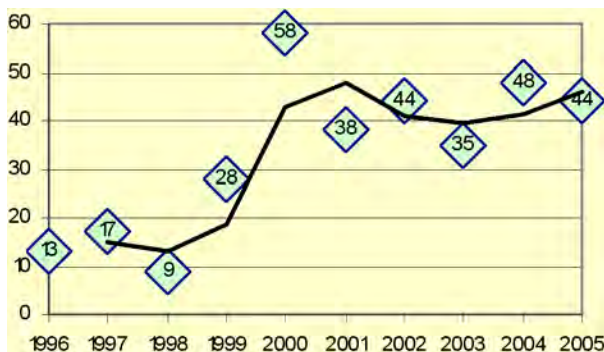


**Abb. 9.1.:** Schematisierter Ablauf der Informationsverarbeitung zur Bereitstellung von bodenkundlichen Karten. Die Datenerhebung beginnt mit der Aufnahme von Bodenprofilen im Gelände. Bis zur fertigen Bodenkarte sind eine ganze Reihe von Arbeitsschritten notwendig, wobei das Ziel besteht, die digitale Vernetzung von Datenbeständen weiter auszubauen.



### 9.3. Bereitstellung von Bodeninformationen

Seit 2000 werden jährlich zwischen 40 und 60 digitale Karten und Datensätze zur Verfügung gestellt (Abb. 9.2). Den größten Anteil daran haben immer noch Bodenbasiskarten, insbesondere die Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 (VBK 50). In größerem Umfang werden ebenfalls thematische Bodenkarten und Flächendatensätze angefordert.



**Abb. 9.2.:** Entwicklung der Nachfrage nach digitalen bodenkundlichen Informationen von 1996 bis 2005. Dargestellt ist Anzahl der bereitgestellten Karten bzw. Kartenausschnitte und Flächendatensätze mit Trendlinie.

Der Interessentenkreis besteht überwiegend aus Planungsbüros, Forschungseinrichtungen und Behörden. In der Regel stehen Bundes-, Landes- und Kommunalbehörden als Auftraggeber hinter den Anfragen von Planungsbüros und in geringerem Maße auch von Forschungseinrichtungen.

Planungsbüros benötigen die Daten vor allem im Rahmen von Umweltverträglichkeitsstudien und -planungen, Landschaftspflegerischen Begleitplänen sowie Agrarstrukturellen Entwicklungsplanungen. Hier besteht ein großer Bedarf hinsichtlich Bodenfunktions- und Bodengefährdungskarten.

Forschungseinrichtungen hingegen arbeiten überwiegend mit Bodenbasisinformationen, die zunehmend als Eingangsdaten für Modellierungen von Wasser- und Stoffflüssen im Boden (EG-Wasserrahmenrichtlinie, globaler Klimawandel) Verwendung finden.

Die Datenbereitstellung wird in den nächsten Jahren neue Schwerpunkte hinzugewinnen.

Einerseits ist mit der Fertigstellung thematischer Bodeninformationen eine Nachfrageverschiebung in diese Richtung zu erwarten. Andererseits werden flächendeckend digitale großmaßstäbige Bodendaten auf Basis der Bodenschätzung zur Verfügung stehen, mit denen vor allem auch die Flächennutzungsplanung auf eine verbesserte Datengrundlage gestellt werden kann.

### Literatur

Ad-hoc-AG Boden (2003). Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion 'Rohstofflagerstätte' nach BBodSchG. Arbeitshefte Boden, (2), 1–73. Internet-Referenz: [http://www.bgr.de/saf\\_boden/adhocag/adhocag.html](http://www.bgr.de/saf_boden/adhocag/adhocag.html).

Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.

Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.

# 10. Konzept zur integrierten datenbasierten Modellierung räumlich hochauflösender bodenkundlicher Informationen

K.-J. Hartmann<sup>1</sup>, T. Behrens<sup>2</sup>, J. Boess<sup>3</sup>, H. Domsch<sup>4</sup> und T. Scholten<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

<sup>2</sup> Institut für Geographie, Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Rümelinstr. 19–23, 72070 Tübingen

<sup>3</sup> Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover

<sup>4</sup> Leibniz-Institut für Agrartechnik, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim

## 10.1. Hintergrund

Seitens der Landwirtschaft besteht ein Bedarf an großmaßstäbigen, parzellenscharfen, bodenkundlichen Informationen. Die Gründe liegen vor allen im ökonomischen Bereich. Hierbei geht es sowohl um die Optimierung des Einsatzes an Betriebsmitteln als auch um die Erfüllung förderpolitischer Vorgaben (u.a. Cross Compliance).

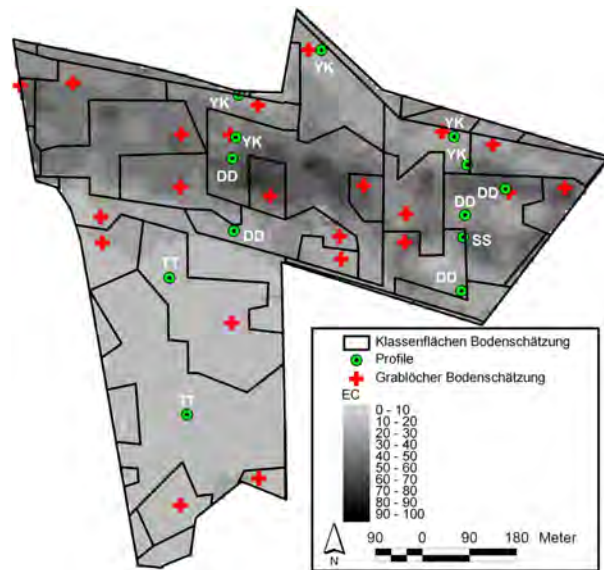
Einsparungen können beim Pflanzenbau durch eine ortsspezifische Bodenbearbeitung und angepasste Saatstärken erzielt werden. Die Einsparungen betreffen im Wesentlichen den Energieverbrauch, der in Abhängigkeit von der Heterogenität der Bodenart um bis zu 50 % reduziert sein kann, sowie den Arbeitsaufwand (Voßhenrich, 2004). Steuerbare Bodenbearbeitungsgeräte befinden sich in der Entwicklung bzw. als Prototypen im Einsatz. Ein Algorithmus, der in Form eines Entscheidungsbaumes auf Grundlage von Informationen zu Tongehalt, hydromorphen Merkmalen, Humusgehalt und Lage im Relief zwei Arbeitstiefen unterscheidet, liegt vor. Die Anwendung setzt flächenscharfe bodenkundliche Informationen in Form von Bearbeitungsgebieten voraus, die sich in einer maschinenspezifisch angepassten Applikationskarte befinden und über den Schlepper-Bordrechner

mit Hilfe eines GPS lokal umgesetzt werden (Sommer & Voßhenrich, 2002; Lamp et al., 2001).

Die Applikationskarten können u.a. aus digitalen Hofbodenkarten resultieren, für deren Entwicklung es geringfügig variierende Ansätze gibt. Hierbei kommen zunehmend geophysikalisch/-elektrische Methoden zum Einsatz (Hinck et al., 2005; Boess, 2004). In Hinblick auf Kosten und Verfügbarkeit liegt ein Schwerpunkt bei der elektrischen Leitfähigkeit (EC). Für EC-Messungen gibt es verschiedene Verfahren, die sich in der Konstruktion der eingesetzten Geräte, den daraus resultierenden Messmethoden sowie Tiefe und Anzahl der Messungen unterscheiden (Domsch, 2004). In Deutschland wird hauptsächlich das Messgerät EM38 der kanadischen Firma Geonics Ltd. eingesetzt. Es arbeitet nach dem elektromagnetischen Prinzip und erfordert folglich keinen direkten Bodenkontakt. Es kann es auf einem Schlitten in geringer Höhe über den Boden hinter einem Fahrzeug gezogen werden. Andere Geräte, wie das Veris 3100 der amerikanischen Firma Veris Technologies, arbeiten nach dem geoelektrischen Prinzip, was den direkten Bodenkontakt erfordert, der durch abrollende scheibenförmige Elektroden hergestellt wird.

In verschiedenen Projekten fanden Untersu-

chungen zur Eignung der EC als Eingangsparameter für Hofbodenkarten statt. Die Ergebnisse bestätigen die grundsätzliche Eignung der EC, wobei auf eine mehr oder weniger aufwendige Untersuchung und Verifizierung im Gelände nicht verzichtet werden konnte (Boess & Benne, 2002; Lamp et al., 2002). Demzufolge gilt es, Umfang und Aufwand von Bodenuntersuchungen im Gelände zu optimieren, indem das Auswertungspotenzial der EC-Messungen durch die Integration vorhandener, bodenkundlich relevanter Informationen wie beispielsweise der Bodenart erweitert wird. Methodisch bieten sich hierzu datenbasierte Modelle an, die im Kern durch Data-Mining-Algorithmen angetrieben werden (McBratney et al., 2003; Behrens et al., 2005; Behrens & Scholten, 2006a).



**Abb. 10.1.:** Bodenkundliche Eingangsinformationen eines Schlages

## 10.2. Herangehensweise

Die scheinbare elektrische Bodenleitfähigkeit (EC) bzw. ihre reziproke Größe, der elektrische Bodenwiderstand, gestatten räumliche Veränderungen geologischer Strukturen zu erkennen (Domsch, 2002). Generell stellt die elektrische Leitfähigkeit eine Größe für die Durchlässigkeit eines Materials für Strom dar. Da verschiedene Faktoren die EC im Boden beeinflussen (Tab. 10.1), kann nur auf die Größe eines Faktors geschlossen werden, wenn es gelingt die anderen Faktoren konstant zu halten bzw. auszuschließen.

In Abhängigkeit der Messbedingungen kann

**Tab. 10.1.:** Einflussfaktoren der scheinbaren elektrischen Leitfähigkeit im Boden (Domsch, 2002)

| Faktor                               | Bemerkung                  |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Trockenrohdichte                     | Einfluss vernachlässigbar  |
| Wassergehalt                         | bei Feldkapazität konstant |
| Leitfähigkeit der Bodenlösung        | wenig veränderlich         |
| Bodentemperatur                      | bestimmbar                 |
| Kationenaustauschkapazität/Tongehalt | variabler Faktor           |

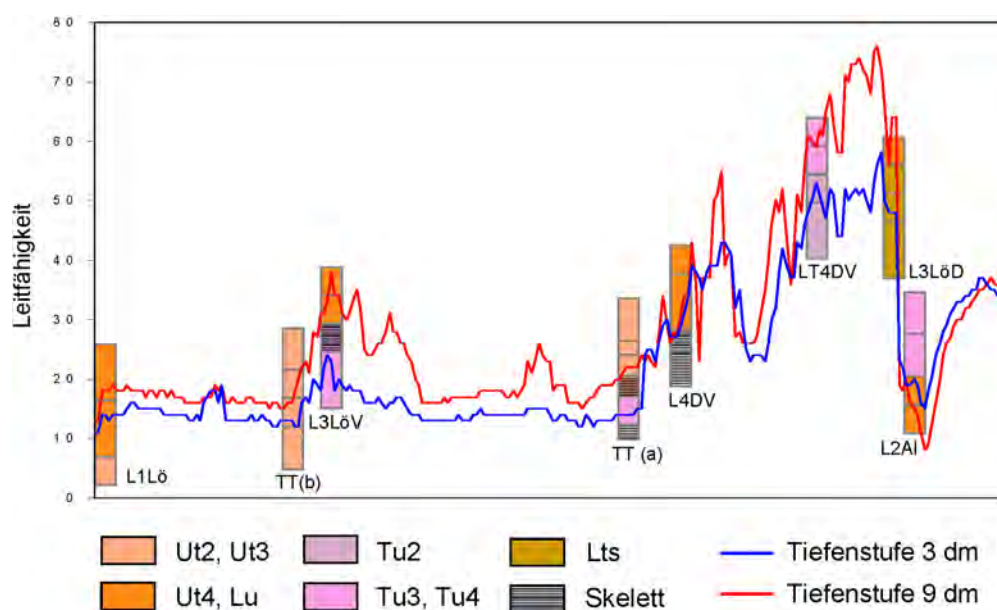
davon ausgegangen werden, dass in Sachsen-Anhalt der Tongehalt der wesentliche variable Faktor ist. Die absoluten Werte der scheinbaren elektrischen Bodenleitfähigkeit einzelner Schläge unterscheiden sich zu verschiedenen Messzeitpunkten aufgrund veränderter Bodenwassergehalte und -temperaturen. Die Muster der Messwerte sind ähnlich und bilden reproduzierbare bodenkundliche Strukturen ab. Nur wenn die Messungen generell bei vergleichbarem Bodenwassergehalt durchgeführt und die Messwerte auf eine einheitliche Bodentemperatur bezogen werden, ist der mittlere Tongehalt der jeweiligen Messtiefe unter Nutzung erstellter Kalibrierfunktionen abschätzbar. Zur Validierung dieser Schätzungen sind genauere bodenkundliche Informationen und gegebenenfalls weitere Untersuchungen, z.B. Bohrstockkartierungen, erforderlich. Das Gewinnen dieser Informationen ist mit einem entsprechenden Aufwand und damit Kosten verbunden. Unter diesem Hintergrund bietet sich der Einsatz von Methoden des Data-Mining an. In der räumlichen Anwendung ermöglichen es solche Verfahren bodenkundliche Punktinformationen zu Regionalisieren und bieten gegenüber Interpolationsverfahren verschiedene Vorteile. Zum einen kann die Punktdichte geringer sein und zum anderen können die Ergebnisse auch extrapoliert werden.

**Tab. 10.2.:** Eingangsinformationen für den Aufbau eines Neuronalen Netzes

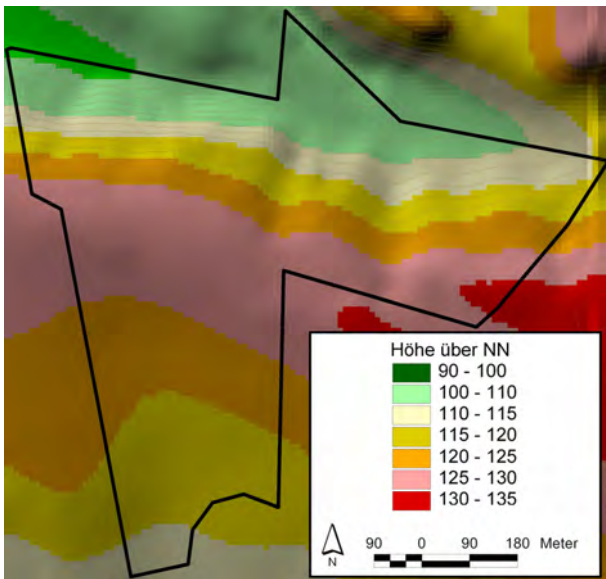
| Grundlage                     | Bezug         | Parameter                                    |
|-------------------------------|---------------|----------------------------------------------|
| Leitfähigkeit (Abb. 10.1)     | Karte         | scheinbare elektrische Leitfähigkeit         |
| Bodenschätzung (Abb. 10.1)    | Klassenfläche | Bodenart, vereinfachte geologische Herkunft  |
| Grablochbeschriebe (Abb.10.1) | Punkt         | Schichtmächtigkeit, Bodenart, Humus, Skelett |
| MMK (Abb. 10.1)               | Fläche        | Geologie, Substrat, Bodenform                |
| DGM (Abb. 10.3)               | Fläche        | Höhenmodell, Relief                          |

**Tab. 10.3.:** Qualitative Gegenüberstellung der Eingangsinformationen

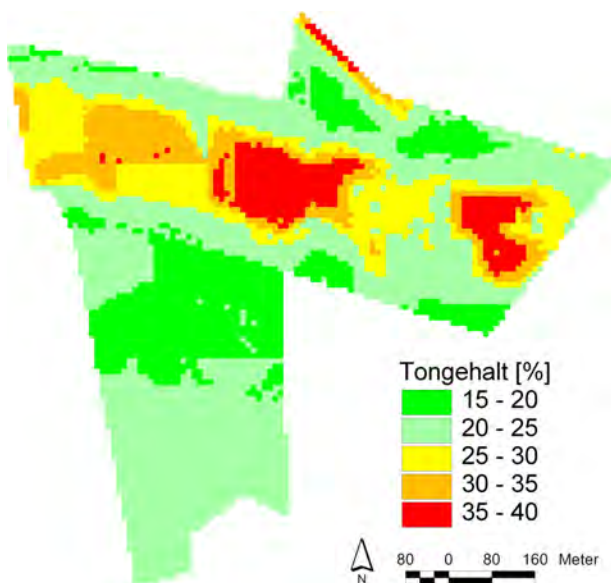
| Nr.   | Tiefe | Bodenart | Humus | EC | MMK-BOFO | MMK-Geologie                                                                      | GK25                             |
|-------|-------|----------|-------|----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| L1Lö  | 3 dm  | Ut4      | h4    | 11 | ö T      | Löss                                                                              | Löss/Lösslehm<br>Geschiebemergel |
|       | 9 dm  | Ut3      | h3    | 13 |          |                                                                                   |                                  |
| L3LoV | 3 dm  | Ut4      | h3    | 14 | ö/vl C   | Löss<br>Verwitterungsmaterial/Um-<br>lagerungsprodukte jurassi-<br>scher Gesteine | Löss<br>dunkler Ton              |
|       | 9 dm  | Tu3      |       | 20 |          |                                                                                   |                                  |
| L4DV  | 3 dm  | Tu4      | h4    | 42 | vt C     | Löss<br>Keuperton oder Jura                                                       | Löss<br>dunkler Ton              |
|       | 9 dm  | Lu       |       | 48 |          |                                                                                   |                                  |
| LT4DV | 3 dm  | Tu3      | h2    | 48 | vt C     | Löss<br>Keuperton oder Jura                                                       | Löss<br>dunkler Ton              |
|       | 9 dm  | Tu2      |       | 64 |          |                                                                                   |                                  |
| L3LoD | 3 dm  | Lts      | h3    | 27 | ö/vl C   | Löss<br>Verwitterungsmaterial/Um-<br>lagerungsprodukte jurassi-<br>scher Gesteine | Löss<br>dunkler Ton              |
|       | 9 dm  | Lts      |       | 26 |          |                                                                                   |                                  |
| L2AI  | 3 dm  | Tu4      | h4    | 23 |          |                                                                                   | Löss<br>Sandstein                |
|       | 9 dm  | Lu       | h1    | 19 |          |                                                                                   |                                  |


**Abb. 10.2.:** Profilcatena/Schnitt mit Leitfähigkeitsmessung in Schichten, kartierte Bodenprofile und übersetzter Grablochbeschriebe der Bodenschätzung





**Abb. 10.3.:** Höhenmodell



**Abb. 10.4.:** Regionalisierte Tongehalte auf Basis von Entscheidungsbaum-Verfahren, Daten zu elektrischen Leitfähigkeit und Reliefparametern

Die Modellierung mit Entscheidungsbaumverfahren wurden im Rahmen der Erstellung digitaler Bodenkarten bereits erfolgreich getestet (Behrens & Scholten, 2006a,b). Zum Einsatz kommt das Programm GUIDE (Loh, 2002). Zur Optimierung der Ergebnisse wurde BAGGING (Breiman et al., 1984) angewendet. Hierbei handelt es sich um ein Verfahren, bei dem

auf Basis von Bootstrap-Stichproben (ziehen mit zurücklegen) die Ergebnisse von verschiedenen Prognosen gemittelt werden, um die Prognoseleistung zu verbessern und zu stabilisieren. Dies ist insbesondere bei Datensätzen mit kleinen Stichprobenumfängen von Bedeutung. Die Modellierung basiert auf übersetzten Tongehaltsangaben aus der Bodenschätzung, den EC-Messungen sowie Reliefparametern (Behrens, 2003).

Als Basisdaten liegen alle in Tab. 10.2 aufgeführten Eingangsinformationen in Sachsen-Anhalt flächendeckend vor. Hierbei muss der Hintergrund und die räumliche Qualität der Grundlagen berücksichtigt werden.

Das Klassenzeichen der Bodenschätzung (Abb. 10.1 und 10.2) enthält Informationen zur dominierenden Bodenart, Zustandsstufe und geologischen Herkunft. Ein Problem besteht in der räumlichen Grundlage der Klassenflächen, die sich auf Flurstücken beziehen und sich somit auch an administrativen und nicht ausschließlich an natürlichen Grenzen orientieren.

Die mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung MMK (Tab. 10.2 u. 10.3) bietet mit dem Dokumentationsblatt A zahlreiche qualitative, weiterverarbeitbare Informationen zum Inventar in einem bestimmten Gebiet. Hierzu gehören bspw. Geologie, Substrat und Bodenformen. In Hinblick auf den Maßstab (1:100.000) und die Zielstellung der MMK können die einzelnen Polygone nur zu einer groben Orientierung im Raum sowie zur Untersetzung und Interpretation anderer Eingangsinformationen dienen.

Die Bereitstellung der erforderlichen bodenkundlichen Profilinformationen erfolgt über Grablochbeschriebe der Bodenschätzung, deren Übersetzung in den aktuellen bodenkundlichen Sprachgebrauch flächendeckend vorliegt. Aufgrund der Schlaggrößen liegen in Sachsen-Anhalt in der Regel mehrere Grablöcher in einem Schlag (Abb. 10.1), so dass Spektrum, Variation und Inventar der einzelnen Parameter innerhalb der Schläge über die Informationen der Grablöcher beschreibbar sind (Tab. 10.3). Das Digitale Geländemodell (DGB) dient zur Ausweisung von Erosions- und Sedimentationsräumen (Abb. 10.3).

Die übersetzten Bodenarten der Grablochbeschriebe (Abb. 10.2) dienen zur Modellierung der Bodenarten, speziell der Tongehalte. Aufgrund fehlender Analysen bzw. konkreter Werte zu Sand-, Schluff- und Tongehalten gingen in die Berechnungen die Klassenmitten der Bodenarten entsprechend der Kartieranleitung ein (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Ein Zusammenhang zwischen Tongehalt und Leitfähigkeit besteht auch innerhalb der einzelnen Profile. Der scheinbare Widerspruch dieser Aussage im Profil L2Al lässt sich mit dem Verlauf der Schnittlinie und einer leichten Abweichung bei der Koordinatenbestimmung erklären.

Bei der Anwendung des Algorithmus von Voßhenrich (2004) kann ab einem Tongehalt von mehr als 12 % die Lockerung einer Fläche auf eine Tiefe zwischen 8 und 10 cm beschränkt werden (Abb. 10.4). Weitere Kriterien wie Erosionsgefährdung oder mangelhafter Humuszustand können eine tiefere Bodenbearbeitung erforderlich machen.

### 10.3. Ausblick

Grundsätzlich lassen sich mit dem vorgestellten Verfahren auch weitere Parameter, bspw. Humusgehalt oder pH-Werte, schätzen und regionalisieren. Diese Basisparameter ermöglichen als Eingangsinformationen die Ableitung und Zuordnung von Kennwerten bis zur Anwendung komplexer Methoden, die im Einzelfall ergänzende Daten erfordern. Mit der kosteneffizienten Verfügbarkeit der erforderlichen bodenkundlichen Parameter lassen sich für die landwirtschaftliche Praxis relevante, thematische Informationen zur Verfügung stellen.

### Literatur

Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.

Behrens, T. (2003). Digitale Reliefanalyse als Basis von Boden-Landschafts-Modellen – am Beispiel der Modellierung periglaziärer Lagen

im Ostharz. Boden und Landschaft, 42, 189 S.

Behrens, T., Förster, H., Scholten, T., Steinrücken, U., Spiess, E.-S., & Golschmitt, M. (2005). Digital soil mapping using artificial network. J. Plant Nutr. Soil Sci., 168, 21–33.

Behrens, T. & Scholten, T. (2006a). A comparison of data mining approaches in predictive soil mapping. In P. Lagacherie, A. McBratney, & M. Voltz (Eds.), Digital Soil Mapping – An Introductory: Elsevier.

Behrens, T. & Scholten, T. (2006b). Digital soil mapping in Germany – A review. J. Plant Nutr. Soil Sci., 169, 434–443.

Boess, J. (2004). Konzept zur Erstellung einer hoch auflösenden Bodenkarte für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Arbeitshefte Boden, 5/2004, 21–33.

Boess, J. & Benne, I. (2002). Die Hofbodenkartierung des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung. Zeitschrift für angewandte Geologie, 2, 5–8.

Breiman, L., Freidman, J., Olshen, R., & C.J., S. (1984). Classification and regression trees. Wadsworth International Group, Belmont, Canada.

Domsch, H. (2002). Kartierung der elektrischen Bodenleitfähigkeit und ihr Beitrag zur teilflächenspezifischen Bewirtschaftung. Z. Angew. Geol., 3, 9–11.

Domsch, H. (2004). Aufnahme und Interpretation der elektrischen Bodenleitfähigkeit für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Arbeitshefte Boden, 5, 11–20.

Hinck, S., Mueller, K., & Emeis, N. (2005). Erfassungsmöglichkeiten verschiedener Bodenparameter mit Hilfe einer Multi-Sensortechnik. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 107(2), 735–736.

Lamp, J., Herbst, R., & Reimer, G. (2001). Digitale Hofbodenkarten als Basis für Applikationskarten im präzisen Landbau. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 96(2), 427–428.

Lamp, J., Herbst, R., & Reimer, G. (2002). Digitale Hofbodenkarten. In KTBL-Sonderveröffentlichung 38, (pp. 35–52). Darmstadt. Tagungsband Precision Agriculture Tage in Bonn, <http://www.prea->



gro.de/Ergebnisse/Zwischenbericht2002/CD  
%20Tagungsband/2\_3\_Hofbodenkarten.pdf.

Loh, W. (2002). Regression trees with unbiased variable selection and interaction detection. *Statistica Sinica*, 12, 361–386.

McBratney, A., Mendonca, M., & Minasny, B. (2003). On digital soil mapping. *Geoderma*, 117, 3–52.

Sommer, C. & Voßhenrich, H.-H. (2002). Bodenbearbeitung. In KTBL-Sonderveröffentlichung 38, (pp. 237–249). Darmstadt. Tagungsband Precision Agriculture Tage in Bonn, [http://www.preagro.de/Ergebnisse/Zwischenbericht2002/CD%20Tagungsband/6\\_3\\_Bodenbearbeitung.pdf](http://www.preagro.de/Ergebnisse/Zwischenbericht2002/CD%20Tagungsband/6_3_Bodenbearbeitung.pdf).

Voßhenrich, H.-H. (2004). Ortsspezifische Bodenbearbeitung. *Arbeitshefte Boden*, 5, 65–69.

# 11. Bodenkundliche Daten und Methoden in der EG-Wasserrahmenrichtlinie

M. Steininger<sup>1</sup>, H. Helbig<sup>2</sup> und M. Schrödter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Mitteldeutsches Institut für Standortkunde und Bodenschutz, Hauptstraße 19, 06132 Halle (Saale)

<sup>2</sup> Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale)

<sup>3</sup> Landesamt für Landwirtschaft, Forst und Gartenbau, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg

## 11.1. Anforderungen der EG-Wasserrahmenrichtlinie an Daten und Modelle

Die Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft (EG-WRRL) verfolgt das Ziel einer nachhaltigen Wasserwirtschaft. Damit werden ein umfassender, flächendeckender Gewässerschutz und die Sicherung eines langfristig guten Zustandes der Oberflächengewässer und Grundwasservorkommen unter Berücksichtigung anderer Nutzungsansprüche angestrebt. Neben der chemischen und ökologischen Qualität des Wassers sind auch die angrenzenden grundwasserabhängigen Landökosysteme für den Zustand von Gewässern und Grundwasser ausschlaggebend. Die Bestandsaufnahme in Sachsen-Anhalt ergab, dass bei ca. 80 % der Grundwasserkörper und 99 % der Oberflächenwasserkörper die Zielerreichung unklar oder unwahrscheinlich ist. Eine Hauptursache für die unwahrscheinliche Zielerreichung wird in den Nährstoffeinträgen aus diffusen Quellen gesehen. Allerdings bestehen noch eine Reihe von Informationslücken und methodischen Defiziten, die in Fortschreibung der Bestandsaufnahme nach Artikel 5 der WRRL zu beheben sind und zu einer Validierung der Risikoanalyse führen werden.

Die weitere Analyse der nutzungsbedingten menschlichen Einwirkungen auf Gewässer und deren Einzugsgebiete sowie die Entwicklung angemessener Maßnahmepläne und deren Erfolgskontrolle erfordern neben einer Überwachung der Gewässer die Beobachtung der regionalen Entwicklung der diffusen Einträge. Darüber hinaus sind die Wirkzusammenhänge zwischen Aussendung bzw. Ausbringung von Umweltschadstoffen und deren Eintrag in die Gewässer weiter zu untersuchen. Für die diffusen Stoffeinträge muss hierbei besonderes Augenmerk auf die Böden und deren Nutzung gelegt werden, da diese Faktoren den Wasserhaushalt und die Wasserqualität im Einzugsgebiet entscheidend beeinflussen. Dies betrifft insbesondere

- das Schutzpotenzial der Grundwasserdeckschichten,
- den Bodenwasserhaushalt,
- die Bildung von Nährstoffpools,
- geogene Stoffvorräte und deren Freisetungsverhalten,
- die Austragswirksamkeit von Nährstoffbilanzüberschüssen sowie
- Einflüsse der Landnutzung und von Landnutzungsänderungen.

Für Oberflächengewässer bestehen Informationsdefizite vor allem hinsichtlich der eintragswirksamen erosiven Stoffeinträge. Im Sinne eines Interessenausgleichs zwischen verschiedenen Nutzungsansprüchen sind die zugrundeliegenden Daten und Modelle weiter zu qualifizieren.



ren um eine verlässliche Grundlage für die Ableitung angemessener Umweltziele und Maßnahmen zu schaffen.

## 11.2. Bodendatenbereitstellung für Projekte

Der Boden als zeitlich stabiles, hochintegrales und flächenhaftes Landschaftsmerkmal hat durch seine multifunktionale Bedeutung eine zentrale Stellung im Stoffhaushalt der Landschaft und ist zugleich Spiegel der Gesamtheit aller vergangenen und gegenwärtigen Natur- und Nutzungsprozesse eines Standortes.

Für Übersichtseinschätzungen und -bewertungen der Bodenpotenziale wurden kleinmaßstäbige Informationsquellen als digitale oder gedruckte Karten verwendet. In der nächsten Stufe wird sowohl für die Gefährdungsabschätzung als auch für Grundwasser- und Flussgebietsmanagementpläne eine flächenscharfe, zumindest aber mittelmaßstäbige Ausweisung und Bewertung von Boden- und Standortparametern benötigt.

Die Ermittlung, Verknüpfung und Bewertung von Boden- und Standortkennwerten für wasserwirtschaftliche Aufgabenstellungen ist aufgrund der Vielfalt der Bodenfunktionen sowie deren Beeinflussbarkeit durch Art und Intensität der Landnutzung von besonderer Bedeutung für die Qualität der Planungen sowie den Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen. Daraus resultieren hohe Ansprüche an die bodenkundlichen Basisdaten, Bodenfunktions- und Bodengefährdungskarten in Bezug auf Informationsgehalt und räumliche Auflösung.

Für die Landesfläche Sachsen-Anhalts wurde in den letzten Jahren durch das LAGB mehrfach Bodenbasisinformationen für komplexe Modellierungen im Zusammenhang mit der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie und anderer Projekte aufbereitet und bereitgestellt (Tab. 11.1). Am Beispiel der zwei Teilprojekte

1. 'Diffuse Nährstoffeinträge in Gewässer durch Bodenerosion und Drainagen' und
2. 'Modellierung der Nitratkonzentrationen

im Sickerwasser des Bodens'

werden im Folgenden die in Sachsen-Anhalt vorhandenen bodenkundlichen Datengrundlagen sowie die Bewertungsmethoden näher vorgestellt.

### 11.2.1. Diffuse Nährstoffeinträge in Gewässer durch Bodenerosion und Drainage

Innerhalb der Stoffeintragsbilanz in die Oberflächengewässer kommt dem Landoberflächen- und dem Dränwasserabfluss landwirtschaftlich genutzter Flächen eine besondere Bedeutung zu. Im Gegensatz zu den bodeninternen, vertikalen Wasserbewegungen unterliegen Landoberflächen- und Dränabflüsse einer weitaus größeren Spannweite in den Abflussmengen und den Eintrittswahrscheinlichkeiten. Weiterhin haben die Art der Landnutzung sowie die Gestaltung der Schläge einen großen Einfluss auf die Menge des Bodenabtrages und somit auf die sich verlagernden Sediment- und Nährstoffmengen.

Als Instrument zur großflächigen, quantitativen Abschätzung der Erosionsgefährdung durch Wasser hat sich in der planerischen Bodenschutzpraxis die von Wischmeier & Smith (1978) vorgelegte Allgemeine Bodenabtragsgleichung ABAG (Universal Soil Loss Equation USLE) durchgesetzt. Physikalisch determinierte Modellansätze (vgl. Merritt et al., 2003) kommen aufgrund des hohen Datenbedarfs derzeit nur im Rahmen der konkreten Maßnahmeplanungen auf Ebene von Einzelschlägen bzw. kleineren Einzugsgebieten zur Anwendung.

Die ABAG beruht auf der Verknüpfung der fünf wichtigsten erosionsbeeinflussenden Faktoren: Niederschlag, Boden, Relief, Nutzung/Bodenbearbeitung und Schutzmaßnahmen (Gl. 11.1).

$$A = R \times K \times L \times C \times P \quad (11.1)$$

mit  $A$  = mittlerer, jährlicher Bodenabtrag in  $t/(ha \times a)$ ,  $R$  = Regen- und Oberflächenabflussfaktor,  $K$  = Bodenfaktor,  $LS$  = Relieffaktor,  $C$  = Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor,  $P$  = Erosionsschutzfaktor.

**Tab. 11.1.:** Projekte zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen-Anhalt, für die Bodeninformationen bereitgestellt wurden

| Projekttitel                                                                                                                                                  | Jahr | Auftrag-<br>nehmer          | Auftrag-<br>geber | bodenkundliche<br>Daten des LAGB |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------|-------------------|----------------------------------|
| Gutachten zur Beschreibung der Verschmutzung des Grundwassers durch diffuse Quellen aus der Landbewirtschaftung im Land Sachsen-Anhalt                        | 2003 | INL                         | LAU               | BÜK 200                          |
| Methodik zur Bewertung der landwirtschaftlichen Bodennutzung im Bundesland Sachsen-Anhalt unter Berücksichtigung des Zeitverhaltens der Stickstoffauswaschung | 2004 | UFZ                         | LAU               | BÜK 200 + FDS <sup>1</sup>       |
| Ermittlung diffuser Stoffeinträge in Oberflächengewässer LSA gemäß WRRL                                                                                       | 2004 | Geodaten<br>i & a<br>Berlin | LHW               | BÜK 200 + FDS                    |
| Verfahren zur Ermittlung von Bemessungshochwasserwerten                                                                                                       | 2004 | BAH<br>Berlin               | LHW               | BÜK 200 + FDS                    |
| Ermittlung der diffusen Einträge für Oberflächenwasserkörper Sachsen-Anhalts                                                                                  | 2005 | INL                         | LHW               | VBK 50 + FDS                     |

<sup>1</sup> bodenkundliche FlächenDatenSätze

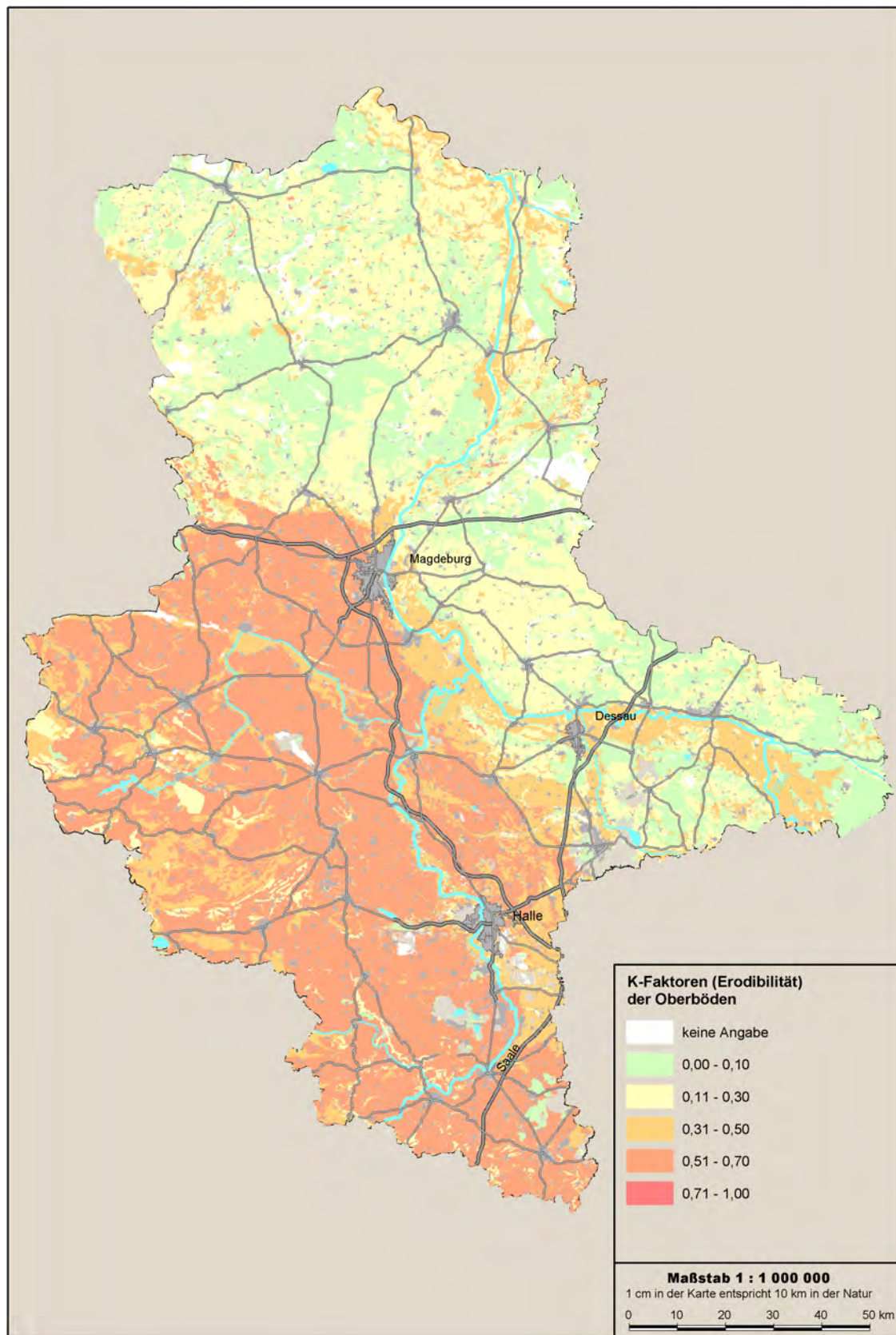
Das Verfahren ermittelt den mittleren, lang-jährigen Bodenabtrag auf einer Catena über die Abweichungen zur standardisierten Parzelle (22 m lang und 9 % Hangneigung) unter Zugrundelegung des gebietsspezifischen Niederschlages, korrigiert durch Faktoren, welche die spezifischen Standortgegebenheiten bezüglich Boden, Relief und Nutzung des Schlages berücksichtigen. Einzeljahre bzw. Einzelereignisse können methodisch bedingt nicht geschätzt werden.

Ausgehend von der ABAG-Gleichung besteht für die landwirtschaftlich genutzten Flächen Sachsen-Anhalts ein standortspezifischer Erhebungsbedarf bei den bodenkundlichen Eingangsdaten (*K*-Faktor) sowie bei den Niederschlagsdaten. Als digitales bodenkundliches Datenmaterial stehen derzeit zur Verfügung:

- digitalisierte Bodenschätzung (Klassenflächen und Grablochbeschreibungen),
- Bodenkarten Sachsen-Anhalt (Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200), Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 (VBK 50) einschließlich der zugehörigen Datenbank mit bodenkundlichen Parametern für die Kartiereinheiten der Bodenkarte.

Auf der Grundlage dieser bodenkundlichen Informationen kann der bodenbedingte Erosionswiderstand für alle relevanten Planungsebenen abgeleitet werden (Steininger et al., 2004). Die Bewertung der potenziellen Erosionsgefährdung wurde auf Grundlage der VBK50 durchgeführt. Für jede Kartiereinheit dieser Karte liegen statistisch gemittelte und regionalisierte Bodenkennwerte vor (Substrat-Horizont-Gruppen, siehe Artikel 7). Hieraus wurden die benötigten Eingangsdaten – Bodenart des Oberbodens, organische Substanz des Oberbodens, Aggregatklasse des Oberbodens und Durchlässigkeitsklasse des Gesamtprofils – ermittelt und aus diesen der *K*-Faktor berechnet. Die Karte in Abbildung 11.1 zeigt den Bodenfaktor (*K*-Faktor) für den Maßstabsbereich 1:50.000 (siehe Artikel 9, Anhang A.9).

Erwartungsgemäß spiegeln die *K*-Faktoren als Summenfaktor aus den Kennwerten Körnung, organische Substanz, Wasserdurchlässigkeit und Aggregatstabilität die grundlegenden Substratverhältnisse und deren Verteilung in Sachsen-Anhalt wider. Sand- und Tonböden weisen einen hohen Erosionswiderstand auf, der sich mit einem steigenden Anteil der Korn-



**Abb. 11.1.:** Erodibilität der Böden Sachsen-Anhalts im Maßstab 1:50.000 auf Grundlage der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 von Sachsen-Anhalt (VBK50) (Steininger et al., 2004)

größe Schluff verringert und deshalb zu einem steigenden *K*-Faktor führt. Dementsprechend weisen Löss- und Sandlösslandschaften, lössbedeckte Bereiche der Berg- und Hügelländer sowie des Mittelgebirges eine weitaus höhere bodenbedingte Erosionsgefährdung auf als Flusslandschaften sowie Alt- und Jungmoränenlandschaften. Unter Hinzuziehung der Kennwerte Regen- und Oberflächenabflussfaktor, Relieffaktor, Hangneigungsfaktor lässt sich die potenzielle Erosionsgefährdung für die ackerbaulich genutzten Flächen ausweisen (siehe Artikel 9 und Karte A.9).

Zur Aufstellung einer vollständigen Stoffeintragsbilanz in die Oberflächengewässer ist es notwendig, neben dem oben geschilderten Landoberflächenabfluss auch den Stoffeintrag über Dränabflüsse als einen gesonderten Eintragspfad auszuweisen. Dränagesysteme dienen der Entwässerung vernässter Böden zur Verbesserung der technologischen Bewirtschaftungseignung. Während der jahreszeitliche Gang der Nitrat- und Phosphorkonzentration im Dränwasser durch umfangreiche Untersuchungen an Lysimetern und auf Dränflächen in unterschiedlichen Landschaften untersucht und durch Werte belegt ist, liegt für Sachsen-Anhalt ein Wissensdefizit bezüglich der tatsächlich mittels Binnengräben und Rohrdränung entwässerten Fläche vor.

Die Kataster der Meliorationsbetriebe bzw. -genossenschaften sowie der staatlichen Behörden wurden im Zuge der Strukturänderungen Anfang der 90er Jahre aufgelöst und stehen mit ihren Informationsgrundlagen nicht mehr zur Verfügung. Die entwässerten Flächen konnten deshalb nur aus der potenziellen Entwässerungsbedürftigkeit der Böden abgeschätzt, durch Expertenwissen überprüft und anschließend den Bodeneinheiten zugeordnet werden (Steininger et al., 2004). Die Ausgrenzung der potenziellen Entwässerungsflächen basiert auf der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung. In Bezug auf die tatsächlich gedrännte Fläche wurde zunächst davon ausgegangen, dass meliorationsbedürftige Flächen zu einem wesentlichen Anteil tatsächlich entwässert sind. Dieser Ansatz wurde in einem weiteren Schritt anhand von Fachliteratur sowie punktuell vor-

liegender originaler Meliorationsunterlagen präzisiert, wobei der entwässerte Anteil an der Fläche der Bodeneinheit geschätzt wurde. Über die Funktionsfähigkeit der Dränanlagen liegen keine aktuellen Angaben vor. Als Ergebnis entstand eine Karte der potenziell entwässerten und derzeit vermutlich funktionstüchtigen Dränflächen (Abb. 11.2). Methodisch bedingt, da ohne Geländeerhebung, handelt es sich hierbei um eine Abschätzung der Größenordnung je Bodeneinheit.

### 11.2.2. Modellierung der Nitratkonzentrationen im Sickerwasser des Bodens

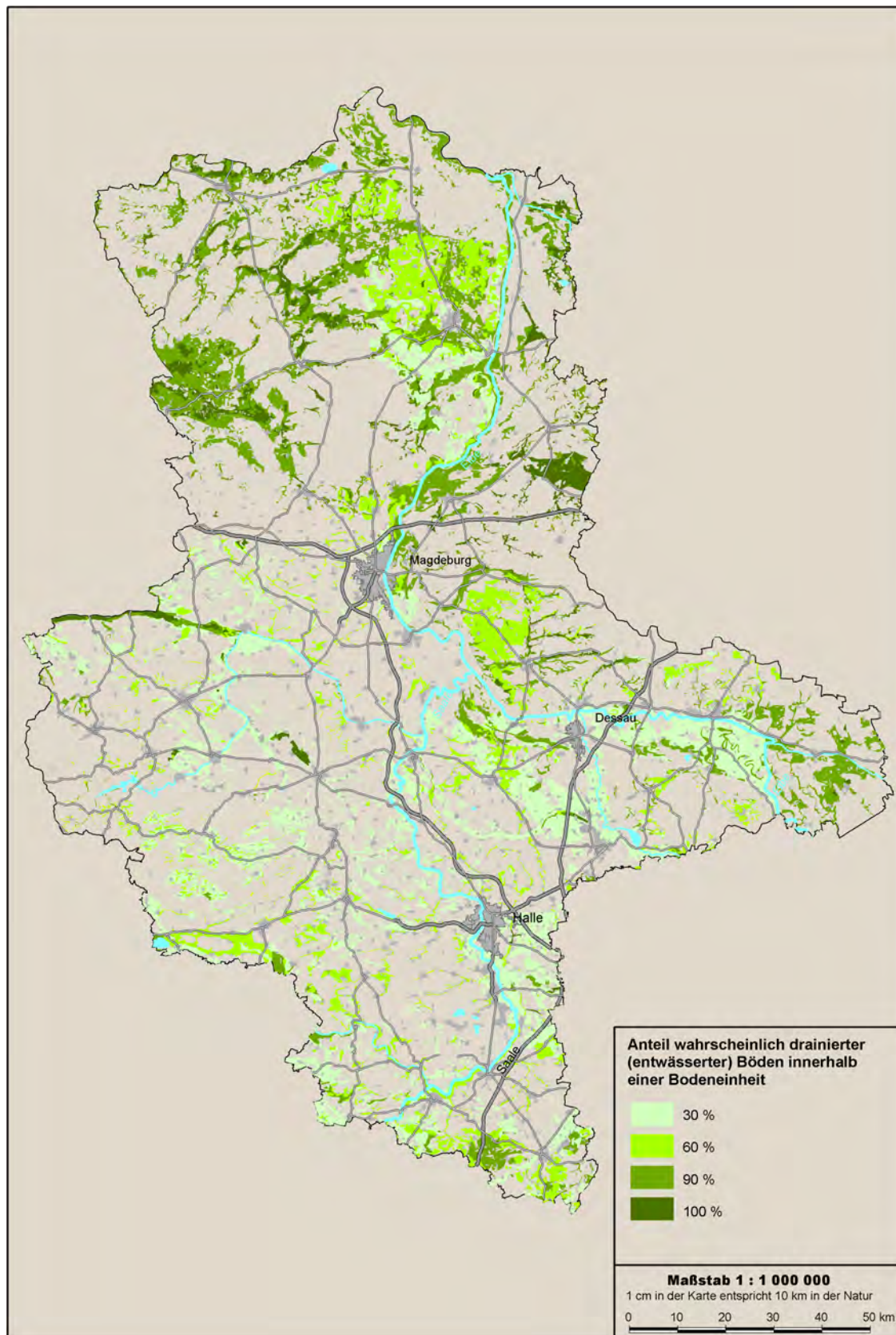
Für die erstmalige Beschreibung der Grundwasserkörper sowie der Risikoabschätzung bezüglich einer Verschmutzung des Grundwassers durch diffuse Stoffausträge (Nitrataustrag) aus der Bodenzone wurden gemäß der 'LAWA-Arbeitshilfe für die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie' die Stickstoffsaldi und die sich daraus ergebenden Nitratkonzentrationen unterhalb der Wurzelzone als Bewertungskriterien für sämtliche landwirtschaftlich genutzten Flächen Sachsen-Anhalts herangezogen. Bei diesem Verfahren wird das Risiko der Auswaschung von Nitrat aus dem Boden näherungsweise mit der relativen Austauschhäufigkeit des Bodenwassers, einem Wert, der die Anzahl der vollständigen Wechsel des Bodenwassers in der Bodensäule des durchwurzelbaren Raums beschreibt, gleichgesetzt (Frede & Dabbert, 1998).

Die relative Austauschhäufigkeit wurde aus der standortspezifischen langjährigen mittleren Sickerwasserrate (Pfützner, 2001) und der Feldkapazität im effektiven Wurzelraum berechnet (Gl. 11.2).

$$AH = \frac{SW}{FK_{WE}} \times 100 \quad (11.2)$$

mit  $AH$  = Austauschhäufigkeit je Jahr (Relativzahl),  $SW$  = Sickerwasserrate (mm/a bzw. l/(m<sup>2</sup>×a),  $FK_{WE}$  = Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (mm bzw. l/m<sup>2</sup>).





**Abb. 11.2.:** Anteil drainierter Böden innerhalb einer Bodeneinheit auf Grundlage der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (Steininger et al., 2004)

Die notwendigen Bodenwasserhaushaltsgrößen Feldkapazität und effektive Durchwurlungstiefe wurden nach Müller (2004) und Schindler et al. (2002) aus den Datensätzen der Bodenübersichtskarte 1:200.000 des Landesamtes für Geologie und Bergwesen abgeleitet. Das Ergebnis der Berechnung der Austauschhäufigkeit ist als stark generalisierte Landesübersicht Abbildung 11.3 zu entnehmen.

Austauschhäufigkeiten unter 100 % bedeuten, dass im Jahresverlauf nur ein Teil des Nitrats aus der durchwurzelbaren Zone ausgewaschen wird. Das verbleibende Nitrat steht den Pflanzen in der nächsten Vegetationsperiode zur Verfügung und wird in der Regel (bei Düngung nach guter fachlicher Praxis) mit der  $N_{min}$ -Untersuchung erfasst und bei der Höhe der ersten (und zweiten) N-Düngegabe berücksichtigt. Das Nitrat-Auswaschungsrisiko berechnet sich

$$NO_{3,pot} = \left[ (N_{BIL} - NH_3 - D) \times \frac{AF}{SW} \right] \times \frac{1}{4,43 \times 100} \quad (11.3)$$

$NO_{3,pot}$  = potenzielle  $NO_3$ -Konzentration im Sickerwasser (mg  $NO_3/l$ ),  $N_{BIL}$  = N-Saldo Flächenbilanz (kg N/(ha×a)),  $NH_3$  =  $NH_3$ -Verluste (kg N/(ha×a)),  $D$  = Denitrifikation (kg N/(ha×a)),  $AF$  = Austauschfaktor (Relativzahl; für  $AH \geq 100\% \rightarrow AF = 1$ , für  $AH < 100\% \rightarrow AF = AH/100$ ),  $SW$  = Sickerwasserrate (mm/a bzw. l/(m<sup>2</sup>×a)), 4,43 = Umrechnungsfaktor (N zu  $NO_3$ ), 100 = Umrechnungsfaktor.

Die Ergebnisse dieses Bilanzierungsprozesses sind Grundlage der Karte 10b 'Beurteilung der Zielerreichung der Grundwasserkörper hinsichtlich des chemischen Zustandes' im 'Landesbericht über die Bestandsaufnahme der Gewässer nach Artikel 5 Wasserrahmenrichtlinie' (MLU, 2005).

## 11.3. Ausblick

Die bisher vorliegenden Planungs- und Bewertungsgrundlagen beziehen sich auf die Ebene der Landesplanung und erfolgten somit im

mittel- bis kleinmaßstäbigen Bereich (1:50.000 bis 1:200.000). Im Rahmen der weiteren Schritte zur Präzisierung der Beschreibung des Zustandes der Grund- und Oberflächenwasserkörper und hinsichtlich der Erarbeitung von Maßnahmeplänen für die Zielerreichung sind höher auflösendere Betrachtungen erforderlich. Hierfür ist auch die Bereitstellung bodenkundlicher Informationen in großen Maßstäben zu realisieren. Großmaßstäbige Bodenbasisdaten sowie themenbezogene Auswertungen werden durch das LAGB in Kooperation mit dem Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt schrittweise auf Grundlage der Daten der Bodenschätzung erstellt (siehe auch Artikel 7).

## Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2003). Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Gefahr der Entstehung schädlicher Bodenveränderungen sowie der Nutzungsfunktion 'Rohstofflagerstätte' nach BBodSchG. Arbeitshefte Boden, (2), 1–73. [http://www.bgr.de/saf\\_boden/adhocag/adhocag.html](http://www.bgr.de/saf_boden/adhocag/adhocag.html).
- Christen, O., Abraham, J., Schmidt, H., & Steininger, M. (2004). Gutachten zur Beschreibung der Verschmutzung des Grundwassers durch diffuse Quellen aus der Landwirtschaft. Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Halle.
- Frede, H.-G. & Dabbert, S. (1998). Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Landsberg: ECOMED-Verlag.
- Hennings, V. (2000). Methodendokumentation Bodenkunde – Auswertemethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. Hannover, Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe G (SG1). 2. Auflage.
- Merritt, W., Letcher, R., & Jakeman, A. (2003). A review of erosion and sediment transport models. Environmental Modelling & Software, 18, 761–799.
- MLU (2005). Landesbericht über die Bestands-

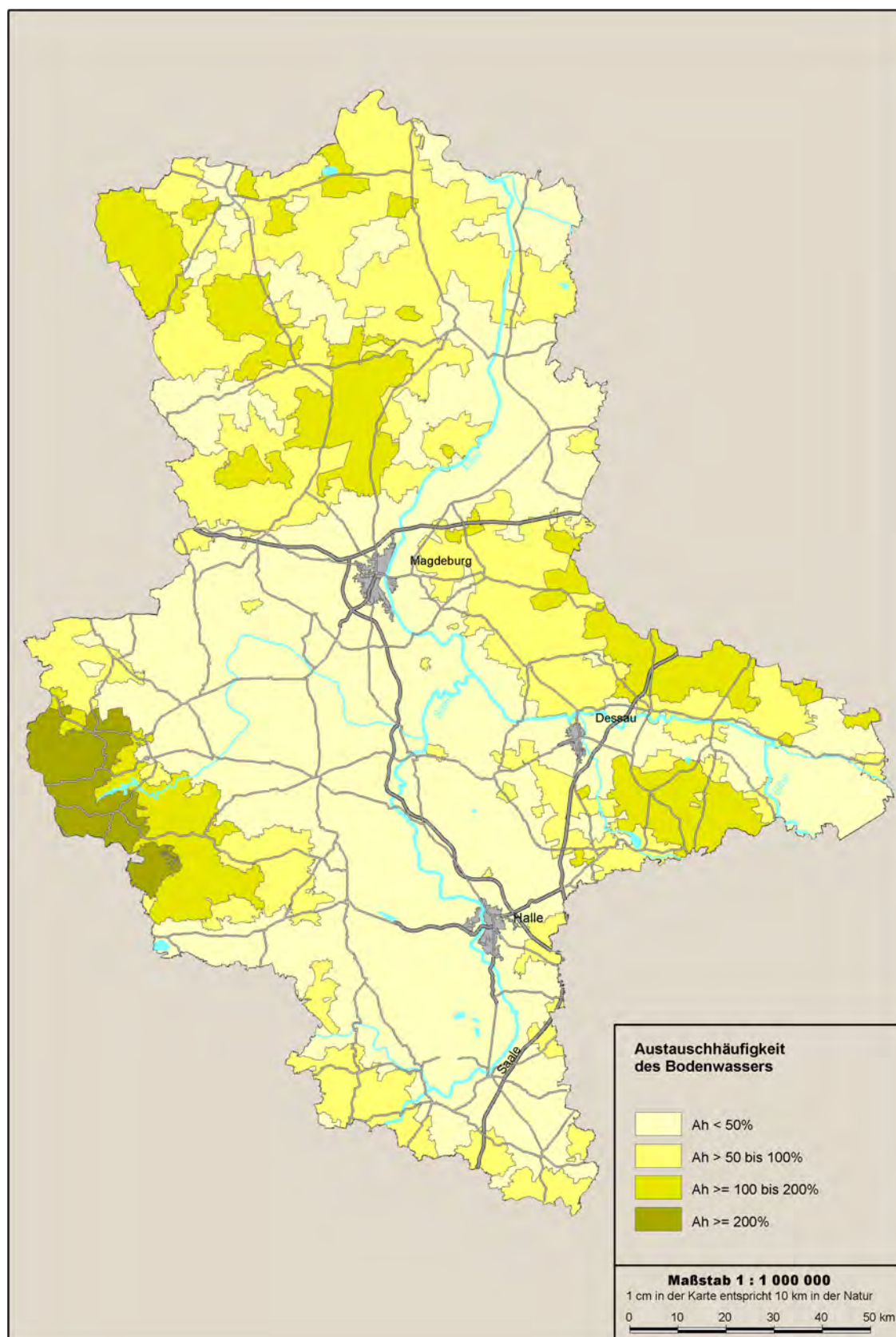


Abb. 11.3.: Landesübersicht zur Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (Christen et al., 2004)



- aufnahme der Gewässer nach Artikel 5 Wasserrahmenrichtlinie. Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt. [http://www.wrrl-st.de/wrrl/conpresso/\\_wrrl-iab/start.htm](http://www.wrrl-st.de/wrrl/conpresso/_wrrl-iab/start.htm).
- Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.
- Pfützner, B. (2001). Bestimmung der Grundwasserneubildung für das Land Sachsen-Anhalt auf der Grundlage des Verfahrens Bagrov/Glugla. Abschlussbericht des F. und E-Vorhabens.
- Schindler, U., Thiere, J., Müller, L., & Altermann, M. (2002). Ableitung bodenhydrologischer Kennwerte für heterogene Flächeneinheiten Nordostdeutschlands auf Grundlage des Flächentypenkonzeptes zur MMK. Landnutzung und Landentwicklung, 43(6), 262–268.
- Steininger, M., Altermann, M., & Rosche, O. (2004). Ermittlung der potenziellen diffusen Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer des Landes Sachsen-Anhalt auf Basis der Wasserkörper gemäß Anhang II EU-WRRL. Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Halle. Bericht unter Mitarbeit von M. Möller (R- und LS-Faktor).
- Wischmeier, W. & Smith, D. (1978). Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. USDA Agr. Handbook, H. 537. Washington, DC: US Department of Agriculture Science and Education Administration.





# Anhang



## A. Bodenkundliche Basiskarten und thematische Karten



## 1. Bodenkundliche Basisdaten

|     |                                                                          |        |
|-----|--------------------------------------------------------------------------|--------|
| A.1 | Bodenbildungsbereiche auf Grundlage der Entstehungsart im Klassenzeichen | S. 124 |
| A.2 | Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot)                          | S. 126 |
| A.3 | Erodierbarkeit                                                           | S. 128 |
| A.4 | Gesättigte Wasserleitfähigkeit, kf-Wert                                  | S. 130 |
| A.5 | Bodensystematische Einheiten                                             | S. 132 |
| A.6 | Substratsystematische Einheiten                                          | S. 134 |
| A.7 | Nutzbare Feldkapazität (nFK)                                             | S. 135 |

Grundlagen für die Kartendarstellungen der Basisinformationen bilden die Klassenflächen der Bodenschätzung (Karten A.1 bis A.4) bzw. Legendeneinheiten der VBK (Karten A.5 bis A.7). Die Karten A.1 sowie A.5 und A.6 geben mit der Entstehung aus dem Klassenzeichen, der Bodenklasse als bodensystematische Gliederungseinheit und der Substratklasse als oberste Substrateinheit Legendeninformationen wieder. Die Inhalte der Landesübersichten wurden für den Maßstab aggregiert (Mindestgröße der Flächen 200 ha). Vollständige Informationen enthalten die Karten im Originalmaßstab.

Die Karten A.2 und A.3 sowie A.7 bilden aus Standardprofilen abgeleitete Eigenschaften ab. Hierbei handelt es sich mit der potenziellen Kationenaustauschkapazität (Karte A.2) und der Erodierbarkeit (Karte A.3) um eine Betrachtung von Standorteigenschaften, bei den kf-Werten (Karte A.4) um einen Kennwert der Wasserbewegung, bei der nutzbaren Feldkapazität (Karte A.7) um einen Kennwert der Wasserbindung.

## 2. Thematische Karten

|      |                                                          |        |
|------|----------------------------------------------------------|--------|
| A.8  | Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle | S. 136 |
| A.9  | Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser    | S. 138 |
| A.10 | Potenziell natürliche bodenkundliche Feuchtestufe        | S. 140 |
| A.11 | Abflussregulationspotenzial                              | S. 142 |

Diese Kartendarstellungen sind noch als vorläufig zu betrachten, da sich die bodenkundlichen Eingangsdaten zur Zeit in Überarbeitung befinden und einzelne Aspekte der Auswertungsmethodik weiterentwickelt werden.

Zur Erstellung der Karten wurden unterschiedliche Daten auf Grund ihrer geographischen Lage kombiniert (siehe Artikel 8). Dabei entstehen zwangsläufig auch irrealer bzw. unwahrscheinliche Datenkombinationen, d.h. Umweltbedingungen, die an einem Ort nicht gemeinsam auftreten (Beispiel: Auenboden in stark geneigter Hanglage). Solche Datenkombinationen haben nur einen geringen Flächenanteil, können aber bei der Bewertung von Bodenfunktionen und Bodenempfindlichkeiten zu falschen Ergebnissen führen. Insbesondere kleine und schmale Flächen, die eine Größe von nur wenigen Rasterfeldern aufweisen, sind deshalb in ihrem Aussagewert kritisch zu betrachten. Eine Möglichkeit zur Behebung dieser Fehler besteht darin, Kleinstflächen Nachbarflächen zuzuordnen. Zur Überprüfung einzelner Flächen kann der gesamte Datenhintergrund bereitgestellt werden. Die Karten sind für den Maßstab von 1:50.000 konzipiert. Eine Verwendung in kleineren Maßstäben ist möglich.

**Hinweise zu den dargestellten Karten** In der aufgeschlagenen Doppelseite ist auf der linken Seite eine Landesübersicht im Maßstab 1:1.000.000 abgebildet, die rechte Seite zeigt einen Kartenausschnitt im Maßstab 1:50.000. Die Darstellung der Karten A.6 und A.7 erfolgt nur im Maßstab 1:50.000.

## Karte A.8 Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (Beispiel Cadmium)

**Methode** Müller (2004, VKR 6.7.2.1)

Für die Berechnung werden nur Eigenschaften der oberen 30 cm des Bodens herangezogen. In Abweichung zur Methodendokumentation in Müller (2004) wurden in KCl gemessenen pH-Werte statt pH (CaCl<sub>2</sub>) verwendet. Bei Böden mit Festgestein werden nur die Horizonte bis zum Cn-Horizont berücksichtigt.

**Eingangsdaten** Umweltdatenraster 40 × 40 m von Sachsen-Anhalt, Version 1 mit den Informationsebenen:

- Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 von Sachsen-Anhalt (VBK 50), Stand: 04.10.04
- Bodenregionalkarte Halle und Umgebung 1:50.000 (BRK Halle) (Kainz et al., 1996)
- Bodenkundliche Flächendatensätze des LAGB (siehe Artikel 7) mit Stand vom 03.01.2005
- Klimadaten: 1 × 1 km Raster (DWD-Klimaraster) des Deutschen Wetterdienstes (Döring & Chudy, 2001; Müller-Westermeier, 1995)
- Landnutzungsclassen des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt; Digitales Situationsmodell 1:25.000 (LLD, 1999).

**Erläuterungen zum Inhalt der Karte und ihren Anwendungsmöglichkeiten** Die Karte bewertet die Fähigkeit des Oberbodens, Schwermetalle in der Bodenmatrix zu binden. Die Eigenschaft wurde für das Schwermetall Cadmium berechnet, da Cadmium eine hohe Pflanzenverfügbarkeit aufweist und mit Düngestoffen und Klärschlämmen in den Boden gelangt. Bei der Bewertung ist von einer realistischen Schätzung für die landwirtschaftlich genutzten Böden auszugehen. Böden unter Wald sowie Moorböden können infolge einer unzureichenden Datensituation zur Zeit noch nicht bewertet werden.

## Karte A.9 Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser

**Methode** Müller (2004, VKR 6.6.17), DIN 19708 (2005)

**Eingangsdaten** Umweltdatenraster 40 × 40 m von Sachsen-Anhalt, Version 1 (siehe Artikel 8) mit den Informationsebenen:

- R-Faktor nach Gleichung  $R = (0,3322 \times (N_{Mai} + N_{Okt})) - 57,13$  (Möller, 2004)  
Die Niederschlagsdaten sind aus dem 1 × 1 km Datenraster des Deutschen Wetterdienstes erstellt worden (Döring & Chudy, 2001; Müller-Westermeier, 1995).
- Der K-Faktor basiert auf:
  - Bodenregionalkarte Halle und Umgebung im Maßstab 1:50.000 (Kainz et al., 1996),
  - Vorläufige Bodenkarte von Sachsen-Anhalt 1:50.000, Stand: 04.10.2004,
  - Bodenkundliche Flächendatensätze des LAGB, Stand 27.04.2005 (siehe Artikel 7),
  - K-Faktor nach DIN 19708 (2005) mit  $K_a = 0$  und  $K_s = 1$ ,  $K_b$  nach Tabelle 4,  $K_h$  nach Tabelle 5,  $K_s$  nach Tabelle 6 und  $K_d$  nach Tabelle 8.
- S-Faktor: Basiert auf dem ATKIS-DGM Digitales Geländemodell 40 m (LLD, 1999), berechnet mit Formel  
 $S = -1,5 + (17 / (1 + \exp(2,3 - 6,1 \times (\sin([slope40_{ST}] \div deg))))))$ .
- Die potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser ergibt sich als  
 $A = R \times K \times S [t / (ha \times a)]$ .  
Von der Verwendung der absoluten Abträge in  $t / (ha \times a)$  wurde abgesehen, da die

Methode nicht alle erosionsrelevanten Faktoren berücksichtigt. Das Risiko wird durch eine Klassenbildung als relative Differenzierung der Standorte beschrieben.

**Erläuterungen zum Inhalt der Karte und ihren Anwendungsmöglichkeiten** Die Erosion gefährdet insbesondere strukturell labile schluffige und feinsandige Böden, deren humus- und nährstoffreiche Bodenkrume abgetragen wird, was zu einer Verringerung ihrer Fruchtbarkeit führt. Gleichzeitig kommt es zu Ernteverlusten auf den geschädigten Ackerstandorten. Abseits des eigentlichen Abtragsgeschehens kann durch Akkumulation von Boden der Pflanzenbestand überdeckt werden. Umgelagertes Bodenmaterial kann bei Übertritt in Gewässer zu Beeinträchtigungen der Wasserqualität führen.

Die Karte der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser ist eine Risikoprognosekarte. Es wurden alle Böden unabhängig von der aktuellen Nutzung bewertet, für die entsprechende Daten vorlagen. Sie spiegelt die bis dato abgelaufenen Erosionsprozesse nur eingeschränkt wider. Bodenerosion wird maßgeblich durch die Neigung des Geländes bestimmt. Die Hangneigung ist auch die entscheidende Einflussgröße bei der vorliegenden Gefährdungsabschätzung. Spezifische geomorphologische Situationen, wie bspw. beim Abtrag von einer Kuppe und der Akkumulation des Bodens direkt unterhalb derselben in noch stark geneigtem Gelände, führen in der Realität zu einem differenzierteren Erosionsgeschehen, als es auf Grund der Modelleigenschaften und der räumliche Auflösung der Eingangsdaten hier wiedergegeben werden kann.

## Karte A.10 Potenziell natürliche bodenkundliche Feuchtestufe

**Methode** Die bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) ist eine Einstufung der langjährigen mittleren Bodenfeuchte bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (Müller, 2004, VKR 6.5.8). Die BKF grund- und stauwasserfreier Böden liegt zwischen 0 und 5 und ergibt sich aus der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum. Grund- und staunasse Böden werden entsprechend des Vernässungsgrades (Grund-/Staunässestufen) in die BKF 6 bis 11 eingeordnet. Das Verfahren wurde wie folgt modifiziert:

1. Vernässungsgrad und mittlerer Grundwassertiefstand wurden aus dem Bodentyp abgeleitet.
2. Damit die für die BKF beschriebenen Nutzungseinschränkungen bzw. Nutzungsempfehlungen mit denen des NIBIS Profilerfassungsprogramms übereinstimmen, werden die Zuordnungsregeln wie folgt geändert:

| height | Vernässungsgrad | BKF VKR 6.5.8 | BKF LAGB |
|--------|-----------------|---------------|----------|
| 6      |                 | 11            | 10       |
| 5      |                 | 10            | 9        |
| 4      |                 | 9             | 8        |
| 3      |                 | 8             | 7        |
| 2      |                 | 7             | 6        |
| 1      |                 | 6             | 5        |

**Eingangsdaten** Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt, Version 3 (UDR40ST3) (siehe Artikel 8) mit folgenden Informationen:

- Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 von Sachsen-Anhalt (VBK 50) mit Stand vom 04.10.04,
- Bodenregionalkarte Halle und Umgebung 1:50.000 (Kainz et al., 1996),
- bodenkundliche Flächendatensätze mit Stand vom 27.04.2005 (siehe Artikel 7),
- Karte der Potenziellen Entwässerungsflächen in Sachsen-Anhalt (Steininger et al., 2004),

- Klimadaten:  $1 \times 1$  km Raster (DWD-Klimaraster) des Deutschen Wetterdienstes (Döring & Chudy, 2001; Müller-Westermeier, 1995),
- Landnutzungsklassen des Amtlichen Geotopographischen Informationssystems (ATKIS) des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt; Digitales Situationsmodell 1:25.000 (LLD, 1999),
- Hangneigung in Form ganzzahlig gerundeter metrischer Werte, berechnet aus dem Digitalen Geländemodell im 40-m-Raster (LLD, 1999) mit dem 'Spatial Analyst' von ESRI (McCoy & Johnston, 2001).

### Erläuterungen zum Inhalt der Karte und ihren Anwendungsmöglichkeiten

Informationen zum Bodenwasserhaushalt sind für die meisten Bodenbewertungsverfahren ein unverzichtbares Eingangsdatum. So wird bspw. das landwirtschaftliche Ertragspotenzial maßgeblich vom Bodenwasserhaushalt bestimmt. Demgegenüber steht das Problem einer unbefriedigenden Datenlage. Bodenkundliche Primärdaten untersuchter Einzelstandorte, die in Profildatenbanken gespeichert sind, enthalten eine Reihe von Bodenmerkmalen, die Rückschlüsse auf den Bodenwasserhaushalt zulassen. Allerdings kann den älteren Primärdaten in der Regel nicht entnommen werden, ob sie den Bodenwasserhaushalt zum Aufnahmezeitpunkt oder einen nicht mehr zutreffenden Zustand der Vergangenheit beschreiben.

Aus der statistischen Auswertung und Regionalisierung von Bodenparametern ist eine Aussagen zu den aktuellen Bodenwasserverhältnisse nicht durchgehend möglich. Künstliche Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes wie Grundwasserabsenkung oder Wiedervernäsung können zu Veränderungen kartierter Bodeneinheiten führen.

Unter Verwendung einer Prognosekarte der entwässerten Flächen Sachsen-Anhalts (Steininger et al., 2004) wurde auch die aktuelle bodenkundliche Feuchtestufe geschätzt. Eine Karte dieser aktuellen bodenkundlichen Feuchtestufe ist verfügbar.

## Karte A.11 Abflussregulationspotenzial

**Methode** Das Abflussregulationspotenzial wurde in Anlehnung an Karl (1997) wurde unter Verwendung

- der tatsächlichen relativen Verdunstung eines Bodens (Bodenart, Höhe Grundwasserspiegel, Landnutzung),
- des Anteils des oberflächlich abfließenden Wassers (=Abflussbeiwert) (aus Landnutzung),
- eines Korrekturfaktors für das Verhältnis von Gesamtabfluss zu Grundwasserabfluss (durch Kennzeichnung des Direktabflusses über die Hangneigung),
- der Durchlässigkeit (kf-Wert) und
- der Speicherkapazität (nutzbaren Feldkapazität des verfügbaren, maximal 150 cm mächtigen Bodenraumes)

abgeschätzt. Das Abflussregulationspotenzial *ABREG* ergibt sich als Relativzahl (zwischen 0 und 1) aus

$$ABREG = E_{rel} \times (1 - \psi_{rel}) \times Kf_{rel} \times NFk \times Au/A$$

$E_{rel}$ : tatsächliche relative mittlere jährliche Verdunstung eines Bodens;  $1 - \psi_{rel}$ : Anteil des Niederschlages, der oberflächlich abfließt;  $Kf_{rel}$ : Wasserdurchlässigkeit;  $Au/A$ : Korrektur des Verhältnisses von Gesamtabfluss zu Grundwasserabfluss entsprechend Hangneigung;  $NFk$ : nutzbare Feldkapazität.





Die Berechnung geht von den aktuellen mittleren Grundwassertiefständen (MNGW) aus. Grundwasserböden sind alle Böden mit  $MNGW \leq 1,8$  m. Eine Anpassung der bei Karl (1997) verwendeten Bodenarten an die Bodenkundliche Kartieranleitung wurde wie folgt durchgeführt:

| Bodenart nach Karl (1997) | Bodenart (Bodenkundliche Kartieranleitung)      |
|---------------------------|-------------------------------------------------|
| S                         | Ss, fS, mS, gS                                  |
| IS (aIS+IS)               | Su2, SI2, SI3, St2, Su3, Su4                    |
| sL                        | Slu, SI4                                        |
| L                         | St3, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Ts4, Ts3, Lu, Tu4 |
| T                         | Ts2, TI, Tu2, Tu3, Tt, Lt3                      |
| U (Löss)                  | U, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Uls                       |

**Eingangsdaten** Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt, Version 3 (UDR40ST3) (siehe Artikel 8) mit folgenden Informationen:

- Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 von Sachsen-Anhalt (VBK 50), Stand vom 04.10.04,
- Bodenregionalkarte Halle und Umgebung 1:50.000 (Kainz et al., 1996),
- bodenkundliche Flächendatensätze (Profile-Flächendatenbank.mdb) mit Stand vom 27.04.2005 (siehe Artikel 7),
- Karte der Potenziellen Entwässerungsflächen in Sachsen-Anhalt (Steininger et al., 2004),
- Klimadaten:  $1 \times 1$  km Raster (DWD-Klimaraster) des Deutschen Wetterdienstes (Döring & Chudy, 2001; Müller-Westermeier, 1995),
- Landnutzungsklassen des Amtlichen Geotopographischen Informationssystems (ATKIS) des Landesamtes für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt; Digitales Situationsmodell 1:25.000 (LLD, 1999).
- Hangneigung in Form ganzzahlig gerundeter metrischer Werte, berechnet aus dem Digitalen Geländemodell im 40-m-Raster (LLD, 1999) mit dem 'Spatial Analyst' von ESRI (McCoy & Johnston, 2001).

**Erläuterungen zum Inhalt der Karte und ihren Anwendungsmöglichkeiten** Je geringer der Direktabfluss, also jener Anteil am Gesamtabfluss einer Landschaft, der zeitlich kaum verzögert in die Gewässer gelangt ('schnelle' Abflusskomponenten), um so gleichmäßiger ist die Grundwasser- und Quellspeisung. Das führt zu einer Nivellierung der Abflussspitzen in den Fließgewässern. Insofern kommt dem Boden eine entscheidende Bedeutung im Hinblick auf den Hochwasserschutz zu. Maßgeblich bestimmt wird die Abflussregulationsfunktion durch Infiltrationskapazität und Speicherfähigkeit des Bodens (Karl, 1997; Dyck & Peschke, 1995). In welchem Verhältnis Speicher- und Leitfähigkeit des Bodens zueinander stehen, hängt sowohl vom Volumen der Hohlräume als auch ihrer Größenverteilung ab. Dieses wiederum wird durch die Korngröße und deren Verteilung bestimmt. Bodenarten mit kleinen Korngrößen haben insgesamt eine hohe Porosität (Porenvolumen), d.h. sie können mehr Wasser speichern als z.B. Sande. Diese hohe Porosität wird durch viele kleine Poren realisiert, deren enge Durchmesser dem Wassertransport einen großen Widerstand entgegensetzen. Die hohe Speicherfähigkeit von Tonen ist also mit einer geringer Leitfähigkeit gekoppelt. Neben der Kornverteilung wirkt sich das sekundäre Porensystem aus Bodengefügegrenzflächen, Schrumpfungsrissen sowie Wurzel- und Tiergängen modifizierend auf Speicher- und Leitfähigkeit aus Dyck & Peschke (1995).

Neben Bodeneigenschaften regulieren Landnutzung und Hangneigung den Anteil des Niederschlages, der ohne zu infiltrieren verdunstet oder oberflächlich abfließt.

Bei einigen sehr durchlässigen Hochflächenböden der Altmark multiplizieren sich die Abschläge bei der Speicherfähigkeit, der verhältnismäßig hohe Anteil oberflächlich abfließenden

Wassers infolge Ackernutzung sowie geringe Werte für die Höhe der tatsächlichen relativen Verdunstung zu einer vergleichsweise geringen Regulationsfunktion. Insgesamt erscheint diese Einstufung nicht gerechtfertigt und es ist zu prüfen, ob die Methode hinsichtlich der Wichtung des Abflussbeiwertes und der tatsächlichen relativen Verdunstung modifiziert werden muss.

Bei den ehemals stark grundwassergeprägten Böden der Altmark erhöhte sich infolge Grundwasserabsenkung das Speichervolumen für Niederschläge, so dass für diese Böden heute ein mittleres Regulationspotenzial anzusetzen ist. Drainagesysteme haben aber auch – vor allem bei gut durchlässigen Böden – einen gegenteiligen Effekt, da sie das Sickerwasser verhältnismäßig schnell an die Vorfluter weitergeben. Wie sich dieser Effekt auf das Abflussregulationspotenzial der Böden insgesamt auswirkt, ist bisher nicht quantifiziert und muss daher in diesem Modell unberücksichtigt bleiben.

## Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.
- AK Bodensystematik (1998). Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 86, 1–192.
- DIN 19708 (2005). Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Beuth, Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
- Döring, J. & Chudy, T. (2001). Klassifizierung hydrometeorologischer Parameter für das Gebiet des Landes Sachsen-Anhalt auf der Basis digital vorliegender 1 × 1 km Netzdaten. Institut für Agrarökonomie und Agrarraumgestaltung der Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale).
- Dyck, S. & Peschke, G. (1995). Grundlagen der Hydrologie. Hannover: Verlag für Bauwesen. 3. Auflage.
- Kainz, W., Schröder, H., Knauf, C., & Möbes, A. (1996). Bodenregionalkarte 1:50.000 Blatt Halle (BRK 50 Halle). Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.
- Karl, J. (1997). Bodenbewertung in der Landschaftsplanung. Naturschutz und Landschaftsplanung, 29(1), 5–17.
- LLD (1999). Geobasisinformationssystem, Teil Geotopographie. Halle (Saale): Landesamt für Landesvermessung und Datenverarbeitung Sachsen-Anhalt. 72 S.
- McCoy, J. & Johnston, K. (2001). Using ArcGIS: Spatial Analyst. ESRI-Handbook. 230 S.
- Möller, M. (2004). R-Faktor. In M. Steininger, M. Altermann, & O. Rosche (Eds.), Ermittlung der potenziellen diffusen Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer des Landes Sachsen-Anhalt auf Basis der Wasserkörper gemäß Anhang II EU-WRRL. Halle (Saale): Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt.
- Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.
- Müller-Westermeier, G. (1992). Numerische Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. Bericht des Wetterdienstes, (193).
- Steininger, M., Altermann, M., & Rosche, O. (2004). Ermittlung der potenziellen diffusen Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer des Landes Sachsen-Anhalt auf Basis der Wasserkörper gemäß Anhang II EU-WRRL. Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Halle. Bericht unter Mitarbeit von M. Möller (R- und LS-Faktor).

## A.1. Bodenbildungsbereiche auf Grundlage der Entstehungsart im Klassenzeichen

**Definition** Entstehungsarten der Klassenzeichen

**Grundlagen** Klassenflächen der Bodenschätzung

**Legende** Entstehungsarten der Bodenschätzung

**Inhalt** Die Beschreibung der Klassenflächen erfolgt, für Acker- und Grünland getrennt, durch das Klassenzeichen. Das Klassenzeichen ist ein komplexes Kürzel, das sich aus Informationen zu Bodenarten (Acker 9/Grünland 5 Einheiten), Entstehungsarten (Acker 4 Einheiten), Zustandsstufe (Acker 7/Grünland 3 Stufen) sowie beim Grünland Klima- und Wasserstufen zusammensetzt. Informationen zu den Bodenbildungsbereichen finden sich im Klassenzeichen unter den Entstehungsarten, bzw. für Moore unter den Bodenarten. Im Einzelnen bedeutet:

Mo: Moore

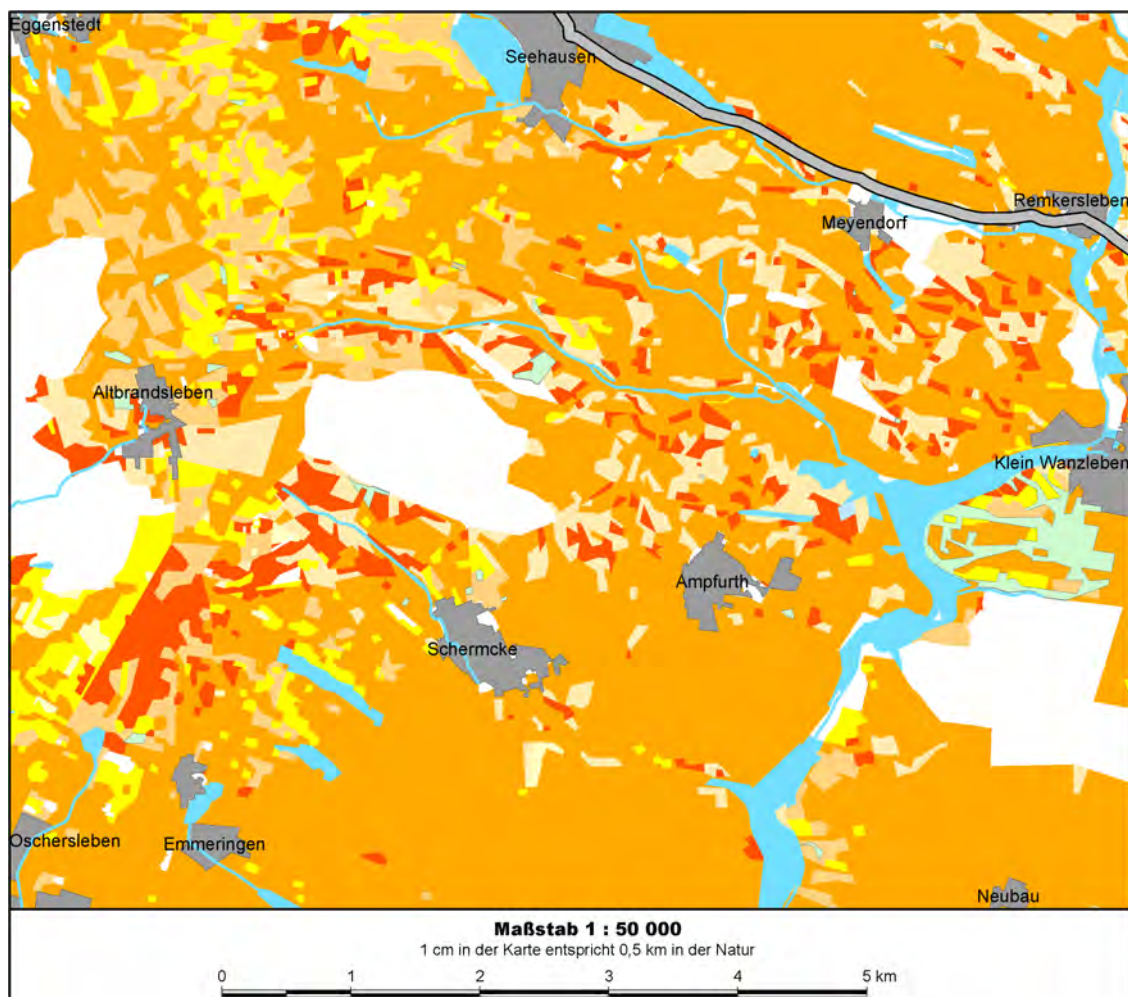
Al: Aluvialböden, holozäne Schwemmlandböden, jüngere Anlagerungen in Niederungen und Auen

D: Diluvialböden, pleistozäne Substrate, Ablagerungen der Kaltzeiten

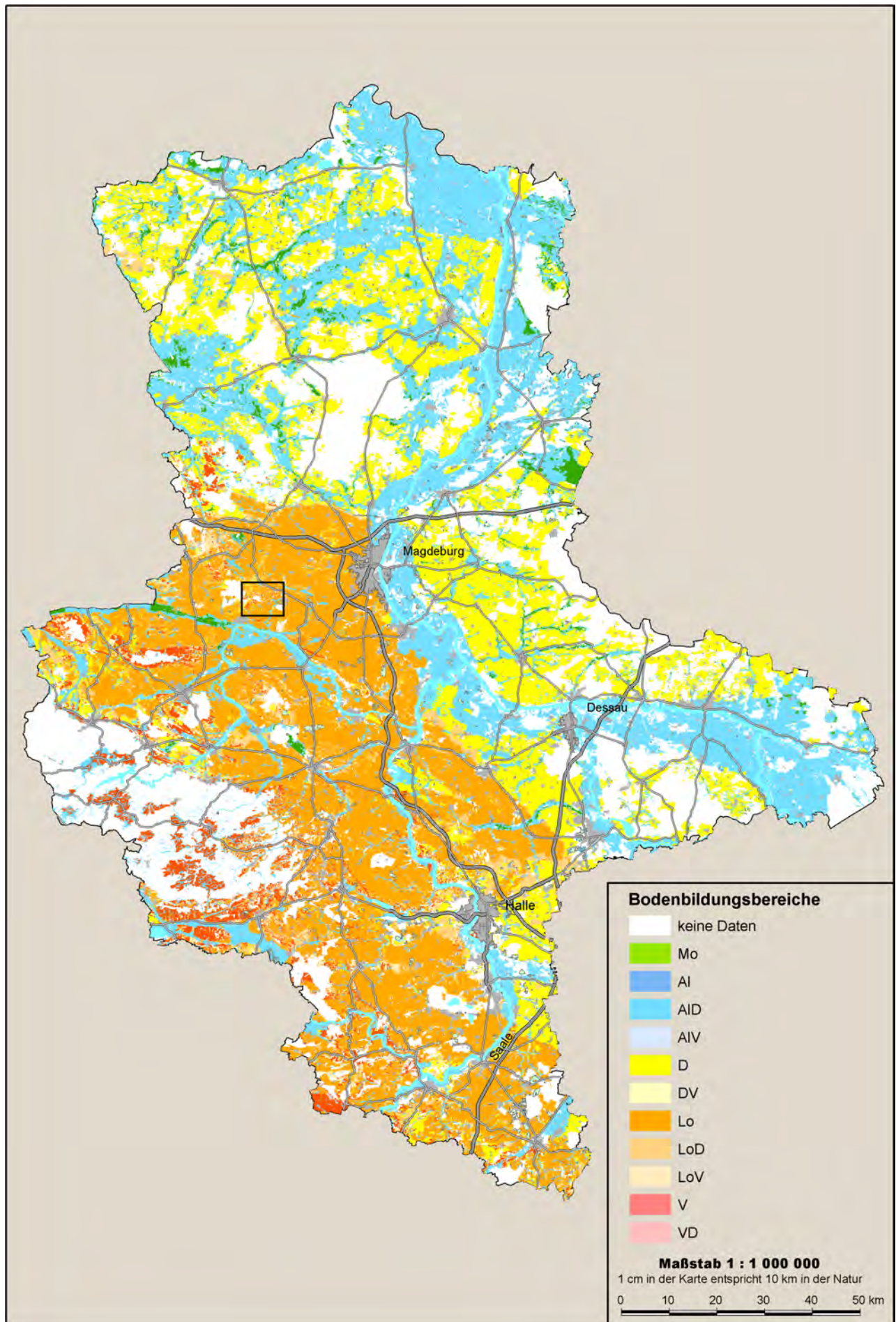
Lö: Löss, äolische Ablagerung der Kaltzeiten

V: Festgesteinsverwitterungsböden aus paläozoischen oder mesozoischen Muttergesteinen ohne Umlagerungen

g: Ergänzung für steinreiche Böden









## A.2. Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot)

**Definition** Menge der am Sorptionskomplex im Boden austauschbar gebundenen Kationen

**Grundlagen** Klassenflächen der Bodenschätzung

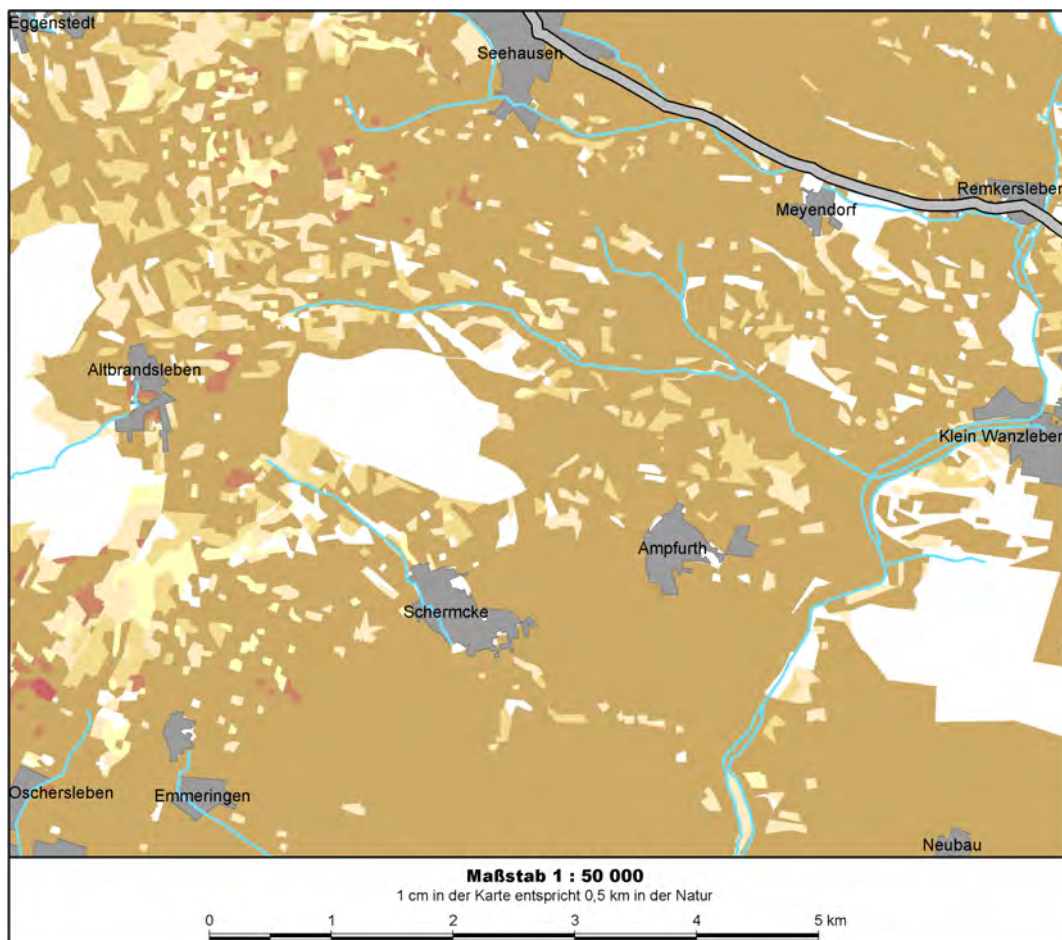
**Legende** Klassenbildung nach KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005)

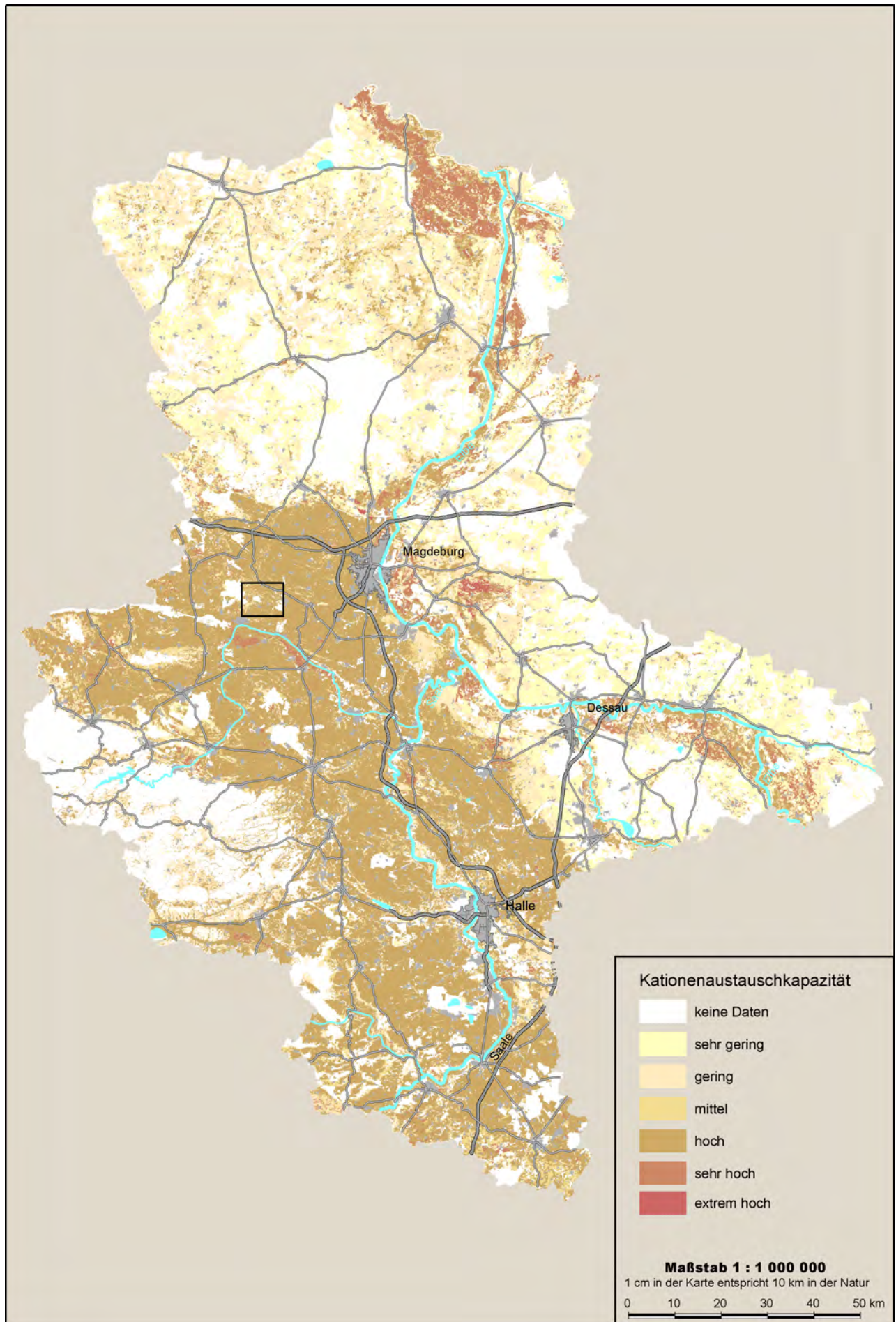
|      |             |         |             |
|------|-------------|---------|-------------|
| KAK1 | < 4         | cmol/kg | sehr gering |
| KAK2 | 4 bis < 8   | cmol/kg | gering      |
| KAK3 | 8 bis < 12  | cmol/kg | mittel      |
| KAK4 | 12 bis < 20 | cmol/kg | hoch        |
| KAK5 | 20 bis < 30 | cmol/kg | sehr hoch   |
| KAK6 | ≥ 30        | cmol/kg | extrem hoch |

**Inhalt** Die KAK geht als eine Grundlage in die Beschreibung von Filtereigenschaften und stofflichen Bindungsverhalten der Böden ein.

Die potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot) gibt die Menge der im Boden austauschbar gebundenen Kationen bei einem pH-Wert von 8,2 in cmol/kg wieder und hängt im wesentlichen von der Bodenart (Tongehalt) und dem Humusgehalt ab. Je höher der Gehalt an organischer Substanz und der Anteil der Tonfraktion im Kornspektrum, umso größer ist die KAKpot. Die KAKpot kann für Bodenarten und Humusgehalte aus Tabellen abgeleitet werden (KA 5, Ad-hoc-AG Boden, 2005). Zur Beschreibung der aktuellen Kationenbindung muss ergänzend der pH-Wert Beachtung finden.

Die Kartendarstellung beinhaltet die durchschnittliche KAKpot für den ersten Meter unter Berücksichtigung der Bodenart und des Humusgehaltes.







## A.3. Erodierbarkeit

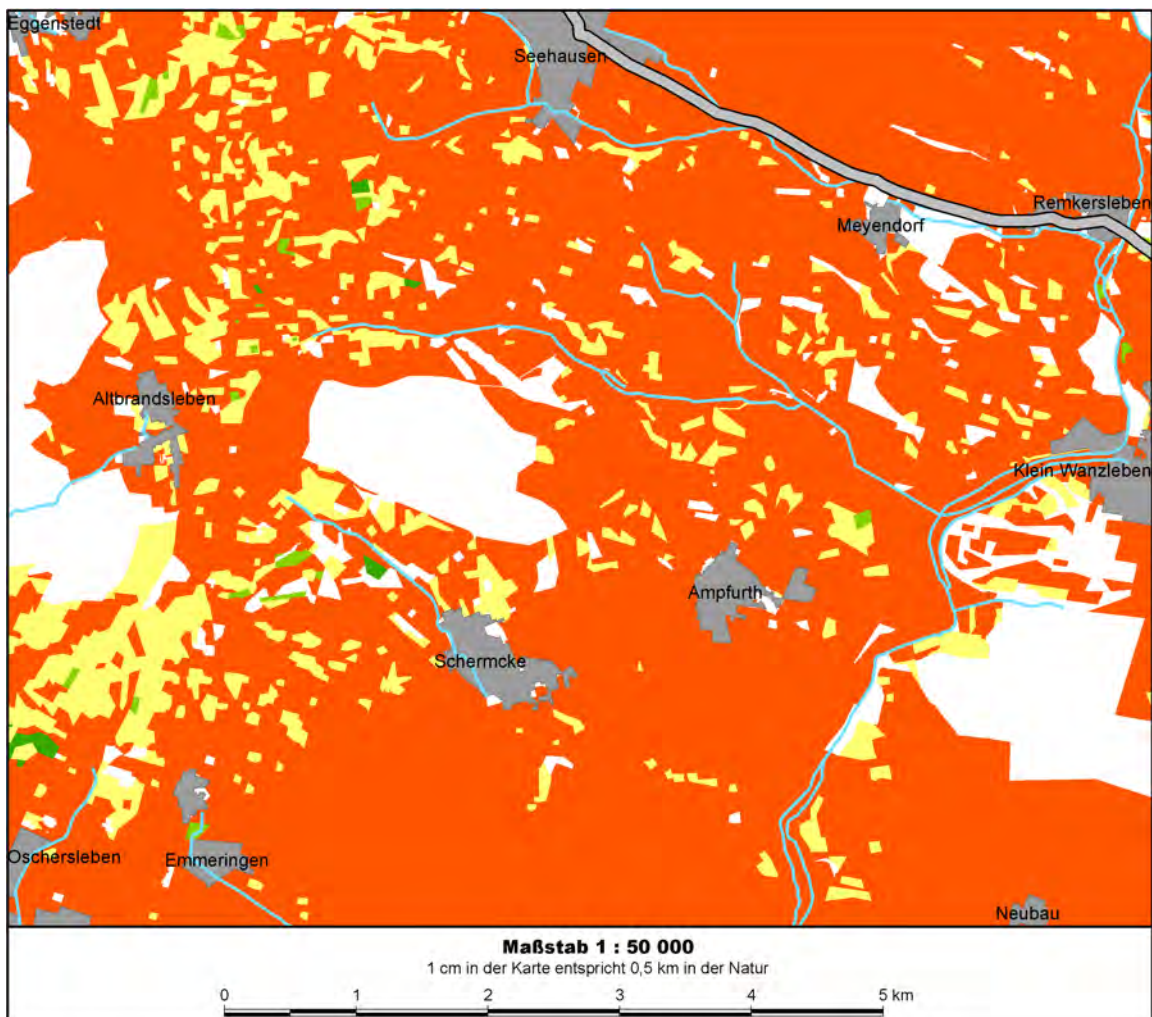
**Definition** Empfindlichkeit des Bodens gegenüber dem Abtrag durch oberflächlich abfließendes Wasser

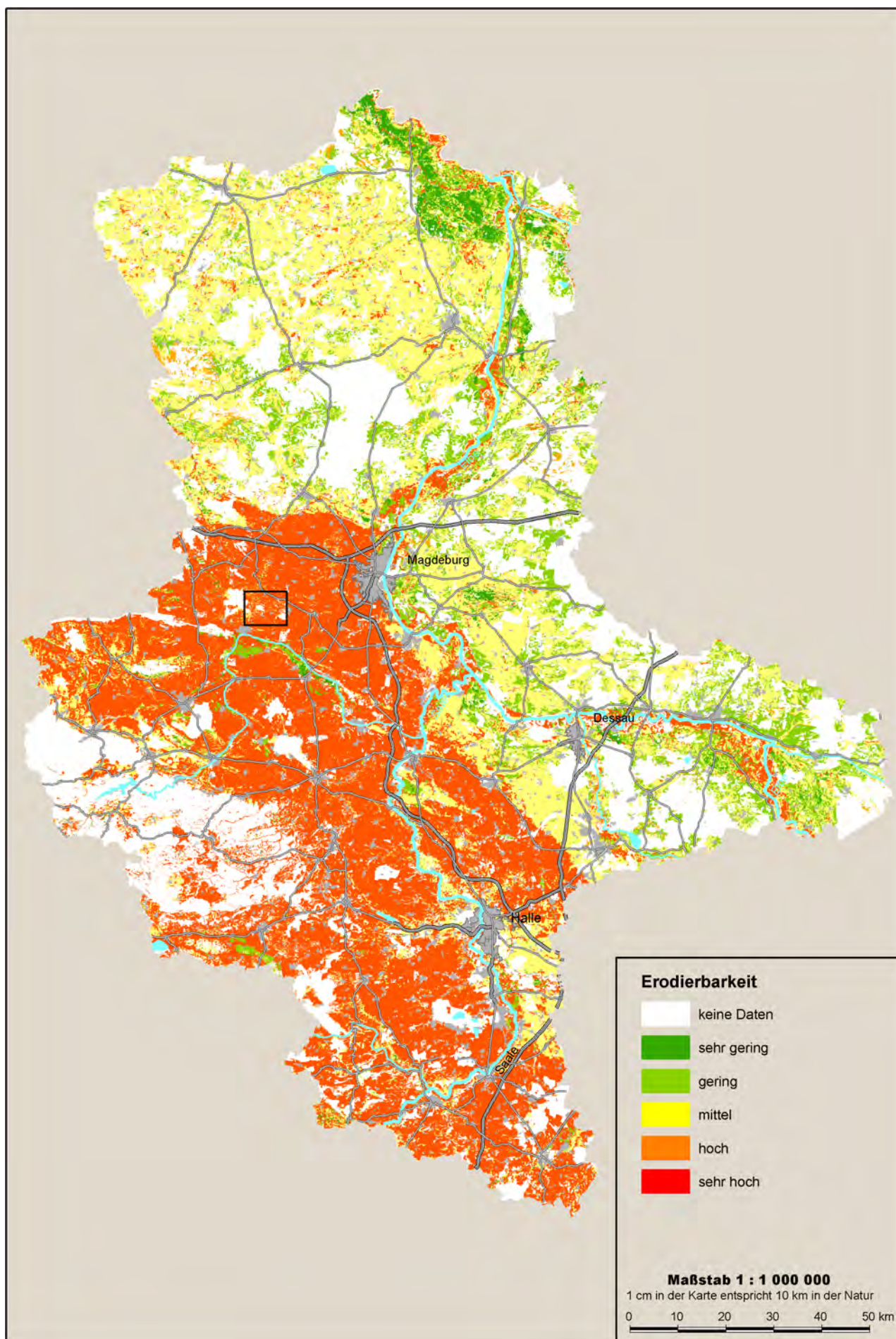
**Grundlagen** Klassenflächen der Bodenschätzung

**Legende** Erodierbarkeit (EB) durch Wasser in Abhängigkeit der Bodenart (KA 5, Ad-hoc-AG Boden, 2005)

| Kurzzeichen | K-Faktor      | Stufe       | Bodenart                               |
|-------------|---------------|-------------|----------------------------------------|
| EB1         | < 0,1         | sehr gering | gS, mS, Ts2, Ts3, Ts4, Tl, Tt          |
| EB2         | 0,1 bis < 0,2 | gering      | Ss, St2, St3, Lts, Tu2                 |
| EB3         | 0,2 bis < 0,3 | mittel      | Su2, Sl2, Sl3, Sl4, Lt2, Lt3, Ls4, Tu3 |
| EB4         | 0,3 bis < 0,5 | hoch        | fS, Su3, Su4, Slu, Lu, Ls2, Tu4        |
| EB5         | ≥ 0,5         | sehr hoch   | Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4             |

**Inhalt** Zur Beschreibung der Erodierbarkeit des Oberbodens dient der K-Faktors. Hier erfolgt die Bestimmung auf Grundlage der Oberbodenarten der Klassenzeichen (KA 5, Ad-hoc-AG Boden, 2005). Zur Beschreibung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser geht dieser Faktor unter anderem in die 'Allgemeine Bodenabtragsgleichung' ein.







## A.4. Gesättigte Wasserleitfähigkeit, kf-Wert

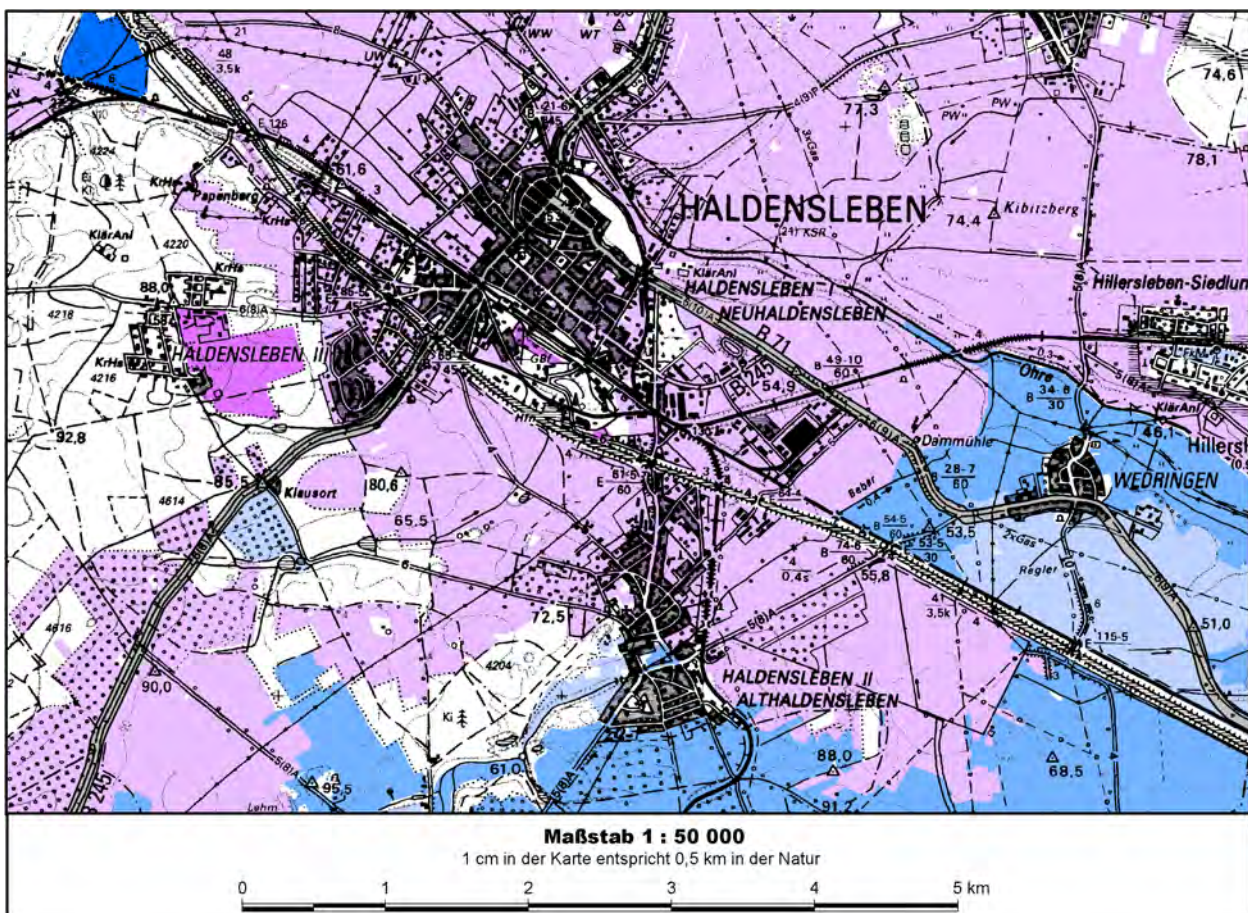
**Definition** Maß für die Wasserdurchlässigkeit eines wassergesättigten Bodens

**Grundlagen** Klassenflächen der Bodenschätzung

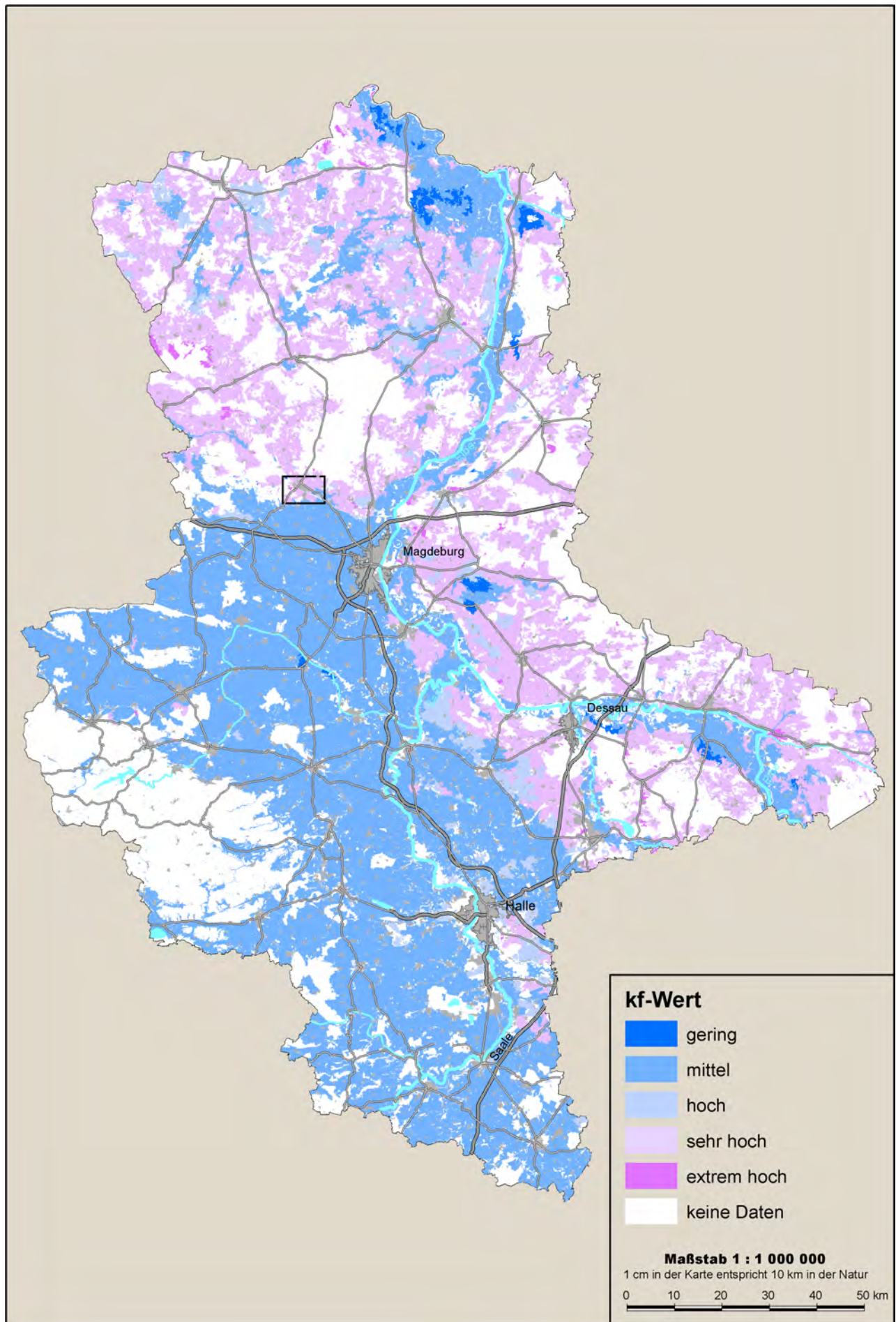
**Legende** Einstufung der gesättigte Wasserleitfähigkeit in cm/d (KA 5, Ad-hoc-AG Boden, 2005)

|     |                   |             |
|-----|-------------------|-------------|
| kf1 | < 1 m/d           | sehr gering |
| kf2 | 1 bis < 10 m/d    | gering      |
| kf3 | 10 bis < 40 m/d   | mittel      |
| kf4 | 40 bis < 100 m/d  | hoch        |
| kf5 | 100 bis < 300 m/d | sehr hoch   |
| kf6 | > 300 m/d         | extrem hoch |

**Inhalt** Ableitung und Klassifikation des kf-Wertes auf Grundlage von Bodenart und geschätzter Lagerungsdichte entsprechend den Vorgaben der KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Die Angaben beziehen sich auf einen Meter Profilmächtigkeit. Sofern innerhalb des ersten Meters eine Wechsel der Bodenart auftritt, der zu einem Mehrschichtprofil führt, gehen die kf-Werte der einzelnen Schichten im Verhältnis zur Gesamtmächtigkeit gewichtet ein.







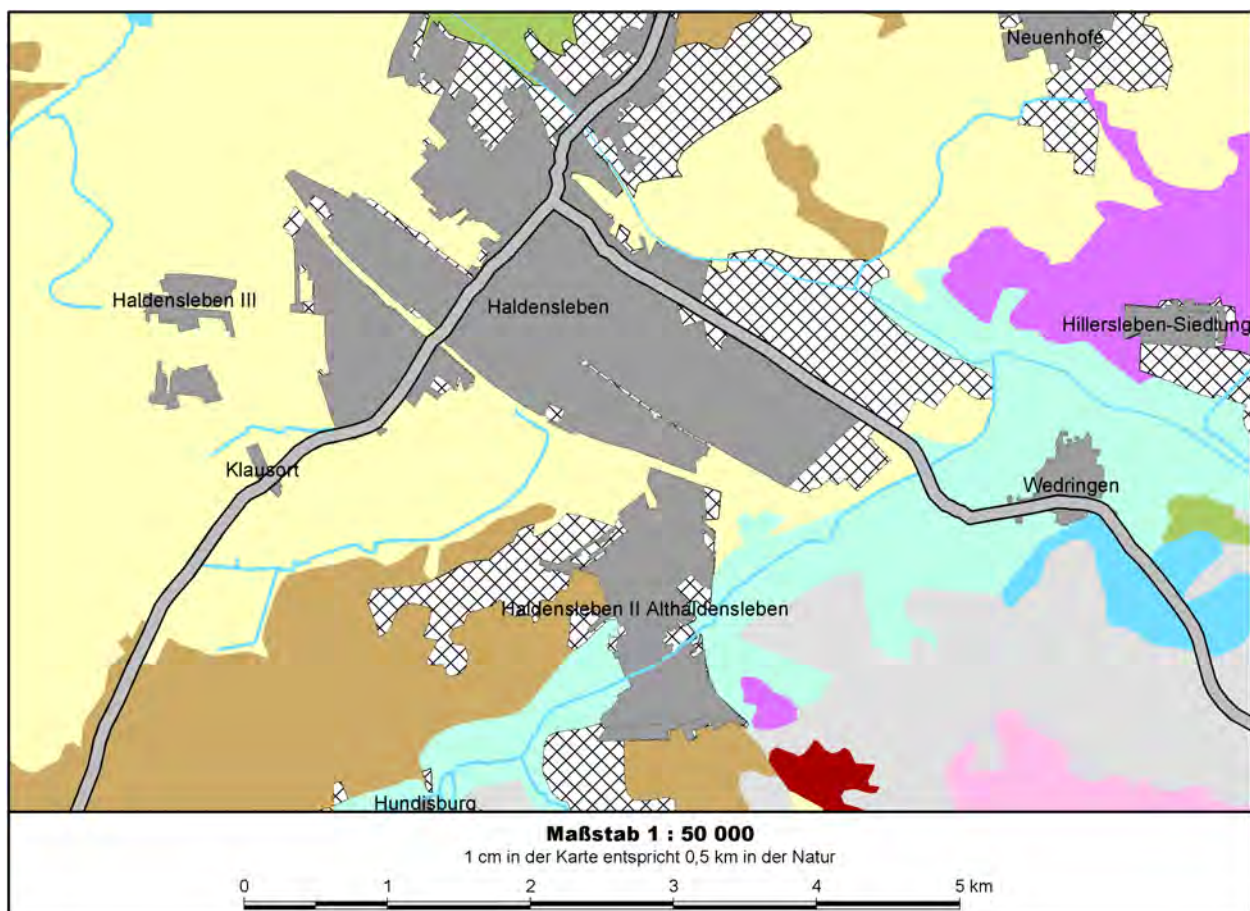
## A.5. Bodensystematische Einheiten

**Definition** Bodenklassen, aggregiert aus Bodentypen der Bodenformen

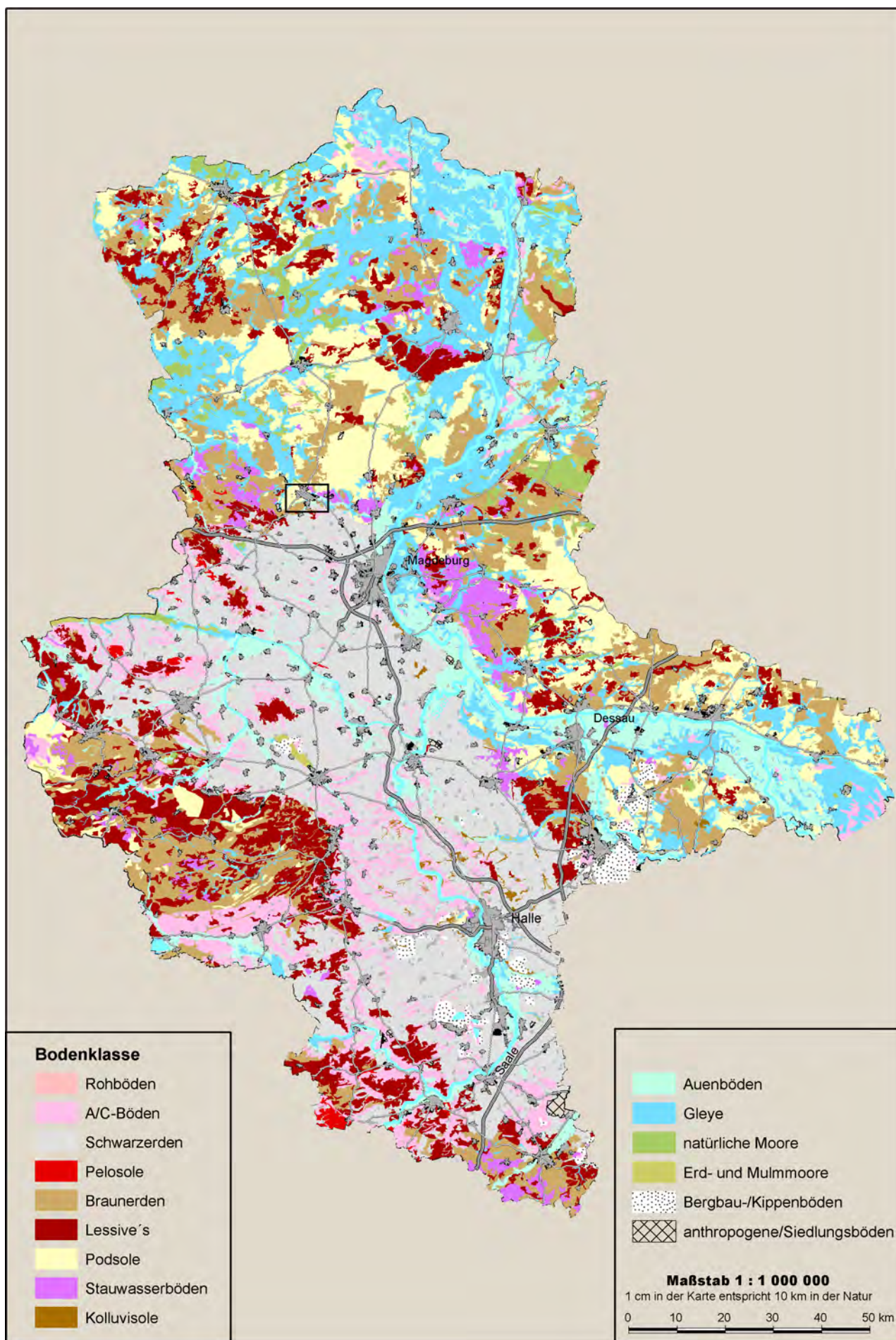
**Grundlagen** vorläufige Bodenkarte (VBK) (1:50.000)

**Legende** Bodensystematische Einheiten/Bodenklassen

**Inhalt** Die in der Bundesrepublik Deutschland und somit in Sachsen-Anhalt verwendete Bodensystematik ist hierarchisch aufgebaut (Ad-hoc-AG Boden, 2005; AK Bodensystematik, 1998). Die Unterscheidung in der obersten Kategorie, den Abteilungen, erfolgt nach dem Wasserregime. Unter den Abteilungen folgen die Klassen mit einer Unterscheidung nach Entwicklungsstand und dem Grad der Horizontdifferenzierung. Die nächste Kategorie bilden die Typen, die hier die bodensystematische Grundlage der Bodenform bilden. Die Unterscheidung der Typen erfolgt nach charakteristischen Horizonten und Horizontfolgen, die spezifische pedogene Prozesse und Eigenschaften bzw. geogene Merkmale widerspiegeln. Als weitere Gliederungsebenen gibt es Subtypen, Varietäten und Subvarietäten.









## A.6. Substratsystematische Einheiten

**Definition** Substratklassen, aggregiert aus Bodenformen (1:1.000.000)

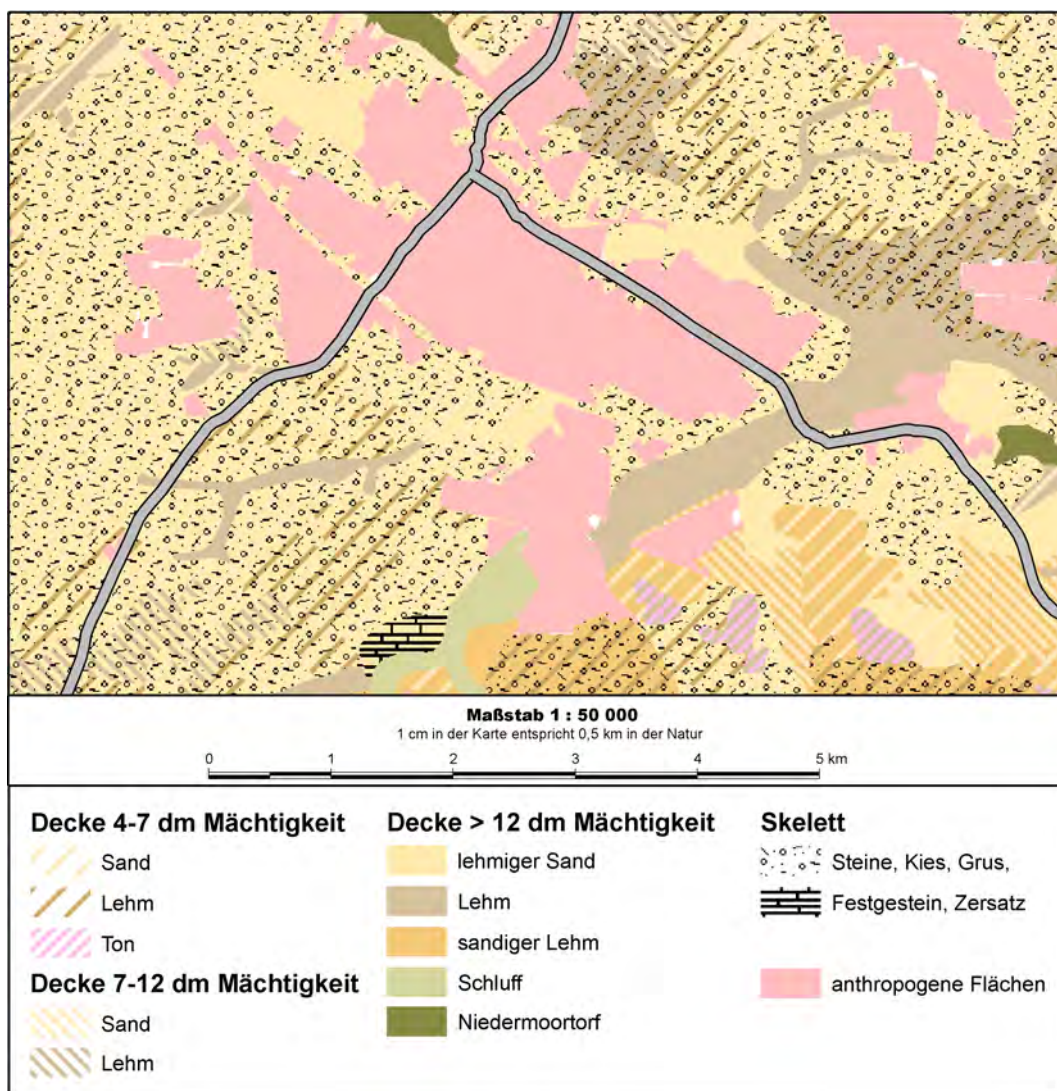
**Grundlagen** vorläufige Bodenkarte (VBK) (1:50.000)

**Legende** Substrat nach KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005)

**Inhalt** Die substratsystematischen Einheiten, die eine vertikale Substratabfolge beinhalten, gliedern sich in Klasse, Typ und Subtyp. Die Einheiten unterscheiden sich in Kennzeichnung und Anzahl der Substratschichten bzw. Schichtwechsel sowie der inhaltlichen Auflösung der Merkmale. In die Einheiten eingehende Merkmale sind:

- Bodenart des Feinbodens (<2mm)
- Grobbodenart
- Kohlenstoff/Humus,
- Carbonat,
- Geogenese (nur bei den (Sub-)Typen).

Die Karte bildet, für Decke und Liegendes unterschieden, die Bodenart ab. Auf die qualitative und quantitative bzw. tiefenbezogene Differenzierung der Grobbodenart wurde aus Gründen der Darstellbarkeit verzichtet.



## A.7. Nutzbare Feldkapazität (nFK)

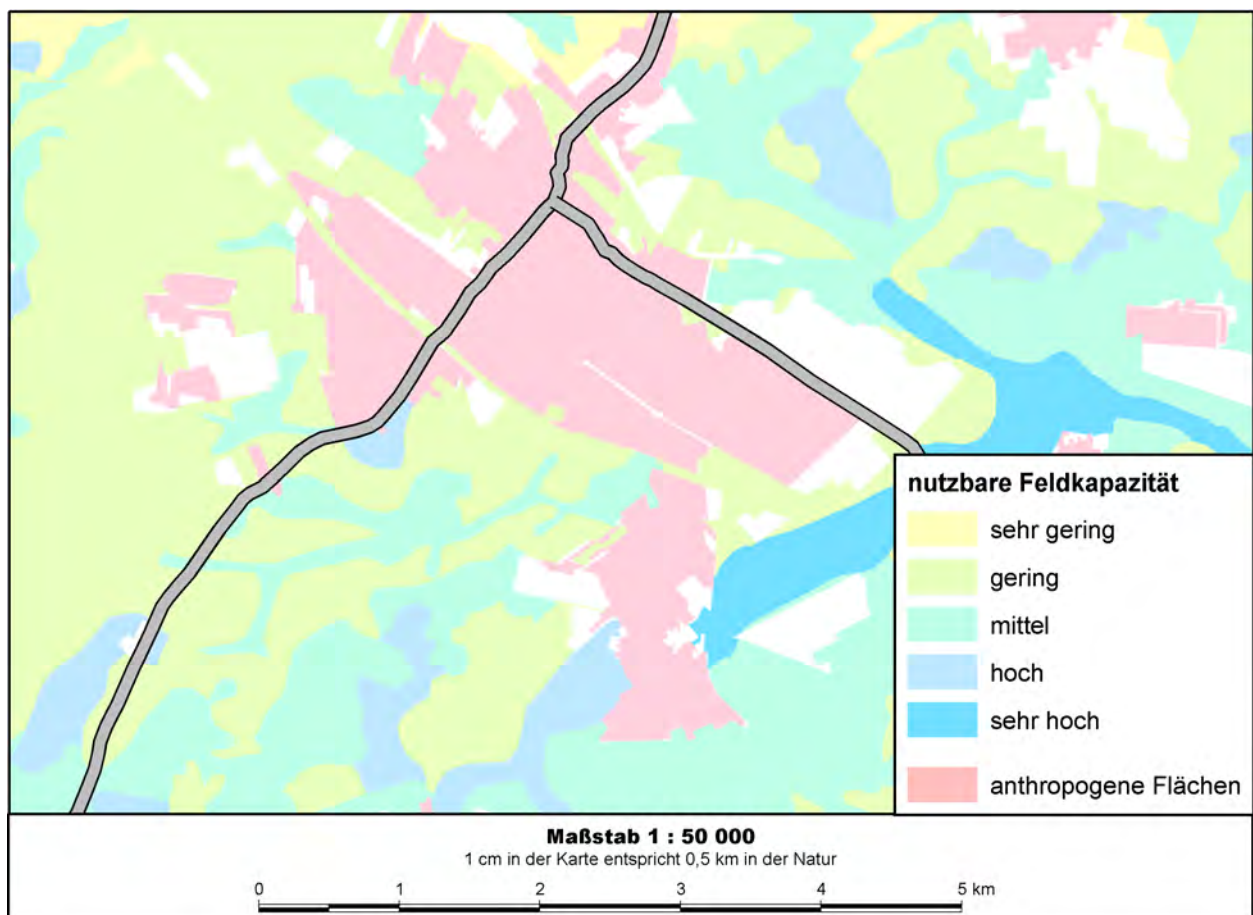
**Definition** Wasseranteil (in Volumen-% oder mm/dm), den der Boden pflanzenverfügbar speichern kann. Die Bindung erfolgt in Poren mit einem Durchmesser von  $50\ \mu\text{m}$  bis  $0,2\ \mu\text{m}$  bzw. im Saugspannungsbereich zwischen  $p_f 1,8$  und  $4,2$ .

**Grundlagen** vorläufige Bodenkarte (VBK) (1:50.000)

**Legende** Klassenbildung nach KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005)

|      |                    |             |
|------|--------------------|-------------|
| nFK1 | < 6 Vol.-%         | sehr gering |
| nFK2 | 6 bis < 14 Vol.-%  | gering      |
| nFK3 | 14 bis < 22 Vol.-% | mittel      |
| nFK4 | 22 bis < 30 Vol.-% | hoch        |
| nFK5 | $\geq 30$ Vol.-%   | sehr hoch   |

**Inhalt** Ableitung und Klassifikation der nutzbaren Feldkapazität auf Grundlage von Bodenart, Humusgehalt und Lagerungsdichte entsprechend den Vorgaben der KA 5 (Ad-hoc-AG Boden, 2005). Die Angaben beziehen sich auf einen Meter Profilmächtigkeit. Für Böden, bei denen Skelett bzw. Festgestein in einer geringeren Tiefe anstehen, beziehen sich die Angaben auf die Mächtigkeit des Solums.



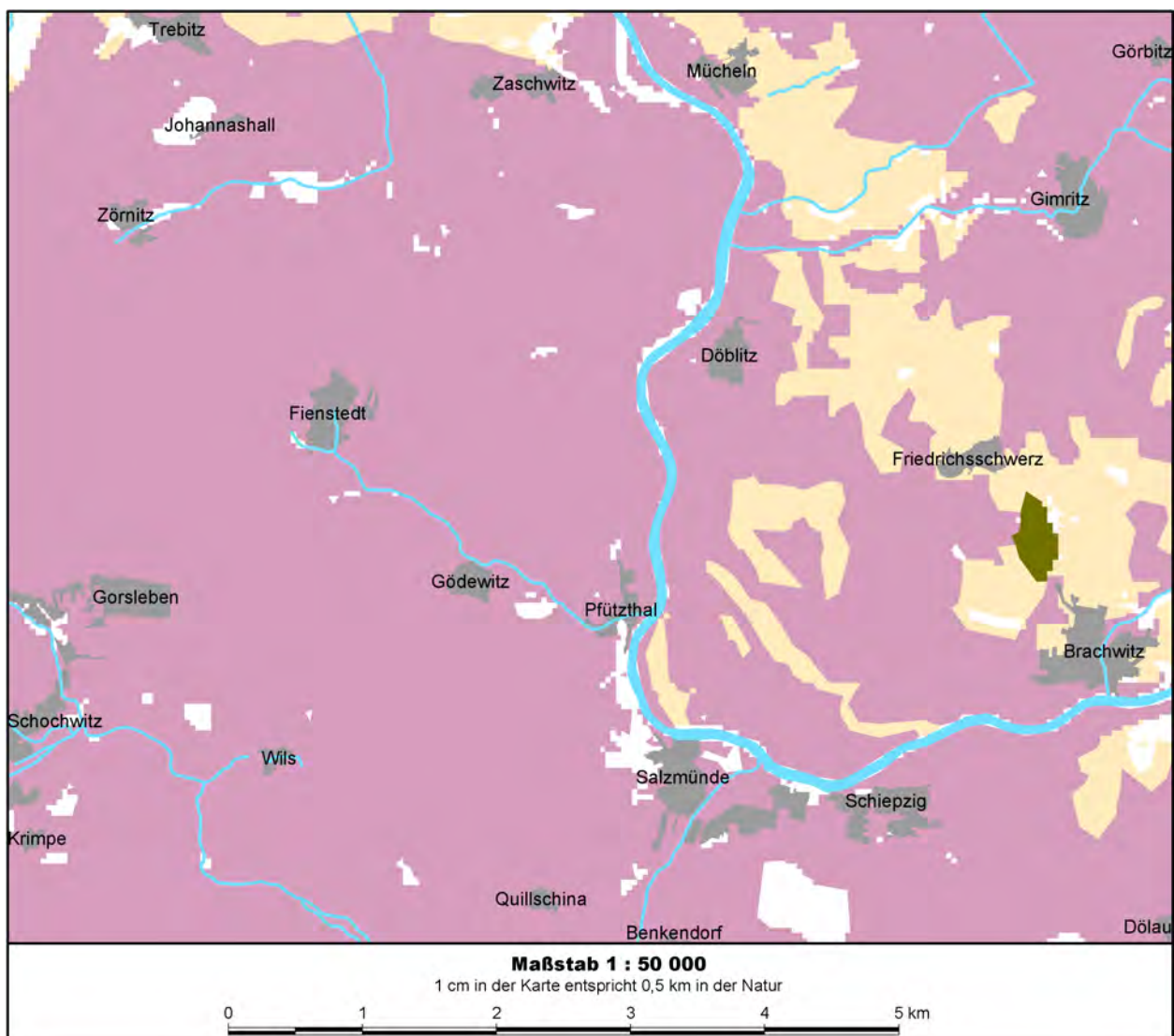
## A.8. Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (Beispiel Cadmium)

**Definition** Fähigkeit des Oberbodens, Schwermetalle in der Bodenmatrix zu binden

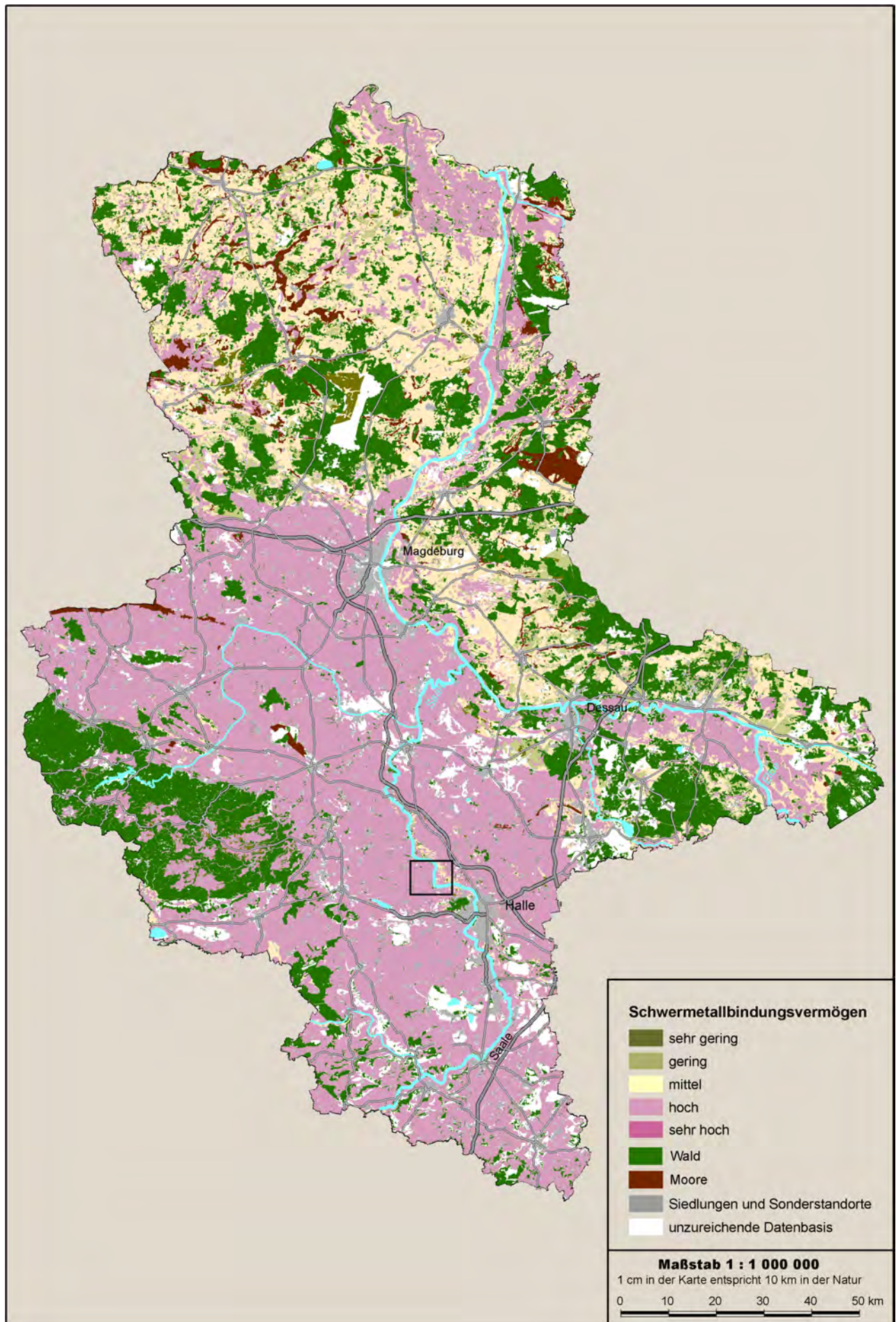
**Grundlagen** Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt, Bodenkarten 1:50.000

**Inhalt** Die Berechnungen zur Schwermetallbindungsstärke wurden mit dem Methoden Management System MeMaS durchgeführt. Die Methode 'Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (Beispiel Cadmium)' berücksichtigt die Bodenparameter pH-Wert, Tongehalt, Humusgehalt sowie Skelettgehalt. In Sachsen-Anhalt sind auf landwirtschaftlichen Nutzflächen Oberböden mit einer sehr hohen und hohen Bindungsfähigkeit für Cadmium verbreitet. Dieser Umstand resultiert überwiegend aus den hohen pH-Werten humoser Oberböden. Die Bindungsfähigkeit der Oberböden wird verstärkt durch Humusgehalte  $> 2\%$  sowie durch Tongehalte  $> 5\%$ . Hohe Humusgehalte tragen bspw. in den Niederungsgebieten der Altmark zu hohen bis sehr hohen Bindungsstärken bei.

Böden mit hoher Bindungsstärke hemmen die Aufnahme von Schwermetallen durch Pflanzen, gleichzeitig kommt es aber zu einer allmählichen Schwermetallanreicherung im Oberboden. Insofern dürfen auch Böden mit einer hohen Bindungsfähigkeit nicht unkontrolliert einer kontinuierlichen Schwermetallzufuhr ausgesetzt werden.









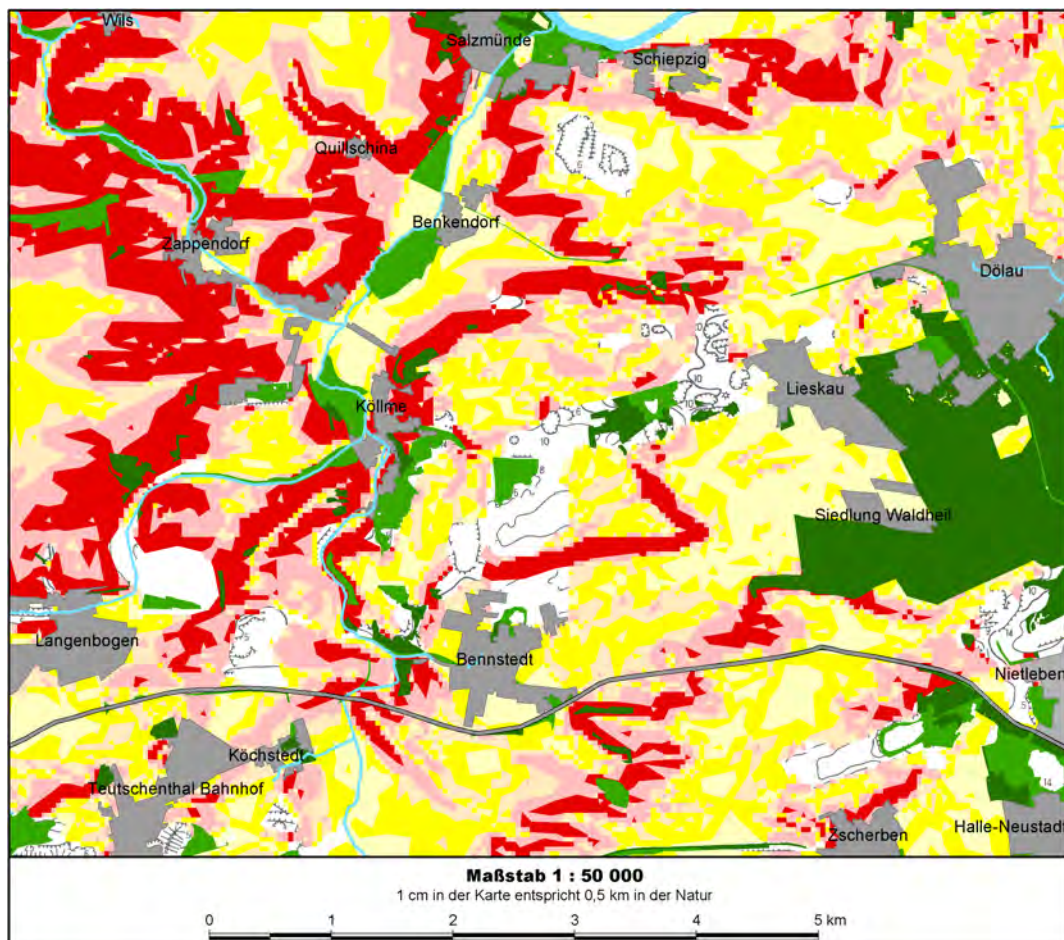
## A.9. Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser

**Definition** Gefährdung der Böden gegenüber dem Abtrag durch oberflächlich abfließendes Wasser

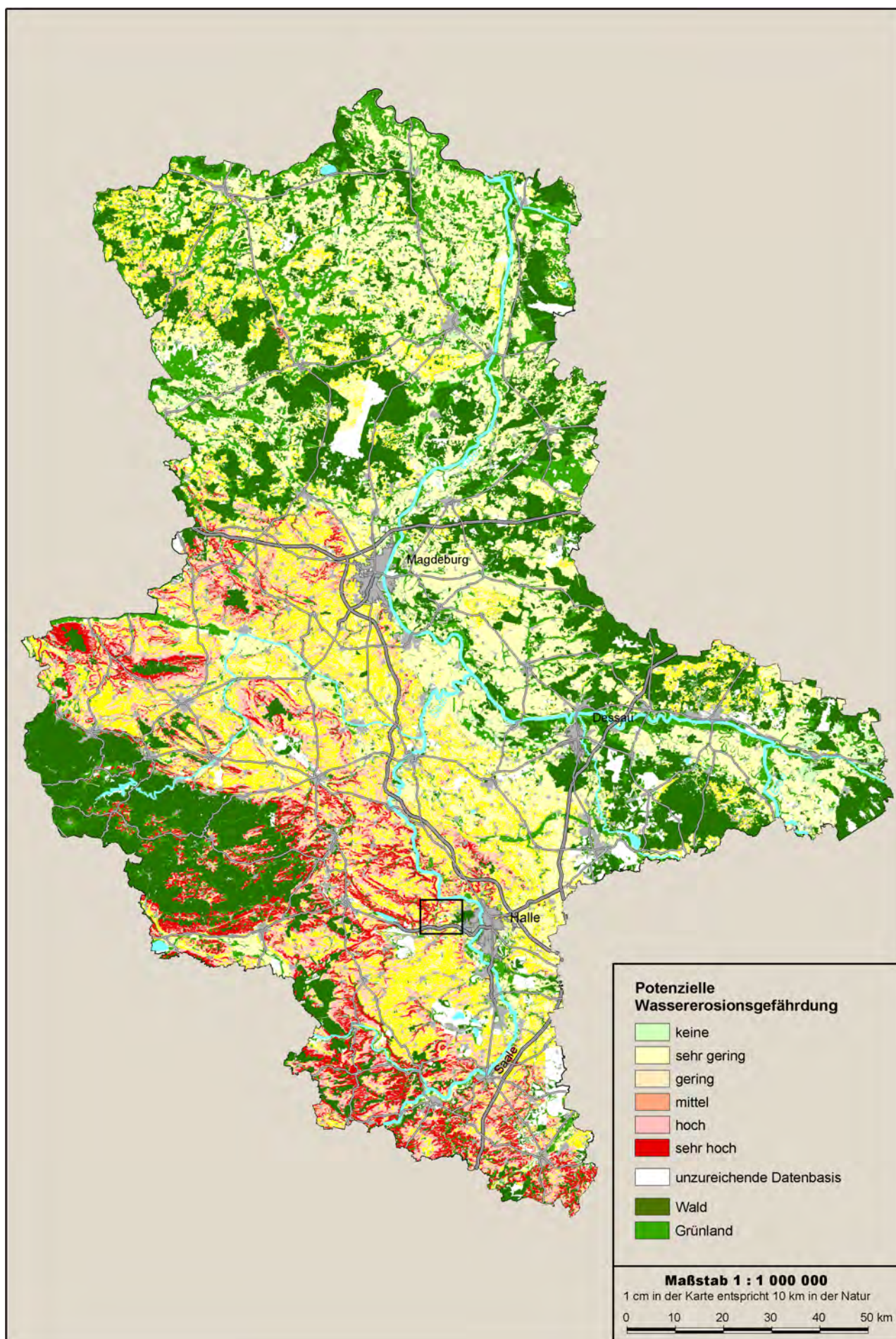
**Grundlagen** Karten der Regen- und Bodenerosivität sowie Hangneigung

**Inhalt** Potenzielle Erosionsgefährdung nach Müller (2004). Die Bewertungsmethode entspricht DIN 19708 (2005) unter Verwendung der ersten drei Glieder der allgemeinen Abtragsgleichung ( $A = R \times K \times S$ ). Die Erosion von Bodenmaterial durch Wasser findet in Form von Massenverlagerung in Hanglage statt. Gefährdet sind insbesondere strukturell labile schluffige und feinsandige Böden, deren humus- und nährstoffreiche Bodenkrume abgetragen wird. Bodenerosion durch Wasser ist in Sachsen-Anhalt ein ernstzunehmendes Problem. Am stärksten betroffen ist das lössbedeckte Hügelland. Hier beträgt der Anteil stark erodierter Ackerböden an der gesamten Ackerfläche ca. 30 %. Weitere 30 % sind durch Akkumulation gekennzeichnet.

Die Karte erlaubt einen landesweiten Überblick über die Erosionsgefährdung der Böden. Sie kann Vor-Ort-Untersuchungen zur Beurteilung einer lokalen und akuten Gefährdungssituation nicht ersetzen. Für Erosionsschutz- sowie Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen sollten vorrangig aktuell genutzte Ackerflächen der Gefährdungsklasse 'sehr hoch' in Betracht gezogen werden. Hier kann in der Regel davon ausgegangen werden, dass Abtragungsprozesse in erheblichem Umfang stattfinden. Weitere Informationen sind in der Einleitung zum Kartenanhang zu finden.







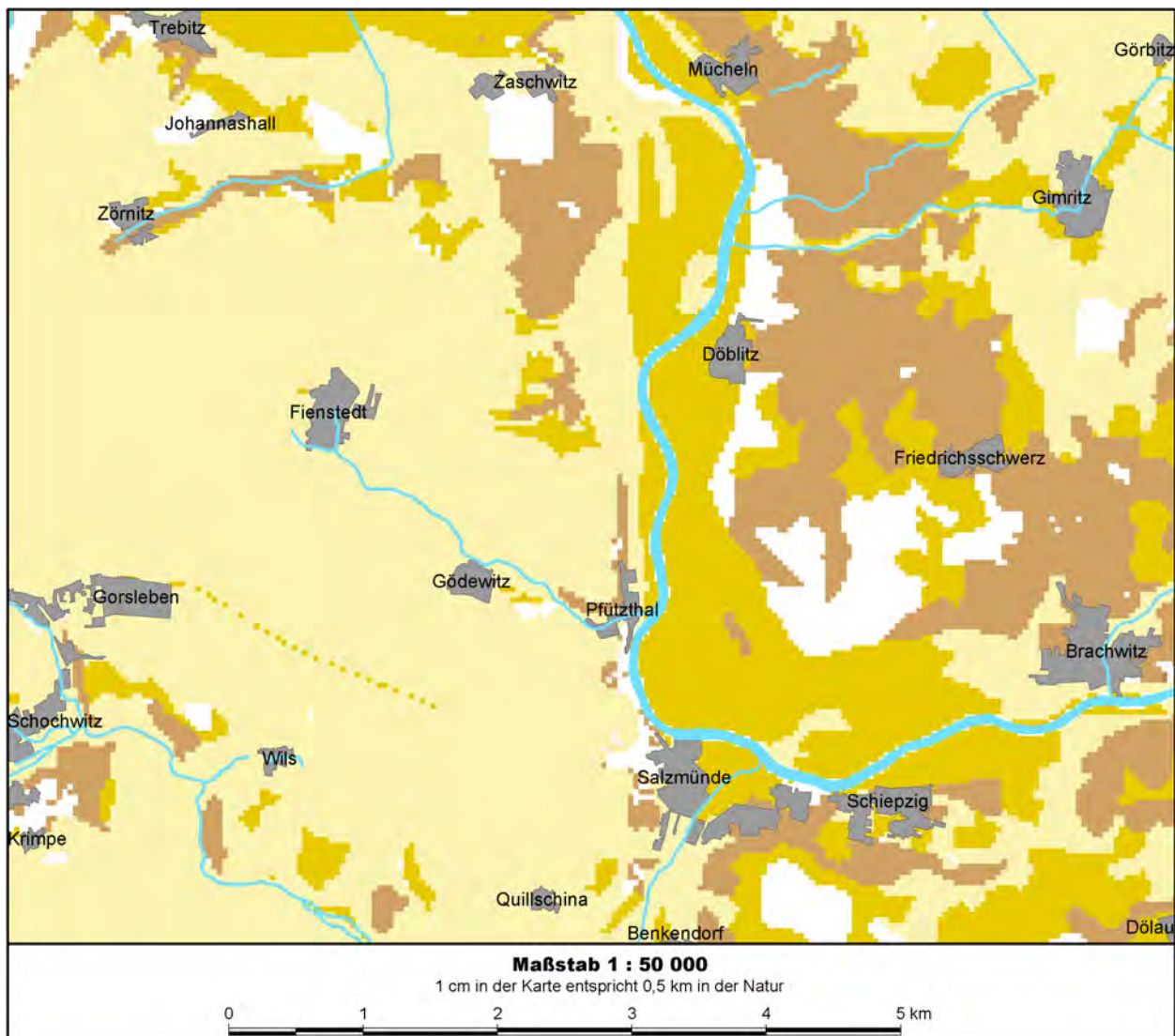
## A.10. Potenziell natürliche bodenkundliche Feuchtestufe

**Definition** Einstufung der langjährigen mittleren Bodenfeuchte bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes

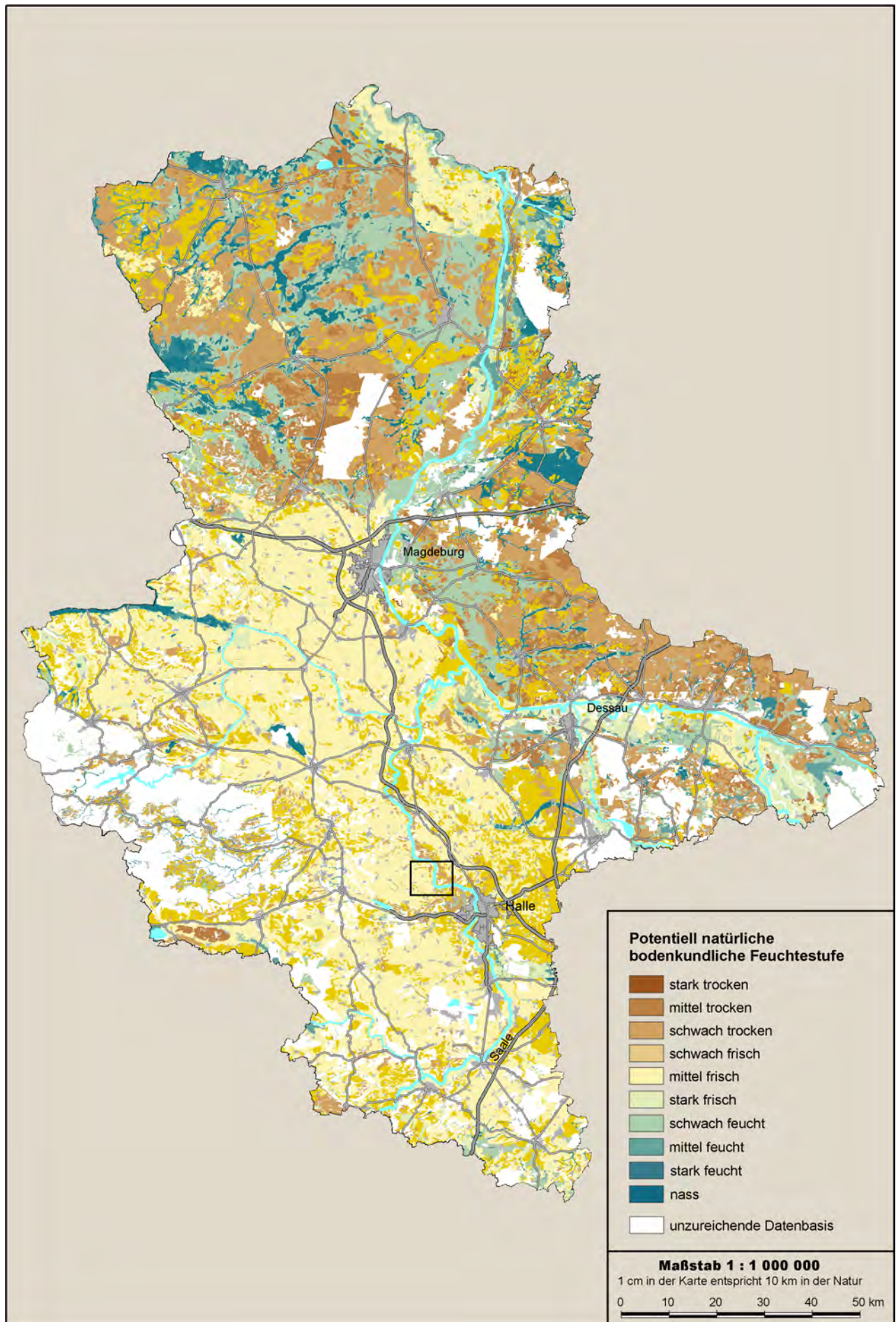
**Grundlagen** Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt, Bodenkarten 1:50.000

**Inhalt** Die Karte der potenziell natürlichen bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) beschreibt die langjährige mittlere Bodenfeuchte, wie sie ohne Entwässerungsmaßnahmen zu erwarten ist. Grundsätzlich ermöglicht die Karte einen großräumigen Überblick über die räumliche Verteilung der bodenkundlichen Feuchtestufe in Sachsen-Anhalt. Sie wurde auf Grundlage landesweit vorhandener Daten erstellt. Die im LAGB umgesetzte Methode enthält einige Vereinfachungen gegenüber der Originalmethode (Müller, 2004), insbesondere hinsichtlich der primären Eingangsdaten und ist ausdrücklich als eine Prognosekarte zu verstehen. Für die Planung konkreter Maßnahmen, sind die Verhältnisse vor Ort zu prüfen.

In Sachsen-Anhalt liegt der Schwerpunkt der Verbreitung potenziell nasser und feuchter Böden in der Altmark sowie in den Auebereichen der Flüsse. Die Lössböden Mitteldeutschlands weisen eine optimale bodenkundliche Feuchtestufe von mittel frisch auf. Trockene Böden treten verbreitet in den Sandgebieten der Altmark und des Fläming auf.









## A.11. Abflussregulationspotenzial

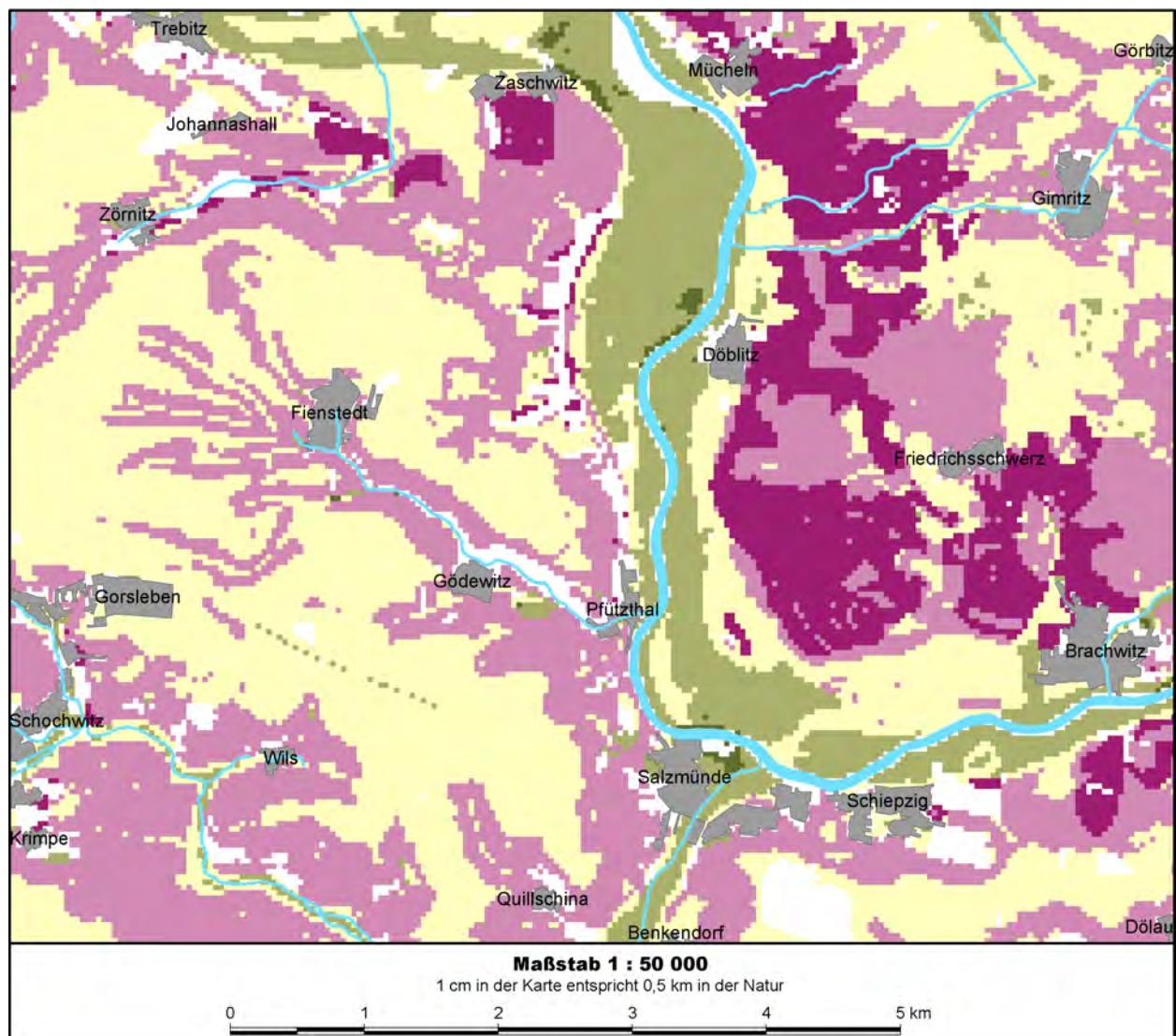
**Definition** Fähigkeit des Bodens, Niederschlagswasser aufzunehmen, zu speichern und verzögert an Gewässer abzugeben

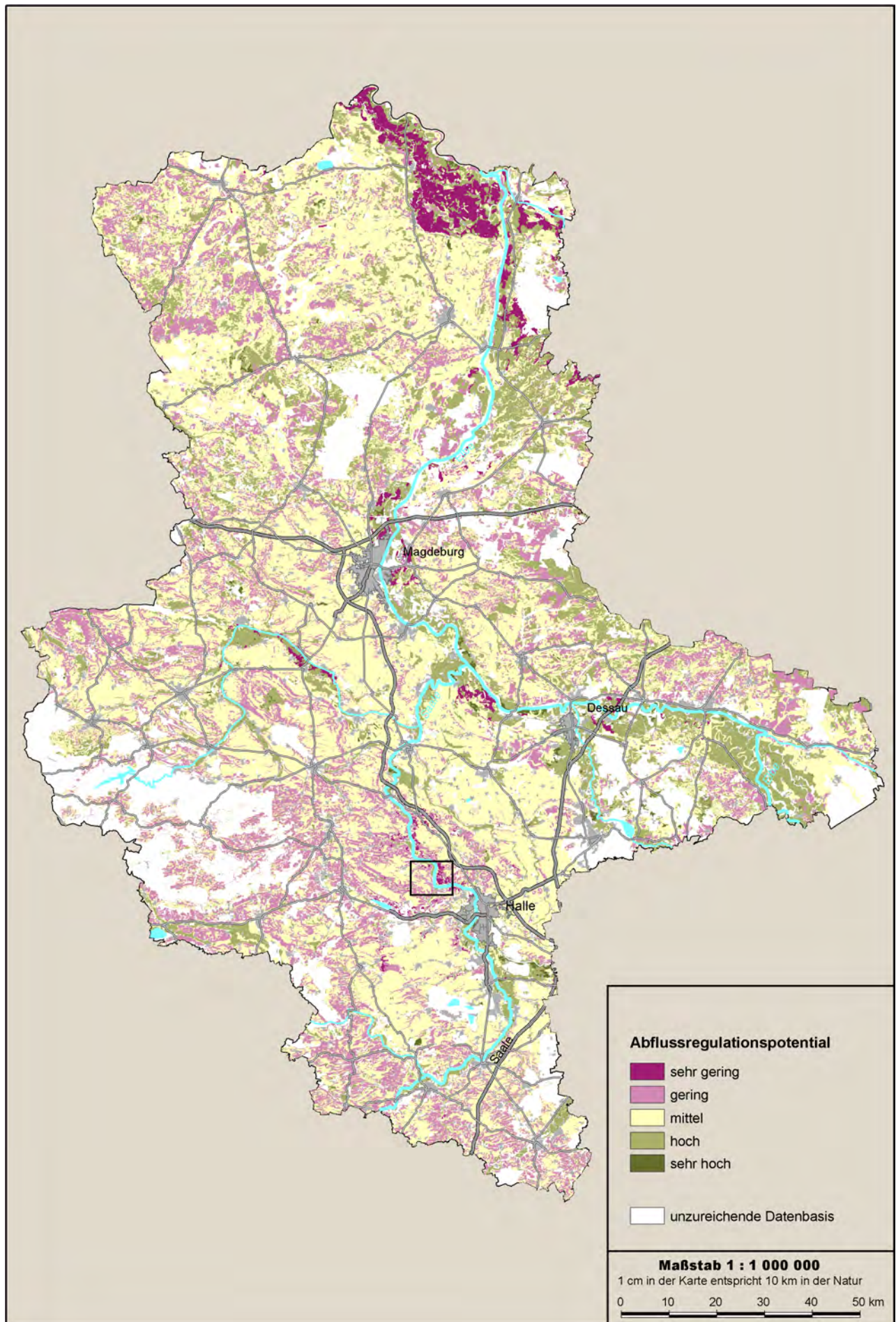
**Grundlagen** Umweltdatenraster  $40 \times 40$  m von Sachsen-Anhalt, Bodenkarten 1:50.000

**Inhalt** Die Methode (nach Karl, 1997, verändert) schätzt das Abflussregulationspotenzial in Abhängigkeit von boden- und nutzungsspezifischer Verdunstung, relief- und nutzungsbedingtem Oberflächenabfluss sowie Durchlässigkeit und Speicherkapazität der Böden ab.

Der größte Teil Sachsen-Anhalts wird durch ein mittleres Abflussregulationspotenzial geprägt. Böden mit sehr geringen Werten sind bspw. die tonreichen Elbaueböden an der Grenze zu Brandenburg sowie Böden mit geringer Mächtigkeit der Bodenhorizonte über dem Festgestein im Süden Sachsen-Anhalts.

Böden mit einem hohen und sehr hohen Regulationspotenzial liegen häufig in den Auen. Solche Böden weisen eine gute Durchlässigkeit und sehr hohe Speicherkapazität auf, insbesondere bei Grundwasserabsenkung. Hinzu kommen günstige Abflussbeiwerte (Grünlandnutzung) und das Nichtvorhandensein hangneigungsbedingter Direktabflusskomponenten.









## B. Bodenprofile aus dem Bodenformenkatalog Sachsen-Anhalt



## 1. Lage der Profile

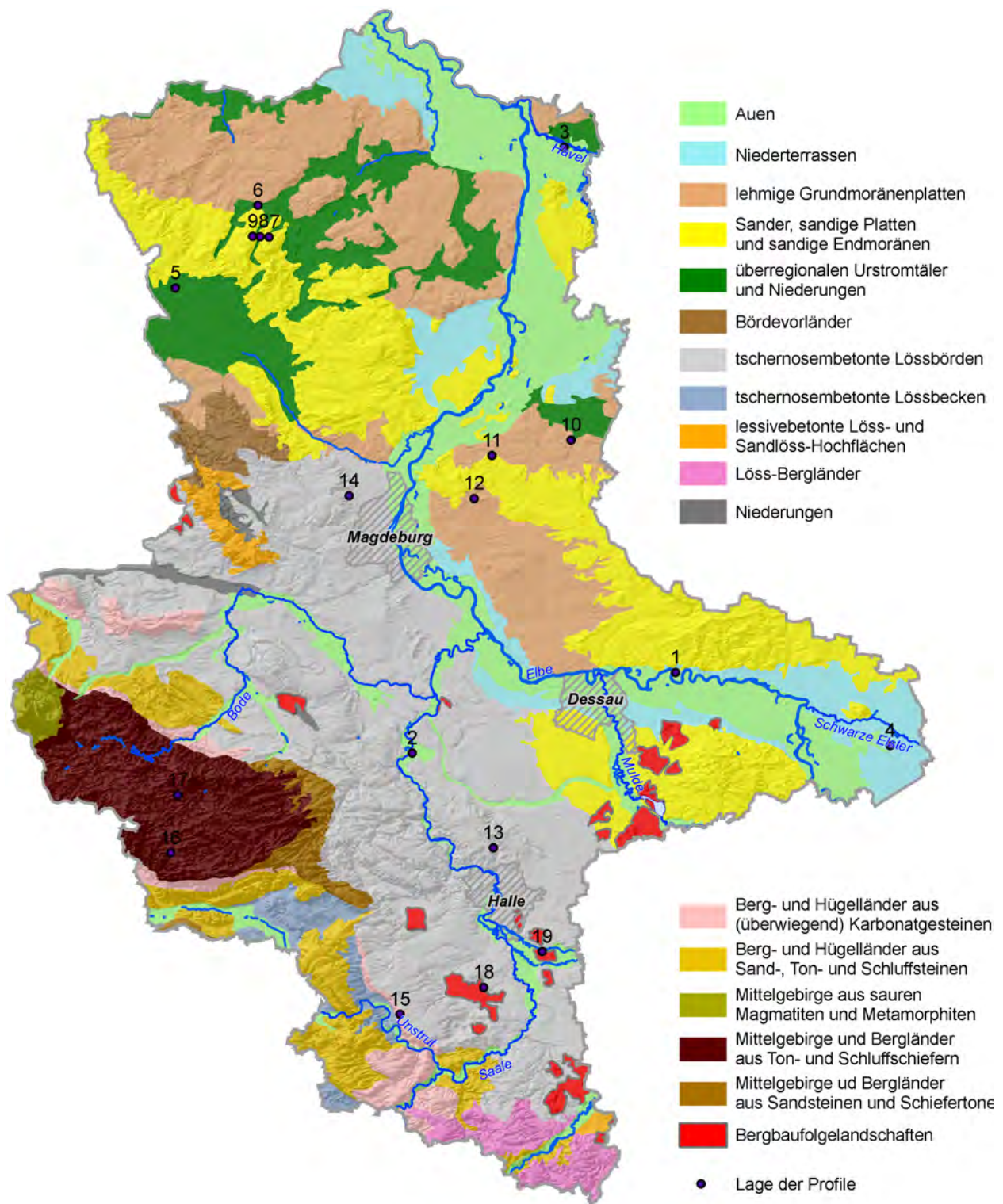


Abb. B.1.: Karte der Bodengroßlandschaften (GLA, 1999)

## 2. Liste der Bodenprofile

**Tab. B.1.:** Zuordnung der Bodenprofile zu Bodengroßlandschaften Sachsen-Anhalts

| Profil                                                         | Bodentyp               | Seite |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|-------|
| Böden der Auen                                                 |                        |       |
| B.1                                                            | Vega                   | 154   |
| B.2                                                            | Tschernitza            | 156   |
| B.3                                                            | Gley-Pseudogley        | 158   |
| Böden der Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen        |                        |       |
| B.4                                                            | Gley-Podsol            | 160   |
| B.5                                                            | Erdniedermoor          | 162   |
| B.6                                                            | Erdmulmniedermoor      | 164   |
| Böden der Sander, sandigen Platten und sandigen Endmoränen     |                        |       |
| B.7                                                            | Braunerde              | 166   |
| B.8                                                            | Braunerde-Fahlerde     | 168   |
| B.9                                                            | Podsol                 | 170   |
| Böden der lehmigen Grundmoränenplatten und lehmigen Endmoränen |                        |       |
| B.10                                                           | Braunerde-Fahlerde     | 172   |
| B.11                                                           | Pseudogley-Braunerde   | 174   |
| B.12                                                           | Pseudogley-Tschernosem | 176   |
| Böden der Löss- und Sandlösslandschaften                       |                        |       |
| B.13                                                           | Pararendzina           | 178   |
| B.14                                                           | Braunerde-Tschernosem  | 180   |
| B.15                                                           | Fahlerde               | 182   |
| Böden im Harz und Kyffhäuser                                   |                        |       |
| B.16                                                           | Braunerde              | 184   |
| B.17                                                           | Braunerde-Fahlerde     | 186   |
| Böden der Bergbaufolgelandschaften und urbanen Landschaften    |                        |       |
| B.18                                                           | Pararendzina           | 188   |
| B.19                                                           | Regosol                | 190   |

## 3. Erläuterungen zu den Bodenprofilen

Die ausgewählten Bodenprofile (Abb. B.1 u. Tab. B.1) zeigen in Sachsen-Anhalt weit verbreitete und typische Bodenformen. In den Profilbeschreibungen auf Seite 154ff sind eine Vielzahl von Informationen zu den Profilen zusammengestellt. Die Bodenprofile sind mit Bodensubtyp und Bodenausgangsgesteinen benannt. Diesem Namen ist die Bodenform als Kürzel beigegefügt. Sie dient zur systematischen Einordnung der angetroffenen Bodenprofile. Das Bodenformen Kürzel besteht aus der boden- und substratsystematischen Bezeichnung des Profils. Neben der Bodenform kann die vereinfachte Hauptbodenform für kleinmaßstäbige Aussagen verwendet werden. Boden- und substratsystematische Bezeichnungen, Abkürzungen sowie Klassierungen der Eigenschaften sind in der Bodenkundlichen Kartieranleitung geregelt (AG Boden, 2005; AK Bodensystematik, 1998).

Bodenprofile bauen sich aus Schichten auf. Schichten werden durch ihr Alter, d.h. die stratigraphische Einordnung bzw. die Lagengliederung (siehe Artikel 4) gekennzeichnet. Das Alter bzw. die Lage sind in der Spalte 'Lagen/Alter' neben dem Profildfoto dargestellt (Tab. B.4). Es



folgt die Spalte 'Gesamtbodenart', in der Skelettgehalt, Feinboden-, Torf- und/oder Muddeart entsprechend dem Substratkürzel der Bodenform beschrieben sind (Tab. B.2).

Die bodensystematische Bezeichnung der Böden wird durch die Horizontfolge bestimmt. Der Horizont wird mit einer Folge von Kürzeln (große und kleine Buchstaben) bezeichnet. Am Anfang stehende kleine Buchstaben charakterisieren geogene und anthropogene Besonderheiten. Die folgenden Groß- und Kleinbuchstaben stehen für die abgelaufenen bodenbildenden Prozesse (Tab. B.5). In der Spalte 'Horizontbeschreibung' sind im Gelände erhobenen Horizontmerkmale aufgeführt. Horizontmerkmale die Bestandteil des Horizontsymbols sind, werden dabei nicht beschrieben. Die Angaben zur Bodenart (Tab. B.2), Carbonat- und Humusgehalt sind durch Analysen abgesichert und nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA 5) klassiert (AG Boden, 2005).

Die in der Spalte 'Horizontbeschreibung' hinterlegten Farben fassen die Horizonte nach ihren Bodenausgangsgesteinen zusammen (Tab. B.6).

Die substratsystematische Bezeichnung leitet sich aus der Abfolge der dominierenden Substrate und der Tiefe ihres Schichtwechsel ab (Tab. B.3). Substrate werden nach der Art ihrer Ablagerung bzw. der letzten periglaziären Überprägung (Geogenese), ihrem Stoffbestand (Feinboden-, Torf- und Muddeart; Tab. B.2) und den beteiligten Ausgangsgesteinen unterschieden (AG Boden, 2005).

**Tab. B.2.:** Erklärung der verwendeten Kürzel für Feinboden-, Torf- und Muddeart

| <b>Feinboden</b>           |                  |                    |
|----------------------------|------------------|--------------------|
| Bodenarten-<br>hauptgruppe | Bodenartengruppe | Bodenart           |
| s: Sande                   | ss: Reinsande    | Ss                 |
|                            | ls: Lehmsande    | St2, Su2, Sl2, Sl3 |
|                            | us: Schluffsande | Su3, Su4           |
| l: Lehme                   | sl: Sandlehme    | Slu, Sl4, St3      |
|                            | ll: Normallehme  | Lt2, Ls2, Ls3, Ls4 |
|                            | tl: Tonlehme     | Lts, Ts3, Ts4      |
| u: Schluffe                | su: Sandschluffe | Us, Uu             |
|                            | lu: Lehmschluffe | Ut2, Ut3, Uls      |
|                            | tu: Tonschluffe  | Ut4, Lu            |
| t: Tone                    | ut: Schlufftone  | Tu3, Tu4, Lt3      |
|                            | lt: Lehmtone     | Tt, Tu2, Tl, Ts2   |

| <b>Torfarten</b> |                | <b>Mudden</b> |              |
|------------------|----------------|---------------|--------------|
| Hn               | Niedermoortorf | Fmu           | Schluffmudde |
|                  |                | Fhh           | Torf mudde   |

| <b>Sondersubstrate und sonstige Merkmale</b> |                                   |
|----------------------------------------------|-----------------------------------|
| e                                            | carbonathaltig, 2–75 M-% Carbonat |
| x...                                         | Kohle..., 2–15 M-% Corg aus Kohle |
| x                                            | Kohle (hier Braunkohle)           |

**Tab. B.3.:** In Substratkürzeln und Gesamtbodenart verwendete Zeichen

| Geogenese     |                                                                     | Schichtwechsel |                      |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------|
| f             | fluviatil                                                           |                | Substratwechsel      |
| fo            | fluviatil in Auen                                                   | \              | oberhalb 3 dm        |
| fl            | limnisch                                                            |                | flacher ... über     |
| fp            | fluviatil in pleistozänen Tälern                                    |                | Substratwechsel      |
| fg            | glaziviluviatil                                                     | /              | oberhalb 7 dm        |
| p             | periglaziär                                                         |                | ... über ....        |
| pfl           | solifluidal, solimixtiv                                             |                | Substratwechsel      |
| s             | sedimentär (präquartär)                                             | //             | oberhalb 12 dm       |
| og            | organogen                                                           |                | ... über tiefem .... |
| oj            | anthropogen, gekippt                                                |                |                      |
| Skelettanteil |                                                                     |                |                      |
| (k) ...       | kiesführend, 2–25 Vol-% Kies                                        |                |                      |
| (z) ...       | grusführend, 2–25 Vol-% Grus                                        |                |                      |
| (w) ...       | geröllführend, 2–25 Vol-% Gerölle                                   |                |                      |
| (n) ...       | schuttführend, 2–25 Vol-% Schutt                                    |                |                      |
| (v) ...       | skelettführend, 2–25 Vol-% Skelett, > 2 mm gerundet und/oder kantig |                |                      |
| k ...         | Kies ..., 25–50 Vol-% Skelett, dominierend Kies                     |                |                      |
| z ...         | Grus ..., 25–50 Vol-% Skelett, dominierend Grus                     |                |                      |
| w ...         | Geröll ..., 25–50 Vol-% Skelett, dominierend Geröll                 |                |                      |
| n ...         | Schutt ..., 25–50 Vol-% Skelett, dominierend Schutt                 |                |                      |
| v ...         | Skelett ..., 25–50 Vol-% Skelett, ungegliedert                      |                |                      |
| ... n         | ... schutt, 50–75 %-Vol% Skelett, dominierend Steine                |                |                      |
| n             | Schutt, > 75 Vol-% Skelett, dominierend Steine                      |                |                      |

**Tab. B.4.:** Erklärung der verwendeten Kürzel für das Alter und die Lagen

| Kürzel | Erklärung                                                            |
|--------|----------------------------------------------------------------------|
| rezent | rezent, innerhalb der letzten 200 Jahre                              |
| qh     | Holozän, die jetzige Warmzeit, seit ca. 11.000 Jahren                |
| qhLJ   | Holozän, Jüngerer Auenlehm                                           |
| qhLA   | Holozän, Älterer Auenlehm                                            |
| qhat   | Holozän, Atlantikum                                                  |
| qw     | Weichsel-Kaltzeit                                                    |
| LH     | Hauptlage                                                            |
| LHo    | Hauptlage, oberer Teil                                               |
| LHu    | Hauptlage, unterer Teil                                              |
| LM     | Mittellage                                                           |
| LB     | Basislage                                                            |
| EZ     | Entschichtungszone, Bereich intensiven Thermokarstes in Sanden       |
| AZ     | Auflockerungszone, Bereich der Auflösung primärer Festgesteinsgefüge |
| qWA    | Warthe-Stadial der Saale-Kaltzeit                                    |
| qD     | Drenthe-Stadial der Saale-Kaltzeit                                   |
| tpg    | Tertiär, Paläogen                                                    |



**Tab. B.5.:** Kürzel der verwendeten Horizontsymbole

|                                                                                         |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| vorangestellte kleine Buchstaben zur Kennzeichnung gegogener und anthropogener Merkmale |                                                                                       |
| a                                                                                       | Auendynamik                                                                           |
| e                                                                                       | mergelig (2 bis < 75 Masse-% Carbonat)                                                |
| o                                                                                       | mit sedimentierter organischer Substanz                                               |
| f                                                                                       | fossil                                                                                |
| l                                                                                       | Lockersubstrat, grabbar                                                               |
| r                                                                                       | reliktisch                                                                            |
| Hauptsymbole, große Buchstaben                                                          |                                                                                       |
| F:                                                                                      | Bodenhorizont am Gewässergrund mit in der Regel $\geq 1$ Masse-% organischer Substanz |
| H:                                                                                      | Organischer Horizont mit > 30 Masse-% organischer Substanz (Torfhorizonte)            |
| O:                                                                                      | Organischer Horizont mit > 30 Masse-% organischer Substanz des Auflagehumus           |
| A:                                                                                      | Mineralischer Oberbodenhorizont                                                       |
| B:                                                                                      | Mineralischer Unterbodenhorizont                                                      |
| C:                                                                                      | Mineralischer Untergrundhorizont                                                      |
| S:                                                                                      | Mineralischer Unterbodenhorizont mit Stauwassereinfluss                               |
| G:                                                                                      | Mineralbodenhorizont mit Grundwassereinfluss                                          |
| M:                                                                                      | Mineralbodenhorizont aus umgelagertem Bodenmaterial                                   |
| nachgestellte kleine Buchstaben zur Kennzeichnung pedogener Merkmale                    |                                                                                       |
| a                                                                                       | anmoorig; kombiniert mit A                                                            |
| a                                                                                       | mit Absonderungsgefüge; kombiniert mit H                                              |
| b                                                                                       | gebändert                                                                             |
| c                                                                                       | mit Sekundärcarbonat (Kalkpseudomyzel, Lösskindel, Kalkkonkretionen)                  |
| d                                                                                       | dicht (wasserstauend)                                                                 |
| e                                                                                       | eluvial, ausgewaschen; sauergebleicht                                                 |
| g                                                                                       | haftnässegeprägt                                                                      |
| h                                                                                       | humos                                                                                 |
| l                                                                                       | lessiviert, tonverarmt                                                                |
| m                                                                                       | massiv (pedogen verfestigt)                                                           |
| n                                                                                       | neu, frisch, unverwittert                                                             |
| o                                                                                       | oxidiert                                                                              |
| p                                                                                       | gepflügt                                                                              |
| r                                                                                       | reduziert                                                                             |
| s                                                                                       | angereichert mit Sesquioxiden                                                         |
| t                                                                                       | geschrumpft; kombiniert mit H                                                         |
| t                                                                                       | tonangereichert; kombiniert mit B oder C                                              |
| v                                                                                       | verbraunt, verlehmt; kombiniert mit B                                                 |
| v                                                                                       | verwittert, kombiniert mit C                                                          |
| v                                                                                       | vererdet; kombiniert mit H                                                            |
| w                                                                                       | stauwasserleitend; kombiniert mit S                                                   |
| w                                                                                       | zeitweilig grundwassererfüllt; kombiniert mit F, H oder G                             |
| x                                                                                       | biogen gemixt                                                                         |
| Symbole für die Horizontkombination                                                     |                                                                                       |
| -                                                                                       | Übergangshorizonte mit Überlagerung verschiedener bodenbildender Prozesse             |
| +                                                                                       | Verzahnungshorizonte mit räumlich getrennten unterschiedlichen Horizontanteilen       |
| o                                                                                       | Fossile oder reliktische Horizonte überprägt durch jüngere bodenbildende Prozesse     |

**Tab. B.6.:** Farbliche Kennzeichnung der Zugehörigkeit der Horizonte in der Spalte 'Horizontbeschreibung' zu Bodenausgangsgesteinen

| Bodenbildungsbereich                        | Farbe                                                                               | Bodenausgangsgesteine                                         |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Auen                                        |    | Auensedimente                                                 |
|                                             |    | Flusssande, Schotter und weichselzeitliche Niederungssande    |
| Niederungen                                 |    | mineralische Decken, sonstige holozäne Ablagerungen           |
|                                             |    | Torfe und Mudden                                              |
|                                             |    | Seekreide, Seemergel, Kalk-Mudde, Wiesenmergel                |
|                                             |    | holozäne und weichselzeitliche Niederungssande                |
| Niederterrassen                             |    | Humusauflage                                                  |
|                                             |    | holozäne Flugsande, einschließlich die der Oberlage           |
|                                             |    | periglaziäre Sande: Flugsande, Treibsande, Geschiebedecksande |
|                                             |    | Hochflutsedimente                                             |
|                                             |    | weichselzeitliche Niederungssande                             |
| holozäne Hochflächen-Sedimente              |    | Humusauflage                                                  |
|                                             |    | holozäne Flugsande, einschließlich die der Oberlage           |
|                                             |    | Abschlämmmassen                                               |
| Sander, sandige Platten, sandige Endmoränen |    | periglaziäre Sande: Flugsand, Geschiebedecksand               |
|                                             |   | periglaziäre Sande: Hangsande                                 |
|                                             |  | lehmsandige Geschiebelehm-Fließerden                          |
|                                             |  | Schmelzwassersande, Talsande                                  |
| lehmgige Grundmoränenplatten                |  | periglaziäre Sande: Flugsand, Geschiebedecksand               |
|                                             |  | Lösssand, lehmiger Sandlöss                                   |
|                                             |  | Decklehme und -tone                                           |
|                                             |  | periglaziäre Sande: Flugsande, Hangsande                      |
|                                             |  | Lehm- und sonstige Fließerden                                 |
|                                             |  | Geschiebelehme und -mergel, Beckenschluffe, ihre Fließerden   |
|                                             |  | tertiäre Tone und Tonmergel                                   |
| Lösslandschaften                            |  | Lösssand, Sandlöss, Löss und Lössderivate                     |
| Hügel- und Bergländer, Mittelgebirge        |  | Lössderivate                                                  |
|                                             |  | Fließerden                                                    |
|                                             |  | kalkfreie Schutte                                             |
| Bergbaufolgelandschaften                    |  | anthropogene Substrate                                        |
|                                             |  | alle sonstigen Substratgruppen                                |

## 4. Analysendaten und Bodeneigenschaften

Neben der in jeder Profilbeschreibung enthaltenen Tabelle mit den Analysewerten sind einige Bodeneigenschaften angegeben, die für die Bewertung der Böden bzw. ihres Zustandes Bedeutung haben. Die zur Ermittlung verwendeten Analysemethoden sind in Artikel 4 referenziert und kurz beschrieben. Die Analysenergebnisse wurden wie folgt klassiert (AG Boden, 2005):

| Humusqualität  |             | Potenzielle Kationen-Austauschkapazität (KAKpot) |             |
|----------------|-------------|--------------------------------------------------|-------------|
| C/N-Verhältnis | Bezeichnung | KAKpot in cmolc/kg                               | Bezeichnung |
| ≥ 25           | sehr gering | < 4                                              | sehr gering |
| 20 bis < 25    | gering      | 4 bis < 8                                        | gering      |
| 15 bis < 20    | mittel      | 8 bis < 12                                       | mittel      |
| 10 bis < 15    | hoch        | 12 bis < 20                                      | hoch        |
| < 10           | sehr hoch   | 20 bis < 30                                      | sehr hoch   |
|                |             | ≥ 30                                             | extrem hoch |

| Nutzbare Feldkapazität<br>im effektiven Wurzelraum (nFK We) |                          | Basensättigungsgrad (BS) |                          |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| NFK We in mm                                                | Bezeichnung <sup>1</sup> | BS in %                  | Bezeichnung              |
| ≤ 60                                                        | sehr gering              | < 5                      | sehr arm                 |
| > 60 bis ≤ 140                                              | gering                   | 5 bis < 20               | arm                      |
| > 140 bis ≤ 220                                             | mittel                   | 20 bis < 50              | mittel                   |
| > 220 bis ≤ 300                                             | hoch                     | 50 bis < 80              | reich                    |
| > 300                                                       | sehr hoch                | 80 bis 100               | sehr reich bis gesättigt |

<sup>1</sup> nach Müller (2004)

| Luftkapazität im effektiven<br>Wurzelraum (LK We) |                          |
|---------------------------------------------------|--------------------------|
| LK We in Vol.-%                                   | Bezeichnung <sup>1</sup> |
| < 2                                               | sehr gering              |
| 2 bis < 5                                         | gering                   |
| 5 bis < 13                                        | mittel                   |
| 13 bis < 26                                       | hoch                     |
| ≥ 26                                              | sehr hoch                |

<sup>1</sup> nach Müller (2004)

## Literatur

- AG Boden (2005). Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. 5. Auflage.
- AK Bodensystematik (1998). Systematik der Böden der Bundesrepublik Deutschland. Mittlg. Dt. Bodenkdl. Ges., 86, 1–192.
- GLA (1999). Bodenatlas Sachsen Anhalt. Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt. Halle (Saale).
- Müller, U. (2004). Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Arbeitshefte Boden, 2, 1–409. 7. erweiterte und ergänzte Auflage.
- String, P. & Weller, M. (1999). Ertragspotential. In GLA (Ed.), Bodenatlas Sachsen-Anhalt, Teil II: Thematische Bodenkarten. Halle (Saale): Geologisches Landesamt Sachsen-Anhalt.





**Profil B.1****Böden der Auen der Elbe, Havel, Mulde, Elster, Bode und Ilse****Hauptbodenform: ABn: u**TK25 NN, Blatt: **4140****Bodenform: Vega aus Auentonschluff über tiefem Auensandschluff**  
**ABn: fo-tu(Lfo)//fo-su(Ufo)**Nutzung: **Grünland**MMK/TGL: **ol V**Bodenschätzung: **L I a 2 72/68**Lage:  
Roßlau-Wittenberger Elbaue

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 9,0 bis 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 0 bis 50 mm

Relief:

Aue: zentral in einem flachwelligen Tiefenbereich mit welliger Oberfläche, Höhe: 63 m über NN; Hangneigung &lt; 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist grundwassernah mit sehr tiefem Grundwasser und durch Überflutungen schwach bis mäßig vernässt.

**Profilfoto**Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart**Tiefe****Horizontbeschreibung****erbohrter  
Profilabschnitt**

|        |    |
|--------|----|
| rezent | ut |
|        | i  |
| qhlJ   | tu |
| qhlA   | su |

|        |                                                                                                                                                                      |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 dm   | aAh aus Auenton:<br>bräunlich schwarzer mäßig toniger Lehm, sehr schwach kiesig, stark humos, carbonatfrei, krümelig, mit Wurzelfilz                                 |
| 2 dm   | arAp aus Auenlehm:<br>dunkel brauner schwach toniger Lehm                                                                                                            |
| 3 dm   | aM aus Auentonschluff:<br>brauner lehmiger Schluff, sehr schwach skeletthaltig, mäßig humos, carbonatfrei, subpolyedrisch, mäßig durchwurzelt                        |
| 5,5 dm | aM aus Auentonschluff:<br>dunkel gelblich brauner lehmiger Schluff, skelettfrei, schwach humos, carbonatfrei, subpolyedrisch, kaum durchwurzelt                      |
| 8 dm   | aM aus Auentonschluff:<br>dunkel gelblich brauner lehmiger Schluff                                                                                                   |
| 9 dm   | aGo aus Auensandschluff:<br>dunkel gelblich brauner sandiger Schluff, skelettfrei, sehr schwach humos, carbonatfrei, mit Schichtgefüge, kohärent, nicht durchwurzelt |
| >15 dm |                                                                                                                                                                      |

Bearbeitung und Foto: Kainz (10.08.1995) - Profil Bod 037



Nutzung (1995): Grünland, Weidewirtschaft

Veränderungen: Grabenmelioration; eingedeicht

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (cmolc/kg) | pH-Wert (in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|--------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand |               |              |                    |                  |                |
| 39                     | 51             | 43      | 18   | 6,0           | 0,0          | 26                 | 5,5              | 6              |
| 28                     | 45             | 41      | 31   | 2,8           | 0,0          | 18                 | 5,4              | 4              |
| 29                     | 50             | 54      | 17   | 2,4           | 0,0          | 19                 | 5,2              | 3              |
| 25                     | 42             | 62      | 13   | 1,7           | 0,0          | 17                 | 5,1              | 1              |
| 18                     | 27             | 50      | 32   | 0,9           | 0,0          | 12                 | 5,2              | 1              |
| 3                      | 26             | 67      | 30   | 0,7           | 0,0          | 11                 | 5,3              | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Vegas sind wichtige weitverbreitete Böden der Auen, insbesondere der Rosslau-Wittenberger Elbaue. Sie bestehen aus schluffigem Auenlehm, einem Umlagerungsprodukt der Lössböden und werden auf großen Flächen ackerbaulich genutzt. Der Boden ist braun und tiefhumos. Der Humusgehalt des aAh-Horizontes steht im Widerspruch zu den Grundwasserzeichen im Gesamtprofil. Er ist das Ergebnis der in der Vergangenheit häufigen Überflutungen und der Grünlandnutzung.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch  
Kationenaustauschkapazität: hoch, im aAh sehr hoch  
Basensättigungsgrad: im Oberboden reich, im Unterboden sehr reich  
nutzbare Feldkapazität: sehr hoch  
Luftkapazität: mittel



**Profil B.2****Böden der Auen der Saale, Helme und Unstrut (thüringer Einzugsgebiet)****Hauptbodenform:** ATn: etu/l

TK25 NN, Blatt: 4236

**Bodenform:** Tschernitza aus carbonathaltigem Auentonschluff über tiefem Auenlehm  
ATn: fo-etu(Lfo)//fo-l(Lfo)

Nutzung: Acker

MMK/TGL: ol Z

Bodenschätzung: sL 2 AI

Lage:  
Saaleaue

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 9,0 bis 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 451 bis 500 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -99 bis -50 mm

Relief:

Aue: zentral auf einer Verebnung mit glatter Oberfläche, Höhe: 64 m über NN; Hangneigung &lt; 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig. Er ist grundwassernah mit extrem tiefem Grundwasser und durch Stauwasser im Untergrund stauwassernah.

**Profilfoto**Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|        |       |           |                                                                                                                                                                                                 |
|--------|-------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| rezent | tu    | 0 dm      | aAxp aus Auentonschluff:<br>bräunlich schwarzer schluffiger Lehm                                                                                                                                |
|        | etu   | <>2 dm    | aAxb aus carbonathaltigem Auentonschluff:<br>dunkel graubrauner schluffiger Lehm, sehr schwach skeletthaltig, schwach humos, carbonathaltig, subpolyedrisch bis prismatisch, stark durchwurzelt |
| qhLJ   | lu    | <>6,5 dm  | aM aus Auenlehmschluff:<br>brauner sandig-lehmiger Schluff, sehr schwach skeletthaltig, schwach humos, carbonatarm, subpolyedrisch bis prismatisch, stark durchwurzelt                          |
| qhLA   | ut    | 10 dm     | afAch aus Auenton:<br>brauner mäßig schluffiger Ton                                                                                                                                             |
|        | l     | 12 dm     | aSw aus Auenlehm:<br>dunkel grauer schwach toniger Lehm, sehr schwach skeletthaltig, sehr schwach humos, carbonatfrei, prismatisch und polyedrisch, mäßig durchwurzelt                          |
| qw     | qhat  | 16 dm     | aScrd aus Auenlehm                                                                                                                                                                              |
|        | ut    | 17,5 dm   | aGo-Scrd aus Auenton                                                                                                                                                                            |
|        | s     | 18,5 dm   | aGo-ICv aus Flugsand                                                                                                                                                                            |
|        | l+l+s | <>19,5 dm | aGso aus Niederungssand mit lehmigen Bändern:<br>gelblich brauner schwach toniger Sand                                                                                                          |
|        | s     | 22 dm     | aGor aus Niederungssand:<br>hell grünlich gelber reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, in Spuren carbonathaltig, körnig, kaum durchwurzelt                                        |
|        |       | >25 dm    |                                                                                                                                                                                                 |

Bearbeitung und Foto: Kainz (09.11.1996) - Profil KA 029



Nutzung (1996): Ackerland mit Kohl, im Vordergrund devastiert

Veränderungen: eingedeicht, Kiesabbau, melioriert durch Gräben, Grundwasserabsenkung

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      |               |              |                      |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|----------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlammbares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol/kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 20                     | 33             | 57      | 23   | 3,3           | 1,1          | 19                   | 7,5              | 4              |
| 22                     | 37             | 58      | 20   | 1,7           | 2,0          | 17                   | 7,6              | 4              |
| 13                     | 24             | 51      | 36   | 1,0           | 1,8          | 13                   | 7,6              | 4              |
| 33                     | 49             | 51      | 16   | 1,0           | Sp.          | 19                   | 7,4              | 4              |
| 29                     | 42             | 46      | 25   | 0,9           | 0,0          | 17                   | 7,3              | 3              |
| 20                     | 29             | 30      | 50   | 0,7           | 0,0          | 22                   | 7,2              | 3              |
| 38                     | 58             | 50      | 12   | 0,3           | Sp.          | 9                    | 7,2              | 2              |
| 4                      | 7              | 6       | 90   |               | Sp.          | 2                    | 6,6              | 1              |
| 5                      | 6              | 6       | 89   |               | Sp.          | 3                    | 6,8              | 1              |
| 1                      | 1              | 1       | 98   |               | Sp.          | 1                    | 6,8              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Tschernitzen sind kennzeichnend für die trockneren Auenstandorte im Schwarzerdegebiet. Sie sind typisch in den Auen der Saale und Unstrut sowie der Bode und Bode-Nebenflüsse.

Das Auensediment besteht in diesen Böden aus umgelagerten humosen Bodensubstraten der Schwarzerden. Im vorgestellten Bodenprofil sind mehrere durch Steinsohlen getrennte Ablagerungszyklen zu unterscheiden. Kalk-Pseudomycel unter den kalkhaltigen Schichten im afAch-Horizont zeigt die vorhandene Entkalkungsdynamik im Boden.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch

Kationenaustauschkapazität: hoch

Basensättigungsgrad: gesättigt, im aAxp sehr reich

nutzbare Feldkapazität: hoch

Luftkapazität: mittel



**Profil B.3****Böden der Auen der Elbe, Havel, Mulde, Elster, Bode und Ilse****Hauptbodenform:** GG-SS: t/s

TK25 NN, Blatt: 3138

**Bodenform:** Gley-Pseudogley aus Auenton über Auentonlehm über tiefem Niederungssand  
 GG-SS: fo-t(Tfo)/fo-tl(Lfo)/fp-s(Sf)

Nutzung: Grünland

MMK/TGL: ot//d Xh

Bodenschätzung: T II a 2 62/57


**Lage:**  
 Untere Havelaue, Jederitzer Aue
**Klimaparameter:**

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

**Relief:**

Aue: zentral auf einer flach gewölbten Kuppe mit glatter Oberfläche, Höhe: 25 m über NN; Hangneigung &lt; 0,5°

**Wasserverhältnisse:**

Das Bodenprofil ist durch starken Oberbodenstau mit tiefem Grundwasser gekennzeichnet. Zusätzlich wird es aktuell bis in die Vegetationsperiode überflutet. Entsprechend ist die Vernässung sehr stark.

**Profilfoto**
 Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart
**Tiefe****Horizontbeschreibung**
 erbohrter  
Profilabschnitt

|        |    |         |                                                                                                                                                                               |
|--------|----|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| rezent |    | 0 dm    | aSw-Ah aus Auenton                                                                                                                                                            |
| qhlJ   | ut | 1 dm    | aSw-Ah aus Auenton:<br>schwarzer mäßig toniger Lehm, sehr schwach skeletthaltig, schwach humos, carbonatfrei, polyedrisch, sehr stark durchwurzelt                            |
| qhlA   | tl | 4,5 dm  | aSd aus Auentonlehm:<br>bläulich grauer sandig-toniger Lehm, sehr schwach skeletthaltig, sehr schwach humos, sehr carbonatarm, polyedrisch, mäßig durchwurzelt                |
|        |    | 8 dm    | aGo-Srd aus Auentonlehm:<br>grünlich grauer sandig-toniger Lehm                                                                                                               |
|        | I  | 9,5 dm  | aSrd-Go aus Hochflutlehm:<br>hell türkisfarbener stark lehmiger Sand                                                                                                          |
| wb     | ls | 11 dm   | aGo aus lehmigem Hochflutsand:<br>hell olivfarbener schwach lehmiger Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch bis körnig, nicht durchwurzelt |
|        | s  | 14,5 dm | aGr aus Niederungssand:<br>hell grünlich grauer reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, carbonatfrei, körnig, nicht durchwurzelt                                  |
|        |    | >18 dm  |                                                                                                                                                                               |

Bearbeitung und Foto: Kainz, Richter, Eichelbaum (10.08.1994) - Profil Bod 009



Nutzung (1994): Grünland, Weidewirtschaft

Veränderungen: Grabenmelioration

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand |               |              |                                    |                  |                |
| 38                     | 57             | 53      | 9    | 17,2          | Sp.          | 48                                 | 6,0              | 6              |
| 42                     | 54             | 36      | 22   | 1,2           | 0,0          | 33                                 | 6,0              | 5              |
| 36                     | 44             | 27      | 37   | 0,5           | 0,2          | 24                                 | 6,9              | 3              |
| 30                     | 38             | 29      | 41   | 0,3           | 0,9          | 21                                 | 7,1              | 1              |
| 13                     | 17             | 16      | 71   | 0,2           | Sp.          | 11                                 | 6,7              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Gley-Pseudogleye aus Auenton sind die typischen Bodenprofile der Wische, der Nördlichen Elbaue und Unteren Havelaue. Hohe und smectitreiche Tongehalte bedingen hier eine starke Schrumpfungsdynamik, die aber durch stärkeren Wasserstau überlagert wird. Der Wasserstau wird durch den humusreichen Oberboden belegt. In den eingedeichten und entwässerten Bereichen werden diese Böden ackerbaulich genutzt. Hier liegt der Boden im Überflutungsgebiet und ist Grünland.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden extrem hoch,  
im Unterboden sehr hoch  
Basensättigungsgrad:  
im Oberboden reich,  
im Unterboden sehr reich  
nutzbare Feldkapazität:  
mittel  
Luftkapazität: mittel



**Profil B.4****Böden der Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen****Hauptbodenform:** GG-PP: s//sTK25 NN, Blatt: **4244**
**Bodenform:** Gley-Podsol aus Flugsand über Hochflutlehm über  
Niederungssand  
GG-PP: p-s(Sa)/p-tl(Lfh)/fp-s(Sf)
Nutzung: **Forst**MMK/TGL: **s GD**Waldboden: **Re.SB**
**Lage:**  
Elbe-Elster-Terrassen, Annaburger Heide
**Klimaparameter:**

Mittlere Jahrestemperatur: 9,0 bis 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 551 bis 600 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 0 bis 50 mm

**Relief:**

Niederterrasse: zentral auf einer flach gewölbten Kuppe mit welliger Oberfläche, Höhe: 76,1 m über NN; Hangneigung 0,5° - 1°, SW-exponiert

**Wasserverhältnisse:**

Der Standort ist ständig grundwasserbeeinflusst mit tiefem Grundwasserstand und vernässungsfrei.

**Profilfoto**Lagen/  
AlterGesamt-  
bodenart

|     |    |
|-----|----|
| qb  | ls |
|     | s  |
| LHo | ls |
|     | s  |
| LHu | s  |
| qb  | tl |
|     | s  |

**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|         |                                                                                                                                                         |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| +0,6 dm | Oh aus Rohhumus                                                                                                                                         |
| 0 dm    | Aeh aus Flugsand                                                                                                                                        |
| 0,2 dm  | Ae aus Flugsand:<br>bräunlich grauer reiner Sand                                                                                                        |
| 1,5 dm  | Bhs aus Flugsand                                                                                                                                        |
| 2 dm    | Bhs aus Flugsand                                                                                                                                        |
| 2,2 dm  | Bs aus Flugsand:<br>satt brauner reiner Sand                                                                                                            |
| 3,5 dm  | Bsv aus Treibsand:<br>bräunlich gelber schwach schluffiger Sand                                                                                         |
| 4,5 dm  | Gro aus Treibsand                                                                                                                                       |
| 5 dm    | Gro aus Hochflutlehm:<br>hell grünlich grauer sandig-toniger Lehm, skelettfrei, sehr<br>schwach humos, carbonatfrei, polyedrisch, mäßig<br>durchwurzelt |
| 6,5 dm  | Gro aus Niederungssand:<br>grünlich weißer reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,<br>humusfrei, carbonatfrei, körnig, mäßig durchwurzelt              |
| 10 dm   | Gor aus Niederungssand:<br>hell grauer reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,<br>humusfrei, carbonatfrei, körnig, mäßig durchwurzelt                  |
| >12 dm  |                                                                                                                                                         |

Bearbeitung und Foto: Kainz (04.11.1997) - Profil KA 039



| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|---------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlammbares | Schluff | Sand |               |              |                                 |                  |                |
|                        |                |         |      | 26,7          | 0,0          | 55                              | 3,0              |                |
| 5                      | 6              | 8       | 87   | 3,6           | 0,0          | 2                               | 3,2              | 5              |
| 3                      | 4              | 5       | 92   | 0,7           | 0,0          | 2                               | 3,4              | 5              |
| 3                      | 6              | 6       | 91   | 1,4           | 0,0          | 6                               | 3,2              | 5              |
| 5                      | 8              | 6       | 89   | 1,9           | 0,0          | 8                               | 3,3              | 5              |
| 4                      | 5              | 5       | 91   | 0,9           | 0,0          | 4                               | 3,7              | 3              |
| 3                      | 4              | 14      | 83   | 0,5           | 0,0          | 2                               | 4,0              | 3              |
| 5                      | 9              | 9       | 86   | 0,3           | 0,0          | 2                               | 3,9              | 3              |
| 28                     | 37             | 23      | 49   | 0,9           | 0,0          | 12                              | 3,4              | 3              |
| 2                      | 2              | 1       | 97   | 0,2           | 0,0          | 2                               | 4,0              | 3              |
| 4                      | 4              | 0       | 96   | 0,2           | 0,0          | 2                               | 3,8              | 3              |

Nutzung (1997) : Forst, Mischwald

Waldzustand: Pfeifengras-Blaubeer-Drahtschmielen-Birken-Kiefernwald

Humusform: Rohhumus  
Veränderungen: Grundwasserabsenkung, gepflügt

### Vorkommen und Entstehung

Das Profil ist für übersandete Niederterrassen typisch. Das Bodenprofil, ein Gley-Podsol, ist im unteren Profileil durch Grundwasser geprägt - hydromorph, während der obere Profileil grundwasserfrei - anhydromorph ist. Die Bodensubstrate sind Sande unterschiedlichen Alters und Ablagerungsbedingungen. Sie sind sehr silikatarms und dadurch nährstoffarm. Unter Waldbestand, insbesondere unter Kiefer, versauern die Böden sehr stark. Infolgedessen werden der Humus und die Nährstoffe in den Unterboden ausgewaschen.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr gering,  
Rohhumus  
Kationenaustauschkapazität: gering  
Basensättigungsgrad: mittel  
nutzbare Feldkapazität: gering  
Luftkapazität: sehr hoch



## Profil B.5

### Böden der Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen

Hauptbodenform: KVn: Hn/s

TK25 NN, Blatt: 3432

Bodenform: Erdniedermoor aus Niedermoororf über  
Niederungssand mit lehmigen Bändern  
KVn: og-Hn/fp-l+(k)s(Lf+Sf)

Nutzung: Grünland

MMK/TGL: h'd Ne

Bodenschätzung: Mo II a 3



Lage:  
Östliches Aller-Urstromtal, Drömling

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 551 bis 600 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 0 bis 50 mm

Relief:

Niederungsebene: zentral in einem flachwelligen Tiefenbereich mit welliger Oberfläche, Höhe: 58 m über NN; Hangneigung < 0,5°

Wasserverhältnisse:

Das Moor ist entwässert und um ca. 50% geschrumpft. Das Bodenprofil ist aktuell grundwasserbeherrscht bei flachem Grundwasser und mäßiger (zeitweiliger) Vernässung. Durch die Schrumpfung ist der Torf verdichtet. Regenwasser versickert verzögert.

#### Profilfoto



Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

#### Tiefe

#### Horizontbeschreibung

0 dm

Hv aus Niedermoororf:  
schwarz, sehr stark zersetzt

1 dm

Ha aus Niedermoororf:  
sehr dunkel rot, sehr stark zersetzt

2 dm

Hw aus Niedermoororf:  
sehr dunkel rot, sehr stark zersetzt, volltorfig, carbonatfrei,  
polyedrisch bis mit Schichtgefüge, schwach durchwurzelt

3,5 dm

Gr aus Schluffmudde

4 dm

Gr aus Niederungssand mit lehmigen Bändern:  
hell grünlich grauer reiner Sand, schwach kiesig, sehr  
schwach humos, carbonatfrei, körnig, nicht durchwurzelt

>8 dm

Bearbeitung und Foto: Kainz, Richter, Eichelbaum (18.08.1994) - Profil Bod 012



Nutzung (1994) : Grünland,  
Weidewirtschaft

Veränderungen: Grabenmelioration,  
Moorbeetkultur

| Kornfraktionen (in M%) |                     |         |      |               |              |                                    |                     | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämm-<br>bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) |                |
|                        |                     |         |      | 63,4          | 0,0          | 133                                | 5,4                 | 6              |
|                        |                     |         |      | 69,3          | 0,0          | 128                                | 5,7                 | 5              |
|                        |                     |         |      | 71,7          | 0,0          | 139                                | 5,7                 | 2              |
| 20                     | 33                  | 70      | 10   | 19,1          | 0,0          | 55                                 | 5,8                 | 1              |
| 3                      | 4                   | 9       | 88   | 0,7           | 0,0          | 3                                  | 5,7                 | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Das Profil kennzeichnet einen flachen, entwässerten und gesackten Moorstandort. Nach der Entstehung ist das Moor ein Versumpfungsmoor, nach den Nährstoff-Verhältnissen ein mäßig saures mesotrophes Niedermoor.

### Eigenschaften

Humusqualität: gering bis mittel

Kationenaustauschkapazität:  
im Moorkörper extrem hoch,  
im Untergrund sehr gering

Basensättigungsgrad:  
reich

nutzbare Feldkapazität:  
gering

Luftkapazität: hoch



**Profil B.6****Böden der Niederungen, Urstromtäler und Niederterrassen****Hauptbodenform:** KV-KM: Hn/eFmu//s

TK25 NN, Blatt: 3333

**Bodenform:** Erdmulmniedermoor aus Niedermoor torf über carbonathaltiger Schluffmudde über tiefem Niederungssand  
KV-KM: og-Hn/fl-eFmu//f-s(Sf)

Nutzung: Grünland

MMK/TGL: h/y//d Nm

Bodenschätzung: Mo II a 2 39/39

Lage:  
Milde-Biese-Niederung

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 0 bis 50 mm

Relief:

wellige Niederungsebene: zentral auf einer Verebnung mit welliger Oberfläche, Höhe: 32 m über NN; Hangneigung &lt; 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist grundwasserbeherrscht mit aktuell mittlerem Grundwasserstand und mäßiger Vernässung.

**Profilfoto**Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart**Tiefe****Horizontbeschreibung****erbohrter  
Profilabschnitt**

|    |      |          |                                                                                                                                                                                |
|----|------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| qh | Hn   | 0 dm     | Hm aus Niedermoor torf:<br>schwarz, sehr stark zersetzt                                                                                                                        |
|    |      | 1 dm     | Ha aus Niedermoor torf:<br>schwarz, sehr stark zersetzt                                                                                                                        |
|    |      | 2 dm     | Ht aus Niedermoor torf:<br>schwarz, stark zersetzt, halbtorf, carbonatfrei, polyedrisch und plattig, stark durchwurzelt                                                        |
|    | Fhh  | 4 dm     | Ht aus Torf-Mudde                                                                                                                                                              |
|    | eFmu | <>4,5 dm | Gro aus carbonathaltiger Schluffmudde:<br>rötlich braun, sehr stark humos, carbonatreich, polyedrisch und plattig, schwach durchwurzelt                                        |
| s  | s    | <>7 dm   | Gor aus Niederungssand:<br>dunkel grünlich grauer schwach schluffiger Sand, sehr schwach skeletthaltig, sehr schwach humos, carbonatfrei, körnig, kohärent, nicht durchwurzelt |
|    |      | >10 dm   |                                                                                                                                                                                |

Bearbeitung und Foto: Kainz, Schrade (18.10.2000) - Profil Bod 148



Nutzung (2000) : Grünland,  
Weidewirtschaft

Veränderungen: gepflügt,  
Grundwasserabsenkung

| Kornfraktionen (in M%) |                     |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-<br>bares | Schluff | Sand |               |              |                                    |                     |                |
|                        |                     |         |      | 57,2          | 0,0          | 122                                | 5,4                 | 6              |
|                        |                     |         |      | 61,6          | 0,0          | 113                                | 5,8                 | 5              |
|                        |                     |         |      | 64,3          | 0,0          | 125                                | 6,1                 | 4              |
|                        |                     |         |      | 69,1          | 0,0          | 137                                | 6,4                 | 4              |
| 5                      | 11                  | 77      | 18   | 13,4          | 15,5         | 40                                 | 7,2                 | 2              |
| 3                      | 3                   | 13      | 85   | 0,6           | 0,0          | 3                                  | 6,6                 | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Das Profil kennzeichnet ein mitteltiefes, entwässertes Moor. Die lange Grundwasserabsenkung und Belüftung führte zur Vermulung des obersten Torfhorizontes. Im Verlauf dieses Prozesses wird der Torf pulvrig und wasserabweisend. Nach der Entstehung ist das Moor ein Versumpfungsmoor, nach den Nährstoff-Verhältnissen ein eutrophes Niedermoor.

### Eigenschaften

Humusqualität: mittel bis hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Moorkörper extrem hoch,  
im Untergrund sehr gering  
Basensättigungsgrad:  
sehr reich  
nutzbare Feldkapazität:  
gering  
Luftkapazität: hoch



**Profil B.7****Böden der Sander, sandigen Platten und sandigen Endmoränen****Hauptbodenform:** BBn: s

TK25 NN, Blatt: 3333

**Bodenform:** Braunerde aus Flugsand über tiefem Schmelzwassersand

Nutzung: Forst

BBn: p-s(Sa)//fg-s(Sgf)

MMK/TGL: s//bs DB

Waldboden: Sn.S



Lage:  
Klötzer Sandlössgürtel

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 601 bis 650 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 51 bis 100 mm

Relief:

welliges Plateau: randlich auf einer ebenen Kuppe mit welliger Oberfläche, Höhe: 77 m über NN; Hangneigung 0,5° - 1°, W-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, stark durchlässig, wenig speicherfähig und mit substratbedingter sehr schwacher Staunässe im Untergrund.

**Profilfoto**

Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|     |      |
|-----|------|
| LH  | s    |
|     | (k)s |
| LM  | s    |
| qWA |      |
| qD  |      |

+0,1 dm

0 dm

0,1 dm

&lt;-&gt;0,7 dm

&lt;-&gt;1,5 dm

&lt;-&gt;5,5 dm

9 dm

12 dm

15 dm

&gt;18 dm

Oh aus Wurzelfilz-Rohhumus

Aeh aus Flugsand

Ahe aus Flugsand

Bs-Ahe aus Flugsand

Bsv aus Flugsand:  
gelber reiner Sand, schwach skeletthaltig, stellenweise  
schwach humos, carbonatfrei, subpolyedrisch bis körnig,  
stark durchwurzelt

Bv-ICv aus Flugsand:  
sehr fahl brauner reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,  
humusfrei, carbonatfrei, körnig, mäßig durchwurzelt

ICbtv aus Schmelzwassersand:  
sehr fahl brauner reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,  
humusfrei, carbonatfrei, körnig, kaum durchwurzelt

ICbtv aus Schmelzwassersand:  
fahl gelber reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,  
humusfrei, carbonatfrei, körnig, kaum durchwurzelt

Bbt+ICv aus Schmelzwassersand:  
fahl gelber reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,  
humusfrei, carbonatfrei, körnig, polyedrisch und plattig, kaum  
durchwurzelt

Bearbeitung und Foto: Kainz (18.09.1996) - Profil KA 026



| Kornfraktionen (in M%) |                     |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|---------|------|---------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-<br>bares | Schluff | Sand |               |              |                                       |                     |                |
| 3                      | 3                   | 6       | 91   | 43,8          | 0,0          | 73                                    | 2,8                 |                |
| 2                      | 3                   | 7       | 91   | 2,4           | 0,0          | 6                                     | 3,1                 | 5              |
| 3                      | 3                   | 6       | 91   | 1,2           | 0,0          | 3                                     | 3,2                 | 4              |
| 3                      | 3                   | 6       | 91   | 0,7           | 0,0          | 3                                     | 3,9                 | 4              |
| 1                      | 2                   | 2       | 97   |               | 0,0          | 1                                     | 4,2                 | 4              |
| 1                      | 1                   | 3       | 96   |               | 0,0          | 1                                     | 4,3                 | 3              |
| 1                      | 1                   | 3       | 96   |               | 0,0          | 1                                     | 4,4                 | 1              |
| 0                      | 0                   | 5       | 95   |               | 0,0          | 1                                     | 4,3                 | 1              |
| 2                      | 3                   | 4       | 94   |               | 0,0          | 1                                     | 4,1                 | 1              |

Nutzung (1996): Forst, Nadelwald

Waldzustand: Astmoos-Draht-  
schmielen-Kiefernwald

Humusform: Wurzelfilz-Rohhumus

Veränderungen: sehr alte Ackerauf-  
forstung, flach gepflügt

### Vorkommen und Entstehung

Podsolige Braunerden aus periglaziärem Flugsand über Schmelzwassersand sind Typusböden in den Landschaften der Sander, sandigen Endmoränen und sandigen Platten. Die Nutzungsgeschichte variiert das Aussehen dieser Böden stärker als Variationen der Horizontfolge. Das Profil zeigt eine gut erhaltene Braunerde mit schwacher Bänderung einer älteren fossilen Lessivierung im Untergrund. Der Oberboden ist ein frühmittelalterlicher Ackerhorizont mit geringem Grobschluffanteil, der auf die Nähe oder das ehemalige Vorhandensein von Lösssand hinweist. Der Boden ist stark podsolig.

### Eigenschaften

Humusqualität: mittel bis sehr gering,  
Rohhumus

Kationenaustauschkapazität:  
sehr gering, im Aeh gering

Basensättigungsgrad:  
mittel, im Aeh arm, im Untergrund  
reich

nutzbare Feldkapazität:  
gering

Luftkapazität: sehr hoch



**Profil B.8****Böden der Sander, sandigen Platten und sandigen Endmoränen****Hauptbodenform:** BB-LF: (k)ls/s/(k)ls

TK25 NN, Blatt: 3333

**Bodenform:** Braunerde-Fahlerde aus lehmigem Geschiebedecksand über Flugsand über tiefer Geschiebelehmsand-Fließerde  
BB-LF: p-(k)ls(Sp)/p-s(Sa)//pfl-(k)ls(Sg)

Nutzung: Forst

MMK/TGL: m/bs BF

Waldboden: Om.S

Lage:  
Klötzer Sandlössgürtel

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 601 bis 650 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 51 bis 100 mm

Relief:

Plateau: im oberen Bereich auf einer geneigten, flach gewölbten Kuppe mit welliger Oberfläche, Höhe: 76 m über NN; Hangneigung 2° - 3°, W-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig.

**Profilfoto**Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|     |       |          |                                                                                                                                                                |
|-----|-------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LH  | (k)ls | 0 dm     | Aeh aus lehmigem Geschiebedecksand                                                                                                                             |
|     | (k)s  | <>0,2 dm | rAp°Bsv-Ah aus lehmigem Geschiebedecksand: brauner schwach lehmiger Sand                                                                                       |
| LM  | s     | 2 dm     | Bsv aus Geschiebedecksand: satt brauner schwach schluffiger Sand                                                                                               |
|     | (k)ls | <>3,5 dm | Ael-Bv aus Treibsand: bräunlich gelber schwach schluffiger Sand                                                                                                |
| LB  | (k)ls | 5 dm     | Bbt+Ael aus Flugsand: sehr fahl brauner reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, carbonatfrei, körnig, mäßig durchwurzelt                           |
|     | (k)ls | <>8 dm   | Bt aus Geschiebelehmsand-Fließerde: satt brauner schwach toniger Sand, mäßig kiesig, humusfrei, carbonatfrei, verkittet und subpolyedrisch, mäßig durchwurzelt |
| qWA | s     | 15 dm    | Bbt+ICv aus Schmelzwassersand: sehr fahl brauner reiner Sand                                                                                                   |
|     | s     | <>17 dm  | ICbtv aus Schmelzwassersand: sehr fahl brauner reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, carbonatfrei, körnig, kaum durchwurzelt                     |
|     |       | >20 dm   |                                                                                                                                                                |

Bearbeitung und Foto: Kainz (29.08.1996) - Profil KA 010



Nutzung (1996): Forst, Nadelwald

Waldzustand: krautreicher Drahtschmielen-(Dornfarn, Blaubeeren, ...)-Kiefern-Wald

Humusform: rohhumusartiger Moder

Veränderungen: sehr alte Ackeraufforstung, gepflügt

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      |               |              |                                    |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 8                      | 12             | 22      | 70   | 9,1           | 0,0          | 18                                 | 3,2              | 4              |
| 5                      | 8              | 19      | 76   | 1,4           | 0,0          | 4                                  | 4,0              | 4              |
| 4                      | 7              | 22      | 74   |               | 0,0          | 2                                  | 4,0              | 4              |
| 2                      | 3              | 11      | 87   |               | 0,0          | 1                                  | 4,1              | 4              |
| 1                      | 1              | 4       | 95   |               | 0,0          | 1                                  | 4,2              | 3              |
| 5                      | 5              | 2       | 93   |               | 0,0          | 3                                  | 5,7              | 3              |
| 2                      | 3              | 4       | 94   |               | 0,0          | 1                                  | 5,6              | 4              |
| 1                      | 1              | 1       | 98   |               | 0,0          | 0,4                                | 5,0              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Braunerde-Fahlerden aus lehmigem Sand sind bessere Sandböden. Sie sind mit Braunerden vergesellschaftet und an die Vorkommen von lehmsandigen Fließerden oder lehmigen Geschiebesanden gebunden. Das Horizont-Profil ist mehrphasig. Der Ael-Bv-Horizont hat kryoturbate Taschen und eine schwache Steinsohle an der Basis. Er schneidet die schwachen girlandenförmigen Lehmänder des Bbt-Ael-Horizontes ab, der seinerseits erodiert ist. Die Verbraunung reicht tiefer als der Treibsand der Mittellage und überlagert noch die obersten Bereiche des Bbt-Ael-Horizontes.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr gering, rohhumusartiger Moder  
Kationenaustauschkapazität: im Oberboden gering bis hoch, im Unterboden sehr gering  
Basensättigungsgrad: im Oberboden mittel bis arm, im Unterboden mittel bis reich  
nutzbare Feldkapazität: mittel  
Luftkapazität: hoch



**Profil B.9****Böden der Sander, sandigen Platten und sandigen Endmoränen****Hauptbodenform:** PPn: s

TK25 NN, Blatt: 3333

**Bodenform:** Podsol aus Flugsand über Schmelzwassersand  
PPn: p-s(Sa)/fg-s(Sgf)

Nutzung: Forst

MMK/TGL: s D

Waldboden: Br.S

Lage:  
Klötzer Sandlössgürtel

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 601 bis 650 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 51 bis 100 mm

Relief:

kuppiges Plateau: im oberen Bereich in einer Hangrinne mit welliger Oberfläche, Höhe: 86 m über NN; Hangneigung 1° - 2°, W-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, stark durchlässig und wenig speicherfähig.

**Profilfoto**Lagen/  
AlterGesamt-  
bodenart

|     |             |
|-----|-------------|
| qh  | s           |
| LH  | ls<br>(k)ls |
| LM  |             |
| EZ  |             |
| qWA | s           |

**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|          |                                                                                                                                                                   |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| +0,2 dm  | Oh aus Rohhumus                                                                                                                                                   |
| <>0 dm   | Aeh aus Sand-Äolium                                                                                                                                               |
| 1 dm     | Ahe aus Sand-Äolium                                                                                                                                               |
| 2 dm     | Bsh aus Geschiebedecksand                                                                                                                                         |
| <>2,5 dm | Bh(m)s aus Geschiebedecksand                                                                                                                                      |
| <>3 dm   | Bs aus Flugsand                                                                                                                                                   |
| <>4 dm   |                                                                                                                                                                   |
|          | Bbs+ICv aus kryoturbatem Schmelzwassersand:<br>graubrauner reiner Sand, skelettfrei, humusfrei, carbonatfrei,<br>körnig, mäßig durchwurzelt                       |
| 9 dm     |                                                                                                                                                                   |
|          | Bbs+ICv aus Schmelzwassersand:<br>fahl gelber reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig,<br>stellenweise schwach humos, carbonatfrei, körnig, mäßig<br>durchwurzelt |
| 11,5 dm  |                                                                                                                                                                   |
|          | ICv aus Schmelzwassersand:<br>sehr fahl brauner reiner Sand, skelettfrei, humusfrei,<br>carbonatfrei, körnig, kaum durchwurzelt                                   |
| >18 dm   |                                                                                                                                                                   |

Bearbeitung und Foto: Kainz (11.09.1996) - Profil KA 020



| Kornfraktionen (in M%) |                     |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|---------|------|---------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-<br>bares | Schluff | Sand |               |              |                                       |                     |                |
|                        |                     |         |      | 38,1          | 0,0          | 78                                    | 2,7                 |                |
| 4                      | 5                   | 8       | 88   | 5,3           | 0,0          | 14                                    | 2,9                 | 5              |
| 3                      | 3                   | 4       | 93   | 1,9           | 0,0          | 5                                     | 3,1                 | 4              |
| 8                      | 9                   | 5       | 87   | 4,1           | 0,0          | 20                                    | 3,7                 | 2              |
| 6                      | 6                   | 5       | 89   | 2,4           | 0,0          | 13                                    | 4,2                 | 2              |
| 3                      | 4                   | 5       | 92   | 1,0           | 0,0          | 5                                     | 4,4                 | 2              |
| 1                      | 2                   | 2       | 97   | 0,2           | 0,0          | 1                                     | 4,5                 | 3              |
| 1                      | 1                   | 2       | 97   |               | 0,0          | 1                                     | 4,6                 | 3              |
| 1                      | 1                   | 1       | 98   |               | 0,0          | 0                                     | 4,5                 | 1              |

Nutzung (1996): Forst, Nadelwald

Waldzustand: Rotstengelmoos-  
Drahtschmielen-Kiefernwald, in  
Krautschicht: Eiche und Dornfarn

Humusform: Rohhumus bis  
Magerrohhumus

Veränderungen: sehr alte Ackerauf-  
forstung

### Vorkommen und Entstehung

Podsole sind das Endglied der Versauerungsreihe der Böden. Größere Verbreitung haben sie in den Sand-Landschaften, wo sie unter Wald an holozäne Flugsande oder tertiäre Quarzsande gebunden sind. Im vorliegenden Profil entstand der humose Flugsand (Sand-Äolium) durch die Aufgabe der Ackernutzung im späten Mittelalter. Der Podsol ist in mehreren Phasen entwickelt, die durch neue Sedimentzufuhr beendet wurden.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr gering,  
Rohhumus

Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden gering bis hoch,  
im Unterboden hoch,  
im Untergrund sehr gering

Basensättigungsgrad:  
im Oberboden mittel bis arm,  
im Unterboden arm, im Untergrund  
mittel

nutzbare Feldkapazität:  
sehr gering

Luftkapazität: sehr hoch



**Profil B.10****Böden der lehmigen Grundmoränenplatten und lehmigen Endmoränen****Hauptbodenform:** BB-LF: us/(k)l

TK25 NN, Blatt: 3739

**Bodenform:** Braunerde-Fahlerde aus Lösssand über tiefer  
 Geschiebelehm-Fließerde  
 BB-LF: p-us(Slo)//pfl-(k)tl(Lg)

Nutzung: Acker

MMK/TGL: ös// BF

Bodenschätzung: S 3 D 30/29


 Lage:  
 Burger Platten (i.e.S.)

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

Relief:

welliges Plateau: zentral auf einer flach gewölbten Kuppe mit glatter Oberfläche, Höhe: 50 m über NN; Hangneigung &lt; 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig, mäßig speicherfähig und schwach haftwasserbeeinflusst.

**Profilfoto**
 Lagen/  
 Alter  
 Gesamt-  
 bodenart
**Tiefe****Horizontbeschreibung**
**erbohrter  
 Profilabschnitt**

|    |        |          |                                                                                                                                                                   |
|----|--------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LH | (k)us  | 0 dm     | Ap aus Lösssand:<br>brauner mäßig schluffiger Sand, schwach kiesig, schwach humos, carbonatfrei, bröckelig, stark durchwurzelt                                    |
|    | us     | 3 dm     | Sg-Bv aus Lösssand:<br>grau brauner mäßig schluffiger Sand, sehr schwach kiesig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch, schwach durchwurzelt                    |
|    | sn(us) | <>4,5 dm | Bv aus Lösssand:<br>hell gelblich brauner mäßig schluffiger Sand, schwach steinig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch, kaum durchwurzelt                     |
| LM | s      | 6,5 dm   | Bt+Ael aus Flugsand:<br>gelber reiner Sand, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, carbonatfrei, körnig, nicht durchwurzelt                                       |
|    | ls     | 8 dm     | Bt aus Flugsand:<br>satt brauner schwach toniger Sand                                                                                                             |
| LB | (k)tl  | <>9 dm   | Sd-Bt aus Geschiebelehm-Fließerde:<br>hell olivfarbener sandig-toniger Lehm, schwach kiesig, humusfrei, carbonatfrei, plattig bis polyedrisch, nicht durchwurzelt |
|    |        | >13 dm   |                                                                                                                                                                   |





Nutzung (1997): Ackerland mit Gerste

Veränderungen: Krume vertieft

| Kornfraktionen (in M%) |                 |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|-----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-bares | Schluff | Sand |               |              |                                    |                  |                |
| 4                      | 7               | 27      | 69   | 1,6           | 0,0          | 5                                  | 6,4              | 4              |
| 4                      | 7               | 36      | 60   |               | 0,0          | 3                                  | 6,8              | 2              |
| 2                      | 5               | 28      | 70   |               | 0,0          | 2                                  | 7,6              | 1              |
| 1                      | 2               | 9       | 90   |               | 0,0          | 1                                  | 6,8              | 0              |
| 9                      | 9               | 7       | 84   |               | 0,0          | 5                                  | 6,6              | 0              |
| 27                     | 40              | 28      | 45   |               | 0,0          | 14                                 | 6,4              | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Das Bodenprofil liegt im nördlichen Vorfläming nahe der Grenze zum Fiener Bruch. Hier wechseln Geschiebelehme und Schmelzwassersande im Untergrund. Das Profil zeigt eine mehrphasige Bodenbildung bestehend aus Fahlerde in Flugsand über Geschiebelehm im unteren Profileil und einer Braunerde aus Lösssand im oberen Profileil. Das Profil belegt das Vorkommen von Lösssand im Fläming Sachsen-Anhalts.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden gering,  
im Unterboden sehr gering bis gering  
Basensättigungsgrad:  
sehr reich  
nutzbare Feldkapazität:  
mittel  
Luftkapazität: hoch

**Bearbeitung und Foto:** Kainz, Eichelbaum, Reinecke (06.10.1998) - Profil Bod 092





Nutzung (1998): Ackerland nach Getreideernte

Veränderungen: gepflügt, Krume vertieft

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand |               |              |                                    |                  |                |
| 11                     | 15             | 23      | 66   | 1,2           | 0,0          | 5                                  | 6,3              | 4              |
| 12                     | 20             | 24      | 64   |               | 0,0          | 4                                  | 6,5              | 3              |
| 26                     | 34             | 24      | 50   |               | 0,0          | 12                                 | 6,3              | 2              |
| 29                     | 36             | 25      | 46   |               | 0,0          | 13                                 | 6,6              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Pseudogley-Braunerden aus Geschiebedecksand über Geschiebelehm gehören zu den wichtigen Böden auf den lehmigen Platten. Sie werden von Braunerde-Fahlerden auf den trockeneren Standorten und Pseudogleyen in den feuchteren Bereichen abgelöst. Eine deutliche und teilweise sehr stark ausgebildete Steinsohle trennt die obere Braunerde von der stauernästen Fahlerde im Unterboden. Die Mächtigkeit der Decklagen (LH+LM) ist entscheidend für die Stärke des Stauwassereinflusses in diesen Böden. Meist ist die Beeinträchtigung des Feldbaus durch Vernässung auf diesen Böden gering.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden gering,  
im Unterboden hoch  
Basensättigungsgrad:  
sehr reich  
nutzbare Feldkapazität:  
mittel  
Luftkapazität: mittel



**Profil B.12****Böden der lehmigen Grundmoränenplatten und lehmigen Endmoränen****Hauptbodenform:** SS-TT: l/et (Mt-t)

TK25 NN, Blatt: 3837

**Bodenform:** Pseudogley-Tschernosem aus Decklehm über  
Tonmergel

Nutzung: Acker

SS-TT: p-l(Lp)/s-eut(Mt-t)

MMK/TGL: l/t Jc

Bodenschätzung: LT 2 D 76



Lage:  
Leitzkauer Hügelland (i.e.S.)

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

Relief:

wellige Platte: randlich auf einem verflachten Hang mit glatter Oberfläche, Höhe: 71 m über NN; Hangneigung 2° - 3°, NW-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist stauwasserbeeinflusst und substratbedingt schwach vernässt.

**Profilfoto**

Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|     |        |
|-----|--------|
| LH  | I      |
|     | (k)l   |
| LB  | (k)eut |
| tpg | eut    |

|        |                                                                                                                                                             |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 dm   | Axp aus Decklehm:<br>schwarzer stark sandiger Lehm, sehr schwach skeletthaltig, mäßig humos, carbonatarm, klumpig bis bröckelig, stark durchwurzelt         |
| 2,5 dm | rAp*Axh aus Decklehm                                                                                                                                        |
| 3 dm   |                                                                                                                                                             |
|        | Sw-Axh aus Decklehm:<br>schwarzer schwach toniger Lehm, schwach skeletthaltig, mäßig humos, carbonatarm, plattig bis subpolyedrisch, mäßig durchwurzelt     |
| 6 dm   | Axh+Scd aus Tonmergel-Fließerde                                                                                                                             |
| 6,5 dm |                                                                                                                                                             |
|        | Scd aus Tonmergel-Fließerde:<br>grünlich grauer mäßig schluffiger Ton                                                                                       |
| 8 dm   | Scd aus Tonmergel:<br>hell olivfarbener mäßig schluffiger Ton, sehr schwach skeletthaltig, humusfrei, sehr carbonatreich, polyedrisch, schwach durchwurzelt |
| >10 dm |                                                                                                                                                             |

Bearbeitung und Foto: Kainz, Eichelbaum, Reinecke (20.04.1999) - Profil Bod 105



Nutzung (1999): Ackerland mit Raps

Veränderungen: Krumenvertiefung

| Kornfraktionen (in M%) |                     |         |      |               |              |                                       |                     | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|---------|------|---------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-<br>bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) |                |
| 22                     | 27                  | 27      | 51   | 3,3           | 0,7          | 19                                    | 7,0                 | 4              |
| 32                     | 43                  | 30      | 38   | 2,2           | 0,9          | 26                                    | 7,3                 | 3              |
| 37                     | 53                  | 49      | 14   | 0,9           | 21,2         | 21                                    | 7,5                 | 3              |
| 34                     | 62                  | 62      | 4    |               | 28,9         | 19                                    | 7,5                 | 2              |
| 34                     | 54                  | 61      | 5    |               | 29,1         | 17                                    | 7,5                 | 2              |

### Vorkommen und Entstehung

Pseudogley-Tschernoseme aus Decklehm über tertiärem Tonmergel sind an die Ausstriche des Rupeltones gebunden. Es sind typische Böden im Leitzkauer Hügelland, auf den Samswegener und Stendaler Platten. Stark toniger und dichtgelagerter Unterboden verursachen den Wasserstau. Kalkgehalt und Stauwasser bedingen den Aufbau langlebiger Ton-Humus-Komplexe und den tiefhumosen Oberboden. Die Decke (LH) weist mit deutlicher Steinsohle an der Basis auf einen Bruch in der Bodenentwicklung hin. Auffällig ist der tonreichere dunklere Sw-Axh-Horizont, der auf stärkeren Stauwassereinfluss oder andere Bildungsbedingungen gegenüber dem Axp-Horizont zurückzuführen ist.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch bis hoch  
Kationenaustauschkapazität: sehr hoch bis hoch  
Basensättigungsgrad: gesättigt  
nutzbare Feldkapazität: gering  
Luftkapazität: mittel, durch  
Stauwasser eingeschränkt



**Profil B.13****Böden der Löss- und Sandlösslandschaften****Hauptbodenform:** RZn: eu

TK25 NN, Blatt: 4437

**Bodenform:** Pararendzina aus Löss  
RZn: p-eu(Lo)

Nutzung: Acker

MMK/TGL: ö C

Bodenschätzung: sL 3 L6 67/64



**Lage:**  
Pollebener, Gerbstedter und Lettowitzer Löss-Plateaus

**Klimaparameter:**  
Mittlere Jahrestemperatur: 9,0 bis 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

**Relief:**  
Hang: im oberen Bereich auf einem verflachten Hang mit glatter Oberfläche, Höhe: 118,6 m über NN; Hangneigung 3° - 5°, NE-exponiert

**Wasserverhältnisse:**  
Der Standort ist sicherwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig. Der Untergrund ist schwach haftwasserbeeinflusst.

**Profilfoto**

Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

**Tiefe****Horizontbeschreibung**

erbohrter  
Profilabschnitt

|    |     |
|----|-----|
| ub | eu  |
| LH |     |
| LM | esu |

|        |                                                                                                                                                                                   |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 dm   | Axp aus carbonathaltigem Schwemmlöss: brauner schwach toniger Schluff, sehr schwach kiesig, mäßig humos, carbonathaltig, bröckelig, sehr stark durchwurzelt                       |
| 3 dm   | eICc aus carbonathaltigem Schwemmlöss: bräunlich gelber schwach toniger Schluff                                                                                                   |
| 5 dm   | eICc aus carbonathaltigem Schwemmlöss                                                                                                                                             |
| 6 dm   | fBv*elCc aus carbonathaltigem Löss: graubrauner schwach toniger Schluff, skelettfrei, humusfrei, carbonatreich, subpolyedrisch, schwach durchwurzelt                              |
| 8 dm   | eICc aus carbonathaltigem Löss: bräunlich gelber schwach toniger Schluff, skelettfrei, humusfrei, carbonatreich, subpolyedrisch, kaum durchwurzelt                                |
| 15 dm  | Sg-elCc aus carbonathaltigem Schwemmlöss: sehr fahl brauner sandiger Schluff, skelettfrei, humusfrei, carbonatreich, mit Schichtgefüge und plattig absondernd, nicht durchwurzelt |
| >18 dm |                                                                                                                                                                                   |





Nutzung (1995): Ackerland nach der Weizenernte

Veränderungen: erodiert durch Pflügen

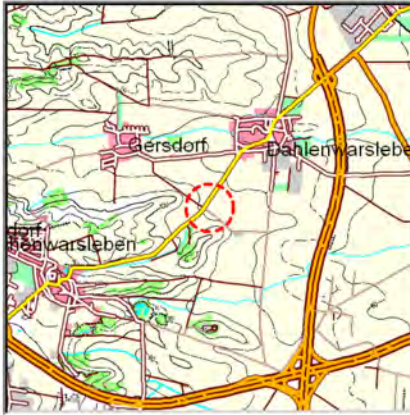
| Kornfraktionen (in M%) |                 |         |      |               |              |                                    |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|-----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 11                     | 18              | 83      | 6    | 2,1           | 9,6          | 12                                 | 7,8              | 5              |
| 9                      | 13              | 90      | 1    | 0,2           | 17,1         | 6                                  | 7,8              | 4              |
| 8                      | 15              | 90      | 2    | 0,3           | 15,2         | 8                                  | 7,8              | 2              |
| 10                     | 14              | 86      | 4    | 0,3           | 12,7         | 6                                  | 7,8              | 2              |
| 8                      | 13              | 87      | 5    | 0,3           | 10,2         | 7                                  | 7,8              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Pararendzinen aus Löss markieren in den Schwarzerde-Landschaften die Bodenabtragsbereiche. Es sind überwiegend erodierte Schwarzerden. Der Bodenabtrag wird durch die scharfe untere Grenze des Axp-Horizontes und die Lössbrocken im Axp deutlich belegt. Das Pflügen auf den stärker geneigten Hängen ist die Ursache für diesen Bodenabtrag.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden hoch,  
im Untergrund gering bis mittel  
Basensättigungsgrad:  
gesättigt  
nutzbare Feldkapazität:  
hoch  
Luftkapazität: mittel

**Profil B.14****Böden der Löss- und Sandlösslandschaften****Hauptbodenform: BB-TT: u**TK25 NN, Blatt: **3835****Bodenform: Braunerde-Tschernosem aus Löss**Nutzung: **Acker****BB-TT: p-u(Lo)/p-eu(Lo)**MMK/TGL: **ö W**Bodenschätzung: **L 1 Lö 98/104**

Lage:  
Wanzlebener Löss-Plateau

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 451 bis 500 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

Relief:

Ebene: in einer Senke auf einer Verebnung, in einem geneigten Tiefenbereich mit welliger Oberfläche, Höhe: 75 m über NN; Hangneigung < 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig.

**Profilfoto**

Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

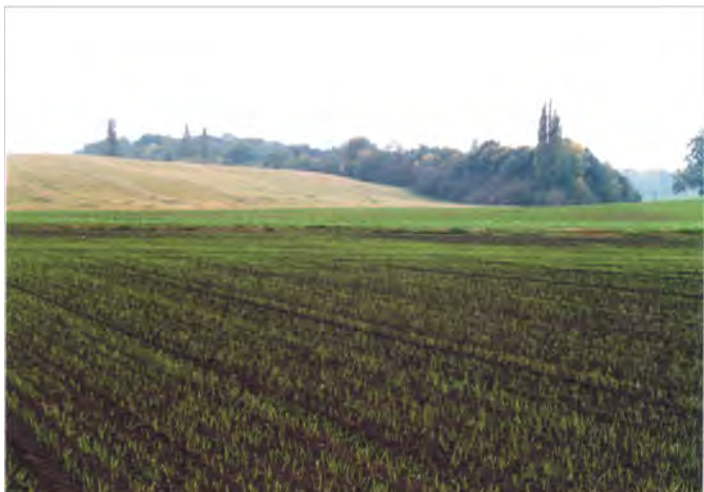
**Tiefe****Horizontbeschreibung**

|    |    |
|----|----|
| LH | u  |
|    | eu |

|        |                                                                                                                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0 dm   | Axp aus Löss:<br>schwarzer mäßig toniger Schluff, sehr schwach skeletthaltig, mäßig humos, carbonatarm, bröckelig, stark durchwurzelt                             |
| 3,5 dm | fAxp°Axx aus Löss:<br>bräunlich schwarzer mäßig toniger Schluff                                                                                                   |
| 4,5 dm | Axx aus Löss:<br>dunkel brauner stark toniger Schluff, skelettfrei, schwach humos, sehr carbonatarm, subpolyedrisch, mäßig durchwurzelt                           |
| 6 dm   | Bv-Acxx aus carbonathaltigem Löss:<br>gelblich brauner mäßig toniger Schluff, skelettfrei, schwach humos, carbonathaltig, subpolyedrisch, stark durchwurzelt      |
| 8 dm   | eICc aus carbonathaltigem Löss:<br>sehr fahl brauner schwach toniger Schluff, skelettfrei, humusfrei, carbonatreich, verkittet, subpolyedrisch, kaum durchwurzelt |
| >10 dm |                                                                                                                                                                   |

Bearbeitung und Foto: Kainz, Reinecke (23.10.2001) - Profil Bod 209





Nutzung (2001): Ackerland mit Weizen

Veränderungen: Krumenvertiefung

| Kornfraktionen (in M%) |                 |         |      |               |              |                       |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|-----------------|---------|------|---------------|--------------|-----------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmolc/kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 16                     | 21              | 78      | 7    | 2,7           | 0,7          | 17                    | 7,4              | 4              |
| 16                     | 22              | 78      | 6    | 2,4           | 0,9          | 16                    | 7,6              | 3              |
| 17                     | 22              | 80      | 3    | 1,5           | 0,4          | 15                    | 7,5              | 3              |
| 17                     | 23              | 82      | 2    | 1,1           | 2,0          | 11                    | 7,6              | 4              |
| 9                      | 13              | 89      | 2    |               | 10,5         | 5                     | 7,8              | 1              |

### Vorkommen und Entstehung

Braunerde-Tschernoseme aus Löss sind typische Böden der Schwarzerde-Landschaften. Sie sind mit Tschernosemen vergesellschaftet und leiten in den Rand- und höher gelegenen Bereichen zu den Parabraunerde-Tschernosemen über. In manchen Landschaften ist ihr Auftreten substratbedingt und mit einer Verbraunung der Substrate vor der Humusakkumulation verbunden. In manchen Fällen ist ihre Vorkommen noch ungeklärt.

### Eigenschaften

Humusqualität: sehr hoch bis hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden mittel bis hoch,  
im Untergrund gering  
Basensättigungsgrad:  
gesättigt  
nutzbare Feldkapazität:  
hoch  
Luftkapazität: mittel



## Profil B.15

### Böden der Löss- und Sandlösslandschaften

Hauptbodenform: LFn: u

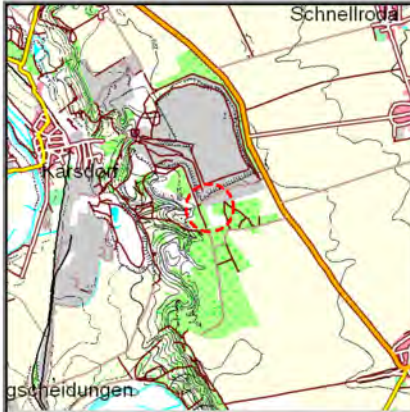
TK25 NN, Blatt: 4736

Bodenform: Fahlerde aus Löss  
LFn: p-u(Lo)//p-eu(Lo)

Nutzung: Acker

MMK/TGL: ö F

Bodenschätzung: L 5 Lő



Lage:  
Barnstädter Löss-Plateau

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 8,5 bis 8,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

Relief:

geneigtes Plateau, wellig: randlich auf einer ebenen Kuppe mit glatter Oberfläche, Höhe: 227 m über NN; Hangneigung 0,5° - 1°, NW-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig. Er ist sehr schwach stauwasser- und im Untergrund schwach haftwasserbeeinflusst.

#### Profilfoto

Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart

#### Tiefe

#### Horizontbeschreibung



erboghrter  
Profilabschnitt

|     |    |         |                                                                                                                                                                          |
|-----|----|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LHo | eu | 0 dm    | Ael-rAp aus aufgekalktem Löss:<br>fahl bräunlich grauer reiner Schluff                                                                                                   |
|     |    | 2 dm    | Bv-Ael aus Löss:<br>sehr fahl brauner schwach toniger Schluff                                                                                                            |
| LHu | u  | 4 dm    | Bt+Ael aus Löss                                                                                                                                                          |
|     |    | <>5 dm  | Ael+Bt aus Löss:<br>sehr fahl brauner lehmiger Schluff                                                                                                                   |
|     |    | 7 dm    | Bt aus Löss:<br>satt brauner lehmiger Schluff, skelettfrei, sehr schwach humos, carbonatfrei, polyedrisch bis prismatisch, mäßig durchwurzelt                            |
| LM  | eu | 10,5 dm | Bv+elCc aus carbonathaltigem Löss:<br>satt brauner mäßig toniger Schluff                                                                                                 |
|     |    | 12,5 dm | elCc aus carbonathaltiger Löss-Fließerde:<br>bräunlich gelber mäßig toniger Schluff, sehr schwach grusig, humusfrei, carbonatreich, subpolyedrisch, schwach durchwurzelt |
|     |    | 16 dm   | Sg-elCc aus carbonathaltigem Löss:<br>graubrauner mäßig toniger Schluff, sehr schwach grusig, humusfrei, carbonatreich, subpolyedrisch, nicht durchwurzelt               |
|     |    | >20 dm  |                                                                                                                                                                          |



Nutzung (1999): Ackerbrache mit  
Strauch- und Staudenfloren

Veränderungen: Immission von Kalk

| Kornfraktionen (in M%) |                    |         |      |               |              |                       |                     | Durchwurzelung |
|------------------------|--------------------|---------|------|---------------|--------------|-----------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschläm-<br>bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(cmolc/kg) | pH-Wert<br>(in KCl) |                |
| 7                      | 19                 | 85      | 8    | 4,8           | 8,3          | 19                    | 7,6                 | 6              |
| 9                      | 20                 | 84      | 7    | 1,0           | 0,2          | 7                     | 7,6                 | 4              |
| 14                     | 22                 | 79      | 7    | 0,7           | 0,0          | 7                     | 7,5                 | 4              |
| 26                     | 33                 | 64      | 10   |               | 0,0          | 13                    | 4,0                 | 4              |
| 25                     | 30                 | 63      | 12   |               | 0,0          | 13                    | 4,0                 | 3              |
| 13                     | 22                 | 82      | 5    |               | 9,1          | 7                     | 7,5                 | 2              |
| 15                     | 23                 | 80      | 5    |               | 10,7         | 8                     | 7,8                 | 2              |
| 12                     | 20                 | 79      | 9    |               | 13,0         | 9                     | 7,9                 | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Fahlerden aus Löss sind ursprüngliche Waldböden. Ihr Verbreitungsgebiet liegt in den niederschlagsbegünstigten Randbereichen auf den Aufragungen der Schwarzerde-Landschaften und in den Löss-Vorkommen der Berg- und Hügelländer. Die schwache Verbraunung im oberen Bv-Ael-Horizont belegt in diesem Profil die mit der Klimaentwicklung verbundene Mehrphasigkeit der Bodenbildung. Die Böden sind durch die Tonverarmung des Oberbodens extrem erosionsempfindlich und durch das Pflügen erodiert, häufig auch rigolt. Vollständig erhaltene Profile, wie hier gezeigt, sind unter landwirtschaftlicher Nutzung selten.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch

Kationenaustauschkapazität:

im Oberboden gering bis hoch,  
im Unterboden hoch,  
im Untergrund mittel

Basensättigungsgrad:

gesättigt, im Unterboden mittel;  
Das Profil unterliegt der Kalk-  
immission aus dem benachbarten  
Steinbruch.

nutzbare Feldkapazität:

mittel

Luftkapazität: mittel



## Profil B.16

### Böden im Harz und Kyffhäuser

Hauptbodenform: BBn: (z)tu/tun (^tsf)

TK25 NN, Blatt: 4432

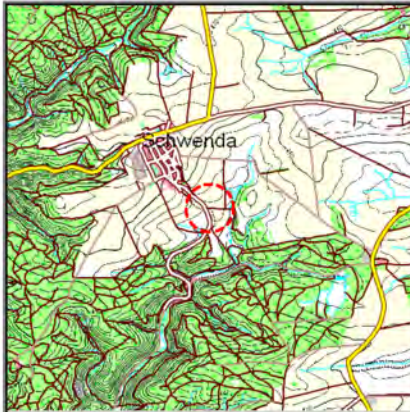
Bodenform: Braunerde aus Hanglösslehm über Tonschluffschutt aus Tonschiefer

Nutzung: Acker

MMK/TGL: vö/ln B

BBn: p-(z)tu(^tsf+Lol)/p-tun(^tsf)

Bodenschätzung: sL 4 V 55/47



Lage:  
Unter- und Mittelharz

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: 6,0 bis 6,9 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 701 bis 800 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 201 bis 300 mm

Relief:

Hangkomplex: im mittleren Bereich auf einem verflachten Hang mit glatter Oberfläche, Höhe: 415 m über NN; Hangneigung 3° - 5°, S-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und mäßig speicherfähig.

#### Profilfoto

Lagen/  
Alter

Gesamt-  
bodenart

#### Tiefe

#### Horizontbeschreibung



|    |         |
|----|---------|
| LH | nt(z)tu |
| LM | nz      |
| LB | tun     |

0 dm

Ap aus Hanglösslehm mit Tonschiefer:  
dunkel brauner schluffiger Lehm, schwach grusig, mäßig humos, carbonatfrei, bröckelig, stark durchwurzelt

2,5 dm

rAp aus Hanglösslehm mit Grauwackenschiefer

<>3 dm

Bv aus Hanglösslehm mit Tonschiefer

3,5 dm

Btv aus Hangschuttlöss mit Grauwackenschiefer:  
satt brauner schluffiger Lehm, stark grusig, sehr schwach humos, carbonatfrei, subpolyedrisch, mäßig durchwurzelt

<>5 dm

Bt-ICv aus Tonschluffschutt aus Tonschiefer:  
graubrauner schluffiger Lehm, sehr stark steinig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch bis körnig, nicht durchwurzelt

>8 dm

Bearbeitung und Foto: Kainz (28.09.1995) - Profil Bod 061





Nutzung (1995): Ackerland mit Getreide

Veränderungen: Krumenvertiefung

| Kornfraktionen (in M%) |                 |         |      |               |              |                                    |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|-----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-bares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 19                     | 38              | 64      | 17   | 3,6           | 0,0          | 15                                 | 5,7              | 4              |
| 18                     | 38              | 64      | 18   | 1,4           | 0,0          | 10                                 | 4,4              | 4              |
| 22                     | 39              | 61      | 17   | 0,5           | 0,0          | 10                                 | 4,1              | 3              |
| 20                     | 41              | 57      | 23   | 0,3           | 0,0          | 5                                  | 4,0              | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Braunerden aus Hanglöss bis -lehm über Hangschutt sind die typischen Böden im Unter- und Mittelharz. Sie werden von Braunerde-Fahlerden begleitet, deren genetische Nähe durch den Btv-Horizont unterhalb des Bv-Horizontes im vorgestellten Profil belegt wird. Die Böden unterliegen sowohl landwirtschaftlicher als auch forstwirtschaftlicher Nutzung. Ihre Fruchtbarkeit hängt wesentlich von der Mächtigkeit der Decklagen (LH+LM) und ihrem Skelettgehalt ab. Die Nutzung wird außerdem durch die Hangneigung und klimatische Parameter beeinflusst.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
im Oberboden hoch,  
im Unterboden mittel  
Basensättigungsgrad:  
mittel, im Ap reich  
nutzbare Feldkapazität:  
gering  
Luftkapazität: mittel

## Profil B.17

### Böden im Harz und Kyffhäuser

|                                                                                          |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Hauptbodenform: BB-LF: (z)u//n(^gsf)                                                     | TK25 NN, Blatt: 4332  |
| Bodenform: Braunerde-Fahlerde aus Hanglöss über tiefem Hangschutt aus Grauwackenschiefer | Nutzung: Acker        |
| BB-LF: p-(z)u(^gsf+Lo)//p-n(^gsf)                                                        | MMK/TGL: vö//ln BF    |
|                                                                                          | Bodenschätzung: L 5 V |



Lage:  
Unter- und Mittelharz

Klimaparameter:  
Mittlere Jahrestemperatur: 7,0 bis 7,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 651 bis 700 mm; Mittlere klimatische Wasserbilanz: 201 bis 300 mm

Relief:  
geneigtes Plateau: im mittleren Bereich auf einem gestreckten Hangrücken mit glatter Oberfläche, Höhe: 418,2 m über NN; Hangneigung 5° - 7°, S-exponiert

Wasserverhältnisse:  
Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig.

| Profilfoto                                                                          | Lagen/<br>Alter | Gesamt-<br>bodenart | Tiefe   | Horizontbeschreibung                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | LH              | n(z)                | 0 dm    | Ap aus Hanglöss mit Grauwackenschiefer: dunkel graubrauner stark toniger Schluff, schwach grusig, mäßig humos, carbonatfrei, krümelig bis bröckelig, stark durchwurzelt |
|                                                                                     |                 |                     | 2,5 dm  | Ael-Bv aus Hanglöss mit Grauwackenschiefer                                                                                                                              |
|                                                                                     |                 |                     | 3,5 dm  | Bt+Ael aus Hanglöss mit Grauwackenschiefer: graubrauner mäßig toniger Schluff, schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatfrei, subpolyedrisch, schwach durchwurzelt   |
|                                                                                     | LM              | (z)ut               | 6 dm    | Ael+Bt aus Hanglöss mit Grauwackenschiefer: graubrauner stark toniger Schluff, schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatfrei, polyedrisch, schwach durchwurzelt      |
|                                                                                     |                 |                     | 8 dm    | Bt aus Hanglöss mit Grauwackenschiefer: graubrauner stark schluffiger Ton, schwach grusig, sehr schwach humos, carbonatfrei, polyedrisch, schwach durchwurzelt          |
|                                                                                     | LB              | un                  | 11 dm   | lCtv aus Tonschluffschutt aus Grauwackenschiefer: hell olivfarbener schluffiger Lehm                                                                                    |
|                                                                                     | AZ              | (u)u                | 12,5 dm | xCtv aus Hangschutt aus Grauwackenschiefer: grünlich grauer Schutt, humusfrei, carbonatfrei, körnig, nicht durchwurzelt                                                 |
|                                                                                     |                 |                     | 17 dm   |                                                                                                                                                                         |

Bearbeitung und Foto: Dr. Altermann, Dr. String, Weller, Müller (05.12.1990) - Profil GGA 762a





Nutzung (1990): Ackerland ohne Vegetation

Veränderungen: erodiert durch Pflügen

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      |               |              |                                    |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 18                     | 39             | 71      | 11   | 3,6           | 0,0          | 16                                 | 6,1              | 4              |
| 13                     | 33             | 79      | 8    | 1,6           | 0,0          | 10                                 | 5,4              | 3              |
| 14                     | 30             | 80      | 6    | 0,7           | 0,0          | 12                                 | 5,7              | 2              |
| 20                     | 35             | 74      | 6    | 0,7           | 0,0          | 13                                 | 5,6              | 2              |
| 26                     | 37             | 69      | 5    | 0,5           | 0,0          | 16                                 | 5,4              | 2              |
| 28                     | 48             | 61      | 11   | 0,3           | 0,0          | 12                                 | 4,5              | 0              |
| 36                     | 48             | 45      | 19   | 0,3           | 0,0          | 15                                 | 4,6              | 0              |

### Vorkommen und Entstehung

Braunerde-Fahlerden aus Hanglöss über unterschiedlichen Gesteinen sind typische Böden der geschützten Hänge und Plateaulagen im Unter- und Mittelharz. Sie sind mit Braunerden vergesellschaftet und können in Mulden und Tälern stauvernässt sein. Es sind die hier besseren Ackerböden. Ihre Entstehung ist zweiphasig: nach der Löss-Ablagerung über dem kaltzeitlichen Basisschutt erfolgte die Fahlerde-Bildung; nach einer erneuten Kaltphase, verbunden mit Erosion und Bodenfließen, wurde ein jüngerer, etwas tonigerer und grobschluffärmerer, Hanglöss abgelagert, in dem sich eine Braunerde ausbildete.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch

Kationenaustauschkapazität: hoch, im Ael-Bv-Horizont mittel

Basensättigungsgrad: sehr arm

nutzbare Feldkapazität: mittel

Luftkapazität: mittel



## Profil B.18

### Böden der Bergbaufolge- und urbanen Landschaften

Hauptbodenform: RZn: elu//els (Sy)

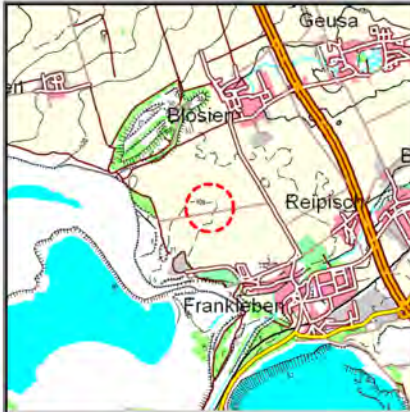
TK25 NN, Blatt: 4637

Bodenform: Pararendzina aus carbonathaltigem Kippsandlöss über tiefem carbonathaltigem Kipplehmsand  
RZn: oj-elu(Los)//oj-els(Sy)

Nutzung: Acker

MMK/TGL: ö KP

Bodenschätzung: SL 5 DLö 46/45



Lage:  
Bergbaufolgelandschaften

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: > 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 451 bis 500 mm;  
Mittlere klimatische Wasserbilanz: -99 bis -50 mm

Relief:

Verebnung: randlich in einer Mulde mit glatter Oberfläche, Höhe: 106 m über NN;  
Hangneigung < 0,5°, NW-exponiert

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig und im Untergrund schwach haftwasserbeeinflusst.

#### Profilfoto

Lagen/  
Alter  
Gesamt-  
bodenart

#### Tiefe

#### Horizontbeschreibung



erbohrter  
Profilabschnitt

rezent

esl

elu

[el] + (k) elu

els

0 dm

Ap aus carbonathaltigem Kippsandlöss:  
schwarzer schluffig-lehmiger Sand, sehr schwach kiesig,  
mäßig humos, carbonathaltig, bröckelig, sehr stark  
durchwurzelt

2,5 dm

elCv aus carbonathaltigem Kippsandlöss:  
bräunlich gelber sandig-lehmiger Schluff, sehr schwach  
kiesig, sehr schwach humos, carbonathaltig, subpolyedrisch  
und plattig, stark durchwurzelt

5,5 dm

elCv aus carbonathaltigem Kippsandlöss:  
bräunlich gelber sandig-lehmiger Schluff mit mäßigem Anteil  
an carbonathaltigen Lehm-Brocken, schwach kiesig, humus-  
frei, carbonathaltig, subpolyedrisch und plattig, mäßig durch-  
wurzelt

10 dm

Sg-elCv aus carbonathaltigem Kipplehmsand:  
bräunlich gelber mäßig lehmiger Sand, sehr schwach  
skeletthaltig, humusfrei, carbonathaltig, subpolyedrisch und  
körnig, schwach durchwurzelt

>20 dm



Nutzung (2000): Ackerland mit  
Maisstoppeln

Veränderungen: Trockenverkipfung  
1947-62, gepflügt, Immission,  
Güllefläche

| Kornfraktionen (in M%) |                |         |      |               |              |                                    |                  | Durchwurzelung |
|------------------------|----------------|---------|------|---------------|--------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlämmbares | Schluff | Sand | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot (in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert (in KCl) |                |
| 14                     | 17             | 48      | 39   | 2,1           | 5,0          | 11                                 | 7,5              | 5              |
| 12                     | 16             | 53      | 35   | 0,4           | 5,9          | 5                                  | 7,7              | 4              |
| 12                     | 18             | 52      | 36   | 0,3           | 7,5          | 5                                  | 7,7              | 3              |
| 11                     | 16             | 35      | 54   | 0,3           | 5,9          | 4                                  | 7,8              | 2              |

### Vorkommen und Entstehung

Das Bodenprofil besteht aus verkipptem Sandlöss/Löss mit geringen Beimengungen von Geschiebemergel, Sand und humosem Material, im Sg-elCv- Horizont auch Braunkohle. Die Kippe wurde 1947-1962 geschüttet. Nach den Ergebnissen der Bodenschätzung schwankt die Bodenart der verkippten Substrate kleinflächig zwischen sandigem Lehm und lehmigem Sand. Das Substrat ist kalkhaltig, entsprechend ist eine Pararendzina ausgebildet. Der Boden wird als Acker genutzt. Das Ertragspotenzial entspricht etwa 60% von dem vergleichbarer natürlicher Böden.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch  
Kationenaustauschkapazität: gering, im Ap mittel  
Basensättigungsgrad: gesättigt  
nutzbare Feldkapazität: mittel  
Luftkapazität: mittel



## Profil B.19

### Böden der Bergbaufolge- und urbanen Landschaften

Hauptbodenform: RQn: [l+x] + (k)ls // (k)l

TK25 NN, Blatt: 4638

Bodenform: Regosol aus Kipp-Gemengelehmsand über tiefem Kipplehm

Nutzung: Acker

MMK/TGL: G(l)ls Kp

RQn: oj-[l+x] + (k)ls (Sy) // oj-(k)l (Ly)

Bodenschätzung: IS N86(D) 34/32



Lage:  
Bergbaufolgelandschaften

Klimaparameter:

Mittlere Jahrestemperatur: > 9,4 °C; Mittlerer Jahresniederschlag: 501 bis 550 mm;  
Mittlere klimatische Wasserbilanz: -49 bis 0 mm

Relief:

Aue: randlich auf einer Verebnung mit rilliger Oberfläche, Höhe: 87 m über NN;  
Hangneigung < 0,5°

Wasserverhältnisse:

Der Standort ist sickerwasserabhängig, mäßig durchlässig und gut speicherfähig.

#### Profilfoto

Lagen/  
Alter

#### Tiefe

#### Horizontbeschreibung



erbohrter  
Profilabschnitt

rezent

(k)l

[l+x] + (k)ls

[l] + (k)ls

(k)l

0 dm

oAp aus Mischlehm:  
schwarzer stark sandiger Lehm, schwach kiesig, schwach humos, carbonatfrei, bröckelig, sehr stark durchwurzelt

2,5 dm

ICv aus Kipp-Gemengelehmsand:  
bräunlich schwarzer mäßig lehmiger Sand mit sehr hohem Anteil an Klumpen aus Lehm und Braunkohle, mäßig kiesig, sehr schwach humos, carbonatfrei, subpolyedrisch und körnig, stark durchwurzelt

<>6 dm

ICv aus Kipp-Gemengelehmsand:  
brauner kohlehaltiger, mäßig lehmiger Sand, sehr hoher Anteil an Brocken aus Lehm, mäßig kiesig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch und körnig, sehr stark durchwurzelt

<>9 dm

ICv aus Kipplehm:  
dunkel graubrauner stark sandiger Lehm, mäßig kiesig, humusfrei, carbonatfrei, subpolyedrisch bis polyedrisch, sehr stark durchwurzelt

>20 dm





Nutzung (2000): Ackerland mit Raps

Veränderungen: eingedeicht,  
Trockenverkipfung, rekultiviert  
seit 1986, gepflügt

| Kornfraktionen (in M%) |                     |                  |                  | Humus (in M%) | Kalk (in M%) | KAK pot<br>(in cmol <sub>c</sub> /kg) | pH-Wert<br>(in KCl) | Durchwurzelung |
|------------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------|--------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ton                    | Abschlamm-<br>bares | Schluff          | Sand             |               |              |                                       |                     |                |
| 23                     | 32                  | 29               | 48               | 1,7           | 0,0          | 17                                    | 5,2                 | 5              |
| 21 <sup>1)</sup>       | 25 <sup>1)</sup>    | 16 <sup>1)</sup> | 63 <sup>1)</sup> | 0,7           | 0,0          | 18                                    | 4,9                 | 4              |
| 23 <sup>1)</sup>       | 27 <sup>1)</sup>    | 23 <sup>1)</sup> | 54 <sup>1)</sup> | 0,6           | 0,0          | 18                                    | 4,6                 | 5              |
| 24                     | 30                  | 27               | 49               | 0,6           | 0,0          | 23                                    | 5,6                 | 5              |

<sup>1)</sup> Gesamtbodenprobe aus Grundmasse, Brocken und Klumpen

### Vorkommen und Entstehung

Der Standort besteht aus verkipptem lehmigem Sand, dem bewusst Lehm-Klumpen und -Brocken beigemischt wurden um seine Kulturfähigkeit zu erhöhen. Diese Substrate werden als Gemengesande bezeichnet. Die Kippe wird seit 1986 als Acker genutzt. Nach den Ergebnissen der Bodenschätzung ist der Oberboden inselhaft stark kiesig. Das Substrat ist kalkfrei und wird ackerbaulich genutzt, entsprechend ist ein Regosol ausgebildet. Bemerkenswert ist der Mischlehm im Ap-Horizont, der nicht aufgetragen wurde sondern durch die Homogenisierung des Gemengesandes beim Pflügen entstand.

### Eigenschaften

Humusqualität: hoch  
Kationenaustauschkapazität:  
hoch  
Basensättigungsgrad:  
mittel bis reich  
nutzbare Feldkapazität:  
gering  
Luftkapazität: hoch



## C. Autoren

### Dr. rer. nat./Dipl. Ing. agr. Thorsten Behrens

Geboren 1972 in Detmold/Lippe. 1999 Abschluss des Studiums Agrarwissenschaften und Umweltsicherung an der Justus-Liebig Universität Giessen. 2003 Promotion mit dem Thema 'Digitale Gebietsanalyse als Grundlage für die Boden-Landschafts-Modellierung – Beispiele aus der Modellierung der Eigenschaften periglaziärer Lagen im Harz'. Spezialisierung auf den Gebieten digitale Bodenkartierung und Gebietsanalyse, (Spatial) Data Mining, Geo- und Pedodiversität, Graphische Informationssysteme.

**Dienstanschrift:** Institut für Geographie, Lehrstuhl Physische Geographie, Rümelinstraße 19–23, 72070 Tübingen, Durchwahl: (07071) 297 89 43, thorsten.behrens@uni-tuebingen.de



### Dipl.-Chem. Margret Bischoff

Geboren 1962 in Halle (Saale). Von 1981 bis 1986 Studium der Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 1987 bis 1990 Wissenschaftliche Aspirantur am Institut für Physiologie und Ernährung der Kulturpflanzen der Landwirtschaftlichen Fakultät der MLU. Seit 1991 Sachbearbeiterin für Sonderabfall und vorsorgenden Bodenschutz im Fachgebiet Bodenschutz/Altlasten am Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt.

**Dienstanschrift:** Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 570 44 62, margret.bischoff@lau.mlu.lsa-net.de



### Dr. Dipl.-Geol. Jürgen Boess

Geboren 1950 in Lenzkirch/Schwarzwald. Studium der Geologie in Freiburg/Br. Anschließend Tätigkeiten für das Geologische Landesamt Baden-Württemberg. Seit 1985 beim Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, vormals Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, beschäftigt, bis 2003 mit Aufgaben in der bodenkundlichen Kartierung, danach im Referat Bodennutzung, Bodenschutz mit Fragen zur teilflächenspezifischen Landwirtschaft befasst.

**Dienstanschrift:** Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Durchwahl: (0511) 643 36 00, Juergen.boess@lbeg.niedersachsen.de



### Dr.-Ing. Horst Domsch

Geboren 1943 in Niederhalbendorf bei Görlitz. Von 1961 bis 1967 Studium an der Maschinenbaufakultät der Technischen Universität Dresden mit der Vertiefung Agrartechnik. 1967 bis 1991 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Arbeitsgruppenleiter im Forschungszentrum für Mechanisierung in Schlieben mit dem Schwerpunkt Bodenbearbeitung. Ab 1992 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim (ATB) und zuständig für den Bereich Boden.

**Dienstanschrift:** Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam, Durchwahl: (0331) 569 94 12, hdomsch@atb-potsdam.de





## Dr. sc. rer. nat. Dieter Feldhaus

Geboren 1950 in Magdeburg. 1969 bis 1973 Geologiestudium an der Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald. 1979 Promotion zum Dr. rer. nat. 1978 bis 1992 Tätigkeit im Institut für Bodenkunde Eberswalde des Forschungszentrums für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg in verschiedenen Funktionen mit dem fachlichen Schwerpunkt Bodenphysik. 1989 Erlangung des Dr. sc. (entspr. Habil.) an der Akademie der Landwirtschaftswissenschaften. Spezialisierung in Bodenphysik und angewandter Bodenkunde. Seit 1992 Leiter der Bodenkunde am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.

**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 521 21 03, feldhaus@lagb.mw.lsa-net.de



## Dipl.-Chem. Claudia Fleischer

Geboren 1953 in Merseburg. Von 1972 bis 1976 Studium der Chemie an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 1977 bis 1991 Sachgebietsleiterin Bodenchemie im Betrieb Geologische Forschung und Erkundung Halle. Seit 1991 Dezernatsleiterin Geowissenschaftliche Analytik am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt.

**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 521 21 46, fleischer@lagb.mw.lsa-net.de



## Dipl.-Geologe Armin Forker

Geboren 1947 in Neudörfel bei Dresden. Von 1966 bis 1971 Geologiestudium an der Bergakademie Freiberg. 1971 bis 1975 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsinstitut für die Erkundung und Förderung von Erdöl und Erdgas Gommern. Haupttätigkeiten: Lagerstättenmodellierung und Abbauoptimierung. 1975 bis 1990 Mitarbeiter beim Rat des Bezirkes Magdeburg, Abteilung Geologie, zuletzt als Stellvertretender Abt.-Leiter. Hier verantwortlich für hydrogeologische und bergbauliche Fragestellungen. 1991 bis 2001 Referent im Wirtschaftsministerium des Landes Sachsen-Anhalt für Rohstoffwirtschaft, Geologie und Braunkohlensanierung. Seit 2002 Präsident des Landesamtes für Geologie und Bergwesen.

**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 521 21 01, forker@lagb.mw.lsa-net.de



## Dr. Dipl.-Ing. agr. Klaus-Jörg Hartmann

Geboren 1961 in Hilstrup/Münster (Westfalen). Studium der Agrarwissenschaften mit bodenkundlichem Schwerpunkt an der Technischen Universität München, Christian-Albrechts-Universität Kiel und Georg-August-Universität Göttingen. Promotion in Kiel über Stoffeinträge in holozäne Böden. Anschließend Leitung des Projektes 'Methodenbausteine im Bodeninformationssystem Brandenburg, Fachinformationssystem Bodenschutz' am Zentrum für Agrarlandschafts- und Landnutzungsforschung (ZALF) in Eberswalde. Seit 1995 Leiter des Dezernates Bodenkundliche Landesaufnahme und FIS-Boden am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt in Halle (Saale).

**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 521 21 18, joerg.hartmann@lagb.mw.lsa-net.de



## Dr. Henrik Helbig

Geboren 1966 in Magdeburg. Geographie- und Mathematikstudium an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald. Nach dem Studium Tätigkeit in einem Umweltplanungsbüro in Stralsund, anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut der Universität Greifswald. 1998 Promotion auf dem Gebiet der Physischen Geographie und Geomorphologie. Im Anschluss freiberufliche Tätigkeit in der Umweltplanung und Bodenkartierung. Seit 2001 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt. Arbeitsschwerpunkte liegen in der Auswertung von Boden- und Umweltdaten für die Bewertung von Bodenfunktionen, Bodengefährdungen und der Erstellung thematischer Bodenkarten im GIS.



**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale),  
Durchwahl: (0345) 521 21 21, helbig@lagb.mw.lsa-net.de

## Prof. Dr. habil Reinhold Jahn

Geboren 1948 in Aising bei Rosenheim. Bis 1980 Studium der Landschaftsplanung an der TU Berlin. 1980 bis 1988 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für Ökologie, 1988 Promotion. 1988 bis 1996 tätig als wissenschaftlicher Assistent, Oberassistent und Privatdozent, 1994 Habilitation am Institut für Bodenkunde und Standortslehre der Universität Hohenheim. Seit 1997 als Professor für Bodenkunde und Bodenschutz am Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.



Seit 2006 Vorsitzender der Kommission VII (Bodenmineralogie) der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Berufenes Mitglied des Arbeitskreises für Bodensystematik, 2002–2005 Chairperson Commission 1.2 (Soil Geography) der International Union of Soil Sciences.

**Dienstanschrift:** Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Weidenplan 14, 06108 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 552 25 30, reinhold.jahn@landw.uni-halle.de

## Dipl.-Geologe Wolfgang Kainz

Geboren 1955 in Oberdorla/Thüringen. 1974 bis 1979 Studium an der Bergbauhochschule Leningrad, Fachrichtung 'Geologische Kartierung, Suche und Erkundung fester mineralischer Rohstoffe'. Ab 1979 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Betrieb Geologische Forschung und Erkundung Freiberg, Tätigkeit in der Suche und Erkundung von Fluss- und Schwespat, geologischen Kartierung im Jemen, Projektleitung in der Rohstofferkundung in der Mongolei und im Erzgebirge. 1991/92 bodenkundliche Aufnahme temporärer Aufschlüsse in Sachsen. Seit 1992 Dezernent für Bodenkartierung am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt. Arbeitsschwerpunkte: Erarbeitung von Bodenkarten verschiedener Maßstäbe, Bodenzustandserfassung.



**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale),  
Durchwahl: (0345) 521 21 14, kainz@lagb.mw.lsa-net.de

## Prof. Dr. Thomas Scholten

Geboren 1960 in Rheine/Westfalen. Bis 1990 Studium der Physischen Geographie, Geologie und Mineralogie an der Universität Münster. Von 1990 bis 1994 hier wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Landschaftsökologie. Bis 2002 Assistent am Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodenerhaltung der Universität Gießen. 1997 Promotion in Bodenkunde zum Thema Bodenerosion im südlichen Afrika, 2002 Habilitation über Eigenschaften und räumliche Verteilung periglaziärer Lagen in deutschen Mittelgebirgen. 2002 bis 2005 Professor für Physische Geographie mit Schwerpunkt Bodenkunde an der Universität Jena. Seit 2005 Lehrstuhl für Physische Geographie an der Universität Tübingen. Ab 2006 Direktor des Instituts für Geographie.



**Dienstanschrift:** Institut für Geographie, Eberhard Karls Universität Tübingen, Rümelinstraße 19–23, 72070 Tübingen, Durchwahl: (07071) 297 24 00, thomas.scholten@uni-tuebingen.de

## Dr. Dipl. Ing. agr. Matthias Schrödter

Geboren 1962 in Chemnitz. Von 1983 bis 1988 Studium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Halle in der Fachrichtung Agrochemie und Pflanzenschutz. 1988 bis 1990 Forschungsstudium am Wissenschaftsbereich Bodenkunde der landwirtschaftlichen Fakultät in Halle. 1990 bis 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Standortkunde und Agrarraumgestaltung mit dem Schwerpunkt Bodenbiologie. 1993 bis 2001 Dezernent in der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt in Halle. Seit 2001 Dezernatsleiter am Zentrum für Acker- und Pflanzenbau der Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt in Bernburg. Haupttätigkeitsfelder sind Standortgrundlagen, Umweltwirkungen landwirtschaftlicher Bodennutzung, landwirtschaftliches Bodenmonitoring und Bodendauerbeobachtung, EG-Begleitmonitoring.



**Dienstanschrift:** Landesanstalt für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau Sachsen-Anhalt, Strenzfelder Allee 22, 06406 Bernburg, Durchwahl: (03471) 33 42 02, matthias.schroedter@llg.mlu.lsa-net.de

## Dr. agr. Dipl.-Mel.-Ing. Michael Steininger

Geboren 1963 in Dresden. Von 1983 bis 1987 Studium an der Landwirtschaftlichen Universität der Slowakischen Republik in Nitra, Fachrichtung Ländlicher Wasserbau. Von 1987 bis 2000 wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Landeskultur und Kulturtechnik der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Seit 2000 Mitinhaber des Mitteldeutschen Institutes für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Halle. Arbeitsschwerpunkte sind landwirtschaftliche Standortkennzeichnung und -bewertung, integraler Boden- und Gewässerschutz, landeskulturelle Fachplanungen sowie Aufgaben im Bereich der Hydromelioration.



**Dienstanschrift:** Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz, Hauptstr. 19, 06132 Halle (Saale), (0345) 550 57 64, m.steininger@bodensachverstaendige.de

## Dr. agr. Annett Weigel

Geboren 1964 in Halle. Von 1983 bis 1988 Studium an der Landwirtschaftlichen Fakultät der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. 1988 bis 1991 Forschungsstudium und Dissertation im Bereich Pflanzenbau. Von 1992 bis 1999 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle im Bereich Bodenforschung, mit den Schwerpunkten Bodenfruchtbarkeit, C/N-Dynamik und mikrobielle Bodeneigenschaften. Seit 1998 Dezernentin für vorsorgenden Bodenschutz im Fachgebiet Bodenschutz/Altlasten am Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt.



**Dienstanschrift:** Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Reideburger Str. 47, 06116 Halle (Saale), (0345) 570 44 41, weigel@lau.mlu.lsa-net.de

## Dipl.-Geogr. Michael Weller

Geboren 1958 in Heilbronn am Neckar. Von 1978 bis 1990 Studium der Anglistik, Romanistik und Angewandten Physischen Geographie an der Universität Trier. Mitarbeit am Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz. 1990 bis 1991 freier Dozent für Deutsch und Geographie. Seit 1992 Dezernent am Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Dezernat Angewandte Bodenkunde. Hier verantwortlich für den bodenkundlichen Teil des Boden-Dauerbeobachtungsprogramms Sachsen-Anhalts. Weitere Aufgabenbereiche sind Bodenbewertung, Bodenschutz und angewandte Bodenkunde.



**Dienstanschrift:** Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Köthener Str. 34, 06118 Halle (Saale), Durchwahl: (0345) 521 21 21, weller@lagb.mw.lsa-net.de



