

Bodenkundliche Themenkarten im Maßstab 1:50.000

**Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
(2015)**

Kontakt:

Poststelle:

0345-5212-0

poststelle@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

oder

Dr. Henrik Helbig

0345-5212121

helbig@lagb.mw.sachsen-anhalt.de

Inhaltsverzeichnis

1. EINFÜHRUNG	3
2. DATENGRUNDLAGEN UND BODENPARAMETER	3
3. MÜNCHEBERGER SOIL QUALITY RATING (SQR).....	5
4. EXTREMBÖDEN (OEKO)	11
5. SICKERWASSERRATE (SWR)	15
6. INFILTRATIONSPOTENZIAL (CNUNBEW, CNNUTZ).....	16
7. ABFLUSSREGULATIONSPOTENZIAL (BODENWASSERHAUSHALTSWERT NACH KARL 2001) (BWH).....	20
8. AUSTAUSCHHÄUFIGKEIT DES BODENWASSERS (AH)	24
9. ATTRIBUTE DES GEOMETRIEDATENSATZES.....	25
10. LITERATUR UND QUELLEN	27

1. Einführung

Diese Dokumentation enthält die im Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt angewendeten Methoden zur Ableitung bodenkundlicher Themenkarten im Maßstab 1:50.000.

Die Datenauswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie in Niedersachsen (LBEG). Das LBEG verfügt in seinem Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) über programmierte Auswertungsmethoden, die auch als Verknüpfungsregeln (VKR) bezeichnet werden. Verknüpfungsregeln sind Methoden, die in aller Regel empirisch gewonnene und in Form von Verknüpfungstabellen oder Formeln darstellbare Beziehungen abbilden. Sofern Verknüpfungsregeln des NIBIS Bestandteil der hier dokumentierten Methoden sind, wurde dies im Text gekennzeichnet. Die NIBIS-Verknüpfungsregeln sind als „Auswertungsmethoden im Bodenschutz“ in den Geoberichten Heft 19 (LBEG 2011) veröffentlicht können unter www.lbeg.niedersachsen.de kostenfrei heruntergeladen werden.

Nicht geläufige Begriffe und verwendete Abkürzungen werden am Ende im Stichwortverzeichnis erläutert, das uns freundlicherweise vom LBEG zur Verfügung gestellt worden ist.

2. Datengrundlagen und Bodenparameter

Bodenkundliche Grundlage der Themenkarten ist die Vorläufige Bodenkarte 1:50.000 (VBK 50). Die VBK 50 ist aus digitalisierter Unterlagen in den Maßstäben 1:10.000/1:25.000 erarbeitet worden. Hierbei handelt es sich um

- großmaßstäbige Projektkartierungen
- Arbeitskarten der mittelmaßstäbigen landwirtschaftlichen Standortkartierung 1:25.000 (MMK)
- forstliche Standortkartierung.

Diese Eingangsinformationen wurden entsprechend der Flächenanforderungen des Maßstabes 1:50.000 aufbereitet. Eine Geländekartierung fand nicht statt.

Die Legendeneinheit der VBK 50 besteht aus einer Bodenform und beinhaltet somit eine boden- und substratsystematische Information. Den Flächen wurde eine dominante Bodenform zugeordnet. Auf eine Darstellung der in diesem Maßstab üblichen Vergesellschaftung wurde aufgrund der heterogenen Ausgangsunterlagen verzichtet. Zur inhaltlichen Charakterisierung der Legendeneinheiten und für weitere Auswertungen liegen Flächendatensätze als Standardprofile vor.

Die Konturen der Bodenfunktionskarte bestehen aus nach Reliefmerkmalen räumliche differenzierte (untergliederte) VBK 50-Polygone, auch als Boden-Relief-Einheiten (BOREL) bezeichnet. Diesen (BOREL-) Konturen wurden mittels räumlicher Statistik Relief-, Klima- und Nutzungsdaten zugeordnet. Die Klima- und Reliefdaten gehen als Mittelwerte pro Kontur in die Methodenauswertungen ein. Die Nutzungsangaben (Acker, Grünland, Forst) verstehen sich als flächenmäßig überwiegende Nutzung pro Kontur. Untergeordnet auftretende Nutzungen werden bei der Methoden Anwendung nicht berücksichtigt.

Die Nutzungsangaben basieren auf der Biotop- und Nutzungstypenkartierung des Landesamtes für Umweltschutz (LAU 2004).

Als Grundlage für die Klimaparameter dienen die Daten des 1x1 km Rasters (DWD-Klimaraster) des Deutschen Wetterdienstes. Die Originaldaten vom Deutschen Wetterdienst basieren auf den Reihen der Jahre 1961 – 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 Reliefinformationen basieren auf dem ATKIS DGM, Digitales Geländemodell 10 m Raster (DGM 10) des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation (ATKIS DGM DIGITALES GELÄNDEMDELL 10 M)

Die Profil- und Horizontdaten der VBK 50 liegen differenziert für die Nutzungen Acker (_A), Grünland (_G), Nadelwald (_N), Laubwald (_L), Mischwald (_W) vor. Auf der Horizontebene wurden Auflage- und A-Horizonte entsprechend der Nutzung erstellt. Der Grundwasserflurstand ist eine wichtige Bodeneigenschaft, die viele Bodenfunktionen beeinflusst. Grundwasserböden besitzen u.a. eine geringere nutzbare Feldkapazität als vergleichbare terrestrische Böden, da der verfügbare Wurzelraum am Grundwasserspiegel endet. Die hier verwendeten Grundwasserflurabstände sind direkt aus den Bodendaten abgeleitet worden. Ausschlaggebend dafür ist die Tiefenlage der Go- und Gr-Horizonte der zugrundeliegenden Leitbodenprofile der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000. Die Tiefenlage der Bodenhorizonte widerspiegelt das (potenziell) natürliche Bodenwasserregime. Grundwasserabsenkungen und Melioration sind dabei nicht berücksichtigt. Das hat Einfluss auf die meisten der Methodenergebnisse. So wird bspw. die Bodenfruchtbarkeit (Müncheberger Soil Quality Rating) bei stark grundwasserbeeinflussten Ackerböden mit den hier verwendeten Grundwasserflurständen tendenziell geringer bewertet (unterschätzt), als bei durch Melioration abgesenktem Grundwasserspiegel in der Realität zu erwarten ist.

Weitere Informationen zu Bodenparametern (nutzbare Feldkapazität u.a.) sind dem Anhang zu entnehmen. Die Berechnung der Bodenparameter erfolgte gemäß der „Auswertungsmethoden im Bodenschutz“ des NIBIS (Geoberichten Heft 19 (LBEG 2011)).

3. Müncheberger Soil Quality Rating (SQR)

Das Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) ist ein Verfahren zur einheitlichen Quantifizierung der Eignung und Limitierung von Böden hinsichtlich ihrer Nutzung als Ackerland oder Grasland über größere Regionen (MÜLLER ET AL. 2007 & 2008).

Die Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen geologischen Dienste und der BGR hat in 2010 eine gegenüber der Originalmethode modifizierte und auf die Profildatensätze bodenkundlicher Grundlagenkarten hin angepassten Version veröffentlicht (AD-HOC-AG BODEN 2010).

In Abweichung vom Originalverfahren wurden neben Ackerböden auch Grünland und Forstböden nach ein und derselben Methodik bewertet. Für Grünland- und Forstböden wurden die jeweiligen Ah-Horizonte herangezogen.

Für die Umsetzung in Sachsen-Anhalt wurde weitgehend auf die Version der Ad-hoc-AG Boden zurückgegriffen. Notwendige Abweichungen und Präzisierungen sind durch den Schriftzug „SACHSEN-ANHALT: ...“ kenntlich gemacht.

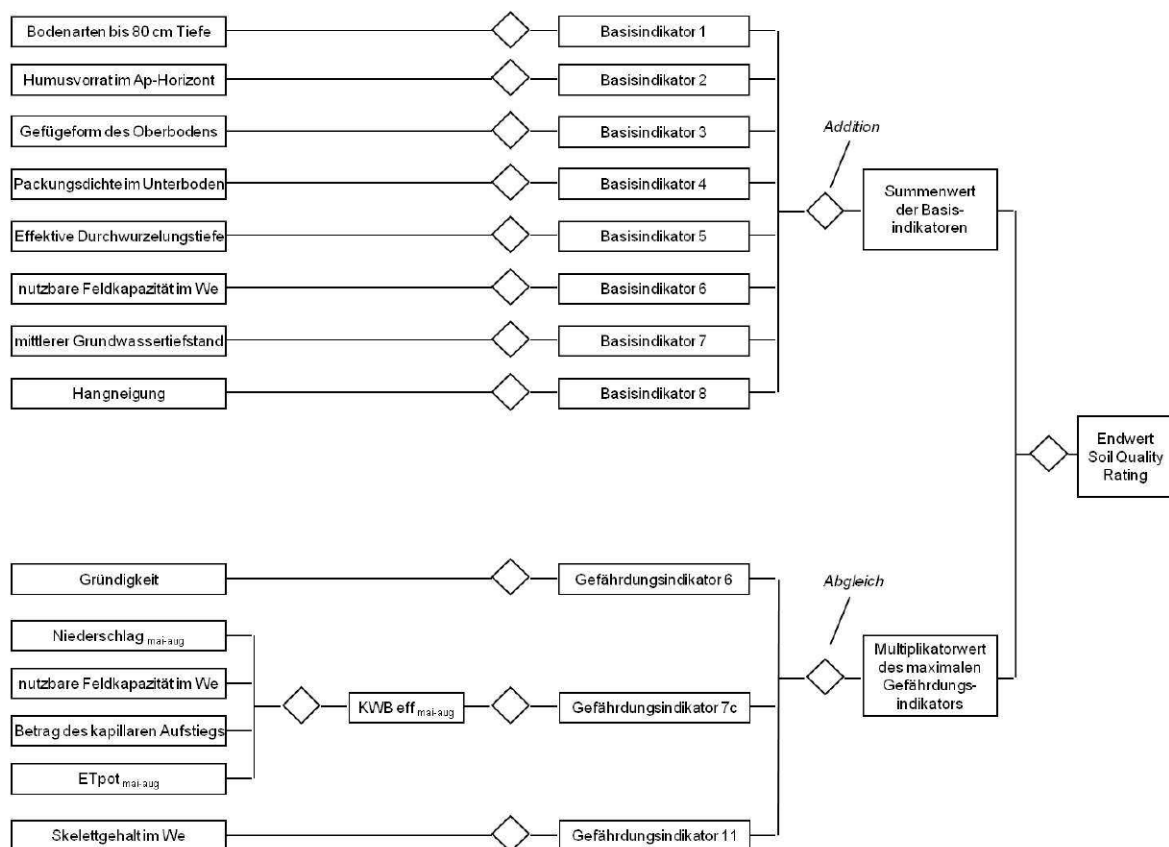


Abb. 2.1: Flussplandiagramm Müncheberger Soil Quality Rating (nach Ad-hoc AG Boden 2010, verändert). Gegenüber der Version der Ad-hoc AG Boden fehlt hier der Gefährdungsindikator 4 (Versauerungsgefährdung). Dieser Indikator wurde mangels geeigneter Daten bisher in Sachsen-Anhalt nicht berechnet.

Die Basisindikatoren BI 1 bis BI 8 werden nach folgender Formel zu einem Summenwert addiert:

$$\Sigma \text{BI}1-8 = \text{BI}1 * 3 + \text{BI}2 * 1 + \text{BI}3 * 1 + \text{BI}4 * 1 + \text{BI}5 * 3 + \text{BI}6 * 3 + \text{BI}7 * 3 + \text{BI}8 * 2.$$

Die Multiplikatorwerte der Gefährdungsindikatoren 6, 7 und 11, die jeweils innerhalb einer Wertespanne von 0 bis 3 liegen, werden gegeneinander abgeglichen. Der Indikator maximaler Gefährdung bzw. minimalen Multiplikatorwertes wird als "lowest multiplier" ausgewählt

und ist der maßgebende Gefährdungsindikator für die abschließende Berechnung des Müncheberger Soil Quality Ratings (= Hlfinal).

Aus dem Summenwert der Basisindikatoren und dem Multiplikatorwert des maßgebenden Gefährdungsindikators wird gemäß der folgenden Gleichung der Endwert des Müncheberger Soil Quality Ratings ermittelt:

$$\text{SQR} = \sum \text{BI}_{1-8} * \text{Hl}_{\text{final}}$$

Ermittlung des Basisindikators 1: Bodensubstrat

Bodenarten	Punktzahl
Sl4, St3, Slu, Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2	2
Lt3, Lts, Ts3, Ts4, Tu3, Tu4	1.5
St2, Su2, Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ts2, Tl, Tu2	1
fS, fSms, Tt	0.5
Ss (ohne fS u. fSms); Hn, Hh	0

Tab. 2.1

Ausnahme:

signifikanter Bodenartenwechsel an einer Horizontgrenze oberhalb von 0.8 m u. GOF; in diesem Fall Reduktion der Punktzahl um 0.5 bzw. maximale Punktzahl von 1.5

SACHSEN-ANHALT: Ein signifikanter Bodenartenwechsel ist gegeben, wenn die Punktdifferenz zwischen Horizonten oberhalb 0.8 m u. GOF ≥ 1.5 Punkte beträgt.

Ermittlung des Basisindikators 2: Humusvorrat im Ap-Horizont (bzw. Ah-Horizont)

SACHSEN-ANHALT: In Abweichung vom Originalverfahren wurde nicht nach der Nutzung der Böden unterschieden. Es wurden neben Ackerböden auch Grünland und Forstböden nach ein und derselben Methodik bewertet. Für Grünland- und Forstböden wurden die jeweiligen Ah-Horizonte herangezogen.

Vereinfachte Ermittlung aus klassierten Rohdichte- und Humusgehaltsdaten für einen Ap-Horizont (bzw. Ah-Horizont) von 30 cm Mächtigkeit:

	Punktzahl				
	h1	h2	h3	h4	h5
Trd 1	0	0.5	2	2	2
Trd 2	0	1	2	2	2
Trd 3	0	1	2	2	2
Trd 4	0	1	2	2	2
Trd 5	0	1.5	2	2	2

Tab. 2.2

SACHSEN_ANHALT: Ableitung der Trockenrohddichte (Trd) aus der Lagerungsdichte:

Die Lagerungsdichte (Ld) wurde nach NIBIS VKR 6.1.4 ermittelt.

$$\text{Trd} = \text{Ld} - 0,009 * \text{Tongehalt}$$

Verwendete Klassenmittelwerte der Lagerungsdichteklassen für Ableitung der Trockenroh-dichte aus Lagerungsdichte und Tongehalt in Gew.-%.

Ld-Klasse	Ld-Wert
Ld1	1
Ld2	1.5
Ld3	1.7
Ld4	1.9
Ld5	2

Tab. 2.3

Ermittlung des Basisindikators 3: Gefügeform des Oberbodens

Bemessungsgrundlage ist bei ackerbaulich genutzten Standorten der Ap-Horizont (bzw. Ah-Horizont).

Gefügeformen	sonst. Merkmale	Punktzahl
kru, bro		2
sub sowie Übergangsformen des Krümelgefüges (kru-ein, kru-koh, kru-ris, koh-kru)		1.5
ein, kit, koh, ris, sau, shi, pri, pla, pol sowie alle Über- gangsformen (ein-sub, koh-sub, pla-pol, pol-pri, sub-koh)		1
	Go- oder Sw-Horizonte	0.5
-----	-----	0

Tab. 2.4

Anmerkung: bei Existenz hydromorpher Merkmale bleibt die Gefügeform unberücksichtigt.

SACHSEN-ANHALT: Aus der oben stehenden Tabelle wurde in Ermangelung flächenspezi-fischer Daten pauschal die Punktzahl 1,5 für alle A-Horizonte eingesetzt.

Ermittlung des Basisindikators 4: Verdichtungsgrad des Unterbodens

SACHSEN-ANHALT: Zum Unterboden gehören alle Horizonte unterhalb des 1. Horizontes. Der Basisindikator entspricht dem Maximalwert der auftretenden Punktzahlen in den Hori-zonten des Unterbodens.

Ermittlung der Packungsdichte nach folgender empirischer Gleichung:

$$PD = (Trd - 1.199 - 0.00204 * Sand) / 0.1202$$

PD = Packungsdichte

Trd = Trockenroh-dichte in g/cm³ (Trd = Ld - 0,009 * Tongehalt)

Sand = Sandgehalt in Gew.-%

Packungsdichte	Punktzahl
< 1.5	2
1.5 - 2	1.5
2 – 3	1
3 – 4	0.5
> 4	0

Tab. 2.5

Ermittlung des Basisindikators 5: Effektive Durchwurzelungstiefe

Effektive Durchwurzelungstiefe	Punktzahl
> 1.3 m	2
1 – 1.3 m	1.5
0.8 – 1 m	1
0.5 – 0.8 m	0.5
< 0.5 m	0

Tab. 2.6

In Ergänzung zur Tabelle 81 der KA 5 gelten folgende Ausnahmen:

1. Bei Grundwasserböden endet die We spätestens an der Obergrenze des Gr-Horizontes.
2. Bei Podsolen:
Beginnt der Bs-, Bsh-, Bh-, Bhs-Horizont mehr als 2 dm über der ermittelten We, dann gilt
 - bei Verfestigungsgrad 1 - 3 (Orterde): We = Obergrenze Bhs + 2 dm,
 - bei Verfestigungsgrad 4 - 5 (Ortstein): We = Obergrenze Bhs + 1 dm.
3. Festgesteine (Symbol "X" unter Datenfeld "Bodenart") sind generell nicht durchwurzelbar. Ebenso stellen Skelettgehalte von > 75 Vol.-% (Symbol "x6" unter Datenfeld "Grobbo-den") eine Grenze der Durchwurzelbarkeit dar.

Ermittlung des Basisindikators 6: Nutzbare Feldkapazität (nFKWe) im effektiven Wurzelraum

nFKWe	Punktzahl
> 220 mm	2
160 – 220 mm	1.5
100 – 160 mm	1
60 – 100 mm	0.5
< 60 mm	0

Tab. 2.7

Ermittlung des Basisindikators 7: Grundwassereinfluss

Kriterium ist der mittlere Grundwassertiefstand (MNGW).

MNGW	Punktzahl
> 1 m	2
0.8 – 1 m	1.5
0.6 – 0.8 m	1
0.5 – 0.8 m	0.5
< 0.5 m	0

Tab. 2.8

Ermittlung des Basisindikators 8: Hangneigung

Hangneigung in %	Neigungsstufe	Punktzahl
< 2 %	N0	2
2 – 4 %	N1	1.5
4 – 9 %	N2	1
9 – 12 %	N3.1	0.5
> 12 %	≥ N3.2	0

Tab. 2.9

Ermittlung des Gefährdungsindikators 6: Gründigkeit bis zur Festgesteinsgrenze

Gründigkeit des Solums bis zur Festgesteinsgrenze		Multiplikator
> 120 cm		3
120 cm		3.0
110 cm		2.83
100 cm		2.67
90 cm		2.5
80 cm		2.33
70 cm		2.17
60 cm		2.0
60 cm		2.0
50 cm		1.5
40 cm		1.0
30 cm		0.5

Tab. 2.10

Ermittlung des Gefährdungsindikators 7c: Effektive klimatische Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode (Mai – August)

Klimatische Eingangsdaten zur Bemessung des Gefährdungsindikators sind der mittlere (korrigierte) Niederschlag im Zeitraum Mai bis August sowie die mittlere potentielle Evapotranspiration als FAO-Gras-Referenzverdunstung im Zeitraum Mai bis August. Üblicherweise werden seitens des Niederschlags nur langjährige Mittelwerte für das hydrologische Sommerhalbjahr (April – September) und seitens der potentiellen Verdunstung nur langjährige Jahresmittelwerte zur Verfügung stehen. Diese Daten werden vereinbarungsgemäß auf die benötigten Zeitintervalle wie folgt umgerechnet:

Für den Niederschlag wird Gleichverteilung über alle Monate des hydrologischen Sommerhalbjahrs angenommen:

$$N_{\text{mai-aug}} = N_{\text{sommer}} \cdot 0.67$$

Gemäß Atlastafel 2.12 des Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) entfallen auf die Hauptvegetationsperiode von Mai bis August 59 % des Jahreswertes der potentiellen Evapotranspiration:

$$ET_{pot_{mai-aug}} = ET_{pot_{jahr}} * 0.59$$

Der Niederschlag im Betrachtungszeitraum, ergänzt um die bodenkundlichen Kennwerte der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) und des Betrags des mittleren kapillaren Aufstiegs (KA), ergibt das Wasserdargebot der Hauptvegetationsperiode $WD_{mai-aug}$:

$$WD_{mai-aug} = N_{mai-aug} + nFKWe + KA$$

Die Differenz aus Wasserdargebot und potentieller Evapotranspiration im Betrachtungszeitraum führt zur effektiven klimatischen Wasserbilanz:

$$KWBeff_{mai-aug} = WD_{mai-aug} - ET_{pot_{mai-aug}} = (N_{mai-aug} + nFKWe + KA) - ET_{pot_{mai-aug}}$$

$KWBeff_{mai-aug}$	Punktzahl	Multiplikator
> 50 mm	2	3
25 – 50 mm	1.75	2.7
0 – 25 mm	1.5	2.5
-25 – 0 mm	1.5	2.3
< -25 mm	1.25	2

Tab. 2.11

Ermittlung des Gefährdungsindikators 11: Skelettgehalt

Bemessungsgrundlage ist der Maximalwert innerhalb des effektiven Wurzelraums.

Skelettgehalt in Gew.-%	Punktzahl	Multiplikator
< 15 %	2	3
15 – 40 %	1.5	2 – 3 (2.5)
40 – 60 %	1	1 – 2 (1.5)
60 – 85 %	0.5	0.5 – 1 (0.75)
> 85 %	0	< 0.5 (0.25)

Tab. 2.12

4. Extremböden (OEKO)

Grundsätzlich verfügt jeder natürliche Boden über das Potenzial, als Standort von Pflanzengemeinschaften zu fungieren. Aus Sicht der Botanik und des Naturschutzes aber gelten Pflanzengemeinschaften, die an extreme Standortfaktoren angepasst sind, als besonders wertvoll. Die intensive Landnutzung in Mitteleuropa verringert den Anteil „extremer Lebensräume“ vor allem durch Entwässerungsmaßnahmen und Nährstoffemissionen.

Auf anthropogen wenig beeinflussten Standorten kann aus der vorhandenen Vegetation auf die Bodeneigenschaften geschlossen werden (Zeigerwerte). Weiterhin kennzeichnen vor allem Standortmerkmale wie extreme Reliefverhältnisse (Steilhänge), anthropogen bedingte extreme Schwermetallgehalte (Kupferschieferhalden), geologisch bedingte Salzaustritte, Überflutungsstandorte u.a. naturschutzfachlich wertvolle Extremstandorte. Eine Zusammenstellung solcher Standorte ist der Archivbodenkarte des Landesamtes für Umweltschutz zu entnehmen (LAU 2013). Die Archivbodenkarte des LAU basiert auf unterschiedlichen Datenquellen und enthält auch flächenmäßig sehr kleine Standorte.

Die Auswertung der Extremböden auf Basis der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 stellt eine Ergänzung der Extremstandorte der Archivbodenkarte des LAU dar. Bewertet werden, wie bei allen anderen Bodenfunktionen im Maßstab 1:50.000, ausschließlich die Leitbodenprofile. Kleinräumig innerhalb einer Bodenkontur vorkommende Böden sind in dieser Karte nicht enthalten. So können bspw. kleinräumig vorkommende Moore in Dünengebieten der Altmark, Salzböden, kleinräumige Rohböden in Steillagen u.a. maßstabsbedingt nicht dargestellt werden.

Regional vorhandene anthropogene Veränderung von Bodeneigenschaften (hier Bodenwasserhaushalt, Nährstoffversorgung, Pufferbereich (pH-Wertebereich)) bleiben unberücksichtigt. Bewertet wird allein das natürliche Potenzial. Insofern werden bspw. sämtliche in der Bodenkarte enthaltenen Moorböden unabhängig vom Entwässerungszustand als Extremböden ausgewiesen.

Damit bildet die vorliegende Auswertung eine Übersicht über Leitböden mit potenziell extremen Bodeneigenschaften auf Grundlage der Kriterien Bodenwasserhaushalt, Nährstoffversorgung und Pufferbereich (pH-Wertebereich), unabhängig von der aktuellen Nutzung und sonstigen anthropogenen Einflüssen. Sie bietet die Möglichkeit, Standorte für Renaturierungsprojekte und A/E-Maßnahmen zu finden.

Der *Bodenwasserhaushalt* ist bei Grund- und Stauwasserböden durch die Stärke des Grund- und Stauwassereinflusses determiniert. Entwässerungsmaßnahmen werden nicht berücksichtigt. Bei sickerwasserbestimmten Böden spielt die nutzbare Feldkapazität eine ausschlaggebende Rolle. Die bodenkundliche Feuchtestufe fasst den Bodenwasserhaushalt in einer Zahlenkombination zusammen. Zur Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe siehe unten.

Die *Nährstoffversorgung* wird über die Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum definiert (KA_{eff}We) (NIBIS Verknüpfungsregel 6.2.11, LBEG 2011). Bei der Ermittlung des effektiven Wurzelraumes (NIBIS Verknüpfungsregel 6.1.6, LBEG 2011) wurden keine Zu- und Abschläge für Grünland- und Forstnutzung berücksichtigt. Die verwendeten pH-Werte sind identisch mit den pH-Werten für den Pufferbereich (siehe unten).

Der *Pufferbereich* (NIBIS Verknüpfungsregel 6.2.2, LBEG 2011) gilt als Maß der Versauerung der Böden. Die Ermittlung der für die Bestimmung des Pufferbereiches benötigten pH-Werte erfolgt für alle Böden nach NIBIS Verknüpfungsregel 6.2.17 (LBEG 2011). Dabei sind die pH-Werte, die sich je nach Bodentyp unter Wald einstellen würden. Sie repräsentieren damit den natürlichen Pufferbereich der Böden. Die anthropogene Veränderung der pH-Werte der Böden bleibt unberücksichtigt.

Die NIBIS Verknüpfungsregel 6.2.17 wurde um zwei Bodentypen ergänzt:

Bodenklasse Hauptbodentyp	Übergangs- subtypen	pH _{Forst}	Pufferbereich
AT	GG-AT	6.3	Calciumcarbonat
AZ		7.0	Calciumcarbonat

Zur Kennzeichnung der drei Eigenschaften Bodenwasserhaushalt, Nährstoffversorgung und Pufferbereich werden Bodenkennwerte berechnet. Aus der Lage der Kennwerte im Ökogramm (BRAHMS ET AL. 1989) lässt sich ermitteln, ob ein Boden als Extremstandort einzustufen ist oder nicht. Für die Einstufung von Moorböden wird lediglich die bodenkundliche Feuchtestufe benötigt.

Ermittlung der Bodenkundlichen Feuchtestufe

Die bodenkundliche Feuchtestufe setzt sich aus der Frühjahrs- und Sommerzahl zusammen. An erster Stelle steht die Frühjahrszahl. Sie wird durch einen Schrägstrich („/“) von der Sommerzahl getrennt. Ist kein Schrägstrich („/“) vorhanden, sind Frühjahrs- und Sommerzahl gleich.

Die Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe erfolgt je nach Bodengruppe unter Verwendung der NIBIS VKR 6.5.8, der Grundwasserstufe oder nFKWe-Stufe (Tab. 1.3).

Hinweis: In der Datenbank ist die bodenkundliche Feuchtestufe im Feld SFEUCH abgelegt.

Bodengruppe	BKF (SFEUCH)
Böden mit sonstiger Nutzung, Siedlungen, Gewässer etc	= 999
semiterrestrische Böden (Grundwasserböden, außer Moore)	= BKF ¹⁾ nach NIBIS VKR 6.5.8., Tab. 1-9
Moore	aus GWS ²⁾ nach NIBIS VKR 6.5.8., Tab. 11 GWS = 6 → SFEUCH = 6, GWS = 5 → SFEUCH = 7 GWS = 4 → SFEUCH = 8, GWS = 3 → SFEUCH = 9 GWS = 2 → SFEUCH = 10, GWS = 1 → SFEUCH = 10
Stauwasserböden	Sommerzahl = nFKWe-Stufe ³⁾ Frühjahrszahl = nFKWe-Stufe + 3
Übergangsböden (Stau- und Sickerwasser)	Sommerzahl = nFKWe-Stufe Frühjahrszahl = nFKWe-Stufe + 1
terrestrische Böden (Sickerwasserböden)	= BKF (= nFKWe-Stufe) nach NIBIS VKR 6.5.8., Tab. 11

¹⁾ Bodenkundliche Feuchtestufe nach NIBIS VKR 6.5.8.; ²⁾ Grundwasserstufe nach NIBIS VKR 6.1.12

³⁾ Stufe der nutzbaren Feldkapazität nach KA 5

Tab. 4.1: Ermittlung der bodenkundlichen Feuchtestufe

Klassifizierung der Extremstandorte

Die zweistelligen Kennwerte (Abb. 4.1) werden von der Verknüpfungsregel 6.8.9 (LBEG 2011) bereitgestellt und in zwei Klassen unterteilt:

- Klasse 5: Extreme Standortbedingungen sind gegeben,
- Klasse 0: Extreme Standortbedingungen sind nicht gegeben.
- Die Einstufung wurde in Anlehnung an BRAHMS ET AL. (1989, S. 111) vorgenommen. Brahms et al. haben die in der Abbildung 4.1 rot eingekreisten Kennwerte als Extremstandorte mit einem Entwicklungspotenzial für höchst bzw. stark spezialisierte, schutzwürdige Vegetation eingestuft. In dem Verfahren für Sachsen-Anhalt erfolgt zusätzlich eine Korrektur der Kennwerteeinstufung auf Basis der Bodenform (siehe Tab. 4.1): Braunerden und Podsol-Braunerden, Braunerde-Podsole mit Lehm im Untergrund sowie Kippenböden werden unabhängig vom Kennwert der Klasse 0 zugeordnet.
- Der Bodentyp Tschernitza (AZ) ist in einer der Untermethoden des NIBIS nicht verschlüsselt und wird der Klasse 0 zugeordnet.

Kennwert Oeko	Ausschlussregel	Bezeichnung	OEKO
1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 24	nicht Bodenformen wie "BB:*", "PP-BB:*", "*BB:* ", "*oj-*	extrem trocken (teilweise extreme Nährstoffversorgung oder extremer pH-Wert)	5
82, 83, 84, 85, 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 99		extrem nass (teilweise extreme Nährstoffversorgung oder extremer pH-Wert)	5
alle übrigen Kennwerte und Bodenform wie „AZ:“		Normalstandorte	0

Tab.: 4.2: Klassifizierung der Extremstandorte

Bodenwasserhaushalt (Bodenkundliche Feuchtestufe)	Nummern der berechneten Kennwerte									
naß (10)	91	92	93	94	95	96	97	98	99	410
stark feucht (9)	82	83	84	85	86	87	88	89	90	409
mittel feucht (8)	73	74	75	76	77	78	79	80	81	408
schwach feucht (7)	64	65	66	67	68	69	70	71	72	407
stark frisch (6)	55	56	57	58	59	60	61	62	63	406
mittel frisch (5)	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
schwach frisch (4)	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
schwach trocken (3)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
mittel trocken (2)	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
stark trocken (1)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
dürr (0)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Nährstoffversorgung KAKEffWe (kmol/ha/dm)	nährstoffarm ≤ 300			mittlere Nährstoff- versorgung > 300 bis ≤ 600			nährstoffreich > 600			Moore
Bodenchemischer Pufferbereich (pH-Wert)	≤ 4.2	> 4.2 bis ≤ 6.2	> 6.2	≤ 4.2	> 4.2 bis ≤ 6.2	> 6.2	≤ 4.2	> 4.2 bis ≤ 6.2	> 6.2	

Abb. 4.1: Ökogramm mit Kennwerten zur Einstufung des Bodens hinsichtlich seiner Standortigenschaften. Die Kennwerte werden durch die Verknüpfungsregel 6.8.9 (LBEG 2011) ermittelt.

Der in der Dokumentation zum Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS) verwendete Begriff *Bodeneinheiten* bezeichnet die Kartiereinheiten der Bodenkarte. In Sachsen-Anhalt sind das aktuell die Bodenformen der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 (VBK 50).

Interpretationshilfe

B e w e r t u n g s s t u f e		
0 → 5		
Extremstandorte OEKO		
mittel/reich → arm	Nährstoffstatus (KAKeffWe)	
mittel → sauer/basisch	Pufferbereich	
frisch → nass/dürr	SFEUCH	

Abb. 4.2: Einstufung als Extremstandort in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften

5. Sickerwasserrate (SWR)

Die Sickerwasserrate [mm/a] wurde nach dem TUB_BGR-Verfahren berechnet. Dies entspricht der NIBIS-VKR 6.5.16 (LBEG 2011). Diese Verknüpfungsregel besteht aus Regressionsgleichungen, die den Zusammenhang von korrigiertem mittleren Niederschlag (Gesamtjahr und Sommerhalbjahr), mittlerer jährlicher potenzieller Evapotranspiration als FAO-Grasreferenzverdunstung, nutzbarer Feldkapazität im effektiven Wurzelraum, mittlerem kapillaren Aufstieg von Grundwasser und der Nutzungsart (Acker, Grünland, Laubwald, Nadelwald) mit der Sickerwasserrate beschreiben.

Für Mischwaldnutzung wurden die Gleichungen für „FN“ (Nadelwald) benutzt.

Um die Gleichungen auch auf Standorte mit mehr als 3,5% Hangneigung anwenden zu können, wurde der separat ermittelte jährliche Oberflächenabfluss ROj in allen Datensätzen (auch bei Hangneigungen $\leq 3,5\%$) vom Jahresniederschlag $N_{j\text{kor}}$ abgezogen.

Der verwendete Oberflächenabfluss RO basiert auf einer Modellierung der Abflussbildungsprozesse im Rahmen eines durch den Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft beauftragten Projektes (LHW/BAH, 2007). Zur Anwendung kam hierbei das Modellsystem ArcEGMO. Verwendet wurden die mittleren Jahreswerte für den Bilanzzeitraum 2000 bis 2003. Sie wurden mit Bezug zu den räumlichen Bezugseinheiten des Datenmodells (Polygone) statistisch ausgewertet. Jedem Polygon wurde der Medianwert des mittleren jährlichen Oberflächenabflusses des Bilanzzeitraumes 2000 - 2003 zu gewiesen. Polygone mit sonstiger Nutzung wie bspw. Siedlungsböden wurden ausgespart. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem GIS-Werkzeug *Spatial Statistic* von ESRI.

Für den Niederschlag im Sommerhalbjahr $N_{s\text{kor}}$ wurde folgende Beziehung in Ansatz gebracht:

$$ROj/N_{j\text{kor}} = ROs/N_{s\text{kor}}.$$

Dann ist

$$ROs = N_{s\text{kor}} \cdot ROj/N_{j\text{kor}}.$$

und

$$N_{s\text{kor}} - ROs = N_{s\text{kor}} - (N_{s\text{kor}} \cdot ROj/N_{j\text{kor}}) = N_{s\text{kor}} \cdot (1 - ROj/N_{j\text{kor}}).$$

Daher wurde der Term $N_{s\text{kor}}$ in den Regressionsgleichungen und bei der Fallunterscheidung $WV_{\text{pfl}} = nFKWe + KA + N_{s\text{kor}}$ durch den Term $N_{s\text{kor}} \cdot (1 - ROj/N_{j\text{kor}})$ ersetzt.

Bei der Berechnung des mittleren kapillaren Aufstiegs (NIBIS-VKR 6.5.15, LBEG 2011) wurde der Term $N_{s\text{kor}}$ ebenfalls durch den Term $N_{s\text{kor}} \cdot (1 - ROj/N_{j\text{kor}})$ ersetzt.

ROj = jährlicher Oberflächenabfluss

ROs = Oberflächenabfluss im Sommerhalbjahr

$N_{j\text{kor}}$ = jährlicher Niederschlag

$N_{s\text{kor}}$ = Niederschlag im Sommerhalbjahr

Sickerwasserrate [mm/a]	Klasse
≤ 0	1
$> 0 \text{ bis } \leq 80$	2
$> 80 \text{ bis } \leq 170$	3
$> 170 \text{ bis } \leq 300$	4
> 300	5

Tab. 5.1: Klassifizierung der Sickerwasserrate

6. Infiltrationspotenzial (CNunbew, CNnutz)

Als Modellgrundlage zur Abbildung des Infiltrationspotenzials (Infiltrationsvermögen, Versickerungspotenzial) wird das "Curve-Number"-Verfahren (CN-Verfahren) des US Soil Conservation Service (US-SCS, 1972, 1985, 1986) gewählt. Das US-SCS-Verfahren hat besonders in den USA und in Westeuropa hinsichtlich Akzeptanz und Anwendung weite Verbreitung in Gebietswasserhaushaltsmodellen gefunden.

Der Oberflächenabfluss wird beim US-SCS-Verfahren auf der Grundlage von Gebietsgrößen ermittelt, wobei die Haupteinflussgrößen

- Infiltrationsvermögen des Bodens,
- Nutzung/Bewuchs,
- Bodenfeuchtezustand

das Verfahren wesentlich bestimmen.

Die Gebietsgrößen münden summarisch in einem sog. CN-Faktor (Curve Number), der von 0 bis 100 % variieren kann (CN = 0 % vollständige Infiltration, CN = 100 % vollständige Oberflächenabflussbildung). Die Werte liegen für verschiedene Bodentypen und -nutzungen tabellarisch vor (exemplarisch für Brache s. Tabelle 6.1) bzw. sind speziellen Nomogrammen entnehmbar.

	BT = 1	BT = 2	BT = 3	BT = 4
CN-Faktor % für unbewachsene Böden	77	86	91	94

Tab.6. 1:CN-Faktoren [%] in Abhängigkeit von Bodentyp (BT) für unbewachsenen Boden (nach US-SCS, 1972, in Anlehnung an DWWK, 1980)

Die Bodentypen (BT) sind dabei wie folgt definiert:

BT = 1: Böden mit großem Versickerungsvermögen auch nach starker Vorfeuchtung, z.B. tiefgründige Sand und Kiesböden

BT = 2: Böden mit mittlerem Versickerungsvermögen, tief bis mäßig tiefgründige Böden mit mäßig feiner bis mäßig grober Textur, z.B. Sandböden, Löss, schwach lehmiger Sand

BT = 3: Böden mit geringem Versickerungsvermögen, Böden mit feiner bis mäßig feiner Textur oder mit wasserstauender Schicht, z.B. flachgründige Sandböden, sandiger Lehm

BT = 4: Böden mit sehr geringem Versickerungsvermögen, Tonböden, sehr flache Böden über nahezu undurchlässigem Material, Böden mit dauernd sehr hohem Grundwasserspiegel

Für eine kontinuierliche Ausweisung ist die Verwendung von Bodentypen nicht optimal, weil es an der Grenze von einem Bodentyp zum nächsten zu Sprüngen (Diskontinuitäten) kommt. Günstiger ist die Ableitung anhand kontinuierlich verlaufender Beziehungen von Bodenkennwerten zu den CN-Werten, wie sie z.B. für die kf-CN-Beziehung entwickelt und für die vorliegende Ableitung genutzt wurden.

Für die vorliegende Auswertung wurde der gewichtete Mittelwert aller kf-Werte im Profilbereich von 0 bis 100 cm als Eingangswert genutzt. Nach langanhaltenden bzw. starken Regeneignissen kommt es immer wieder vor, dass der Niederschlag zunächst (teilweise) versickert, nachdem der Bodenraum aber mit Wasser gesättigt ist, zeitverzögert an der Oberfläche oder als Schichtwasser abfließt. Die Verwendung des Profilbereiches von 0 bis 100 cm trägt diesem Umstand Rechnung und hat gegenüber einer Kalkulation auf Basis nur des ersten (obersten) Horizontes (A-Horizont) den Vorteil, dass mögliche schwerdurchlässige Horizonte bzw. Schichten unter dem A-Horizont berücksichtigt werden.

Ausgehend von US-Arbeiten (SCHROEDER ET AL. 1994) sind für die 4 Bodentypen (BT) folgende kf-Wertspannen zuordenbar (siehe auch Abb. 6.1).

Bodentyp (BT)	k _f -Wertspanne [m/s]
BT 1	$< 6 \cdot 10^{-5}$
BT 2	$\geq 6 \cdot 10^{-5} \dots < 8 \cdot 10^{-6}$
BT 3	$\geq 8 \cdot 10^{-6} \dots < 9 \cdot 10^{-7}$
BT 4	$\geq 9 \cdot 10^{-7}$

Tab.6. 2: Bodentypen und zugehörige k_f-Wertspannen

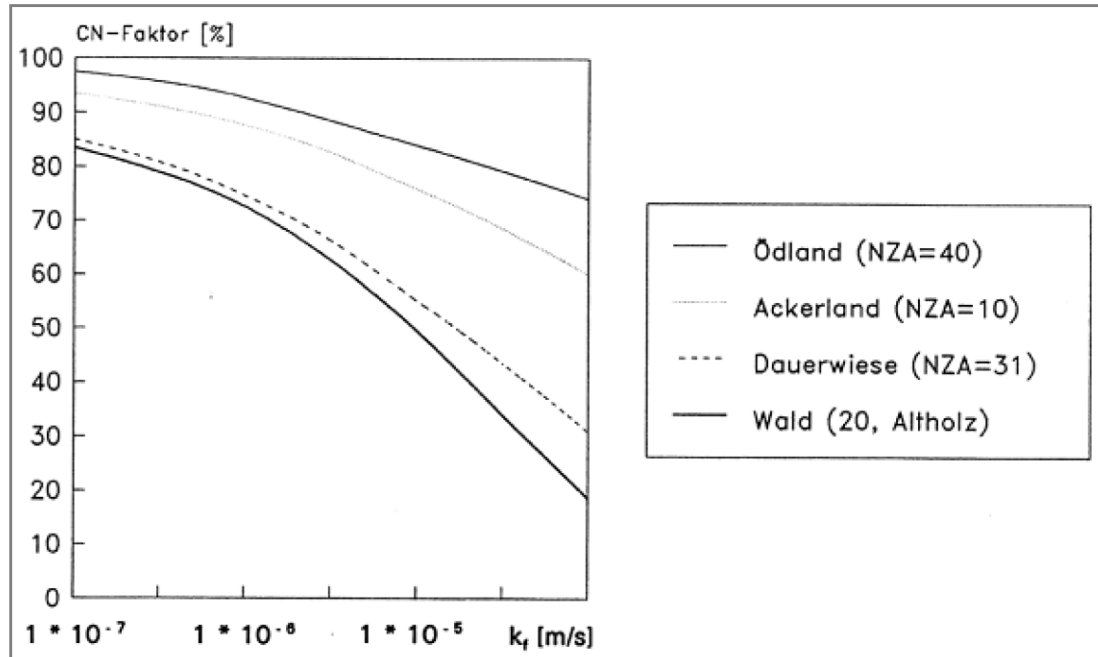


Abb. 6.1: k_f-CN-Beziehungen für ausgewählte Nutzungen

Die CN-Faktoren errechnen sich aus folgender Regressionsgleichung (DUNGER 2002):

$$CN = C_0 + C_1 \cdot k_f + C_2 \cdot \ln(k_f)$$

wobei: k_f- gesättigte Wasserleitfähigkeit 0 – 100 cm und
C₀, C₁ und C₂ - Beiwerte gemäß Übersicht.

Für unbewachsene Böden gelten folgende Werte (Ergebnis siehe Feld CN_{unbew} und CN_{unbew_K}):

k _{f,o} [m/s]	C ₀	C ₁	C ₂
$< 1 \cdot 10^{-6}$	96,8	$-3,03 \cdot 10^6$	- 0,04
$1 \cdot 10^{-6} \dots 6 \cdot 10^{-5}$	42,7	$-3,30 \cdot 10^4$	- 3,73
$> 6 \cdot 10^{-5}$	15,1	$-4,68 \cdot 10^2$	- 6,37

Tab. 6.2: C-Werte für unbewachsene Böden

Zur vereinfachten Berücksichtigung der Nutzung wurden folgende Werte verwendet (Ergebnis siehe Feld CNnutz und CNnutz_K):

Ackerland, normaler Bewuchs (KULTUR = A)			
$k_{f,o}$ [m/s]	C_0	C_1	C_2
$< 1 * 10^{-6}$	89,8	$-4,55 * 10^6$	- 0,24
$1 * 10^{-6} \dots 6 * 10^{-5}$	8,9	$8,66 * 10^2$	- 5,76
$> 6 * 10^{-5}$	7,4	$-2,13 * 10^4$	- 5,92

Grünland (Grasland), normaler Bewuchs (KULTUR = G)			
$k_{f,o}$ [m/s]	C_0	C_1	C_2
$< 1 * 10^{-6}$	79,3	$-5,19 * 10^6$	- 0,54
$1 * 10^{-6} \dots 6 * 10^{-5}$	-18,5	$-1,95 * 10^5$	- 7,22
$> 6 * 10^{-5}$	1,6	$-1,87 * 10^4$	- 4,05
Wald (mehrstöckiger Waldaufbau, Altholz) (KULTUR = F, FN, FL)			
$k_{f,o}$ [m/s]	C_0	C_1	C_2
$< 1 * 10^{-6}$	71,8	$-5,27 * 10^6$	- 0,76
$1 * 10^{-6} \dots 6 * 10^{-5}$	-54,3	$-1,38 * 10^5$	- 9,51
$> 6 * 10^{-5}$	-21,9	$-1,91 * 10^4$	- 5,46

Tab. 6.3: C-Werte für bewachsene Böden

Die Ableitung des k_f -Wertes erfolgte nach Bodenkundlicher Kartieranleitung, 5. Auflage (KA5), S. 351 (Lagerungsdichte nach NIBIS VKR 6.1.4).

Die nach obiger Gleichung berechneten CN-Faktoren beziehen sich auf mittlere Bodenfeuchteverhältnisse.

Für unbewachsene Böden ergeben sich CN-Werte zwischen 80 und 97 % und bei Berücksichtigung der Nutzung zwischen 38 und 79 %, die wie folgt klassifiziert wurden:

CN-Werte unbewachsener Boden (CNunbew)	Klasse (CNunbew_K)	CN-Werte des Bodens unter Berücksichtigung der Nutzung (CNnutz)	Klasse (CNnutz_K)	verbal
80 - 82	5	38 - 49	5	sehr hoch
83 - 86	4	50 - 62	4	hoch
87 - 89	3	63 - 72	3	mittel
90 - 91	2	73 - 78	2	gering
≥ 92	1	≥ 79	1	sehr gering

Tab. 6.4: Klassifizierung der CN-Werte

Diese Klassifikation beruht auf natürlichen Gruppen innerhalb der Daten. Die Klassengrenzen wurden dort gesetzt, wo die Differenzen in den Daten relativ groß sind (vgl. ESRI Arc-Map: natural breaks (jenks))

Die Daten bieten einen großräumigen Überblick über die Versickerungsfähigkeit der Böden in Sachsen-Anhalt. Dabei wurde eine Reihe von begründeten Annahmen getroffen. So ist die Nutzung als flächenmäßig überwiegende Nutzung innerhalb eines Polygons ermittelt worden. Innerhalb einer Bewertungseinheit (BOREL_ID) können neben der überwiegenden Nut-

zung verschiedene weitere Nutzungen vorkommen, die bei der Ermittlung des CN-Faktors unberücksichtigt bleiben. Differenzierungen innerhalb einer Nutzungsart hinsichtlich Bewuchsdichte u.a. blieben unberücksichtigt.

Die CN-Faktoren für Moorböden basieren auf k_f -Werten der bodenkundlichen Kartieranleitung, 5. Auflage. Da der Entwässerungszustand der Moore in den Bodeneingangsdaten kaum adäquat abgebildet werden kann, wurde angenommen, dass die meisten Moore entwässert sind und einen Vererdungs- oder Vermüllungshorizont aufweisen. Diese Horizonte haben sehr geringe Durchlässigkeitswerte (k_f -Werte). Daraus resultiert ein hoher CN-Faktor (und eine geringe Versickerungsfähigkeit). Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass Moorböden auch im entwässerten Zustand trotz einer möglicherweise geringen Durchlässigkeit im Prinzip keinen Oberflächenabfluss erzeugen.

7. Abflussregulationspotenzial

(Bodenwasserhaushaltswert nach KARL 2001) (BWH)

Der Bodenwasserhaushaltswert ist ein Parameter, der das Abflussregulationspotential des Bodens abbildet. Es beschreibt die Fähigkeit des Bodens, Regen aufzunehmen, zu speichern und verzögert an Gewässer abzugeben.

Die Methode besitzt inhaltliche Überschneidungen mit der Sickerwasserrate und dem Infiltrationspotenzial (CN-Faktor nach Curve-Number Verfahren). Während die Sickerwasserrate entscheidend von der Menge des Niederschlages abhängt, der Bodenwasserhaushaltswert hingegen nur den Anteil des Niederschlages abschätzt, der in den Boden einsickert oder verdunstet, zielt der CN-Faktor primär auf die Infiltrationsfähigkeit des Bodens ab und berücksichtigt daher im Gegensatz zum Bodenwasserhaushaltswert nicht den Grundwassereinfluss und das Speichervermögen des Bodens.

Ein Vorteil dieser Methode ist ihre Anwendbarkeit sowohl unter Nutzung von Daten der Bodenschätzung als auch von klassischen Bodenkarten.

Zentraler Faktor des Bodenwasserhaushaltswertes ist der Anteil des Niederschlages, der im Boden versickert. Er wird als Versickerungswert bezeichnet und ergibt sich aus Multiplikation der Werte für

- Verdunstung bzw. relative mittlere jährliche Grundwasserzuführung (GZREL) in ebenem Gelände unter Berücksichtigung der Verdunstung,
- Infiltration bzw. Abflussbeiwert (ABW), der den Anteil des Oberflächenabflusses auf Grund der Oberflächenbedeckung abschätzt
- Wasserdurchlässigkeit bzw. relative Durchsickerungsleistung auf Grundlage des kf-Wertes (KFREL)
- Hangneigung bzw. Verhältnis von Gesamtabfluss zum Grundwasserabfluss unter Berücksichtigung der Hangneigung und des Grundwasserflurabstandes (AU_AREL).

Als zweiter Faktor wird das Speichervolumen berücksichtigt, das auf Grundlage der nutzbaren Feldkapazität ermittelt wird (NFKSTUFE).

Der Bodenwasserhaushaltswert (bzw. das Abflussregulationspotenzial) wird berechnet nach der Formel:

$$\text{BWH} = \text{GZREL} * \text{ABW} * \text{KFREL} * \text{AU_AREL} * \text{NFKSTUFE}$$

Die relative Grundwasserzuführung (GZ) ergibt sich (näherungsweise) aus der Differenz von jährlichem Niederschlag (N_j) und Verdunstung (E_j). Demnach ist

$$\text{GZ} = N_j - E_j.$$

Teilt man die Grundwasserzuführung durch den Niederschlag ergibt sich:

$$\text{GZ} / N_j = (N_j - E_j) / N_j.$$

Dann ist

$$\text{GZrel} = \text{GZ} / N_j = 1 - E_j / N_j \text{ und}$$

wegen

$$E_j = \text{ET}_j * \text{EREL} \text{ mit}$$

ET_j := jährliche potentielle Verdunstung [mm] und

EREL := relative Verdunstung [mm] (siehe unten)

ist

$$\text{GZrel} = \text{GZ} / N_j = 1 - (\text{ET}_j * \text{EREL}) / N_j.$$

Für ET_j wird der Wert 558 mm eingesetzt. Das ist der Mittelwert der jährlichen Evapotranspiration aus dem DWD-Klimadatenraster für Sachsen-Anhalt.

Für Nj wird der Wert 632 mm eingesetzt. Das ist der Mittelwert des korrigierten jährlichen Niederschlages aus dem DWD-Klimadatenraster für Sachsen-Anhalt.

Somit ist

$$GZREL = 1 - (558 * EREL) / 632).$$

Bei der relativen Verdunstungshöhe (EREL) wird der Einfluss der Bodenart (und Nutzung) auf die Verdunstung bemessen, um die potentielle Verdunstung zu korrigieren (KARL 2001, S. 36; 1997, S. 6). Die Methode nach KARL wurde modifiziert. Stauwasserböden werden wie Grundwasserböden eingestuft.

Boden/Nutzung	Bodenart (Bodenschätzung)					
	S	IS	sL	U	L	T
	Bodenart nach KA5 (unter Verwendung von ULONSKA 2002, Tab. 1, S. 62) ¹⁾					
	Ss fS mS gS	Su2 SI2 SI3 St2 Su3 Su4	Slu SI4	U Us Ut2 Ut3 Ut4 Uls	St3 Ls2 Ls3 Ls4 Lt2 Lts Ts4 Ts3 Lu, Tu4	Ts2 TI Tu2 Tu3 Tt Lt3
Grund- und Stauwasserboden ²⁾	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Terrestrischer Boden						
Wald	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0
Acker, Grünland	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0

¹⁾ Die Zuordnung der Bodenarten nach KARL (1997) bzw. DÖRHOFFER & JOSOPAIT (1980) zu Bodenarten nach KA5 ist schwierig, da das „Ablämbare“ die Fraktionen Mittelschluff bis Ton enthält und somit den Schluff der KA5 teilt. Für die hier verwendete Zuordnung der KA5-Bodenarten zu den Bodenarten in KARL (1997: Tabelle 1) wurde ULONSKA (2002 Tab. 1 S. 62) herangezogen, sie bleibt aber letztlich subjektiv.

²⁾ Grundwasserboden : MNGW ≤ 1,8 m ; Stauwasserboden: Boden mit Sd-Horizont

Tab. 7.1: Relative Verdunstungshöhe in Abhängigkeit von Boden, Bodenart und Nutzung

Der Abflussbeiwert ist der Anteil des Niederschlages, der oberflächlich abfließt. Unter Wald versickert bzw. verdunstet i.d.R. das gesamte Niederschlagswasser, der Abflussbeiwert ist gleich 0. Unter Grünland und Acker steigt der Anteil des Direktabflusses auf 20 bzw. 30 %.

KARL (2001) hat die absoluten Abflussbeiwerte in Relation zueinander gebracht, um den Anteil des direkt von der Oberfläche verdunstenden Niederschlagswassers herauszurechnen, da die Gesamtverdunstung bereits als eigene Größe in die Bilanz des Bodenwasserhaushaltes eingeht. Unter der Annahme, dass der Anteil der Direktverdunstung an der Gesamtverdunstung mit abnehmendem Direktabfluss und steigender Infiltration sinkt, entsprechen die relativen Abflussbeiwerte für Acker, Grünland und Wald den absoluten Abflussbeiwerten (während die Relativwerte bei vegetationslosen Flächen wie Asphalt höher liegen, da die Direktverdunstung relativ hoch ist).

In die Formel für den Bodenwasserhaushalt geht der Kehrwert des Relativwertes des Abflussbeiwertes ein (ABW).

Beispiele für ausgewählte Nutzungen (KARL 2001, S. 39; KARL 1997, S. 8).

Nutzung/Bedeckung	absoluter Abflussbeiwert	relativer Abflussbeiwert	Kehrwert (ABW)
Asphalt	0,9	1,0	0,0
Acker	0,3	0,3	0,7
Grünland	0,2	0,2	0,8
Wald	0,0	0,0	1,0

Tab. 7.2: Abflussbeiwerte

Der verwendete kf-Wert ist der gewichtete kf-Wert für den oberen Meter des Bodenprofils (KF1M). Die relative Durchsickerungsleistung (KFREL) wurde entsprechend KARL (2001, S. 40; 1997, S. 8) berechnet:

kf-Stufe	cm/d	Mittelwert	Relation	KFREL
1	< 1	0,5	0,02	0,02
2	≥ 1 - < 10	5,5	0,2	0,2
3	≥ 10 - 40	25	1,0	1,0
4	≥ 40 - 100	70	2,8	1,0
5	≥ 100 - 300	200	8,0	1,0
6	≥ 100	-	-	1,0

Tab. 7.3: kf-Werte

Das Verhältnis von Gesamtabfluss zum Grundwasserabfluss unter Berücksichtigung der Hangneigung und des Grundwasserflurabstandes (AU_AREL) wurde nach KARL 2001 (S. 41) berechnet:

Terrestrische Böden						
Neigung [%]	A/Au	Mittelwert	Au/A	Au/Arel		
< 2	1,0-1,4	1,20	0,83	1,0		
≥ 2- < 3,5	1,4-1,8	1,60	0,63	0,8		
≥ 3,5 - < 17	1,8-1,9	1,85	0,54	0,7		
≥ 17 - < 27	1,9-2,2	2,05	0,49	0,6		
≥ 27	2,2-2,4	2,30	0,43	0,5		
Grundwasserböden		Neigung [%]				
		< 2	≥ 2- < 3,5	≥ 3,5 - <17	≥ 17 - < 27	≥ 27
halbhydromorph GWA ≥ 0,8 - < 1,5 m MNGW ≥ 1,3 - < 1,8 m		A/Au: 2,0 Au/Arel: 0,60		2,3 0,52		2,5 0,48
hydromorph GWA < 0,8 m MNGW < 1,3 m		A/Au: 2,5 Au/Arel: 0,48				

Tab. 7.4: Verhältnis von Gesamtabfluss zum Grundwasserabfluss unter Berücksichtigung der Hangneigung und des Grundwasserflurabstandes

Die nutzbare Feldkapazität bezieht sich auf den oberen Meter des Bodenprofils (NFK1M) und wurde folgendermaßen parametrisiert (KARL 2001, S. 43, KARL 1997, S. 9):

NFKSTUFE	nFK in mm	
1	< 50	sehr gering
2	≥ 50 - < 90	gering
3	≥ 90 - < 140	mittel
4	≥ 140 - < 200	hoch
5	≥ 200	sehr hoch

Tab. 7.5: nutzbare Feldkapazität

Die Klassifikation des Bodenwasserhaushaltswertes (BWH_K) beruht auf natürlichen Gruppen innerhalb der Daten. Die Klassengrenzen wurden dort gesetzt, wo die Differenzen in den Daten relativ groß sind (vgl. ESRI ArcMap: natural breaks (jenks)).

Bodenwasser- haushaltswert (BWH)	Klasse (BWH_K)	verbal
0,02 - 0,26	1	sehr gering
0,27 - 0,48	2	gering
0,49 - 0,69	3	mittel
0,70 – 0,90	4	hoch
≥ 0,90	5	sehr hoch

Tab. 7.6: Klassen des Bodenwasserhaushaltswertes

8. Austauschhäufigkeit des Bodenwassers (AH)

Die Nitratauswaschungsgefährdung aus dem durchwurzelten Bodenbereich ergibt sich aus der prozentualen jährlichen Austauschhäufigkeit der Bodenlösung im betrachteten Bodenraum. Die jährliche Austauschhäufigkeit errechnet sich aus der Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und der Sickerwasserrate (TUB-BGR-Verfahren; vgl. Kapitel 5):

$$AH [\% \cdot a^{-1}] = SWR [mm \cdot a^{-1}] \cdot 100 / FKWe [mm]$$

Die angewendete Vorgehensweise entspricht der NIBIS VKR 6.7.3.2, LBEG 2011). Die Sickerwasserrate wurde nach TUB-BGR-Verfahren (vgl. Kapitel 5) berechnet.

Die Austauschhäufigkeit kann auch als Kriterium für das Verlagerungsrisiko von Nitrat herangezogen werden.

Zu beachten ist, dass auf Grund der Verwendung von aus den Bodendaten abgeleiteter quasi natürlicher Grundwasserflurabstände im Boden (vgl. Kapitel 2) die Austauschhäufigkeit bei stark grundwasserbestimmten Böden unter Acker, deren Grundwasserspiegel in der Regel künstlich abgesenkt sind, tendenziell überschätzt wird.

Generell gilt jedoch für grundwasserbeeinflusste Böden, insbesondere grundwassernahe Sandböden sowie Moorböden, unabhängig vom Bewertungsergebnis dieser Methode, eine erhöhte Gefährdung der Nitratauswaschung in das Grundwasser. In drainierten Böden kann Nitrat zudem über die Rohrdräne sehr schnell in die Vorfluter transportiert werden. Der Einfluss von Drainagen wurde nicht berücksichtigt.

9. Verzeichnis der Attribute

Tabelle 1: Erläuterung der Datenfelder der Attributtabelle der Bodenkundlichen Themenkarten 1:50.000. Die Berechnung der Bodenparameter erfolgte gemäß der „Auswertungsmethoden im Bodenschutz“ des NIBIS (Geoberichten Heft 19 (LBEG 2011)).

Feldname	Feld- daten- typ	Beschreibung
PRONUM	Zahl	Flächen-ID der Boden-Relief-Einheiten (=BOREL_ID)
KA4_ID_alt	Zahl	Legendennummer der Bodenkarte (nicht nutzungsdifferenziert)
KA4_ID	Zahl	Legendennummer der Bodenkarte (nutzungsdifferenziert)
KA4_BOD	Text	Kürzel für Bodenform
KULTUR	Text	überwiegende Nutzung innerhalb des Polygons auf Basis der BTNT-Kartierung oder VBK 50; A = Acker, B = Bebbauung, F = Wald (undifferenziert oder Mischwald), FL = Laubwald, FN = Nadelwald, G = Gründland, GEW = Gewässer, S = Sonstige, NN = unbekannt
Kraut50	Zahl	1: Flächenanteil von Staudenflur, Magerrasen, Wildgrasflur, Heide oder Wachholdertrift > 50
Hoehe	Zahl	Höhe über NN [m]; Mittelwert aus digitalem Geländemodell
NeigGrad	Zahl	Neigung [Grad]; Mittelwert aus digitalem Geländemodell
NIEDa	Zahl	Jahresmittel Niederschlag [mm]; Mittelwert aus Klimaraster des Deutschen Wetterdienstes Reihe 1961-1990
EVPa	Zahl	Jahresmittel Evapotranspiration [mm]; Mittelwert aus Klimaraster des Deutschen Wetterdienstes Reihe 1961-1990
KWBa	Zahl	Jahresmittel Klimatische Wasserbilanz [mm]; Mittelwert aus Klimaraster des Deutschen Wetterdienstes Reihe 1961-1990
MHGW	Zahl	mittlerer Grundwasserhochstand [dm], abgeleitet aus den Profildaten der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000
MNGW	Zahl	mittlerer Grundwassertiefstand [dm], abgeleitet aus den Profildaten der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000
SFEUCH	Text	Bodenkundliche Feuchtestufe
WE	Zahl	effektive Durchwurzelungstiefe [cm]
LK1M	Zahl	Luftkapazität 0 - 100 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren > 50 Mikrometer
LK1M_K		Luftkapazität 0 - 100 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; klassifiziert
LKWE	Zahl	Luftkapazität bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren > 50 Mikrometer
FK60CM	Zahl	Feldkapazität 0 - 60 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FK90CM	Zahl	Feldkapazität 0 - 90 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FK1M	Zahl	Feldkapazität 0 - 100 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FK1M_K		Feldkapazität 0 - 100 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; klassifiziert
FK2M	Zahl	Feldkapazität 0 - 200 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FKWE	Zahl	Feldkapazität bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FKGWSTAND	Zahl	Feldkapazität bis zum Grundwasser [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
FKPROFIL	Zahl	Feldkapazität des gesamten Profils = i.d.R. bis 200 cm [mm bzw. Vol.-%]; Poren ≤ 50 Mikrometer
NFK60CM	Zahl	nutzbare Feldkapazität 0 - 60 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFK90CM	Zahl	nutzbare Feldkapazität 0 - 90 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFK1M	Zahl	nutzbare Feldkapazität 0 - 100 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFK1M_K	Zahl	nutzbare Feldkapazität 0 - 100 cm klassifiziert
NFK2M	Zahl	nutzbare Feldkapazität 0 - 200 cm Profiltiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFKWE	Zahl	nutzbare Feldkapazität bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFKGWSTAND	Zahl	nutzbare Feldkapazität bis zum Grundwasser [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFKPROFIL	Zahl	nutzbare Feldkapazität des gesamten Profils = i.d.R. bis 200 cm [mm bzw. Vol.-%]; Poren 0,2 - 50 Mikrometer
NFKWESTUFE	Zahl	nutzbare Feldkapazität bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe, klassifiziert
KF1M	Zahl	gesättigte Wasserleitfähigkeit 0 - 100 cm [cm/d]
KF1M_K	Zahl	gesättigte Leitfähigkeit 0 - 100 cm, klassifiziert

Feldname	Feld- daten- typ	Beschreibung
KAKPOT1M	Zahl	Potenzielle Kationenaustauschkapazität [cmol/kg]
KAKPOT1M_K	Zahl	Potenzielle Kationenaustauschkapazität [cmol/kg], klassifiziert
SQR_	Zahl	Müncheberger Soil Quality Rating (Punktezahl)
SQR_K	Zahl	Müncheberger Soil Quality Rating [Klassenwert]
OEKO_K	Zahl	Biotopentwicklungspotenzial [Klassenwert], 5: Extremstandort, 0: Normalstandort
SWR	Zahl	Sickerwasserrate [mm]
SWR_K	Zahl	Sickerwasserrate [Klassenwert]
CNunbew_	Zahl	CN-Faktor des unbewachsenen Bodens []
CNunbew_K	Zahl	CN-Faktor des unbewachsenen Bodens [Klassenwert]
CNnutz_	Zahl	CN-Faktor des Bodens unter Berücksichtigung der Nutzung []
CNnutz_K	Zahl	CN-Faktor des Bodens unter Berücksichtigung der Nutzung [Klassenwert]
BWH	Zahl	Bodenwasserhaushaltswert nach KARL 2001 (Abflussregulationspotenzial)
BWH_K	Zahl	Bodenwasserhaushaltswert nach KARL 2001 (Abflussregulationspotenzial) [Klassenwert]
AH_K	Zahl	Austauschhäufigkeit des Bodenwassers [Klassenwert]
Stand_SHG	Datum	Datenstand der bodenkundlichen Eingangsdaten (Substrat-Horizont-Gruppen SHG)
Datum_Abfr	Datum	Datum der Datenabfrage
Klassenwerte		1: sehr gering, 2: gering, 3: mittel, 4: hoch, 5: sehr hoch

10. Literatur und Quellen

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Verbesserte und erweiterte Auflage, Hannover 2005.
- AD-HOC-AG BODEN (2010): Ackerbauliches Ertragspotential eines Standorts, bemessen nach dem Müncheberger Soil Quality Rating (SQR).
<http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Boden/Netzwerke/Adhocag/methoden.html?nn=1564346>; abgerufen am 28.02.2012
- ATKIS DGM Digitales Geländemodell 10 m, LANDESAMT FÜR LANDESVERMESSUNG UND DATENVERARBEITUNG SACHSEN-ANHALT (1999): Geobasisinformationssystem, Teil Geotopographie, Halle.
- BAUMBACH, H. (2008): Zur Situation der Schwermetallrasen und ihrer Standorte im östlichen und südöstlichen Harzvorland. – In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt. – 45 (2008) 2. – S. 3-19
- BLUME, H.-P.; H. SUKOPP (1976): Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen. – In: Schriftenreihe Vegetationsk. 10 (1976) Bonn-Bad Godesberg. – S. 75-89
- BRAHMS, M.; VON HAAREN, CH. & JANSSEN, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotenzial. Landschaft und Stadt, 21 (3), 110-114.
- BVB BUNDESVERBAND BODEN(1999): Bodenschutz in der Bauleitplanung – Vorsorgende Bewertung - . Bundesverband Boden Fachgruppe 3: Bodenschutzplanung, Fachausschuss 3.1 - Bewertung von Böden in der Bauleitplanung
- DÖRING, J. & CHUDY, TH. (2001): Klassifizierung hydrometeorologischer Parameter für das Gebiet des Landes Sachsen-Anhalt auf der Basis digital vorliegender 1x1 km Netzdaten. Unveröffentlichter Bericht, Institut für Agrarökonomie und Agrarraumgestaltung der Universität Halle.
- DUNGER, V. (2002): Dokumentation des Modells BOWAM (Version 2002) zur Simulation des Wasserhaushaltes in der wasserungesättigten Bodenzone (Aerationszone)
- DVWK (1980): Anwendung von Niederschlag-Abfluß-Modellen in kleinen Einzugsgebieten, Teil II: Synthese. DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft, Heft 113, DVWK, Bonn
- DVWK (1991): Beitrag zur Bestimmung des effektiven Niederschlags für Bemessungshochwasser aus Gebietskenngrößen. DVWK-Materialien 2/1991, 78 S..
- DVWK (1996): Bodenerosion durch Wasser – Kartieranleitung zur Erfassung aktueller Erosionsformen, volume 239 of DVWK-Merkblatt. Bonn: Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK).
- HASELPFLUG, W. (1998): Bodenerosion durch Wind. In: Richter, G. (Hrsg.): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wiss. Buchges., Darmstadt.
- HELBIG, H.; MÖLLER, M.; SCHMIDT, G. & BVB (Hrsg.) (2010): Bodenerosion durch Wasser in Sachsen-Anhalt. BVB-Materialien Band 15, Erich-Schmidt-Verlag, 106 S.. <http://www.bvb-materialien.de/aktuellerband.html>
- KARL, J. (1997): Bodenbewertung in der Landschaftsplanung – Methode zur Bilanzierung von Eingriffen in das Schutzgut Boden und den Bodenwasserhaushalt. Natur und Landschaftsplanung 29 (1): 5-17.
- KARL, J. (2001): Landschaftsbewertung in der Planung. Gießener Geographische Schriften 79, 2001
- KARPE, W. (1995): Übersichtskarte Geologische Naturdenkmale und Geotope in Sachsen-Anhalt, 1:400 000 (Hrsg. Geologisches Landesamt 1995).
- KUNTZE, H.; ROESCHMANN, G. UND SCHWERDTFEGER, G. (1994): Bodenkunde. 4. Auflage, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 424S..

- LANDESAMT FÜR GEOLOGIE UND BERGWESSEN (Hrsg.) (1999): Übersichtskarte Geopotenziale in Sachsen-Anhalt 1:400.000. Boden: Bodenlandschaften.
- LAU LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (Hrsg.) (2004): Kartieranleitung zur Kartierung und Bewertung der Offenlandlebensraumtypen nach Anhang I der FFH-Richtlinie im Land Sachsen-Anhalt. – Landesamt für Umweltschutz, Fachbereich 40: Naturschutz, Fachgebiet 43: Pflanzenarten- / Biotopschutz, Kontrollaufgaben Artenschutz (Hrsg.)
- LAU LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (Hrsg.) (2013): Bodenfunktionsbewertungsverfahren des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (BFBV-LAU). --> [link](#), abgerufen am 22.05.2014
- LBEG (Hrsg.) (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems. Geoberichte 19, Version 30.11.2011.
http://www.lbeg.niedersachsen.de/portal/live.php?navigation_id=28769&article_id=100055&_psmand=4
- LHW/BAH (2007): Modellgestützte Ermittlung von Abflusskomponenten für das Land Sachsen-Anhalt“ im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft des Landes Sachsen-Anhalt.
- LPR Reichhoff (2009): Erarbeitung eines Verfahrens zur Bewertung von Bodenfunktionen in Planungsverfahren im Land Sachsen-Anhalt. Abschlussbericht.
- LUA (2005): Untersuchungen zur Kennzeichnung (Darstellung) von Böden der Natur- und Kulturgeschichte nach dem Bundes-Bodenschutzgesetz in Brandenburg. Dissertation, In: Fachbeiträge des Landesumweltamtes Heft 99- LUA- BB, Nov.2005.
- MISB (2002) - „Kennzeichnung und Ausweisung von Böden für die Funktion Archiv der Natur- und Kulturgeschichte für das Land Sachsen-Anhalt“ (Kurztitel Archivbodenkarte I), Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz / Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt- unveröffentlicht, Halle 2002.
- MISB (2003/2004) - „Erarbeitung eines Bewertungsrahmens und Maßnahmenkataloges zum Umgang mit Böden für die Funktion Archiv- und Naturgeschichte im Land- Sachsen-Anhalt“ (Kurztitel Archivbodenkarte II), Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz/ Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, unveröffentlicht, Halle 2003.
- MISB (2004): Ermittlung der potentiellen diffusen Nährstoffeinträge (Emission N u. P) in Oberflächengewässer des Landes Sachsen-Anhalt auf Basis der Wasserkörper gemäß Anhang II EU-WRRL. Abschlussbericht im Auftrag des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft. Vertragsnummer 04/5.4/02, 70 S., Halle.
- MÜLLER, L.; SCHINDLER, U.; BERENDT, A.; SMOLENTSEVA, E.; SMOLENTSEV, B.; EULENSTEIN, F. (2008): Das Müncheberger Soil Quality Rating (SQR) – ein praktikables Verfahren zur Bodenbewertung bzw. Bodenschätzung im globalen Maßstab? Tagungsbeitrag zu: Vortrags- und Exkursionstagung zur Bodenschätzung AG Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, Thür. Landesfinanzdirektion, Thür. Landesanstalt für Umwelt und Geologie 11. - 12.09.2008 in Weimar
- MÜLLER, L.; SCHINDLER, U.; BERENDT, A.; EULENSTEIN, F.; DANNOWSKI, R. (2007): The Muencheberg Soil Quality Rating (SQR) - FIELD MANUAL FOR DETECTING AND ASSESSING PROPERTIES AND LIMITATIONS OF SOILS FOR CROPPING AND GRAZING. Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg. 1. Entwurf, Nov. 2007.
- MÜLLER-WESTERMEIER, G. (1995): Numerisches Verfahren zur Erstellung klimatologischer Karten. Bericht des Deutschen Wetterdienstes, Nr. 193, Offenbach a. M..
- NEEF, E. (1977): Das Gesicht der Erde. 4. Auflage, Thun-Verlag Frankfurt.
- RICHTER, G. (HRSG.) (1998): Bodenerosion. Analyse und Bilanz eines Umweltproblems. Wiss. Buchges., Darmstadt.

- SCHATZ, T. & SCHMIDT, R. (2003): Archivböden – Exemplarische Inventarisierung und Bewertung im Land Brandenburg. – Bodenschutz 8, Heft 3, S. 74-80, Berlin.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (1992): Lehrbuch der Bodenkunde. 13. Auflage, Verlag F. Enke, Stuttgart.
- SCHEFFER, F. & SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde. 15. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg - Berlin.
- SCHROEDER, P. R., T. S. DOZIER, P. A. ZAPPI, B. M. MCENROE, J. W. SJOSTROM & R. L. PEYTON (1994): The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model: Engineering Documentation for Version 3, EPA/600/R-94/168b, U.S. Environmental Protection Agency Office of Research
- SCHWARZE, R.; DRÖGE, W. & K. OPPERDEN (1999): Regionalisierung von Abflusskomponenten, Umsatzräumen und Verweilzeiten für kleine Mittelgebirgseinzugsgebiete. In: Hydrologie und Regionalisierung: Ergebnisse eines Schwerpunktprogramms (1992 – 1998); Deutsche Forschungsgemeinschaft; Hrsg. von H.-B. Kleeberg; Weinheim, New York, Chichester, Brisbane, Singapore: Wiley-VCH.
- ULONSKA, H.-J. (2002) : Abgleich von Körnungsarten in aktuelle Nomenklatur. Wasser & Boden, 54/1+2, 61-64.
- US-SCS U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1972): SCS National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. USDA, Washington D.C.
- US-SCS U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1985): SCS National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology. USDA, Washington D.C.
- US-SCS U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE (1986): Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release 55, Washington D.C., pp. 2.5 - 2.8.