



Auswertungsmethoden im Bodenschutz

Dokumentation zur Methodenbank des
Niedersächsischen Bodeninformationssystems
NIBIS®



Niedersachsen



GeoBerichte 19

Landesamt für
Bergbau, Energie und Geologie

Auswertungsmethoden im Bodenschutz

Dokumentation zur Methodenbank des
Niedersächsischen Bodeninformations-
systems (NIBIS®)

JAN BUG, SABINE HEUMANN, UDO MÜLLER &
ANJA WALDECK

Hannover 2020

Impressum

Herausgeber: © Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

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

Download unter www.lbeg.niedersachsen.de

9. Auflage

Version: 04.03.2021

Redaktion: Ricarda Nettelmann

Mail: bodenkundlicheberatung@lbeg.niedersachsen.de

Titelbild: Reinhard Dörge, unter Verwendung eines Fotos des LBEG.

NIBIS, MeMaS und ATKIS sind eingetragene Warenzeichen. Aus Gründen besserer Lesbarkeit kann das ® im Text weggelassen worden sein.

ISSN 1864–6891 (Print)

ISSN 1864–7529 (digital)

DOI 10.48476/geober_19_2020

GeoBer.	19	S. 3 – 383	36 Abb.	384 Tab.	Hannover 2020

Auswertungsmethoden im Bodenschutz

Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®)

JAN BUG, SABINE HEUMANN, UDO MÜLLER & ANJA WALDECK

unter Mitarbeit von DENISE HARDERS, TOBIAS MATTNER, KNUT MEYER, ROBIN STADTMANN,
CHRISTINA SCHARUN & FENGYAO YUAN

Kurzfassung

Der Boden spielt eine zentrale Rolle als Mittler in allen Bereichen des Naturhaushaltes, im Gewässerschutz und natürlich für die Bodennutzung. Der Gesetzgeber schützt die Funktionen des Bodens durch das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998, NBodSchG 1999). Aus diesem Grund sind für die angewandte Bodenkunde neben der Bereitstellung von bodenkundlichen Basisdaten Methoden zu deren Auswertung unabdingbar. Sie werden benötigt, um die unterschiedlichen Fragestellungen des Bodenschutzes und der Bodennutzung darzustellen und zu bewerten.

Insbesondere beim vorsorgenden Bodenschutz sind die natürlichen Bodenfunktionen zu berücksichtigen, schädliche Bodenveränderungen sind zu vermeiden. Dies ist nur mit fachlich abgestimmten und mit vorhandenen Daten umsetzbaren Bewertungsgrundlagen erreichbar. Ziel war und ist es, bodenkundliche Auswertungsmethoden zur Beschreibung von Bodenfunktionen so aufzubereiten und zu dokumentieren, dass sie auf die üblicherweise vorliegenden Daten (z. B. digitale Bodenkarten, Profildaten etc.) anzuwenden sind.

In Niedersachsen ist das zentrale Instrument des Bodenschutzes das Bodeninformationssystem NIBIS®. Neben bodenschutzrelevanten Daten werden im NIBIS® Auswertungsmethoden bereitgehalten.

Die nun vorliegende überarbeitete 9. Auflage dieser Dokumentation setzt die seit 1989 bestehende Zusammenstellung von Methoden fort. Die zurzeit im System integrierten Methoden sind in der vorliegenden Dokumentation beschrieben. Der Produktkatalog des LBEG, abrufbar unter www.lbeg.niedersachsen.de, umfasst u. a. die bodenkundlichen digitalen Karten. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, mit dem NIBIS®-Kartenserver (<http://nibis.lbeg.de/cardomap3/>) Bodeninformationen über das Internet zu erhalten oder sie als WMS ins eigene Geografische Informationssystem einzubinden.

Inhalt

1.	Einleitung	5
2.	Auswertungsmethoden	8
2.1.	Bodenkundliche Methoden	8
2.2.	Beschreibung der Methoden.....	8
2.3.	Darstellung der Methoden.....	8
2.4.	Verknüpfungsregeln	8
3.	Planungsinstrumente und Planungsverfahren	9
4.	Definitionen zur Methodenbank.....	12
5.	Verzeichnis der Methodenbeschreibungen.....	13
6.	Verzeichnis der Verknüpfungsregeln	84
6.1.	Bodenphysikalische Kennwerte	87
6.2.	Bodenchemische Kennwerte	167
6.3.	Bodenbiologische Kennwerte	184
6.4.	Klimatische Kennwerte	189
6.5.	Kennwerte zur Bewertung des Bodenwasserhaushaltes	205
6.6.	Kennwerte zur Bewertung von Substanzverlust und Strukturbeeinträchtigung	255
6.7.	Kennwerte zur Bewertung der Filtereigenschaften und der Stoffbindung	290
6.8.	Kennwerte zur Bewertung des Standortes und der Bodenverbesserung.....	331
7.	Literatur und Datenquellen	362
8.	Stichwortverzeichnis	375

1. Einleitung

Die Böden in Deutschland werden durch das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) bzw. durch die Ausführungen der Länder (z. B. NBodSchG 1999) gesetzlich geschützt. Insbesondere werden die Böden als Träger der sogenannten Bodenfunktionen unter Schutz gestellt. Die Bodenfunktionen sind in § 2 (2) genauer definiert. Es wird dabei zwischen den natürlichen Funktionen, den Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte und der Nutzungsfunktion differenziert.

Für den Schutz der Bodenfunktionen werden geeignete Daten mit Angaben über Verbreitung und Eigenschaften der Böden, z. B. in Form von Karten, benötigt. Aus diesen Daten lässt sich mit Hilfe von Methoden die Funktionserfüllung der Böden im Landschaftshaushalt ableiten und bewerten. Aber auch im Rahmen der standortangepassten landwirtschaftlichen Bodennutzung („gute fachliche Praxis“) sind Kenntnisse über den Boden unabdingbar. Im Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover, werden diese Daten im Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN) des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®) digital vorgehalten (NBodSchG 1999). Es enthält Datenbanken für Punktdaten (Profildatenbank, Labordatenbank) und für Flächenkarten (Bodenkarten). Der Aufbau und die Nutzung des NIBIS® – Fachinformationssystem Bodenkunde – werden bei OELKERS (1993) und der Aufbau der Methodenbank bei MÜLLER, KANITZKI & RUSCHINSK (1993) beschrieben.

Die Nutzung dieser umfassenden und immer noch wachsenden Datenbasis für thematische Auswertungen im Rahmen von Planung und Beratung erfordert die Bereitstellung von Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Funktion, Belastbarkeit und Vulnerabilität von Böden (Abb. 1). Die Methoden beruhen i. d. R. auf empirisch ermittelten und in Verknüpfungsregeln (VKR) beschriebenen Zusammenhängen. Eine VKR kann eine einfache Tabelle sein oder aber auch Formeln enthalten, mit denen aus bodenkundlichen und anderen Standorteigenschaften (z. B. Klimaparametern, Landnutzung, Relief) weiter beschreibende Parameter und Indikatoren abgeleitet werden. Der Begriff Pedotransferfunktion (PTF) wird häufig synonym verwendet. Die VKR verzichten auf eine genaue wissen-

schaftliche Beschreibung der ablaufenden Prozesse. Es handelt sich also um empirisch und nicht physikalisch basierte Modellansätze.

Die nunmehr vorliegende 9. Auflage dieser Dokumentation setzt die seit 1989 bestehende Zusammenstellung von Methoden (MÜLLER 1989, 1990, 1991, 1992, MÜLLER, DEGEN & JÜRGING 1992, MÜLLER 1997, MÜLLER 2004, MÜLLER & WALDECK 2011) fort. Ziel war und ist es, bodenkundliche Auswertungsmethoden zur Beschreibung von Bodenfunktionen und Bodengefährdungen so aufzubereiten und zu dokumentieren, dass sie auf die üblicherweise vorliegenden Daten (z. B. digitale Bodenkarten etc.) anzuwenden sind. Die Methodensammlung dient auch als Dokumentation für die Produkte des LBEG, die über den Kartenserver bzw. den Produktvertrieb bezogen werden können.

Neben der Methodendokumentation des NIBIS® existieren in verschiedenen Bundesländern ebenfalls seit Ende der neunziger Jahre Methodendokumentationen (z. B. UMWELTBEBÖRDE HAMBURG 1999, UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG 1995, MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND RAUMORDNUNG BRANDENBURG 2000, LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT 1998). Eine Übersicht hierzu hatte der Personenkreis „Auswertungsmethoden der Ad-hoc-AG Boden“ zusammengestellt (AD-HOC-AG BODEN 2003). Das 1989 vom damaligen NLfB, dem jetzigen LBEG, begonnene Konzept wurde von der Ad-hoc-AG Boden aufgenommen und mündete in die Methodendokumentation der AD-HOC-AG BODEN (2000) und im Methodenwiki der AG Boden (www.methoden-wiki-bodenkunde.de).

Vor allem das Bundesbodenschutzgesetz forcierte das Bemühen, Verfahren zur Bewertung von Bodenfunktionen aufzustellen. In Niedersachsen wurde parallel neben der Entwicklung von anwendbaren Methoden auch die digitale Umsetzung der Methodenbank des NIBIS® durchgeführt (HEINEKE et al. 1999). Sie wurde zu einem System der Verwaltung von Daten und Methoden (Methodenmanagementsystem MeMaS®) erweitert (HEINEKE et al. 2002). Zurzeit ist das NIBIS® soweit ausgebaut, dass für alle Planungsverfahren Bodenteilfunktionskarten routinemäßig bereitgestellt werden können (Abb. 1).

Das Bodeninformationssystem NIBIS® ist heute das zentrale Instrument der bodenkundlichen Beratung für Fragen des Bodenschutzes und der Bodennutzung in Niedersachsen. Für die vorliegende Auflage dieses Methodenbuches wurden bodenkundliche Auswertungsmethoden und Verknüpfungsregeln überarbeitet und dem Stand des Wissens bzw. den Angaben in aktuellen Regelwerken angepasst. Insbesondere neue Erkenntnisse zu den Kennwerten des Wasserhaushaltes (RENGER et al. 2009, DEHNER et al. 2015, DWA 2016) haben die Neubearbeitung des Geoberichts notwendig gemacht. Vor allem die Anpassung der Methoden auf die Bodenkarte von Niedersachsen im Maßstab 1 : 50.000 (BK 50) wurde in dieser Auflage realisiert.

Manche selten oder gar nicht benutzte Methoden oder Verknüpfungsregeln wurden herausgenommen. Um die Vergleichbarkeit zu älteren Versionen des GeoBerichtes 19 zu erhalten, wurde die Zählung der VKR beibehalten. Das führt dazu, dass aktuell einige VKR-Nummern nicht mehr belegt sind und deshalb auch übersprungen werden (z. B. VKR 6.6.1–6.6.3). Die Zählung der Methoden wurde im Vergleich zur letzten Auflage jedoch komplett neu überarbeitet.

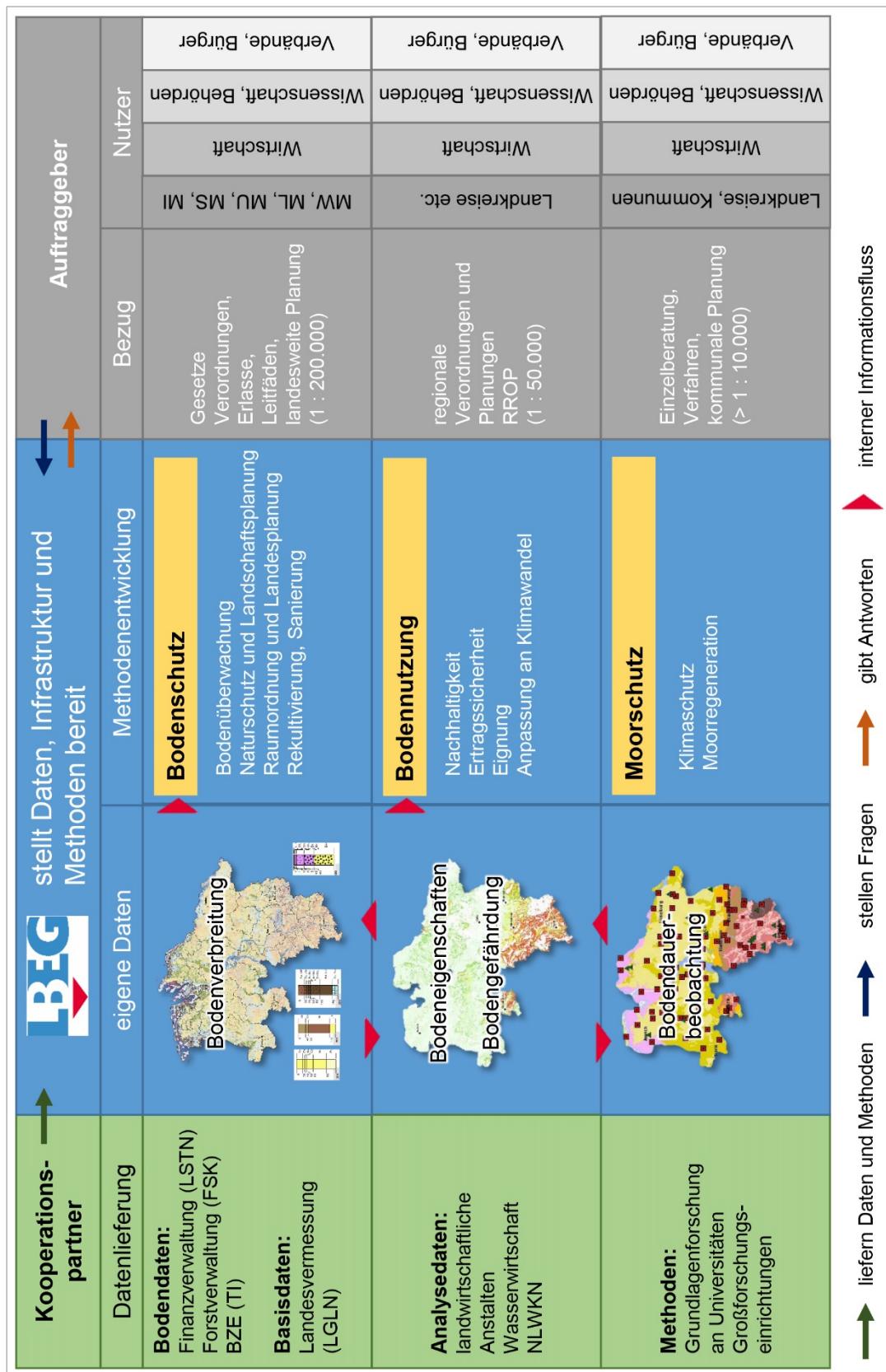


Abb. 1: Fachinformationssystem Bodenkunde.

2. Auswertungsmethoden

2.1. Bodenkundliche Methoden

In dieser Dokumentation wird eine Reihe von Methoden beschrieben, die in der angewandten Bodenkunde zur Bewertung von Bodenfunktionen und Bodeneigenschaften eingesetzt werden. Die hier dargestellten Methoden erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Zudem unterliegen die Methoden einer Weiterentwicklung. Es wird versucht, durch die kontinuierliche Fortführung in einer Onlineversion des GeoBerichtes 19 darauf einzugehen.

2.2. Beschreibung der Methoden

Für eine systematische Vorgehensweise ist die detaillierte Beschreibung der Auswertungsmethoden notwendig. In dieser Methodenbeschreibung in Kapitel 5 aufgeführt sind Angaben zu

- dem Inhalt,
- den Eingangsdaten,
- den Verknüpfungsregeln,
- dem bzw. den abgeleiteten Kennwert(en),
- der Einheit,
- der Maßstabseignung,
- dem Einsatzbereich,
- den Anmerkungen,
- dem Stand und
- der Quelle.

2.3. Darstellung der Methoden

Die Darstellung der Methoden erfolgt jeweils in einem Flussplan (s. Kapitel 5), entsprechend den in den Verknüpfungsregeln beschriebenen Zusammenhängen. Hier werden die für die jeweilige Methode benötigten Eingangsdaten (auch optionale) aufgeführt, und der Verknüpfungsweg der einzelnen VKR bzw. Methoden und ihrer abgeleiteten Kennwerte wird dargestellt (zu den Definitionen s. Kapitel 4).

Bei methodischen Fortschritten wird dieser Flussplan z. B. durch Aufnahme weiterer Eingangsdaten bzw. VKR modifiziert.

2.4. Verknüpfungsregeln

Als wesentliches Element der Methoden beschreiben die VKR in Kapitel 6 die Verarbeitung der Eingangsdaten zu Kennwerten unterschiedlicher Komplexität. Die VKR können in Form von Tabellen oder Regressionsgleichungen dargestellt sein. Sie gelten als Richtlinie für die Verarbeitung der Daten und können begründet modifiziert werden.

Um die Anwendung und die digitale Umsetzung zu erleichtern, wird unter „Kennwertermittlung“ bzw. „Anmerkungen“ z. T. die Vorgehensweise erläutert, wie sie im NIBIS® umgesetzt ist. Neben den Endergebnissen der eigentlichen Methoden (z. B. Sickerwasserrate) können auch die Ergebnisse der einzelnen VKR dargestellt werden.

Die VKR werden nach den folgenden thematischen Bereichen gegliedert:

- 6.1 Bodenphysikalische Kennwerte,
- 6.2 Bodenchemische Kennwerte,
- 6.3 Bodenbiologische Kennwerte,
- 6.4 Klimatische Kennwerte,
- 6.5 Kennwerte zur Bewertung des Bodenwasserhaushaltes,
- 6.6 Kennwerte zur Bewertung von Substanzverlust und Strukturbeeinträchtigung,
- 6.7 Kennwerte zur Bewertung der Filtereigenschaften,
- 6.8 Kennwerte zur Bewertung des Standortes und der Bodenverbesserung.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung von Kennwerten ist in den VKR dokumentiert. Diese sind thematisch zugeordnet und durchlaufend nummeriert. Durch Aufnahme neuer, Modifizierung bestehender oder Wegfall überholter Regeln kann es zu Lücken in der laufenden Nummerierung kommen.

3. Planungsinstrumente und Planungsverfahren

Bodeninformationen werden auf verschiedenen Planungsebenen nachgefragt (s. Tab. 1).

Tab. 1: Maßstabsbereiche der Planungsebenen.

Planungsebene	Maßstab
landesweit	1 : 500.000 1 : 200.000
regional	1 : 50.000 1 : 25.000
lokal	1 : 10.000 1 : 5.000

Für die lokale Planungsebene werden die hoch aufgelösten Bodenschätzungsdaten herangezogen. Die Profilbeschreibungen der Bodenschätzung werden in den derzeitigen bodenkundlichen Sprachgebrauch (KA4, AG BODEN 1994; KA5, AD-HOC-AG BODEN 2005) übersetzt, so dass sie für die Auswertung und Ableitung von Bodenfunktionskarten nutzbar sind. Hierzu wurde ein Verfahren der Übersetzung und Nachbearbeitung digitaler Bodenschätzungsdaten entwickelt (ENGEL & MITHÖFER 2003, BARTSCH et al. 2003).

Diesen Planungsebenen können Planungsverfahren (Fachplanungen) zugeordnet werden, z. B. Landschaftsrahmenpläne, Raumordnungsverfahren, Flurbereinigungsverfahren etc.

Tab. 2: Bodenkundliche Teilbeiträge in Gesetzen bzw. Verordnungen.

gesetzlicher Rahmen	landesweite Planungsebene	regionale Planungsebene	lokale Planungsebene
Landesplanung NROG	LROP	RROP	FNP B-Plan
Naturschutz NNatSchG	Landschaftsprogramm	Landschaftsrahmenplan	Landschaftsplan Grünordnungsplan NSG-Ausweisung LSG-Ausweisung
BauG			Bauleitplanung
Bodenschutz BBodSchG	untergesetzliche Regelwerke	untergesetzliche Regelwerke	untergesetzliche Regelwerke gute fachliche Praxis
Wasserschutz NWG EU-WRRL	Bestandsaufnahme	Bestandsaufnahme	Schutzbestimmungen landwirtschaftliche Zusatzberatung Schutzgebietsausweisung Bewirtschaftungspläne Monitoringprogramme
Düngeverordnung			Ausführungsbestimmungen
Flurbereinigungsgesetz		agrарstrukturelle Entwicklungsplanung	Agrарstrukturplanung Planfeststellung
NAbfG, BlmschG		Deponieleitplanung Bezirksabfallplan	Deponieplanung Sanierung, Altlasten
UVP-Gesetz	UVS	UVS	UVS

Die inhaltliche Gestaltung der Planungsinstrumente macht es notwendig, dass die Planungsverfahren in der Regel ressortübergreifend bearbeitet werden. So werden unterschiedliche fachliche Aspekte berücksichtigt. Dabei sollten die jeweiligen Fachplanungen in abgestimmter Form in eine Gesamtplanung münden, die im Idealfall die räumliche Gesamtplanung wieder spiegelt. Die Verfahrensweise und die Inhalte der Fachplanungen sollten bei wiederkehrender Fragestellung exemplarisch dokumentiert werden, um eine gleichgerichtete Nachvollziehbarkeit und Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Zu bodenkundlichen Fachbeiträgen, vor allem hinsichtlich der Umsetzung des Bodenschutzes in verschiedenen Programmen und Fachplanungen, wird angestrebt, in enger Abstimmung mit den Planungsträgern den bodenkundlichen Inhalt zu konkretisieren und Arbeitshilfen zu erstellen.

Die Operationalisierung der natürlichen Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens und der Bewertung schädlicher Bodenveränderungen erfolgt nach dem Bodenschutzgesetz anhand der in Tabelle 4 aufgeführten Kriterien mit den Methoden des NIBIS®. Eine Möglichkeit der zusammenfassenden Bodenfunktionsbewertung ist bei ENGEL & STADTMANN (2020) beschrieben.

Tab. 3: Natürliche Bodenfunktionen, Archivfunktion, Nutzungsfunktionen und schädliche Bodenveränderungen nach BBodSchG und ihre Operationalisierungspraxis in Niedersachsen.

Bodenfunktions- gruppe nach BBodSchG	BBodSchG §	Bodenteilfunktionen	Kriterien	Methoden/ VKR
natürliche Funktionen	2, 1 (a)	Lebensgrundlage und -raum für Menschen	natürliche Bodenfruchtbarkeit	<i>BFR</i>
		Lebensgrundlage und -raum für Tiere und Pflanzen	Naturnähe, Biotop- entwicklungspotenzial, Extremstandorte	<i>BKF, OEKO</i>
		Lebensgrundlage und -raum für Bodenorganismen	bodenbiologische Kenngrößen	<i>BAK, LEB</i>
	2, 1 (b)	Bestandteil des Wasserkreislaufs	Bodenwasserhaushalt	<i>nFK, FK, We, W_{pfl}, nFKWe, FKWe</i>
		Bestandteil des Wasserkreislaufs	Wasserspeicher- vermögen / Wasserrückhalt	<i>FK1M, FK2M</i>
		Bestandteil des Wasserkreislaufs	Grundwasser- neubildung	<i>SWR</i>
		Bestandteil des Nährstoffkreislaufs	Nährstoffspeicher- vermögen	<i>KAK_{eff}, SWe</i>
	2, 1 (c)	Filter und Puffer für anorganische Schadstoffe	Filterpotenzial gegen- über Schwermetallen	<i>FSM_o</i>
		Filter und Puffer für organische Schadstoffe	Filterpotenzial gegenüber Organika	<i>FOB</i>
		Puffervermögen des Bodens für saure Einträge	Pufferbereich	<i>PB</i>
		Filter für nicht sorbierbare Stoffe	standörtliches Verlagerungspotenzial für nicht sorbierbare Stoffe	<i>AH</i>
Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	2, 2	Archiv der Naturgeschichte	naturgeschichtliche Bedeutung	siehe GeoBerichte 8 (Bug et al. 2019)
		Archiv der Kulturgeschichte	kulturgeschichtliche Bedeutung	
			Seltenheit	
Nutzungsfunktion	2, 3 (c)	Standort für Landwirtschaft	Bodenfruchtbarkeit	<i>BFR</i>
		Standort für Landwirtschaft	Beregnungs- bedürftigkeit	<i>mBm, fBm</i>
		Standort für Landwirtschaft	absolutes Grünland	<i>AbsGL</i>
	2, 3 (d)	Standort für sonstige wirtschaftliche Nutzungen, Verkehr	Klassen für Erdarbeiten	<i>BOKLA</i>
		Standort für sonstige wirt- schaftliche und öffentliche Nutzungen, Versorgung	Geothermie	<i>EK</i>
schädliche Bodenveränderung	3		Erosion Wind	<i>E_{natwi}, EgWa</i>
			Erosion Wasser	<i>E_{natwa}, E_{akwa}</i>
			Verdichtung	<i>VDst, VDBF</i>
			Verschlämmung	<i>VER</i>
			Humusschwund	

4. Definitionen zur Methodenbank

Methodenbank

Die Methodenbank ist eine strukturierte Sammlung von → Methoden, → Verknüpfungsregeln und Beschreibungen ihrer Eigenschaften, einschließlich der Werkzeuge zur Definition der Struktur und zur Ermittlung ihrer Eigenschaften.

Methode

Eine Methode ist eine Folge von Verarbeitungsschritten, in denen aus → Eingangsdaten weitere Daten bzw. → Kennwerte gewonnen werden. Am Ende einer Methode steht eine Bewertung des finalen Kennwerts. Bei den hier verwendeten Methoden handelt es sich ausschließlich um empirische Methoden, die i. d. R. aus Messdaten abgeleitet sind und in Form von → Verknüpfungsregeln, Formeln oder Tabellen darstellbare Beziehungen abbilden. Sie basieren auf Zusammenhängen zwischen Ursache (→ Eingangsdaten) und Wirkung (→ Kennwert), beschreiben jedoch nicht – wie z. B. bei numerischen Simulationsmodellen – funktional die zugrundeliegenden Prozesse.

Verknüpfungsregel (VKR)

Verknüpfungsregeln sind die Untereinheiten von → Methoden. Die Methoden beruhen i. d. R. auf empirisch ermittelten und in VKR beschriebenen Zusammenhängen. Manche der hier dargestellten Methoden bestehen nur aus einer VKR und der dazugehörigen Bewertung. Eine VKR kann eine einfache Tabelle oder auch eine Formel enthalten, mit denen aus bodenkundlichen und anderen Standorteigenschaften (z. B. Klimakenngrößen, Landnutzung, Relief) ein finaler → Kennwert bzw. Kennwerte oder auch → Eingangsdaten für andere VKR oder → Methoden abgeleitet werden. Am Ende einer VKR kann auch bereits eine Bewertung des finalen Kennwerts stehen, muss jedoch nicht.

Eingangsdaten

Eingangsdaten sind die Daten, die in eine → Methode oder in eine → VKR eingehen. Sie können im Feld erhoben, im Labor gemessen, Boden- oder anderen Karten (Landnutzung) entnommen oder aus anderen Quellen (z. B. Wetterdienst) bezogen werden. Zum Teil handelt es sich dabei auch um → Kennwerte, die mittels einer anderen → Methode bzw. → VKR abgeleitet wurden.

Kennwert

Der Kennwert ist ein fachliches Datum und wird mittels einer definierten → Methode bzw. → VKR aus bestimmten → Eingangsdaten abgeleitet, die z. T. auch im Gelände oder im Labor direkt erhoben werden.

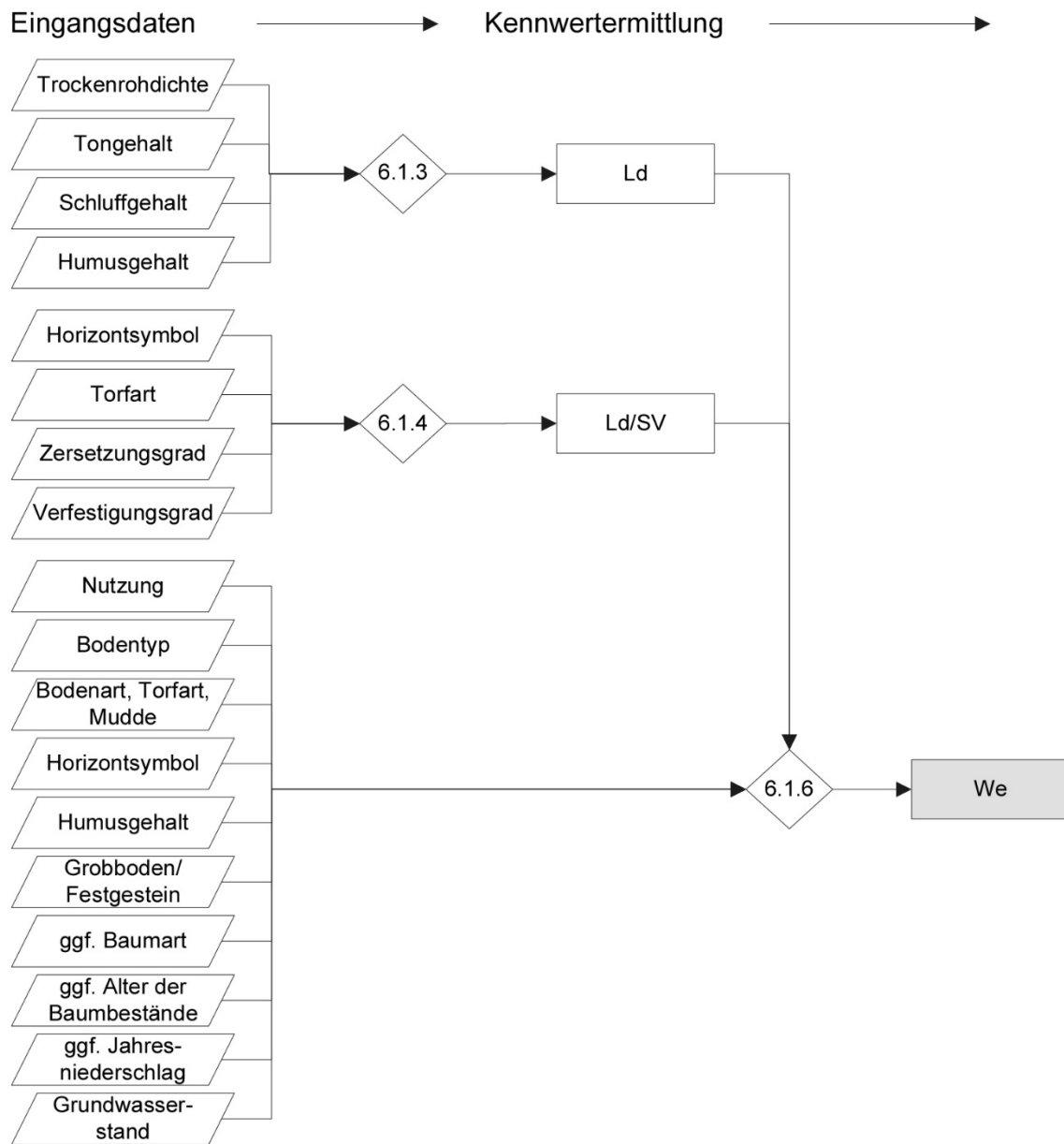
5. Verzeichnis der Methodenbeschreibungen

M 5.1	Effektive Durchwurzelungstiefe	14
M 5.2	Grundwasserstufe	16
M 5.3	Bodenkundliche Feuchtestufe	18
M 5.4	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum.....	20
M 5.5	Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	22
M 5.6	Mittlerer kapillarer Aufstieg (TUB_BGR-Verfahren)	24
M 5.7	Pflanzenverfügbares Bodenwasser.....	26
M 5.8	Sickerwasserrate (TUB_BGR-Verfahren)	28
M 5.9	Auswirkungsgrad von Grundwasserabsenkungen.....	30
M 5.10	Standörtliches Verlagerungspotenzial (Austauschhäufigkeit).....	32
M 5.11	Verschlämmungsneigung von Oberböden	34
M 5.12	Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	36
M 5.13	Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	38
M 5.14	Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind.....	40
M 5.15	Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	42
M 5.16	Verdichtungsempfindlichkeit von Böden	44
M 5.17	Verhalten von organischen Schadstoffen in Böden	47
M 5.18	Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden.....	50
M 5.19	Verhalten von Schwermetallen in Böden	53
M 5.20	Denitrifikationspotenzial	55
M 5.21	Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften.....	56
M 5.22	Beregnungsbedürftigkeit von landwirtschaftlichen Flächen	58
M 5.23	Biotopentwicklungspotenzial	60
M 5.24	Standortspezifisches Nährstoffpotenzial	62
M 5.25	Natürliche Ertragsfähigkeit nach Bodenschätzung	64
M 5.26	Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit).....	66
M 5.27	Absolutes Grünland	68
M 5.28	Bodenklassen nach DIN 18300.....	70
M 5.29	Anzahl von Bodenmieten bei Linienbauwerken	72
M 5.30	Spezifische Wärmeentzugsleistung	74
M 5.31	Wärmekapazität von Böden	76
M 5.32	Temperaturleitfähigkeit von Böden.....	78
M 5.33	Wärmeleitfähigkeit von Böden.....	80
M 5.34	Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren	82

Methodenbeschreibung 5.1

Inhalt	Effektive Durchwurzelungstiefe	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Lagerungsdichte ¹⁾ (LD) Nutzung (KULTUR) Grobboden, Festgestein (SKEL) Humusgehalt (HUMUS)	Bodentyp (BODTYP) Horizontsymbol (HORIZ) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
Verknüpfungsregeln	6.1.6	
Kennwert	We	
Einheit	[dm]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Wasserwirtschaft:	Standortbewertung, Wasserhaushalt Wasserrechtsverfahren
Anmerkungen	Beschreibt die Mächtigkeit der Bodenzone, in der die nutzbare Feldkapazität von den Pflanzenwurzeln ausgeschöpft werden kann. Die Durchwurzelung (Vorhandensein einzelner Wurzeln) ist bei Lockersedimenten im Regelfall größer als die We. Die We sollte daher nur als Tiefenbezug für wasser- und stoffhaushaltliche Kennwerte (z. B. nFK, KAK) verwendet werden. ¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 abgeleitet werden	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2016): Forstliche Standortaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 7. Aufl.; Eching (IHW). DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3]. RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., Geofakten 9: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).	

5.1 Effektive Durchwurzelungstiefe (We)

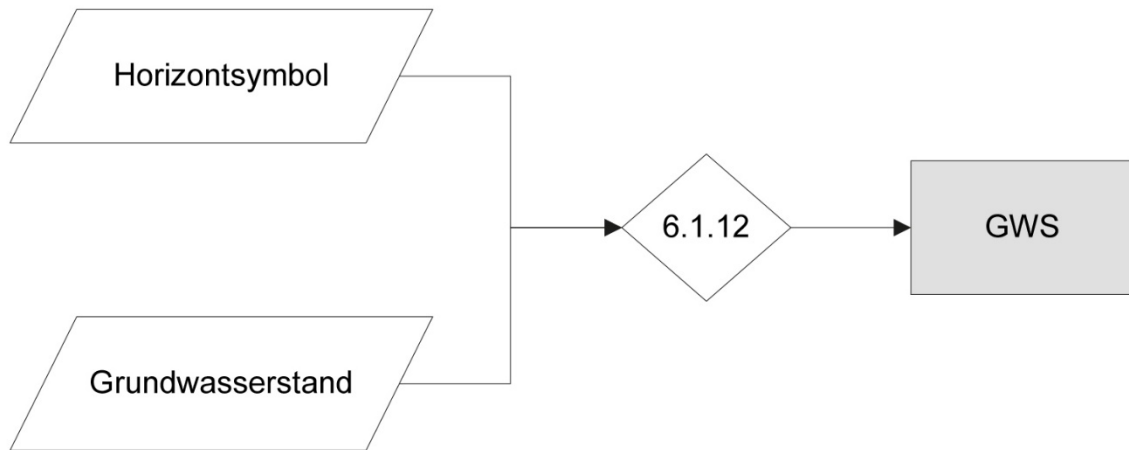


Methodenbeschreibung 5.2

Inhalt	Grundwasserstufe	
Eingangsdaten	Horizontsymbol (HORIZ) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Verknüpfungsregeln	6.1.12	
Kennwert	GWS	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Wasserwirtschaft:	Wasserrechtsverfahren
Anmerkungen	Beschreibt und bewertet die Tiefe des im Boden auftretenden (oberflächennahen) Grundwassers im Bezug zur Geländeoberfläche. Der Grundwasserabstand variiert im Jahresverlauf. Die Grenzen des grundwasserbeeinflussten und permanent gesättigten Bereichs können im Bodenprofil bodenkundlich bestimmt werden. Die Grundwasserstufe bewertet dieses Grundwasserregime mit Hilfe eines eindeutigen Kennwertes.	
Stand	November 2019	
Quelle	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.	

5.2 Grundwasserstufe (GWS)

Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



Methodenbeschreibung 5.3

Inhalt	Bodenkundliche Feuchtestufe	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Horizontsymbol (HORIZ) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD)	Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstände (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.4</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.8, 6.1.2, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1	
Kennwert	BKF	
Einheit	[–]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Abfallentsorgung: Standortbeurteilung Baurecht: Flächennutzungsplan, B-Plan Landesplanung: RROP Naturschutz: LRP, LP, UVS Wasserwirtschaft: Wasserrechtsverfahren	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H. (1987): Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 53 : 95–101; Göttingen. ECKELMANN, W. & RENGIER, M. (1981): Erfassung und Darstellung der Trockengefährdung landwirtschaftlich genutzter Standorte am Beispiel der Bodenkundlichen Standortkarte i. M. 1 : 200 000. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 22 : 224–231; Berlin (Parey).	

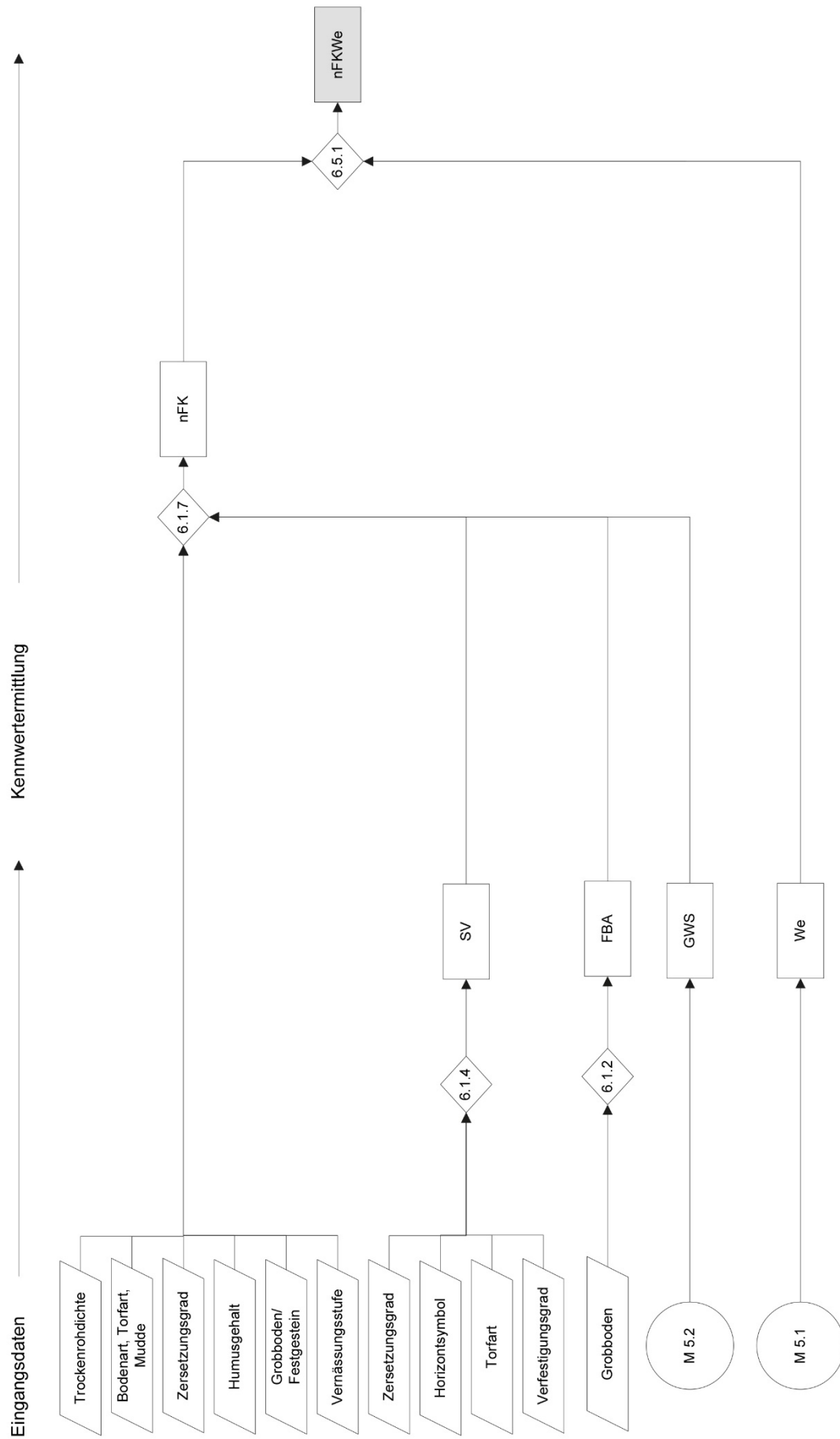
GeoBerichte 19



Methodenbeschreibung 5.4

Inhalt	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD)	Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.1, 6.1.2, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12	
Kennwert	nFKWe	
Einheit	[mm]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Standortbewertung, Beratung Naturschutz: Landschaftsplanung Wasserwirtschaft: Wasserrechtsverfahren	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].	

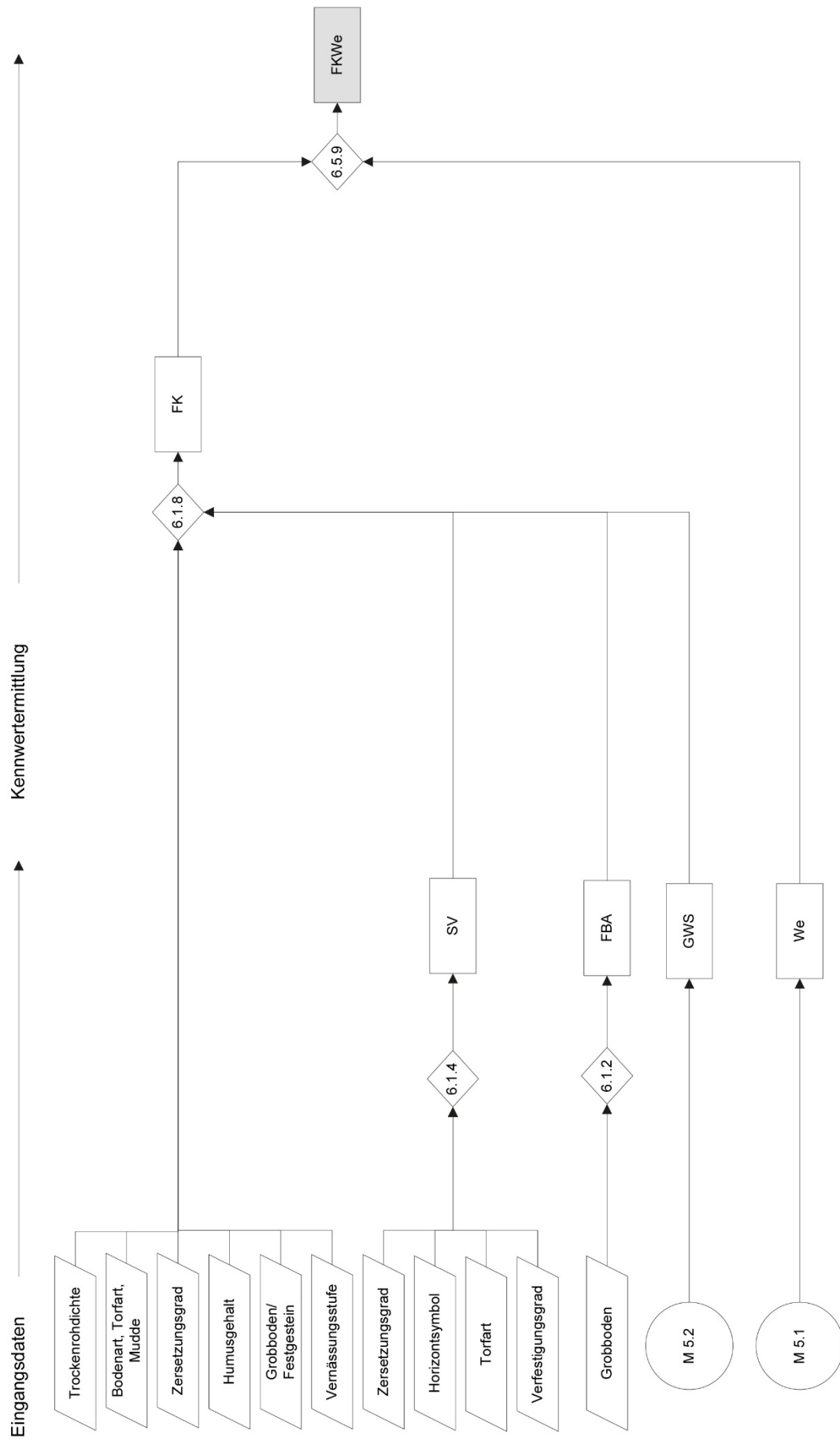
5.4 Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe)



Methodenbeschreibung 5.5

Inhalt	Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD)	Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.9, 6.1.2, 6.1.6, 6.1.8, 6.1.12	
Kennwert	FKWe	
Einheit	[mm]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Naturschutz: Landschaftsrahmenplan Bauplanung: Flächennutzungsplan Wasserrecht: Wasserschutzgebietsausweisung Hochwasserschutz	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].	

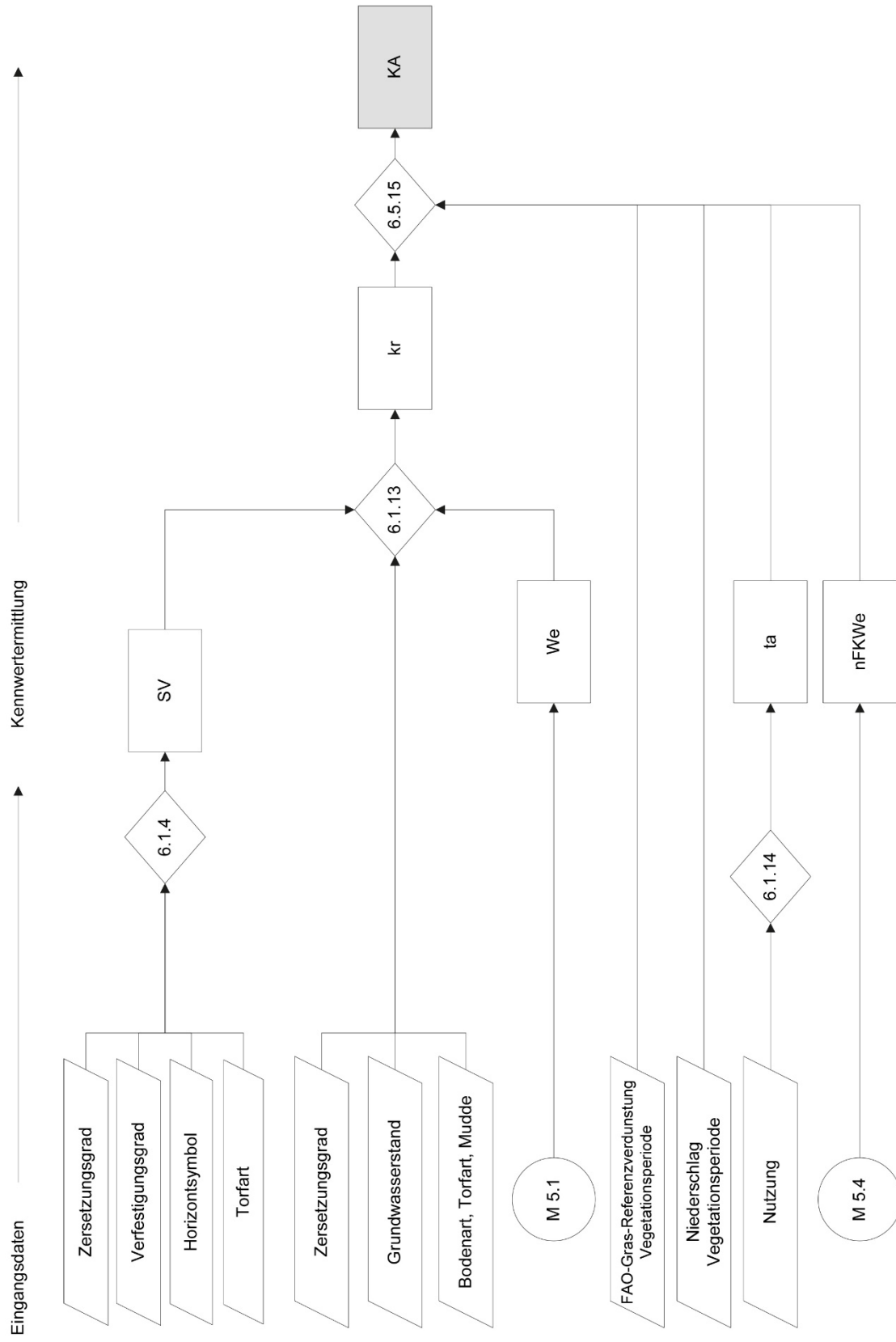
5.5 Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (FKWe)



Methodenbeschreibung 5.6

Inhalt	Mittlerer kapillarer Aufstieg (TUB_BGR-Verfahren)	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOv)
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.4</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.15, 6.1.2, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.5.1	
Kennwert	KA	
Einheit	[mm/a]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Wasserwirtschaft:	Agrarstrukturplanung, Beratung Standortbeurteilung Wasserrechtsverfahren, Schutzgebietsverfahren, EUWRRL
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]. WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolationrate on a regional scale. – Journal of Hydrology 356: 17–27. WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese 40: 66–80.	

5.6 Mittlerer kapillarer Aufstieg (TUB_BGR-Verfahren) (KA)

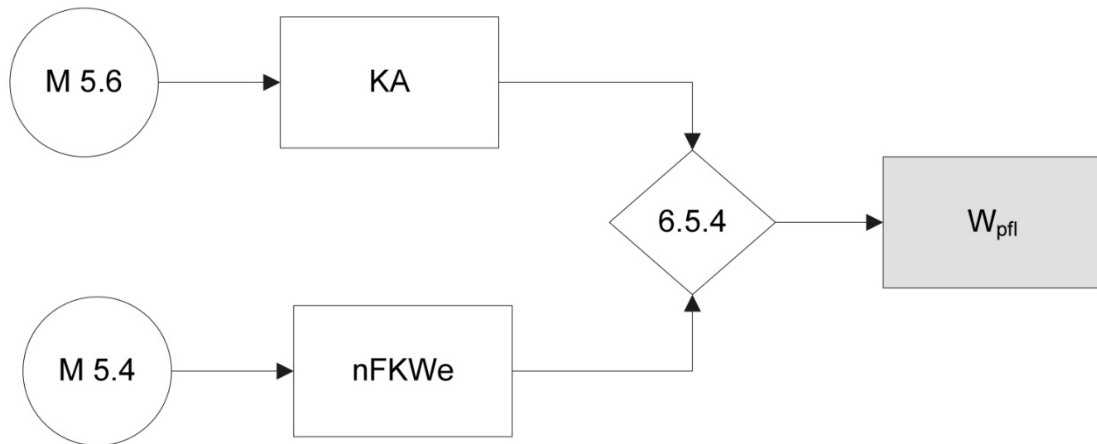


Methodenbeschreibung 5.7

Inhalt	Pflanzenverfügbares Bodenwasser	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOV)
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.4, M 5.6</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.4, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.5.1, 6.5.15	
Kennwert	W_{pfl}	
Einheit	[mm]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung UVS Naturschutz: Landschaftsplan Wasserwirtschaft: Wasserrechtsverfahren	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].	

5.7 Pflanzenverfügbares Bodenwasser (W_{pfl})

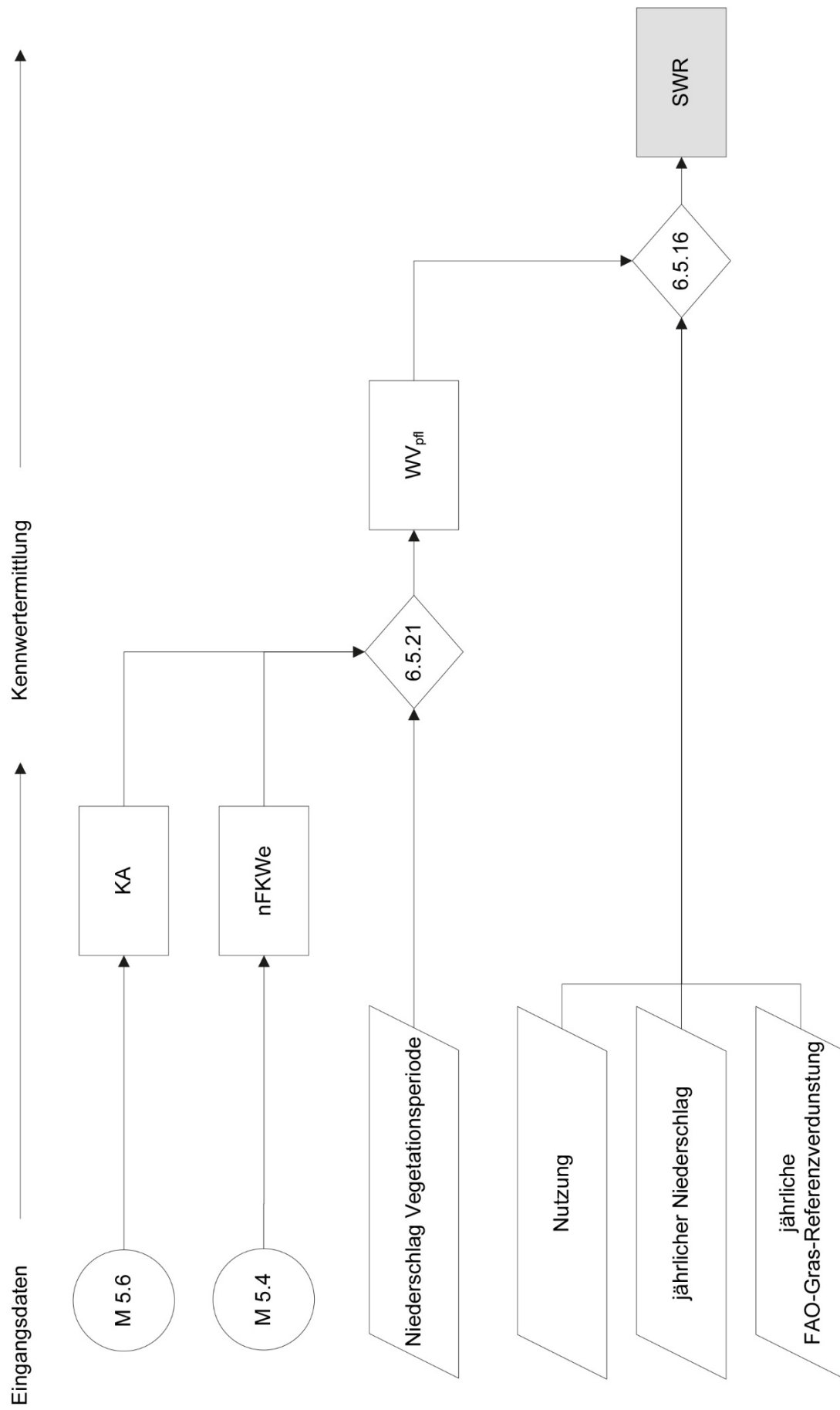
Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



Methodenbeschreibung 5.8

Inhalt	Sickerwasserrate (TUB_BGR-Verfahren)	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOv)
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.4, M 5.6</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.16, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.5.1, 6.5.15, 6.5.21	
Kennwert	SWR	
Einheit	[mm/a]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Agrarstrukturplanung, Beratung Abfallentsorgung: Standortbeurteilung Baurecht: Bauleitplanung Landesplanung: RROP, FNP Naturschutz: Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan Wasserwirtschaft: Wasserrechtsverfahren, Schutzgebietsverfahren, EUWRRL	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1 , 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]. WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolationrate on a regional scale. – In: Journal of Hydrology 356 : 17–27. WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese 40 : 66–80.	

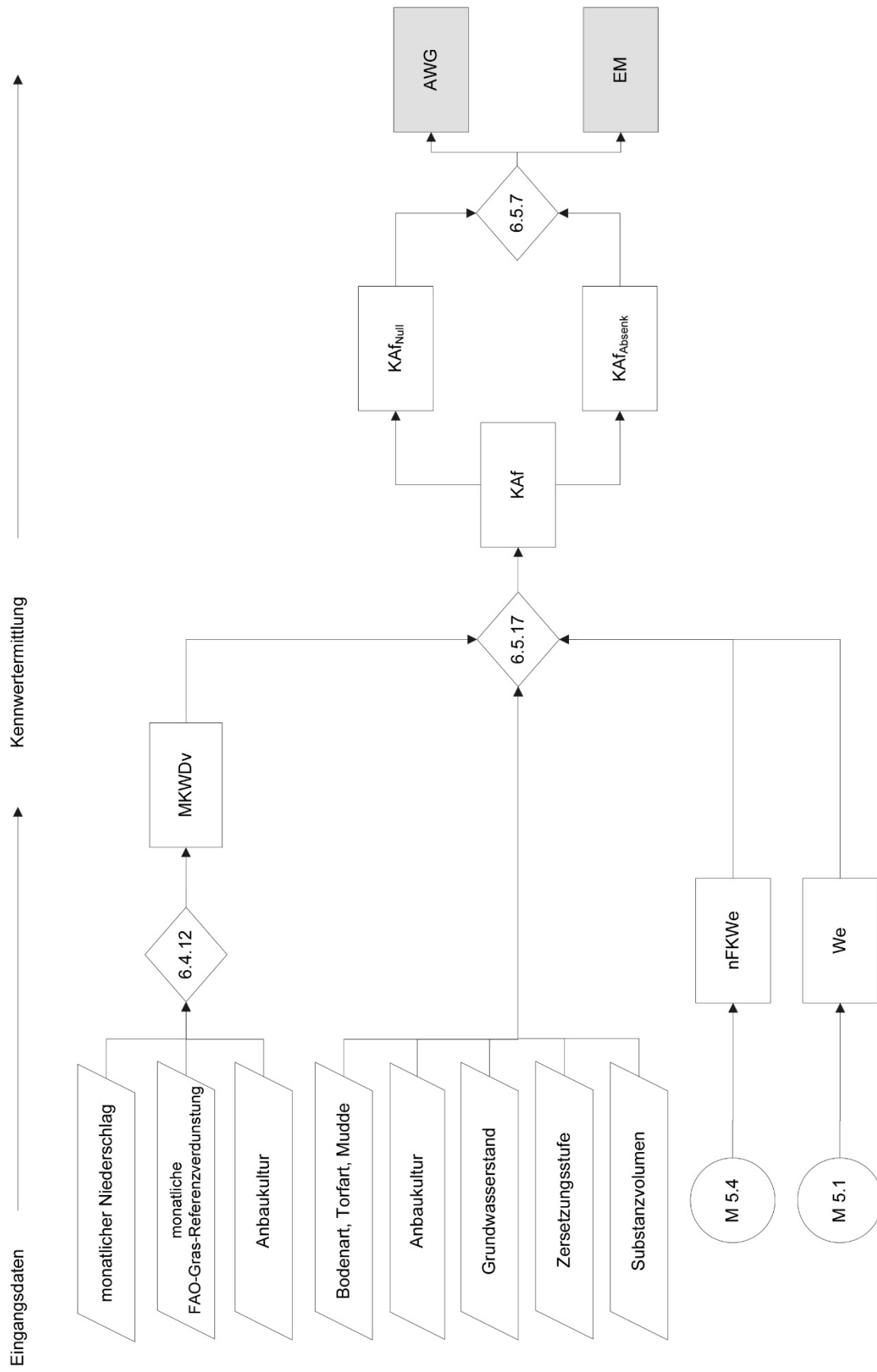
5.8 Sickenwasserrate (TUB_BGR-Verfahren) (SWR)



Methodenbeschreibung 5.9

Inhalt	Auswirkungsgrad von Grundwasserabsenkungen	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BOTYP) Horizontsymbol (HORIZ) Nutzung (KULTUR) Zersetzungsgrad (ZER) Grobboden, Festgestein (SKEL) Feinbodenanteil ³⁾ (FBA) Nutzung (KULTUR)	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Vernässungsstufe (VERNAS) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
	Niederschlag in monatlicher Auflösung FAO-Gras-Referenzverdunstung in monatlicher Auflösung ³⁾ Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.4</i>	
Verknüpfungsregeln	6.5.7, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.4.12, 6.5.1, 6.5.17	
Kennwert	AWG, EM	
Einheit	[-], [%-Ertragsverlust]	
Maßstabseignung	1 : 5.000 – 1 : 10.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Wasserrecht	Wasserrechtsverfahren Beweissicherungsberichte
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quelle	RENGIER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – Geofakten 35 : 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).	

5.9 Auswirkungsgrad von Grundwasserabsenkungen (AWG, EM)

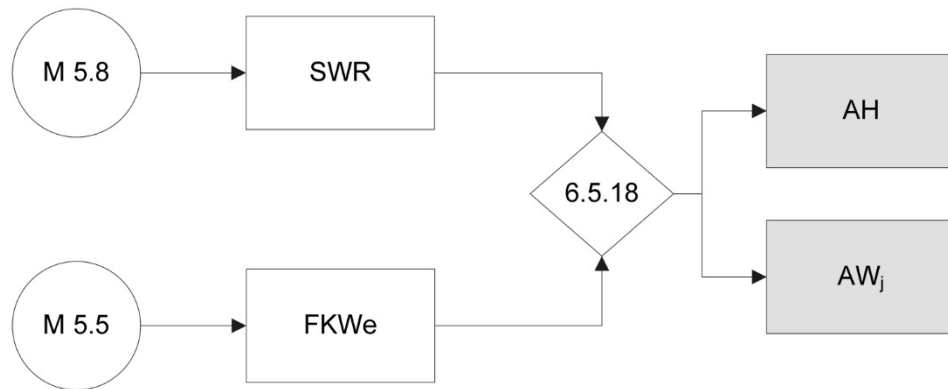


Methodenbeschreibung 5.10

Inhalt	Standörtliches Verlagerungspotenzial (Austauschhäufigkeit)	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOV)
Input aus Methode	M 5.1, M 5.2, M 5.4, M 5.5, M 5.6, M 5.8	
Verknüpfungsregeln	6.5.18, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.5.1, 6.5.9, 6.5.15, 6.5.16, 6.5.21	
Kennwert	AH, AW _j	
Einheit	[Stufe] bzw. [1/a]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung Landesplanung: RROP Naturschutz: Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan UVS Wasserwirtschaft: Schutzgebietsverfahren, Zusatzberatung	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quelle	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].	

5.10 Standörtliches Verlagerungspotenzial (Austauschhäufigkeit) (AH, AW_j)

Eingangsdaten → Kennwertermittlung →

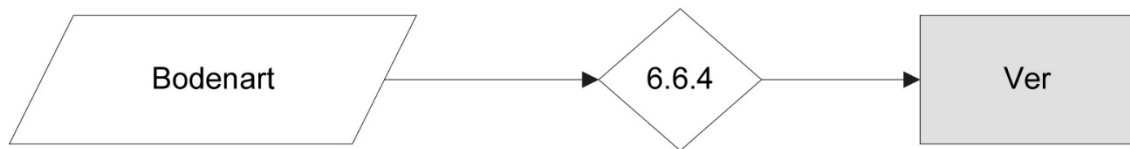


Methodenbeschreibung 5.11

Inhalt	Verschlämmungsneigung von Oberböden	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD)	
Verknüpfungsregeln	6.6.4	
Kennwert	Ver	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung:	Flurbereinigungsverfahren, Beratung
	Landesplanung:	LROP, RROP
	UVS	
	Naturschutz:	Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan
Anmerkungen		
Stand	November 2019	
Quelle	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.	

5.11 Verschlammungsneigung von Oberböden (Ver)

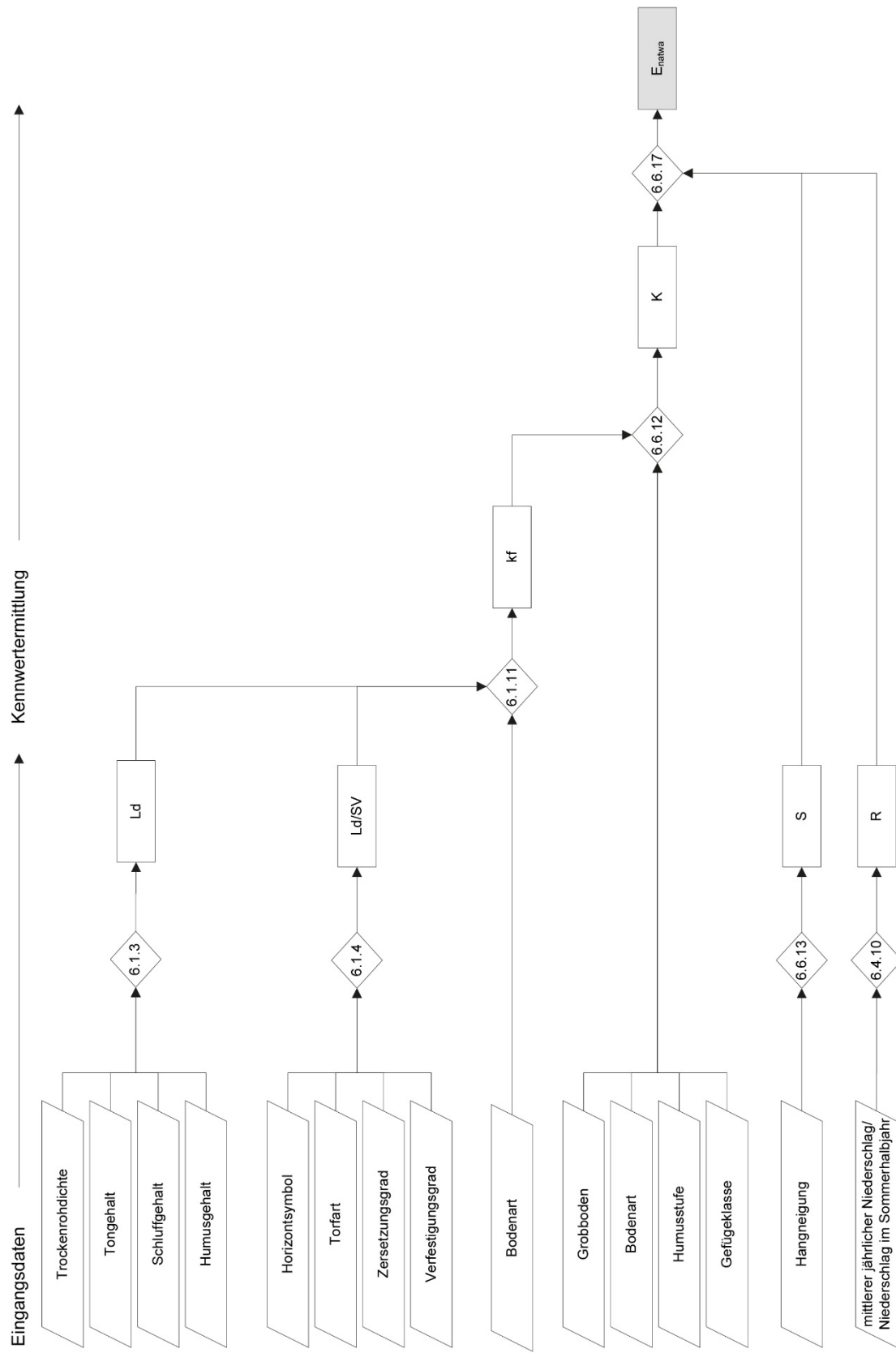
Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



Methodenbeschreibung 5.12

Inhalt	Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart (HNBOD) Hangneigung (NEIGUNG) Gefügekategorie (GEFORM) Humusgehalt (HUMUS)	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Zersetzungsgrad (ZER) Grobboden (SKEL)
	mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr oder im Sommerhalbjahr	
Verknüpfungsregeln	6.6.17, 6.1.11, 6.4.10, 6.6.12, 6.6.13	
Kennwert	E_{natwa}	
Einheit	[t/ha/a bzw. Stufe]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Bodenschutz: Förderrecht:	Flurbereinigungsverfahren, Beratung Gute fachliche Praxis Cross Compliance
Anmerkungen	Zur Ermittlung des „mittleren jährlichen Bodenabtrags“ in t/ha wird die vereinfachte Form der ABAG verwendet. Das Produkt aus K-, R- und S-Faktor bezeichnet als Zwischenergebnis die potenzielle Erosionsgefährdung. ¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer). STEINHOFF-KNOPP, B. & BUG, J. (2019): Aktualisierte K-Faktoren für Niedersachsen. Umsetzung der aktualisierten DIN 19708 im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Bodenschutz 3/2019: 84–89.	

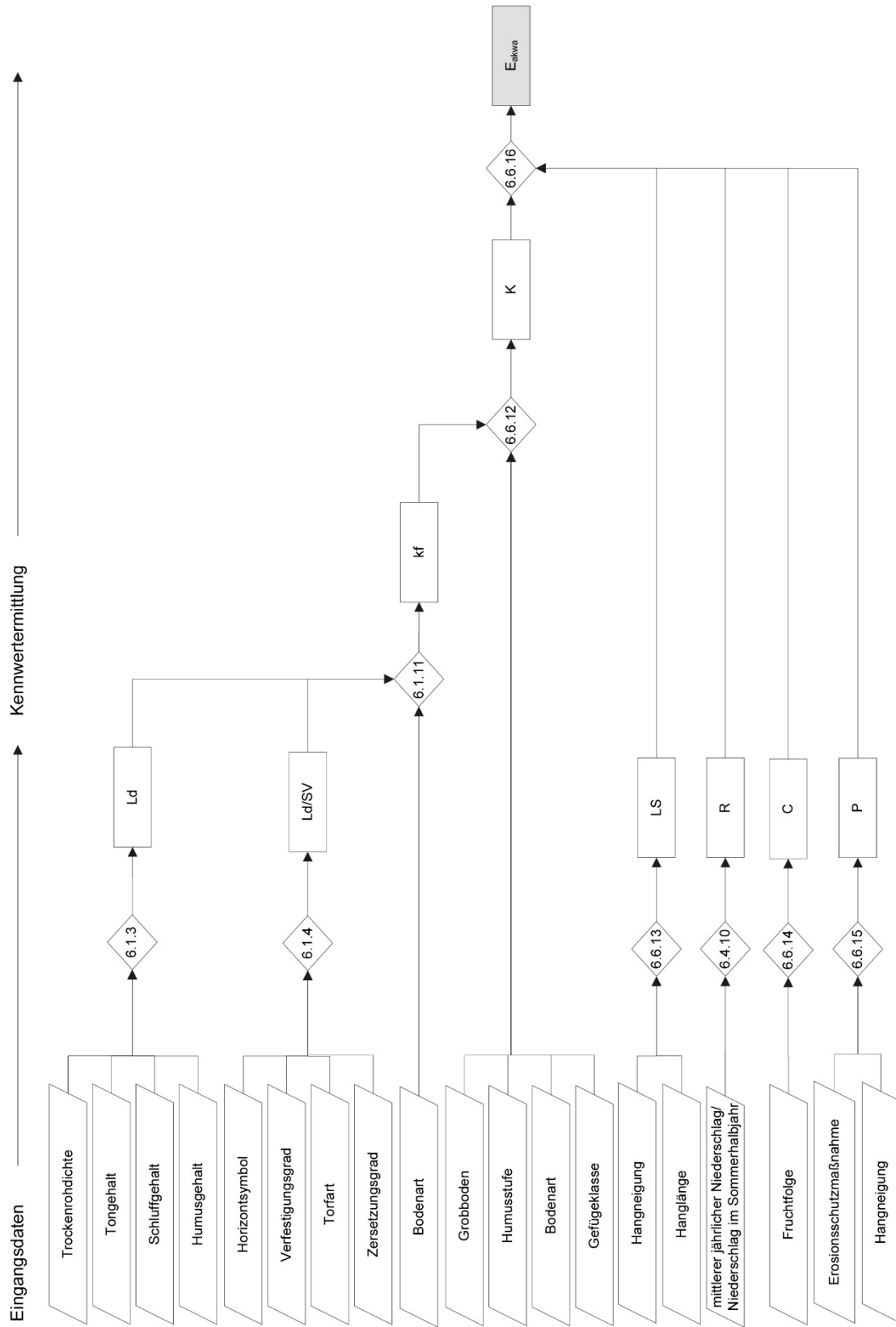
5.12 Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser (E_{natwa})



Methodenbeschreibung 5.13

Inhalt	Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Hangneigung (HNEIG) Hanglänge, erosiv (HLe) Grobboden, Festgestein (SKEL)	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Zersetzungsgrad (ZER) Fruchtfolge (FF) Gefügekategorie (GEFORM)
	Organische Substanz bzw. Humusstufe Art der Erosionsschutzmaßnahmen (nein/ja durch Konturnutzung) mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr oder im Sommerhalbjahr	
Verknüpfungsregeln	6.6.16, 6.1.11, 6.4.10, 6.6.12, 6.6.13, 6.6.14, 6.6.15	
Kennwert	E _{akwa}	
Einheit	[t/ha/a bzw. Stufe]	
Maßstabseignung	1 : 5.000 – 1 : 10.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Bodenschutz: Förderrecht:	Flurbereinigungsverfahren, Beratung Gute fachliche Praxis Cross Compliance
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer). STEINHOFF-KNOPP, B. & BUG, J. (2019): Aktualisierte K-Faktoren für Niedersachsen. Umsetzung der aktualisierten DIN 19708 im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Bodenschutz 3/2019: 84–89.	

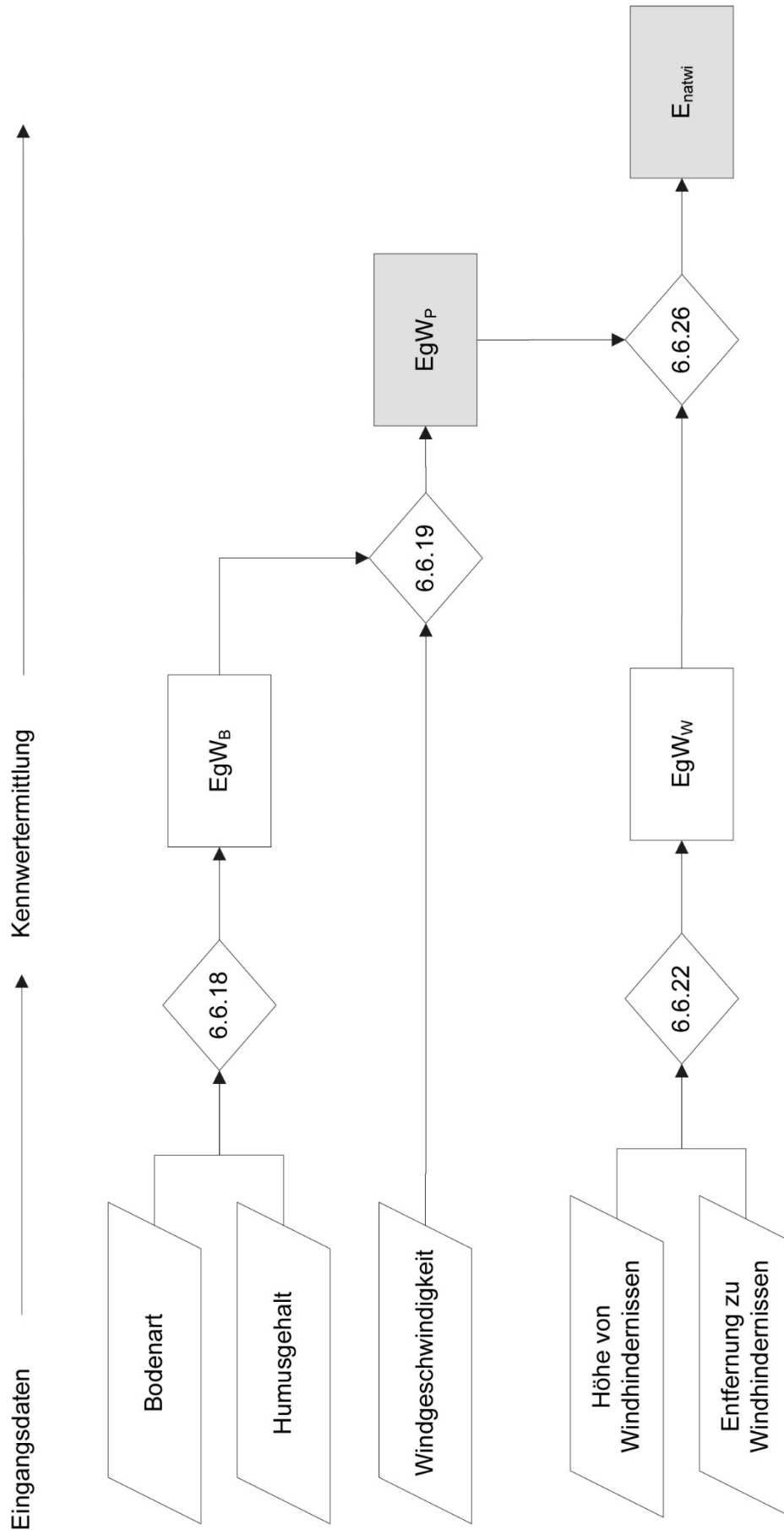
5.13 Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser (E_{akwa})



Methodenbeschreibung 5.14

Inhalt	Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Humusgehalt (HUMUS) Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe Höhe von Windhindernissen/Windschutzhecken (h) Entfernung zu Windhindernissen/Windschutzhecken in senkrechter Richtung zur vorherrschenden Windrichtung	
Verknüpfungsregeln	6.6.26, 6.6.18, 6.6.19, 6.6.22	
Kennwert	E_{natwi}	
Einheit	[Stufe]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Bodenschutz: Förderrecht:	Flurbereinigungsverfahren, Beratung Gute fachliche Praxis Cross Compliance
Anmerkungen	Das Verfahren ermittelt aus der Erodierbarkeit des Oberbodens und der Erosivität des Windes die potenzielle oder standortabhängige Erosionsgefährdung von Böden durch Wind.	
Stand	November 2019	
Quelle	DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).	

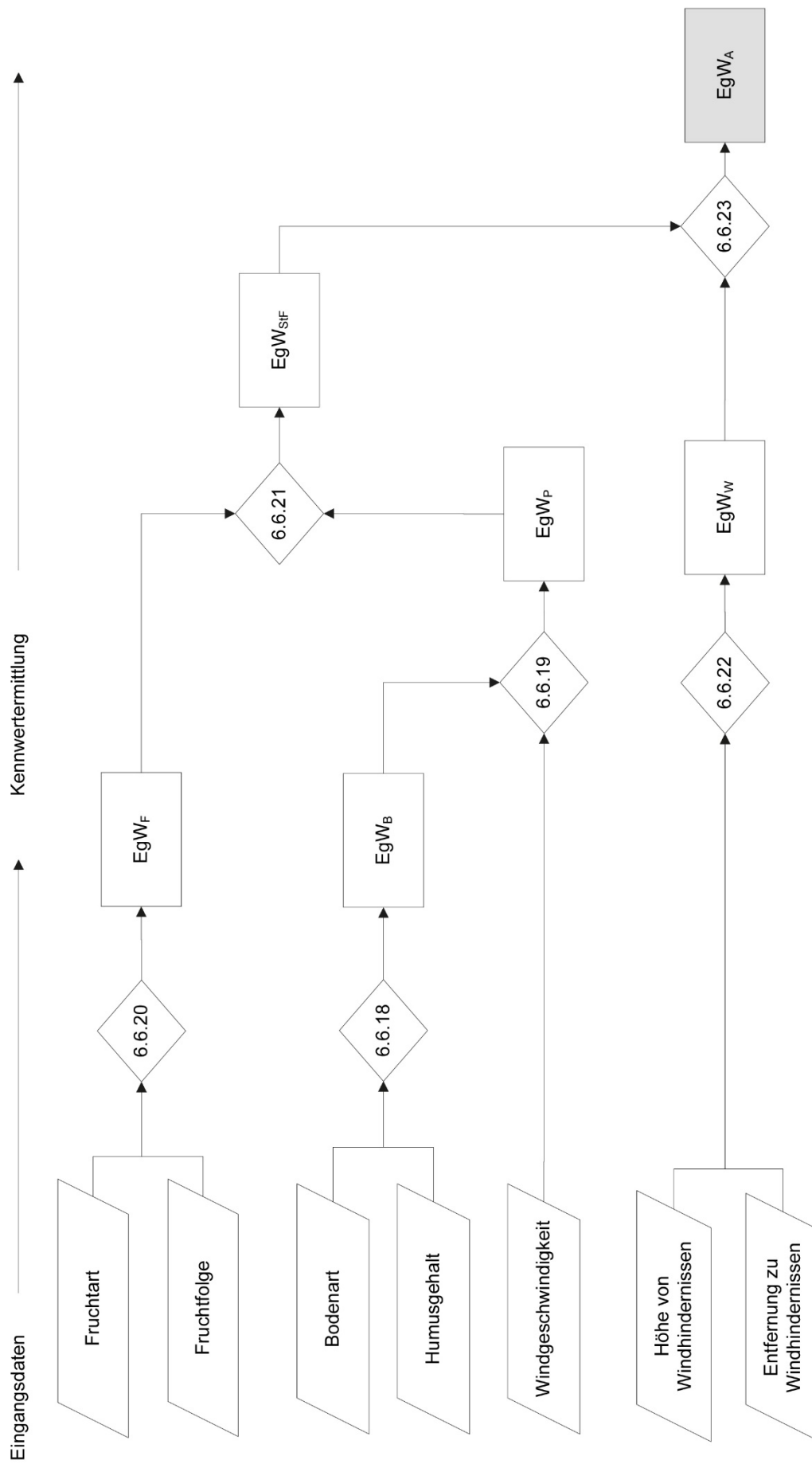
5.14 Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind (E_{natwi})



Methodenbeschreibung 5.15

Inhalt	Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Humusgehalt (HUMUS) angebaute Fruchtarten (KULTUR) bzw. Fruchtfolge Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe Höhe von Windhindernissen/Windschutzhecken (h) Entfernung zu Windhindernissen/Windschutzhecken in senkrechter Richtung zur vorherrschenden Windrichtung	
Input aus Methode	M 5.14	
Verknüpfungsregeln	6.6.23 , 6.6.18, 6.6.19, 6.6.20, 6.6.21, 6.6.22	
Kennwert	EgW _A	
Einheit	[Stufe]	
Maßstabseignung	1 : 5.000 – 1 : 10.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Bodenschutz: Förderrecht:	Flurbereinigungsverfahren, Beratung Gute fachliche Praxis Cross Compliance
Stand	November 2019	
Quelle	DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).	

5.15 Aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind (EgW_A)



Methodenbeschreibung 5.16

Inhalt	Verdichtungsempfindlichkeit von Böden	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BODTYP) Nutzung (KULTUR) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Feinbodenanteil (FBA) ⁴⁾	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte (TRD) Vernässungsstufe (VERNAS) Zersetzungsgrad (ZER) Humusgehalt (HUMUS) Verfestigungsgrad (VERFEST)
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4</i>	
Verknüpfungsregeln	6.6.5, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.9, 6.1.11, 6.1.12, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8	
Kennwert	VD _{pot} , VD _{st} , VDBF	
Einheit	[Stufe]	
Maßstabseignung	1 : 5.000 – 1 : 50.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung Landesplanung: LROP, RROP Naturschutz: Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan UVS	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DIN 19682-10 (2014): Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges. – 2014-07, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB). HORN, R. (1985): Bodenphysikalische Probleme bei der Betrachtung der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden. – Z. f. Vegetationstechnik 8: 1–5. LEBERT M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte 12, 131 S.	

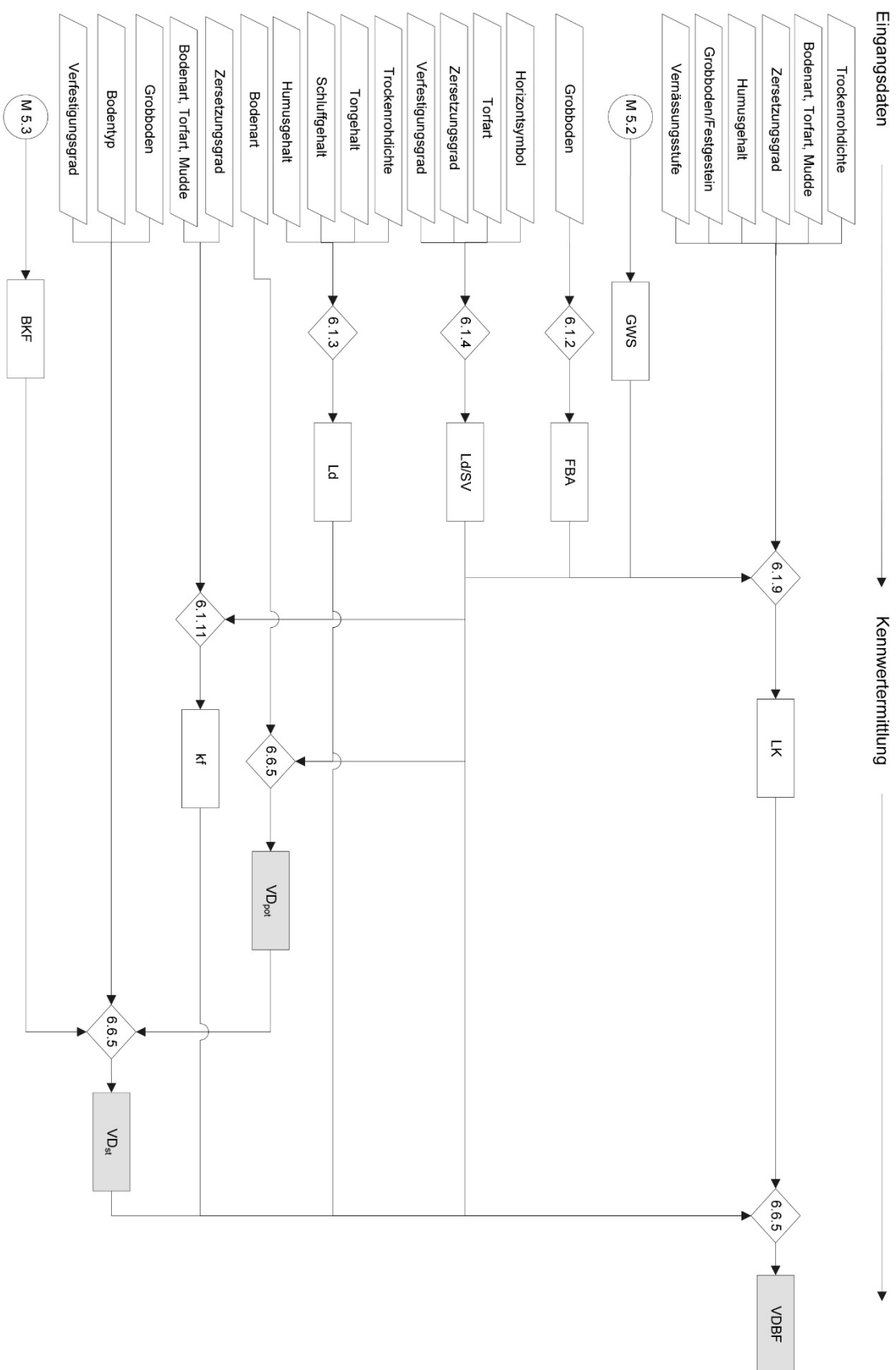
LEBERT, M., BRUNOTTE, J. & SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. – Forschungsbericht 200 71 245. UBA-FB 000706, 128 S.; Berlin.

LEBERT, M. & SCHÄFER, W. (2005): Verdichtungsgefährdung niedersächsischer Ackerböden. – Z. Bodenschutz 2/05: 42–46.

LEBERT, M. (2008): Herleitung und Darstellung der potenziellen mechanischen Verdichtungsempfindlichkeit für Unterböden von Ackerflächen der Bundesrepublik Deutschland. – UBA-Vorhaben FKZ 370771201.

STROBEL, P. (1989): Untersuchungen zur Abschätzung der potentiellen Verdichtungsempfindlichkeit von Böden unter Berücksichtigung der Auswertung von Bodenkarten. – Dipl.-Arbeit Geogr. Inst. der Univ. Hannover [Unveröff.].

5.16 Verdichtungsempfindlichkeit von Böden (VD_{pot} , VD_{st} , $VBDF$)



Methodenbeschreibung 5.17

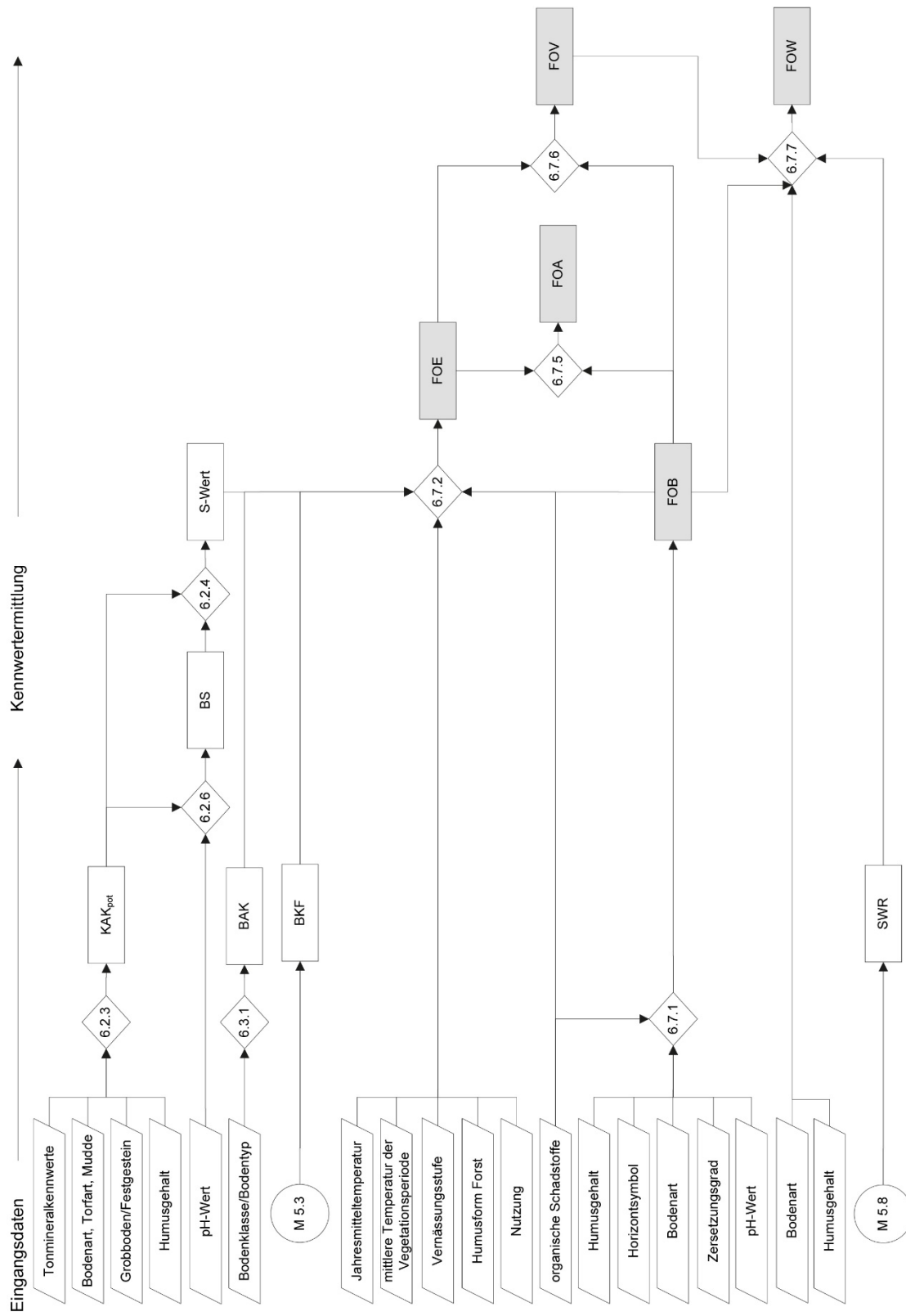
Inhalt	Verhalten von organischen Schadstoffen in Böden	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Zersetzungsgrad (ZER) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Tonmineralkennwerte pH-Wert ³⁾ (PHWERT) Vernässesungsstufe (VERNAS) Organische Schadstoffe	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Jahresmitteltemperatur Monatsmitteltemperatur
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ⁵⁾ mittlere jährliche FAO-Gras-Referenzverdunstung ⁵⁾ Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4, M 5.6, M 5.8</i>	
Verknüpfungsregeln	6.7.1, 6.7.2, 6.7.5, 6.7.6, 6.7.7, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6, 6.3.1, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8, 6.5.15, 6.5.16	
Kennwert	FOB, FOE, FOA, FOV, FOW	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Abfallrecht: Standortfindung Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung Baurecht: Flächennutzungsplan, B-Plan Landesplanung: RROP Naturschutz: Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan UVS Wasserwirtschaft: Schutzgebietsverfahren	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.2.1 bzw. 6.2.17 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden ⁵⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed). DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].	

LITZ, N. (1998): Schutz vor Organika. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde, 5. Erg.-Lfg. 11/98, Kap. 7.6.6, I–II u. 1–28; Weinheim (Wiley-VCH).

LITZ, N. & BLUME, H.-P. (1989): Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. – Z. Kulturtechn. u. Landentw. **30**: 355–364; Berlin (Blackwell).

LITZ, N., WILCKE, W. & WILKE, B.-M. (Hrsg.) (2007): Bodengefährdende Stoffe. – Weinheim (Wiley-VCH).

5.17 Verhalten von organischen Schadstoffen in Böden (FOB, FOE, FOA, FOV, FOW)



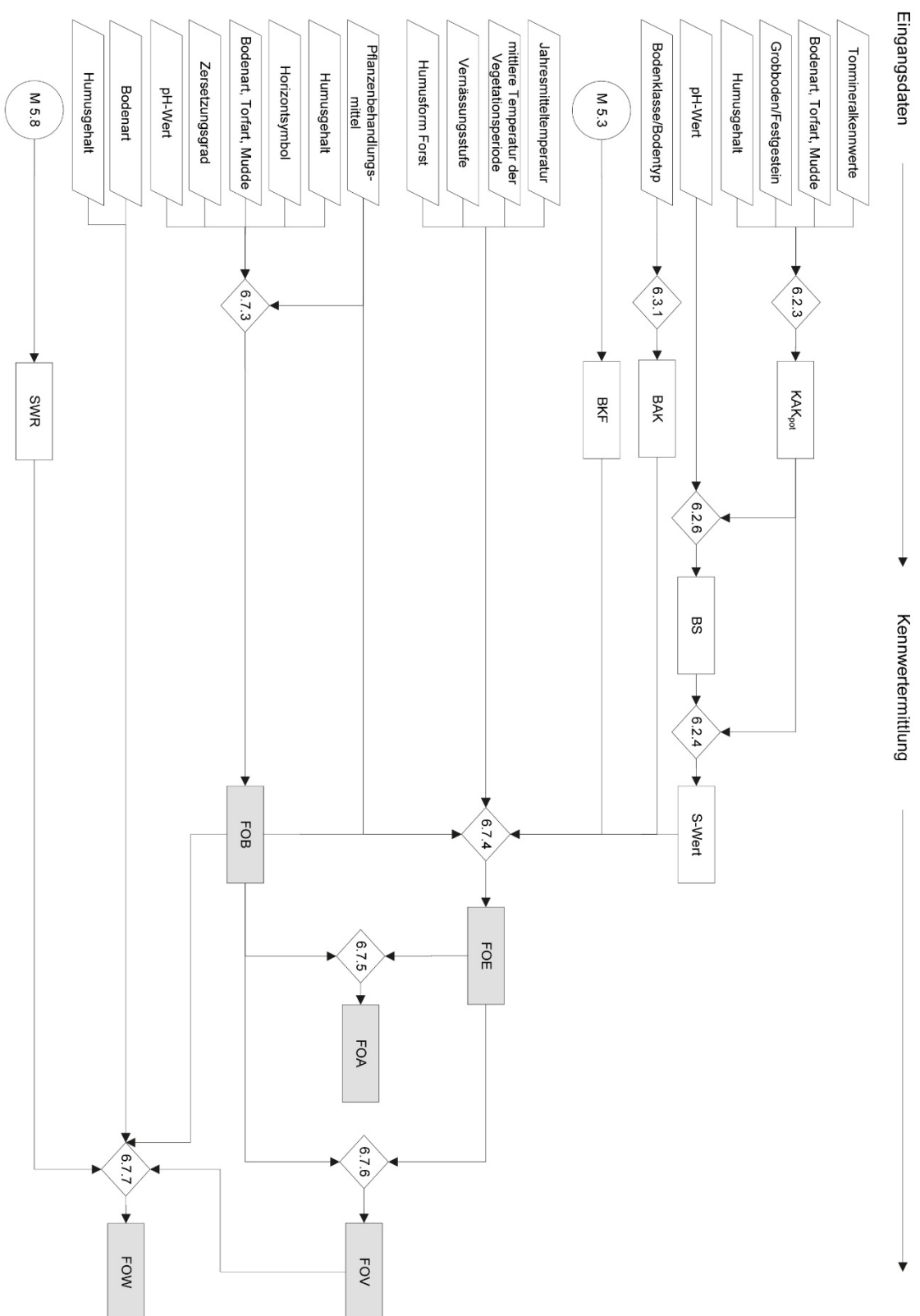
Methodenbeschreibung 5.18

Inhalt	Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Zersetzungsgrad (ZER) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Tonmineralkennwerte pH-Wert ³⁾ (PHWERT) Vernässesungsstufe (VERNAS) Organische Schadstoffe	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Jahresmitteltemperatur Monatsmitteltemperatur
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ⁵⁾ mittlere jährliche FAO-Gras-Referenzverdunstung ⁵⁾ Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4, M 5.6, M 5.8</i>	
Verknüpfungsregeln	6.7.3, 6.7.4, 6.7.5, 6.7.6, 6.7.7 , 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6, 6.3.1, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8, 6.5.15, 6.5.16	
Kennwert	FOB, FOE, FOA, FOV, FOW	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Abfallrecht: Agrarplanung: Baurecht: Landesplanung: Naturschutz: UVS Wasserwirtschaft:	Standortfindung Flurbereinigungsverfahren, Beratung Flächennutzungsplan, B-Plan RROP Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan Schutzgebietsverfahren
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.2.1 bzw. 6.2.17 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden ⁵⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	

Quellen

- BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A **920-2**, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].
- LITZ, N. (1998): Schutz vor Organika. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde, 5. Erg.-Lfg. 11/98, Kap. 7.6.6, I–II u. 1–28; Weinheim (Wiley-VCH).
- LITZ, N. & BLUME, H.-P. (1989): Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. – Z. Kulturtechn. u. Landentw. **30**: 355–364; Berlin (Blackwell).
- LITZ, N., WILCKE, W. & WILKE, B.-M. (Hrsg.) (2007): Bodengefährdende Stoffe. – Weinheim (Wiley-VCH).

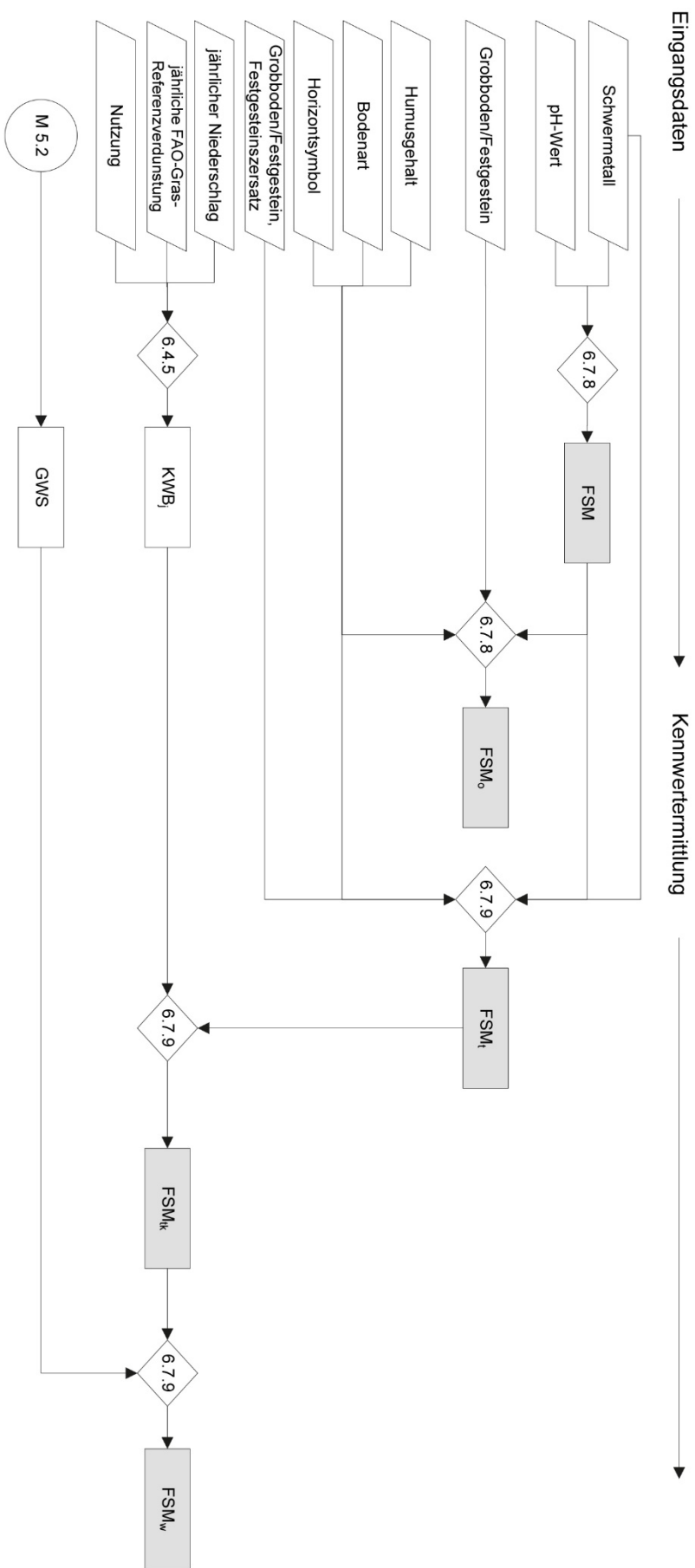
5.18 Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (FOB, FOE, FOA, FOV, FOW)



Methodenbeschreibung 5.19

Inhalt	Verhalten von Schwermetallen in Böden	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Humusgehalt (HUMUS) Auflagehorizont (HORIZ) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) pH-Wert ¹⁾ (PHWERT) Nutzung (KULTUR) Schwermetall mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr mittlere jährliche FAO-Gras-Referenzverdunstung ²⁾ Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)	
Input aus Methode	<i>M 5.2</i>	
Verknüpfungsregeln	6.7.8, 6.7.9, 6.1.12, 6.4.5	
Kennwert	FSM, FSM _o , FSM _t , FSM _{tk} , FSM _w	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Abfallrecht: Standortfindung Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung Baurecht: Flächennutzungsplan, B-Plan Landesplanung: RROP Naturschutz: Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan UVS Wasserwirtschaft: Schutzgebietsverfahren	
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.2.1 bzw. 6.2.17 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quelle	DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. – DVWK-Merkblatt 212 , 8 S.; Hamburg (Parey).	

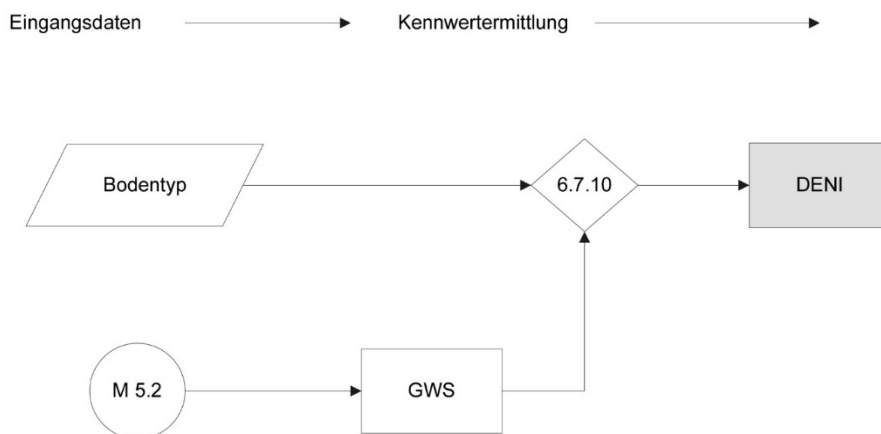
5.19 Verhalten von Schwermetallen in Böden (FSM, FSM_o, FSM_i, FSM_{tk}, FSM_w)



Methodenbeschreibung 5.20

Inhalt	Denitrifikationspotenzial	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Grundwasserstufe (GWS) Vernässungsstufe (VERNAS) ggf. Humusgehalt (HUMUS)	
Input aus Methode	M 5.3	
Verknüpfungsregeln	6.7.10, 6.1.12	
Kennwert	DENI	
Einheit	[kg N/ (ha*a)]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Basis-Emissionsmonitoring Landesplanung: Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan UVS Wasserwirtschaft: Schutzgebietsverfahren	
Anmerkungen	Beschreibt ausschließlich das Denitrifikationspotenzial im Boden (bis 2 m u. GOK), nicht jedoch die Denitrifikation in tieferen ungesättigten und gesättigten Zonen z. B. durch Pyrit.	
Stand	November 2019	
Quellen	GÄTH, S., ANTONY, F., BECKER, K.-W., GERIES, H., HÖPER, H., KERSEBAUM, C. & NIEDER, R. (1997): Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und des Mineralisations-/Immobilisationspotenzials von Böden und Bodennutzungssystemen. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. 85 : 1373–1376, verändert von HÖPER, H. (2005), [Unveröff.]. WIENHAUS, S., HÖPER, H., EISELE, M., MEESENBURG, H. & SCHÄFER, W. (2008): Nutzung bodenkundlich-hydrogeologischer Informationen zur Ausweisung von Zielgebieten für den Grundwasserschutz - Ergebnisse eines Modellprojektes (NOLIMP) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – GeoBerichte 9 : 56 S., 13 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).	

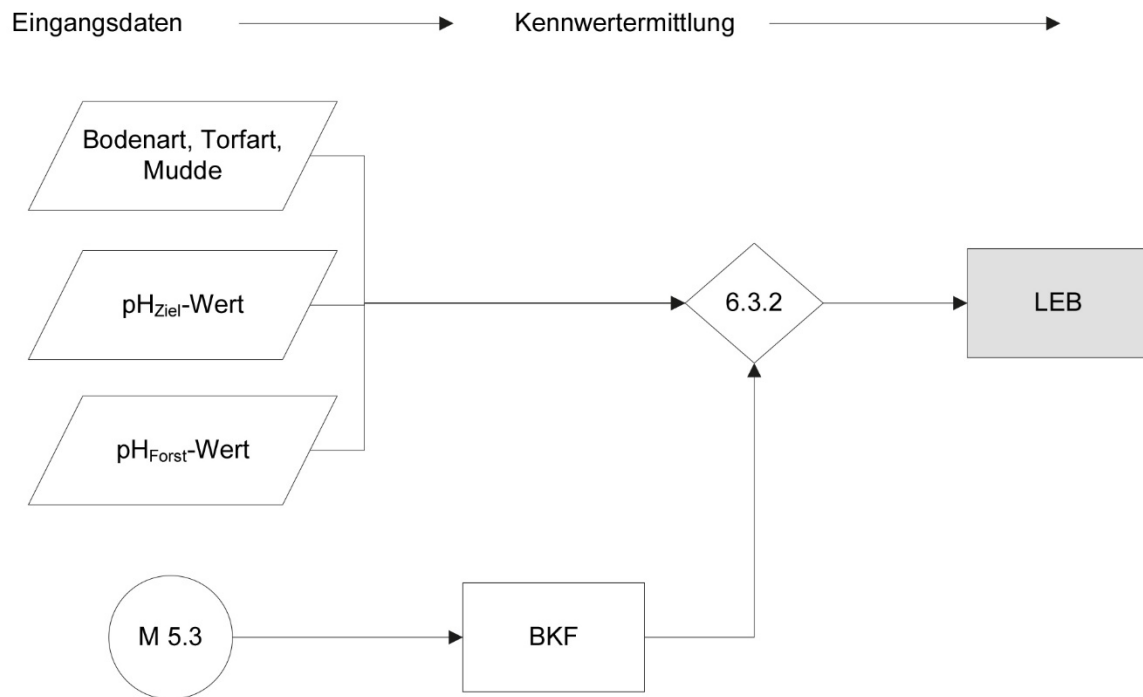
5.20 Denitrifikationspotenzial (DENI)



Methodenbeschreibung 5.21

Inhalt	Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Groboden, Festgestein (SKEL) Zersetungsgrad (ZER) Feinbodenanteil ⁴⁾ (FBA) Horizontsymbol (HORIZ) Trockenrohdichte (TRD)	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Humusgehalt (HUMUS) Vernässungsstufe (VERNAS) pH _{Ziel} -Wert pH _{Forst} -Wert Grundwasserstand (MHGW, MNGW)
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOv)	
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4</i>	
Verknüpfungsregeln	6.3.2, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.2.1, 6.2.17, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8	
Kennwert	LEB	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/Planungsverfahren	Agrarplanung: Landesplanung: Naturschutz: UVS	Flurbereinigungsverfahren, Beratung LROP, RROP Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan
Anmerkungen	Verfahren zur Beschreibung von potenziellen Lebensräumen gemäß § 2 BBodSchG (vorsorgender Bodenschutz) ¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	HÖPER, H. (2002): Ein Verfahren zur flächenhaften Ausweisung von bodenzoologischen Lebensräumen, aufbauend auf dem Konzept der Zersetzergesellschaften von Graefe. – NNA-Berichte 1 /2002: 71–76. HÖPER, H. & RUF, A. (2003): Methode zur flächenhaften Darstellung des Bodens in seiner Funktion als Lebensraum von Bodenorganismen für Planungen im mittleren Maßstab. – Bodenschutz 2 /2003: 41–47.	

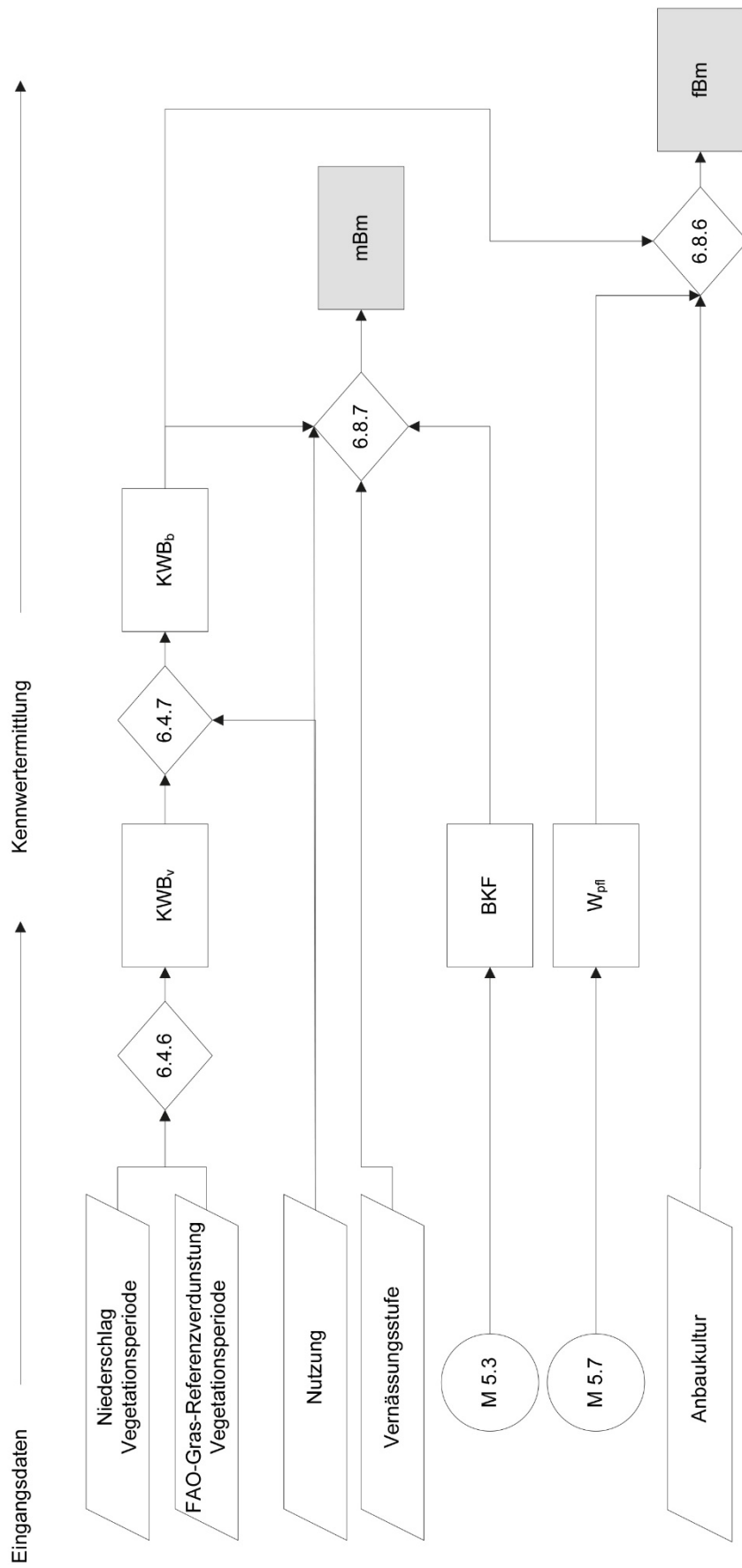
5.21 Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften (LEB)



Methodenbeschreibung 5.22

Inhalt	Berechnungsbedürftigkeit von landwirtschaftlichen Flächen	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (NV) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOV)
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4, M 5.6, M 5.7</i>	
Verknüpfungsregeln	6.8.6, 6.8.7 , 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.14, 6.4.7, 6.5.1, 6.5.4, 6.5.15	
Kennwert	mBm, fBm	
Einheit	[mm/V]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Landesplanung: UVS Wasserwirtschaft:	Beratung RROP wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, Wasserrechtsverfahren
Anmerkungen	¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1 , 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2019): Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung. – DWA-M 590 , 06-2019, 83 S. Renger, M. & Strebel, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. F 13 : 66 S.; Hannover.	

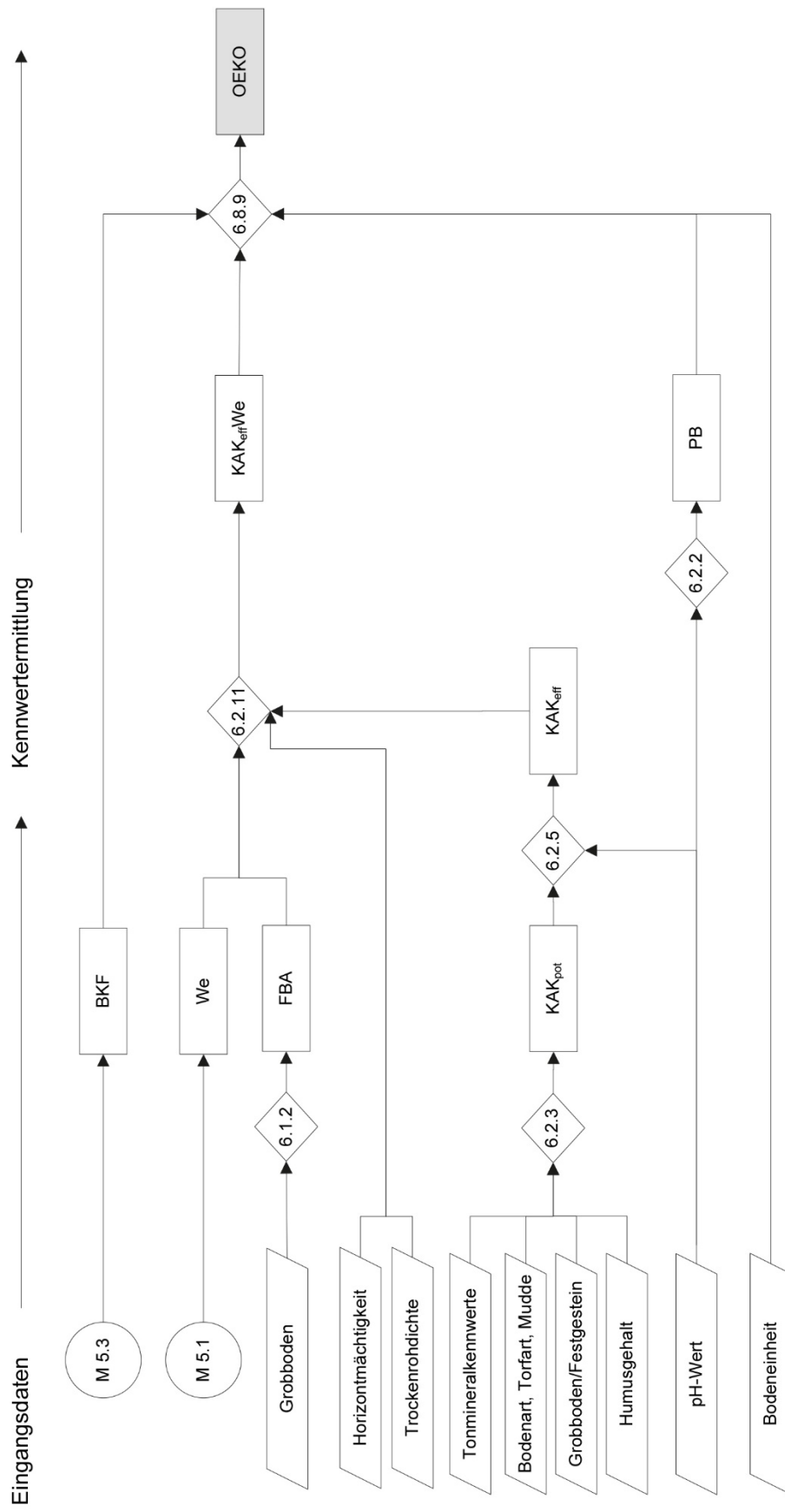
5.22 Beregnungsbedürftigkeit von landwirtschaftlichen Flächen (mBm, fBm)



Methodenbeschreibung 5.23

Inhalt	Biotopentwicklungspotenzial	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Grobboden, Festgestein (SKEL) Horizontsymbol (HORIZ) Horizontmächtigkeit Zersetzungsgrad (ZER) Feinbodenanteil (FBA) ⁴⁾	Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte (TRD) Humusgehalt (HUMUS) Tonmineralkennwerte Vernässungsstufe (VERNAS) pH-Wert (PHWERT) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW)
	mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾	
Input aus Methode	M 5.3	
Verknüpfungsregeln	6.8.9, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6, 6.2.11, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8	
Kennwert	OEKO	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	1 : 500.000 – 1 : 25.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Landesplanung: UVS Naturschutz:	Flurbereinigung RROG Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan, Landschaftsplan
Anmerkungen	Bodeneinheiten werden aufgrund ihrer Feuchtestufe, der KAK und des pH-Wertes in einem Ökogramm abgebildet. Das Ökogramm ist die Grundlage des Biotopentwicklungspotenzials. ¹⁾ kann auch durch VKR 6.1.3 bzw. 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann auch durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann auch durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann auch durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quellen	ARUM (1991): Defizite in der Landschaftsrahmenplanung - Teil Boden, Wasser, Klima/Luft. – Bericht im Auftrag des Landkreises Verden und des Niedersächsischen Umweltministeriums, modifiziert vom NLF (1993); Garbsen [Unveröff.]. BRAHMS, M., HAAREN, C. V. & JANSSEN, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotenzial. – Landschaft und Stadt 21 (3): 110–114.	

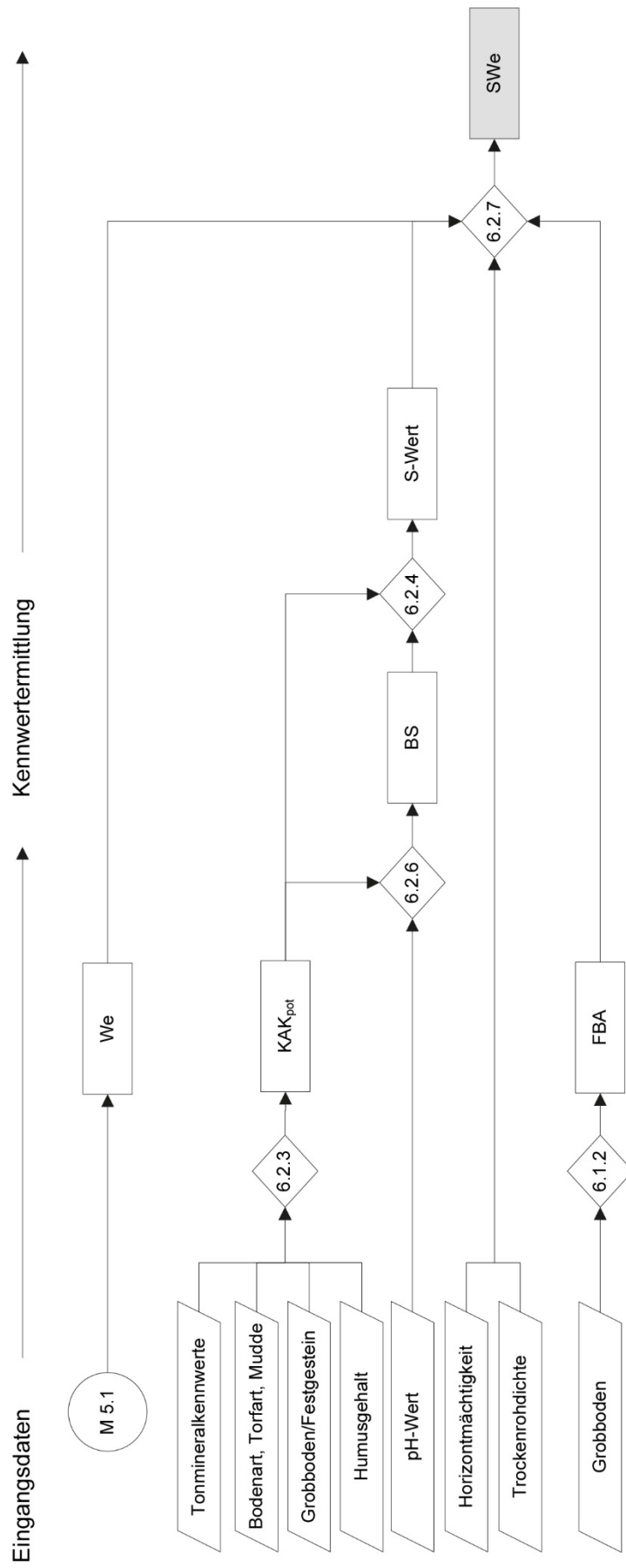
5.23 Biotopentwicklungspotenzial (OEKO)



Methodenbeschreibung 5.24

Inhalt	Standortspezifisches Nährstoffpotenzial	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodentyp (BOTYP) Grobboden, Festgestein (SKEL) Humusgehalt (HUMUS) Tonmineralkennwerte Nutzung (KULTUR) pH-Wert gemessen (in CaCl ₂) ¹⁾ Feinbodenanteil (FBA) ³⁾	Lagerungsdichte (LD) ²⁾ Trockenrohdichte (TRD) Horizontsymbol (HORIZ) Horizontmächtigkeit ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände
Input aus Methode	<i>M 5.1</i>	
Verknüpfungsregeln	6.2.7, 6.1.6, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6	
Kennwert	SWe	
Einheit	[kmol _e /ha]	
Maßstabseignung	1 : 200.000 – 1 : 5.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Flurbereinigungsverfahren, Beratung Landesplanung: RROP, LROP Naturschutz: Landschaftsprogramm, Landschaftsrahmenplan UVS	
Anmerkungen	¹⁾ kann alternativ durch VKR 6.2.1 ermittelt werden. Wird der pH-Wert durch VKR 6.2.1 ermittelt, wird ein potenzielles standortspezifisches Nährstoffpotenzial abgeleitet. ²⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.2 ermittelt werden	
Stand	November 2019	
Quelle	DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln 129 , 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).	

5.24 Standortspezifisches Nährstoffpotenzial (SWe)

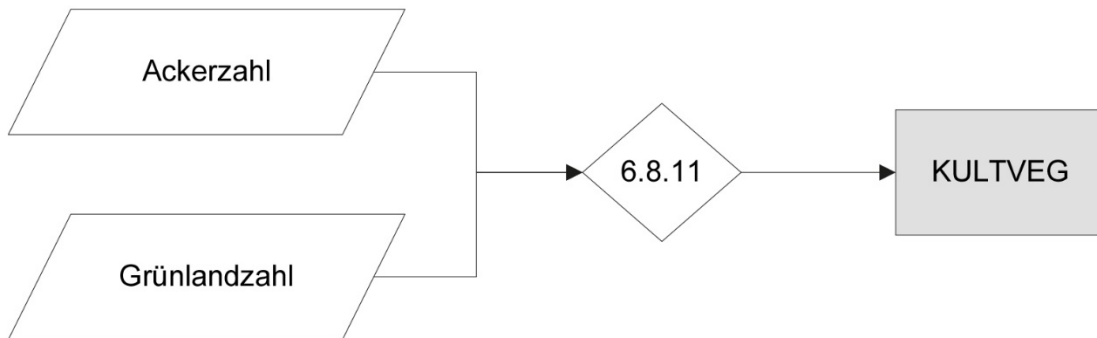


Methodenbeschreibung 5.25

Inhalt	Natürliche Ertragsfähigkeit nach Bodenschätzung	
Eingangsdaten	Acker-/Grünlandzahl der Bodenschätzung (ACKERZ)	
Verknüpfungsregeln	6.8.11	
Kennwert	KULTVEG	
Einheit	[Stufe]	
Maßstabseignung	1 : 5.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Agrarplanung: Naturschutz: UVS	Flurbereinigungsverfahren, Beratung Landschaftsplan
Anmerkungen	Es gehen ausschließlich Daten der Bodenschätzung ein. Es wird das relative natürliche Ertragspotenzial bei ortsüblicher Bewirtschaftung angegeben.	
Stand	November 2019	
Quelle	UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. – Luft, Boden, Abfall 31 , 34 S.	

5.25 Natürliche Ertragsfähigkeit nach Bodenschätzung (KULTVEG)

Eingangsdaten* → Kennwertermittlung →



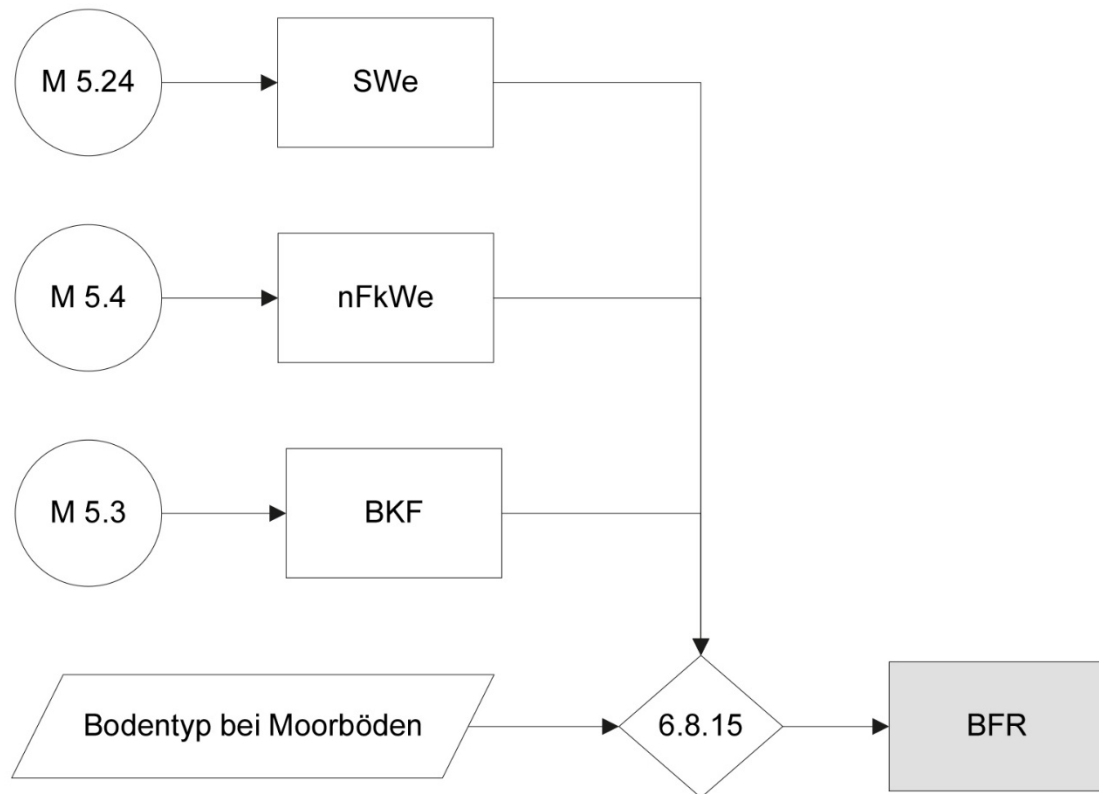
*aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung

Methodenbeschreibung 5.26

Inhalt	Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit)	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Nutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Humusgehalt (HUMUS)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) ggf. Niederschlag ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOV) pH-Wert (CaCl ₂), (PHWERT) ⁴⁾
Input aus Methode	<i>M 5.1, M 5.2, M 5.3, M 5.4, M 5.24</i>	
Verknüpfungsregeln	6.8.15 , 6.1.6, 6.1.7, 6.1.12, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.6, 6.2.7, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8	
Kennwert	BFR	
Einheit	[–]	
Maßstabseignung	1 : 500.000 – 1 : 50.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Landesplanung:	LROP, RROP
	Naturschutz:	Landschaftsrahmenplanung
Anmerkungen	¹⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann alternativ durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann alternativ durch VKR 6.2.1 ermittelt werden. Wird der pH-Wert durch VKR 6.2.1 ermittelt, wird ein potenzielles standortspezifisches Nährstoffpotenzial abgeleitet.	
Stand	November 2019	
Quelle	BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. GeoBerichte 8. – unter Mitarbeit von FLEER, M., AFFELT, L. & SCHARUN, C.; 4. überarb. Aufl., 56 S., 25 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover.	

5.26 Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit) (BFR)

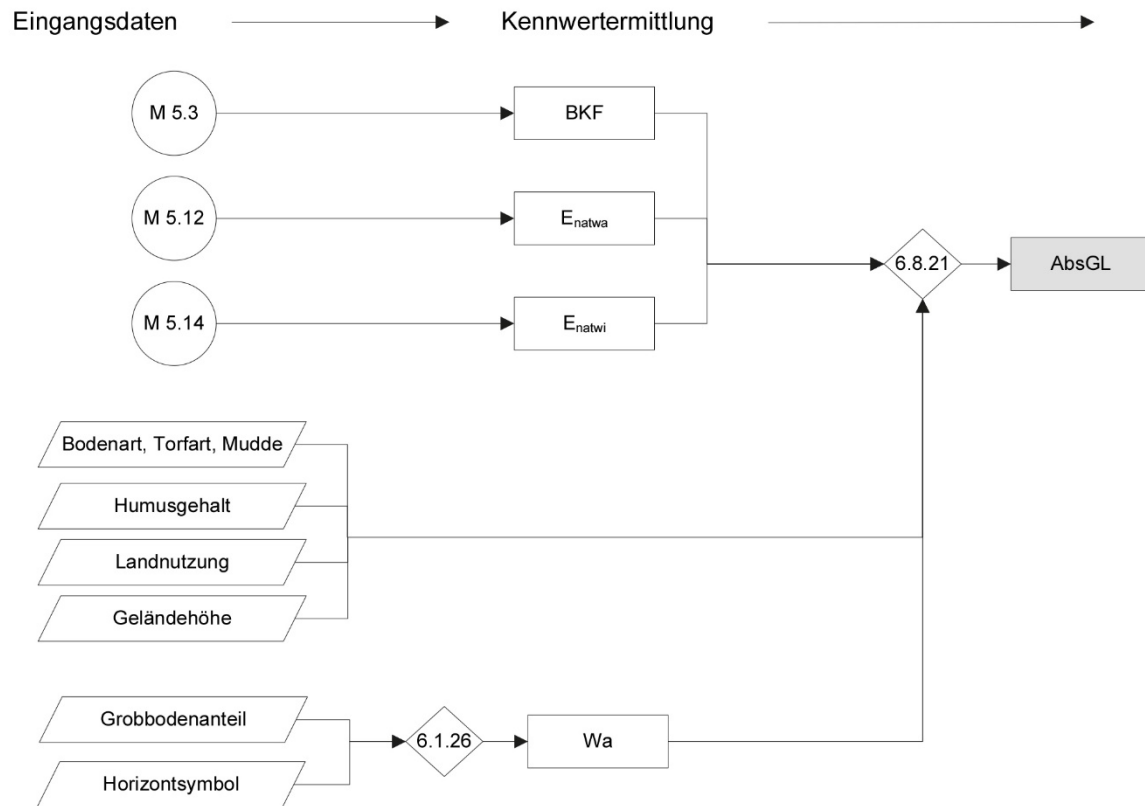
Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



Methodenbeschreibung 5.27

Inhalt	Absolutes Grünland	
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Landnutzung (KULTUR) Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Grobboden, Festgestein (SKEL) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD) Trockenrohdichte ¹⁾ (TRD) Feinbodenanteil (FBA) ⁴⁾ Humusgehalt (HUMUS) Gefügeform (GEFORM)	Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstand (MHGW, MNGW) mittlerer Niederschlag in der Vegetationsperiode (Nv) mittlere FAO-Gras-Referenzverdunstung in der Vegetationsperiode ³⁾ (ETFAOv) mittlerer Jahresniederschlag (Nj) Höhe von Windhindernissen (Windschutzhecken) Entfernung zu Windhindernissen (Windschutzhecken) in senkrechter Richtung zur vorherrschenden Windrichtung ¹⁾
Input aus Methode	<i>M 5.3</i>	
Verknüpfungsregeln	6.8.21 , 6.1.3, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.11, 6.1.12, 6.1.26, 6.4.6, 6.4.8, 6.4.10, 6.5.1, 6.5.8, 6.6.12, 6.6.13, 6.6.17, 6.6.18, 6.6.19, 6.6.22, 6.6.26	
Kennwert	AbsGL	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	1 : 5.000 – 1 : 50.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Wasserecht	Schutzgebietsausweisung
Anmerkungen	¹⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.4 ermittelt werden ³⁾ kann alternativ durch VKR 6.4.4 ermittelt werden ⁴⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.2 ermittelt werden Die Methode dient der Einschätzung von Standorten, die aktuell als Grünland genutzt werden und sollte nicht direkt auf Ackerflächen übertragen werden.	
Stand	November 2019	
Quelle	BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U. & SEVERIN, K. (2011): Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. – Geofakten 27 : 20 S., 9 Abb., 2 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).	

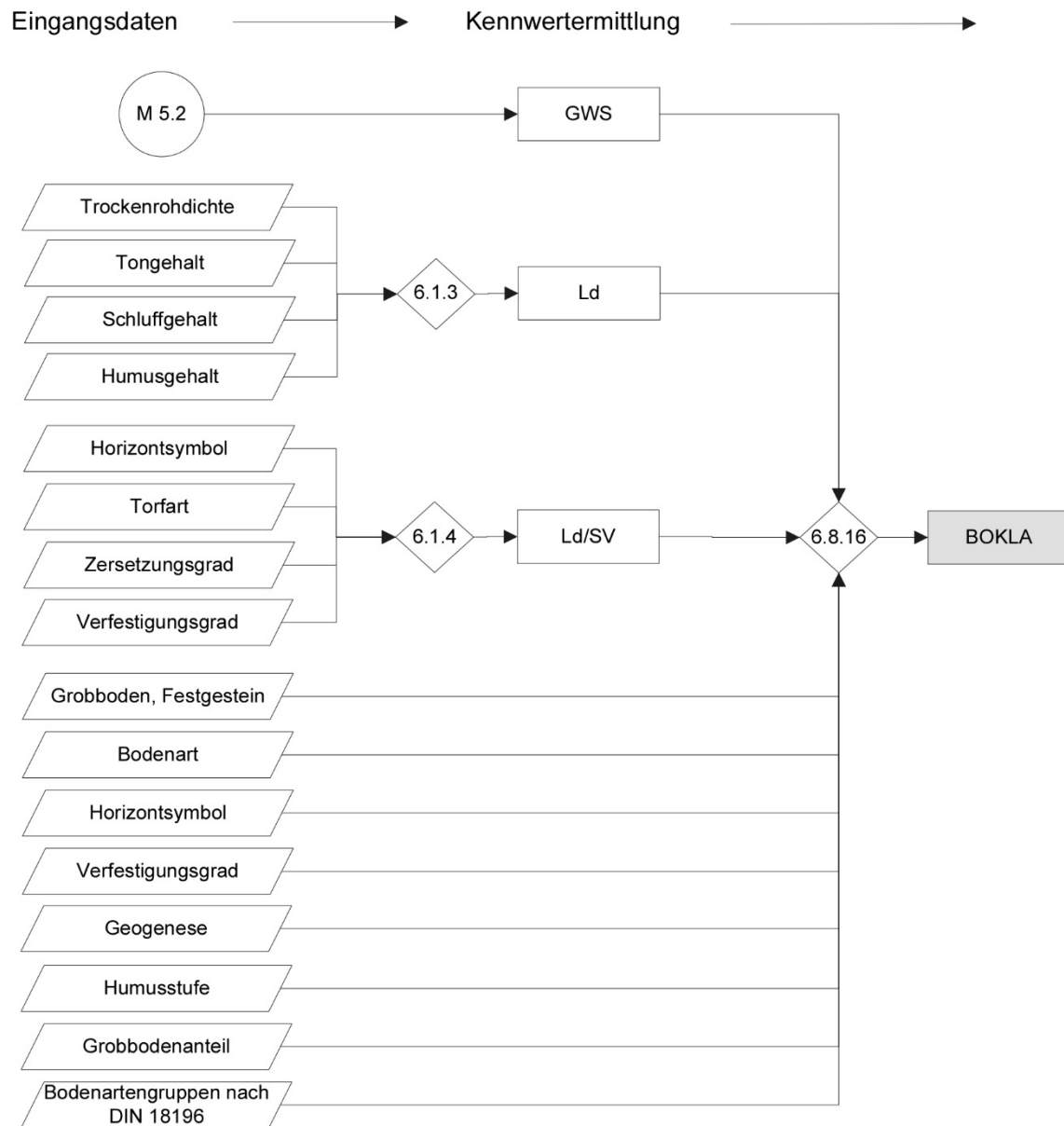
5.27 Absolutes Grünland (AbsGL)



Methodenbeschreibung 5.28

Inhalt	Bodenklassen nach DIN 18300	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Humusgehalt (HUMUS) Lagerungsdichte ¹⁾ , Substanzvolumen ²⁾ (LD)	Geogenese (GEOGE) Grobboden, Festgestein (SKEL) Verfestigungsgrad (VF) Grundwasserstufe (GWS)
Verknüpfungsregeln	6.8.16 , 6.1.2, 6.1.12	
Kennwert	BOKLA	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Bauvorhaben: Erdarbeiten	
Anmerkungen	¹⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 ermittelt werden ²⁾ kann alternativ durch VKR 6.1.4 ermittelt werden Seit 2015 sind nach der VOB bzw. DIN 18300:2016-09 projektspezifisch zu definierende Homogenbereiche anstatt der bisher allgemein definierten Bodenklassen festzulegen. Für diese Homogenbereiche sind die gemäß DIN 18300:2016-09 vorgegebenen Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite anzugeben, die ggf. gezielte Feld- und Laboruntersuchungen erfordern. Homogenbereiche können i. d. R. erst mit den Planungen und den Angaben zu Verfahrenstechniken festgelegt werden. Da in vielen bestehenden Planungen/Bauvorhaben die „Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09“ verwendet wurden und in Altprojekten z. T. noch verwendet werden, wird die Bodenklassenübersichtskarte nach DIN 18300:2012-09 für einen Übergangszeitraum weiter dargestellt.	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover. DIN 18300 (1996): Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) „Erdarbeiten“. – Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). DIN 18196 (2004): Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – Entwurf, 11 S., Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). FLOSS, R. (1997): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE). – Bonn. LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation geologischer Feld- und Aufschlussdaten. – 4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Aufl., 2 Bde.; Hannover [ISBN 978-3-510-96851-0] RAISSI, F., BOHNENSTEIN, V., MÜLLER, U. & FRITZ, J. (2011): Ermittlung von Bodenklassen für Erdarbeiten nach DIN 18300 auf Basis der Bodenübersichtskarte i. M. 1 : 50 000. – 3. Aufl., Geofakten 23: 6 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG). VOB (2006): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen mit ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“. – Berlin (Beuth).	

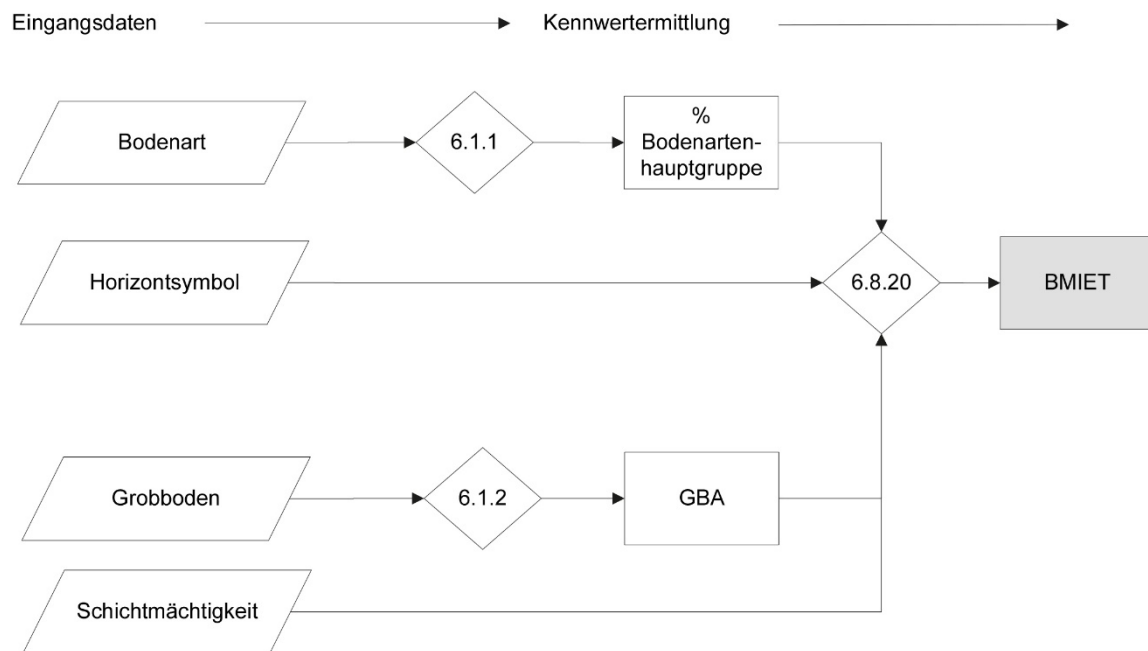
5.28 Bodenklassen nach DIN 18300 (BOKLA)



Methodenbeschreibung 5.29

Inhalt	Anzahl von Bodenmieten bei Linienbauwerken	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Grobboden, Festgestein (SKEL)	Horizontsymbol (HORIZ) Schichtmächtigkeit (SMK)
Verknüpfungsregeln	6.8.20 , 6.1.1, 6.1.2,	
Kennwert	BMIET	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Bauvorhaben	
Stand	November 2019	
Quellen	DIN 19639 (2019): Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. – 2019-09, Berlin (Beuth). DIN 19731 (1998): Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial. – 1998-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). HAMMERSCHMIDT, U. & STADTMANN, R. (2019): Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. – 2. Aufl., GeoBerichte 28: 47 S., 25 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG). BVB – BUNDESVERBAND BODEN (2013): Bodenkundliche Baubegleitung BBB. Leitfaden für die Praxis. – BVB-Merkblatt 2; Berlin (Erich Schmidt).	

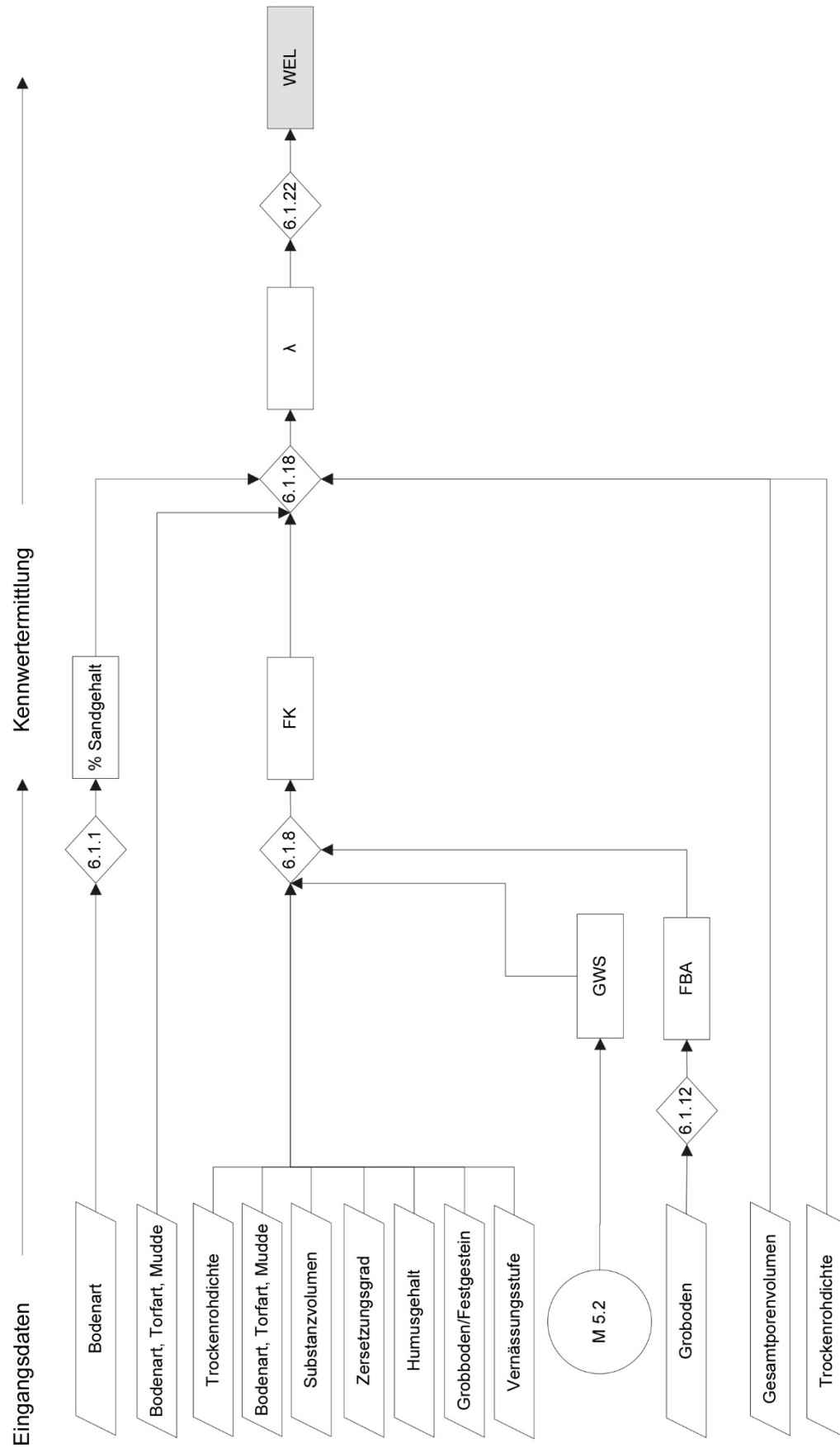
5.29 Anzahl von Bodenmieten bei Linienbauwerken (BMIET)



Methodenbeschreibung 5.30

Inhalt	Spezifische Wärmeentzugsleistung
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Lagerungsdichte (LD) Humusgehalt (HUMUS) Zersetzungsgrad (ZER) Grobboden, Festgestein (SKEL) Vernässungsstufe (VERNAS) Horizontsymbol (HORIZ)
Verknüpfungsregeln	6.1.22, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10, 6.1.12, 6.1.18
Kennwert	WEL
Einheit	[W/m], [W/m ²]
Maßstabseignung	1 : 50.000
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Standortbeurteilung
Stand	November 2019
Quellen	PANNIKE, S., KÖLLING, M., PANTELEIT, B., REICHLING, J. SCHEPS, V. & SCHULZ, H. D. (2006): Auswirkung hydrogeologischer Kenngrößen auf die Kältefahnen von Erdwärmesondenanlagen in Lockersedimenten. – Grundwasser 1/2006: 6–18. VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

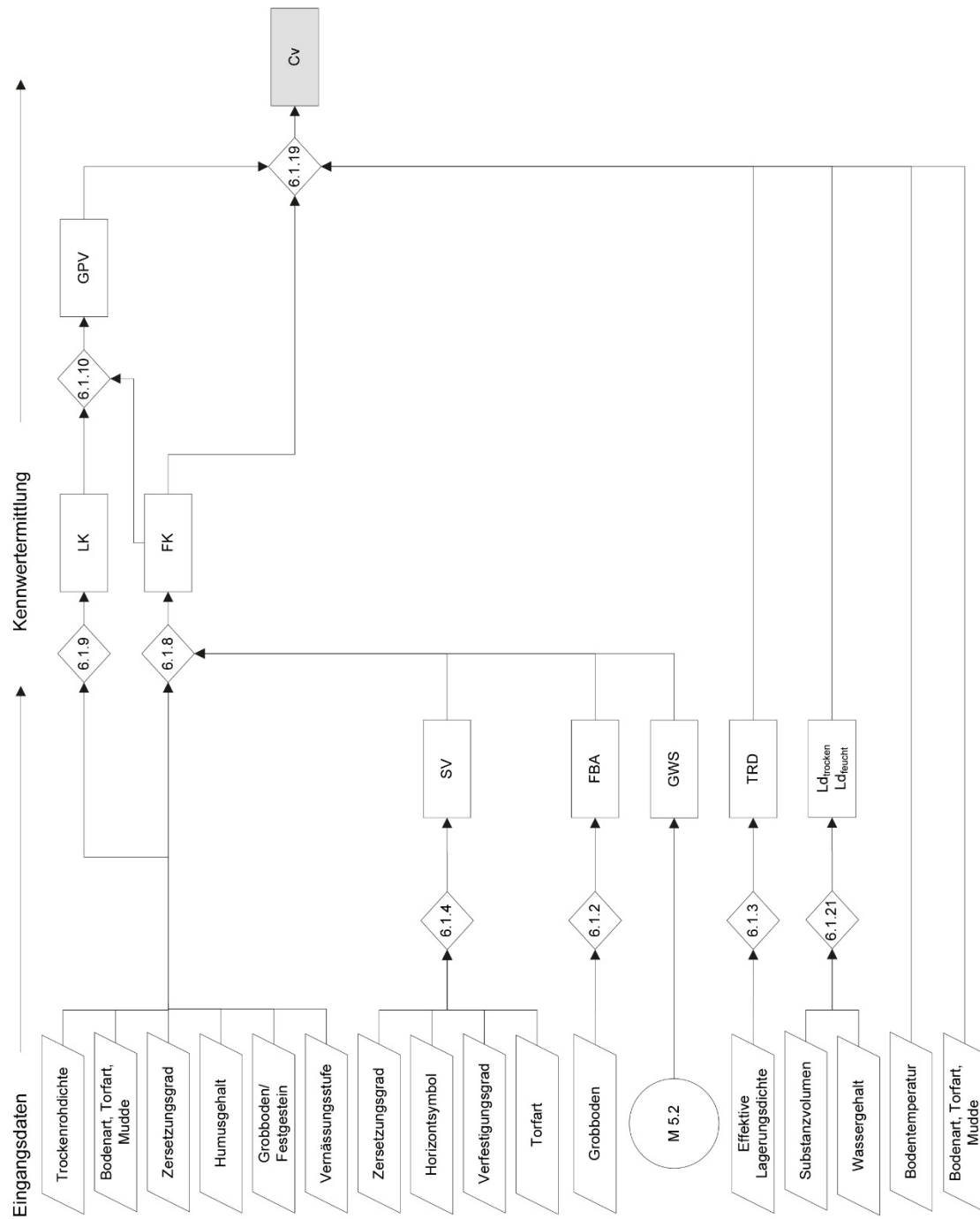
5.30 Spezifische Wärmeentzugsleistung (WEL)



Methodenbeschreibung 5.31

Inhalt	Wärmekapazität von Böden	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Lagerungsdichte, Substanzvolumen (LD) Humusgehalt (HUMUS) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte bei Torfen (LD _{trocken} , LD _{feucht})	Grobboden, Festgestein (SKEL) Vernässungsstufe (VERNAS) Horizontsymbol (HORIZ) Bodentemperatur (BTEMP)
Verknüpfungsregeln	6.1.19, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10, 6.1.21	
Kennwert	Cv	
Einheit	[J/(m ³ * K)]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Anmerkungen	Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen. In der Regel werden Durchschnittswerte verwendet. Bei der Anlagenplanung können jahreszeitlich bedingte Schwankungen des Wassergehaltes bzw. der Bodentemperatur durch Berechnung verschiedener Szenarien berücksichtigt werden.	
Stand	November 2019	
Quellen	DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. 35 : 159–186. DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte 5 : 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG). SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation D0136 , Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich. VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).	

5.31 Volumetrische Wärmeleitfähigkeit von Böden (Cv)

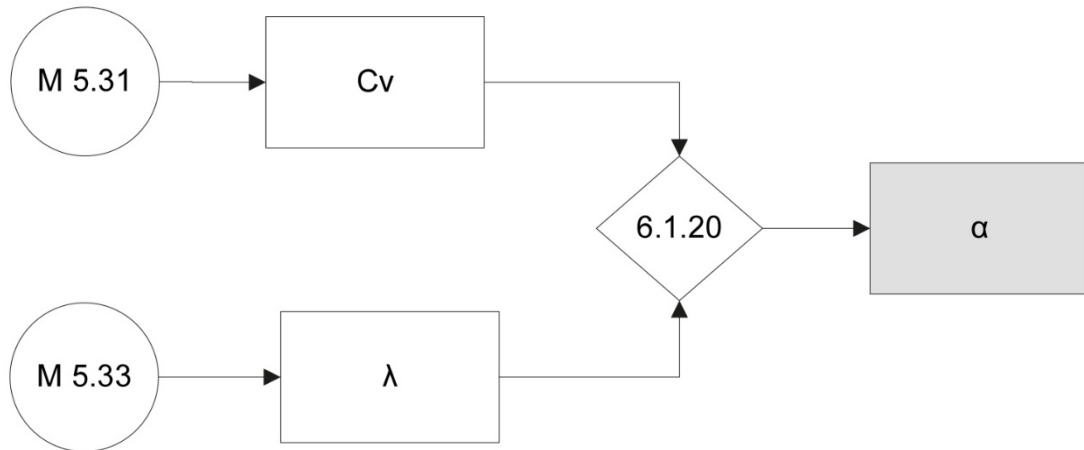


Methodenbeschreibung 5.32

Inhalt	Temperaturleitfähigkeit von Böden	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Lagerungsdichte (LD) Humusgehalt (HUMUS) Zersetzungsgrad (ZER) Lagerungsdichte bei Torfen (LD _{trocken} , LD _{feucht})	Grobboden, Festgestein (SKEL) Vernässungsstufe (VERNAS) Horizontsymbol (HORIZ) Bodentemperatur (BTEMP)
Verknüpfungsregeln	6.1.20, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10, 6.1.18, 6.1.19, 6.1.21	
Kennwert	α	
Einheit	[m ² /s]	
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Standortbeurteilung	
Anmerkungen	Die Temperaturleitfähigkeit beschreibt die zeitliche Veränderung der räumlichen Verteilung durch Wärmeleitung aufgrund eines Temperaturgefälles. Sie ist eine Materialeigenschaft des Bodens und ist vom aktuellen Wassergehalt abhängig.	
Stand	November 2019	
Quelle	DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte 5 : 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).	

5.32 Temperaturleitfähigkeit der Böden (α)

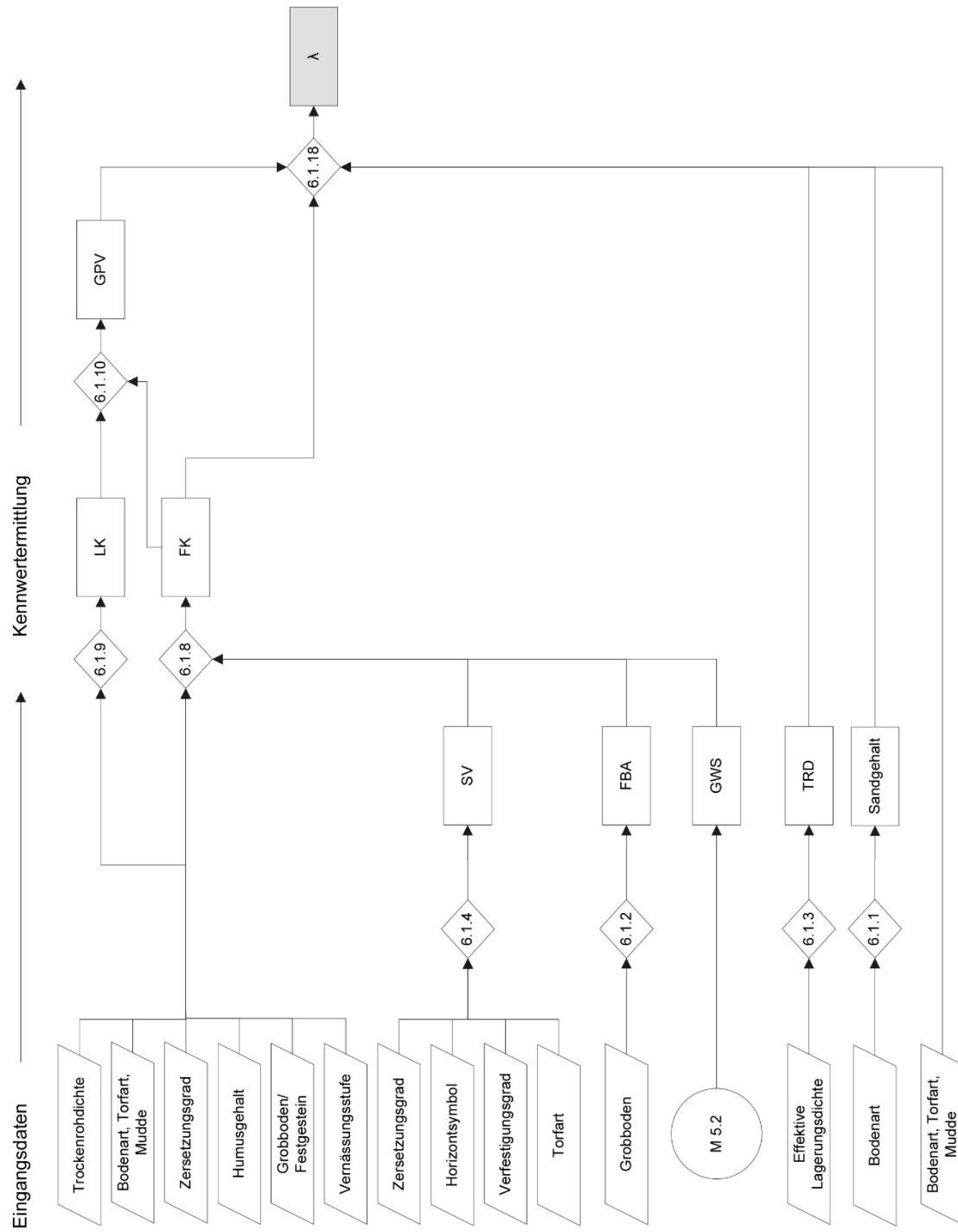
Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



Methodenbeschreibung 5.33

Inhalt	Wärmeleitfähigkeit von Böden
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Grobboden, Festgestein (SKEL) Lagerungsdichte (LD) Vernässungsstufe (VERNAS) Humusgehalt (HUMUS) Horizontsymbol (HORIZ) Zersetzungsgrad (ZER) Bodentemperatur (BTEMP) Lagerungsdichte bei Torfen (LD_{trocken}, LD_{feucht})
Verknüpfungsregeln	6.1.18, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10
Kennwert	λ
Einheit	[W/(m * K)]
Maßstabseignung	für alle Maßstäbe
Anmerkungen	Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, wie viel thermische Energie (in Form von Wärme) pro Zeiteinheit durch einen Körper fließen kann. Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen.
Stand	November 2019
Quellen	BACHMANN, J. (2005): Thermisches Verhalten der Böden. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde. – 22. Erg.-Lfg. 08/05; Landsberg/Lech (Ecomed). COTÉ, J. & KONRAD, M. (2006): Estimating the thermal conductivity of pavement granular materials and subgrade soils. – <http://www.mdt.gov/research/docs/trb_cd/files/06-0117.pdf>. DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. 35: 159–186. DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte 5: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG). SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation D0136, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich.

5.33 Wärmeleitfähigkeit (Thermische Leitfähigkeit) des Bodens (λ)

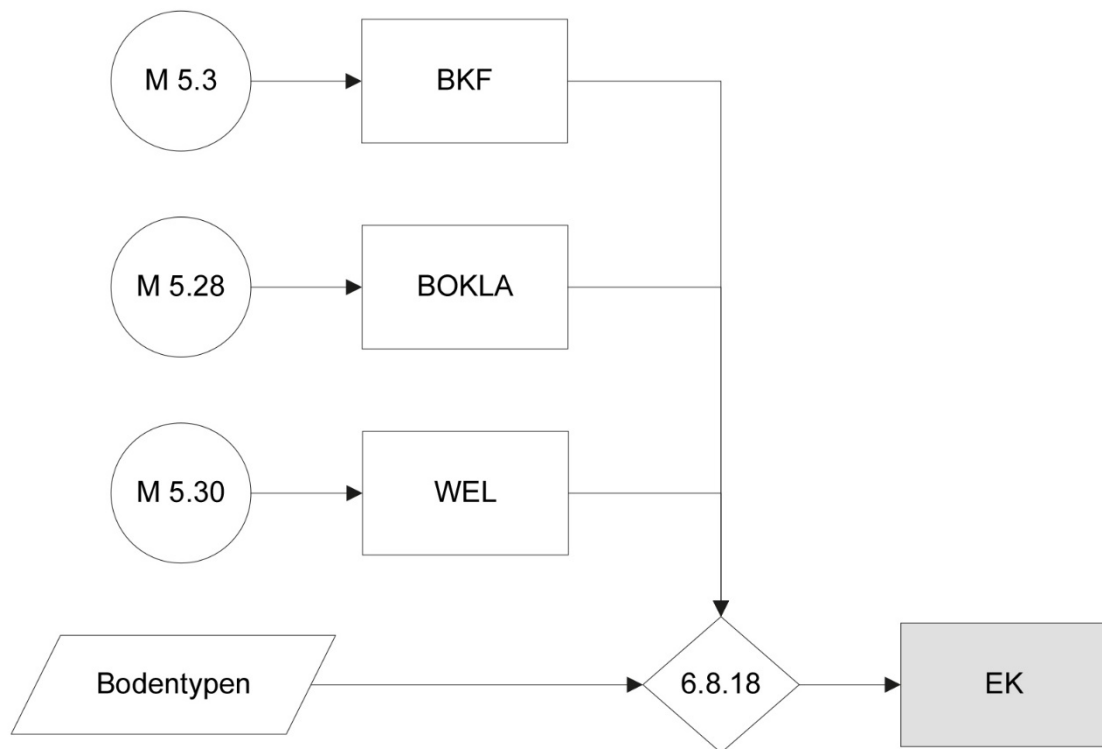


Methodenbeschreibung 5.34

Inhalt	Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Horizontsymbol (HORIZ) Humusgehalt (HUMUS) Lagerungsdichte, Substanzvolumen (SV)	Geogenese (GEOGE) Grobboden, Festgestein (SKEL) Verfestigungsgrad (VF) Grundwasserstufe (GWS)
Verknüpfungsregeln	6.8.18, 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.10, 6.1.12, 6.1.22, 6.4.6, 6.4.8, 6.5.1, 6.5.8	
Kennwert	EK	
Einheit	[-]	
Maßstabseignung	≤ 1 : 50.000	
Planungsinstrument/ Planungsverfahren	Standortbeurteilung	
Anmerkungen	Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen. Eine günstige Exposition (Südausrichtung) kann die Standorteignung verbessern.	
Stand	November 2019	
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover. DEHNER, U. (2005): Nutzung geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund (1–2 Meter Tiefe). – Studie im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, ausgeführt von: Geo-Profil, Erfassung und Auswertung geowissenschaftlicher Daten, Schillstr. 9, 65187 Wiesbaden, < www.geo-profil.de >; Wiesbaden. DIN 18300 (2019): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. – 2019-09, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). DIN 18196 (2011): Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – 2011-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).	

5.34 Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren (EK)

Eingangsdaten → Kennwertermittlung →



6. Verzeichnis der Verknüpfungsregeln

Bestimmung der Anteile der Ton-, Schluff- und Sandfraktionen aus der Bodenart des Feinbodens	87
Feinbodenanteil	89
Berechnung der effektiven Lagerungsdichte bzw. der Trockenrohdichte von Mineralböden	91
Abschätzung der effektiven Lagerungsdichte und des Substanzvolumens.....	93
Gewichteter Tongehalt im effektiven Wurzelraum	96
Effektive Durchwurzelungstiefe	98
Nutzbare Feldkapazität	105
Feldkapazität	113
Luftkapazität	121
Gesamtporenvolumen des Bodens	130
Gesättigte Wasserleitfähigkeit.....	131
Grundwasserstufe	133
Mittlere kapillare Aufstiegsrate	134
Dauer des kapillaren Aufstiegs.....	138
Kohäsion.....	139
Winkel der inneren Reibung	141
Wärmeleitfähigkeit (Thermische Leitfähigkeit) des Bodens	143
Volumetrische Wärmekapazität von Böden	145
Temperaturleitfähigkeit von Böden (Thermische Diffusivität)	147
Lagerungsdichte von Torfen.....	148
Spezifische Wärmeentzugsleistung von Böden	149
Wärmeleitfähigkeit (Thermische Leitfähigkeit) von Festgestein.....	150
Spezifische Wärmekapazität von Festgestein	163
Physiologische Gründigkeit	165
Absolute Gründigkeit	166
Ziel-pH-Wert im Oberboden bei landwirtschaftlicher Nutzung	167
Pufferbereiche	169
Potenzielle Kationenaustauschkapazität.....	170
Summe austauschbar gebundener basischer Kationen (S-Wert).....	173
Effektive Kationenaustauschkapazität	174
Basensättigung.....	175
Standortspezifisches Nährstoffpotenzial im effektiven Wurzelraum	176
Effektive Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum.....	178
pH-Wert im Oberboden bei forstwirtschaftlicher Nutzung	179
Organischer Kohlenstoffgehalt auf Basis der Humusstufe	182
Bestimmung der Kohlenstoffvorräte	183
Biologische Aktivität von Böden	184
Potenzielle Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften	185
FAO-Grasreferenzverdunstung	189
Jährliche klimatische Wasserbilanz.....	193
Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode	195

Berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz	197
Klimabereich	198
R-Faktor (Regen- und Oberflächenabflussfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	199
Berechnung der vegetationsabhängigen Verdunstung	200
Gewogener Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode	202
Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes	205
Mittlerer jährlicher kapillarer Aufstieg	206
Wirksamer kapillarer Aufstieg	207
Pflanzenverfügbares Bodenwasser	209
Pflanzenrelevante Grundwasserflurabstände	210
Auswirkungsgrad von Grundwasserabsenkungen	213
Bodenkundliche Feuchtestufe	215
Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes	221
Nutzbare Feldkapazität in 1 m	222
Mittlerer kapillarer Aufstieg (TUB_BGR-Verfahren)	223
Sickerwasserrate (TUB_BGR-Verfahren)	225
Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge in der Vegetationsperiode	228
Standörtliches Verlagerungspotenzial (Austauschhäufigkeit)	250
Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers unterhalb des effektiven Wurzelraumes	252
Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone	253
Pflanzenverfügbares Wasser in der Vegetationsperiode	254
Verschlämmungsneigung	255
Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit	256
K-Faktor (Bodenerodierbarkeitsfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	262
LS-Faktor (Topographiefaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	267
C-Faktor (Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	269
P-Faktor (Erosionsschutzfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	271
Aktuelle Erosionsgefährdung durch Wasser (ABAG)	272
Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser (ABAG) und Wassererosionsgefährdungsklasse gemäß Agrarzahlen-Verpflichtungenverordnung	274
Erodierbarkeit des Bodens durch Wind	275
Standortabhängige Erosionsgefährdung durch Wind	276
Schutzwirkungsstufe durch angebaute Fruchtarten gegenüber der Erosion durch Wind	277
Bewirtschaftungsabhängige (standort- und fruchtartabhängige) Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind	279
Schutzwirkungsstufe durch Windhindernisse gegenüber der Erosion durch Wind	280
Aktuelle Erosionsgefährdung des Standortes durch Wind	282
Vorbelastung bei pF 1,8	283
Ortspezifische Bodenbearbeitung	288
Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind	289
Bindung organischer Schadstoffe in Böden	290
Eliminierung organischer Schadstoffe in Böden	297
Bindung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	300

Eliminierung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	316
Anreicherungswahrscheinlichkeit von Organika in Böden	319
Prognose der Verfügbarkeit von Organika im Boden.....	320
Potenzielle Auswaschungsgefährdung und Grundwasserbeeinträchtigung durch Organika	321
Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle	322
Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle	326
Denitrifikationspotenzial von Böden	329
Fruchtspezifische Berechnungsmenge	331
Mittlere Berechnungsmenge	339
Ökologisches Standortpotenzial (Biotopentwicklungspotenzial).....	341
Natürliche Ertragsfähigkeit	343
Düngungsrichtlinien – pH-Klassen und Kalkbedarf.....	344
Düngungsrichtlinien – Gehaltsklassen für P, K, Mg	348
Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit).....	351
Bodenklassen nach DIN 18300 (Lösungsfestigkeit)	354
Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren	358
Anzahl der Bodenmieten	359
Absolutes Grünland	361

6.1. Bodenphysikalische Kennwerte

Verknüpfungsregel 6.1.1

Inhalt Bestimmung der Anteile der Ton-, Schluff- und Sandfraktionen aus der Bodenart des Feinbodens

Eingangsdaten Bodenart (HNBOD)

Kennwert [Gew.-%]

Kennwertermittlung

Tab. 1: Anteile der Fraktionen an den Bodenarten.

Bezeichnung		Kurzzeichen		Grenzwerte		
Bodenarten				Anteile der Fraktionen		
				Ton	Schluff	Sand
Gruppe	Untergruppe	Gruppe	Untergruppe	in Gew.-%		
Bodenartenhauptgruppe Sand (s)						
Reinsande	reiner Sand	ss	Ss	0 – 5	0 – 10	85 – 100
Schluffsande	mittel schluffiger Sand	us	Su3	0 – 8	25 – 40	52 – 75
	stark schluffiger Sand		Su4	0 – 8	40 – 50	42 – 60
Lehmsande	schwach schluffiger Sand	ls	Su2	0 – 5	10 – 25	70 – 90
	schwach toniger Sand		St2	5 – 17	0 – 10	73 – 95
	schwach lehmiger Sand		Sl2	5 – 8	10 – 25	67 – 85
	mittel lehmiger Sand		Sl3	8 – 12	10 – 40	48 – 82
Bodenartenhauptgruppe Schluff (u)						
Sandschluffe	reiner Schluff	su	Uu	0 – 8	80 – 100	0 – 20
	sandiger Schluff		Us	0 – 8	50 – 80	12 – 50
Lehmschluffe	sandig-lehmiger Schluff	lu	Uls	8 – 17	50 – 65	18 – 42
	schwach toniger Schluff		Ut2	8 – 12	65 – 92	0 – 27
	mittel toniger Schluff		Ut3	12 – 17	65 – 88	0 – 23
Tonschluffe	stark toniger Schluff	tu	Ut4	17 – 25	65 – 83	0 – 18
	schluffiger Lehm		Lu	17 – 30	50 – 65	5 – 33

Tab. 1: Anteile der Fraktionen an den Bodenarten (Fortsetzung).

Bezeichnung		Kurzzeichen		Grenzwerte		
Bodenarten				Anteile der Fraktionen		
				Ton	Schluff	Sand
Gruppe	Untergruppe	Gruppe	Untergruppe	in Gew.-%		
Bodenartenhauptgruppe Lehm (l)						
Sandlehme		sl				
	schluffig-lehmiger Sand		Slu	8 – 17	40 – 50	33 – 52
	stark lehmiger Sand		Sl4	12 – 17	10 – 40	43 – 78
	mittel toniger Sand		St3	17 – 25	0 – 15	60 – 83
Normallehme		ll				
	schwach sandiger Lehm		Ls2	17 – 25	40 – 50	25 – 43
	mittel sandiger Lehm		Ls3	17 – 25	30 – 40	35 – 53
	stark sandiger Lehm		Ls4	17 – 25	15 – 30	45 – 68
	schwach toniger Lehm	Lt2	25 – 35	30 – 50	15 – 45	
Tonlehme		tl				
	sandig-toniger Lehm		Lts	25 – 45	15 – 30	25 – 60
	mittel sandiger Ton		Ts3	35 – 45	0 – 15	40 – 65
	stark sandiger Ton		Ts4	25 – 35	0 – 15	50 – 75
Bodenartenhauptgruppe Ton (t)						
Schlufftone		ut				
	mittel toniger Lehm		Lt3	35 – 45	30 – 50	5 – 35
	stark schluffiger Ton		Tu4	25 – 35	65 – 75	0 – 10
	mittel schluffiger Ton		Tu3	30 – 45	50 – 65	0 – 20
Lehmtone		lt				
	schwach sandiger Ton		Ts2	45 – 65	0 – 15	20 – 55
	lehmiger Ton		Tl	45 – 65	15 – 30	5 – 40
	schwach schluffiger Ton		Tu2	45 – 65	30 – 55	0 – 25
	reiner Ton	Tt	65 – 100	0 – 35	0 – 35	

Anmerkungen

Die Bodenartenuntergruppe „reiner Sand“ wird bei einigen Fragestellungen nach ihren Fein-, Mittel- und Grobsandanteilen weiter differenziert. Bei schluffigen, lehmigen und tonigen Sanden sollte die unterschiedliche Sandkorngröße nur dann angegeben werden, wenn die Sandunterfraktion deutlich überwiegt.

Stand

Juni 2005

Quelle

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.1.2

Inhalt	Feinbodenanteil
Eingangsdaten	Grobboden (SKEL) [Stufe]
Kennwert	FBA [Vol.-%] Grobbodenanteil (GBA) [Vol.-%]
Kennwertermittlung	

$$FBA[\%] = 100 \% - GBA [\%]$$

Liegt der Grobbodenanteil nicht als Laborergebnis vor, kann er im Gelände abgeschätzt werden. Die Anteile der Grobbodenfraktionen werden durch Gemeindeanteilsklassen, bezogen auf den Gesamtboden, gekennzeichnet (Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5), Ad-hoc-AG BODEN 2005).

Tab. 1: Einstufung des Grobbodens (nach KA5).

Grobboden-symbole	Bezeichnung	GBA Klassengrenzen [Vol.-%]	GBA Mittelwert [Vol.-%]
x1, o1, g1, gr1, z1	sehr schwach steinig, kiesig, grusig, gemengt	< 2	1
x2, o2, g2, gr2, z2	schwach steinig, kiesig, grusig, gemengt	2 – < 10	6
x3, o3, g3, gr3, z3	mittel steinig, kiesig, grusig, gemengt	10 – < 25	17,5
x4, o4, g4, gr4, z4	stark steinig, kiesig, grusig, gemengt	25 – < 50	37,5
x5, o5, g5, gr5, z5	sehr stark steinig, kiesig, grusig, gemengt	50 – < 75	62,5
X,s; X,l; X,u X;t	Steine durchsetzt mit Feinboden	75 – < 90	82,5
X, O, G, Gr, Z	Steine, Kies, Grus, Gemeinde	75 – 100	87,5

Anmerkungen	Beträgt der Grobbodenanteil über 75 Vol.-%, stehen die Symbole der Korngrößengruppen des Grobbodens an erster Stelle. Treten Grobboden- und Feinbodengemenge mit Feinbodenanteilen zwischen 10 und 25 Vol.- % auf, werden Bodenartengruppen aus einer Grobbodenart und einer begleitenden Feinbodenartengruppe gebildet. Die begleitende Feinbodenartengruppe wird der Bodenart des Grobbodens durch Komma getrennt nachgestellt, qualitative Angaben erfolgen nicht.

Tab. 2: Feinboden als begleitende Bodenart von Grobböden nach NLFb 2000.

begleitende Feinbodenartengruppe	Zusammensetzung der Feinbodenartengruppe
l	Su3, Sl3, Sl4, Slu, Ls2, Ls3, Ls4, Lts, St3, Lt2
s	Ss, Su2, Sl2, St2
t	T, Tu2, Tu3, Tu4, Tl, Lt3, Ts2, Ts3, Ts4
u	U, Us, Su4, Ut2, Ut3, Ut4, Uls, Lu

Beispiel

Kalksteinzersatz mit Beimengungen aus mittelsandigem Lehm:

$\wedge_{kc,l} \rightarrow \text{FBA} = 17,5 \text{ Vol.}\%$

Bei Festgesteinszersatz wird von einem FBA-Anteil von 7,5 Vol.-%
ausgegangen.

Stand

Mai 2019

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

NLFb – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2000): Profil-Erfassungs-Programm PEP. – Version 1.1; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.1.3

Inhalt	Berechnung der effektiven Lagerungsdichte bzw. der Trockenrohdichte von Mineralböden	
Eingangsdaten	Trockenrohdichte (TRD) [g/cm ³] Tongehalt (T) [Gew.-%] Schluffgehalt (U) [Gew.-%]	Humusgehalt (HUMUS) [Gew.-%] Effektive Lagerungsdichte (Ld) [Stufe]
Kennwert	Ld [g/cm ³] [Stufe] TRD [g/cm ³]	
Kennwertermittlung	Bei Vorliegen von Labordaten kann die effektive Lagerungsdichte bei Mineralböden aus der Trockenrohdichte trocken (TRD), dem Ton- (T), Schluff- (U) und dem Humusgehalt (HUMUS) in Gewichtsprozenten berechnet werden.	

$$Ld \text{ [g/cm}^3\text{]} = TRD \text{ [g/cm}^3\text{]} + 0,005 * T \text{ [\%]} + 0,001 * U \text{ [\%]} + 0,07 * HUMUS \text{ [\%]}$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Bestimmungsschlüssel für die Schätzung der effektiven Lagerungsdichte im Gelände.

Kennzeichnung der effektiven Lagerungsdichte			Gefügemerkmale für die Schätzung der effektiven Lagerungsdichte
Kurzzeichen	Bezeichnung	Ld [g/cm ³]	
Ld1	sehr gering	< 1,3	feines Krümelgefüge, sehr lockeres Einzelkorn- oder sehr lockeres Kohärentgefüge, sehr feines bis feines Aggregatgefüge mit offener bis sperriger Lagerungsart und sehr losem Zusammenhalt, sehr hoher Anteil an biogenen Poren, gleichmäßige Wurzelverteilung
Ld2	gering	1,3 ≤ 1,55	Krümelgefüge, lockeres Einzelkorn- oder lockeres Kohärentgefüge, feines Aggregatgefüge mit offener und sperriger Lagerungsart und losem Zusammenhalt, hoher Anteil an biogenen Poren, gleichmäßige Wurzelverteilung
Ld3	mittel	1,55 ≤ 1,75	Subpolyedergefüge, Einzelkorn- oder Kohärentgefüge mit mittlerem Zusammenhalt, Aggregatgefüge mit halboffener bis offener Lagerungsart und mittlerem Zusammenhalt bzw. mittlerer Verfestigungsgrad, mittlerer Anteil an biogenen Poren, fast gleichmäßige Wurzelverteilung
Ld4	hoch	1,75 ≤ 1,95	dichtes Einzelkorn- oder dichtes Kohärentgefüge, dichtes Aggregatgefüge mit geschlossener Lagerungsart und festem Zusammenhalt bzw. mit hohem Verfestigungsgrad, Plattengefüge, sehr geringer bis geringer Anteil an biogenen Poren, ungleichmäßige Wurzelverteilung
Ld5	sehr hoch	> 1,95	sehr dichtes Einzelkorn- oder Kohärentgefüge, sehr dichtes Aggregatgefüge mit geschlossener Lagerungsart und sehr festem Zusammenhalt bzw. sehr hohem Verfestigungsgrad, sehr dichtes Plattengefüge, sehr geringer Anteil an biogenen Poren, sehr ungleichmäßige Wurzelverteilung

Umgekehrt kann mit Hilfe von Tabelle 2 die Trockenrohdichte in Abhängigkeit von der Bodenart und der Ld bestimmt werden

Tab. 2: Mittlere Trockenrohdichten (TRD) in g/cm³ der effektiven Lagerungsdichteklassen Ld1 bis Ld5 in Abhängigkeit von der Bodenart für Boden mit Humusgehalten von < 1 %*.

Bodenart	Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
Ss	1,18	1,40	1,63	1,83	1,98
SI2	1,15	1,37	1,60	1,80	1,95
SI3	1,13	1,35	1,58	1,78	1,93
SI4	1,10	1,32	1,55	1,75	1,90
Slu	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
St2	1,14	1,36	1,59	1,79	1,94
St3	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
Su2	1,17	1,39	1,62	1,82	1,97
Su3	1,15	1,37	1,60	1,80	1,95
Su4	1,14	1,36	1,59	1,79	1,94
Ls2	1,05	1,27	1,50	1,70	1,85
Ls3	1,06	1,28	1,51	1,71	1,86
Ls4	1,07	1,29	1,52	1,72	1,87
Lt2	1,01	1,23	1,46	1,66	1,81
Lt3	0,96	1,18	1,41	1,61	1,76
Lts	1,00	1,22	1,45	1,65	1,80
Lu	1,03	1,25	1,48	1,68	1,83
Uu	1,09	1,31	1,54	1,74	1,89
UIs	1,08	1,30	1,53	1,73	1,88
Us	1,12	1,34	1,57	1,77	1,92
Ut2	1,07	1,29	1,52	1,72	1,87
Ut3	1,05	1,27	1,50	1,70	1,85
Ut4	1,02	1,24	1,47	1,67	1,82
Tt	0,81	1,03	1,26	1,46	1,61
Tl	0,90	1,12	1,35	1,55	1,70
Tu2	0,90	1,12	1,35	1,55	1,70
Tu3	0,96	1,18	1,41	1,61	1,76
Tu4	0,99	1,21	1,44	1,64	1,79
Ts2	0,92	1,14	1,37	1,57	1,72
Ts3	0,99	1,21	1,44	1,64	1,79
Ts4	1,04	1,26	1,49	1,69	1,84

* Bei höheren Humusgehalten vermindern sich die TRD um 0,07 g/cm³ pro Prozent Humus (s. Gleichung).

Anmerkung

Die effektive Lagerungsdichte kann grob auch nach VKR 6.1.4 aus dem Horizontsymbol abgeschätzt werden.

Stand

Juni 2017

Quelle

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.1.4

Inhalt	Abschätzung der effektiven Lagerungsdichte und des Substanzvolumens
Eingangsdaten	Horizontsymbol (HORIZ) Verfestigungsgrad (Vf) [Stufe] Torfart (HNBOD) Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe]
Kennwert	Ld [Stufe] SV [Stufe]
Kennwertermittlung	Die effektive Lagerungsdichte von Mineralböden (Ld) kann aus dem Horizontsymbol gemäß Tabelle 1 bzw. aus dem Substanzvolumen (SV) von Moorböden, je nach Torfart und Zersetzungsgrad, aus Tabelle 2 abgeleitet werden. Die Ableitung basiert dabei auf Auswertungen der NIBIS® Profil- und Labordatenbank. Übergangshorizonte werden nach den Leithorizonten eingestuft (z. B. Sw-Bv nach Bv). Bei den Podsol-B-Horizonten (Tabelle 1) nachgestellten Zahlen handelt es sich um den Verfestigungsgrad (Vf).

Tab. 1: Ableitung der Stufe der effektiven Lagerungsdichte (Ld) aus dem Horizontsymbol.

Horizont	Ld	Horizont	Ld
Aa	Ld2	Bh3	Ld3
Ae	Ld2	Bh4	Ld4
Aeh	Ld2	Bh5	Ld4
Ael	Ld2	Bhs	Ld3
Ah	Ld2	Bhs1	Ld3
Ahe	Ld2	Bhs2	Ld3
Ahl, gAhl	Ld2	Bhs3	Ld3
Ai	Ld2	Bhs4	Ld4
Al	Ld3	Bhs5	Ld4
Alh	Ld2	Bht	Ld3
Ap	Ld2	Bhv	Ld3
Axh, gAxh	Ld2	Bs	Ld3
Bbh	Ld3	Bs1	Ld3
Bbs	Ld3	Bs2	Ld3
Bbs1	Ld3	Bs3	Ld3
Bbs2	Ld3	Bs4	Ld4
Bbs3	Ld3	Bs5	Ld4
Bbs4	Ld4	Bsh	Ld3
Bbs5	Ld4	Bsh1	Ld3
Bbt, Bbht	Ld3	Bsh2	Ld3
bE	Ld3	Bsh3	Ld3
Bh	Ld3	Bsh4	Ld4
Bh1	Ld3	Bsh5	Ld4
Bh2	Ld3		

Tab. 1: Ableitung der Stufe der effektiven Lagerungsdichte (Ld) aus dem Horizontsymbol (Fortsetzung).

Horizont	Ld
Bsv	Ld3
Bt	Ld3
Bth	Ld3
Btv	Ld3
Bu	Ld4
Bv	Ld3
Bvs	Ld3
Bvs1	Ld3
Bvs2	Ld3
Bvs3	Ld3
Bvs4	Ld4
Bvs5	Ld4
Bvt	Ld3
Ccv	Ld4
Cn	Ld5
Cv	Ld4
dC	Ld4
E	Ld2
Gew	Ld3
Ghor	Ld3
Ghr	Ld3
Go	Ld3
Gor	Ld3
Gr	Ld3
Gro	Ld3
Gso	Ld3
Gw	Ld3
M	Ld3
mR	Ld3
P	Ld4
R, tR	Ld3
Sd	Ld4
Sdw	Ld4
Sew	Ld3
Sg	Ld3
Sq	Ld4
Srd	Ld4
Srw	Ld3
Sw	Ld3
Swd	Ld4
T	Ld3
tGo	Ld3
tGw	Ld3
uR	Ld3
vR	Ld3
Y	Ld3
Yh	Ld3
Yo	Ld3

Horizont	Ld
Yr	Ld3
zAa	Ld3
zAe	Ld3
zAeh	Ld3
zAel	Ld3
zAh	Ld3
zAhe	Ld3
zAhl	Ld3
zAi	Ld3
zAl	Ld3
zAlh	Ld3
zAp	Ld3
zAxh	Ld3
zGew	Ld3
zGhor	Ld3
zGo	Ld3
zGor	Ld3
zGr	Ld3
zGro	Ld3
zGso	Ld3

Tab. 2: Substanzvolumen (SV) bei entwässerten Torfen.

Torfart, Zersetzungsgrad	SV
Hn, z3	3
Hn, z4	4
Hn, z1	3
Hn, z5	4
Hna, z3	5
Hna, z4	5
Hnl, z1	3
Hnl, z2	3
Hnl, z5	4
Hns, z1	3
Hnt, z3	4
Hnu, z1	3
Hnw, z4	4
Hh, z1	2
Hh, z2	2
Hh, z3	3
Hh, z4	4
Hhr, z2	2
Hhr, z3	3
Hhr, z4	4
Hhs, z1	3
Hhs, z2	3

Kennwertklassifizierung

Tab. 3: Einstufung der effektiven Lagerungsdichte (Ld).

Kurzzeichen	Bezeichnung
Ld1	sehr gering
Ld2	gering
Ld3	mittel
Ld4	hoch
Ld5	sehr hoch

Tab. 4: Einstufung des Substanzvolumens (SV).

Kurzzeichen	Bezeichnung
SV1	sehr gering
SV2	gering
SV3	mittel
SV4	groß
SV5	sehr groß

Stand

Juni 2017

Quelle

NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Tabellen zur Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte. – Hannover [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.1.5

Inhalt Gewichteter Tongehalt im effektiven Wurzelraum

Eingangsdaten Bodenart (HNBOD)
Schichtmächtigkeit (SMK) [dm]
effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6

Kennwert Tg [Gew.-%]

- Kennwertermittlung**
1. Das Profil wird bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (We) in Schichten unterschiedlicher Bodenart – unabhängig von den Horizontgrenzen – unterteilt.
 2. Für jede Schicht wird die Mächtigkeit festgestellt (SMK).
 3. Für die jeweilige Bodenart wird der durchschnittliche Tongehalt [Gew.-%] Tabellen 1 und 2 entnommen (Ø Gew.% Ton).
 4. Aus der Tiefe des jeweiligen Bodenartenwechsels wird nach Tabelle 3 der Tiefengewichtungsfaktor (TGW) abgeleitet.
 5. Die so ermittelten Werte werden in folgende Formel eingesetzt:

$$Tg = \frac{\sum_0^{We} (\text{Ø Gew. \% Ton} * SMK * TGW)}{\sum_0^{We} (SMK * TGW)}$$

Tab. 1: Durchschnittsgewichtsprozent Ton in Abhängigkeit von der Bodenart.

Bodenart	Ø Tongehalt [Gew.-%]
Ss	3
Su2	3
Su3	5
Su4	5
Slu	12
Sl2	7
Sl3	10
Sl4	15
St2	10
St3	21
Ls2	21
Ls3	21
Ls4	21
Lt2	30

Bodenart	Ø Tongehalt [Gew.-%]
Lt3	40
Lts	35
Lu	21
Uu	5
Us	5
Uls	15
Ut2	10
Ut3	15
Ut4	21
Tt	82
Ts2	55
Ts3	43
Ts4	30
Tu2	55

Bodenart	Ø Tongehalt [Gew.-%]
Tu3	40
Tu4	30
Tl	55
Fh	2,5
Fhg	2,5
Fhh	2,5
Fhl	2,5
Fm	
Fmi	
Fmk	18
Fms	2,5
Fmt	45
Fmu	18

Tab. 2: Durchschnittsgewichtsprozent Ton in Abhängigkeit vom Bodenskelett.

SKEL	Ø Tongehalt [Gew.-%]
^kc	2,8
^mc	2,1
^sc	0,2
^tc	3,85
^uc	0,2
^yc	2,8
G	0,2
X	0,2
X,l	2,1
X,s	0,2

Tab. 3: Tiefengewichtungsfaktor (TGW).

[dm u. GOF]	Gewichtungsfaktor
0 – 3	3
> 3 – 6	2
> 6	1

Stand

Juni 2019

Quelle

RICHTER, U. & ECKELMANN, W. (1993): Das Ertragspotential ackerbaulich genutzter Standorte in Niedersachsen - Beispiel einer Auswertungsmethode im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Geol. Jb. **F 27**: 197–205; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.1.6

Inhalt	Effektive Durchwurzelungstiefe	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Lagerungsdichte (Ld) [Stufe] nach VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 Grobboden, Festgestein (SKEL) Bodentyp (BOTYP) Humusgehalt (HUMUS) [Stufe]	Horizontsymbol (HORIZ) Grundwasserstand (MNGW) ggf. Jahresniederschlag (Nj) [mm/a] ggf. Baumart ggf. Alter der Baumbestände [a]
Kennwert	We [dm]	
Kennwertermittlung	Die Grundwerte der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) sind schichtbezogen auf der Basis der vorherrschenden Boden- bzw. Torfart festgesetzt und können den nachfolgenden Tabellen (1–2) entnommen werden. Bei homogen aufgebauten Böden kann der Wert direkt aus den Tabellen übernommen werden. <u>Bei geschichteten Profilen</u> (innerhalb des Profils gibt es einen Wechsel der Bodenart bzw. der Stufe der effektiven Lagerungsdichte, so dass das Ergebnis der Abschätzung der We auf Basis von den Tabellen 1–5 zwischen einzelnen Horizonten eines Profils variiert): a) Wenn die We der oberen Schicht (We_{OS}) geringer ist, als die We der darunterliegenden unteren Schicht (We_{US}) und die Schichtgrenze (SG) oberhalb von 11 dm u. GOF liegt [$We_{OS} < We_{US}$ und $Sg < 11$], dann gilt bei: $Sg \leq We_{OS} \rightarrow We = We_{US}$ $We_{OS} < Sg < 11 \rightarrow We = We_{OS}$ b) Wenn die We der oberen Schicht (We_{OS}) größer ist, als die We der darunterliegenden unteren Schicht (We_{US}) und die Schichtgrenze [SG] oberhalb von von 11 dm u. GOF liegt [$We_{OS} > We_{US}$ und $SG < 11$], dann gilt bei: $We_{OS} \leq Sg \rightarrow We = We_{OS}$ $Sg \leq We_{US} \rightarrow We = We_{US}$ $We_{US} < Sg < We_{OS} \rightarrow We = Sg + 1 \text{ dm}$ Wobei We nicht den Wert von We_{OS} übersteigen darf. c) Übersteigt die obere Schichtmächtigkeit 11 dm [$Sg > 11 \text{ dm}$], wird die Schichtung nicht mehr berücksichtigt.	

Bodentypologische Besonderheiten, die das Wurzelwachstum negativ beeinflussen, werden durch folgende Modifikationen berücksichtigt:

1. Bei Grundwasserböden endet die We spätestens 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes. Dies entspricht dem MNGW der Profile.
2. Bei Podsolen:
Beginnt der Bs-, Bsh-, Bh-, Bhs-Horizont mehr als 2 dm über der ermittelten We, gilt bei Verfestigungsgrad (Vf)
0 – 3: We = We,
4 – 5 (Ortstein): We = Obergrenze Bhs + 1 dm.
3. Böden mit geringer Solummächtigkeit:
Wenn die We des Feinbodens im Oberboden > als die Obergrenze des Cn-Horizontes, endet die We spätestens an der Obergrenze des Cn-Horizontes. Liegt über dem Cn-Horizont ein Cv-Horizont, gilt zunächst die Ableitung nach Tabelle 3. Ist die We aus dieser Ableitung > als die Obergrenze des folgenden Cn-Horizontes, endet die We spätestens an der Obergrenze des Cn-Horizontes.

Nutzungsspezifische Anpassung der We:

Bei Ackernutzung auf Hochmoorböden (HH) und auf Moorumbruchsböden ist die We = 6 dm. Bei Ackerbau auf Niedermoorböden ist die We = 6 dm.

Bei Grünlandnutzung auf Moorböden (HH, HN) ist die We = 4 dm.

Bei Grünlandnutzung auf mineralischen Böden reduziert sich nach Renger et al. (2009) bzw. nach DWA (2016) die We um 2 dm. Bei Profilen mit bodentypologischen Besonderheiten (s. o.) entfällt diese nutzungsspezifische Anpassung. Maximal erreicht die We unter Grünlandnutzung Werte von 9 dm.

Bei Forstnutzung erhöhen sich die aus den Tabellen 1–3 ermittelten Werte der We wie folgt: Bei Laubwald um 50 %, bei Mischwald um 35 % und bei Nadelwald um 20 %. Bei Profilen mit bodentypologischen Besonderheiten (s. o.) entfällt die Anpassung.

Alternativ kann bei Forstnutzung und Vorliegen von Klima- und Bestandsdaten die We von Forstböden nach der Methode RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG (2009) berechnet werden. Die vielfältigen Angaben und Kennwerte aus der Literatur wurden in Tabelle 4 zusammengefasst (nach RAISSI, MÜLLER & MEESENBURG (2009), Literatur s. dort). Grundsätzlich hängt die We im Forst ab von Bodenarten, Niederschlägen, Baumarten und dem Alter der Bestände. Auch hier gilt, dass bei Grundwasserböden (G*, A*, M*) die We spätestens 1 dm oberhalb vom MNGW endet.

Tiefwurzler: z. B. Buche, Eiche, Kiefer, Lärche, Bergahorn.

Flachwurzler (ca. 20 % flacher als Tiefwurzler): z. B. Fichte, Birke, Pappel.

Tab. 1: We [dm] in Abhängigkeit von der Bodenart bei Humusgehalten < 15 % (RENGER et al. 2009 in DWA 2016).

Bodenart		Effektive Durchwurzelungstiefe We [dm] bei einjährigen landw. Nutzpflanzen in Trockenjahren				
Haupt- gruppe	Untergruppe	Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
Sand s	ffS	10	10	8	5	4
	ffSl2	10	10	9	6	4
	ffSl3	11	11	9	7	5
	ffSu2	10	10	9	6	4
	ffSu3	10	10	9	6	4
	fS	10	10	8	5	4
	fSl2	10	10	9	6	4
	fSl3	11	11	9	7	5
	fSms	10	10	8	5	4
	fSmst2	11	11	9	7	5
	fSmsu2	10	10	9	6	4
	fSmsu3	10	10	9	6	4
	fSu2	10	10	9	6	4
	fSu3	10	10	9	6	4
	fSu4	10	10	9	6	4
	gSms	9	9	7	5	4
	mS	10	10	8	5	4
	mSfs	10	10	8	5	4
	mSgs	10	10	8	5	4
	Sl2	10	10	9	6	4
	Sl3	11	11	9	7	5
	Ss	10	10	8	5	4
	St2	11	11	9	7	5
	Su2	10	10	9	6	4
	Su3	10	10	9	6	4
	Su4	10	10	9	6	4
Schluff u	Lu	15	15	12	8	6
	Uu	14	14	11	8	6
	Uffs	14	14	11	8	6
	Ufs	14	14	11	8	6
	Uls	15	15	12	8	6
	Us	14	14	11	8	6
	Ut2	15	15	12	8	6
	Ut3	15	15	12	8	6
	Ut4	15	15	12	8	6

Tab. 1: We [dm] in Abhängigkeit von der Bodenart bei Humusgehalten < 15 % (Fortsetzung).

Bodenart		Effektive Durchwurzelungstiefe We [dm] bei einjährigen landw. Nutzpflanzen in Trockenjahren				
Haupt- gruppe	Untergruppe	Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
Lehm I	ffSlu	13	13	10	8	5
	fSlu	13	13	10	8	5
	Ls2	14	14	11	8	6
	Ls3	14	14	11	8	6
	Ls4	14	14	11	8	6
	Lt2	14	14	11	8	6
	Lt3	14	14	11	8	6
	Lts	14	14	11	8	6
	Sl4	13	13	10	8	5
	Slu	13	13	10	8	5
	St3	13	13	10	8	5
	Ts3	13	13	10	8	5
	Ts4	13	13	10	8	5
Ton t	Tl	14	14	11	8	6
	Ts2	14	14	11	8	6
	Tt	14	14	11	8	6
	Tu2	14	14	11	8	6
	Tu3	15	15	12	8	6
	Tu4	15	15	12	8	6
Humusgehalt ≥ 15 %						
Anmoor Moor	Humusstufe h6 Humusgehalt 15 – 30 %	10				
	Hh	2				
	Hn	4				
Mudde	F*	4				

Tab. 2: We [dm] von Grobböden.

Bodenart des Grobbodens		We Effektive Durchwurzelungstiefe bei einjährigen landw. Nutzpflanzen in Trockenjahren
Hauptgruppe	Untergruppe	[dm]
Kies	G	5
	fG	5
	gG	5
	mG	5
	G, s	5
	G, l	6
	G, t	6
	G, u	6
Grus	Gr	5
	Gr, s	5
	Gr, l	6
	Gr, t	6
	Gr, u	6
	gGr	5
	mGr	5
	fGr	5
Steine	X	1
	X, s	4
	X, l	5
	X, t	5
	X, u	5

Die effektive Durchwurzelungstiefe von Festgesteinsböden kann in erster Näherung nach Tabelle 3 ermittelt werden:

Tab. 3: Effektive Durchwurzelungstiefe von Festgesteinsböden.

Art	Skel	We [dm]
Festgestein unzersetzt	$\wedge^*$, z. B. $\wedge^{ah}$; $\wedge^d$; $\wedge^m$; $\wedge^{ms}$; etc.	1
Festgesteinszersatz	$\wedge^{*c}$ z. B. $\wedge^{ahc}$; $\wedge^{dc}$; $\wedge^{mc}$; $\wedge^{msc}$; etc.	5
Festgesteinszersatz mit Beimengung	$\wedge^{*,l}$ (s,t,u) z. B. $\wedge^{ahc,l}$; $\wedge^{ahc,s}$; $\wedge^{ahc,u}$; $\wedge^{ahc,t}$; etc.	6

Auf Basis von Tabelle 4 kann für Forstböden die We abhängig von Boden, Klima und Bestandsdaten ermittelt werden.

Tab. 4: Effektive Durchwurzelungstiefe von Forstböden (We) [dm] in Abhängigkeit von Bodenart, Bodentyp, Baumart, Bestandsalter und durchschnittlichem Jahresniederschlag [mm/a].

Bodenart	Baumart	Alter											
		< 15				15 – 45				> 45 – 80 (100)			
		Niederschlag [mm/a]											
		> 750	725	700	< 625	> 750	725	700	< 625	> 750	725	700	< 625
S	a)	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	18	20
	b)	6	6,5	7	8	9	10	10,5	11	12	13	14,5	16
L	a)	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	19	21
	b)	6,5	7	8	9	10	10,5	11	12	13	14	15	17
U	a)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	25
	b)	10	10,5	11	12	13	14	14,5	15	16	17	18	20
T	a)	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	13	14	15
	b)	6,5	7	7	8	8	8,5	9	9	10	10,5	11	12
Festgestein (Bodentyp: R, N, F)	a)	7				9,5				12			
	b)	6				8				10			

a) Tiefwurzler,
b) Flachwurzler.

Kennwert- klassifizierung

Tab. 5: Einstufung der effektiven Durchwurzelungstiefe des Bodens.

Kurzzeichen	Tiefe [dm]	Bezeichnung
We1	0 – < 3	äußerst gering
We2	3 – < 5	sehr gering
We3	5 – < 7	gering
We4	7 – < 9	mittel
We5	9 – < 11	hoch
We6	≥ 11	sehr hoch

Anmerkungen

Die We beschreibt den Raum im Boden, dessen nutzbare Feldkapazität in Trockenjahren von Pflanzenwurzeln komplett ausgeschöpft wird. Der tatsächlich durchwurzelte Raum ist in vielen Fällen größer als die We.

Insbesondere die Werte für Kartoffeln können von der in *Verknüpfungsregel 6.1.6* abgeleiteten We abweichen.

Die Werte der Bodenart „Grobboden“ beruhen z. T. auf Schätzungen und auf durch wenige Messungen belegte Ableitungen.

Stand

August 2019

Quellen

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2016): Forstliche Standortaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 7. Aufl.; Eching (IHW).
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A **920-2**, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].
- RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., Geofakten **9**: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, H., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – Bodenökologie und Bodengene-
nese **40**: 5–51.

Verknüpfungsregel 6.1.7

Inhalt	Nutzbare Feldkapazität	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD)	Grobboden, Festgestein (SKEL)
	Trockenrohdichte (TRD) [g/m³] nach VKR 6.1.3	Vernässungsstufe (VERNAS)
	Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4	Grundwasserstufe (GWS) nach VKR 6.1.12
	Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe]	Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2
	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe]	
Kennwert	nFK [mm/dm] bzw. [Vol.-%]	
Kennwertermittlung	Die nutzbare Feldkapazität kann – für Feinboden bei Humusgehalten < 15 % aus den Tabellen 1a – c, – für Torf und Mudde aus den Tabellen 2a und 2b, – für Grobboden aus Tabelle 3, – für Festgestein und Festgesteinszersatz aus Tabelle 4, – für Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen aus Tabelle 5 ermittelt werden. Die Werte der Tabelle 1 erhalten Zu- bzw. Abschläge – aufgrund ihres Humusgehaltes nach Tabelle 6, – aufgrund hydromorpher Merkmale nach Tabelle 8, Bei skeletthaltigen Böden mit einem Feinbodenanteil von 1 – 99 Vol.-% wird der Kennwert mit folgender Gleichung angepasst.	

$$nFK = nFK_{Tabelle} * \frac{FBA}{100}$$

Tab. 1a: Schätzrahmen zur Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert nutzbare Feldkapazität pF 1,8.

Bodenart	nFK Poren 0,2 µm – 50 µm pF 4,2 – 1,8				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		10	11	12	
Sl2		16	15	14	13
Sl3		18	16	14	12
Sl4		18	16	14	12
Slu		23	21	18	16
St2		12	12	12	11
St3		13	11	11	11
Su2		16	15	14	13
Su3		21	18	16	14
Su4		24	22	19	17
Ls2	23	21	19	16	13
Ls3	21	19	17	14	12
Ls4	19	17	15	13	11
Lt2	21	18	15	12	
Lt3	20	17	13	10	
Lts	19	16	13	10	
Lu	24	21	18	15	
Uu	30	28	27	24	
Uls	26	24	22	19	
Us	29	27	24	21	
Ut2	28	26	25	23	
Ut3	27	26	24	22	
Ut4	25	23	21	19	
Tt	17	15	10		
TI	18	15	11	9	
Tu2	19	16	12	9	
Tu3	21	18	14	10	
Tu4	25	21	18	15	
Ts2		14	11	9	
Ts3		14	11	9	
Ts4		15	13	11	
fS, fSms, fSgs		14	15	16	
mS, mSfs, mSgs		10	11	12	
gS		7	8	9	

Tab. 1b: Schätzrahmen zur Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert nutzbare Feldkapazität pF 2,5.

Bodenart	nFK Poren 0,2 µm – 10 µm pF 4,2 – 2,5				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		4	5	6	
SI2		10	9	9	8
SI3		12	10	9	7
SI4		12	10	10	8
Slu		18	16	13	11
St2		7	7	7	7
St3		8	7	7	7
Su2		10	9	8	7
Su3		15	12	11	10
Su4		18	16	14	13
Ls2	16	15	13	12	9
Ls3	16	15	13	11	9
Ls4	14	13	11	9	8
Lt2	17	15	12	9	
Lt3	17	14	10	8	
Lts	15	12	9	7	
Lu	17	16	14	12	
Uu	23	22	21	20	
Uls	18	17	16	15	
Us	21	20	18	17	
Ut2	19	18	19	19	
Ut3	19	19	18	18	
Ut4	18	17	16	16	
Tt	13	12	9		
Tl	14	12	9	7	
Tu2	15	13	10	8	
Tu3	16	15	11	9	
Tu4	19	16	14	13	
Ts2		10	8	6	
Ts3		10	8	6	
Ts4		10	7	6	
fS, fSms, fSgs		5	6	6	
mS, mSfs, mSgs		4	5	6	
gS		i 3	4	5	

Tab. 1c: Schätzrahmen zur Bestimmung der nutzbaren Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert nutzbare Feldkapazität Feuchteäquivalente (FÄ).

Bodenart	nFK Wassergehaltsdifferenz zwischen FÄ und pF 4,2				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		9	10	11	
SI2		13	12	12	11
SI3		15	13	12	10
SI4		14	13	12	10
Slu		19	18	16	14
St2		10	10	10	9
St3		11	10	9	9
Su2		13	12	11	10
Su3		17	14	13	12
Su4		20	19	17	15
Ls2	19	17	15	14	11
Ls3	19	17	15	13	11
Ls4	17	15	13	12	10
Lt2	18	15	13	11	
Lt3	18	15	11	9	
Lts	16	13	11	9	
Lu	19	17	14	13	
Uu	26	24	24	21	
Uls	21	20	18	16	
Us	24	23	20	19	
Ut2	23	22	22	21	
Ut3	22	22	21	20	
Ut4	21	19	18	17	
Tt	13	12	9		
Tl	14	12	9	7	
Tu2	15	13	10	8	
Tu3	18	15	11	8	
Tu4	21	18	15	13	
Ts2		11	9	7	
Ts3		11	9	8	
Ts4		12	10	9	
fS, fSms, fSgs		12	13	14	
mS, mSfs, mSgs		9	10	11	
gS		6	7	8	

Tab. 2a: nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen, Torfartengruppe und Zersetzungsgrad bzw. Horizont (Humusgehalte > 30 %).

bodenkundliche Torfartengruppe, Mudde bzw. Horizont		SV [Stufe]			
		1 – 2	3	4	5
Hochmoortorf Hh alle Torfarten	Hhz1	55	58	60	60
	Hhz2	55	58	60	60
	Hhz3	60	60	60	60
	Hhz4	60	65	55	55
	Hhz5	60	65	55	55
Niedermoortorf Hn (Horizonte)	Hp			29	29
	Hv			30	32
	Hm			30	
	Ha		29	29	29
	Ht		50	40	
	Hr		58	50	
	Hrw		56		
	Hw		54	45	45
	Hwr		56	50	
	Hw-Hv			32	
	uR			30	
	Go-uR			30	
	rGo-uR			30	

Tab. 2b: nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen bzw. Lagerungsdichte, Mudde bzw. HNBOD (Humusgehalte > 30 %).

Muddenart	HNBOD	SV [Stufe]				
		SV1	SV2	SV3	SV4	SV5
organische Mudden	Fh		5	5	5	5
		Ld [Stufe]				
		Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
mineralische Mudde	Fm, Fmk, Fmu, Fms	10	8	5	4	3

Tab. 3: nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Grobböden.

Bodenart des Grobbodens		nFK Poren Ø 0,2 – 50 µm pF 4,2 – 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	[mm/dm bzw. Vol.-%]
Kies	G	8
	fG	9
	gG	8
	mG	9
	G,s	9
	G,l	11
	G,t	9
	G,u	9
Grus	Gr	8
	Gr,s	9
	Gr,l	11
	Gr,t	9
	Gr,u	12
Steine	X	4
	X,s	6
	X,l	8
	X,t	6
	X,u	8
	mGr	9
	gGr	8
	fGr	9

Tab. 4: nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Festgestein bzw. Festgesteinszersatz.

Festgestein, Festgesteinszersatz		nFK nutzbare Feldkapazität Poren Ø 0,2 – 50 µm pF 4,2 – 1,8
Bezeichnung	Untergruppe	[mm/dm bzw. Vol.-%]
Festgestein:		
Sandstein (Hils)	^s	4
Feinsandstein (sm)	^fs	4
Mittelsandstein	^ms	4
Grobsandstein	^gs	4
Quarzsandstein	^sq	4
Kalksandstein	^sk	4
Dolomitstein	^d	3
Kalk-Oolith	^koo	3
Stinkdolomit	^dbi	3
Zellendolomit	^dz	3
Kalkstein	^k, ^brk	3
Blaukalk	^kbi	3
Schaumkalk	^kp	3
Zellenkalk	^kze	3
Kalkmergelstein	^mk	5
Mergelkalkstein	^km	5
Mergelstein	^m	5
Dolomitmergelstein	^md	5
Sandmergelstein	^mks	8
Tonmergelstein	^mt	8
Mergeltonstein	^tm	8
Tonstein	^t	8
Schieferton	^tbl, ^il	8
Schluffstein	^u	8
Gipsstein	^y	8
Anhydritstein	^ah	8
Festgesteinszersatz		
	^sc	6
	^fsc	6
	^msc	6
	^gsc, ^gc, qc	6
	^sqc	6
	^skc	6
	^dc	4
	^kooc	4
	^dbic	4
	^dzc	4
	^kc	4
	^kbic	4
	^kpc	4
	^kzec	4
	^mkc	11
	^kmc	11
	^mc	11
	^mdc	11
	^mksc	11
	^mtc	11
	^tmc	11
	^tc	11
	^tblc^ilc	11
	^uc	11
	^yc	11
	^ahc	11

Tab. 5: nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen.

Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen		nFK Poren Ø 0,2 – 50 µm pF 4,2 – 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	
^s, ^fs, ^ms, ^gs, ^sq, ^sk, ^d, ^koo, ^dbi, ^dz, ^k, ^kbi, ^kp	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 4 + 35 %
^kze, ^mk, ^km, ^m, ^md, ^mks, ^mt, ^tm, ^t, ^tbl, ^u, ^y, ^ah	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 4 + 15 %

Tab. 6: Zuschläge für die nFK [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Humusstufe und der Bodenart.

Bodenart	FÄ (pF)	nFK pF 1,8 – 4,2				nFK pF FÄ – 4,2				nFK 2,5 – 4,2			
		Humus [Stufe]				Humus [Stufe]				Humus [Stufe]			
		h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5
Ss	1,9	2	3	6	13	2	3	6	13	1	2	4	10
SI2	2	1	3	6	11	1	3	6	10	1	2	4	8
SI3	2	1	3	6	11	1	3	6	11	1	2	3	8
SI4	2,1	1	3	5	10	1	3	4	9	1	2	3	8
Slu	2,1	1	3	5	10	1	3	4	9	1	2	3	7
St2	2,1	1	3	7	10	1	2	6	9	1	2	5	7
St3	2,2	1	3	6	10	1	2	5	8	1	2	4	7
Su2	2,1	1	3	7	12	1	3	6	10	1	2	4	8
Su3	2,1	1	3	6	11	1	3	5	10	1	2	4	8
Su4	2,1	1	3	6	10	1	3	5	9	1	2	4	7
Ls2	2,1	1	3	5	9	1	3	4	8	0	2	3	6
Ls3	2,1	1	3	5	10	1	3	4	9	1	2	3	7
Ls4	2,1	1	3	6	10	1	3	5	9	1	2	4	7
Lt2	2,2	2	2	4	8	1	1	3	7	1	1	2	6
Lt3	2,3	1	2	4	8	1	1	2	6	1	1	2	6
Lts	2,2	1	3	5	10	1	2	4	8	1	2	3	7
Lu	2,2	1	2	5	8	1	1	4	7	1	1	3	6
Uu	2,1	1	2	3	7	1	2	3	6	1	1	2	5
Uls	2,1	2	3	4	9	2	3	3	8	1	2	2	7
Us	2,1	2	3	4	9	2	3	3	8	1	2	2	7
Ut2	2,2	2	3	5	7	1	2	4	6	1	2	3	5
Ut3	2,2	2	3	5	8	1	2	4	7	1	2	3	6
Ut4	2,2	2	3	5	7	1	2	4	6	1	2	3	5
Tt	2,5	1	1	3	5	1	2	2	3	1	2	2	3
TI	2,5	1	1	3	6	1	0	2	4	1	0	2	4
Tu2	2,5	1	1	3	6	1	0	2	4	1	0	2	4
Tu3	2,4	1	1	4	6	1	0	3	4	1	0	3	4
Tu4	2,3	1	1	4	7	1	0	3	5	1	0	3	5
Ts2	2,4	1	2	5	9	0	1	3	6	0	1	3	6
Ts3	2,3	1	3	6	10	1	2	4	8	1	2	4	7
Ts4	2,2	1	3	6	10	1	2	5	8	1	2	4	7

Tab. 7: Beispiele für die Änderung von Trockenrohdichte (TRD) und Gesamtporenvolumen (GPV) in Abhängigkeit von der Humusstufe.

Humusstufe	TRD-Stufe	Humus [Masse-%]	TRD [g/cm³]	Reindichte [g/cm³]	GPV [Vol.-%]
h3	< 3 (4)	3	< 1,70	2,59	> 34
h4	< 3	6	< 1,55	2,53	> 39
h5	< 1 (2)	11,5	< 1,2	2,42	> 50

Tab. 8: Zuschläge zur nutzbaren Feldkapazität in Vol.-% bei hydromorphen Böden.

Bodenart	vollhydromorphe Böden*	halbhydromorphe Böden**
fS, fSms	+ 5	+ 2
Ss, mS, gS, Sl2, Sl3, Slu, Su2, Su3, Su4	+ 4	+ 2
Sl4, Ls2, Ls3, Ls4, St3, St2, Uls, Uu, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Lu, Tu4	+ 3	+ 1
Lt2, Lt3, Lts, Ts4, Ts3 Tu3 Tu2, TI Ts2, Tt	+ 2	+ 1

* Böden mit GWS ≤ 3 bzw. Vn ≥ 4.

** Böden mit GWS 4 – 6 bzw. Vn = 3.

Anmerkungen

Die Werte der Bodenart „Grobboden“, „Festgesteinszersatz“ und „Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen“ beruhen z. T. auf Schätzungen und auf durch wenige Messungen belegte Ableitungen. Die Kennwerte können alternativ für die Porengrößenverteilung zwischen pF 1,8–4,2, pF 2,5–4,2 und nach dem Konzept des Feuchtegehaltes zu Beginn der Vegetationszeit (Feuchteäquivalente (FÄ)) ermittelt werden. Das LBEG empfiehlt die Verwendung der Feuchteäquivalente.

Stand

Juni 2019

Quellen

CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – 196 S., Diss. Humboldt-Universität, Berlin.

DEHNER, U., RENGGER, M., BRÄUNIG, A., LAMPARTER, A., BAURIEGEL, A., BURBAUM, B., HARTMANN, K.-J., HENNINGS, V., IDLER, F., KRONE, F., MARTIN, W., MEYER, K. & WALDMANN, F. (2015): Neue Kennwerte für die Wasserbindung in Böden. - Ergebnisse der Abstimmung zwischen dem Personenkreis Wasserhaushaltstabellen der Ad-hoc-AG Boden und dem DWA. – Berichte der DBG; <<http://eprints.dbges.de/1160/>>, [13.07.2016].

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

MÜLLER, U. & EVERMANN, H. (1994): Bodenphysikalische Analysen der Porengrößenverteilung von Festgesteinen. – Bericht NLFb, Archiv-Nr. 134 296; Hannover [Unveröff.].

NLFb – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Tabellen zur Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte. – Hannover [Unveröff.].

RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, H., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – Bodenökologie und Bodengene 40: 5–51.

VETTERLEIN, E. (1983): Beziehung zwischen hydraulischer Leitfähigkeit und Bodenwassergehalt in Sande-, Lehm- und Tonsubstraten. – Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde 27/7: 417–426.

Verknüpfungsregel 6.1.8

Inhalt	Feldkapazität
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Trockenrohdichte (TRD) [g/m³] nach VKR 6.1.3 Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4 Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe] Humusgehalt (HUMUS) [Stufe] Grobboden, Festgestein (SKEL) Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstufe (GWS) nach VKR 6.1.12 Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2
Kennwert	FK [mm/dm] bzw. [Vol.-%]
Kennwertermittlung	Die Feldkapazität kann – für Feinboden bei Humusgehalten < 15 % aus den Tabellen 1a – c, – für Torf und Mudde aus den Tabellen 2a und 2b, – für Grobboden aus Tabelle 3, – für Festgestein und Festgesteinszersatz aus Tabelle 4, – für Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen aus Tabelle 5 ermittelt werden.

Die Werte der Tabelle 1 erhalten Zu- bzw. Abschläge

- aufgrund ihres Humusgehaltes nach Tabelle 6,
- aufgrund hydromorpher Merkmale nach Tabelle 8,

Bei grobbodenhaltigen Böden mit einem Feinbodenanteil von 25 – 99 Vol.-% wird der Kennwert mit folgender Gleichung angepasst.

$$FK = FK_{Tabelle} * \frac{FBA}{100}$$

Tab. 1a: Schätzrahmen zur Bestimmung der Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugs- wert Feldkapazität pF 1,8.

Bodenart	FK [Vol.-%] Poren $\leq 50 \mu\text{m}$ pF $\geq 1,8$				
	Trockenrohdichte [g/cm ³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		12	13	14	
Sl2		22	21	20	19
Sl3		27	25	24	22
Sl4		29	27	25	23
Slu		34	32	30	28
St2		18	18	18	18
St3		24	22	22	21
Su2		21	20	19	18
Su3		28	26	24	22
Su4		32	30	28	26
Ls2	39	37	35	32	29
Ls3	36	34	32	29	27
Ls4	32	30	28	26	24
Lt2	41	38	35	32	
Lt3	45	42	38	34	
Lts	39	36	33	30	
Lu	42	39	36	33	
Uu	39	37	36	34	
Uls	38	36	34	32	
Us	37	35	33	31	
Ut2	39	37	36	34	
Ut3	40	38	37	35	
Ut4	41	39	37	35	
Tt	53	48	42		
Tl	48	44	40	35	
Tu2	50	46	41	36	
Tu3	47	43	39	35	
Tu4	45	41	38	35	
Ts2		38	35	31	
Ts3		34	31	28	
Ts4		30	28	26	
fS, fSms, fSgs		17	18	19	
mS, mSfs, mSgs		12	13	14	
gS		9	10	11	

Tab. 1b: Schätzrahmen zur Bestimmung der Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugs- wert Feldkapazität pF 2,5.

Bodenart	FK [Vol.-%] Poren $\leq 10 \mu\text{m}$ pF $\geq 2,5$				
	Trockenrohdichte [g/cm ³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		6	7	8	
Sl2		16	15	15	14
Sl3		21	19	19	17
Sl4		23	21	21	19
Slu		29	27	25	23
St2		13	13	13	14
St3		19	18	18	17
Su2		15	14	13	12
Su3		22	20	19	18
Su4		26	24	23	22
Ls2	32	31	29	28	25
Ls3	31	30	28	26	24
Ls4	27	26	24	22	21
Lt2	37	35	32	29	
Lt3	42	39	35	32	
Lts	35	32	29	27	
Lu	35	34	32	30	
Uu	32	31	30	30	
Uls	30	29	28	28	
Us	29	28	27	27	
Ut2	30	29	30	30	
Ut3	32	31	31	31	
Ut4	34	33	32	32	
Tt	49	45	41		
Tl	44	41	38	33	
Tu2	46	43	39	35	
Tu3	42	40	36	34	
Tu4	39	36	34	33	
Ts2		34	32	28	
Ts3		30	28	25	
Ts4		25	22	21	
fS, fSms, fSgs		8	9	9	
mS, mSfs, mSgs		6	7	8	
gS		5	6	7	

Tab. 1c: Schätzrahmen zur Bestimmung der Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%] in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugs- wert Feldkapazität Feuchteäquivalente (FÄ).

Bodenart	Feldkapazität [Vol.-%] [Wassergehalt beim FÄ]				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		11	12	13	
Sl2		19	18	18	17
Sl3		24	22	22	20
Sl4		25	24	23	21
Slu		30	29	28	26
St2		16	16	16	16
St3		22	21	20	19
Su2		18	17	16	15
Su3		24	22	21	20
Su4		28	27	25	24
Ls2	35	33	31	30	27
Ls3	34	32	30	28	25
Ls4	30	28	26	25	23
Lt2	38	35	33	31	
Lt3	43	40	36	33	
Lts	36	33	31	29	
Lu	37	35	32	31	
Uu	35	33	33	31	
Uls	33	32	30	29	
Us	32	31	29	29	
Ut2	34	33	33	32	
Ut3	35	34	34	33	
Ut4	37	35	34	33	
Tt	49	45	41	—	
Tl	44	41	38	33	
Tu2	46	43	39	35	
Tu3	44	40	36	33	
Tu4	41	38	35	33	
Ts2		36	34	29	
Ts3		31	29	26	
Ts4		28	25	23	
fS, fSms, fSgs		15	16	17	
mS, mSfs, mSgs		11	12	13	
gS		8	9	10	

Tab. 2a: FK [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen, Torfartengruppe und Zersetzungsgrad bzw. Horizont (Humusgehalte > 30 %).

bodenkundliche Torfartengruppe bzw. Horizont		SV [Stufe]			
		1 –2	3	4	5
Hochmoortorf Hh alle Torfarten	Hhz1	65	69	72	72
	Hhz2	65	69	72	72
	Hhz3	70	73	75	75
	Hhz4	85	82	83	83
	Hhz5	85	82	83	83
Niedermoor- torf Hn (Horizonte)	Hp			59	59
	Hv			62	62
	Hm			62	62
	Ha		63	63	63
	Ht		76	72	–
	Hr		80	75	–
	Hrw		78		
	Hw		78	73	73
	Hwr		78	75	
	Hw-Hv			62	
	uR		–	64	–
	Go-uR			64	
	rGo-uR			64	

Tab. 2b: FK [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen bzw. Lagerungsdichte, Mude bzw. der Bodenart (Humusgehalte > 30 %).

Muddenart	Bodenart	SV [Stufe]				
		SV1	SV2	SV3	SV4	SV5
organische Mudden	Fh		85	85	80	75
		Ld [Stufe]				
		Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
mineralische Mudden	Fm, Fmk, Fmu, Fms	60	50	40	40	35

Tab. 3: FK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Grobboden.

Bodenart des Grobbodens		FK Feldkapazität Poren Ø < 50 µm pF > 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	[mm/dm bzw. Vol.-%]
Kies	G	16
	fG	18
	mG	18
	gG	16
	G, s	18
	G, l	22
	G, t	18
	G, u	18
Grus	Gr	16
	Gr, s	18
	Gr, l	22
	Gr, t	18
	Gr, u	24
Steine	X	8
	X, s	12
	X, l	16
	X, t	12
	X, u	16
	mGr	18
	gGr	16
	fGr	18

Tab. 4: FK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Festgestein bzw. Festgesteinszersatz.

Festgestein, Festgesteinszersatz		FK Feldkapazität Poren Ø < 50 µm pF > 1,8
Bezeichnung	Untergruppe	[mm/dm bzw. Vol.-%]
Festgestein:		
Sandstein (Hils)	^s	7,4
Feinsandstein (sm)	^fs	5
Mittelsandstein	^ms	7,4
Grobsandstein	^gs	7,4
Quarzsandstein	^sq	5
Kalksandstein	^sk	13
Dolomitstein	^d	8,5
Kalk-Oolith	^koo	8,5
Stinkdolomit	^dbi	8,5
Zellendolomit	^dz	8,5
Kalkstein	^k, ^brk	8,5
Blaukalk	^kbi	8,5
Schaumkalk	^kp	8,5
Zellenkalk	^kze	8,5
Kalkmergelstein	^mk	41
Mergelkalkstein	^km	41
Mergelstein	^m	41
Dolomitmergelgestein	^md	41
Sandmergelstein	^mks	15
Tonmergelstein	^mt	15
Mergeltonstein	^tm	15
Tonstein	^t	15
Schieferton	^tbl, ^il	15
Schluffstein	^u	15
Gipsstein	^y	15
Anhydritstein	^ah	15
Festgesteinszersatz		
	^sc	11
	^fsc	7,6
	^msc	11
	^gsc, ^gc, qc	11
	^sqc	7,6
	^skc	7,6
	^dc	8,5
	^kooc	8,5
	^dbic	8,5
	^dzc	8,5
	^kc	8,5
	^kbic	8,5
	^kpc	8,5
	^kzec	8,5
	^mkc	41
	^kmc	41
	^mc	41
	^mdc	41
	^mksc	15
	^mtc	15
	^tmc	15
	^tc	15
	^tblc, ^ilc	15
	^uc	15
	^yc	15
	^ahc	15

Tab. 5: FK [mm/dm bzw. Vol.-%] von Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen.

Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen		FK Feldkapazität Poren Ø < 50 µm pF > 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	
^s, ^fs, ^ms, ^gs, ^sq, ^sk, ^d, ^koo, ^dbi, ^dz, ^k, ^kbi, ^kp	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 5 + 35 %
^kze, ^mk, ^km, ^m, ^md, ^mks, ^mt, ^tm, ^t, ^tbl, ^u, ^y, ^ah	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 5 + 15 %

Tab. 6: Zuschläge für Poren [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Humusstufe und der Bodenart.

Bodenart	FÄ (pF)	FK 1,8				FK FÄ				FK 2,5			
		Humus [Stufe]				Humus [Stufe]				Humus [Stufe]			
		h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5
Ss	1,9	3	5	10	20	3	5	10	20	2	4	8	17
Sl2	2	2	5	9	17	2	5	9	16	2	4	7	14
Sl3	2	2	4	9	16	2	4	9	16	2	3	6	13
Sl4	2,1	2	4	8	15	2	4	7	14	2	3	6	13
Slu	2,1	2	4	7	14	2	4	6	13	2	3	5	11
St2	2,1	2	5	10	17	2	4	9	16	2	4	8	14
St3	2,2	2	5	9	16	2	4	8	14	2	4	7	13
Su2	2,1	2	5	10	18	2	5	9	16	2	4	7	14
Su3	2,1	2	5	9	16	2	5	8	15	2	4	7	13
Su4	2,1	2	5	8	15	2	5	7	14	2	4	6	12
Ls2	2,1	2	4	7	13	2	4	6	12	1	3	5	10
Ls3	2,1	2	4	7	14	2	4	6	13	2	3	5	11
Ls4	2,1	2	4	8	14	2	4	7	13	2	3	6	11
Lt2	2,2	2	3	6	11	1	2	5	10	1	2	4	9
Lt3	2,3	1	3	6	11	1	2	4	9	1	2	4	9
Lts	2,2	2	4	7	13	2	3	6	11	2	3	5	10
Lu	2,2	1	3	6	11	1	2	5	10	1	2	4	9
Uu	2,1	1	3	5	10	1	3	5	9	1	2	4	8
Uls	2,1	2	4	6	12	2	4	5	11	1	3	4	10
Us	2,1	2	4	6	12	2	4	5	11	1	3	4	10
Ut2	2,2	2	4	7	11	1	3	6	10	1	3	5	9
Ut3	2,2	2	4	7	11	1	3	6	10	1	3	5	9
Ut4	2,2	2	4	7	10	1	3	6	9	1	3	5	8
Tt	2,5	1	2	4	8	1	3	3	6	1	3	3	6
Tl	2,5	1	2	4	8	1	1	3	6	1	1	3	6
Tu2	2,5	1	2	4	8	1	1	3	6	1	1	3	6
Tu3	2,4	1	2	5	8	1	1	4	6	1	1	4	6
Tu4	2,3	1	2	5	9	1	1	4	7	1	1	4	7
Ts2	2,4	2	3	7	13	1	2	5	10	1	2	5	10
Ts3	2,3	2	4	8	14	2	3	6	12	2	3	6	11
Ts4	2,2	2	4	8	14	2	3	7	12	2	3	6	11

Tab. 7: Beispiele für die Änderung von Trockenrohdichte (TRD) und Gesamtporenvolumen (GPV) in Abhängigkeit von der Humusstufe.

Humusstufe	TRD-Stufe	Humus [Masse-%]	TRD [g/cm³]	Reindichte [g/cm³]	GPV [Vol.-%]
h3	< 3 (4)	3	< 1,70	2,59	> 34
h4	< 3	6	< 1,55	2,53	> 39
h5	< 1 (2)	11,5	< 1,2	2,42	> 50

Tab. 8: Zuschläge zur Feldkapazität in Vol.-% bei hydromorphen Böden.

Bodenart	vollhydromorphe Böden*	halbhydromorphe Böden**
fS, fSms	+ 5	+ 2
Ss, mS, gS, SI2, SI3, Slu, Su2, Su3, Su4	+ 4	+ 2
SI4, Ls2, Ls3, Ls4, St3, St2, Uls, Uu, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Lu, Tu4	+ 3	+ 1
Lt2, Lt3, Lts, Ts4, Ts3 Tu3 Tu2, TI Ts2, Tt	+ 2	+ 1

* Böden mit GWS ≤ 3, Vn ≥ 4.

** Böden mit GWS 4–6 bzw. Vn = 3.

Anmerkungen

Die Werte der Bodenart „Groboden“, „Festgesteinszersatz“ und „Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen“ beruhen z. T. auf Schätzungen und auf durch wenige Messungen belegte Ableitungen. Die Kennwerte können alternativ für die Porengrößenverteilung zwischen pF 1,8–4,2, pF 2,5–4,2 und nach dem Konzept des Feuchtegehaltes zu Beginn der Vegetationszeit (Feuchteäquivalente (FÄ)) ermittelt werden. Das LBEG empfiehlt die Verwendung der Feuchteäquivalente.

Stand

Juni 2017

Quellen

- CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – 196 S., Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- DEHNER, U., RENGGER, M., BRÄUNIG, A., LAMPARTER, A., BAURIEGEL, A., BURBAUM, B., HARTMANN, K.-J., HENNINGS, V., IDLER, F., KRONE, F., MARTIN, W., MEYER, K. & WALDMANN, F. (2015): Neue Kennwerte für die Wasserbindung in Böden. – Ergebnisse der Abstimmung zwischen dem Personenkreis Wasserhaushaltstabellen der Ad-hoc-AG Boden und dem DWA. – Berichte der DBG; <<http://eprints.dbges.de/1160/>>, [13.07.2016].
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
- MÜLLER, U. & EVERMANN, H. (1994): Bodenphysikalische Analysen der Porengrößenverteilung von Festgesteinen. – Bericht NLFb, Archiv-Nr. 134 296; Hannover [Unveröff.].
- NLFb – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Tabellen zur Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte. – Hannover [Unveröff.].
- RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, H., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – Bodenökologie und Bodengene 40: 5–51.
- VETTERLEIN, E. (1983): Beziehung zwischen hydraulischer Leitfähigkeit und Bodenwasser-gehalt in Sandlehm-, Lehm und Tonsubstraten. – Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde 27/7: 417–426.

Verknüpfungsregel 6.1.9

Inhalt	Luftkapazität	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Trockenrohdichte (TRD) [g/m³] nach VKR 6.1.3 Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4 Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe]	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe] Grobboden, Festgestein (SKEL) Vernässungsstufe (VERNAS) Grundwasserstufe (GWS) nach VKR 6.1.12 Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2
Kennwert	LK [Vol.-%]	
Kennwertermittlung	Die Luftkapazität kann – für Feinboden aus den Tabellen 1a – c, – für Torf und Mudde aus den Tabellen 2a und 2b, – für Festgestein und Festgesteinszersatz aus Tabellen 3 bis 5 ermittelt werden. Die Werte der Tabelle 1 erhalten Zu- bzw. Abschläge – aufgrund ihres Humusgehaltes nach Tabelle 6, – aufgrund hydromorpher Merkmale nach Tabelle 7. Bei skeletthaltigen Böden mit einem Feinbodenanteil von 25 – 99 Vol.-% wird der Kennwert mit folgender Gleichung angepasst.	

$$LK = LK_{Tabelle} * \frac{FBA}{100}$$

Tab. 1a: Schätzrahmen zur Bestimmung der Luftkapazität [Vol.-%] von Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert Feldkapazität pF 1,8.

Bodenart	LK Poren > 50 µm pF < 1,8				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		39	31	23	
SI2		29	23	17	11
SI3		24	19	13	8
SI4		22	17	12	6
Slu		17	12	7	2
St2		33	26	19	12
St3		27	22	15	9
Su2		30	24	18	12
Su3		23	18	13	8
Su4		19	14	9	4
Ls2	20	14	9	5	1
Ls3	23	17	12	8	3
Ls4	27	21	16	11	6
Lt2	18	13	9	5	
Lt3	14	9	6	3	
Lts	20	15	11	7	
Lu	17	12	8	4	
Uu	20	14	8	3	
Uls	21	15	10	5	
Us	22	16	11	6	
Ut2	20	14	8	3	
Ut3	19	13	7	2	
Ut4	18	12	7	2	
Tt	6	4	2		
Tl	11	7	4	2	
Tu2	9	6	3	1	
Tu3	12	8	5	2	
Tu4	14	10	6	2	
Ts2		13	9	6	
Ts3		17	13	9	
Ts4		21	16	11	
fS, fSms, fSgs		34	26	18	
mS, mSfs, mSgs		39	31	23	
gS		42	34	26	

Tab. 1b: Schätzrahmen zur Bestimmung der Luftkapazität [Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert Feldkapazität pF 2,5.

Bodenart	LK Poren > 10 µm pF < 2,5				
	Trockenrohdichte [g/cm³]				
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9
Ss		45	37	29	
SI2		35	29	22	16
SI3		30	25	18	13
SI4		28	23	16	10
Slu		22	17	12	7
St2		38	31	24	16
St3		32	26	19	13
Su2		36	30	24	18
Su3		29	24	18	12
Su4		25	20	14	8
Ls2	27	20	15	9	5
Ls3	28	21	16	11	6
Ls4	32	25	20	15	9
Lt2	22	16	12	8	
Lt3	17	12	9	5	
Lts	24	19	15	10	
Lu	24	17	12	7	
Uu	27	20	14	7	
Uls	29	22	16	9	
Us	30	23	17	10	
Ut2	29	22	14	7	
Ut3	27	20	13	6	
Ut4	25	18	12	5	
Tt	10	7	3	0	
TI	15	10	6	4	
Tu2	13	9	5	2	
Tu3	17	11	8	3	
Tu4	20	15	10	4	
Ts2		17	12	9	
Ts3		21	16	12	
Ts4		26	22	16	
fS, fSms, fSgs		43	35	28	
mS, mSfs, mSgs		45	37	29	
gS		46	38	30	

Tab. 1c: Mittlere Luftkapazität [Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert pF für das Feuchteäquivalente (FÄ).

Bodenart	LK [Vol.-% Luftgehalt beim FÄ]					FÄ*
	Trockenrohdichte [g/cm³]					pF*
	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	
Ss		40	32	24		1,9
Sl2		32	26	19	13	2,0
Sl3		27	22	15	10	2,0
Sl4		26	20	14	9	2,1
Slu		21	15	9	4	2,1
St2		35	28	21	14	2,1
St3		29	23	17	11	2,2
Su2		33	27	21	15	2,1
Su3		27	22	16	10	2,1
Su4		23	17	12	6	2,1
Ls2	24	18	13	7	3	2,1
Ls3	25	19	14	9	4	2,1
Ls4	29	23	18	12	7	2,1
Lt2	21	16	11	6		2,2
Lt3	16	11	8	4		2,3
Lts	23	18	13	8		2,2
Lu	22	16	12	6		2,2
Uu	24	17	11	6		2,1
Uls	26	19	14	8		2,1
Us	27	20	15	8		2,1
Ut2	25	18	11	5		2,2
Ut3	24	17	10	4		2,2
Ut4	22	16	10	4		2,2
Tt	10	6	3			2,5
Tl	15	10	6	3		2,5
Tu2	13	8	5	2		2,5
Tu3	15	11	8	4		2,4
Tu4	18	13	9	4		2,3
Ts2		15	10	8		2,4
Ts3		20	15	11		2,3
Ts4		23	19	14		2,2
fS, fSms, fSgs		36	28	20		2,0
mS, mSfs, mSgs		40	32	24		1,9
gS		42	34	27		1,9

Tab. 2a: LK [Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen, Torfartengruppe und Zersetzungsgrad bzw. Horizont (Humusgehalte >30 %).

bodenkundliche Torfartengruppe bzw. Horizont		SV [Stufe]			
		1 – 2	3	4	5
Hochmoortorf Hh alle Torfarten	Hhz1	30	25	20	20
	Hhz2	30	25	20	20
	Hhz3	30	20	15	15
	Hhz4	10	10	5	5
	Hhz5	10	10	5	5
Niedermoortorf Hn (Horizonte)	Hp			18	18
	Hv			16	16
	Hm			16	–
	Ha		20	20	20
	Ht		14	10	–
	Hr		12	8	–
	Hrw		13		
	Hw		13	9	–
	Hwr		13	8	
	Hw-Hv			16	
	uR		–	16	
	Go-uR			16	
	rGo-uR			16	

Tab. 2b: LK [Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen bzw. Lagerungsdichte, Mudde bzw. Bodenart (Humusgehalte > 30 %).

Muddenart	Bodenart	SV [Stufe]				
		SV1	SV2	SV3	SV4	SV5
organische Mudden	Fh		5	5	5	5
		Ld [Stufe]				
		Ld1	Ld2	Ld3	Ld4	Ld5
mineralische Mudde	Fm, Fmk, Fmu, Fms	10	8	5	4	3

Tab. 3: LK [Vol.-%] von Grobböden.

Bodenart des Grobbodens		LK Luftkapazität Poren > 50 µm pF < 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	[Vol.-%]
Kies	G	8
	fG	9
	gG	8
	mG	9
	G,s	9
	G,l	11
	G,t	9
	G,u	9
Grus	Gr	8
	Gr,s	9
	Gr,l	11
	Gr,t	9
	Gr,u	12
Steine	X	4
	X,s	6
	X,l	8
	X,t	6
	X,u	8
	mGr	9
	gGr	8
	fGr	9
Gemenge	Z	6

Tab. 4: LK [Vol.-%] von Festgestein bzw. Festgesteinszersatz.

Festgestein, Festgesteinszersatz		LK Poren > 50 µm pF < 1,8
Bezeichnung	Untergruppe	[Vol.-%]
Festgestein:		
Sandstein (Hils)	^s	2
Feinsandstein (sm)	^fs	0,4
Mittelsandstein	^ms	2
Grobsandstein	^gs	2
Quarzsandstein	^sq	4
Kalksandstein	^sk	4
Dolomitstein	^d	1,5
Kalk-Oolith	^koo	1,5
Stinkdolomit	^dbi	1,5
Zellendolomit	^dz	1,5
Kalkstein	^k, ^brk	1,5
Blaukalk	^kbi	1,5
Schaumkalk	^kp	1,5
Zellenkalk	^kze	1,5
Kalkmergelstein	^mk	0
Mergelkalkstein	^km	0
Mergelstein	^m	0
Dolomitmergelstein	^md	0
Sandmergelstein	^mks	4
Tonmergelstein	^mt	4
Mergeltonstein	^tm	4
Tonstein	^t	4
Schieferton	^tbl, ^il	4
Schluffstein	^u	4
Gipsstein	^y	4
Anhydritstein	^ah	4

Tab. 4: LK [Vol.-%] von Festgestein bzw. Festgesteinsersatz (Fortsetzung).

Festgestein, Festgesteinsersatz		LK Luftkapazität Poren > 50 µm pF < 1,8
Bezeichnung	Untergruppe	[Vol.-%]
Festgesteinsersatz	^sc	3
	^fsc	0,4
	^msc	2
	^gsc, ^gc, qc	3
	^sqc	0,4
	^skc	0,4
	^dc	1,5
	^kooc	1,5
	^dbic	1,5
	^dzc	1,5
	^kc	1,5
	^kbic	1,5
	^kpc	1,5
	^kzec	1,5
	^mkc	0
	^kmc	0
	^mc	0
	^mdc	0
	^mksc	0
	^mtc	4
	^tmc	4
	^tc	4
	^tblc^ilc	4
	^uc	4
	^yc	4
	^ahc	4

Tab. 5: LK [Vol.-%] von Festgesteinsersatz mit Feinbodenanteilen.

Festgesteinsersatz mit Feinbodenanteilen		LK Poren > 50 µm pF < 1,8
Hauptgruppe	Untergruppe	
^s, ^fs, ^ms, ^gs, ^sq, ^sk, ^d, ^koo, ^dbi, ^dz, ^k, ^kbi, ^kp	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 4 + 35 %
^kze, ^mk, ^km, ^m, ^md, ^mks, ^mt, ^tm, ^t, ^tbl, ^u, ^y, ^ah	...c, s ...c, l ...c, t ...c, u	entsprechender Wert aus Tabelle 4 + 15 %

Tab. 6: Zu- und Abschläge zur LK [Vol.-%] zur Berücksichtigung des Humusgehaltes.

Boden- art	LK bei pF 1,8				LK bei F				LK bei pF 2,5			
	Humus [Stufe]				Humus [Stufe]				Humus [Stufe]			
	h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5	h2	h3	h4	h5
Ss	-1	-1	-3	-5	-1	-1	-3	-5	0	0	-1	-2
Sl2	0	-1	-2	-2	0	-1	-2	-2	0	0	0	0
Sl3	0	0	-1	-1	0	0	-1	-1	0	1	2	2
Sl4	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	3	2
Slu	1	1	3	3	1	1	3	3	1	2	4	5
St2	0	0	-1	-2	0	0	-1	-2	0	0	0	0
St3	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	2
Su2	0	-1	-1	-1	0	-1	-1	-1	0	0	1	1
Su3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	2
Su4	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	2	3
Ls2	1	2	3	4	1	2	3	4	2	3	4	6
Ls3	1	1	3	3	1	1	3	3	1	2	4	5
Ls4	1	1	2	2	1	1	2	2	1	2	3	4
Lt2	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	5	7
Lt3	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8
Lts	1	3	4	6	1	3	4	6	1	3	5	7
Lu	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	5	7
Uu	0	1	2	5	0	1	2	5	0	2	3	6
Uls	1	2	4	5	1	2	4	5	2	3	5	6
Us	0	1	3	4	0	1	3	4	1	2	4	5
Ut2	2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	5	7
Ut3	2	3	5	7	2	3	5	7	2	3	6	8
Ut4	3	4	5	7	3	4	5	7	3	4	6	8
Tt	3	3	6	9	3	3	6	9	3	3	6	9
Tl	2	5	6	8	2	5	6	8	2	5	6	8
Tu2	2	5	6	9	2	5	6	9	2	5	6	9
Tu3	2	3	5	9	2	3	5	9	2	3	5	9
Tu4	2	4	5	9	2	4	5	9	2	4	5	9
Ts2	3	4	6	8	3	4	6	8	3	4	6	8
Ts3	1	3	5	6	1	3	5	6	1	3	5	7
Ts4	1	3	3	5	1	3	3	5	1	3	4	6

Tab. 7: Abschlge zur LK [Vol.-%] bei hydromorphen Bden.

Bodenart	vollhydromorphe Bden*	halbhydromorphe Bden**
	LK	LK
fS, fSms	-5	-2
Ss, mS, gS, Sl2, Sl3, Slu, Su2, Su3, Su4	-4	-2
Sl4, Ls2, Ls3, Ls4, St3, St2, Uls, Uu, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Lu, Tu4	-3	-1
Lt2, Lt3, Lts, Ts4, Ts3 Tu3 Tu2, Tl Ts2, Tt	-2	-1

* Böden mit GWS ≤ 3 , Vn ≥ 4 .

** Böden mit GWS 4 – 6 bzw. Vn = 3.

Kennwertklassifizierung

Tab. 8: Einstufung der Luftkapazität.

Grobporenanteil Ø > 50 µm [Vol.-%]	Bezeichnung	Kurzzeichen
< 3	sehr gering	LK 1
3 – < 7	gering	LK 2
7 – < 12	mittel	LK 3
12 – < 18	hoch	LK 4
≥ 18	sehr hoch	LK 5

Anmerkungen

Die Werte der Bodenart „Grobboden“, „Festgesteinszersatz“ und „Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen“ beruhen z. T. auf Schätzungen und auf durch wenige Messungen belegte Ableitungen. Die Kennwerte können alternativ für die Porengrößenverteilung zwischen pF 1,8–4,2, pF 2,5–4,2 und nach dem Konzept des Feuchtegehaltes zu Beginn der Vegetationszeit (Feuchteäquivalente (FÄ)) ermittelt werden.

Stand

Juni 2019

Quellen

- CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – 196 S., Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- DEHNER, U., RENGGER, M., BRÄUNIG, A., LAMPARTER, A., BAURIEGEL, A., BURBAUM, B., HARTMANN, K.-J., HENNINGS, V., IDLER, F., KRONE, F., MARTIN, W., MEYER, K. & WALDMANN, F. (2015): Neue Kennwerte für die Wasserbindung in Böden. – Ergebnisse der Abstimmung zwischen dem Personenkreis Wasserhaushaltstabellen der Ad-hoc-AG Boden und dem DWA. – Berichte der DBG; <<http://eprints.dbges.de/1160/>>, [13.07.2016].
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
- MÜLLER, U. & EVERMANN, H. (1994): Bodenphysikalische Analysen der Porengrößenverteilung von Festgesteinen. – Bericht NLFb, Archiv-Nr. 134 296; Hannover [Unveröff.].
- NLFb – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Tabellen zur Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte. – Hannover [Unveröff.].
- RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, H., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – Bodenökologie und Bodengenese 40: 5–51.
- VETTERLEIN, E. (1983): Beziehung zwischen hydraulischer Leitfähigkeit und Bodenwasser-gehalt in Sande-, Lehm und Tonsubstraten. – Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde 27/7: 417–426.

Verknüpfungsregel 6.1.10

Inhalt	Gesamtporenvolumen des Bodens
Eingangsdaten	Feldkapazität (FK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.8 Luftkapazität (LK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.9
Kennwert	GPV [Vol.-%; Stufe]

Kennwertermittlung

$$GPV [Vol.-%] = LK + FK$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Einstufung des Gesamtporenvolumens (GPV).

GPV [Vol.-%]	Kurzzeichen	Bezeichnung
< 30	GPV1	sehr gering
30 – < 38	GPV2	gering
38 – < 46	GPV3	mittel
46 – < 54	GPV4	hoch
≥ 54	GPV5	sehr hoch

Anmerkungen Das GPV kann auch für verschiedene Profiltiefen, die effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) nach VKR 6.1.6 oder auch für die physiologische (W_p , VKR 6.1.25) bzw. die absolute Gründigkeit (W_a , VKR 6.1.26) aufsummiert und in mm angegeben werden.

Stand Juni 2017

Quellen DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.1.11

Inhalt	Gesättigte Wasserleitfähigkeit
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Lagerungsdichte (LD) [Stufe] nach VKR 6.1.3 oder VKR 6.1.4 Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4 Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe]
Kennwert	kf [cm/d, m/s bzw. Stufe]
Kennwertermittlung	Der kf-Wert kann – für Feinböden der Tabelle 1, – für Moorböden der Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 1: Beziehung zwischen der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf) [cm/d] und der effektiven Lagerungsdichteklasse in Abhängigkeit von der Bodenart.

Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) [cm/d] der Ld-Stufen 1 – 5						
Bodenart	Ld-Stufe	1	2	3	4	5
	Ld [g/cm ³]	< 1,3	1,3 ≤ 1,55	1,55 ≤ 1,75	1,75 – 1,95	> 1,95
	Mittelwert [g/cm ³]	1,2	1,42	1,65	1,85	2,0
gS	a	700	450	300	180	—
	b	> 582	582 ≥ 354	354 ≥ 227	227 – 152	—
mS	a	400	260	160	100	—
	b	> 330	330 ≥ 197	197 ≥ 125	125 – 83	—
fS	a	300	180	80	45	—
	b	> 240	240 ≥ 125	125 ≥ 60	60 – 35	—
Sl2, Su2, St2	a	227	140	90	50	27
	b	> 187	187 ≥ 112	112 ≥ 67	67 – 34	< 34
St3	a	160	110	57	30	16
	b	> 132	132 ≥ 80	80 ≥ 44	44 – 20	< 20
Sl3, Sl4, Su3, Su4	a	120	85	50	25	14
	b	> 103	103 ≥ 64	64 ≥ 36	36 – 17	< 17
Slu	a	100	70	40	18	10
	b	> 85	85 ≥ 52	52 ≥ 26	26 – 12	< 12
Uu, Us, Ut2, Ut3, Ut4, Uls	a	100	60	22	6	1,5
	b	> 79	79 ≥ 36	36 ≥ 13	13 – 3	< 3
Ls3, Ls4	a	90	63	39	21	11
	b	> 77	77 ≥ 49	49 ≥ 30	30 – 14	< 14
Ls2, Lt2	a	75	55	33	15	5
	b	> 64	64 ≥ 42	42 ≥ 24	24 – 9	< 9
Lu	a	60	40	21	11	4
	b	> 50	50 ≥ 30	30 ≥ 15	15 – 6	< 6
Lts	a	55	40	23	11	4
	b	> 47	47 ≥ 30	30 ≥ 17	17 – 7	< 7
Lt3	a	46	30	15	7	3
	b	> 38	38 ≥ 22	22 ≥ 11	11 – 4	< 4
Tt, Tu2, Tu3, Tu4, TI	a	60	40	13	1,5	0,1
	b	> 56	56 ≥ 20	20 ≥ 5	5 – 0,3	< 0,3

a kf-Mittelwert der Ld-Klasse,

b kf-Schwankungsbereich innerhalb der Ld-Klasse.

Tab. 2: Mittlere Wasserleitfähigkeit in wassergesättigten Torfen in Abhängigkeit von Torfart, Zersetzungsgrad und Substanzvolumen.

Torfart und Zersetzungsgrad Kurzzeichen	Gesättigte Wasserleitfähigkeit [cm/d]		
	Substanzvolumen in Stufen		
	SV1 + 2	SV3	SV4 + 5
Hhz1, Hhz2	200	25	2
Hhz3	25	5	1
Hhz4, Hhz5	> 5	1	1
nHrz1, nHwz1, nHrz2, nHwz2	300	70	25
nHrz3 nHwz3	70	25	5
nHrz4, nHwz4, nHrz5, nHwz5	25	5	1
Hhlz3, Hhlz4, Hhlz5, Hulz3, Hulz4, Hulz5, nHlz3, nHlz4, nHlz5	300	100	40

Kennwertklassifizierung

Tab. 3: Einstufung der gesättigten Wasserleitfähigkeit (kf).

kf [cm/d]	Kurzzeichen	Bezeichnung	kf [m/s]
≤ 1	kf 1	sehr gering	≤ 1.16 * 10 ⁻⁷
> 1 – 10	kf 2	gering	> 1.16 * 10 ⁻⁷ - 1.16 * 10 ⁻⁶
> 10 – 40	kf 3	mittel	> 1.16 * 10 ⁻⁶ - 4.63 * 10 ⁻⁶
> 40 – 100	kf 4	hoch	> 4.63 * 10 ⁻⁶ - 1.16 * 10 ⁻⁵
> 100 – 300	kf 5	sehr hoch	> 1.16 * 10 ⁻⁵ - 3.47 * 10 ⁻⁵
> 300	kf 6	äußerst hoch	> 3.47 * 10 ⁻⁵

Anmerkungen

Die Werte der Wasserleitfähigkeit unterliegen großen Schwankungen.

Stand

Juni 2017

Quellen

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

MÜLLER, U., KANITZKI, M. E. & RUSCHINSK, A. (1993): Kennwertermittlung und flächenbezogene Auswertung der Labordatenbank des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung auf Grundlage der pedoregionalen Gliederung Niedersachsens an ausgewählten Beispielen. – Bericht NLFb, Archiv-Nr. 110 780; Hannover [Unveröff.].

RENGER, M., BOHNE, K. & WESSOLEK, G. (2014): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil II: Verfahren zur Berechnung der ungesättigten und gesättigten Wasserleitfähigkeit aus einfach zugänglichen Daten. – Bodenökologie und Boden-genese 43: 5–26.

Verknüpfungsregel 6.1.12

Inhalt	Grundwasserstufe
Eingangsdaten	Horizontsymbol (HORIZ) Grundwasserstand (MHGW, MGW, MNGW) [dm u. GOF]
Kennwert	GWS [Stufe]
Kennwertermittlung	Bei den grundwasserbeeinflussten Böden kann die Grundwasserstufe mit Hilfe von Tabelle 1 aus der Horizontierung ermittelt werden, da – der Mittlere Grundwasserniedrigstand (MNGW) weitgehend der Obergrenze des reduzierten Gr-(Hr-)Horizontes und – der Mittlere Grundwasserhochstand (MHGW) weitgehend der Obergrenze des oxidierten Go-Horizontes entspricht. Speziell bei Gleyen kann die Tiefenlage der Horizonte und damit die Grundwasserstufe aus den im LBEG verwendeten Kurzzeichen des Bodentyps geschlossen werden.

Tab. 1: Ermittlung und Einstufung der Grundwasserstufe.

Vorherrschende Höhe des Grundwasserstandes [dm u. GOF]			Grundwasserstufe	
mittlerer Grundwasserhochstand (MHGW)	mittlerer Grundwasserstand (MGW)	mittlerer Grundwassertiefstand (MNGW)	Bezeichnung	Kurzzeichen
über Geländeoberfläche	< 2	< 4	sehr flach	GWS 1
< 2, oft über Geländeoberfläche	2 – < 4	4 – < 8	flach	GWS 2
< 4, gelegentlich über Geländeoberfläche	4 – < 8	8 – < 13	mittel	GWS 3
4 – < 8	8 – < 13	13 – < 16	tief	GWS 4
8 – < 16	13 – < 20	16 – < 20	sehr tief	GWS 5
16 – < 20	≥ 20	≥ 20	äußerst tief	GWS 6
≥ 20			–	GWS 7

Anmerkung Zur Einstufung der GWS wird primär der MNGW genutzt.

Stand Juni 2019

Quelle AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.1.13

Inhalt	Mittlere kapillare Aufstiegsrate	
Eingangsdaten	Horizontsymbol (HORIZ) Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6 Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD)	Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4 Zersetzungsgrad (ZER) [Stufe] Grundwasserstand (zg) [dm u. GOF] (z. B. MHGW/MNGW)
Kennwert	kr [mm/d bzw. Stufe] za [dm u. GOF]	
Kennwertermittlung	Zur Ermittlung der mittleren kapillaren Aufstiegsrate wird zunächst der Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (We) bestimmt (za).	

$$za \text{ [dm u. GOF]} = zg - We$$

zg entspricht bei fehlenden Messungen der Obergrenze des Gr-(Hr-) Horizontes (mittlerer Grundwassertiefstand MNGW)

Anschließend wird der mittlere kapillare Aufstieg

- für die Torfarten der Schichten zwischen Hr und We aus Tabelle 1,
 - für die Mineralbodenarten der Schichten zwischen Gr und We aus Tabelle 2
- ermittelt.

Tab. 1: Mittlere kapillare Aufstiegsrate (kr) aus dem Grundwasser in Abhängigkeit von Grundwasserstand und Torfart, Zersetzungsgrad sowie Substanzvolumen.

Torfart und Zersetzungsgrad	Substanzvolumen	Kapillare Aufstiegsrate [mm/d]											
		Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraums (za) [dm]											
Kurzzeichen	Kurzzeichen	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17
Hhz1, Hhz2	SV1 + 2	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	5,0	3,0	2,0	1,0	0,5	0,2	< 0,1
Hhz1, Hhz2	SV3	> 5	> 5	> 5	4,5	2,5	1,5	1,0	0,5	0,3	0,1	< 0,1	–
Hhz1, Hhz2	SV4 + 5	4,0	2,0	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–	–
Hhz3	SV1 + 2	> 5	> 5	> 5	3	2	1	0,5	0,2	< 0,1	–	–	–
Hhz3	SV3	5,0	3,0	2,0	1,3	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	< 0,1	–	–
Hhz3	SV4	4	2	1	0,7	0,5	0,3	0,1	< 0,1	–	–	–	–
Hhz3	SV5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–	–	–
Hhz4, Hhz5	SV1 + 2	> 5	5,0	3	2	1,2	0,7	0,3	0,2	0,1	< 0,1		
Hhz4, Hhz5	SV3	5,0	3,0	2,0	1,2	0,7	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–
Hhz4, Hhz5	SV4 + 5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–	–	–
nHz1, nHz2	SV1 – 3	> 5	> 5	> 5	5,0	2,5	0,8	0,5	0,3	0,1	< 0,1		
nHz1, nHz2	SV4	> 5	> 5	5,0	2,5	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–
nHz1, nHz2	SV5	> 5	5,0	3	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–
nHz3	SV1 – 3	> 5	5,0	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–
nHz3	SV4	5,0	3,0	1,5	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–
nHz3	SV5	3,5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–	–
nHz4, nHz5	SV1 – 3	5,0	4,0	3,5	2,2	1,1	0,6	0,3	0,2	< 0,1			
nHz4, nHz5	SV4 + 5	4,0	2,2	1,1	0,6	0,3	0,2	0,1	< 0,1	–	–	–	–

Die kapillaren Aufstiegsraten > 5 mm/d sind keine berechneten Werte.

Tab. 2: Mittlere kapillare Aufstiegsrate (kr) aus dem Grundwasser in Abhängigkeit von der Bodenart bei einer Wasserspannung an der Untergrenze des effektiven Wurzelraums von 70 % der nutzbaren Feldkapazität.

Bodenart	Kapillare Aufstiegsrate [mm/d]																	
	Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraums (za) [dm]																	
Kurzzeichen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	17	20	25
Ss	> 5	> 5	5,0	3,5	2,2	1,1	0,6	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Sl2	> 5	> 5	> 5	3,1	1,7	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Sl3	> 5	> 5	5,0	2,7	1,5	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–
Sl4	> 5	> 5	4,5	3,1	1,6	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–
Slu	> 5	> 5	4,3	2,4	1,4	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–
St2	> 5	> 5	4,8	2,2	1,1	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
St3	> 5	< 5	5,0	1,7	0,6	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Su2	> 5	> 5	> 5	4,0	2,2	1,3	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Su3	> 5	> 5	5,0	2,6	1,5	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–
Su4	> 5	> 5	> 5	4,2	2,6	1,6	1,1	0,8	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–
Ls2	> 5	> 5	> 5	2,6	1,6	1,3	1,0	0,7	0,4	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Ls3	> 5	> 5	> 5	2,1	1,3	1,1	0,9	0,5	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Ls4	> 5	> 5	> 5	2,0	1,3	0,9	0,8	0,5	0,3	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Lt2	> 5	5,0	2,3	1,2	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Lt3	> 5	> 5	2,9	1,6	1,0	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Lts	> 5	5,0	2,4	1,3	0,8	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Lu	> 5	> 5	> 5	> 5	4,8	3,1	2,1	1,5	1,1	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	–	–	–
Uu	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	5,0	4,1	3,4	2,8	2,4	2,0	1,5	0,9	0,4
Uls	> 5	> 5	> 5	> 5	4,6	3,2	2,3	1,7	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	–
Us	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	4,4	3,4	2,7	2,1	1,7	1,4	1,1	0,9	0,6	0,3	0,1
Ut2	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	4,4	3,6	3,0	2,5	2,1	1,8	1,3	0,8	0,3
Ut3	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	4,2	3,4	2,9	2,4	2,0	1,7	1,2	0,8	0,3
Ut4	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	> 5	4,2	3,3	2,6	2,1	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,1
Tt	4,9	2,0	1,2	0,8	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–
TI	5,0	3,4	1,3	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Tu2	5,0	3,2	1,3	0,7	0,5	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–
Tu3	> 5	5,0	3,1	2,4	1,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
Tu4	> 5	> 5	> 5	5,0	3,1	2,7	1,6	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–
Ts2	5,0	3,0	1,5	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ts3	> 5	4,0	2,5	1,5	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ts4	> 5	5,0	3,5	2,0	0,6	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Sande																		
fS, fSms, fSgs	> 5	> 5	> 5	> 5	3,5	1,9	0,8	0,4	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–
mS, mSfs, mSgs	> 5	> 5	> 5	3,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
gS	> 5	5,0	1,5	0,9	0,4	0,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Die kapillaren Aufstiegsraten > 5 mm/d sind keine berechneten Werte.

Kursiv geschriebene Zahlen sind interpolierte Werte.

Kennwertklassifizierung

Tab. 3: Einstufung der kapillaren Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraums.

Benennung	Kurzzeichen	Kapillare Aufstiegsrate [mm/d]
sehr gering	kr 1	< 0,5
gering	kr 2	0,5 bis < 1
mittel	kr 3	1 bis < 2
hoch	kr 4	2 bis < 5
sehr hoch	kr 5	≥ 5

Anmerkungen

Bei Grundwasserböden endet die We spätestens 1 dm oberhalb des Gr- bzw. Hr-Horizontes.

Bei $z_a < 2$ wird für z_a der Wert 2 angenommen.

Bei Schichtwechsel zwischen We und zg wird die kr mit der geringsten Aufstiegsrate verwendet. Es werden nur Schichten ≥ 2 dm berücksichtigt.

Stand

Juni 2017

Quellen

DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung. Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten [normative und nominale Skalierungen]. – 2008-11, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.1.14

Inhalt	Dauer des kapillaren Aufstiegs
Eingangsdaten	Landnutzung (KULTUR)
Kennwert	ta [d]
Kennwertermittlung	nach Tabelle 1.

Tab. 1. Mittlere Anzahl der Tage mit kapillaren Aufstieg in Abhängigkeit von der Kulturart.

Kulturart	ta [d]
Sommergetreide	60
Wintergetreide	90
Hackfrüchte	90
Ackerland (undifferenziert)	70
Dauergrünland	120
Wald	120

Anmerkungen Die mittlere Dauer des kapillaren Aufstiegs (ta) ist auf Grundlage verschiedener Untersuchungen ermittelt worden. Liegen über ta genauere Angaben vor, kann dieser Wert genutzt werden.

Stand Juni 2017

Quellen DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese **40**: 66–80.

Verknüpfungsregel 6.1.15

Inhalt	Kohäsion	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD)	Gefügeform (GEFORM)
Kennwerte	$c_{1,8}$ [kPa]	
Kennwertermittlung	Ableitung der Kohäsion aus Bodenart und Gefügeform gemäß Tabelle 1.	

Tab. 1: Kohäsion des Bodens bei pF 1,8 in Abhängigkeit von der Bodenart und der Gefügeform.

Bodenart	Gefügeform	$c_{1,8}$ [kPa]
Ss, Su2, Su3, Su4	kru	10
	ein	8
	koh	14
	kit	14
	sub	15
Sl2, Sl3, Sl4	kru	15
	ein	8
	koh	13
	kit	13
	pri	10
	pol	23
Slu	sub	23
	kru	12
	koh	12
	pri	12
	pol	15
St2, St3	sub	16
	ein	10
	koh	13
	kit	13
	pri	13
Uu	pol	20
	ein	2
	koh	8
	sub	12
Us	kru	8
	ein	2
	koh	10
	pri	10
	pol	14
Uls	sub	15
	ein	12
	kru	15
	koh	15
	pol	18
Ut2, Ut3, Ut4	sub	44
	kru	8
	koh	12
	pri	12
	pol	17
Ls2, Ls3, Ls4	sub	17
	kru	18
	ein	8
	koh	10
	pri	10
	pol	28
	sub	28

Tab. 1: Kohäsion des Bodens bei pF 1,8 in Abhängigkeit von der Bodenart und der Gefügeform (Fortsetzung).

Bodenart	Gefügeform	c _{1,8} [kPa]
Lts	kru	22
	koh	14
	pri	16
	pol	19
	sub	26
Lu	kru	12
	koh	10
	pri	12
	pol	16
	sub	34
Lt2, Lt3	kru	15
	koh	15
	pri	15
	pol	30
	sub	46
Ts2, Ts3, Ts4	pol	50
	sub	50
Tu2, Tu3, Tu4	kru	20
	koh	32
	pri	32
	pol	40
	sub	45
Tl	koh	30
	pri	40
Tt	koh	30
	pri	40
	pol	45

Anmerkungen

kru = Krümelgefüge, ein = Einzelkorngefüge, koh = Kohärentgefüge, kit = Kittgefüge, pri = Prismengefüge, pol = Polyedergefüge, sub = Subpolyedergefüge.

Im Falle eines Kittgefüges (Gefügeform „kit“) sind Werte bis > 100 kPa möglich, im Falle eines hier nicht aufgeführten Plattengefüges (Gefügeform „pla“) unabhängig von der Bodenart Werte von 80–100 kPa anzunehmen.

Die Kohäsion des Bodens wird für einen Auflastbereich von 0 – 400 kPa bei einer Wasserspannung von pF 1,8 ermittelt. Angaben zur Gefügeform sind häufig in Bodenkarten nicht gegeben. Deswegen kann diese VKR nur am Standort zur Bewertung eingesetzt werden.

Stand

Juni 2017

Quellen

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995b): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit. – DVWK-Merkblatt zur Wasserwirtschaft **234**; Bonn.

HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).

LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte **12**: 131 S.

NISSEN, B. (1999): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerböden der Bundesrepublik Deutschland. Bodenphysikalischer Ansatz. – Schriftenreihe Inst. Pflanzenern. u. Bodenk. der CAU Kiel **50**: 159 S.

Verknüpfungsregel 6.1.16

Inhalt	Winkel der inneren Reibung	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD)	Gefügeform (GEFORM)
Kennwert	$\phi_{1,8}$ [°]	
Kennwertermittlung	Ableitung des Winkels der inneren Reibung aus Tabelle 1.	

Tab. 1: Winkel der inneren Reibung bei pF 1,8 in Abhängigkeit von der Bodenart und der Gefügeform.

Bodenart	Gefügeform	$\phi_{1,8}$ [°]
Ss, Su2, Su3, Su4	kru	35
	ein	35
	koh	35
	kit	35
	sub	35
Sl2, Sl3, Sl4	kru	34
	ein	35
	koh	35
	kit	35
	pri	32
	pol	36
Slu	sub	36
	kru	34
	koh	34
	pri	34
	pol	39
	sub	40
St2, St3	ein	38
	koh	38
	kit	38
	pri	38
	pol	41
Uu	ein	29
	koh	30
	sub	35
Us	kru	37
	ein	29
	koh	35
	pri	35
	pol	35
	sub	35
Uls	ein	33
	kru	35
	koh	35
	pol	35
	sub	40
Ut2, Ut3, Ut4	kru	34
	koh	35
	pri	35
	pol	37
	sub	38
Ls2, Ls3, Ls4	kru	38
	ein	32
	koh	35
	pri	35
	pol	37
	sub	38

Tab. 1: Winkel der inneren Reibung bei pF 1,8 in Abhängigkeit von der Bodenart und der Gefügeform (Fortsetzung).

Bodenart	Gefügeform	phi [°]
Lts	kru	38
	koh	30
	pri	30
	pol	30
	sub	36
Lu	kru	34
	koh	30
	pri	35
	pol	35
	sub	38
Lt2, Lt3	kru	22
	koh	28
	pri	32
	pol	36
	sub	30
Ts2, Ts3, Ts4	pol	44
	sub	44
Tu2, Tu3, Tu4	kru	31
	koh	22
	pri	28
	pol	30
	sub	36
Tl	koh	24
	pri	32
Tt	koh	24
	pri	32
	pol	34

Anmerkungen

kru = Krümelgefüge, ein = Einzelkorngefüge, koh = Kohärentgefüge, kit = Kittgefüge, pri = Prismengefüge, pol = Polyedergefüge, sub = Subpolyedergefüge, .

Im Falle eines Kittgefüges (Gefügeform „kit“) sind Werte bis > 100 kPa möglich, im Falle eines hier nicht aufgeführten Plattengefüges (Gefügeform „pla“) unabhängig von der Bodenart Werte von 80–100 kPa anzunehmen.

Die Kohäsion des Bodens wird für einen Auflastbereich von 0 – 400 kPa bei einer Wasserspannung von pF 1,8 ermittelt. Angaben zur Gefügeform sind häufig in Bodenkarten nicht gegeben. Deswegen kann diese VKR nur am Standort zur Bewertung eingesetzt werden.

Stand

Juni 2017

Quellen

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995b): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit. – DVWK-Merkblatt zur Wasserwirtschaft **234**; Bonn.

HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).

LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte **12**: 131 S.

NISSEN, B. (1999): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerböden der Bundesrepublik Deutschland. Bodenphysikalischer Ansatz. – Schriftenreihe Inst. Pflanzenern. u. Bodenk. der CAU Kiel **50**: 159 S.

Verknüpfungsregel 6.1.18

Inhalt	Wärmeleitfähigkeit (Thermische Leitfähigkeit) des Bodens	
Eingangsdaten	Feldkapazität (FK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.8 Gesamtporenvolumen (GPV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.10	Trockenrohdichte (TRD) [g/m³] nach VKR 6.1.3 Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Sandgehalt [%] nach VKR 6.1.1
Kennwert	λ [W/(m * K)]	
Kennwertermittlung	1. Ableitung der Feldkapazität pro Schicht nach VKR 6.1.8. 2. Ermittlung des Wassergehaltes (WG in Gew.-%) bzw. der Wassersättigung (Sr in Vol.-%) a) direkt durch Messung, b) indirekt durch Ableitung der Bodenfeuchte aus Feldkapazität und Trockenrohdichte: $WG \text{ [GEW. -\%]} = \frac{FK}{TRD}$ bei Gr-Horizonten bzw. Wassersättigung: $WG \text{ [GEW. -\%]} = \frac{GPV}{TRD}$ bei Go-Horizonten: $WG \text{ [GEW. -\%]} = \frac{\left(\frac{GPV}{TRD} + \frac{FK}{TRD}\right)}{2}$ c) bei Torfen: $Sr \text{ [Vol. -\%]} = \frac{FK}{100}$ 3. Ermittlung der „Sandklassen“ anhand des Sandanteils nach VKR 6.1.1 bzw. anhand des Gehalts an organischer Substanz: - S1: Sandanteil ≥ 50 %, - S2: Sandanteil < 50 %, - S3: Torfe und organische Mudden mit einer organischen Substanz > 30 %.	

4. Berechnung der Wärmeleitfähigkeit
(nach SIA 1996, COTÉ & KONRAD 2006):

S1:

$$\lambda = 0,1442 * (0,7 * \log_{10} WG + 0,4) * 10^{(0,6243 * TRD)}$$

S2:

$$\lambda = 0,1442 * (0,9 * \log_{10} WG - 0,2) * 10^{(0,6243 * TRD)}$$

S3:

$$\lambda = \frac{(0,23 * Sr + 0,06)}{(1 - 0,4 * Sr)}$$

5. Wichtung über die Horizontmächtigkeiten.

Anmerkungen

Die Wärmeleitfähigkeit gibt an, wie viel thermische Energie (in Form von Wärme) pro Zeiteinheit durch einen Körper fließen kann.

Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen. In der Regel werden Durchschnittswerte verwendet. Bei der Anlagenplanung können jahreszeitlich bedingte Schwankungen des Wassergehaltes bzw. der Bodentemperatur durch Berechnung verschiedener Szenarien berücksichtigt werden.

Falls die TRD nicht vorhanden ist, kann sie aus der effektiven Lagerungsdichteklasse und der Bodenart mit Hilfe von VKR 6.1.3 ermittelt werden. Die Wärmeleitfähigkeit von Festgesteinen wird durch VKR 6.1.23 ermittelt.

Stand

Juni 2019

Quellen

- BACHMANN, J. (2005): Thermisches Verhalten der Böden. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde. – 22. Erg.-Lfg. **08/05**; Landsberg/Lech (Ecomed).
- COTÉ, J. & KONRAD, M. (2006): Estimating the thermal conductivity of pavement granular materials and subgrade soils. – <http://www.mdt.gov/research/docs/trb_cd/files/06-0117.pdf>.
- DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. **35**: 159–186.
- DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte **5**: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).
- SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation **D0136**, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich.
- VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.19

Inhalt	Volumetrische Wärmekapazität von Böden	
Eingangsdaten	Feldkapazität (FK) [mm/] nach VKR 6.1.8	Bodenart, Torfart/ Mudde (HNBOD)
	Gesamtporenvolumen (GPV) nach VKR 6.1.10	Bodentemperatur (BTEMP) [°C]
	Trockenrohdichte (TRD) [g/cm³] nach VKR 6.1.3	Lagerungsdichte bei Torfen (Ld _{feucht}) [g/cm³] nach VKR 6.1.21
Kennwert	Cv [J/(m³ * K)]	
	Zusätzlich	
	Cs [J/(kg * K)] spezifische Wärme des trockenen Materials	
	Cp [J/(kg * K)] spezifische Wärmekapazität pro Masseneinheit	
Kennwertermittlung	1. Ableitung der Feldkapazität pro Schicht nach VKR 6.1.8.	
	2. Ermittlung des Wassergehaltes (WG) [Gew.-%]	
	a) direkt durch Messung,	
	b) indirekt durch Ableitung der max. Bodenfeuchte aus Feldkapazität und Trockenrohdichte:	
	$WG [GEW. -\%] = \frac{FK}{TRD}$	
	bei Gr-Horizonten bzw. Wassersättigung:	
	$WG [GEW. -\%] = \frac{GPV}{TRD}$	
	bei Go-Horizonten:	
	$WG [GEW. -\%] = \frac{\left(\frac{GPV}{TRD} + \frac{FK}{TRD}\right)}{2}$	
	3. Ermittlung der spezifischen Wärme	
	a) bei mineralischen Böden gilt die spezifische Wärme des trockenen Gesteins Cs in Abhängigkeit von der Bodentemperatur:	
	$Cs [J/(kg * K)] = 1,64 * BTEMP + 704$	
	b) bei Torfen gilt:	
	$Cs [J/(kg * K)] = 1920$	

4. Ermittlung der spezifischen Wärmekapazität pro Masseneinheit:

$$c_p \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right] = \frac{(100 \cdot c_s + 4190 \cdot WG)}{(100 + WG)}$$

5. Ermittlung der volumetrischen Wärmekapazität:

$$c_v \left[\frac{MJ}{m^3 \cdot K} \right] = \frac{TRD [g/cm^3] \cdot c_p [J/(kg \cdot K)]}{1000}$$

Bei Torfen gilt:

$$c_v \left[\frac{MJ}{m^3 \cdot K} \right] = \frac{LD_{feucht} [g/cm^3] \cdot c_p [J/(kg \cdot K)]}{1000}$$

6. ggf. Wichtung über die Horizontmächtigkeiten

Anmerkungen

Die spezifische Wärmekapazität beschreibt den Wärmeinhalt eines Bodens in Joule pro Masseinheit [J/g]. Die volumetrische Wärmekapazität c_v [J/cm³] ist abhängig von der Dichte der jeweiligen Substanz.

Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen. In der Regel werden Durchschnittswerte verwendet. Bei der Anlagenplanung können jahreszeitlich bedingte Schwankungen des Wassergehaltes bzw. der Bodentemperatur durch Berechnung verschiedener Szenarien berücksichtigt werden.

Stand

Dezember 2018

Quellen

DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. **35**: 159–186.

DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte **5**: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).

SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation **D0136**, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich.

VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.20

Inhalt	Temperaturleitfähigkeit von Böden (Thermische Diffusivität)
Eingangsdaten	Wärmeleitfähigkeit λ [W/(m * K)] nach VKR 6.1.18 volumetrische Wärmekapazität C_v [J/(m ³ * K)] nach VKR 6.1.19
Kennwert	α [m ² /s]
Kennwertermittlung	1. Berechnung der Wärmeleitfähigkeit (VKR 6.1.18). 2. Berechnung der spezifischen Wärmekapazität (VKR 6.1.19). 3. Berechnung der Temperaturleitfähigkeit:

$$\alpha \text{ [m}^2\text{/s]} = \frac{\lambda}{C_v}$$

Anmerkungen	Die Temperaturleitfähigkeit ist ein Maß für die Abschwächung des Wärmestroms und der Eindringgeschwindigkeit in den Boden.

Stand	Dezember 2018

Quellen	DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. 35: 159–186. DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte 5: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG). SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation D0136, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich. VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.21

Inhalt Lagerungsdichte von Torfen

Eingangsdaten Substanzvolumen (SV) [Vol.-%] nach VKR 6.1.4
Wassergehalt (WG) [Vol.-%]
ggf. Feldkapazität (FK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.8

Kennwert $L_{d_{trocken}}$ [g/cm³]
 $L_{d_{feucht}}$ [g/cm³]

Kennwertermittlung

$$L_{d_{trocken}} = 0,0193 * SV$$

$$L_{d_{feucht}} = L_{d_{trocken}} + \left(\frac{L_{d_{trocken}} * WG [Gew. - \%]}{100} \right)$$

$$WG [Gew. - \%] = \frac{WG [Vol. - \%]}{L_{d_{trocken}}}$$

Tab. 1: Ableitung des Substanzvolumens.

Kurzzeichen	SV Klassengrenzen [Vol.-%]	SV Mittelwert [Vol.-%]	Bezeichnung
SV1	< 3	2,5	sehr gering
SV2	3 – < 5	4	gering
SV3	5 – < 7,5	6,25	mittel
SV4	7,5 – < 12	9,75	groß
SV5	≥ 12	15	sehr groß

Anmerkungen Das Substanzvolumen [Vol.-%] kann gemessen oder näherungsweise aus der Substanzvolumenklasse (SV1 – SV5) nach VKR 6.1.4 sowie den Werten in Tabelle 1 abgeschätzt werden.

Mittels des gravimetrischen Wassergehalts (WG [Gew.-%]) bzw. des volumetrischen Wassergehalts (WG [Vol.-%]) kann $L_{d_{trocken}}$ in $L_{d_{feucht}}$ umgerechnet werden. Die Gleichung zur Kennwertermittlung wurde aus Daten von SCHÄFER (2002) abgeleitet und gilt für Nieder- und Hochmoortorfe. Im Regelfall wird der Wassergehalt bei Feldkapazität bestimmt, so dass WG [Vol.-%] der FK nach VKR 6.1.8 entspricht. Der gravimetrische Wassergehalt von Torfen ist oft > 100 % (da Lagerungsdichte < 1 g/cm³).

Stand Mai 2018

Quellen AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

SCHÄFER, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. – Arb.-H. Boden 2002/3: 59–75, 6 Abb., 6 Tab.; Hannover (NLfB).

Verknüpfungsregel 6.1.22

Inhalt	Spezifische Wärmeentzugsleistung von Böden
Eingangsdaten	Wärmeleitfähigkeit (λ) [W/m * K] nach VKR 6.1.18
Kennwert	WEL [W/m oder W/m ²]
Kennwertermittlung	1. Berechnung der Wärmeleitfähigkeit nach VKR 6.1.18. 2. Berechnung der spezifischen Wärmeentzugsleistung:

$$WEL [W/m] = -0,85 * \lambda^2 + 13,62 * \lambda + 18,8$$

Anmerkungen Die spezifische Wärmeentzugsleistung gibt die zur Verfügung stehende Wärmeleistung wieder. Diese ist eine Funktion der Wärmeleitfähigkeit des Standortes und variiert mit dem Ausgangsgestein und dem Wassergehalt. Sie wird angegeben in W/m² für Erdwärmekollektoren und in W/m für Erdwärmesonden. Die hier beschriebene Gleichung gilt für grundwasserferne Standorte und eine jährliche Betriebszeit der Anlage von 1.800 h.

Stand Mai 2018

Quellen DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte 5: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).
PANNIKE, S., KÖLLING, M., PANTELEIT, B., REICHLING, J. SCHEPS, V. & SCHULZ, H. D. (2006): Auswirkung hydrogeologischer Kenngrößen auf die Kältefähnen von Erdwärmesondenanlagen in Lockersedimenten. – Grundwasser 1/2006: 6–18.
VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.23

Inhalt	Wärmeleitfähigkeit (Thermische Leitfähigkeit) von Festgestein
Eingangsdaten	Petrographie bzw. Groboden (SKEL)
Kennwert	λ [W/(m * K)]
Kennwertermittlung	Die Kennwerte nach der VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) können Tabelle 1 und Tabelle 2 entnommen werden. Weitere Zuordnungen der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen sind in Tabelle 3 enthalten.

Tab. 1: Wärmeleitfähigkeiten nach VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) für die dort genannten Festgesteine.

Nr.	Gestein	Kürzel	Wärmeleitfähigkeit λ , typischer Rechenwert [W/(m * K)]	Bearbeitungshinweise
1	Basalt	+B	1,7	
2	Gabbro	+Gb, +Gbc	1,9	
3	Diorit	+Dr	2,6	
4	Rhyolit	+R	3,3	
5	Granit	+G	3,4	
6	Peridotit	+Pd	4,0	
7	Gneis	*Gne	2,9	
8	Glimmerschiefer	*Gl	2,0	
9	Marmor	*K	2,1	
10	Tonschiefer	^tsf	2,1	
11	Ton-/Schluffstein	^t, ^u	2,2	
12	Sandstein	^s, ^fs	2,3	
13	Kalkstein	^k	2,8	
14	Steinkohle	^stk	0,3	z. B. Kohle, Sapropelit
15	Quarzit	^q	6,0	
16	Mergel	M	2,1	
17	Salz	Ev	5,4	inklusive Gips, Anhydrit
18	Bentonit	+Vtbe	0,6	
19	sonstiges	SO	2,1	z. B. biogenes Festgestein

Tab. 2: Wärmeleitfähigkeiten nach VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) für die dort genannten Lockergesteine.

Nr.	Gestein	Kürzel	Wärmeleitfähigkeit λ , typischer Rechenwert [W/(m * K)]
1	Kies, trocken	G	0,4
2	Sand, trocken	S	0,4
3	Kies, wassergesättigt	G	1,8
4	Sand, wassergesättigt	S	2,4
5	Torf	H	0,4
6	Ton/Schluff, trocken	T, U	0,5
7	Ton/Schluff, wassergesättigt	T, U	1,7

Tab 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen.

Kürzel	Klartext	Typ	Einstufung in VDI-Einheit
3.1.200	Festgestein		
3.1.210	Sedimentgesteine		
3.1.211	Klastische Sedimentgesteine (Merkmal Korngröße)		
^x	Steinpackung	PetH_Sg	^s
^b	Brekzie	PetH_Sg	^s
^gb	Grobbrekzie	PetH_Sg	^s
^mb	Mittelbrekzie	PetH_Sg	^s
^fb	Feinbrekzie	PetH_Sg	^s
^c	Konglomerat	PetH_Sg	^s
^gc	Grobkonglomerat	PetH_Sg	^s
^mc	Mittelkonglomerat	PetH_Sg	^s
^fc	Feinkonglomerat	PetH_Sg	^s
^s	Sandstein	PetH_Sg	^s
^gs	Grobsandstein	PetH_Sg	^s
^ms	Mittelsandstein	PetH_Sg	^s
^fs	Feinsandstein	PetH_Sg	^s
^ffs	Feinstsandstein	PetH_Sg	^s
^u	Schluffstein	PetH_Sg	^t, ^u
^gu	Grobschluffstein	PetH_Sg	^t, ^u
^fu	Feinschluffstein	PetH_Sg	^t, ^u
^car	karbonatisches Sediment	PetH_Kg	^k
^d	Dolomitstein	PetH_Kg	^k
^dbi	Stinkdolomit	PetH_Kg	^k
^dz	Zellendolomit	PetH_Kg	^k
^ikl	Intraklastit	PetH_Kg	^k
^k	Kalkstein	PetH_Kg	^k

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
3.1.212	Karbonatgesteine		
[^] kar	Kalkarenit	PetH_Kg	[^] k
[^] kas	Asphaltekalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kbi	Blaukalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kbio	Biolithit	PetH_Kg	[^] k
[^] kde	Detritus-Kalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kdm	Dismikrit	PetH_Kg	[^] k
[^] kfl	Flaserkalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kfo	Fossilkalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kg	Gelbkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kkn	Knollenkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kl	Schillkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] klu	Kalklutit	PetH_Kg	[^] k
[^] km	Mergelkalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kma	Massenkalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kmi	Mikrit	PetH_Kg	[^] k
[^] kmot	Schalentrümmerkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kms	Mikrospartit	PetH_Kg	[^] k
[^] kon	Kalkkonolith	PetH_Kg	[^] k
[^] koo	Kalkoolith	PetH_Kg	[^] k
[^] kp	Schaumkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kpe	Pellet-Kalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kpl	Plattenkalkstein	PetH_Kg	[^] k
[^] kr	Kreide	PetH_Kg	[^] k
[^] krd	Kalkrudit	PetH_Kg	[^] k
[^] ksi	Kalksiltit	PetH_Kg	[^] k
[^] ksp	Spartit	PetH_Kg	[^] k
[^] ksw	Schwammkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] kt	Flinz	PetH_Kg	[^] tsf
[^] ktr	Travertin (Harttravertin)	PetH_Kg	[^] k
[^] kz	Rauhwacke	PetH_Kg	[^] k
[^] kze	Zellenkalk	PetH_Kg	[^] k
[^] lp	Lumpit	PetH_Kg	[^] k
[^] m	Mergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] mbl	Schiefermergel	PetH_Kg	[^] m
[^] md	Dolomitmergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] mk	Kalkmergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] mkd	Kalkdolomitmergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] mks	Sandmergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] mst	Steinmergel	PetH_Kg	[^] m
[^] mt	Tonmergelstein	PetH_Kg	[^] m
[^] my	Gipsmergel	PetH_Kg	[^] m

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
3.1.213	Tongesteine, Tonschiefer		
[^] t	Tonstein	PetH_Tg	[^] t, [^] u
[^] tm	Mergeltonstein	PetH_Tg	[^] t, [^] u
[^] ts	Tonsandstein	PetH_Tg	[^] t, [^] u
[^] tt	Kaolin-Kohlen-Tonstein	PetH_Tg	[^] t, [^] u
[^] tbl	Schieferton	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tsf	Tonschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tal	Alaunschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tb	Bänderschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tbi	Stinkschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tfl	Flaserschiefer ([^] tfl)	PetH_Tg	[^] tsf
[^] tpl	Plattenschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
[^] th	Brandschiefer	PetH_Tg	[^] tsf
3.1.214	Kieselgesteine		
[^] i	Silicolit	PetH_Fg	[^] q
[^] if	Flint	PetH_Fg	[^] q
[^] ich	Hornstein	PetH_Fg	[^] q
[^] ik	Kieselkalk	PetH_Fg	[^] q
[^] il	Lydit	PetH_Fg	[^] q
[^] ti	Kieselschiefer	PetH_Fg	[^] q
3.1.215	Quarzführende Sedimentgesteine		
[^] g	Grauwacke	PetH_Qg	[^] s
[^] q	Quarzit ([^] q)	PetH_Qg	[^] q
[^] qz	Quarzgestein	PetH_Qg	[^] q
[^] sar	Arkose	PetH_Qg	[^] s
[^] sc	Geröll-Sandstein	PetH_Qg	[^] s
[^] sfs	Feldspat-Sandstein	PetH_Qg	[^] s
[^] sk	Kalk-Sandstein	PetH_Qg	[^] k
[^] ska	Kaolin-Sandstein	PetH_Qg	[^] s
[^] sq	Quarz-Sandstein	PetH_Qg	[^] s
[^] sqz	Quarzit-Sandstein	PetH_Qg	[^] q
[^] su	Schluff-Sandstein	PetH_Qg	[^] s
3.1.216	Biogene Sedimentgesteine		
[^] bio	biogenes Festgestein	PetH_Bg	SO
[^] bkl	Bioklastit	PetH_Bg	[^] k
[^] di	Diatomit	PetH_Bg	[^] q
[^] on	Onkolith	PetH_Bg	[^] k
[^] oo	Oolith	PetH_Bg	[^] k
[^] pe	Pelletit	PetH_Bg	[^] k
[^] ph	Phosphorit ([^] ph)	PetH_Bg	[^] k
[^] ra	Radiolarit	PetH_Bg	[^] q

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
^spi	Spiculit	PetH_Bg	^q
^spo	Spongiolith	PetH_Bg	^q
^stm	Stromatolith	PetH_Bg	^m
^algfl	Algenfetzenlage	PetH_Bg	^m
^algl	Algenlage	PetH_Bg	^k
^bhs	Bernstein	PetH_Bg	^stk
3.1.217	Kohlegesteine, Ölschiefer		
^ko	Kohlegestein (allgemein)	PetH_Og	^stk
^hz	Xylit	PetH_Og	^stk
^hzk	Holzkohle	PetH_Og	^stk
^hzs	Stubbenhorizont	PetH_Og	^stk
^brk	Braunkohle	PetH_Og	^stk
^brl	Hartbraunkohle (Lignit)	PetH_Og	^stk
^brm	Mattbraunkohle	PetH_Og	^stk
^brp	Glanzbraunkohle	PetH_Og	^stk
^brw	Weichbraunkohle	PetH_Og	^stk
^stk	Steinkohle	PetH_Og	^stk
^stg	Glanzkohle	PetH_Og	^stk
^stg1	Magerkohle	PetH_Og	^stk
^stg2	Esskohle	PetH_Og	^stk
^stg3	Fettkohle	PetH_Og	^stk
^stg4	Gaskohle	PetH_Og	^stk
^stg5	Gasflammkohle	PetH_Og	^stk
^stg6	Flammkohle	PetH_Og	^stk
^sta	Anthrazit	PetH_Og	^stk
^nks	Naturkoks	PetH_Og	^stk
^bi	bituminöses Gestein	PetH_Og	^stk
^bit	Ölschiefer	PetH_Og	^stk
^f	Sapropel-Gesteine	PetH_Og	^stk
^fhb	Bogheadkohle	PetH_Og	^stk
^fhc	Cannelkohle	PetH_Og	^stk
^fhp	Sapropelit	PetH_Og	^stk
^fko	Sapropelkohle	PetH_Og	^stk
^sthk	Humuskohle	PetH_Og	^stk
^sthg	Halbglanzkohle	PetH_Og	^stk
^sthz	Faserkohle	PetH_Og	^stk
^stmk	Mattkohle	PetH_Og	^stk
^stvk	verwachsene Kohle	PetH_Og	^stk

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
	Mikrolithotypen		
^stv	Vitrit	PetH_Og	^stk
^stl	Liptit	PetH_Og	^stk
^sti	Inertit	PetH_Og	^stk
^stc	Clarit	PetH_Og	^stk
^stvi	Vitrinertit	PetH_Og	^stk
^std	Durit	PetH_Og	^stk
^str	Trimacerit	PetH_Og	^stk
^stkg	Carbargilit	PetH_Og	^stk
^stkp	Carbopyrit	PetH_Og	^stk
^stkk	Carbankerit	PetH_Og	^stk
^stks	Carbosilicite	PetH_Og	^stk
^stkm	Carbopolyminerit	PetH_Og	^stk
3.1.218	Eisenhaltige Sedimentgesteine		
^e	Siderolith	PetH_Eg	^k
^sdf	Sideritfetzen	PetH_Eg	^k
^sdfl	Sideritfetzenlage	PetH_Eg	^k
^sdkn	Sideritknolle	PetH_Eg	^k
^sdl	Sideritlage	PetH_Eg	^k
^sdls	Sideritlinse	PetH_Eg	^k
^ez	sedimentäre Eisenerze	PetH_Eg	^k
^ec	Eisentrümmererz	PetH_Eg	^k
^econ	Bohnerz	PetH_Eg	^k
^eoo	Eisenoolith	PetH_Eg	^k
^et	Toneisenstein	PetH_Eg	^k
^ek	Kalkeisenstein	PetH_Eg	^k
^la	Laterit	PetH_Eg	^k
3.1.219	Salzgesteine		
^ev	Evaporit	PetH_Ag	Ev
^ah	Anhydritstein	PetH_Ag	Ev
^ct	Carnallit	PetH_Ag	Ev
^hs	Hartsalz	PetH_Ag	Ev
^ka	Kalisalz	PetH_Ag	Ev
^kmg	Bittersalz	PetH_Ag	Ev
^na	Steinsalz	PetH_Ag	Ev
^sy	Sylvinit	PetH_Ag	Ev
^y	Gipsstein	PetH_Ag	Ev
^ya	Gips-Anhydrit-Stein	PetH_Ag	Ev

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
3.1.220	Magmatische Gesteine (Kristallin)		
3.1.221	Plutonite (Tiefengesteine)		
+Pl	Plutonit	PetH_Pl	+G
+Pla	saurer Plutonit (veraltet)	PetH_Pl	+G
+Plb	basischer Plutonit (veraltet)	PetH_Pl	+Gb
+Pli	intermediärer Plutonit (veraltet)	PetH_Pl	+Dr
+Ar	Arkit	PetH_Pl	+Dr
+Dr	Diorit	PetH_Pl	+Dr
+Ao	Anorthosit	PetH_Pl	+Gb
+ExGb	Essexitgabbro	PetH_Pl	+Gb
+Ex	Essexit	PetH_Pl	+Gb
+Fit	Foidolith	PetH_Pl	+Gb
+Fe	Fergusit	PetH_Pl	+Gb
+Ij	Ijolith	PetH_Pl	+Gb
+It	Italit	PetH_Pl	+Gb
+Mi	Missourit	PetH_Pl	+Gb
+Tw	Tawit	PetH_Pl	+Gb
+Ur	Urtit	PetH_Pl	+Gb
+Fo	Foyait	PetH_Pl	+Gb
+Fu	Fourchit	PetH_Pl	+Gb
+Gr	Granit	PetH_Pl	+G
+G	Granit (veraltet)	PetH_Pl	+G
+Gb	Gabbro	PetH_Pl	+Gb
+GbN	Gabbonorit	PetH_Pl	+Gb
+Gboi	gabbroides Gestein	PetH_Pl	+Gb
+GDr	Granodiorit	PetH_Pl	+G
+GGb	Granogabbro	PetH_Pl	+Gb
+Goi	Granitoid	PetH_Pl	+G
+Goiq	quarzreiche Granitoide	PetH_Pl	+G
+PIFo	Plagifoyait	PetH_Pl	+Gb
+Plk	Plagioklasit	PetH_Pl	+Gb
+Plm	Mafitit	PetH_Pl	+Pd
+Plme	Erzmafitit	PetH_Pl	+Pd
+PlSy	Plagisyenit	PetH_Pl	+Gb
+Py	Pyroxenit	PetH_Pl	+Pd
+Pd	Peridotit	PetH_Pl	+Pd
+Ho	Hornblendit	PetH_Pl	+Pd
+Hz	Harzburgit	PetH_Pl	+Pd
+Lh	Lherzolith	PetH_Pl	+Pd
+Du	Dunit	PetH_Pl	+Pd
+N	Norit	PetH_Pl	+Gb

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
+Tk	Troktolith	PetH_Pl	+Gb
+We	Wehrlit	PetH_Pl	+Pd
+Wb	Websterit	PetH_Pl	+Pd
+Mz	Monzonit	PetH_Pl	+Dr
+MzDr	Monzodiorit	PetH_Pl	+Dr
+MzG	Monzogranit	PetH_Pl	+Dr
+MzGb	Monzogabbro	PetH_Pl	+Dr
+Sh	Shonkinit	PetH_Pl	+Dr
+Sy	Syenit	PetH_Pl	+Gb
+SyG	Syenogranit	PetH_Pl	+Dr
+To	Tonalit	PetH_Pl	+Dr
+Td	Trondhjemit	PetH_Pl	+Dr
+U	Ultrabazit	PetH_Pl	+Pd
+Q	Quarzolith	PetH_Pl	+G
+DrQ	Quarzdiorit	PetH_Pl	+Dr
+GbQ	Quarzgabbro	PetH_Pl	+Gb
+SyQ	Quarzsyenit	PetH_Pl	+Gb
+MzQ	Quarzmonzonit	PetH_Pl	+Dr
+MzDrQ	Quarzmonzodiorit	PetH_Pl	+Dr
+MzGbQ	Quarzmonzogabbro	PetH_Pl	+Dr
+GrA	Alkalifeldspat-Granit	PetH_Pl	+G
+SyA	Alkalifeldspat-Syenit	PetH_Pl	+Gb
+SyQA	Quarz-Alkalifeldspat-Syenit	PetH_Pl	+Gb
+SyFA	foidführender Alkalifeldspat-Syenit	PetH_Pl	+Gb
+SyF	foidführender Syenit	PetH_Pl	+Gb
+MzF	foidführender Monzonit	PetH_Pl	+Dr
+MzDrF	foidführender Monzodiorit	PetH_Pl	+Dr
+MzGbF	foidführender Monzogabbro	PetH_Pl	+Gb
+DrF	foidführender Diorit	PetH_Pl	+Dr
+GbF	foidführender Gabbro	PetH_Pl	+Gb
+MzSyF	foidführender Monzosyenit	PetH_Pl	+Gb
3.1.222	Ganggesteine (Dykes)		
+Gg	Gang [allgemein]	PetH_Gg	+G
+A	Aplit	PetH_Gg	+G
+AG	Aplitgranit	PetH_Gg	+G
+Pe	Pegmatit	PetH_Gg	+G
+L	Lamprophyr	PetH_Gg	+Dr
+Mt	Minette	PetH_Gg	+Gb
+Vo	Vogesit	PetH_Gg	+Gb
+Ke	Kersantit	PetH_Gg	+Dr
+Ss	Spessartit	PetH_Gg	+Dr
+Bo	Bostonit	PetH_Gg	+Dr

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
+Cm	Camptonit	PetH_Gg	+Dr
+Mo	Monchiquit	PetH_Gg	+Dr
+Ml	Miltergit	PetH_Gg	+Dr
+Oa	Ouachitit	PetH_Gg	+Dr
+Sa	Sannait	PetH_Gg	+Dr
+Ls	Semi-Lamprophyr	PetH_Gg	+Dr
+Ku	Kuselit	PetH_Gg	+Dr
3.1.223	Vulkanite (Ergussgesteine)		
+V	Vulkanit (allgemein)	PetH_Vt	+B
+Va	saurer Vulkanit (veraltet)	PetH_Vt	+R
+Vb	basischer Vulkanit (veraltet)	PetH_Vt	+B
+Vi	intermediärer Vulkanit (veraltet)	PetH_Vt	+B
+Vm	mafitischer Vulkanit (veraltet)	PetH_Vt	+B
+FiV	foiditischer Vulkanit (veraltet)	PetH_Vt	+B
+An	Andesit	PetH_Vt	+B
+B	Basalt	PetH_Vt	+B
+Bs	Basanit	PetH_Vt	+B
+Au	Augitit	PetH_Vt	+B
+Li	Limburgit	PetH_Vt	+B
+D	Diabas	PetH_Vt	+B
+Do	Dolerit	PetH_Vt	+B
+Dz	Dazit	PetH_Vt	+R
+PIDz	Plagidazit	PetH_Vt	+R
+Gl	Glas (vulkanisch)	PetH_Vt	+B
+Lc	Leucitit	PetH_Vt	+B
+M	Melaphyr	PetH_Vt	+B
+Fi	Foidit	PetH_Vt	+B
+FoFi	Foyaitfoidit	PetH_Vt	+B
+Gp	Granitporphyr	PetH_Vt	+R
+Gph	Granophyr	PetH_Vt	+R
+Lt	Latit	PetH_Vt	+R
+LtAn	Latitandesit	PetH_Vt	+R
+Kt	Keratophyr	PetH_Vt	+B
+LtB	Latitbasalt	PetH_Vt	+B
+Ma	Malignit	PetH_Vt	+B
+Me	Melilithit	PetH_Vt	+B
+Al	Alnöit	PetH_Vt	+B
+Be	Bergalith	PetH_Vt	+B
+Ca	Karbonatit	PetH_Vt	+B
+Ne	Nephelinit	PetH_Vt	+B

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
+O	Orthophyr	PetH_Vt	+B
+Ob	Obsidian	PetH_Vt	+B
+Op	Ophiolith	PetH_Vt	+B
+P	Porphy	PetH_Vt	+B
+Pc	Pechstein	PetH_Vt	+R
+Ph	Phonolith	PetH_Vt	+B
+PhFi	Phonolithfoidit	PetH_Vt	+B
+PhTe	Phonolithtephrit	PetH_Vt	+B
+Pk	Pikrit	PetH_Vt	+B
+Po	Polzenit	PetH_Vt	+B
+Pt	Porphyrit	PetH_Vt	+B
+QKt	Quarzkeratophyr	PetH_Vt	+R
+R	Rhyolith	PetH_Vt	+R
+RDz	Rhyodazit	PetH_Vt	+R
+RA	Alkalifeldspat-Rhyolith	PetH_Vt	+R
+Sp	Spilit [(+Sp)]	PetH_Vt	+B
+Te	Tephrit	PetH_Vt	+B
+TeFi	Tephritfoidit	PetH_Vt	+B
+TePh	Tephritphonolith	PetH_Vt	+B
+Th	Theralith	PetH_Vt	+Gb
+ThFi	Theralitfoidit	PetH_Vt	+Gb
+Tr	Trachyt	PetH_Vt	+B
+TrA	Alkalifeldspat-Trachyt	PetH_Vt	+B
+Tu	Turjait	PetH_Vt	+B
+Um	Ultramafitit	PetH_Vt	+B
3.1.224	Pyroklastische Gesteine		
+Pyr	Pyroklastit (allgemein)	PetH_Py	+Vtbe
+Ig	Ignimbrit	PetH_Py	+Vtbe
+La	Lahar	PetH_Py	+Vtbe
+Ty	Tholeyit	PetH_Py	+Vtbe
+Plt	Perlit	PetH_Py	+Vtbe
+VS	Schlacke	PetH_Py	+Vtbe
+VT	Tuff	PetH_Py	+Vtbe
+Vta	saurer Tuff (veraltet)	PetH_Py	+Vtbe
+Vti	intermediärer Tuff (veraltet)	PetH_Py	+Vtbe
+VTb	basischer Tuff (veraltet)	PetH_Py	+Vtbe
+VTx	Kristalltuff	PetH_Py	+Vtbe
+VTbs	Bimstuf	PetH_Py	+Vtbe
+Vtbe	Bentonit	PetH_Py	+Vtbe
+VTts	Trass	PetH_Py	+Vtbe
+Vt	Tuffit	PetH_Py	+Vtbe

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
3.1.230	Metamorphe Gesteine		
3.1.231	Metamorphite, ungegliedert		
*Gne	Gneis	PetH_Me	*Gne
*Am	Amphibolit	PetH_Me	*Gl
*Gr	Granulit	PetH_Me	*Gne
*An	Anatexit	PetH_Me	*Gne
*Me	Metatexit	PetH_Me	*Gne
*Di	Diatexit	PetH_Me	*Gne
*Mi	Migmatit	PetH_Me	*Gne
*My	Mylonit	PetH_Me	*Gne
*Ap	Aploid	PetH_Me	*Gne
*Im	Impaktgestein	PetH_Me	*Gne
*Su	Suevit	PetH_Me	*Gne
3.1.232	Parametamorphite		
*AK	Aktinolithschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Bb	bunte Brekzie	PetH_Mp	*Gl
*Bls	Metablastit	PetH_Mp	*Gne
*Cgr	Graphitschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Ck	Knotenschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Cl	Chloritschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Cq	Quarzitschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Gl	Glimmerschiefer	PetH_Mp	*Gl
*Gls	Glimmersandstein	PetH_Mp	*Gl
*Amp	Para-Amphibolit	PetH_Mp	*Gl
*Gnp	Para-Gneis	PetH_Mp	*Gne
*Gnb	Bändergneis	PetH_Mp	*Gne
*Gaf	Granatfels	PetH_Mp	*Gl
*H	Hornfels	PetH_Mp	*Gl
*K	Marmor	PetH_Mp	^k
*Kb	Bändermarmor	PetH_Mp	^k
*Ks	Kalksilikatfels	PetH_Mp	*Gl
*Ph	Phyllit	PetH_Mp	*Gl
*Phk	Kalkphyllit	PetH_Mp	*Gl
*Pr	Prasinit	PetH_Mp	*Gl
*Q	Quarzit	PetH_Mp	^q
*Qgr	Graphitquarzit	PetH_Mp	^q
*Tfl	Flaserschiefer	PetH_Mp	*Gl
*T	Schiefer (Tonschiefer)	PetH_Mp	^tsf

Tab. 3: Zuordnung der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen (Fortsetzung).

Kürzel	Klartext	Typ	VDI-Einheit
3.1.233	Orthometamorphite		
*Gno	Ortho-Gneis	PetH_Mo	*Gne
*Amo	Ortho-Amphibolit	PetH_Mo	*Gl
*G	Meta-Granit	PetH_Mo	+G
*Gb	Meta-Gabbro	PetH_Mo	+Gb
*GDr	Meta-Granodiorit	PetH_Mo	+G
*N	Meta-Norit	PetH_Mo	+Gb
*A	Meta-Aplit	PetH_Mo	+G
*Adr	Meta-Aplodiorit	PetH_Mo	+Dr
*B	Meta-Basalt	PetH_Mo	+B
*Ba	Meta-Basit	PetH_Mo	+B
*D	Meta-Diabas	PetH_Mo	+B
*Kt	Keratophyrschiefer	PetH_Mo	*Gl
*Cg	Grünschiefer	PetH_Mo	*Gl
*Se	Serpentinit	PetH_Mo	+Pd
*Tk	Talkschiefer	PetH_Mo	*Gl
*Pe	Pegmatoid	PetH_Mo	+G
*Sp	Meta-Split	PetH_Mo	+B
*Ek	Eklogit	PetH_Mo	*Gne

Anmerkungen

Vulkanite: Werte nach VDI-Richtlinie 4640 liegen für Rhyolith und Basalt vor (VDI 2000). Die Einstufung der Vulkanite wurde nach MURAWSKI (2004, Tab. IV) vorgenommen, wobei die Grenze zwischen beiden zwischen Trachyandesit und Andesit gelegt wurde (Konvention, orientiert sich an Beschaffenheit/Mineralzusammensetzung). Intermediäre Vulkanite oder allgemein bezeichnete Gesteine (z. B. „Porphy“) wurden als Basalt eingestuft.

Plutonite: Werte nach VDI-Richtlinie 4640 liegen für Granit, Diorit, Gabbro und Rhyolith vor (VDI 2000). Einstufung der Plutonite nach MURAWSKI (2004, Tab. IV) und OKRUSCH & MATTHES (2005). Allgemein bezeichnete Gesteine (z. B. „Plutonit“) wurden als Granit eingestuft.

Ganggesteine: Allgemeine Bezeichnungen (Aplit, Pegmatit) wurden als Granit attribuiert (= helle, fast nur aus Quarz und Feldspat bestehende Gesteine, MURAWSKI 2004). Lamprophyre als Überbegriff für Ganggesteine mit granitischer, dioritischer und gabbroider Zusammensetzung wurde als Diorit eingestuft (Konvention). Bostonit, Monchiquit, Miltergit, Ouachitit, Sannait und Kuselit wurden als „Diorit“ eingestuft (Konvention).

Pyroklastische Gesteine: Die Gruppe, zu der auch Bentonit gehört, wurde in Ermangelung von Vergleichswerten nach VDI-Richtlinie 4640 mit „Bentonit“ attribuiert.

Sedimente: Sulfate (Gips, Anhydrit) wurden mit den Werten für „Salz“ belegt (Literaturwerte deuten auf etwas geringere Wärmeleitfähigkeiten hin (ca. 4 – 5 W/mK für Anhydrit)). Eisenhaltige Sedimentgesteine (meist sideritdominiert) wurden in Ermangelung von Vergleichswerten nach VDI-Richtlinie 4640 mit „k“ attribuiert, haben aber wahrscheinlich etwas höhere Wärmeleitfähigkeiten.

Stand

Juli 2007

Quellen

MURAWSKI, H. & MEYER, W. (2004): Geologisches Wörterbuch. - 11. Aufl.: 262 S.; München (Elsevier).

OKRUSCH, M. & MATTHES, S. (2005): Mineralogie. – 7. Aufl., 528 S., 328 Abb.; Berlin (Springer).

LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation geologischer Feld- und Aufschlussdaten. – 4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Aufl., 2 Bde.; Hannover [ISBN 978-3-510-96851-0].

VDI (2000): Thermische Nutzung des Untergrundes. Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte - VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.24

Inhalt	Spezifische Wärmekapazität von Festgestein
Eingangsdaten	Petrographie
Kennwert	C_v [MJ/(m ³ * K)]
Kennwertermittlung	Die Kennwerte nach der VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) können Tabelle 1 und Tabelle 2 entnommen werden. Weitere Zuordnungen der VDI-Einstufung zu geologischen Symbolen sind in Tabelle 3 in VKR 6.1.23 enthalten.

Tab. 1: Volumenbezogene spezifische Wärmekapazitäten nach VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) für die dort genannten Festgesteine.

Nr.	Gestein	Kürzel	volumenbezogene spezifische Wärmekapazität C_v [MJ/(m ³ * K)]	Bearbeitungshinweise
1	Basalt	+B	2,4	
2	Gabbro	+Gb	2,6	
3	Diorit	+Dr	2,9	
4	Rhyolit	+R	2,1	
5	Granit	+G	2,6	
6	Peridotit	+Pd	2,7	
7	Gneis	*Gne	2,1	
8	Glimmerschiefer	*Gl	2,2	
9	Marmor	*K	2	
10	Tonschiefer	^tsf	2,4	
11	Ton-/Schluffstein	^t, ^u	2,2	
12	Sandstein	^s	2,2	
13	Kalkstein	^k	2,2	
14	Steinkohle	^stk	1,6	z. B. Kohle, Sapropelit
15	Quarzit	^q	2,2	
16	Mergel	M	2,2	
17	Salz	Ev	1,2	inklusive Gips, Anhydrit
18	Bentonit	+Vtbe	ca. 3,9	
19	sonstiges	SO	2,2	z. B. biogenes Festgestein

Tab. 2: Mittlere volumenbezogene spezifische Wärmekapazitäten nach VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1 (VDI 2000) für die dort genannten Lockergesteine.

Nr.	Gestein	Kürzel	volumenbezogene spezifische Wärmekapazität C_v [MJ/(m ³ * K)]
1	Kies, trocken	G	1,5
2	Sand, trocken	S	1,4
3	Kies, wassergesättigt	G	2,4
4	Sand, wassergesättigt	S	2,6
5	Torf	H	2,2
6	Ton/Schluff, trocken	T, U	1,6
7	Ton/Schluff, wassergesättigt	T, U	2,5

Anmerkungen

Vulkanite: Werte nach VDI-Richtlinie 4640 liegen für Rhyolith und Basalt vor (VDI 2000). Die Einstufung der Vulkanite wurde nach MURAWSKI (2004, Tab. IV) vorgenommen, wobei die Grenze zwischen Trachyandesit und Andesit gelegt wurde (Konvention, orientiert sich an Beschaffenheit/Mineralzusammensetzung). Intermediäre Vulkanite oder allgemein bezeichnete Gesteine (z. B. „Porphy“) wurden als Basalt eingestuft.

Plutonite: Werte nach VDI-Richtlinie 4640 liegen für Granit, Diorit, Gabbro und Rhyolith vor (VDI 2000). Einstufung der Plutonite nach MURAWSKI (2004, Tab. IV) und OKRUSCH & MATTHES (2005). Allgemein bezeichnete Gesteine (z. B. „Plutonit“) wurden als Granit eingestuft.

Ganggesteine: Allgemeine Bezeichnungen (Aplit, Pegmatit) wurden als Granit attribuiert (d. h. helle, fast nur aus Quarz und Feldspat bestehende Gesteine, MURAWSKI 2004). Lamprophyr als Überbegriff für Ganggesteine mit granitischer, dioritischer und gabbroider Zusammensetzung wurde als Diorit eingestuft (Konvention). Bostonit, Monchiquit, Miltergit, Ouachitit, Sannait und Kuselit wurden als Diorit eingestuft (Konvention).

Pyroklastische Gesteine: Die Gruppe, zu der auch Bentonit gehört, wurde in Ermangelung von Vergleichswerten nach VDI-Richtlinie 4640 mit „Bentonit“ attribuiert.

Sedimente: Sulfate (Gips, Anhydrit) wurden mit den Werten für Salz belegt (Literaturwerte deuten auf etwas geringere Wärmeleitfähigkeiten hin (ca. 4–5 W/mK für Anhydrit)). Eisenhaltige Sedimentgesteine (meist sideritdominiert) wurden in Ermangelung von Vergleichswerten nach VDI-Richtlinie 4640 mit „^k“ attribuiert, haben aber wahrscheinlich etwas höhere Wärmeleitfähigkeiten.

Stand

Juli 2007

Quellen

LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation geologischer Feld- und Aufschlussdaten. – 4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Aufl., 2 Bde.; Hannover [ISBN 978-3-510-96851-0].

VDI (2000): Thermische Nutzung des Untergrundes. Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte - VDI-Richtlinien 4640, Blatt 1. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen - VDI-Richtlinien 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.1.25

Inhalt	Physiologische Gründigkeit																								
Eingangsdaten	Horizontsymbol (HORIZ) Grobbodenanteil (GBA) gemäß VKR 6.1.2 Verfestigungsgrad (Vf)																								
Kennwert	Wp [dm]																								
Kennwertermittlung	Die physiologische Gründigkeit (Wp) eines Bodens wird auch als durchwurzelbarer Bodenraum bezeichnet. Dies ist der Bereich, in den Pflanzenwurzeln ungehindert eindringen können. Die Wp wird durch festes Gestein, verfestigte Horizonte und Reduktionshorizonte begrenzt. 1. Die Wp endet an der Obergrenze von Cn-Horizonten. 2. Die Wp endet an der Obergrenze von Horizonten mit 75 Vol.-% oder mehr Grobbodenanteil. 3. Bei Grundwasserböden endet die Wp spätestens an der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes. 4. Die Wp endet an der Obergrenze von Horizonten mit einem Verfestigungsgrad Vf4 oder Vf5.																								
Kennwertklassifizierung	Tab. 1: Einstufung der physiologischen Gründigkeit nach KA 5 (AD-HOC-AG BODEN 2005). <table><tr><th>Kurzzeichen</th><th>Tiefe [dm]</th><th>Bezeichnung</th></tr><tr><td>Wp0</td><td>0</td><td>keine</td></tr><tr><td>Wp1</td><td>> 0 – < 1,5</td><td>sehr flach</td></tr><tr><td>Wp2</td><td>1,5 – < 3</td><td>flach</td></tr><tr><td>Wp3</td><td>3 – < 7</td><td>mittel</td></tr><tr><td>Wp4</td><td>7 – < 12</td><td>tief</td></tr><tr><td>Wp5</td><td>12 – < 20</td><td>sehr tief</td></tr><tr><td>Wp6</td><td>≥ 20</td><td>äußerst tief</td></tr></table>	Kurzzeichen	Tiefe [dm]	Bezeichnung	Wp0	0	keine	Wp1	> 0 – < 1,5	sehr flach	Wp2	1,5 – < 3	flach	Wp3	3 – < 7	mittel	Wp4	7 – < 12	tief	Wp5	12 – < 20	sehr tief	Wp6	≥ 20	äußerst tief
Kurzzeichen	Tiefe [dm]	Bezeichnung																							
Wp0	0	keine																							
Wp1	> 0 – < 1,5	sehr flach																							
Wp2	1,5 – < 3	flach																							
Wp3	3 – < 7	mittel																							
Wp4	7 – < 12	tief																							
Wp5	12 – < 20	sehr tief																							
Wp6	≥ 20	äußerst tief																							
Anmerkungen	Die physiologische Gründigkeit kann ebenso durch einen starken Wechsel im pH-Wert begrenzt werden.																								
Stand	September 2019																								
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2016): Forstliche Standortsaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 7. Aufl.; Eching (IHW). DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]. DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3]. RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., Geofakten 9: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).																								

Verknüpfungsregel 6.1.26

Inhalt **Absolute Gründigkeit**

Eingangsdaten Horizontsymbol (HORIZ)
Grobbodenanteil (GBA) gemäß VKR 6.1.2

Kennwert Wa [dm]

Kennwertermittlung Die absolute Gründigkeit eines Bodens wird auch als Solummächtigkeit bezeichnet. Sie beschreibt die Mächtigkeit des Lockermaterials über festen Schichten.

1. Die Wa endet an der Obergrenze von Cn-Horizonten.
2. Die Wa endet an der Obergrenze von Horizonten mit 75 Vol.-% oder mehr Grobbodenanteil.

**Kennwert-
klassifizierung**

Tab. 1: Einstufung der absoluten Gründigkeit.

Kurzzeichen	Tiefe [dm]	Bezeichnung
Wa0	0	keine
Wa1	> 0 – < 1,5	sehr flach
Wa2	1,5 – < 3	flach
Wa3	3 – < 7	mittel
Wa4	7 – < 12	tief
Wa5	12 – < 20	sehr tief
Wa6	≥ 20	äußerst tief

Stand September 2019

Quelle AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

6.2. Bodenchemische Kennwerte

Verknüpfungsregel 6.2.1

Inhalt	Ziel-pH-Wert im Oberboden bei landwirtschaftlicher Nutzung
Eingangsdaten	Landnutzung (KULTUR) Humusgehalt (HUMUS) [Gew.-% bzw. Stufe] Bodenart (HNBOD)
Kennwert	pH _{Ziel} [–]
Kennwertermittlung	Der Ziel-pH-Wert (in CaCl ₂) kann für – Ackerböden der Tabelle 1, – Grünlandböden der Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 1: Ziel-pH-Wert für Ackerböden.

Bodenart	Humusgehalt [Stufe und Gew.-%]				
	h1 – h3 < 1 – 4	h4 > 4 – 8	h5 > 8 – 15	h6 > 15 – 30	h7 > 30
Ss, G	5,5	5,0	5,0	4,5	4,0
SI2, Uu, Uls, Su2, Su3, Su4, Us, St2, St3, Slu	5,5	5,5	5,0	4,5	4,0
Ut2	6,0	5,5	5,5	5,0	4,0
SI4, Ut3	6,5	6,0	5,5	5,0	4,0
Ls3, Ut4, St3, Ls4, Ls2, Lu	7,0	6,5	6,0	5,5	4,0
Lt2, Lt3, Tu4, Tu3, Tt, Ts2, Ts3, Ts4, Lts, Tl, Tu2	7,0	6,5	6,0	5,5	4,0

Tab. 2: Ziel-pH-Wert für Grünlandböden.

Bodenart	Humusgehalt [Stufe und Gew.-%]				
	h1 – h3 < 1 – 4	h4 > 4 – 8	h5 > 8 – 15	h6 > 15 – 30	h7 > 30
Ss, G	5,0	5,0	5,0	4,5	4,0
SI2, Uu, Su2, Su3, Su4, Us	5,5	5,0	5,0	4,5	4,0
SI4, Uls, St2, SI3, Slu, Ut2	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0
Ls3, Lt2, Lt3, Ut4, Ut3, Tu4, Tu3, Tt, St3, Ts4, Ts3, Ts2, Ls4, Lts, Tl, Tu2, Ls2, Lu	6,5	6,0	5,5	5,0	4,0

Anmerkungen

Die Ziel-pH-Werte für Acker- und Grünlandnutzung nach LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2018) sind vom LBEG folgendermaßen modifiziert worden:

- a) Die Bodenarten wurden an die Bodenarteneinteilung der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC AG BODEN 2005) angepasst.
- b) Es wurden mittlere Werte in Schritten von 0,5 pH-Einheiten aus der pH-Klasse C abgelesen.

Stand

Februar 2018

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab.; Hannover.

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2018): Empfehlungen zur Grunddüngung. – Stand Februar 2018, <<https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/11622.html>>.

Verknüpfungsregel 6.2.2

Inhalt	Pufferbereiche
Eingangsdaten	pH-Wert (in CaCl ₂)
Kennwert	PB
Kennwertermittlung	

Tab. 1: Pufferbereiche in Abhängigkeit des pH-Bereiches.

pH-Bereiche	Pufferbereich
pH < 3,0	Eisen-Pufferbereich
pH > 3,0 – 4,2	Aluminium-Pufferbereich
pH > 4,2 – 5,0	Austauscher-Pufferbereich
pH > 5,0 – 6,2	Silikat-Pufferbereich
pH > 6,2 – 8,6	Carbonat-Pufferbereich

Stand November 2017

Quelle AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen. Hannover.

Verknüpfungsregel 6.2.3

Inhalt	Potenzielle Kationenaustauschkapazität	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD)	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe]
	Grobboden, Festgestein (SKEL)	Tonmineralkennwerte (TKW)

Kennwert KAK_{pot} [cmol_c/kg], [Stufe]

Kennwertermittlung

$$KAK_{pot} = KAK_{pot1} * Korrekturfaktor + KAK_{pot2}$$

Die Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) ergibt sich für illitreiche Böden aus der Summe von

- KAK_{pot1} in Abhängigkeit der Bodenart aus Tabelle 1 und
- KAK_{pot2} in Abhängigkeit des Humusgehaltes aus Tabelle 2.

Bei abweichendem Tonmineralbestand wird KAK_{pot1} multipliziert mit einem Korrekturfaktor aufgrund der TKW-Stufe (Tabelle 3 und Tabelle 4).

Die Einstufung der KAK_{pot} kann nach Tabelle 5 erfolgen.

Tab. 1: KAK_{pot1} in Abhängigkeit der Bodenart.

Bodenart bzw. Grobboden	KAK _{pot1} [cmol _c /kg]
Festgesteinszersatz	1
G, X, Z, Gr, O	1
Ss, Su2	2
Su3, Su4, Sl2	4
Us,	5
Sl3, St2, Uu	6
Uls, Slu, Sl4, Ut2	9
St3, Ut3	11
Ls3, Ls4	12
Ls2	13
Ut4	14
Lu, Ts4	15
Lt2, Tu4	17
Lts	19
Ts3	20
Tu3	21
Lt3	22
Ts2, Tu2	28
Tl	29
Tt	38

Tab. 2: KAK_{pot2} in Abhängigkeit des mittleren Humusgehaltes (entspricht ca. 2 cmol_c/kg je mittlerem Wert für Masse-% Humus nach VKR 6.2.18). Daten für Muddenhorizonte basierend auf CHMIELESKI (2006).

Humusgehalt [Stufe]	KAK _{pot2} [cmol _c /kg]
h2	3
h3	6 (Forst 7)
h4	12 (Forst 15)
h5	23 (Forst 25)
h6	45
(h < 7) Fm	25
h7 (Fh)	110
h7 (H)	130

Tab. 3: Korrekturfaktoren der Werte für KAK_{pot1} bei abweichendem Tonmineralbestand nach der Tonmineralkennwertstufe der Tabelle 4.

TKW-Stufe	1	2	3	4	5
Korrekturfaktor	0,3	0,6	1	1,5	2,5

Tab. 4: Stufen der Tonmineralkennwerte (TKW) der in verschiedenen Böden dominierenden Tonminerale in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein mit Größenordnungen der spezifischen Oberfläche (SOB) und der potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}).

Gesteine	TKW-Stufe	dominierende Tonminerale ¹⁾ bei Bodenbildung in Mitteleuropa				SOB [m ² /g Ton]	KAK_{pot} [cmol _c /kg Ton]
		S	I	C	K		
Basalt, Gabbro	5	xx	–	–	–	400 – 800	> 50
Granit	2	–	x	(x)	x	50 – 200	20 – 40
Gneis	2	–	x	x	x	50 – 200	30 – 40
Tonschiefer							
– kaum verwittert	3	–	xx	x	–	200 – 400	40 – 50
– mäßig verwittert	4	xx	x	–	–	400 – 600	40 – 60
– stärker verwittert	1		x	–	xx	< 50	< 20
Molasse	4	x	x	–	–	400–600	40 – 50
Geschiebemergel, Löss, Schlick							
– mäßig verwittert	3	(x)	xx	–	–	200 – 400	40 – 50
– stärker verwittert	2	–	xx	(x)	–	50 – 200	20 – 40
Mesozoische Sand-, Mergelkalksteine							
– mäßig verwittert	3	x	xx	–	–	200 – 400	40 – 50
– stärker verwittert	1	–	x	x	xx	< 50	< 20
Juratone	2	–	x	–	x	50 – 200	20 – 40
Keupertone	4	x	x	x	–	400 – 600	40 – 50
Muschelkalk, Buntsandsteintone	2	–	xx	–	(x)	50 – 200	30 – 40
Kreidetone – Alpen	4	xx	x	–	–	400 – 600	40 – 60

Anmerkungen

zu Tabelle 4

¹⁾ S: Smectit (Montmorillonit, Bentonit), Vermiculit,

I: Illit (Glimmer), aufgeweiteter Illit,

C: Chlorit, Bodenchlorit,

K: Kaolinit,

xx = stark vertreten,

x = mittel vertreten,

– = schwach oder nicht vertreten,

(x) = örtlich/stellenweise vertreten.

Tab. 5: Einstufung der KAK_{pot} mitteleuropäischer Mineralböden.

Kurzzeichen	Bezeichnung	KAK _{pot} [cmol _c /kg]
KAK1	sehr gering	< 4
KAK2	gering	4 – < 8
KAK3	mittel	8 – < 12
KAK4	hoch	12 – < 20
KAK5	sehr hoch	20 – < 30
KAK6	extrem hoch	≥ 30

Stand

November 2017

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen. Hannover.

CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – 196 S., Diss. Humboldt-Universität, Berlin.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.4

Inhalt	Summe austauschbar gebundener basischer Kationen (S-Wert)
Eingangsdaten	Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) [cmol _c /kg] nach VKR 6.2.3 Basensättigung (BS) [%] nach VKR 6.2.6
Kennwert	S-Wert [cmol _c /kg]
Kennwertermittlung	Der S-Wert ist die Summe der austauschbar gebundenen basischen Kationen (vor allem Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Ammonium) und kann durch Multiplikation der KAK_{pot} mit der Basensättigung nach VKR 6.2.6 ermittelt werden.

$$S - Wert = \frac{KAK_{pot} * BS}{100}$$

Stand August 2017

Quelle DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.5

Inhalt	Effektive Kationenaustauschkapazität
Eingangsdaten	Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot1} , Korrekturfaktor und KAK_{pot2}) [cmol _c /kg] nach VKR 6.2.3 pH-Wert (in CaCl ₂)
Kennwert	KAK_{eff} [cmol _c /kg]
Kennwertermittlung	Die Ermittlung der KAK_{eff} erfolgt analog zur Ermittlung der KAK_{pot} nach VKR 6.2.3, erweitert um den pH-Wert-abhängigen Umrechnungsfaktor f, der Tabelle 1 zu entnehmen ist..

$$KAK_{eff} = KAK_{pot1} * Korrekturfaktor + KAK_{pot2} * f(pH)$$

Tab. 1: Ableitung der effektiven KAK des Humusanteils aus der potenziellen KAK unter Berücksichtigung des pH-Wertes der Bodenprobe.

pH-Wert (CaCl ₂)	≥ 7,5	6,5 – < 7,5	5,5 – < 6,5	4,5 – < 5,5	3,5 – < 4,5	< 3,5
Umrechnungsfaktor f (pH)	1	0,8	0,6	0,4	0,25	0,15

Anmerkungen Die effektive KAK des Mineralkörpers ist weitgehend identisch mit dessen potenzieller KAK, die effektive KAK des Humuskörpers ist jedoch stark pH-abhängig.
Bei fehlenden pH-Wert-Messungen kann der Ziel-pH-Wert nach VKR 6.2.1 verwendet werden.

Stand November 2017

Quellen AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.6

Inhalt	Basensättigung
Eingangsdaten	pH-Wert (PHWERT) (CaCl ₂) [–]
Kennwert	BS [%]
Kennwertermittlung	Die Basensättigung entspricht dem Äquivalentanteil der austauschbar gebundenen basischen Kationen (vor allem Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Ammonium) an der KAK _{pot} . Sie kann nach Tabelle 1 aus dem pH-Wert (in CaCl ₂) ermittelt werden.

Tab. 1: Beziehung zwischen pH-Wert (CaCl₂) und Basensättigung BS nach DVWK (1995a).

pH-Wert (CaCl ₂)	BS
[–]	[%]
> 7,5	100
7,0	95
6,5	90
6,0	80
5,5	70
5,1	60
4,8	50
4,5	40
4,2	30
3,8	20
3,5	10
3,3	5
3,0	2
2,5	0

Tab. 2: Bewertung der Basensättigung.

BS [%]	Bezeichnung	Kurzzeichen
< 5	sehr basenarm	BS1
5 – < 20	basenarm	BS2
20 – < 50	mittelbasisch	BS3
50 – < 80	basenreich	BS4
≥ 80	sehr basenreich bis basengesättigt	BS5

Anmerkungen Bei fehlenden pH-Wert-Messungen kann der Ziel-pH-Wert nach VKR 6.2.1 verwendet werden.

Stand November 2017

Quellen AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.7

Inhalt Standortspezifisches Nährstoffpotenzial im effektiven Wurzelraum

Eingangsdaten	Summe austauschbar gebundener basischer Kationen (S-Wert) [cmol _c /kg] nach VKR 6.2.4 Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6	Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2 Horizontmächtigkeiten (HTIEF) im We [cm] Trockenrohdichte (TRD) [g/cm ³] nach VKR 6.1.3

Kennwert SWe [kmol_c/ha]

Kennwertermittlung 1. Ableitung des Feinbodenvorrats (FBV), bezogen auf 1 ha Fläche, und entsprechende Horizontmächtigkeit¹⁾ t:

$$FBV \left[\frac{kg}{ha * t} \right] = HTIEF [cm] * TRD \left[\frac{g}{cm^3} \right] * FBA [%] * 100.000$$

2. Ableitung des Vorrats austauschbarer basischer Mb-Kationen²⁾ (MBV) an der KAK_{pot}, bezogen auf 1 ha Fläche, und die entsprechende Horizontmächtigkeit (100.000 cmol_c = 1 kmol_c):

$$MBV \left[\frac{kmol_c}{ha * t} \right] = \frac{FBV \left[\frac{kg}{ha * t} \right] * S - Wert \left[\frac{cmol_c}{kg FB} \right]^{3)}}{100.000}$$

3. Ableitung des standortspezifischen Nährstoffpotenzials im effektiven Wurzelraum (SWe), bezogen auf 1 ha Fläche:

- Ableitung We nach VKR 6.1.6,
- Summation aller MBV-Werte für die Horizonte innerhalb der We.

$$SWe \left[\frac{kmol_c}{ha} \right] = \sum_0^{We} MBV \quad 4)$$

Tab. 1: Ökologische Bewertung von SWe.

kmol _c /ha	Bewertung	Kurzzeichen
< 300	gering	SWe1
300 – 600	mittel	SWe3
> 600	hoch	SWe5

Anmerkungen

- 1) Die ausgewählte Mächtigkeit muss hinsichtlich aller Rechenparameter homogen sein.
- 2) Mb-Kationen = Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Ammonium.
- 3) Der S-Wert nach VKR 6.2.4 ist bezogen auf den Feinbodenanteil.
- 4) Bei der ökologischen Bewertung der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass der Unterboden schwächer durchwurzelt ist. Erfahrungsgemäß sollten die Werte zwischen 3–10 dm mit 0,5 und die Werte tiefer 10 dm mit 0,2 multipliziert werden.

Basische Kationen (Mb-Kationen) sind wichtige Pflanzennährstoffe und stellen ein potenzielles standortspezifisches Nährstoffangebot dar. Der Kennwert SWe ist ein Maß für den Gehalt an austauschbar verfügbaren Nährstoffkationen (an der KAK_{pot}). Für das Nährstoffangebot ist der effektive Wurzelraum (We) maßgeblich.

Stand

November 2017

Quelle

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.11

Inhalt	Effektive Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum	
Eingangsdaten	Effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{eff}) [cmol _c /kg] nach VKR 6.2.5 Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6	Horizontmächtigkeiten (HTIEF) im We [cm] Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2 Trockenrohdichte (TRD) [g/cm ³] nach VKR 6.1.3
Kennwert	$KAK_{eff}We$ [kmol _c /ha]	
Kennwertermittlung	1. Ableitung des Feinbodenvorrats (FBV), bezogen auf 1 ha Fläche, und entsprechende Horizontmächtigkeit t: $FBV \left[\frac{kg}{ha * t} \right] = HTIEF [cm] * TRD \left[\frac{g}{cm^3} \right] * FBA [\%] * 100.000$ 2. Ableitung des Vorrats austauschbarer Kationen AKV, bezogen auf 1 ha Fläche, und die entsprechende Horizontmächtigkeit (100.000 cmol _c = 1 kmol _c): $AKV \left[\frac{kmol_c}{ha * t} \right] = \frac{FBV \left[\frac{kg}{ha * t} \right] * KAK_{eff} \left[\frac{cmol_c}{kg FB} \right]}{100.000}$ 3. Ableitung der effektiven Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum ($KAK_{eff}We$), bezogen auf 1 ha Fläche: – Ableitung We nach VKR 6.1.6, – Summation aller AKV-Werte für die Horizonte innerhalb der We. $KAK_{eff}We \left[\frac{kmol_c}{ha} \right] = \sum_0^{We} AKV$	

Tab. 1: Ökologische Bewertung von $KAK_{eff}We$.

kmol _c /ha	Bewertung	Kurzzeichen
< 300	gering	$KAK_{eff}We_1$
300 – 600	mittel	$KAK_{eff}We_3$
> 600	hoch	$KAK_{eff}We_5$

Stand November 2017

Quelle DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

Verknüpfungsregel 6.2.17

Inhalt	pH-Wert im Oberboden bei forstwirtschaftlicher Nutzung
Eingangsdaten	Landnutzung (KULTUR) Bodenklasse (Hauptbodentyp) Übergangssubtyp (Nebenbodentyp 1)
Kennwert	pH _{Forst} [–]
Kennwertermittlung	Die VKR ermittelt den pH-Wert (CaCl ₂) im Oberboden (0–20 cm, A- und H-Horizonte) von Forstböden. Bei Übergangsbodentypen wird, wenn nicht anders in Tabelle 1 dargestellt, der Hauptbodentyp verwendet. Bei Profilen mit Überdeckungen wird immer der oberste Bodentyp ausgewertet (z. B. KK/BB3 → pH-Wert von KK).

Tab. 1: pH-Wert im Oberboden von Forstböden.

Bodenklasse Hauptbodentyp	Übergangs- subtypen	pH _{Forst}	pH-Bereich (+/- Standardabweichung ^{a)})
F		3,0	2,7 – 3,3
O	OL OO/OL-RN	3,1	2,8 – 3,4
R	BB-RN PP-RN RN	3,1	b)
R	RQ BB-RQ PP-RQ SS-RQ	3,1	3,0 – 3,2
R	RR	6,3	5,7 – 6,9
R	RZ	7,0	6,3 – 7,5
T	TT TC	7,0	> 6,2 ^{b)}
D		5,5	4,9 – 6,3
B	CF-BB	4,9	4,6 – 5,2
B	DD-BB	4,5	3,8 – 5,2
B	BBn GG-BB LL-BB SS-BB SH-BB	3,7	2,8 – 4,8
L	CF-LL	4,2	3,7 – 4,7

Tab. 1: pH-Wert im Oberboden von Forstböden (Fortsetzung).

Bodenklasse Hauptbodentyp	Übergangs- subtyp	pH _{Forst}	pH-Bereich (+/- Standardabweichung ^{a)})
L	LLn BB-LL GG-LL PP-LL SS-LL LLd LF	3,5	3,1 – 4,3
P	PPn BB-PP SS-PP SH-PP	3,2	2,8 – 3,6
P	GG-PP LL-PP YE-PP PS	3,5	2,9 – 4,1
C	CF CR	> 6,2	b)
S	PP-SS	3,0	2,9 – 3,3
S	SSn BB-SS LL-SS GG-SS	4,0	3,0 – 5,0
S	DD-SS	6,4	5,3 – 7,5
M	MC MC-MR MH MR MR-IW	6,4	
M	MD MK MN MN-MR MO	3,8	b)
S	GG-SH	3,5	3,3 – 3,7
S	SHn BB-SH	3,2	2,9 – 3,5
S	SG	3,5	b)
Y	YD	3,2	
Y	YK YM	5,2	3,9 – 6,5
Y	YE-PP	3,5	2,9 – 4,1
Y	YS YE	3,3	
Y	YU YB	3,8	3,4 – 4,2
Y	YT	5,1	

Tab. 1: pH-Wert im Oberboden von Forstböden (Fortsetzung).

Bodenklasse Hauptbodentyp	Übergangs- subtyp	pH _{Forst}	pH-Bereich (+/- Standard- abweichung ^{a)})
A	A AB AQ	5,5	4,5 – 6,5
A	AT GG-AT	6,3	
A	AZ	7,0	
G	GGn	4,2	3,0 – 5,4
G	BB-GG LL-GG SS-GG PP-GG	3,3	2,8 – 3,8
G	GH GM GM	3,3	b)
HN		3,3	2,8 – 3,8
HH		3,0	

Anmerkungen

- Die Ableitung der pH-Werte für Forstböden wurde folgendermaßen vorgenommen:
 - Verschneidung von Informationen zum Profil, zu den Horizonten im Profil (NIBIS® Profildatenbank) und zur Nutzung (Wald, Gehölz oder Heide nach ATKIS®-DLM) mit den Laborergebnissen (NIBIS®-Labor-datenbank) und der Bodenzustandserhebung (BZE I). Zusammenfas-sung der Bodentypen zu Hauptbodentypen (z. B. Normtypen) und Übergangssubtypen, soweit vorhanden.
 - Auswahl der Ergebnisse für alle A- oder H-Horizonte mit einer unteren Probenahmetiefe von bis zu 20 cm unter Flur, Plausibilitätskon-trolle (1.081 Datensätze).
 - Ermittlung von Mittelwerten und Standardabweichungen, gruppiert nach Hauptbodentyp und Übergangssubtypen.
 - Zusammenfassung von Übergangssubtypen mit ähnlichen pH-Wer-ten und erneute Mittelwertbildung
- Die abgeleiteten pH-Werte und -Bereiche gelten in erster Linie für Niedersachsen. Eine Übertragbarkeit auf andere Bundesländer wurde nicht getestet.

Stand

Januar 2018

Quellen

BML – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1996): Ergeb-nisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald von 1987–1993 (BZE). – BML.
NIBIS® PROFIL- UND LABORDATENBANK. – Stand März 2003; Hannover (NlfB).
HELBIG, H. (2012): pH-Werte von Waldböden in Sachsen-Anhalt. – [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.2.18

Inhalt	Organischer Kohlenstoffgehalt auf Basis der Humusstufe
Eingangsdaten	Humusgehalt (HUMUS) [Gew.-% bzw. Stufe] Torfart (HNBOD)
Kennwert	C _{org} [Gew.-%] zusätzlich Humusgehalt (HUMG) [Gew.-%]
Kennwertermittlung	Jeder Humusstufe des Oberbodens gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung kann ein mittlerer Humusgehalt zugeordnet werden. Dieser Wert, geteilt durch den Faktor 1,72 ergibt den C _{org} in % (Ausnahme: Bei Torfen (Humusstufe h7) wird laut Bodenkundlicher Kartieranleitung der Faktor 2 verwendet). Für Torfböden kann zudem eine genauere Bestimmung aufgrund der angesprochen Torfart durchgeführt werden, wie Tabelle 2 zeigt.

Tab. 1: Ermittlung von C_{org} [%] bei mineralischen Horizonten.

Humus-stufe	Bezeichnung	Masse-%	Masse-% (Mittelwert)	C _{org} [%]
h0	humusfrei	0	< 0,2	< 0,1
h1	sehr schwach humos	< 1	< 0,5	< 0,3
h2	schwach humos	1 – 2	1,5	0,9
h3	mittel humos	2 – 4 (Forst 2 – 5)	3 (Forst 3,5)	1,7 (Forst 2,0)
h4	stark humos	4 – 8 (Forst 5 – 10)	6 (Forst 7,5)	3,5 (Forst 4,4)
h5	sehr stark humos	8 – 15 (Forst 10 – 15)	11,5 (Forst 12,5)	6,7 (Forst 7,3)
h6	extrem humos, anmoorig	15 – 30	22,5	13,1
h7	organisch, Torf	> 30	65	32,5

Tab. 2: Ermittlung von C_{org} [%] bei organischen Horizonten.

Torfart	Masse-%	Masse-% (Mittelwert)	C _{org} [%]
Hn,l; Hn,s; Hn,u; Hn, Hh,l; Hh,s; Hh,u; Hh,t	30 – 70	50	25
Hn Hh V	> 70	85	42,5

Anmerkungen	Für Forststandorte gelten laut KA5 leicht abgewandelte Grenzen. Aufgrund der breiten Klassengrenzen der Humusstufen h4 – h7 ist die Verwendung mittlerer Werte nur eine grobere Annäherung an die tatsächlichen C _{org} -Gehalte der humusreichen Böden.
Stand	August 2017
Quelle	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.2.19

Inhalt	Bestimmung der Kohlenstoffvorräte	
Eingangsdaten	Feinbodenanteil (FBA) [%] nach VKR 6.1.2 Trockenrohdichte von mineralischen Horizonten (TRD) [g/cm³] nach VKR 6.1.3 Horizontmächtigkeit (HTIEF) [cm]	Lagerungsdichte von Torfen (LDtrocken) [g/cm³] nach VKR 6.1.21 Organischer Kohlenstoffgehalt (CORG) [%], ggf. nach VKR 6.2.18
Kennwert	Vorrat an organischen Kohlenstoff (CVOR) [t/ha]	
Kennwertermittlung	Die Kohlenstoffvorräte mineralischer Böden können für die einzelnen Horizonte / Schichten mit folgender Formel bestimmt werden: $CVOR \left[\frac{t}{ha} \right] = \frac{FBA}{100} * TRD * Corg * HTIEF * 100$ Bei organischen Schichten ist folgende Gleichung anzuwenden: $CVOR \left[\frac{t}{ha} \right] = \frac{FBA}{100} * LDtrocken * Corg * HTIEF * 100$	
Anmerkungen	Bei vielen Fragestellungen spielt der CVOR in bestimmten Tiefenintervallen eine Rolle. Dazu müssen die Vorräte der einzelnen Horizonte innerhalb des Intervalls aufsummiert werden. Aufgrund der breiten Klassengrenzen der Humusstufen h4 – h7 ist bei der Verwendung mittlerer C _{org} -Gehalte aus VKR 6.2.18 nur eine grobere Annäherung an die tatsächlichen CVOR der humusreichen Böden zu erzielen.	
Stand	Juni 2019	
Quellen	SCHÄFER, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. – Arb.-H. Boden 2002/3: 59–75, 6 Abb., 6 Tab.; Hannover (NLfB). MÖLLER, A. & KENNEPOHL, A. (2014): Abschätzung von CO ₂ -Emissionen und -Retentionen durch Landnutzungsänderungen anhand regionalisierter Kohlenstoffvorräte auf landwirtschaftlich genutzten Böden Niedersachsens. – GeoBerichte 27: 76 S., 30 Abb., 8 Tab., 13 Kt.; Hannover (LBEG).	

6.3. Bodenbiologische Kennwerte

Verknüpfungsregel 6.3.1

Inhalt **Biologische Aktivität von Böden**

Eingangsdaten Bodenklasse bzw. Bodentyp

Kennwert BAK [Stufe]

Kennwertermittlung

Tab. 1: Biologische Aktivität in Abhängigkeit der Bodenklasse bzw. des Bodentyps und ihre Klassifikation.

Bodenklasse bzw. Bodentyp		BAK	Stufe
Klassen sowie	B (aus UU und LL), T, A, K R, MC	hoch	4
Klasse sowie	D L, E (aus UU und LL)	mittel	3
Klassen sowie	B (aus S), P, S, G, E (aus SS), N, MO, MN, MD, MK, MR, MH O, HH, HN, F, ZS, IW YM	gering	2

Anmerkungen Bei Umbruchsböden (YB, YU, YT, YS) wird die BAK-Stufe anhand des umgebrochenen Ursprungboden abgeleitet.

Stand Juni 2019

Quellen AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
MÜCKENHAUSEN, E. (1985): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. – 4. Aufl.: 579 S.; Frankfurt/Main (DLG).

Verknüpfungsregel 6.3.2

Inhalt	Potenzielle Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) nach VKR 6.5.8 pH_{Forst} nach VKR 6.2.17 pH_{Ziel} nach VKR 6.2.1
Kennwert	LEB [-]
Kennwertermittlung	Mit Hilfe der Tabellen 1–4 können die potenziellen Bodenlebensgemeinschaften (LEB) in Abhängigkeit von der Bodenart, dem Feuchtere regime, ausgedrückt als Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF mit Frühjahreszahl FJZ und Sommerzahl SZ), und dem pH-Wert, differenziert nach der Bodennutzung, bestimmt werden. Tabelle 5 erläutert die ermittelten Kürzel. Mit den Tabellen 6 und 7 können zudem das Biomassegewicht pro Flächeneinheit grob abgeschätzt werden.

Tab. 1: Bodenlebensgemeinschaften in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften bei Ackerstandorten¹⁾.

Bodenart	LEB
Ss, St2, Su2, Sl2, Sl3, Su3, Su4	A 1.4.1
Uu, Ut2, Ut3, Ut4, St3, Ts4, Ts3, Us, Uls, Lu, Ls4, Lts, Sl4, Ls2, Ls3, Slu, Ls2, Lt2	A 1.4.2
Tone (Tu3, Tu4, Lt3, Tt, Tu2, Tl, Ts2) und Torfe (Hh, Hu, Hn)	A 1.4.3

¹⁾ Es wird vorausgesetzt, dass die BKF (Sommer) unter Acker innerhalb des Bereiches 2–8 liegt. Standorte mit BKF (Sommer) < 2 in Verbindung mit BKF (Frühjahr) > 2 werden ebenfalls wie Ackerland eingestuft. Auf Standorten mit BKF (Sommer) < 2 in Verbindung mit BKF (Frühjahr) ≤ 2 oder mit BKF (Sommer) > 8 ist definitionsgemäß keine ackerbauliche Nutzung möglich, und die Standorte werden wie Offenland eingestuft (Tab. 3). An diesen Standorten ist ggf. Nutzung und Einstufung der BKF zu prüfen.

Tab. 2: Bodenlebensgemeinschaften in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften bei Grünlandstandorten.

BKF FJZ / SZ	Bodenart		
	Sande, Sand- lehme, Sand- schluffe (S*, Us, Uu)	Normal- und Tonlehme (Lt2, Ls2, Ls3, Ls4, Lts, Ts3, Ts4) und Lehm- und Tonschluffe (Ut*, Uls, Lu)	Tone (Tu3, Tu4, Lt3, Tt, Tu2, Tl, Ts2) und Torfe (Hh, Hu, Hn)
0 – 2	A 3		
2 – 7 > 2 / 1	A 1.2.1	A 1.2.2	A 1.2.3
8	A 1.3		
9 – (10)	$pH_{\text{Ziel}} \geq 5,5$: A 2.1 $pH_{\text{Ziel}} < 5,5$: A 2.2		

Tab. 3: Bodenlebensgemeinschaften in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften bei (unbearbeiteten) Offenlandstandorten außer Ackerland und Grünland mit Ausnahme der in Tabelle 1 oder 4 aufgeführten Fälle (Ohne Nutzung, Sonstige Nutzung z. B. Ödland, Heide).

BKF FJZ / SZ	pH _{Forst}	Bodenlebensgemeinschaftstyp
0 – 2	≥ 4,2	A 3
0 – 2	< 4,2	B 3
2 – 7 > 2 / 1	≥ 4,2	A 1.2
8	≥ 4,2	A 1.3
2 – 8 > 2 / 1	< 4,2	B 1
9 – 10	≥ 5,5	A 2.1
9 – 10	< 5,5 und ≥ 4,2	A 2.2
9 – 10	< 4,2	B 2

Tab. 4: Bodenlebensgemeinschaften in Abhängigkeit von Bodeneigenschaften bei Forstnutzung.

BKF FJZ / SZ	pH _{Forst}	Bodenlebensgemeinschaftstyp
2 – 8 > 2 / 1	≥ 4,2	A 1.1
2 – 8 > 2 / 1	< 4,2	B 1
9 – 10	≥ 5,5	A 2.1
9 – 10	≥ 4,2 und < 5,5	A 2.2
9 – 10	< 4,2	B 2

Anmerkungen

Eine Bodenlebensgemeinschaft ist eine von den Umweltbedingungen abhängige Artenkombination von Mikroorganismen und Tieren im Boden. Zur Kennzeichnung der Bodenlebensgemeinschaft können Indikatororganismen verwendet werden. Indikatororganismen sind Arten, die relativ leicht erfasst werden können und die einen Rückschluss auf die Struktur der gesamten Lebensgemeinschaft erlauben. In der Regel sind dies Regenwürmer und Kleinringelwürmer. Der vorliegende Ansatz wurde zusätzlich um die mikrobielle Biomasse und Mikroarthropoden (Horn- und Raubmilben) erweitert. Um unterschiedliche Gemeinschaften voneinander abgrenzen zu können, werden Differenzialarten, d. h. Arten, die bevorzugt in einem Boden vorkommen, verwendet. Beispiele für vorkommende Arten sind in BVB (2004) zu finden.

Tab. 5: Bodenlebensgemeinschaftstypen und die jeweils typischen Standortfaktoren-Kombinationen.

A		pH-Wert $\geq 4,2$ → Im Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und/oder endogäische Arten) kommen vor → Mull-Humusformen (Durchmischungs-Humusformen)
	A 1	BKF 2 – 8
	A 1.1	Wald → Streu bewohnende Gruppen (Hornmilben, Tausendfüßer, Asseln u. a.), arten- und individuenreich. Epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer
	A 1.2	Grünland, BKF 2 – 7 → Epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer
		A 1.2.1 → Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse hoch ¹⁾
		A 1.2.2 → Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel bis sehr hoch
		A 1.2.3 → Mikrobielle Biomasse sehr hoch, Regenwurmbiomasse hoch
	A 1.3	Feuchtgrünland, BKF 8 → Epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer, Feuchte liebende Horn- und Raubmilben
	A 1.4	Acker → Bodenbearbeitung → Streu bewohnende Arten fehlen
		A 1.4.1 → Endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen. Mikrobielle Biomasse und Regenwurmbiomasse gering ^{1), 2)}
		A 1.4.2 → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse mittel, Regenwurmbiomasse mittel bis hoch
		A 1.4.3 → Anecische und endogäische Regenwürmer vorhanden. Mikrobielle Biomasse hoch, Regenwurmbiomasse mittel ³⁾
	A 2	BKF 9 – 10 → Aerohydromorphe und hydromorphe Mull-Humusformen → Nässe liebende (Luftmangel tolerierende) Regenwürmer und Enchyträen. Epigäische und endogäische Regenwürmer vorhanden, anecische fehlen
	A 2.1	pH-Wert $\geq 5,5$ → Charakterart <i>Eiseniella tetraedra</i> (Regenwurm)
	A 2.2	pH-Wert $< 5,5$ → Charakterart <i>Octolasion tyrtaeum</i> (Regenwurm)
A 3		BKF 0 – 1 → Wärme liebende (Trockenheit tolerierende) Bodenbiozönose
B		pH-Wert $< 4,2$ → Im Mineralboden wühlende Regenwürmer (anecische und endogäische Arten) fehlen → Auflage-Humusformen → Epigäische Regenwürmer in geringer Abundanz vorhanden, Mikroarthropoden individuenreich
	B 1	BKF 2 – 8 → aeromorphe Auflage-Humusformen → oft hohe Abundanz von Enchyträen und Hornmilben
	B 2	BKF 9 – 10 → aerohydromorphe und hydromorphe Auflage-Humusformen → Nässe und Säure tolerierende Enchyträen
	B 3	BKF 0 – 1 → Trockenheit und Säure tolerierende Bodenbiozönose

¹⁾ Erwartungswerte für Biomassen in Tabelle 6 und 7.

²⁾ Bei Mineralbodenbearbeitung und in den etwas tonreichen Varianten ggf. Vorkommen anecischer Regenwürmer.

³⁾ Schätzwert, da keine geeigneten Daten vorlagen.

Tab. 6: Erwartungswerte für die mikrobielle Biomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte unter Acker- oder Grünlandnutzung nach Bodenlebensgemeinschaftstyp (vgl. Tab. 1 und 2).

Mikrobielle Biomasse (0 – 20 cm Tiefe)	Wertebereich (mg C/kg Boden)	Bodenlebensgemeinschaftstyp	
gering	100 – < 180		A 1.4.1
mittel	180 – < 320	A 1.2.1	A 1.4.2
hoch	320 – < 560	A 1.2.2	A 1.4.3
sehr hoch	560 – 1000	A 1.2.3	

Tab. 7: Vorläufige Erwartungswerte der Regenwurmbiomasse landwirtschaftlich genutzter Standorte (vgl. Tab. 1 und 2).

Regenwurmbiomasse	Wertebereich (g FG/m ²) ¹⁾	Bodenlebensgemeinschaftstyp	
gering	> 0 – 20		A 1.4.1 ²⁾
mittel	> 20 – 60	A 1.2.2	A 1.4.2
hoch	> 60 – 200	A 1.2.1 ²⁾ , A 1.2.2, A 1.2.3 ²⁾	A 1.4.2
sehr hoch	> 200	A 1.2.2	

¹⁾ FG = Frischgewicht.

²⁾ Gemeinschaftstyp eindeutig einstuftbar.

Stand

Januar 2005

Quelle

BVB – FACHAUSSCHUSS „BIOLOGISCHE BEWERTUNG VON BÖDEN“ DER FACHGRUPPE 4 „BODEN-FUNKTIONEN UND –BELASTUNGEN“ IM BUNDERVERBAND BODEN E. V. (2004): Biologische Charakterisierung von Böden. Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. – 73 S., Anh.; St. Augustin (Bundesverband Boden).

6.4. Klimatische Kennwerte

Verknüpfungsregel 6.4.4

Inhalt	FAO-Grasreferenzverdunstung
Eingangsdaten	Psychrometerkonstante (γ) (= 0,65 hPa/K) Steigung des Sättigungsdefizits (s) [hPa/K] Verdunstungsäquivalent der Nettostrahlung (Rn^*) [mm/d] Tagesmittel des Sättigungsdampfdrucks (e_s) [hPa] Tagesmittel der Lufttemperatur (T) [°C] Tagesmittel der relativen Luftfeuchte (U) [%] Tagesmittel der Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe (V_2) [m/s]
Kennwert	ETFAO [mm]
Kennwertermittlung	

$$ETFAO = \frac{s}{s+\gamma^*} * Rn^* + \frac{90*\gamma}{(s+\gamma^*)} * \frac{e_s}{(T+273)} * \left(1 - \frac{U}{100}\right) * V_2$$

Modifizierte Psychrometerkonstante (γ^*) [hPa/K]:

$$\gamma^* = \gamma * (1 + 0,34 * V_2)$$

Umrechnung der Windgeschwindigkeit von einer Messhöhe (z) auf 2 m:

$$V_2 = V_z * \frac{4,2}{(\ln(z) + 3,5)}$$

mit: V_2 Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe,
 V_z Messwert der Windgeschwindigkeit in der Höhe z ,
 z Messhöhe in m.

Sättigungsdampfdruck (e_s) [hPa]:

a) für 0 – 50 °C

$$e_s = 6,11 * e^{\left(\frac{17,62*T}{243,12+T}\right)}$$

b) für < 0 °C

$$e_s = 6,11 * e^{\left(\frac{22,46 * T}{272,62 + T}\right)}$$

mit: e 2,71828 (Eulersche Zahl),
 T Temperatur als Tagesmittel [°C].

Steigung des Sättigungsdampfdrucks (s) [hPa/K]

a) für 0 – 50 °C

$$S = e_s * \frac{4284}{(243,12 + T)^2}$$

b) für < 0 °C

$$S = e_s * \frac{6123}{(272,62 + T)^2}$$

mit: e_s Sättigungsdampfdruck [hPa],
T Temperatur als Tagesmittel [°C].

Verdunstungsäquivalent der Nettostrahlung (Rn*) [mm/d]:

Die Nettostrahlung ergibt sich aus der Differenz aus kurzweiliger und langweiliger Strahlungsbilanz. Dabei wird die Bilanz von J/(cm² * d) in mm/d umgerechnet, um die Verdunstung zu bestimmen.

$$Rn^* = R^*_1 - R^*_2$$

mit: R^*_1 kurzweiliger Anteil [mm/d],
 R^*_2 langweiliger Anteil [mm/d].

$$R^*_1 = (1 - \alpha) * \frac{R_G}{L}$$

mit: α Albedo für Gras = 0,23 [–],
L spezielle Verdunstungswärme [J/cm²],
 $L = 249,8 - 0,242 * T$,
 R_G Globalstrahlung als Tagessumme [J/cm²],
Hinweis: 1 mm/d = 245 J/cm².

$$R^*_2 = (10,8 + 0,205 * T) * \left(1,64 * \frac{R_G}{R_0} - 0,22\right) * (0,34 - 0,0044 * \sqrt{U * e_s})$$

mit: e_s Sättigungsdampfdruck [hPa] (Tagesmittel),
T Lufttemperatur als Tagesmittel [°C],
U relative Luftfeuchte als Tagesmittel [%],
 R_G Globalstrahlung als Tagessumme [J/cm²],
 R_0 extraterrestrische Strahlung als Tagesmittel [J/cm² d].

Globalstrahlung (R_G) [J/cm^2]:

Liegt nicht die Globalstrahlung, sondern die Sonnenscheindauer als Messwert vor, kann die Globalstrahlung mit folgender Gleichung berechnet werden:

$$R_G = R_0 * \left(0,19 + 0,55 * \frac{S}{S_0} \right)$$

mit: R_0 extraterrestrische Strahlung als Tagesmittel [$\text{J}/\text{cm}^2 \text{ d}$],
 S_0 astronomisch mögliche Sonnenscheindauer [h],
 S tägliche Sonnenscheindauer als Tagessumme [h].

Astronomisch mögliche Sonnenscheindauer (S_0) [h]:

Wenn die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer nicht als Messwert vorliegt, kann der Wert aus der Geographischen Breite mit Hilfe der folgenden Gleichung abgeleitet werden:

$$S_0 = 12,3 + \sin(\zeta) * \left(4,3 + \frac{\varphi - 51}{6} \right)$$

mit: φ Geographische Breite in $^\circ$
(ableitbar über den NIBIS®-Kartenserver):
<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>
 ζ Datumsfunktion:
 $\zeta = 0,0172 \cdot \text{DOY} - 1,39$
wobei DOY (= Day Of the Year) der Tag des Jahres ist:

Datum	DOY
01.01.	1
02.01.	2
03.01.	3
...	...
29.12.	363
30.12.	364
31.12.	365

Extraterrestrische Strahlung (R_0) [J/cm² d]:

Für die extraterrestrische Strahlung gilt für Deutschland folgende Näherungsbeziehung:

$$R_0 = 2425 + 1735 * \sin(\zeta) + 44 * (\varphi - 51) * (\sin(\zeta) - 1)$$

mit: φ Geographische Breite in °
(ableitbar über den NIBIS®-Kartenserver):
<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>
 ζ Datumsfunktion (s. o.)

Anmerkung

Zur Berechnung der aktuellen Evapotranspiration einer nicht mit Gras bestandenen Fläche muss der Einfluss unterschiedlicher Vegetationsarten auf die Verdunstung berücksichtigt werden

Stand

Mai 2011

Quellen

ATV-DVWK-REGELWERK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt **M 504**; Hennef.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

WENDLING, U., SCHELLIN, H.-G. & THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. – Zeitschrift für Meteorologie **41**: 468–475.

Verknüpfungsregel 6.4.5

Inhalt	Jährliche klimatische Wasserbilanz
Eingangsdaten	Niederschlag (Jahr) (N_j) [mm/a] Verdunstung (Jahr) ($ETFAO_j$) [mm/a] nach VKR 6.4.4 Landnutzung
Kennwert	KWB_j [mm/a bzw. Stufe]
Kennwertermittlung	Die jährliche klimatische Wasserbilanz wird über die Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung eines Jahres berechnet. Zur Berücksichtigung der Nutzung sind in Tabelle 2 Zu- bzw. Abschläge aufgeführt.

$$KWB_j \text{ [mm/a]} = N_j \text{ [mm/a]} - ETFAO_j \text{ [mm/a]}$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Einstufung der mittleren jährlichen Wasserbilanz (KWB_j).

KWB_j [mm/a]	Bezeichnung	Kurzzeichen
< -500	äußerst hohes Defizit	KWB_{j1}
-500 bis < -250	sehr hohes Defizit	KWB_{j2}
-250 bis < -125	hohes Defizit	KWB_{j3}
-125 bis < -50	geringes Defizit	KWB_{j4}
-50 bis < -25	sehr geringes Defizit	KWB_{j5}
-25 bis < 25	ausgeglichen	KWB_{j6}
25 bis < 50	sehr geringer Überschuss	KWB_{j7}
50 bis < 125	geringer Überschuss	KWB_{j8}
125 bis < 250	hoher Überschuss	KWB_{j9}
250 bis < 500	sehr hoher Überschuss	KWB_{j10}
≥ 500	äußerst hoher Überschuss	KWB_{j11}

Anmerkung

Die Beziehungen zwischen der Verdunstung nach Haude (VKR 6.4.3) und der FAO-Gras-Referenzverdunstung (VKR 6.4.4) schwanken stark zwischen 0,8 und 1,4. Eine enge Beziehung zur Lage der Station ist nicht erkennbar (WENDLING 1995, DVWK 1996). WENDLING (1995) gibt einen mittleren Faktor von 1,08 an. Es wird die Verwendung der FAO-Verdunstung empfohlen.

Nach DVWK (1996) gilt die KWB_j strenggenommen nur für Grünlandstandorte. Sie kann mit Hilfe von Tabelle 2 weiter in Abhängigkeit von der Nutzung angepasst werden.

Tab. 2: Nutzungsbedingte Zu- bzw. Abschläge zur jährlichen klimatischen Wasserbilanz.

Nutzung	Zu- bzw. Abschlag
Acker	+75 mm
Grünland	± 0 mm
Forst	-50 mm

Stand

Oktober 2018

Quellen

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.

Verknüpfungsregel 6.4.6

Inhalt	Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode
Eingangsdaten	Niederschlag der Vegetationsperiode (N_v) [mm/v] Verdunstung der Vegetationsperiode ($ETFAO_v$) [mm/v] nach VKR 6.4.4
Kennwert	KWB_v [mm/v]
Kennwertermittlung	Für die Dauer der Vegetationsperiode werden in der Literatur unterschiedliche Zeitspannen genannt. Zum Teil wird die Vegetationsperiode mit dem hydrologischen Sommerhalbjahr (01.05. – 31.10.) gleichgesetzt (DWA-A 920-1, DWA 2016). Die Aufteilung ist für die Bestimmung bestimmter Parameter, wie etwa der Sickerwasserrate, sinnvoll. Für das Pflanzenwachstum wird aber der Zeitraum vom 01.04. – 30.09. als relevante Vegetationsperiode angesehen (DWA-M 590, DWA 2019). Standardmäßig wird der Zeitraum vom 01.04. – 30.09. genutzt.

$$KWB_v \text{ [mm/v]} = N_v \text{ [mm/v]} - ETFAO_v \text{ [mm/v]}$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Einstufung der mittleren klimatischen Wasserbilanz der Hauptvegetationsperiode (KWB_v).

KWB_v [mm/v]	Bezeichnung	Kurzzeichen
-500	äußerst hohes Defizit	KWB_v1
-500 bis < -250	sehr hohes Defizit	KWB_v2
-250 bis < -125	hohes Defizit	KWB_v3
-125 bis < -50	geringes Defizit	KWB_v4
-50 bis < -25	sehr geringes Defizit	KWB_v5
-25 bis < 25	ausgeglichen	KWB_v6
25 bis < 50	sehr geringer Überschuss	KWB_v7
50 bis < 125	geringer Überschuss	KWB_v8
125 bis < 250	hoher Überschuss	KWB_v9
250 bis < 500	sehr hoher Überschuss	KWB_v10
≥ 500	äußerst hoher Überschuss	KWB_v11

Anmerkung

Die Beziehungen zwischen der Verdunstung nach Haude (VKR 6.4.3) und der Gras-Referenzverdunstung (VKR 6.4.4) schwanken stark zwischen 0,8 und 1,4. Eine enge Beziehung zur Lage der Station ist nicht erkennbar (WENDLING 1995, DVWK 1996). WENDLING (1995) gibt einen mittleren Faktor von 1,08 an. Es wird die Verwendung der FAO-Verdunstung empfohlen.

Stand

November 2019

Quellen

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2019): Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung. – DWA-M **590**, 06-2019, 83 S.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt 238; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.

Verknüpfungsregel 6.4.7

Inhalt	Berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz
Eingangsdaten	Klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWB_v) [mm/v] nach VKR 6.4.6 Landnutzung (KULTUR)
Kennwert	KWB_b [mm/v]
Kennwertermittlung	Die berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz kann mit Hilfe einer linearen Regression, ausgehend von der klimatischen Wasserbilanz der Vegetationsperiode April – September (KWB_v), wie folgt berechnet werden:

Gleichung 1: Getreide (Sommerung und Winterung), Vegetationszeitraum: April – Juli.

$$KWB_b = 0,7 * KWB_v - 60$$

Gleichung 2: Hackfrüchte, Mais, Grünland, Vegetationszeitraum: Mai – September.

$$KWB_b = KWB_v - 70$$

Anmerkung	Bei Berechnung mittlerer Berechnungsmengen wird Gleichung 1 herangezogen.
Stand	Oktober 2003
Quelle	RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. F 13 , 66 S.; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.4.8

Inhalt Klimabereich

Eingangsdaten mittlere klimatische Wasserbilanz der Vegetationsperiode (KWB_v) [mm/v] nach VKR 6.4.6

Kennwert KB [–]

Kennwertermittlung

Tab. 1.: Ermittlung des Klimabereiches

KWB _v [mm/v]	Klimabereiche (KB)
< -200	00
-200 – -150	0
-150 – -100	1
-100 – -50	2
-50 – 0	3
0 – 50	4
50 – 100	5
100 – 150	6
150 – 200	7
200 – 300	8
300 – 400	9
> 400	10

Anmerkungen

Verläuft die Grenze zwischen zwei Klimabereichen durch ein Kartiergebiet, so ist sie dem Kartierungsmaßstab entsprechend den morphologischen Gegebenheiten anzupassen.

Um trockeneren Bedingungen gerecht zu werden, wurde die Klassifikation um zwei Klimabereiche (0 und 00) erweitert.

Die Beziehungen zwischen der Verdunstung nach Haude (VKR 6.4.3) und der Gras-Referenzverdunstung (VKR 6.4.4) schwanken zwischen 0,8 und 1,4. Eine enge Beziehung zur Lage der Station ist nicht erkennbar (WENDLING 1995, DVWK 1996). WENDLING (1995) gibt einen mittleren Faktor von 1,08 an. Es wird die Verwendung der FAO-Verdunstung empfohlen.

Stand

Januar 2018

Quellen

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.

Verknüpfungsregel 6.4.10

Inhalt	R-Faktor (Regen- und Oberflächenabflussfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG)
Eingangsdaten	mittlere Niederschlagssumme im Jahr (N_j) oder mittlere Niederschlagssumme im Sommerhalbjahr (N_{So}) [mm]
Kennwert	$R [N \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}]$
Kennwertermittlung	Je nach Lage des Anwendungsgebietes und Verfügbarkeit regionalisierter Klimadaten kann der R-Faktor alternativ aus der mittleren Niederschlagssumme im Jahr oder der mittleren Niederschlagssumme im Sommerhalbjahr (01.05. – 31.10.) mit Hilfe einer der folgenden Gleichungen aus Tabelle 1 berechnet werden. Für Anwendung auf regionaler Ebene ist eine regionalspezifische Gleichung den Gleichungen 3 – 5 vorzuziehen.

Tab. 1: Gleichungen zur Berechnung des R-Faktors.

Gebiet	Gleichung	Zahl der Stationen	Korrelationskoeffizient
Niedersachsen, Bremen, Hamburg	(1) $R = 0,0783 \cdot N_j - 12,98$	$n = 18$	$r = 0,565$
	(2) $R = 0,1639 \cdot N_{So} - 22,63$	$n = 18$	$r = 0,510$
Deutschland	(3) $R = 0,0788 \cdot N_j - 2,82$	$n = 139$	$r = 0,787$
	(4) $R = 0,0677 \cdot N_{So} + 25,68$	$n = 139$	$r = 0,452$
	(5) $R = 0,1520 \cdot N_{So} - 6,88$	$n = 102$	$r = 0,854$

R = jährlicher Erosivitätsfaktor, N_j = mittlerer Jahresniederschlag [mm],
 N_{So} = mittlerer Niederschlag im Sommerhalbjahr (Mai – Oktober) [mm].

Anmerkungen Die Gleichungen 3 und 4 basieren auf meteorologischen Daten von 139 Messstationen, die über ganz Deutschland verteilt sind. Für Gleichung 5 wurden Messdaten aus neun Bundesländern herangezogen.
 Es wird empfohlen in Niedersachsen den R-Faktor mit Gleichung 1 zu bestimmen.

Stand Dezember 2017

Quellen DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
 SAUERBORN, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland - Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. – Bonner Bodenkundl. Abh. 13; Bonn.

Verknüpfungsregel 6.4.11

Inhalt	Berechnung der vegetationsabhängigen Verdunstung
Eingangsdaten	Gras-Referenzverdunstung (ET_{FAO_m}) [mm/d] nach VKR 6.4.4 Bestandskoeffizient (Crop-koeffizient, kc) [–]
Kennwert	ET_c [mm/d]
Kennwertermittlung	Ermittelt wird zunächst die von der Vegetation abhängige maximal mögliche Verdunstung bei ausreichender Wasserversorgung (ET_c).

$$ET_c = ET_{FAO} * kc$$

Tab. 1: Anpassung der potenziellen Evapotranspiration an die aktuelle Evapotranspiration, abhängig von Fruchtart und Monat, durch kc -Faktoren.

Fruchtart	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Quelle
Winterweizen	0,65	0,65	0,9	0,95	1,15	1,45	1,4	0,9	0,65	0,7	0,65	0,65	DVWK 1996, verändert
Zuckerrüben, Futterrübe	0,65	0,65	0,65	0,65	0,75	1,05	1,4	1,3	1,3	1,1	0,65	0,65	DOMMERMUTH & TRAMPF 1991
Ackerbohnen	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Mais	0,65	0,65	0,6	0,45	0,6	0,9	1,15	1,05	1,05	0,8	0,65	0,65	DOMMERMUTH & TRAMPF 1991
Ackergras (inkl. Mischungen)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Gemenge Sommergerste-Hafer	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Erbsen	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Gemenge Erbsen-Hafer	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Sommerweizen	0,65	0,65	0,8	0,9	1,2	1,35	1,2	0,6	0,65	0,6	0,65	0,65	
Winterraps (Körnerraps)	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,6	0,85	0,9	0,65	0,65	DVWK 1996
Grünraps (Zwischenfrucht und Futterbau)	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,6	0,85	0,9	0,65	0,65	
Senf	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,7	1,0	1,0	1,0	0,65	
Grassamen zur Saatgutvermehrung	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Triticale	0,65	0,65	0,85	0,9	1,2	1,3	1,25	0,95	0,65	0,7	0,65	0,65	
Phacelia	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,6	0,85	0,9	0,65	0,65	
Ölrettich (als Zwischenfrucht)	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,6	0,85	0,9	0,65	0,65	
Gemenge Sommergerste-Hafer-Erbsen	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Wintergerste	0,7	0,7	0,95	1,0	1,3	1,35	1,2	0,6	0,65	0,9	0,7	0,7	DVWK 1996
Grünbrache	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tab. 1: Anpassung der potenziellen Evapotranspiration an die aktuelle Evapotranspiration, abhängig von Fruchtart und Monat, durch kc-Faktoren (Fortsetzung).

Fruchtart	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Quelle
Wicken	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Gemenge Wicken-Hafer	0,65	0,65	0,75	0,75	1,05	1,3	1,3	1	0,8	0,7	0,65	0,65	
Markstammkohl	0,65	0,65	0,85	1	1,35	1,35	1,1	0,6	0,85	0,9	0,65	0,65	
Gras (Grünland)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	DOMMERMUTH & TRAMPF 1991
Sommergerste	0,65	0,65	0,8	0,9	1,2	1,35	1,2	0,6	0,65	0,6	0,65	0,65	DOMMERMUTH & TRAMPF 1991
Hafer	0,65	0,65	0,65	0,7	1,1	1,45	1,35	0,95	0,65	0,6	0,65	0,65	DVWK 1996
Winterroggen	0,65	0,65	0,85	0,9	1,2	1,3	1,25	0,65	0,65	0,7	0,65	0,65	DVWK 1996
Sommerroggen	0,65	0,65	0,8	0,9	1,2	1,35	1,2	0,6	0,65	0,6	0,65	0,65	
Dinkel	0,65	0,65	0,8	0,85	1,15	1,45	1,4	1	0,65	0,7	0,65	0,65	
Kartoffeln (Reifegruppe I)	0,65	0,65	0,65	0,60	0,90	1,40	1,10	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Kartoffeln (Reifegruppe II)	0,65	0,65	0,65	0,60	0,80	1,30	1,30	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Kartoffeln (Reifegruppe III)	0,65	0,65	0,65	0,60	0,70	1,20	1,40	0,80	0,65	0,65	0,65	0,65	
Kartoffeln (Reifegruppe IV)	0,65	0,65	0,65	0,60	0,70	1,10	1,40	1,20	0,80	0,65	0,65	0,65	
Schwarzbrache	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	
Schwarzbrache, frisch nach Bodenbearbeitung	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	DVWK 1996
Zwischenfrucht (nicht abgefroren)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,35	1,35	1,10	0,60	0,85	1,00	1,00	1,00	LBEG
Zwischenfrucht (abgefroren)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30						0,30	0,30	LBEG

Anmerkung

Es handelt sich um Monatsfaktoren, welche die von der Witterung abhängige aktuelle Vegetationsentwicklung nur bedingt wiedergeben. Gegebenenfalls ist hier in Jahren mit deutlich von der durchschnittlichen Witterung abweichenden Witterung (z. B. Winter und Frühjahr sehr warm oder sehr kalt) eine manuelle Anpassung erforderlich.

Stand

Mai 2011

Quellen

ATV-DVWK-REGELWERK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt **M 504**; Hennef.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

DOMMERMUTH H. & TRAMPF, W. (1991): Die Verdunstung in der Bundesrepublik 1951 bis 1980, Teile 1–3. – Deutscher Wetterdienst; Offenbach (Eigenverlag).

WENDLING, U., SCHELLIN, H.-G. & THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. – Zeitschrift für Meteorologie **41**: 468–475.

Verknüpfungsregel 6.4.12

Inhalt	Gewogener Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode
Eingangsdaten	Niederschläge (N_m) [mm] in monatlicher Auflösung Verdunstung (ET_{FAO_m}) [mm] nach VKR 6.4.4 in monatlicher Auflösung Anbaukultur
Kennwert	$MKWD_v$ [mm]
Kennwertermittlung	Die Klimatische Wasserbilanz (KWB) beschreibt das Wasserdargebot an einem Standort, das sich aus klimatischen Parametern ableiten lässt. Sie ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag und potenzieller Verdunstung (Evapotranspiration) in einem definierten Zeitraum. In der Vegetationsperiode (v) ist die KWB in Niedersachsen häufig negativ, d. h. der Niederschlag ist oftmals geringer als die Verdunstung. Für die Vegetationsperiode kann auch das Klimatische Wasserbilanzdefizit (KWD) gebildet werden. Es ist, umgekehrt zur KWB, die Differenz von Evapotranspiration und Niederschlag. Feldversuche und Ertragsmessungen zeigen, dass die für die Ertragsbildung relevante kapillare Aufstiegsmenge in der Vegetationsperiode (VKR 6.5.17) weniger stark mit dem KWD korreliert. Viel deutlicher ist der Zusammenhang zu dem gewogenen Mittelwert des KWD. Bei Vorlage von Daten zu den Anbaukulturen ist die Berechnung des <i>Gewogenen Mittelwerts des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode</i> ($MKWD_v$) möglich. Die Länge der Vegetationsperiode kann Tabelle 1 entnommen werden.

Tab. 1: Vegetationsperioden von Feldfrüchten für die Berechnung des $MKWD_v$.

Kulturart	erster Monat	letzter Monat
Grünland	April	September
Winterweizen	April	Juli
Wintergerste	April	Juli
Sommergerste	April	Juli
Hafer	April	Juli
Winterraps	April	Juli
Mais	Mai	September
Zuckerrübe	Mai	September

Das Vorgehen zur Berechnung der $MKWD_v$ ist fünfstufig. Im ersten Schritt werden die Verdunstungsdaten fruchtspezifisch an die Anbaukultur mit Hilfe der folgenden Gleichung angepasst.

$$E_{Tr} = ET_{FAO} * K_{Cr}$$

Die KCr-Faktoren können der Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 2: KCr-Faktoren zur Anpassung der Verdunstung.

Kulturart	Faktor (KCr)	gültig für den Zeitraum
Grünland	1,15	01.04. – 30.09.
Getreide	1,1	01.04. – 31.07.
Winterraps	1,1	01.04. – 31.07.
Kartoffel	1,15	01.04. – 31.08.
Mais	1,15	01.05. – 30.09.
Zuckerrübe	1,15	01.05. – 30.09.

Im zweiten Schritt wird das monatliche KWD (KWD_m) für die Monate innerhalb der betrachteten Vegetationsperiode mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet.

$$KWD_m = ETr - N_m$$

Im dritten Schritt wird das *kumulierte Klimatische Wasserbilanzdefizit* ($kKWD_m$) für jeden Monat berechnet, indem die Summe aus der monatlichen KWD des aktuellen Monats (KWD_m) und aller vorangegangenen Monate der Vegetationsperiode ($KWD_{m-1}, \dots, KWD_{m-x}$) gebildet wird.

$$kKWD_m = \sum (KWD_m + KWD_{m-1} + \dots + KWD_{m-x})$$

Im vierten Schritt erfolgt die Bildung eines gewogenen Mittelwertes für jeden Monat, indem der Mittelwert der $kKWD$ des aktuellen Monats und der $kKWD$ des davorliegenden Monats berechnet wird. Für den Monat vor Beginn der Vegetationsperiode wird für $kKWD_m$ der Wert 0 angesetzt.

$$MKWD_m = \frac{(kKWD_m + kKWD_{m-1})}{2}$$

Im fünften Schritt wird aus allen $MKWD_m$ das arithmetische Mittel gebildet, das dem Kennwert *Gewogener Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode* ($MKWD_v$) entspricht. Tabelle 3 zeigt beispielhaft die Berechnung.

Tab. 3: Berechnung des $MKWD_v$ für Grünland.

Monat	KWD_m [mm]	$kKWD_m$ [mm]	$MKWD_m$ [mm]
April	22	22	11
Mai	103	125	73,5
Juni	-15	110	117,5
Juli	55	165	137,5
August	35	200	182,5
September	2	202	201
			$MKWD_v = 120,5$

Anmerkung

Die Berechnung der $MKWD_v$ dient der exakteren Bestimmung des fruchtspezifischen kapillaren Aufstieges mit VKR 6.5.17. Im Vergleich zur herkömmlichen Klimatischen Wasserbilanz (z. B. VKR 6.4.5, VKR 6.4.6) zeigt sich ein wesentlich besserer Zusammenhang zum Prozessgeschehen des kapillaren Aufstiegs. Durch die Verwendung des Kennwertes werden insbesondere die Verhältnisse in den Frühjahrsmonaten stärker gewichtet. Die Werte der $MKWD_v$ sind immer geringer als die der herkömmlichen KWD. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die Menge des kapillaren Aufstiegs oder die daraus abgeleiteten Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen (s. VKR 6.5.7) geringer ausfallen.

Stand

Dezember 2019

Quellen

AG BODENKUNDE (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST: Phänologiestatistik. – Internetabruf, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_sta/phaenosta.html>.

RENGER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – Geofakten **35**: 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.

6.5. Kennwerte zur Bewertung des Bodenwasserhaushaltes

Verknüpfungsregel 6.5.1

Inhalt	Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
Eingangsdaten	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm] nach VKR 6.1.7 Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6
Kennwert	nFKWe [mm bzw. Stufe]
Kennwertermittlung	Die Berechnung der nFKWe erfolgt durch Addition der nutzbaren Feldkapazität (nFK) der einzelnen Schichten von der GOF bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe (We).

$$nFKWe = \sum_0^{We} nFK$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Einstufung der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nach KA 4, AG BODEN 1994).

nFKWe [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen
≤ 50	sehr gering	nFKWe1
> 50 – 90	gering	nFKWe2
> 90 – 140	mittel	nFKWe3
> 140 – 200	hoch	nFKWe4
> 200	sehr hoch	nFKWe5

Stand November 2019

Quellen AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.
DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.5.2

Inhalt	Mittlerer jährlicher kapillarer Aufstieg
Eingangsdaten	Mittlere kapillare Aufstiegsrate (kr) [mm/d] nach VKR 6.1.13 Dauer des kapillaren Aufstiegs (ta) [d] nach VKR 6.1.14 Klimatische Wasserbilanz in der Vegetationsperiode (KWB_v) [mm/v]
Kennwert	KA [mm/a]
Kennwertermittlung	Die kapillare Aufstiegsmenge entspricht dem Produkt aus der täglichen kapillaren Aufstiegsrate (KR) und der Dauer des kapillaren Aufstiegs (ta). Dies entspricht der maximal möglichen jährlichen kapillaren Aufstiegsrate.

$$KA_{max} [mm] = kr \left[\frac{mm}{d} \right] * ta [d]$$

Kapillarer Aufstieg findet jedoch ausschließlich bei einem Wassergehaltsdefizit im Boden statt. Deshalb übersteigt der kapillare Aufstieg nur in Ausnahmefällen das klimatische Wasserbilanzdefizit. Bei negativer klimatischer Wasserbilanz innerhalb der Vegetationsperiode gilt:

$$(KWB_v * -1) < KA_{max} \rightarrow KA = (KWB_v * -1)$$

$$(KWB_v * -1) \geq KA_{max} \rightarrow KA = kr * ta$$

Bei positiver klimatischer Wasserbilanz innerhalb der Vegetationsperiode gilt:

$$KA = 0$$

Anmerkungen	Alternativ lässt sich der Kennwert KA auch mit VKR 6.5.15 berechnen.
Stand	September 2019
Quelle	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.5.3

Inhalt	Wirksamer kapillarer Aufstieg
Eingangsdaten	Mittlerer kapillarer Aufstieg (KA) [mm] nach VKR 6.5.2 Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Landnutzung
Kennwert	KAw [mm]
Kennwertermittlung	Bei grundwasserbeeinflussten Berechnungsstandorten ist bei der Ermittlung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers mit wesentlich kürzeren Zeiten für den kapillaren Aufstieg zu rechnen. Die verkürzte Dauer des kapillaren Aufstiegs wird durch den sogenannten wirksamen kapillaren Aufstieg berücksichtigt. Dieser wird aus dem kapillaren Aufstieg und der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes für – Hackfrüchte aus Tabelle 1, – Getreide aus Tabelle 2, – Mähweide aus Tabelle 3 ermittelt.

Tab. 1: Wirksamer kapillarer Aufstieg (KAw) bei Hackfrüchten.

kapillarer Aufstieg [mm]	nFKWe				
	50	100	150	200	250
0	–	–	–	–	0
50	7	12	17	25	33
100	32	42	52	63	74
150	62	76	89	104	119
200	100	118	135	151	167
250	144	165	185	204	222
300	198	220	241	261	280
350	265	284	302	320	337
400	340	353	366	379	391
450	429	433	436	440	444

Tab. 2: Wirksamer kapillarer Aufstieg (KA_w) bei Getreide.

kapillarer Aufstieg [mm]	nFKWe				
	50	100	150	200	250
0	–	–	–	–	0
25	5	8	11	16	21
50	17	24	30	37	43
75	31	41	50	59	67
100	48	60	71	82	92
125	66	80	94	106	118
150	89	104	118	131	144
175	116	130	143	157	170
200	145	158	170	183	196
225	178	189	200	212	223
250	214	222	230	240	249
275	253	259	264	270	275
300	295	297	299	300	300

Tab. 3: Wirksamer kapillarer Aufstieg (KA_w) bei Mähweide.

kapillarer Aufstieg [mm]	nFKWe				
	50	100	150	200	250
0	–	–	–	–	–
50	5	10	15	20	25
100	17	29	40	50	60
150	55	64	72	86	100
200	84	95	105	125	145
250	113	130	147	169	191
300	154	175	195	218	240
350	199	222	244	268	291
400	255	279	302	326	350
450	324	347	370	390	409
500	401	422	443	458	472
550	487	503	519	539	559
600	577	584	591	596	600

Stand Oktober 1992

Quelle RENGIER, M. & STREBEL, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 13**, 66 S.; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.5.4

Inhalt	Pflanzenverfügbares Bodenwasser
Eingangsdaten	Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Mittlerer kapillarer Aufstieg (KA) [mm] nach VKR 6.5.15
Kennwert	W_{pfl} [mm]
Kennwertermittlung	Die Gesamtmenge an maximal pflanzenverfügbarem Bodenwasser für grundwasserbeeinflusste Böden entspricht der Summe der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe) und des mittleren kapillaren Aufstiegs (KA).

$$W_{pfl} = nFKWe + KA$$

Tab. 1: Einstufung des pflanzenverfügbaren Bodenwassers.

W_{pfl} [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen
< 50 mm	äußerst gering	W_{pfl1}
50 – < 100 mm	sehr gering	W_{pfl2}
100 – < 150 mm	gering	W_{pfl3}
150 – < 200 mm	mittel	W_{pfl4}
200 – < 250 mm	hoch	W_{pfl5}
250 – < 300 mm	sehr hoch	W_{pfl6}
≥ 300 mm	äußerst hoch	W_{pfl7}

Anmerkungen Der Kennwert KA kann auch alternativ nach VKR 6.5.2 bestimmt werden.

Stand September 2019

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 13**, 66 S.; Hannover.

WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolationrate on a regional scale. – Journal of Hydrology **356**: 17–27.

WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese **40**: 66–80.

Verknüpfungsregel 6.5.5

Inhalt	Pflanzenrelevante Grundwasserflurabstände	
Eingangsdaten	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD)	Substanzvolumen (SV)
	Zersetzungsgrad (ZER)	Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6
Kennwert	Flurabstand mit guter Wasserversorgung (W_{opt}) [dm] Grenzflurabstand (GFAb) [dm] Ertragswirksamer Grenzflurabstand (GFAe)	
Kennwertermittlung	Der Kennwert kh_{opt} beschreibt den Abstand zwischen der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (We) und dem Grundwasserstand, innerhalb dessen Wasser kapillar mit einer Rate von mindestens 5 mm/d gemäß VKR 6.1.13 aufsteigen kann. Er kann aus Tabelle 1 und 2 abgelesen werden. Durch Addition der We mit kh_{opt} erhält man den Kennwert <i>Flurabstand mit guter Wasserversorgung</i> (W_{opt}).	

$$W_{opt} = We + kh_{opt}$$

Der Kennwert kh_{min} beschreibt den Abstand zwischen der Untergrenze der We und dem Grundwasserstand, innerhalb dessen Grundwasser kapillar mit einer Rate von mindestens 0,3 mm/d bei einer Wasserspannung von pF4 an der Untergrenze der We noch aufsteigen kann (DIN 4220). Er kann aus Tabelle 1 und 2 abgelesen werden. Durch Addition der We mit kh_{min} erhält man den Kennwert *Grenzflurabstand* (GFA). Dieser Kennwert beschreibt den maximalen Abstand zwischen Geländeoberfläche und Grundwasser, bei dem noch eine Notversorgung der Vegetation durch kapillaren Aufstieg in extremen Trockenphasen möglich ist.

$$GFA = We + kh_{min}$$

Der Kennwert kh_{ertrag} beschreibt den Abstand zwischen der Untergrenze der We und dem Grundwasserstand, bei dem in Trockenjahren Grundwasser noch ertragsrelevant kapillar aufsteigen kann. Er kann aus Tabelle 1 und 2 abgelesen werden. Durch Addition der We mit kh_{ertrag} erhält man den Kennwert *Ertragswirksamer Grenzflurabstand* (GFAe). Dieser Kennwert wurde konzipiert für eine Betrachtung möglicher Ertragsverluste in der Landwirtschaft aufgrund von entnahmebedingten Grundwasserabsenkungen, z. B. in Wasserrechtsverfahren (vgl. Gefakten 35 und 6).

$$GFAe = We + kh_{ertrag}$$

Bei der Ableitung von kh_{opt} , kh_{min} und kh_{ertrag} für einen speziellen Standort findet jeweils die Boden-/Torfart Berücksichtigung, die zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze der We liegt, mindestens 2 dm mächtig ist und im Falle von geschichteten Profilen die geringste kapillare Aufstiegshöhe aufweist.

Tab. 1: Kennwerte kh_{opt} , kh_{min} und kh_{ertrag} in Abhängigkeit von der Bodenart bei mineralischen Böden.

Bodenart	Pflanzenrelevante Grundwasserflurabstände		
	kh_{opt}	kh_{min}	kh_{ertrag}
gS	2	5	5
mSgs, mS, mSfs	3	8	8
Ss	3	11	8
St2	2	12	7
St3	3	11	7
Sl2, Sl3	3	15	8
Sl4	3	15	9
Su2, Su3	3	16	8
Su4	3	20	9
Slu	2	16	9
Ls2	3	18	9
Ls3, Ls4	3	16	9
fS, fSms, fSgs	4	14	10
Tu4	4	14	9
Lu	4	18	9
Uls	4	21	9
Us	7	26	19
Ut4	6	30	19
Ut2, Ut3	9	30	19
Uu	10	30	19
Tt, Tl, Tu2	1	11	7
Ts2, Ts3	1	11	7
Ts4	1	11	8
Lts, Lt2, Lt3	2	14	8
Tu3	2	12	8
Fm; Fmk	3	8	7
Fmu	4	15	8

Tab. 2: Kennwerte kh_{opt} , kh_{min} und kh_{ertrag} in Abhängigkeit von Torfart, Zersetzungsstufe und Substanzvolumen bei organischen Böden.

Torfart und Zersetzungsstufe	Substanzvolumen	Pflanzenrelevante Grundwasserflurabstände		
		kh_{opt}	kh_{min}	kh_{ertrag}
Hhz1, Hhz2	SV1+2	7	13	8
Hhz1, Hhz2	SV3	4	10	8
Hhz1, Hhz2	SV4+5	<2	6	5
Hhz3	SV1+2	4	10	8
Hhz3	SV3	1	8	6
Hhz3	SV4+5	<1	5	5
Hhz4, Hhz5	SV1+2	3	8	6
Hhz4, Hhz5	SV3	2	7	6
Hhz4, Hhz5	SV4+5	<1	6	5
Hnz1, Hnz2	SV1–3	6	12	10
Hnz1, Hnz2	SV4	4	12	10
Hnz1, Hnz2	SV5	2	11	9
Hnz3	SV13	3	11	9
Hnz3	SV4	2	10	8
Hnz3	SV5	<1	9	7
Hnz4, Hnz5	SV1–3	2	10	8
Hnz4, Hnz5	SV4+5	1	9	7
Fh	SV2	6	13	9

Stand

September 2020

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung. Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten [normative und nominale Skalierungen]. – 2008-11, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

HEUMANN, S. & BUG, J. (2020): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf landwirtschaftliche Bodennutzungen. Hinweise zu bodenkundlichen Gutachten für Wasserrechtsanträge. – 4. überarbeitete Aufl., Geofakten 6: 15 S., 6 Abb., 3 Tab.; Hannover (LBEG).

RENGER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – Geofakten 35: 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

RENGER, M. & STREBEL, O. (1983): Einfluss von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag bei Acker- und Grünland. – Kali-Briefe (Büntehof) 16 (7): 379–389; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.5.7

Inhalt	Auswirkungsgrad von Grundwasserabsenkungen
Eingangsdaten	Fruchtspezifische Kapillare Aufstiegsmenge vor der Grundwasserabsenkung (KA_{fNull}) [mm] nach VKR 6.5.17 Fruchtspezifische Kapillare Aufstiegsmenge nach der Grundwasserabsenkung ($KA_{fAbsenk}$) [mm] nach VKR 6.5.17
Kennwert	Differenz des kapillaren Aufstiegs (ΔKA) [mm] Ertragsminderung (EM) [%] Auswirkungsgrad (AWG) [Stufe]
Kennwertermittlung	Die Ermittlung des Auswirkungsgrades von Grundwasserabsenkungen ist dreistufig.

1. Zuerst muss die Differenz des kapillaren Aufstiegs (ΔKA) vor und nach erfolgter Grundwasserabsenkung berechnet werden:

$$\Delta KA [mm] = KA_{fNull} - KA_{fAbsenk}$$

Dabei werden die Werte für KA_f mit VKR 6.5.17 mit dem MGW_v-Wert vor (KA_{fNull}) und dem MGW_v-Wert nach der Absenkung ($KA_{fAbsenk}$) ermittelt. Es werden nur die entnahmebedingten Absenkungen betrachtet.

2. Die Ertragsminderung (EM) ist neben ΔKA auch von der Anbaukultur abhängig. Mit folgenden Gleichungen lässt sich die fruchtspezifische relative EM berechnen.

Tab. 1: Bestimmung der Ertragsminderung (EM) aus ΔKA in Abhängigkeit der Anbaukultur.

Anbaukultur	Gleichung
Grünland	$EM [\%] = \Delta KA * 0,15$
Getreide, Raps	$EM [\%] = \Delta KA * 0,28$
Winterroggen	$EM [\%] = \Delta KA * 0,2$
Mais, Hackfrüchte	$EM [\%] = \Delta KA * 0,2$

3. Die Bestimmung der AWG-Stufe erfolgt mit Hilfe von Tabelle 2.

Kennwertklassifizierung

Tab. 2: Klassifikation des Auswirkungsgrades von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag.

Ertragsminderung [%]	AWG	Bewertung
1 – < 5	1	sehr gering
5 – < 12	2	gering
12 – < 20	3	mittel
20 – < 30	4	hoch
≥ 30	5	sehr hoch

Anmerkungen

Dieses Beurteilungsschema gibt nur einen ersten Hinweis auf die vom Bodenwasserhaushalt bedingten potenziellen Auswirkungen. Niederschlagsverteilung und Bewirtschaftung (Düngung, Pflanzenschutz) können Einfluss auf die Grundwasserabsenkung haben.

Stand

März 2020

Quellen

EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze. Dynamik des Wasserhaushaltes als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. – 272 S.; Stuttgart (Ulmer).

RENGER, M., STREBEL, O., WESSOLEK, G., MÜLLER, U. & SPONAGEL, H. (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – In: MULL, R. (Hrsg.) (1987): Ergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse, S. 3–61; Weinheim (VCH).

RENGER, M. & STREBEL, O. (1986): Einfluss von Grundwasserflurabstand und Grundwasserabsenkung auf die reale Transpiration und den Pflanzenertrag. – Schriftenreihe Taxationspraxis **L 15**, 129 S.; (SVK-Verlag).

RENGER, M., STREBEL, O., SPONAGEL, H. & WESSOLEK, G. (1984): Einfluß von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag landwirtschaftlich genutzter Böden. – Wasser und Boden **36** (10): 499–502.

RENGER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – Geofakten **35**: 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

Verknüpfungsregel 6.5.8

Inhalt	Bodenkundliche Feuchtestufe
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Klimabereich (KB) [Stufe] nach VKR 6.4.8 Bodenart (HNBOD) Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6 Grundwasserstufe (GWS) [Stufe] nach VKR 6.1.12 Nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Vernässungsstufe (VERNAS) [Stufe]
Kennwert	BKF [Stufe]
Kennwertermittlung	Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der BKF ist abhängig vom Bodentyp: 1. Für semiterrestrische Böden: Unterschiede zwischen Frühjahrs- und Sommerzahl können bei grundwasserbeeinflussten Böden auftreten, wenn im Sommer der Grundwasseranschluss abreißt und dann nur noch nFKWe und Niederschlag zur Wasserversorgung der Pflanzen zur Verfügung stehen. Frühjahrs- und Sommerzahl werden je nach Klimabereich mit den Tabellen 1 bis 9 ermittelt. Aus den zunächst für jede Schicht bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes bestimmten Werten wird das gewichtete Mittel über die Mächtigkeit gebildet. 2. Für Stauwasserböden (Staunässeböden): Frühjahrszahl: wird mit Hilfe von Tabelle 10 direkt aus der Staunässestufe bzw. der Vernässungsstufe (VERNAS) abgeleitet. Sommerzahl: wird als gewichtetes Mittel bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes für den jeweiligen Klimabereich anhand von Tabelle 1 bis 9 unter Annahme von Grundwasserstufe 7 (Böden ohne Grundwasseranschluss) bestimmt. Hydromorph beeinflusste Übergangstypen (z. B. SS-PP, SS-BB): Bestimmung der Sommerzahl s. o., Frühjahrszahl = Sommerzahl + 1. 3. Für Moorböden: Frühjahrs- und Sommerzahl werden nicht unterschieden. Die BKF wird mit Hilfe von Tabelle 10 aus der Vernässungsstufe (VERNAS) abgeleitet. 4. Für alle anderen Böden: Frühjahrs- und Sommerzahl werden nicht unterschieden. Die bodenkundliche Feuchtestufe wird mit Hilfe von Tabelle 11 aus der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes abgeleitet. 5. Bei gedrännten oder meliorierten Marschen (Tiefenumbruch, Lockerung) wird die Frühjahrszahl eine Stufe trockener klassifiziert. 6. Für trockene Bedingungen wurde die bodenkundliche Feuchtestufe in die Klimabereiche 0 und 00 differenziert.

Tab. 1: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 00
(WESSOLEK 1993), KWB_v < -200.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	9	7	6	5	4	3	3
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	8	7	6	4	3/4	2/3	2
Lts, Slu, Sl4, Su4	7/8	6/7	5/6	4/5	2/3	2	2
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	7/8	7	5/6	4/5	2/3	2	2
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	7/8	7	5	3/4	2	1/2	1
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	7	6	4	2/3	1	1	0/1
gS, gSms, mSgs, mS	7	6	3	1/2	1	0/1	0

Tab. 2: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 0
(WESSOLEK 1993), KWB_v -200 – -150.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	9/10	7/8	6/7	5/6	4/5	4	3/4
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	8/9	7/8	6	5/4	4	3	3
Lts, Slu, Sl4, Su4	8/9	7/8	6	5/4	2/3	2/3	2/3
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	8/9	7	6	5/4	2/3	2	2
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	8/9	7	6	4	2/3	2	1/2
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	8	7	5	3	1/2	1	1
gS, gSms, mSgs, mS	8	6/7	4	2	1	1	0/1

Tab. 3: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 1.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	8	7	6	5	5/4	4
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	9	8	7	6	5/3	4/3	3
Lts, Slu, Sl4, Su4	9	8	6	5	4/3	3	3
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	9	8	6	5	4/2	3/2	2
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	9	7	6	4	2/1	2/1	1
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	8	7	5	3/1	2/1	1	1
gS, gSms, mSgs, mS	8	7	4	2/1	1	1	1

Tab. 4: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 2.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	7	6	6	5	4
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	8	7	6	5/4	4/4	4
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	8	7	6	5/3	4/3	3
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	9	8	6	5	4/3	3/2	2
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	9	8	6	4	3/2	2	2
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	8	7	5	3	2/1	1	1
gS, gSms, mSgs, mS	8	7	4	2/1	1	1	1

Tab. 5: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 3.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	8	7	6	5	5
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	8	7	6	5/4	5/4	4
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	8	7	6	5/4	4	4
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	10	8	7	6	5/3	4/3	3
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	9	8	7	5	4	3	2
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	9	8	6	4/2	3/2	2	2
gS, gSms, mSgs, mS	8	7	5	3/1	2/1	1	1

Tab. 6: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 4.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	8	7	6	6/5	5
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	9	8	7	6	6/5	5
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	8	7	6	6/4	5/4	4
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	10	8	7	6	5/4	4	4
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	9	8	7	5	4/3	4/3	3
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	9	8	7	4/3	3	3	2
gS, gSms, mSgs, mS	8	7	5	3/2	2	2	1

Tab. 7: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 5.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	8	7	7	6	6
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	9	8	7	6/5	6/5	5
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	9	8	7	6/5	5	5
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	10	8	7	6	6/4	5/4	4
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	10	8	7	6	5/4	4	4
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	9	8	7	5/3	4/3	3	3
gS, gSms, mSgs, mS	9	8	6	4/2	3/2	2	2

Tab. 8: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 6.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	8	8	7	7	6
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	9	8	7	7/6	6	6
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	9	8	7	6	5	5
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	10	9	8	7	6/5	5	5
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	10	8	7	6	5	4	4
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	9	8	7	5/4	4	4	4
gS, gSms, mSgs, mS	9	8	6	4/3	3	3	3

Tab. 9: Grundwasserbedingte bodenkundliche Feuchtestufe, Klimabereich 7.

Bodenart	Grundwasserstufe (GWS)						
	1	2	3	4	5	6	7
Uu, Us, Ut2-4, Uls	10	9	9	8	7	7	7
Tu3-4, Lt2-3, Ls2-4, Lu	10	9	8	8	7	7	7
Lts, Slu, Sl4, Su4	10	9	8	7	7/6	6	6
Tt, Tu2, Ts2-4, Tl	10	9	8	7	6/7	6	5
fS, ffS, Sl2-3, St2-3, Su2-3	10	9	8	7	6/5	5	5
mSfs, gSfs, fSms, fSgs	10	8	7	6/5	5	4	4
gS, gSms, mSgs, mS	10	8	7	5/4	4	4	4

Tab. 10: Bodenkundliche Feuchtestufe in Abhängigkeit von der Vernässungsstufe.

Vernässungsstufe (Grund-/Staunässestufe)	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)
G/S 6	11
G/S 5	10
G/S 4	9
G/S 3	8
G/S 2	7
G/S 1	6

Tab. 11: Bodenkundliche Feuchtestufe in Abhängigkeit von der nFKWe.

nFKWe [Stufe]	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)
nFKWe 5	5
nFKWe 4	4
nFKWe 3	3
nFKWe 2	2
nFKWe 1	1
–	0

Kennwertklassifizierung

Tab. 12: Einstufung der bodenkundlichen Feuchtestufe.

Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)	Bezeichnung	Eignung für landwirtschaftliche Nutzung unter den derzeitigen Wasserverhältnissen
11	–	meist offene Wasser (Großseggenriede)
10	nass	für landwirtschaftliche Nutzung zu nass (Kleinseggenriede)
9	stark feucht	für Wiese bedingt geeignet, da häufig zu feucht (Streuwiesen)
8	mittel feucht	für Wiese geeignet, für Weide bedingt geeignet, für Intensivweide und Acker zu feucht
7	schwach feucht	für Wiese und Weide geeignet, für Intensivweide und für Acker bedingt geeignet (im Frühjahr zu feucht)
6	stark frisch	für Grünland und Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Frühjahr gelegentlich zu feucht
5	mittel frisch	für Acker und Grünland geeignet
4	schwach frisch	für Acker und Grünland geeignet, für intensive Grünlandnutzung im Sommer gelegentlich zu trocken
3	schwach trocken	für Acker geeignet, für intensive Ackernutzung im Sommer zu trocken, für intensive Grünlandnutzung zu trocken
2	mittel trocken	für Acker und extensive Grünlandnutzung häufig zu trocken
1	stark trocken	für landwirtschaftliche Nutzung zu trocken (Trockenrasen)
0	dürr	Steppenrasen und Felsbandgesellschaften

Beispiel

Für einen semiterrestrischen Boden gilt z. B. entsprechend Tabelle 1 – 7: 4/2: Der Standort entspricht im Frühjahr der Stufe 4. Da aber im Sommer der Grundwasseranschluss abreißt und nur noch nFK und Niederschlag zur Wasserversorgung der Pflanzen zur Verfügung stehen, ist nur noch die Stufe 2 (entspricht den Böden ohne Grundwasseranschluss, Spalte GWS 7) in Rechnung zu setzen.

Anmerkungen

Grundsätzlich entscheidet der Hauptbodentyp über die Vorgehensweise, z. B. Gley-Pseudogley → Bestimmung nach „2. Stauwasserböden (Staunässeböden)“,

z. B. Ranker-Braunerde → Bestimmung nach „4. alle anderen Böden“.

Ausnahme: Handelt es sich bei dem Nebentyp um einen semiterrestrischen, beim Haupttyp um einen terrestrischen Bodentyp, aber keinen Stauwasserboden (z. B. Gley-Braunerde), ist dieser wegen seines dominanten Einflusses auf die Bodenfeuchte entscheidend → Bestimmung nach „1. semiterrestrische Böden“.

Der Wert dient der relativen Beschreibung der Profile untereinander ohne Nutzungseinfluss. Deshalb wird bei der nFKWe standardisiert We Ackernutzung angenommen.

Einschränkungen

Die Ergebnisse gelten nur bei Neigungsstufen 0 – 2 (< 9 %).

Stand

Februar 2003

Quellen

- BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H. (1987): Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **53**: 95–101; Göttingen.
- ECKELMANN, W. & RENGGER, M. (1981): Erfassung und Darstellung der Trockengefährdung landwirtschaftlich genutzter Standorte am Beispiel der Bodenkundlichen Standortkarte i. M. 1 : 200 000. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung **22**: 224–231; Berlin, Hamburg (Parey).
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1988): Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Hannover [Unveröff.].
- WESSOLEK, G. (1993): Entwicklung von Verfahren zur Herstellung von Karten zu Niederschlag, Verdunstung und Versickerung aus dem effektiven Wurzelraum. – Gutachten i. A. des Umlandverbandes Frankfurt/Main, Inst. f. angew. Bodenkunde; Berlin.

Verknüpfungsregel 6.5.9

Inhalt	Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
Eingangsdaten	Effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) [dm] nach VKR 6.1.6 Feldkapazität (FK) [mm] nach VKR 6.1.8
Kennwert	FKWe [mm]
Kennwertermittlung	Die Berechnung der Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes erfolgt durch Addition der Feldkapazität (FK) der einzelnen Horizonte/Schichten von der GOF bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe (W_e):

$$FKWe = \sum_0^{W_e} FK$$

Tab. 1: Einstufung der Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nach KA 4, AG BODEN 1994).

FKWe [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen
≤ 100	sehr gering	FKWe1
$> 100 - 200$	gering	FKWe2
$> 200 - 300$	mittel	FKWe3
$> 300 - 400$	hoch	FKWe4
> 400	sehr hoch	FKWe5

Stand September 2019

Quelle AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.
DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.5.14

Inhalt	Nutzbare Feldkapazität in 1 m
Eingangsdaten	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm] nach VKR 6.1.7
Kennwert	nFK1m [mm]
Kennwertermittlung	Die Berechnung der nFK1m erfolgt durch Addition der nutzbaren Feldkapazität (nFK) der einzelnen Schichten von der GOF bis 1 m.

$$nFK1m = \sum_0^{1m} nFK$$

Stand Dezember 2017

Quellen AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.5.15

Inhalt	Mittlerer kapillarer Aufstieg (TUB_BGR-Verfahren)
Eingangsdaten	mittlere kapillare Aufstiegsrate (kr) [mm/d] nach VKR 6.1.13 mittlere Dauer des kapillaren Aufstiegs (ta) [d] nach VKR 6.1.14 nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Potenzielle FAO-Grasreferenzverdunstung in der Vegetationsperiode (ETFAO_v) [mm/v] nach VKR 6.4.4 Niederschlagsmenge in der Vegetationsperiode [mm/v] (N_v)

Kennwert KA [mm/a]

Kennwertermittlung

$KA_{max} = kr * ta$

KA_{max} = maximaler Betrag des mittleren kapillaren Aufstiegs [mm]
kr = mittlere kapillare Aufstiegsrate [mm/d]
ta = mittlere Dauer des kapillaren Aufstiegs [d]

Bei der Berechnung von KA_{max} gemäß der obenstehenden Gleichung kann der Betrag des mittleren kapillaren Aufstiegs Maximalwerte von 300 mm (Getreide) bzw. von 600 mm (Intensivweide) annehmen. Tatsächlich ist der kapillare Aufstieg jedoch in Abhängigkeit vom Defizit der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr zu begrenzen. Zur Ermittlung nutzungsspezifischer Maximalwerte KA_{kli} werden folgende empirische Gleichungen empfohlen:

Acker	$KA_{kli} = 1,05 * ETFAO_v - (N_v + 0,5 * nFKWe)$
Grünland	$KA_{kli} = 1,20 * ETFAO_v - (N_v + 0,5 * nFKWe)$
Wald	$KA_{kli} = 1,30 * ETFAO_v - (N_v + 0,5 * nFKWe)$

Die Einführung nutzungsspezifischer Faktoren zur Erhöhung der potenziellen Evapotranspiration ETFAO_v ist notwendig, um auch bei ausgeglichener oder leicht positiver klimatischer Wasserbilanz im Sommerhalbjahr einen nutzungsspezifischen kapillaren Aufstieg, insbesondere bei Grünland und Wald, zuzulassen, der in Trockenphasen während der Vegetationsperiode auftreten kann.

Ermittlung des Betrags des mittleren kapillaren Aufstiegs KA:

wenn KA_{kli} < 0, dann ist KA = 0
wenn KA_{max} > KA_{kli}, dann ist KA = KA_{kli}
wenn KA_{max} ≤ KA_{kli}, dann ist KA = KA_{max}

Eine Überschätzung des mittleren kapillaren Aufstiegs hätte u. a. eine Unterschätzung der jährlichen Grundwasserneubildung aus Sickerwasser zur Folge.

Tab. 1: Einstufung des mittleren jährlichen kapillaren Aufstiegs.

KA [mm]	Bezeichnung	Kurzzeichen
0	kein Aufstieg	KA0
> 0 – 25	sehr gering	KA1
> 25 – 50	gering	KA2
> 50 – 75	mittel	KA3
> 75 – 100	hoch	KA4
> 100	sehr hoch	KA5

Anmerkungen

Die dokumentierten Algorithmen zur Begrenzung des kapillaren Aufstiegs sind für eine Verwendung im Rahmen des TUB_BGR-Verfahrens konzipiert.

Stand

Oktober 2019

Quellen

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolationrate on a regional scale. – Journal of Hydrology **356**: 17–27.

WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese **40**: 66–80.

Verknüpfungsregel 6.5.16

Inhalt	Sickerwasserrate (TUB_BGR-Verfahren)	
Eingangsdaten	korrigierter mittlerer Niederschlag im Gesamtjahr (N_i) [mm/a] mittlere jährliche FAO-Gras-Referenzverdunstung (ET_{FAO_i}) [mm/a] Pflanzenverfügbares Wasser in der Vegetationsperiode (WV_{pfl}) [mm/v] nach VKR 6.5.21	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum ($nFKWe$) [mm] nach VKR 6.5.1 Betrag des mittleren kapillaren Aufstiegs (KA) [mm/a] nach VKR 6.5.15 Landnutzung (KULTUR)
Kennwert	SWR [mm]	
Kennwertermittlung	Die für den jeweiligen Standort relevante Regressionsgleichung wird durch die Nutzungsart und die im Sommerhalbjahr (01.04. – 30.09.) für die Pflanzen verfügbaren Wassermenge WV_{pfl} bestimmt. Grenzwert der Wasserversorgung der Pflanzen ist bei landwirtschaftlicher Nutzung (Acker/Grünland) $WV_{pfl} = 700$ mm bzw. bei forstwirtschaftlicher Nutzung $WV_{pfl} = 750$ mm.	

A) Nutzungsart Acker

Die Gleichungen für die Nutzungsart Acker mitteln die Modellergebnisse für die Kulturpflanzen Winterweizen, Wintergerste und Zuckerrübe.

Falls $WV_{pfl} > 700$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - 1,05 * ETFAO_j * \left[0,685 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 2,865 \right]$$

Falls $WV_{pfl} \leq 700$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - ETFAO_j * \left[1,45 * \log(WV_{pfl}) - 3,08 \right] * \left[0,685 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 2,865 \right]$$

(B) Nutzungsart Grünland

Falls $WV_{pfl} > 700$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - 1,2 * ETFAO_j * \left[0,53 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 2,43 \right]$$

Falls $WV_{pfl} \leq 700$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - ETFAO_j * \left[1,79 * \log(WV_{pfl}) - 3,89 \right] * \left[0,53 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 2,43 \right]$$

(C) Nutzungsart Nadelwald

Falls $WV_{pfl} > 750$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - 1,3 * ETFAO_j * \left[0,865 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 3,36 \right]$$

Falls $WV_{pfl} \leq 750$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - ETFAO_j * \left[1,68 * \log(WV_{pfl}) - 3,53 \right] * \left[0,865 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 3,36 \right]$$

(D) Nutzungsart Laubwald:

Falls $WV_{pfl} > 750$ mm, so gilt

$$SWR = N_j - 1,25 * ETFAO_j * \left[0,865 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 3,36 \right]$$

Falls $WV_{pfl} \leq 750$ mm, so gilt:

$$SWR = N_j - ETFAO_j * \left[1,61 * \log(WV_{pfl}) - 3,39 \right] * \left[0,865 * \log\left(\frac{1}{ETFAO_j}\right) + 3,36 \right]$$

Tab. 1: Einstufung der Sickerwasserrate.

SWR [mm/a]	Kurzzeichen
0	SWR0
> 0 – 50	SWR1
> 50 – 100	SWR2
> 100 – 150	SWR3
> 150 – 200	SWR4
> 200 – 250	SWR5
> 250 – 300	SWR6
> 300 – 350	SWR7
> 350 – 400	SWR8
> 400 – 450	SWR9
> 450 – 500	SWR10
> 500 – 550	SWR11
> 550 – 600	SWR12
> 600	SWR13

Anmerkungen

Die Gleichungen sind nur anwendbar für Hangneigungen < 3,5 %, d. h. bis einschließlich Neigungsstufe 1. Vor Ermittlung der Sickerwasserrate aus dem Boden kann jedoch mit Hilfe des Curve-Number-Verfahrens der Oberflächenabfluss, abhängig von Boden, Nutzung, Niederschlag und Hangneigung, abgeschätzt werden. Wenn dieser Wert vom Niederschlag abgezogen wird, können die Gleichungen auch für stärker geneigte Gebiete verwendet werden.

Eingangsdaten der Gleichungen sind für die Verdunstung Werte der FAO-Gras-Referenzverdunstung, die nicht direkt mit der Haude-Verdunstung vergleichbar und nicht aus dieser durch standortspezifische Koeffizienten erreichbar sind (DVWK 1996, WENDLING 1995).

Stand

Oktober 2019

Quellen

- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – Merkblätter zur Wasserwirtschaft **238**; Bonn.
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes **194**; Offenbach.
- WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.
- WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolationrate on a regional scale. – Journal of Hydrology **356**: 17–27.
- WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Boden-genese **40**: 66–80.

Verknüpfungsregel 6.5.17

Inhalt	Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge in der Vegetationsperiode	
Eingangsdaten	Gewogener Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode (MKWD_v) nach VKR 6.4.12 nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Effektive Durchwurzelungstiefe (We) [dm] nach VKR 6.1.6	Mittlerer Grundwasserstand in der Vegetationsperiode (MGW_v) [dm] Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Anbaukultur (KULTUR) Zersetzungsstufe Substanzvolumen
Kennwert	KAf [mm]	
Kennwertermittlung	Die fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) wird für die Ermittlung des Auswirkungsgrades von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlicher Feldfrüchte (VKR 6.5.7) benötigt. Sie ist insbesondere von dem <i>Gewogenen Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode</i> (MKWD_v), der Anbaukultur, dem mittleren Grundwasserstand innerhalb der Vegetationsperiode (MGW_v), der vorherrschenden Bodenart des Unterbodens und der Wasserspeicherfähigkeit des Bodens (nFKWe) abhängig. Zunächst wird der Abstand (za) zwischen der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (We) und dem MGW_v bestimmt.	

$$za [dm] = MGW_v - We$$

Nährungsweise lässt sich der MGW_v mit Hilfe der beiden folgenden Gleichungen als gewichtete Mittelwerte aus dem mittleren Grundwasserhochstand in der Vegetationsperiode (MHGW_v) und dem mittleren Grundwassertiefstand in der Vegetationsperiode (MNGW_v) berechnen.

Vegetationsperiode April – Juli:

$$MGW_v = 0,5 * MHGW_v + 0,5 * MNGW_v$$

Vegetationsperiode April/Mai – September:

$$MGW_v = \frac{MHGW_v}{3} + \frac{2 * MNGW_v}{3}$$

Die Höhe des kapillaren Aufstiegs hängt stark von der Wasserspeicherkapazität des Oberbodens ($nFKWe$) und der kapillaren Aufstiegsrate des Unterbodens (kr), die maßgeblich durch die Bodenart beeinflusst ist, ab. Anhand der folgenden Tabellen können für bodenartlich homogene Böden Werte für die Zielgröße KAf abgeleitet werden. Bei Schicht- und Bodenartenwechsel innerhalb des Profils werden die Werte aus der Tabelle genutzt, die

- die Torfarten der Schichten zwischen Hr und We bzw.
- die Bodenarten der Schichten zwischen Gr und We beschreiben.

Die Tabellen sind im Grundsatz nur für die über ihnen angegebenen $nFKWe$ -Werte (Bestimmung der $nFKWe$ gemäß *VKR* 6.5.1 und *VKR* 6.1.7, Variante Feuchteäquivalente ($FÄ$)) gültig.

Falls die KAf aus der Tabelle > 50 mm ist und die $nFKWe$ (Feuchteäquivalent, $FÄ$) um mehr als 25 mm von der $nFKWe$ ($FÄ$), die über der Tabelle angegeben ist, abweicht, müssen die KAf -Werte wie folgt angepasst werden:

$nFKWe_{Tabelle} < nFKWe_{Profil}$

$$KAf = KAf_{Tabelle} - KAf_{Tabelle} * \frac{(nFKWe_{Profil} - nFKWe_{Tabelle})}{200}$$

$nFKWe_{Tabelle} > nFKWe_{Profil}$

$$KAf = KAf_{Tabelle} + KAf_{Tabelle} * \frac{(nFKWe_{Tabelle} - nFKWe_{Profil})}{200}$$

Bodenartengruppe 1.1: Ss, mSfs, mSgs, St2, St3

Tab. 1a: KAf für BAG 1.1: Grünland, We 6 dm, nFKWe 85 mm (70 – 100 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
9	≤ 3	460	425	395	360	325	295	260	225	195	160	125	95	60	10
10	4	440	410	375	345	315	280	250	220	185	155	120	90	55	9
11	5	395	365	340	310	280	250	220	195	165	135	110	80	50	8
12	6	255	235	220	200	180	165	145	125	110	90	70	55	35	7
13	7	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	6
14	8	65	60	55	50	54	40	37	33	28	24	20	15	10	5
15	9	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	8	6	3
16	10	11	10	10	9	8	8	7	6	6	5	4	4	3	2
17	11	6	6	5	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	1

Tab. 1b: KAf für BAG 1.1: Getreide, We 8 dm, nFKWe 105 mm (90 – 120 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 11	≤ 3	305	265	225	180	140	95	55	11
12	4	290	250	210	170	130	90	50	10
13	5	275	240	200	160	120	85	47	9
14	6	220	190	160	130	100	70	38	8
15	7	135	120	100	80	60	40	25	7
16	8	57	50	42	35	27	20	13	6
17	9	25	23	20	17	14	11	8	5
18	10	11	10	9	8	7	5	4	3
19	11	6	5	5	4	4	3	3	2

Tab. 1c: KAf für BAG 1.1: Hackfrüchte & Mais, We 8 dm, nFKWe 105 mm (90 – 120 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 11	≤ 3	305	285	265	240	220	195	175	150	130	105	85	65	45	
12	4	285	265	245	220	200	175	155	130	110	95	80	60	40	
13	5	235	215	200	180	160	145	125	100	90	80	55	45	30	
14	6	185	170	155	140	127	115	100	85	70	57	45	30	20	
15	7	115	105	100	90	80	73	65	55	47	40	30	20	12	
16	8	45	43	40	37	34	31	28	25	22	19	16	13	10	
17	9	25	24	22	20	19	18	16	15	13	11	10	8	6	
18	10	13	12	11	10	10	9	8	8	7	6	5	4	4	
19	11	6	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	1	

Bodenartengruppe 1.2: SI2, SI3, Su2, Su3

Tab. 2a: KAf für BAG 1.2: Grünland: We 7 dm, nFKWe 110 mm (95 – 125 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 10	≤ 3	445	410	380	345	315	280	250	220	185	155	120	90	60	9
11	4	425	395	365	335	305	270	240	210	180	150	118	85	55	8
12	5	385	355	330	300	270	245	215	190	160	135	105	80	50	7
13	6	145	160	175	190	170	150	135	120	100	85	65	50	30	6
14	7	135	125	115	105	95	85	75	65	55	50	40	30	20	5
15	8	60	55	50	45	40	40	35	30	25	22	18	15	10	4
16	9	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	3
17	10	15	12	11	10	9	8	7	6	6	5	4	4	3	2
18	11	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1

Tab. 2b: KAf für BAG 1.2: Getreide: We 9 dm, nFKWe 130 mm (115 – 145 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 12	≤ 3	290	250	210	170	130	90	50	10
13	4	285	245	205	165	125	85	48	9
14	5	260	225	190	150	115	80	45	8
15	6	200	175	150	120	95	65	35	7
16	7	105	100	90	70	55	40	25	6
17	8	50	45	40	32	25	17	12	5
18	9	24	22	20	16	13	10	7	4
19	10	13	11	10	8	7	5	4	3
20	11	6	5	5	4	4	3	3	2

Tab. 2c: KAf für BAG 1.2: Hackfrüchte & Mais: We 9 dm, nFKWe 130 mm (115 – 145 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 12	≤ 3	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
13	4	260	240	220	200	180	160	140	125	110	90	70	50	35
14	5	215	200	180	165	150	130	115	100	80	70	55	40	22
15	6	170	160	145	130	120	105	95	80	65	55	40	30	14
16	7	110	100	90	85	75	65	60	50	45	35	30	20	12
17	8	41	39	36	33	30	28	25	23	20	17	14	12	9
18	9	24	22	21	20	18	17	16	14	13	12	10	9	7
19	10	11	10	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4
20	11	7	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1	–

Bodenartengruppe 1.3: SL4, SLu

Tab. 3a: KAf für BAG 1.3: Grünland: We 8 dm, nFKWe 140 mm (125 – 155 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 10	≤ 2	430	395	365	335	305	275	240	210	180	150	120	85	55	10
11	3	415	385	355	325	295	265	235	205	175	145	115	83	53	9
12	4	405	375	345	315	290	260	230	200	170	140	110	80	50	7
13	5	290	270	250	225	205	185	165	145	120	100	80	60	40	7
14	6	200	185	175	160	145	130	115	100	85	70	55	40	25	5
15	7	125	115	105	100	90	80	70	60	55	45	35	25	17	4
16	8	65	60	55	50	47	43	38	33	29	24	19	15	10	3
17	9	35	32	30	28	25	23	20	18	16	13	11	8	6	2
18	10	19	18	16	15	14	12	11	10	8	7	6	4	3	1
19	11	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	1	1	1	–

Tab. 3b: KAf für BAG 1.3: Getreide: We 10 dm, nFKWe 160 mm (145 – 175 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 12	≤ 2	270	235	200	160	120	85	45	10
13	3	260	225	190	155	115	80	43	9
14	4	245	215	180	145	110	75	42	9
15	5	200	175	145	120	90	65	35	8
16	6	115	100	85	70	55	40	20	6
17	7	45	40	35	30	25	15	10	5
18	8	36	32	27	23	18	14	9	4
19	9	27	24	20	17	14	10	7	3
20	10	19	16	14	11	9	7	3	2
21	11	12	10	9	7	6	4	2	1
22	12	7	6	5	4	3	2	1	–

Tab. 3c: KAf für BAG 1.3: Hackfrüchte & Mais: We 10 dm, nFKWe 160 mm (145 – 175 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 12	≤ 2	260	245	225	205	190	170	150	130	110	90	75	55	37
13	3	230	215	200	185	170	150	135	115	90	80	65	45	30
14	4	195	180	165	155	140	125	110	95	80	65	50	35	20
15	5	150	140	125	115	105	95	80	70	60	50	35	25	14
16	6	95	85	80	75	65	60	55	45	40	30	25	18	10
17	7	35	33	30	28	26	23	21	18	16	14	12	10	7
18	8	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6
19	9	23	21	20	19	17	16	14	13	11	10	8	6	5
20	10	17	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
21	11	13	12	11	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2
22	12	6	5	5	5	4	4	4	4	4	3	3	3	2

Bodenartengruppe 1.4: Ls2, Ls3, Ls4

Tab. 4a: KAf für BAG 1.4: Grünland: We 9 dm, nFKWe 140 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 12	≤ 3	420	385	355	325	295	265	235	205	175	145	110	80	55	10
13	4	415	380	355	320	285	255	230	195	170	140	108	78	50	8
14	5	400	370	340	310	280	250	225	190	165	135	105	75	48	7
15	6	290	270	250	225	205	185	165	145	120	100	80	60	40	6
16	7	195	180	165	150	140	125	110	95	80	70	55	40	25	5
17	8	115	105	95	90	80	70	65	55	50	40	30	25	15	4
18	9	60	55	50	45	42	38	34	30	25	22	18	13	9	3
19	10	30	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	2
20	11	20	18	17	16	14	13	12	10	9	7	6	5	3	1
21	12	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	1	1	–	–

Tab. 4b: KAf für BAG 1.4: Getreide: We 11 dm, nFKWe 175 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 14	≤ 3	250	215	180	145	110	75	40	8
15	4	245	210	175	140	105	73	39	7
16	5	230	200	165	130	95	70	37	6
17	6	195	165	140	115	85	60	30	5
18	7	110	95	80	65	50	35	20	4
19	8	40	35	30	25	20	15	8	3
20	9	30	25	22	18	15	10	6	2
21	10	22	19	16	13	10	7	4	1
22	11	14	12	10	8	6	4	2	1
23	12	9	7	6	5	4	3	2	1
24	13	4	4	3	3	2	2	1	0

Tab. 4c: KAf für BAG 1.4: Hackfrucht & Mais: We 11 dm, nFKWe 175 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 14	≤ 3	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
15	4	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
16	5	175	160	145	135	120	110	95	80	70	60	45	30	17
17	6	140	125	115	105	95	85	70	60	50	40	30	17	10
18	7	85	80	70	65	60	55	45	40	35	27	20	14	7
19	8	27	25	24	22	21	20	18	16	15	13	12	10	5
20	9	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	4
21	10	15	15	13	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3
22	11	12	12	10	10	9	8	7	6	5	4	3	2	2
23	12	8	8	7	6	6	5	4	4	3	3	3	2	2
24	13	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1	0

Bodenartengruppe 2.1: fS, fSms, fSgs

Tab. 5a: KAf für BAG 2.1: Grünland: We 6 dm, nFKWe 100 mm (85 – 115 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 10	≤ 4	385	360	330	300	270	245	220	190	160	135	105	80	50	10
11	5	370	355	320	290	265	240	210	185	155	130	100	75	45	9
12	6	345	320	295	270	245	220	195	170	145	120	95	70	43	8
13	7	265	245	225	205	190	170	150	130	110	90	75	55	35	7
14	8	180	170	155	140	125	115	100	85	75	60	50	40	25	7
15	9	105	98	90	82	75	68	60	52	45	37	30	22	15	6
16	10	50	47	43	40	36	33	30	26	23	20	16	13	10	5
17	11	26	24	22	21	19	17	16	14	13	11	9	8	6	4
18	12	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
19	13	5	5	4	4	4	3	3	3	3	2	2	2	1	1

Tab. 5b: KAf für BAG 2.1: Getreide: We 8 dm, nFKWe 120 mm (105 – 135 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 12	≤ 4	285	245	205	165	125	85	45	6
13	5	265	225	190	155	115	80	42	5
14	6	245	210	175	140	105	70	38	4
15	7	180	155	130	105	80	55	30	3
16	8	130	110	95	75	55	40	20	3
17	9	50	43	36	29	22	15	9	2
18	10	27	24	20	17	13	10	6	2
19	11	16	13	11	9	7	5	3	1
20	12	11	9	8	6	5	3	2	1
21	13	7	6	5	4	3	3	2	1

Tab. 5c: KAf für BAG 2.1: Hackfrucht & Mais: We 8 dm, nFKWe 120 mm (105 – 135 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 12	≤ 4	285	265	245	225	205	185	165	145	125	105	85	65	45
13	5	265	245	225	205	190	160	145	130	115	95	75	55	40
14	6	220	205	190	170	155	135	120	105	90	70	55	40	30
15	7	165	155	140	130	115	100	90	75	65	50	37	28	20
16	8	95	90	80	75	65	60	55	45	40	30	25	20	15
17	9	40	35	31	29	27	25	23	20	18	16	14	12	10
18	10	22	20	19	18	17	16	15	13	12	11	10	8	8
19	11	14	13	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	6
20	12	11	11	10	10	9	9	8	7	7	6	5	4	3
21	13	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	1	1

Bodenartengruppe 2.2: Su4

Tab. 6a: KAf für BAG 2.2: Grünland: We 7 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 10	≤ 3	345	320	295	270	245	220	195	170	145	120	95	70	45	10
11	4	320	295	270	250	225	205	180	155	135	110	90	65	42	9
12	5	295	270	250	230	210	190	165	145	125	105	85	60	40	9
13	6	230	215	195	180	165	150	130	115	100	80	65	50	35	8
14	7	150	140	130	120	110	100	90	75	65	55	45	35	25	7
15	8	80	75	70	65	60	55	50	40	35	30	25	20	15	6
16	9	37	35	32	30	27	25	23	20	18	15	13	10	8	5
17	10	19	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	5	4
18	11	11	10	10	9	9	8	8	7	7	6	5	4	4	3
19	12	5	5	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	–	–

Tab. 6b: KAf für BAG 2.2: Getreide: We 9 dm, nFKWe 175 mm (160 – 190 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 12	≤ 3	205	180	150	120	95	65	35	8
13	4	195	170	140	115	90	60	33	7
14	5	180	155	130	105	80	55	31	6
15	6	140	120	100	80	60	45	25	5
16	7	95	80	70	55	45	30	15	4
17	8	50	45	38	30	25	17	10	3
18	9	30	26	22	18	14	10	6	2
19	10	20	17	15	12	10	7	5	2
20	11	15	13	11	9	7	5	3	1
21	12	7	6	5	4	3	2	1	1

Tab. 6c: KAf für BAG 2.2: Hackfrucht & Mais: We 9 dm, nFKWe 175 mm (160 – 190 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 12	≤ 3	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
13	4	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
14	5	170	155	140	130	115	105	95	80	70	60	45	30	17
15	6	120	115	105	95	85	75	65	60	50	40	30	20	11
16	7	60	55	50	45	40	37	33	29	25	20	16	12	8
17	8	24	22	20	19	18	16	15	14	12	11	9	8	6
18	9	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	5
19	10	11	10	9	9	8	7	6	6	5	5	5	4	3
20	11	7	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2
21	12	5	5	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1

Bodenartengruppe 2.3: Lu, Uls, Tu4

Tab. 7a: KAf für BAG 2.3: Grünland: We 9 dm, nFKWe 170 mm (155 – 185 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 13	≤ 4	325	305	280	255	230	210	185	160	140	115	90	70	45	10
14	5	305	285	265	240	220	200	175	155	130	110	85	65	43	9
15	6	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	8
16	7	200	190	175	160	145	130	115	105	90	75	60	45	30	8
17	8	140	130	120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	7
18	9	75	70	65	60	55	50	45	40	35	29	24	18	13	6
19	10	31	29	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	4
20	11	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	5	4	3
21	12	10	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	4	3	2
22	13	5	5	4	4	3	3	2	2	2	2	1	1	–	–

Tab. 7b: KAf für BAG 2.3: Getreide: We 11 dm, nFKWe 210 mm (195 – 225 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 15	≤ 4	170	150	125	100	80	55	30	8
16	5	160	140	115	95	72	50	28	7
17	6	140	120	100	80	65	45	25	6
18	7	100	85	70	60	45	30	18	5
19	8	65	60	50	40	33	24	15	6
20	9	35	30	27	23	18	13	9	5
21	10	17	16	13	11	9	8	6	5
22	11	13	11	10	9	8	7	5	4
23	12	10	9	8	8	7	5	4	3
24	13	8	7	6	5	4	3	2	1
25	14	6	5	4	3	2	2	1	–

Tab. 7c: KAf für BAG 2.3: Hackfrucht & Mais: We 11 dm, nFKWe 210 mm (195 – 225 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 15	≤ 4	200	185	175	160	145	130	115	100	85	70	55	40	20
16	5	185	170	160	145	130	115	105	90	75	60	45	35	18
17	6	150	140	130	115	105	95	85	75	60	50	38	29	14
18	7	110	100	92	84	75	65	60	51	43	35	27	19	10
19	8	52	48	45	41	37	33	30	25	22	18	14	10	5
20	9	18	17	16	15	14	12	10	8	7	6	5	4	3
21	10	12	11	11	10	9	8	7	7	6	5	4	3	2
22	11	8	7	6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2
23	12	6	5	4	4	3	3	3	2	2	2	1	1	1
24	13	5	5	4	4	3	2	2	1	1	1	1	–	–
25	14	4	3	2	2	2	2	1	1	1	–	–	–	–

Bodenartengruppe 3.1: Us, Ut4

Tab. 8a: KAf für BAG 3.1: Grünland: We 9 dm, nFKWe 190 mm (175 – 205 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 16	≤ 7	140	130	120	110	100	90	82	73	63	53	44	35	25	10
18	9	138	128	118	108	98	88	80	71	61	51	42	33	23	8
20	11	136	126	116	106	96	86	78	69	59	49	40	31	21	7
22	13	128	120	110	101	92	83	74	65	56	47	38	29	20	7
24	15	117	109	100	92	84	76	78	60	51	43	35	27	19	6
26	17	97	90	83	76	69	62	55	49	42	35	28	21	14	5
28	19	62	58	54	49	45	41	36	32	27	23	19	14	10	3
30	21	38	37	34	32	29	26	23	21	18	15	13	10	7	3
32	23	26	24	22	20	19	17	15	13	11	10	8	6	4	2
34	25	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1

Tab. 8b: KAf für BAG 3.1: Getreide: We 11 dm, nFKWe 230 mm (215 – 245 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 18	≤ 7	90	78	66	54	42	30	18	6
20	9	88	76	64	53	40	28	16	6
22	11	82	71	60	49	38	27	16	5
24	13	75	65	55	45	35	25	15	5
26	15	62	53	45	37	29	21	12	4
28	17	40	35	29	24	19	13	8	3
30	19	28	14	20	17	13	10	6	2
32	21	16	14	12	10	8	6	4	2
34	23	8	7	6	5	4	3	3	2

Tab. 8c: KAf für BAG 3.1: Hackfrucht & Mais: We 11 dm, nFKWe 230 mm (215 – 245 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 18	≤ 7	88	82	75	69	62	55	49	42	36	29	22	16	7
20	9	84	78	71	65	59	53	47	40	34	28	22	16	7
22	11	73	68	62	57	52	46	41	35	30	25	19	14	7
24	13	60	55	51	46	42	37	33	29	24	20	15	11	6
26	15	39	36	34	31	28	24	22	20	17	14	11	8	6
28	17	26	24	23	21	19	17	15	14	12	10	8	6	4
30	19	15	14	13	12	11	10	9	8	7	7	6	5	3
32	21	10	10	9	8	7	7	6	5	5	4	3	3	2
34	23	8	8	7	7	6	6	5	5	4	3	2	2	1

Bodenartengruppe 3.2: Uu, Ut2, Ut3

Tab. 9a: KAf für BAG 3.2: Grünland: We 9 dm, nFKWe 230 mm (215 – 245 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 18	≤ 9	100	93	87	80	73	67	60	53	47	40	33	27	20	10
20	11	99	91	85	78	72	65	58	52	45	39	32	25	19	9
22	13	96	90	83	77	70	64	57	51	44	38	31	25	18	8
24	15	92	85	79	73	67	60	54	48	41	35	29	22	16	7
26	17	87	81	75	69	63	57	51	45	39	33	27	21	15	6
28	19	67	62	58	53	49	44	39	35	30	26	21	16	12	5
30	21	50	46	43	40	36	33	29	26	23	19	16	12	9	4
32	23	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	3
34	25	19	18	16	15	14	12	11	10	8	7	6	4	3	1
36	27	10	9	9	8	7	7	6	5	5	4	3	3	2	1

Tab. 9b: KAf für BAG 3.2: Getreide: We 11 dm, nFKWe 270 mm (255 – 285 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 20	≤ 9	61	53	45	37	29	21	13	5
22	11	60	52	44	36	28	20	12	5
24	13	53	46	39	32	25	18	11	4
26	15	46	40	34	28	22	16	10	4
28	17	42	36	31	25	19	14	8	3
30	19	27	24	20	17	13	9	6	2
32	21	13	11	10	8	6	5	3	2
34	23	8	7	6	5	4	3	2	2
36	25	5	5	4	4	3	3	2	1

Tab. 9c: KAf für BAG 3.2: Hackfrüchte & Mais: We 11 dm, nFKWe 270 mm (255 – 285 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 20	≤ 9	64	60	55	50	46	41	36	32	27	22	18	13	8
22	11	60	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	13	8
24	13	50	46	43	39	36	32	28	45	21	18	14	10	7
26	15	40	37	34	31	29	26	23	20	17	15	12	9	6
28	17	24	22	21	19	18	16	14	13	11	10	8	8	5
30	19	13	12	11	11	10	9	8	7	6	6	5	4	3
32	21	11	10	9	9	8	7	7	6	5	4	3	2	1
34	23	7	7	6	6	5	5	4	4	3	2	2	1	1
36	25	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	1	–	–

Bodenartengruppe 4.1: Tt, Tl, Tu2, Ts2, Ts3

Tab. 10a: KAf für BAG 4.1: Grünland: We 9 dm, nFKWe 120 mm (105 – 135 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchartspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 10	≤ 1	420	390	360	330	300	270	240	210	180	150	115	85	65	10
11	2	415	385	355	325	295	265	235	205	175	155	112	83	55	10
12	3	390	360	330	305	275	245	219	191	163	135	107	79	51	9
13	4	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	8
14	5	180	170	155	145	130	120	105	90	80	65	55	40	27	7
15	6	105	100	90	85	75	70	60	55	45	40	32	25	17	6
16	7	50	47	43	40	37	33	30	27	23	20	17	13	10	5
17	8	27	26	24	22	21	19	17	16	14	12	10	9	7	4
18	9	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3
19	10	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2

Tab. 10b: KAf für BAG 4.1: Getreide: We 11 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchartspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 12	≤ 1	270	235	195	160	120	85	45	8
13	2	260	225	190	155	115	80	43	8
14	3	250	215	180	145	110	75	42	7
15	4	200	170	145	115	90	60	35	7
16	5	60	53	45	37	29	20	13	5
17	6	37	32	28	23	18	14	9	5
18	7	26	23	20	17	14	11	7	4
19	8	18	16	14	12	9	7	3	2
20	9	12	10	9	8	6	4	2	2
21	10	6	6	5	4	3	2	2	1

Tab. 10c: KAf für BAG 4.1: Hackfrüchte & Mais: We 11 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchartspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 12	≤ 1	260	245	225	205	190	170	150	130	110	90	75	55	37
13	2	230	220	200	185	170	150	135	115	90	80	65	45	30
14	3	190	180	165	155	140	125	110	95	75	65	50	35	20
15	4	145	135	120	110	100	88	77	66	55	44	33	22	14
16	5	75	70	65	60	55	50	45	40	30	25	17	14	10
17	6	37	34	31	27	25	22	18	16	15	14	12	11	8
18	7	21	19	17	16	16	15	14	13	12	11	10	9	6
19	8	12	11	11	10	10	10	9	9	8	8	7	6	4
20	9	9	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	3
21	10	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1

Bodenartengruppe 4.2: Lt2, Lt3, Lts, Ts4

Tab. 11a: KAf für BAG 4.2: Grünland: We 9 dm, nFKWe 120 mm (105 – 135 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 11	≤ 2	420	390	360	330	300	270	240	210	180	150	115	85	65	10
12	3	415	385	355	325	295	265	235	205	175	155	112	83	55	10
13	4	390	360	330	305	275	245	219	191	163	135	107	79	51	9
14	5	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	8
15	6	180	170	155	145	130	120	105	90	80	65	55	40	27	7
16	7	105	100	90	85	75	70	60	55	45	40	32	25	17	6
17	8	50	47	43	40	37	33	30	27	23	20	17	13	10	5
18	9	27	26	24	22	21	19	17	16	14	12	10	9	7	4
19	10	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	3
20	11	7	7	6	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2

Tab. 11b: KAf für BAG 4.2: Getreide: We 11 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 13	≤ 2	270	235	195	160	120	85	45	8
14	3	260	225	190	155	115	80	43	8
15	4	250	215	180	145	110	75	42	7
16	5	200	170	145	115	90	60	35	7
17	6	120	105	90	75	55	40	25	6
18	7	60	53	45	37	29	20	13	5
19	8	37	32	28	23	18	14	9	5
20	9	26	23	20	17	14	11	7	4
21	10	18	16	14	12	9	7	3	2
22	11	12	10	9	8	6	4	2	2
23	12	6	6	5	4	3	2	2	1

Tab. 11c: KAf für BAG 4.2: Hackfrüchte & Mais: We 11 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 13	≤ 1	260	245	225	205	190	170	150	130	110	90	75	55	37
14	2	230	220	200	185	170	150	135	115	90	80	65	45	30
15	3	190	180	165	155	140	125	110	95	75	65	50	35	20
16	4	145	135	120	110	100	90	80	65	55	44	32	12	12
17	5	89	82	76	70	63	57	50	44	37	31	25	18	10
18	6	47	44	41	38	35	32	29	26	23	20	17	14	8
19	7	29	25	22	21	20	19	18	16	15	14	12	11	6
20	8	21	19	17	16	16	15	14	13	12	11	10	9	5
21	9	12	11	11	10	10	10	9	9	8	8	7	6	4
22	10	9	8	7	7	7	6	6	6	5	5	5	4	3
23	11	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1

Bodenartengruppe 4.3: Tu3

Tab. 12a: KAf für BAG 4.3: Grünland: We 9 dm, nFKWe 150 mm (135 – 165 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 11	≤ 2	385	360	330	305	275	245	220	190	165	135	105	80	50	10
12	3	380	355	325	300	270	240	215	188	160	132	103	78	49	10
13	4	350	325	300	275	250	225	200	175	150	125	97	72	47	9
14	5	260	245	225	205	185	170	150	130	110	95	75	55	36	8
15	6	165	150	140	130	120	105	95	85	70	60	48	35	25	7
16	7	95	90	82	75	69	62	55	49	42	36	29	22	16	6
17	8	44	41	38	35	32	29	26	23	20	17	15	12	9	5
18	9	25	23	22	20	19	17	15	14	12	11	9	8	6	4
19	10	12	12	11	10	10	9	8	8	7	6	6	5	4	3
20	11	7	7	6	5	5	4	3	3	2	2	2	1	1	1

Tab. 12b: KAf für BAG 4.3: Getreide: We 11 dm, nFKWe 175 mm (160 – 190 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 13	≤ 2	240	210	175	140	110	75	42	8
14	3	235	200	170	135	105	72	40	8
15	4	220	190	160	130	100	68	38	7
16	5	180	155	130	105	80	55	32	7
17	6	110	95	80	65	50	35	20	6
18	7	57	50	42	35	27	20	13	5
19	8	32	28	24	20	16	12	8	4
20	9	24	21	18	15	12	9	6	3
21	10	16	14	12	10	8	6	4	2
22	11	8	7	6	5	4	3	2	1

Tab. 12c: KAf für BAG 4.3: Hackfrüchte & Mais: We 11 dm, nFKWe 175 mm (160 – 190 mm).

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 13	≤ 2	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	45	50
14	3	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
15	4	170	155	145	130	120	105	95	80	70	60	45	30	17
16	5	135	120	110	100	90	80	70	60	51	41	31	21	10
17	6	80	75	68	62	55	50	45	38	32	26	20	14	8
18	7	40	38	35	32	29	26	24	21	18	15	12	10	7
19	8	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	6
20	9	20	18	17	16	15	14	12	11	10	9	7	6	5
21	10	13	12	11	11	10	10	9	9	8	7	6	5	4
22	11	6	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1	1

Bodenartengruppe 5.1: Hhz1, Hhz2 mit SV1–3 & Hhz3 mit SV1–2

Tab. 13a: KAf für BAG 5.1: Grünland: We 4 dm, nFKWe 240 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 7	≤ 3	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	10
8	4	268	250	230	210	190	170	150	135	115	95	75	55	38	9
9	5	240	225	205	190	175	155	140	120	105	85	70	50	34	8
10	6	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	60	45	29	7
11	7	135	125	115	105	95	85	75	65	55	50	38	28	20	6
12	8	75	70	65	60	55	50	45	40	35	29	24	18	13	5
13	9	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4
14	10	12	11	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3
15	11	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1

Tab. 13b: KAf für BAG 5.1: Getreide: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 9	≤ 3	55	50	43	36	30	22	15	8
10	4	55	50	43	36	30	22	15	8
11	5	54	48	40	34	27	20	14	7
12	6	51	45	38	32	25	19	13	6
13	7	44	38	33	27	22	17	11	6
14	8	33	29	25	21	17	13	9	5
15	9	23	20	17	15	12	9	7	4
16	10	13	12	10	9	7	6	4	3
17	11	6	6	5	5	4	4	3	2

Tab. 13c: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchartspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 9	≤ 3	55	50	46	42	38	34	30	25	21	17	13	7	4
10	4	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13	7	4
11	5	50	46	43	39	35	31	27	24	20	16	12	6	4
12	6	43	40	37	34	30	37	24	20	17	14	10	7	3
13	7	33	30	28	25	23	21	18	16	13	11	9	6	3
14	8	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3
15	9	20	18	17	16	14	13	11	10	8	7	6	4	3
16	10	13	12	11	10	9	8	7	6	5	5	4	3	2
17	11	9	9	8	8	7	6	6	5	4	4	3	2	1

Bodenartengruppe 5.2: Hhz3 mit SV3

Tab. 14a: KAf für BAG 5.2: Grünland: We 4 dm, nFKWe 240 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 5	≤ 1	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	10
6	2	268	250	230	210	190	170	150	135	115	95	75	55	38	9
7	3	240	225	205	190	175	155	140	120	105	85	70	50	34	8
8	4	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	60	45	29	7
9	5	135	125	115	105	95	85	75	65	55	50	38	28	20	6
10	6	75	70	65	60	55	50	45	40	35	29	24	18	13	5
11	7	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4
12	8	12	11	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3
13	9	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1

Tab. 14b: KAf für BAG 5.2: Getreide: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 7	≤ 1	55	50	43	36	30	22	15	8
8	2	55	50	43	36	30	22	15	8
9	3	54	48	40	34	27	20	14	7
10	4	51	45	38	32	25	19	13	6
11	5	44	38	33	27	22	17	11	6
12	6	33	29	25	21	17	13	9	5
13	7	23	20	17	15	12	9	7	4
14	8	13	12	10	9	7	6	4	3
15	9	6	6	5	5	4	4	3	2

Tab. 14c: KAf für BAG 5.2: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchartspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 7	≤ 1	55	50	46	42	38	34	30	25	21	17	13	7	4
8	2	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13	7	4
9	3	50	46	43	39	35	31	27	24	20	16	12	6	4
10	4	43	40	37	34	30	37	24	20	17	14	10	7	3
11	5	33	30	28	25	23	21	18	16	13	11	9	6	3
12	6	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3
13	7	20	18	17	16	14	13	11	10	8	7	6	4	3
14	8	13	12	11	10	9	8	7	6	5	5	4	3	2
15	9	9	9	8	8	7	6	6	5	4	4	3	2	1

Bodenartengruppe 5.3: Hh mit SV4, SV5

Tab. 15a: KAf für BAG 5.3: Grünland: We 4 dm, nFKWe 240 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 4	0	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	10
5	1	268	250	230	210	190	170	150	135	115	95	75	55	38	9
6	2	240	225	205	190	175	155	140	120	105	85	70	50	34	8
7	3	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	60	45	29	7
8	4	135	125	115	105	95	85	75	65	55	50	38	28	20	6
9	5	75	70	65	60	55	50	45	40	35	29	24	18	13	5
10	6	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4
11	7	12	11	10	10	9	9	8	8	7	6	6	5	4	3
12	8	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	2	2	1	1

Tab. 15b: KAf für BAG 5.3: Getreide: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 6	0	55	50	43	36	30	22	15	8
7	1	55	50	43	36	30	22	15	8
8	2	54	48	40	34	27	20	14	7
9	3	51	45	38	32	25	19	13	6
10	4	44	38	33	27	22	17	11	6
11	5	33	29	25	21	17	13	9	5
12	6	23	20	17	15	12	9	7	4
13	7	13	12	10	9	7	6	4	3
14	8	6	6	5	5	4	4	3	2

Tab. 15c: KAf für BAG 5.3: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 360 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40	
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 6	0	55	50	46	42	38	34	30	25	21	17	13	7	4	
7	1	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	13	7	4	
8	2	50	46	43	39	35	31	27	24	20	16	12	6	4	
9	3	43	40	37	34	30	37	24	20	17	14	10	7	3	
10	4	33	30	28	25	23	21	18	16	13	11	9	6	3	
11	5	27	25	23	21	19	17	15	13	11	9	7	5	3	
12	6	20	18	17	16	14	13	11	10	8	7	6	4	3	
13	7	13	12	11	10	9	8	7	6	5	5	4	3	2	
14	8	9	9	8	8	7	6	6	5	4	4	3	2	1	

Bodenartengruppe 6.1: Hnz1, Hnz2 mit SV1–4

Tab. 16a: KAf für BAG 6.1: Grünland: We 4 dm, nFKWe 120 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 7	≤ 3	435	405	370	340	310	280	245	215	185	151	120	90	60	10
8	4	415	285	355	325	295	265	235	205	175	145	115	85	55	10
9	5	395	365	340	310	280	255	225	195	165	140	110	80	53	9
10	6	290	270	250	230	205	185	165	145	125	100	80	60	40	8
11	7	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	58	43	29	7
12	8	127	118	110	100	90	80	75	65	55	45	35	28	19	6
13	9	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	15	11	5
14	10	37	34	32	30	27	25	22	20	18	15	13	10	8	4
15	11	19	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	3
16	12	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1

Tab. 16b: KAf für BAG 6.1: Getreide: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 9	≤ 3	205	180	150	120	95	65	40	10
10	4	200	170	145	115	90	63	36	10
11	5	180	155	130	105	80	57	33	9
12	6	160	135	115	95	70	50	30	8
13	7	110	95	80	65	50	35	20	7
14	8	52	45	39	33	26	20	13	6
15	9	25	23	20	17	15	12	9	6
16	10	19	17	15	13	11	9	7	5
17	11	12	11	10	8	7	6	5	4
18	12	7	6	6	5	4	3	2	1

Tab. 16c: KAf für BAG 6.1: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 9	≤ 3	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
10	4	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
11	5	180	165	150	135	120	105	95	80	70	60	45	30	17
12	6	150	135	125	110	100	85	75	60	50	45	25	18	10
13	7	110	105	95	85	75	65	55	45	38	30	19	15	8
14	8	85	78	70	65	57	50	43	36	29	22	15	10	5
15	9	57	52	48	43	39	34	29	25	20	15	11	6	2
16	10	31	28	26	23	21	19	16	14	11	9	7	4	1
17	11	15	14	12	11	11	9	8	7	6	5	4	3	–
18	12	9	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	1	–

Bodenartengruppe 6.2: Hnz1, Hnz2 mit SV5 & Hnz3 mit SV1–3

Tab. 17a: KAf für BAG 6.2: Grünland: We 4 dm, nFKWe 120 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
6	≤ 2	435	405	370	340	310	280	245	215	185	151	120	90	60	10
7	3	415	285	355	325	295	265	235	205	175	145	115	85	55	10
8	4	395	365	340	310	280	255	225	195	165	140	110	80	53	9
9	5	290	270	250	230	205	185	165	145	125	100	80	60	40	8
10	6	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	58	43	29	7
11	7	127	118	110	100	90	80	75	65	55	45	35	28	19	6
12	8	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	15	11	5
13	9	37	34	32	30	27	25	22	20	18	15	13	10	8	4
14	10	19	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	3
15	11	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1

Tab. 17b: KAf für BAG 6.2: Getreide: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 8	≤ 2	205	180	150	120	95	65	40	10
9	3	200	170	145	115	90	63	36	10
10	4	180	155	130	105	80	57	33	9
11	5	160	135	115	95	70	50	30	8
12	6	110	95	80	65	50	35	20	7
13	7	52	45	39	33	26	20	13	6
14	8	25	23	20	17	15	12	9	6
15	9	19	17	15	13	11	9	7	5
16	10	12	11	10	8	7	6	5	4
17	11	7	6	6	5	4	3	2	1

Tab. 17c: KAf für BAG 6.2: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 8	≤ 2	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
9	3	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
10	4	180	165	150	135	120	105	95	80	70	60	45	30	17
11	5	150	135	125	110	100	85	75	60	50	45	25	18	10
12	6	110	105	95	85	75	65	55	45	38	30	19	15	8
13	7	85	78	70	65	57	50	43	36	29	22	15	10	5
14	8	57	52	48	43	39	34	29	25	20	15	11	6	2
15	9	31	28	26	23	21	19	16	14	11	9	7	4	1
16	10	15	14	12	11	11	9	8	7	6	5	4	3	–
17	11	9	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	1	–

Bodenartengruppe 6.3: Hnz3 mit SV 4 & Hnz4, Hnz5 mit SV1–3

Tab. 18a: KAf für BAG 6.3: Grünland: We 4 dm, nFKWe 120 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 5	≤ 1	435	405	370	340	310	280	245	215	185	151	120	90	60	10
6	2	415	285	355	325	295	265	235	205	175	145	115	85	55	10
7	3	395	365	340	310	280	255	225	195	165	140	110	80	53	9
8	4	290	270	250	230	205	185	165	145	125	100	80	60	40	8
9	5	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	58	43	29	7
10	6	127	118	110	100	90	80	75	65	55	45	35	28	19	6
11	7	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	15	11	5
12	8	37	34	32	30	27	25	22	20	18	15	13	10	8	4
13	9	19	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	3
14	10	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1

Tab. 18b: KAf für BAG 6.3: Getreide: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
≤ 7	≤ 1	205	180	150	120	95	65	40	10
8	2	200	170	145	115	90	63	36	10
9	3	180	155	130	105	80	57	33	9
10	4	160	135	115	95	70	50	30	8
11	5	110	95	80	65	50	35	20	7
12	6	52	45	39	33	26	20	13	6
13	7	25	23	20	17	15	12	9	6
14	8	19	17	15	13	11	9	7	5
15	9	12	11	10	8	7	6	5	4
16	10	7	6	6	5	4	3	2	1

Tab. 18c: KAf für BAG 6.3: Hackfrüchte & Mais: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
≤ 7	≤ 1	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
8	2	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
9	3	180	165	150	135	120	105	95	80	70	60	45	30	17
10	4	150	135	125	110	100	85	75	60	50	45	25	18	10
11	5	110	105	95	85	75	65	55	45	38	30	19	15	8
12	6	85	78	70	65	57	50	43	36	29	22	15	10	5
13	7	57	52	48	43	39	34	29	25	20	15	11	6	2
14	8	31	28	26	23	21	19	16	14	11	9	7	4	1
15	9	15	14	12	11	11	9	8	7	6	5	4	3	–
16	10	9	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	1	–

Bodenartengruppe 6.4: Hnz3 mit SV5 & Hnz4, Hnz5 mit SV4–5

Tab. 19a: KAf für BAG 6.4: Grünland: We 4 dm, nFKWe 120 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]													
[dm]	[dm]	300	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	30
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]													
≤ 4	0	435	405	370	340	310	180	245	215	185	151	120	90	60	10
5	1	415	285	355	325	295	265	235	205	175	145	115	85	55	10
6	2	395	365	340	310	280	255	225	195	165	140	110	80	53	9
7	3	290	270	250	230	205	185	165	145	125	100	80	60	40	8
8	4	205	190	175	160	145	130	115	100	85	75	58	43	29	7
9	5	127	118	110	100	90	80	75	65	55	45	35	28	19	6
10	6	62	57	53	49	45	40	36	32	28	24	20	15	11	5
11	7	37	34	32	30	27	25	22	20	18	15	13	10	8	4
12	8	19	18	17	16	14	13	12	11	10	8	7	6	5	3
13	9	6	6	5	5	5	4	4	4	3	3	3	2	2	1

Tab. 19b: KAf für BAG 6.4: Getreide: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]							
[dm]	[dm]	160	140	120	100	80	60	40	20
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]							
6	0	205	180	150	120	95	65	40	10
7	1	200	170	145	115	90	63	36	10
8	2	180	155	130	105	80	57	33	9
9	3	160	135	115	95	70	50	30	8
10	4	110	95	80	65	50	35	20	7
11	5	52	45	39	33	26	20	13	6
12	6	25	23	20	17	15	12	9	6
13	7	19	17	15	13	11	9	7	5
14	8	12	11	10	8	7	6	5	4
15	9	7	6	6	5	4	3	2	1

Tab. 19c: KAf für BAG 6.4: Hackfrüchte und Mais: We 6 dm, nFKWe 180 mm.

MGW _v	za	MKWD _v [mm]												
[dm]	[dm]	280	260	240	220	200	180	160	140	120	100	80	60	40
		Fruchtartsspezifische kapillare Aufstiegsmenge (KAf) [mm]												
6	0	220	205	190	175	160	145	130	115	100	85	70	50	30
7	1	205	190	175	160	145	130	115	100	90	75	60	40	25
8	2	180	165	150	135	120	105	95	80	70	60	45	30	17
9	3	150	135	125	110	100	85	75	60	50	45	25	18	10
10	4	110	105	95	85	75	65	55	45	38	30	19	15	8
11	5	85	78	70	65	57	50	43	36	29	22	15	10	5
12	6	57	52	48	43	39	34	29	25	20	15	11	6	2
13	7	31	28	26	23	21	19	16	14	11	9	7	4	1
14	8	15	14	12	11	11	9	8	7	6	5	4	3	–
15	9	9	8	7	6	6	5	4	4	3	3	2	1	–

Anmerkungen

Bei negativen Werten der $MKWD_v$ entspricht die KAf 0 mm.
Die Formel kann nicht für ganzjährige kapillare Aufstiegs Mengen verwendet werden.

Stand

Dezember 2019

Quellen

- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7]
- RENGER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – Geofakten **35**: 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M., STREBEL, O., WESSOLEK, G., MÜLLER, U. & SPONAGEL, H. (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – In: MULL, R. (Hrsg.) (1987): Ergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse, S. 3–61; Weinheim (VCH).
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1986): Einfluss von Grundwasserflurabstand und Grundwasserabsenkung auf die reale Transpiration und den Pflanzenertrag. Schriftenreihe Taxationspraxis, Heft L 15, 129 S. SVK-Verlag.
- RENGER, M., STREBEL, O., SPONAGEL, H. & WESSOLEK, G. (1984): Einfluß von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag landwirtschaftlich genutzter Böden. – Wasser und Boden **36** (10): 499–502.

Verknüpfungsregel 6.5.18

Inhalt	Standörtliches Verlagerungspotenzial (Austauschhäufigkeit)
Eingangsdaten	Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (FKWe) [mm] nach VKR 6.5.9 Sickerwasserrate (SWR) [mm/a] nach VKR 6.5.16
Kennwert	Austauschhäufigkeit der Bodenlösung AH [Stufe] Anteil der jährlich ausgetauschten Bodenlösung im Bodenwasserspeicher AW _j [%]
Kennwertermittlung	Die Auswaschungsgefährdung für nicht sorbierbare Stoffe aus dem durchwurzelten Bodenbereich ergibt sich aus der Austauschhäufigkeit (AH) der Bodenlösung im betrachteten Bodenraum pro Jahr. Die Austauschhäufigkeit errechnet sich aus der Feldkapazität im effektiven Wurzelraum und der jährlichen Sickerwasserrate:

$$AW_j \left[\frac{\%}{a} \right] = \frac{SWR * 100}{FKWe}$$

$$AH \left[\frac{1}{a} \right] = \frac{SWR}{FKWe}$$

Eine Einstufung des standörtlichen Verlagerungsrisikos ergibt sich aus den Tabellen 1 und 2:

Tab. 1: Höhe des Anteils der jährlich ausgetauschten Bodenlösung im Bodenwasserspeicher.

FKWe [mm]	SWR [mm * a ⁻¹]					
	50	100	150	200	300	400
	AW _j [% * a ⁻¹]					
50	100	200	300	400	600	800
100	50	100	150	200	300	400
150	33	67	100	133	200	267
200	25	50	75	100	150	200
250	20	40	60	80	120	160
300	17	33	50	67	100	133
400	13	25	38	50	75	100
500	10	20	30	40	60	80

Tab. 2: Bewertung des standörtlichen Verlagerungsrisikos.

Bewertung des standörtlichen Verlagerungsrisikos					
AH [a ⁻¹]	≤ 0,7	> 0,7 – 1,0	> 1,0 – 1,5	> 1,5 – 2,5	> 2,5
AW _j [% * a ⁻¹]	≤ 70	> 70 – 100	> 100 – 150	> 150 – 250	> 250
Bewertung	sehr gering	gering	mittel	groß	sehr groß

Anmerkungen

Bei Böden mit ausgeprägtem Gefüge (Tonböden) kann es zu Verlagerungsvorgängen in Makroporen kommen. Hier kann die Austauschhäufigkeit um ca. 10 – 20 % höher bewertet werden.
Eventuell auftretende Denitrifikation wird nicht berücksichtigt.

Stand

Mai 2018

Quellen

AG BODENNUTZUNG IN WASSERSCHUTZGEBIETEN DER DBG (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. – Oldenburg (Selbstverlag der DBG).

BOUMA, J. & DE LAAT, P. J. M. (1981): Estimating of the moisture supply capacity of some swelling clay soils in the Netherlands. – J. Hydrol. **49**: 247–259.

DIN 19732 (2011): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotenzials von nichtsorbierbaren Stoffen. – 2011-10, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.5.19

Inhalt	Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers unterhalb des effektiven Wurzelraumes
Eingangsdaten	Feldkapazität (FK) nach VKR 6.1.8 unterhalb des effektiven Wurzelraums (WE) nach VKR 6.1.6 bis zum Grundwasserstand (z. B. MNGW) (FKUZ) [mm/dm] Sickerwasserrate (SWR) [mm/a] nach VKR 6.5.16
Kennwert	v_s [dm/a]
Kennwertermittlung	Die Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers ist der Quotient aus Sickerwasserrate und der Feldkapazität der ungesättigten Zone unterhalb des effektiven Wurzelraumes (FKUZ).

$$v_s \left[\frac{\text{dm}}{\text{a}} \right] = \frac{SWR}{FKUZ}$$

Eine Einstufung der Verlagerungsgeschwindigkeit ergibt sich aus Tabelle 1:

Tab. 1: Bewertung der Verlagerungsgeschwindigkeit.

Bewertung der Verlagerungsgeschwindigkeit (v_s)					
v_s [dm/a]	< 5	$\geq 5 - 10$	$\geq 10 - 15$	$\geq 15 - 20$	≥ 20
	sehr gering	gering	mittel	groß	sehr groß

Anmerkungen	Die Berechnung des Volumenanteils an Wasser sollte für den gesamten Sickerraum schichtweise vorgenommen werden. Bei geschichteten Profilen wird empfohlen, die Verlagerungsgeschwindigkeit für das gesamte Profil anhand der Schicht mit der geringsten Geschwindigkeit auszuweisen, sofern die betreffende Schicht mindestens 2 dm mächtig ist.
Stand	Oktober 2011
Quelle	DIN 19732 (2011): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotenzials von nichtsorbierbaren Stoffen. – 2011-10, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.5.20

Inhalt	Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone
Eingangsdaten	Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers unterhalb des effektiven Wurzelraumes (v_s) [dm/a] nach VKR 6.5.19 Mächtigkeit der ungesättigten Zone (Z_s) [dm]
Kennwert	t_s [a]
Kennwertermittlung	Die Verweilzeit des Sickerwassers ergibt sich aus dem Quotienten von der Mächtigkeit der ungesättigten Zone (Z_s) [dm] und der Verlagerungsgeschwindigkeit (v_s) [dm/a] des Sickerwassers.

$$t_s [a] = \frac{Z_s}{v_s}$$

Anmerkungen	Die Mächtigkeit der ungesättigten Zone kann im Einzelfall nicht aus Bodenkarten gewonnen werden, da diese den Aufbau nur bis 20 dm u. GOK darstellen. Dann sollte die Mächtigkeit der ungesättigten Zone aus Grundwassermessdaten o. Ä. abgeleitet werden.
Stand	Oktober 2011
Quelle	DIN 19732 (2011): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotenzials von nichtsorbierbaren Stoffen. – 2011-10, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.5.21

Inhalt	Pflanzenverfügbares Wasser in der Vegetationsperiode
Eingangsdaten	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum ($nFKWe$) nach VKR 6.5.1 [mm] Menge des Kapillaren Aufstiegs (KA) nach VKR 6.5.15 [mm/a] Menge des Niederschlages in der Vegetationsperiode (N_v) [mm]
Kennwert	WV_{pfl} [mm/a]
Kennwertermittlung	Die im Sommerhalbjahr (01.04. – 30.09.) für die Pflanzen verfügbare Wassermenge WV_{pfl} ist definiert als Summe aus nutzbarer Feldkapazität im effektiven Wurzelraum ($nFKWe$), Menge des mittleren kapillaren Aufstiegs (KA) und der korrigierten Niederschlagshöhe in der Vegetationsperiode (01.04. – 30.09., N_v): $WV_{pfl} [mm/a] = nFKWe + KA + N_v$
Anmerkungen	Dieser Kennwert ergänzt das Pflanzenverfügbare Bodenwasser (W_{pfl}) nach VKR 6.5.4 um die Niederschlagshöhe innerhalb der Vegetationsperiode. Der Kennwert wird insbesondere für die Berechnung der Sickerwasserrate nach TUB_BGR-Verfahren (VKR 6.5.16) benötigt.
Stand	September 2019
Quelle	DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

6.6. Kennwerte zur Bewertung von Substanzverlust und Strukturbeeinträchtigung

Verknüpfungsregel 6.6.4

Inhalt	Verschlammungsneigung
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD)
Kennwert	Ver [Stufe]
Kennwertermittlung	Die Verschlammungsneigung wird in Abhängigkeit der Bodenart bzw. des Tongehaltes des obersten Horizontes in Tabelle 1 abgeschätzt. Nicht aufgeführte Bodenarten sind in Stufe 1 (sehr schwach) einzuordnen.

Tab. 1: Verschlammungsneigung (Ver) bei schluffreichen und feinstsandigen Böden mit Überwiegen der Kornfraktion zwischen 20 und 125 µm.

Bodenart	Bezeichnung	Ver [Stufe]
alle nachstehend nicht aufgeführten Bodenarten	sehr schwach	1
Ut4, Lu, SI3, Slu, mSfs	schwach	2
Ut3, Uls, SI2	mittel	3
Ut2, Su2, fSI2, fS, fSms	stark	4
Uu, Us, Su4, Su3, fSu2, fSu3, fSu4, ffS, ffSu2, ffSI2, ffSI3, ffSI4 ffSlu, ffSu3	sehr stark	5

Anmerkung	Der Wert gilt nur für Ackerböden. Die Bodenart des Ap-Horizontes wird bewertet.
Stand	Dezember 2017
Quelle	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.6.5

Inhalt	Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Effektive Lagerungsdichte (LD) [Stufe] ggf. Packungsdichte (PD) [Stufe] Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Grobbodenanteil (GBA) [Vol.-%] nach VKR 6.1.2 Verfestigungsgrad (Vf) [Stufe] Bodentyp (BOTYP) Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) [cm/d] nach VKR 6.1.11 Luftkapazität (LK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.9
Kennwerte	Potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit von Böden auf Basis des Konzeptes der Vorbelastung (VD_{pot}) [Stufe] Standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit von Böden (VD_{st}) [Stufe] Gefährdung der Bodenfunktionen durch Bodenverdichtung (VDBF) [Stufe]
Kennwertermittlung	Zunächst wird die potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit (VD_{pot}) anhand von Tabelle 1 aus der Bodenart und der effektiven Lagerungsdichte abgeleitet. Die Einstufung basiert auf einer vereinfachten Version des Vorbelastungskonzeptes nach HORN, LEBERT & BURGER (1991) bzw. LEBERT (2008). Um die standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit (VD_{st}) zu bestimmen, werden folgende Standortfaktoren durch Zu- bzw. Abschläge berücksichtigt: - Bodenkundliche Feuchtestufe, - Verfestigungsgrad des Podsol-B-Horizontes, - Grobbodenanteil, - anthropogen überprägte Bodentypen. Im nächsten Schritt erfolgt die Bestimmung und Einstufung der Gefügeeigenschaften, z. B. nach Tabelle 8 aus mehreren Gefügemerkmalen wie der Lagerungsdichte bzw. der Packungsdichte. Im letzten Schritt werden die Kennwerte potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit und Gefügeeigenschaften kombiniert und mit Hilfe der Tabelle 9 die Gefährdung der Bodenfunktion durch Bodenverdichtung (VDBF) abgeleitet. Ein vereinfachter Schätzrahmen zur Ableitung der Verdichtungsempfindlichkeit in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte ist in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Mittlere potenzielle Verdichtungsempfindlichkeiten (VD_{pot}) in Abhängigkeit von der Bodenart und der effektiven Lagerungsdichte (nach LEBERT & SCHÄFER 2005, LEBERT 2008; Werte in Klammern fakultativ).

Bodenarten	Klasse der Verdichtungsempfindlichkeit (VD_{pot}) bei				
	LD 1	LD 2	LD 3	LD 4	LD 5
Ss	5 (6)	(3) 4	(1) 2	1	1
Su2, Sl2, St2	5 (6)	4	2 (3)	1	1
Su3, Su4	5	4 (5)	3 (4)	(2) 3	2
Slu, Sl3, Sl4, St3	5	4 (5)	3 (4)	(2) 3	3
Uu, Us	5	4	3 (4)	(2) 3	2
Ut2, Ut3, Uls	5	4	3	(2) 3	2
Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2	5 (6)	(4) 5	4	(3) 4	3
Lts, Ts4, Ts3	5	5	5	4	4
Lt3, Tu3, Tu4, Ts2, Tl, Tu2, Tt	5	5	4	4	4

Moorböden (HH und HN) und Böden mit Torfauflage können mit dem Vorbelastungskonzept nicht bewertet werden, gelten aber als besonders empfindlich gegenüber Gefügeschäden infolge von mechanischer Belastung. Sie werden in die Klasse 5 eingestuft.

Bei der Berechnung der standortabhängigen Verdichtungsempfindlichkeit (VD_{st}) erfolgt die Einstufung nach Zu- und Abschlägen zu der Klasse aus Tabelle 1 (Tabellen 2 – 6). Durch die Zu- und Abschläge können keine VD_{st} -Stufen > 6 oder < 0 erreicht werden, auch wenn dies mathematisch möglich ist.

Tab. 2: Zu- bzw. Abschläge zur VD_{pot} zur Berücksichtigung der bodenkundlichen Feuchtestufe.

Bodenart	Bodenkundliche Feuchtestufe									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ss, Su2, H*	-2	-1	-1	–	–	–	+1	+1	+2	+2
St3, Slu, Sl4, Sl3, St2, Sl2, Su3	-2	-2	-1	–	–	–	+1	+1	+2	+2
Ut2, Us, Uu, Su4	-2	-2	-1	–	–	+1	+1	+1	+2	+3
Ts4, Ls4	-2	-2	-1	–	–	+1	+1	+1	+2	+3
Ls3, Lt2	-2	-2	-2	–	–	+1	+1	+1	+2	+3
Ut3, Ut4, Uls, Ls2, Lu, Tu4	-2	-2	-2	–	–	+1	+1	+1	+2	+3
Lts, Lt3, Tu3, Ts3	-2	-2	-2	–	–	+1	+1	+1	+2	+3
Tu2, Ts2, Tl, Tt	-2	-2	-2	–	–	+1	+1	+1	+2	+3

Tab. 3: Abschlag zur Berücksichtigung des Verfestigungsgrades bei B-Horizonten von Podsolen.

Verfestigungsgrad des Podsol-B-Horizontes (Vf)	Bodenart	Abschlag
2 – 5 (Orterde – Ortstein)	Su3, Su4, Slu, Sl3, Sl4, St2, St3	-1
3 – 5 (feste Orterde – Ortstein)	S, Su2, Sl2	-1

Tab. 4: Abschläge zur Berücksichtigung des Grobbodenanteils.

Grobbodenanteil [Vol.-%]	Kurzzeichen	Bodenart	Abschlag
25 – 50	x4, g4, gr4	St3, St2, Su3, Su4, Sl3, Sl4, Slu, Lts, Ls4, Lt2, Lt3, Ts4, Ts3	-1
25 – 50	x4, g4, gr4	Us, Ut2, Ut3, Ut4, Uls, Ls2, Lu, Tu3, Tu4, Tu2, Tl	-2

Bei Grobbodenanteilen > 50 % [SKEL: X, G, Gr, x5, g5, gr5] bzw. bei Cn-Horizonten wird die VD_{st}-Stufe 0 angenommen.

Tab. 5: Zuschläge aufgrund des Bodentyps.

Bodentyp	Zuschlag
Böden aus anthropogenen Bildungen – Haldenmaterial (Ye) – Hortisole (YO)	+1
Tiefumbruchböden – Rigosole (YY) – Treposole (YU)	+1

Einstufung und Bewertung der potenziellen und standortabhängigen Verdichtungsempfindlichkeit erfolgen nach Tabelle 6.

Tab. 6: Einstufung der Verdichtungsempfindlichkeit anhand der Vorbelastung (LEBERT & SCHÄFER 2005).

VD _{pot} - bzw. VD _{st} -Klasse	Einstufung
6	äußerst hoch
5	sehr hoch
4	hoch
3	mittel
2	gering
1	sehr gering
0	keine

Die Verdichtungsempfindlichkeit und damit auch die Gefährdung der Bodenfunktionen sind im Wesentlichen abhängig von den Gefügeeigenschaften des Bodens. Die Packungsdichte bzw. die effektive Lagerungsdichte bewertet zusammenfassend mehrere Gefügemerkmale, z. B. Aggregatgröße und Lagerungsart des Bodens, und kann nach Tabelle 8 abgeleitet werden. Die effektive Lagerungsdichte kann auch nach VKR 6.1.3 ermittelt werden.

Tab. 7: Ableitung der Klasse der Packungsdichte und effektiven Lagerungsdichte anhand von Gefügemerkmalen und der Wurzelverteilung (n. DIN 19682-10 und DWA-A 920-1).

Gefügemerkmale				Wurzelverteilung	Packungsdichte		Effektive Lagerungsdichte
Aggregatgröße [Gre]	Verfestigungsgrad der Aggregate [Vf]	Lagerungsart der Aggregate	Flächenanteil Makroporen		Benennung	PD	LD
1 – 2	1	sperrig	sehr hoch	gleichmäßig	sehr gering	1	1
1 – 3	2	offen	hoch	gleichmäßig	gering	2	2
2 – 4	3	halb offen	mittel	ungleichmäßig	mittel	3	3
3 – 5	4	fast geschlossen	gering	starke Häufung in Rissen	hoch	4	4
4 – 5	5	geschlossen	sehr gering	sehr starke Häufung in Rissen	sehr hoch	5	5

Anhand der Gefügemerkmale effektive Lagerungsdichte bzw. Packungsdichte, der Luftkapazität sowie der gesättigten Wasserleitfähigkeit kann eine Empfindlichkeit des Bodengefüges gegenüber zusätzlicher Verdichtung bewertet werden (Tab. 8).

Tab. 8: Einstufung von Gefügeeigenschaften hinsichtlich Empfindlichkeit gegenüber einer Verdichtung.

LK [Vol.%]	kf [cm/d]	LD / PD [Stufe]	Gefügeeigenschaft
< 3 (sehr gering)	< 10 (gering)	4 – 5 (hoch – sehr hoch)	kritisch
3 – 7 (gering)	< 10 (gering)	4 – 5 (hoch – sehr hoch)	kritisch
3 – 7 (gering)	≥ 10 (mittel – äußerst hoch)	4 – 5 (hoch – sehr hoch)	ungünstig
3 – 7 (gering)	< 7	3 (mittel)	ungünstig
3 – 7 (gering)	≥ 7	2 – 3 (gering – mittel)	günstig
> 7 (mittel – sehr hoch)	≥ 10 (mittel – äußerst hoch)	3 – 4 (mittel – hoch)	günstig
> 7 (mittel – sehr hoch)	≥ 10 (mittel – äußerst hoch)	2 (gering)	sehr günstig

**Kennwert-
klassifizierung**

Durch Kombination der Gefügeeigenschaften und der Verdichtungsempfindlichkeit kann die standortabhängige Gefährdung der Bodenfunktion durch Verdichtung (VDBF) abgeleitet werden (Tab. 9).

Tab. 9: Potenzielle Gefährdung der Bodenfunktion durch Verdichtung (VDBF) in Abhängigkeit von der Verdichtungsempfindlichkeit und Gefügeeigenschaften.

standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit n. Tab. 6	Gefügeeigenschaften n. Tab. 8	Gefährdung der Bodenfunktion (VDBF)
1 – 2 (sehr gering – gering)	günstig	gering gefährdet
1 – 3 (sehr gering – mittel)	sehr günstig	gering gefährdet
3 – 4 (mittel – hoch)	sehr günstig, günstig	mäßig gefährdet
1 – 2 (sehr gering – gering)	ungünstig	mäßig gefährdet
5 – 6 (sehr hoch – äußerst hoch)	sehr günstig, günstig	gefährdet
1 – 3 (sehr gering – mittel)	kritisch	gefährdet
3 – 4 (mittel – hoch)	ungünstig	gefährdet
5 – 6 (sehr hoch – äußerst hoch)	ungünstig	hoch gefährdet
4 – 6 (hoch – äußerst hoch)	kritisch	hoch gefährdet

Tab. 10: Beziehung zwischen Gefügeeigenschaften und mechanischer Verdichtungsempfindlichkeit.

Gefügeeigenschaft	sehr günstig	günstig	ungünstig	kritisch
standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit n. Tab. 6				
1 (sehr gering)				
2 (gering)				
3 (mittel)				
4 (hoch)				
5 (sehr hoch)				
6 (äußerst hoch)				

Gefährdung der Bodenfunktion

gering
mäßig
gefährdet
hoch

Anmerkungen

Die Bezugstiefe für die Methode ist frei wählbar. Für Unterbodenverdichtungen wird in der Regel eine Schicht unterhalb der Bearbeitungstiefe betrachtet, z. B. 35 cm Bodentiefe.

Bei einer tagesaktuellen Betrachtung der Verdichtung gilt für alle Böden: Je höher der Wassergehalt, desto größer die Empfindlichkeit gegenüber Verdichtung und Gefügeschäden. Nicht genetisch bedingte hohe Lagerungsdichten/Packungsdichten weisen auf eine schädliche Bodenverdichtung hin.

Stand

August 2017

Quellen

DIN 19682-10 (2014): Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges. – 2014-07, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A 920-1, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).

HORN, R., LEBERT, M. & BURGER, N. (1991): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort auf der Grundlage von Labor- und in-situ-Messungen. – Materialien des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung u. Umweltfragen 73; München.

LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. Bayreuther Bodenkundl. Berichte Band 12, 131 pp.

LEBERT, M. & SCHÄFER, W. (2005): Verdichtungsgefährdung niedersächsischer Ackerböden. – Z. Bodenschutz 2/05: 42–46.

LEBERT, M. (2008): Herleitung und Darstellung der potenziellen mechanischen Verdichtungsempfindlichkeit für Unterböden von Ackerflächen der Bundesrepublik Deutschland. – UBA-Vorhaben FKZ 370771201.

STROBEL, P. (1989): Untersuchungen zur Abschätzung der potentiellen Verdichtungsempfindlichkeit von Böden unter Berücksichtigung der Auswertung von Bodenkarten. – Dipl.-Arbeit Geogr. Inst. der Univ. Hannover [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.6.12

Inhalt	K-Faktor (Bodenerodierbarkeitsfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD), ggf. Labordaten zur Körnung: Schluffgehalt (U) [%] Tongehalt (T) [%] Feinstsandgehalt (ffS) [%] Sandgehalt (S) [%] Organische Substanz (OS) [Gew.-%] bzw. Humusstufe Grobodenanteil (GBA) [%] nach VKR 6.1.3 Gefügekategorie (GEFORM) Gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf) [cm/d] nach VKR 6.1.11
Kennwert	K [t·h·ha ⁻¹ ·N ⁻¹]
Kennwertermittlung	Die Berechnung des K-Faktors erfolgt vierstufig, wobei jede Stufe alternativ mit Hilfe von zwei Gleichungen berechnet wird. Die erste Gleichung gibt den Standardfall an, die zweite Gleichung einen Sonderfall. <u>Bodenartabhängiger K-Faktor K₁:</u> Standardvariante: Für Böden, bei denen der Gewichtsanteil von Schluff und Feinstsand (0,002...0,1 mm) im Feinboden (U+ffS) ≤ 70 Gew.-% ist: $K_1 = 2,77 \cdot 10^{-5} \cdot [(U + ffS) \cdot (100 - T)]^{1,14}$ Für Böden, bei denen der Anteil von Schluff und Feinstsand (0,002...0,1 mm) im Feinboden (U+ffS) > 70 Gew.-% ist: $K_1 = 1,75 \cdot 10^{-5} \cdot [(U + ffS) \cdot (100 - T)]^{1,14} + 0,0024 \cdot (S - ffS) + 0,161$ Alternativ kann für Niedersachsen der K₁-Wert auch aus Tabelle 1 übernommen werden. Die Werte basieren auf statistischen Auswertungen der NIBIS® Labor- und Profildatenbank.

Tab. 1: Werte für K_1 in Abhängigkeit von der Bodenart.

Bodenart	K_1	Bodenart	K_1
fS	0,22	fSl4	0,27
ffS	0,6	ffSl4	0,4
fSgs	0,17	Slu	0,45
fSms	0,12	ffSlu	0,56
gS	0,03	St2	0,12
gSfs	0,15	fSmst2	0,18
gSms	0,06	ffSt2	0,5
mS	0,02	St3	0,18
mSfs	0,07	ffSt3	0,52
mSgs	0,04	Ls2	0,39
Ss	0,13	Ls3	0,33
Su2	0,23	Ls4	0,24
fSmsu2	0,26	Lt2	0,31
fSu2	0,30	Lt3	0,25
ffSu2	0,59	Lts	0,19
Su3	0,38	Lu	0,45
fSu3	0,4	Uu	0,68
ffSu3	0,57	Us	0,59
Su4	0,47	Ufs	0,64
fSu4	0,49	Uffs	0,67
ffSu4	0,56	Uls	0,53
Sl2	0,23	Ut2	0,63
fSl2	0,29	Ut3	0,59
ffSl2	0,56	Ut4	0,53
Sl3	0,28	Tu4	0,45
fSl3	0,31	Tu3	0,34
ffSl3	0,46	Tu2	0,17
Sl4	0,27	Tl	0,1

Im zweiten Schritt wird der Massenanteil organischer Substanz (OS) [Gew.-%] im Boden berücksichtigt und damit der K_2 -Wert berechnet.

Für Böden mit $OS \leq 4 \%$ ($h_0 - h_3$) gilt:

$$K_2 = K_1 * \frac{(12 - OS)}{10}$$

Für Böden mit $OS > 4 \%$ ($h_4 - h_6$) gilt:

$$K_2 = K_1 * 0,8$$

Im dritten Schritt werden die Aggregation und die Wasserdurchlässigkeit (Permeabilität) des Bodens berücksichtigt. Für $K_2 \geq 0,2$ wird die erste, für $K_2 < 0,2$ wird die zweite Gleichung verwendet.

Für Böden mit $K_2 \geq 0,2$:

$$K_3 = K_2 + 0,043 * (A - 2) + 0,033 * (4 - P)$$

Für Böden mit $K_2 < 0,2$:

$$K_3 = 0,091 - 0,34 * K_2 + 1,79 * (K_2)^2 + 0,24 * K_2 * A + 0,033 * (4 - P)$$

mit

A: Aggregatgrößenklasse,

P: Permeabilitätsklasse.

Die Aggregatgrößenklasse läßt sich mit Hilfe von Tabelle 2 und 3 ableiten.

Tab. 2: Ableitung der Aggregatgrößenklasse A.

Beschreibung	GEFORM	mittlere Aggregatgröße [mm]	Aggregatgrößenklasse A
sehr feinkrümelig	gri1 – 2	< 1	1
feinkrümelig	gri3, gre1	1 – < 2	2
mittel- bis grobkrümelig	gri4 – 5, gre2 – 3	2 – 10	3
blockig, plattig oder fest	gre4 – 5, gra1 – 5	> 10	4

Liegen Informationen zur Gefügeausbildung als Ergebnis einer Gefügeansprache nach Bodenkundlicher Kartieranleitung vor, so kann die als Eingangsdatum benötigte Aggregatgrößenklasse A aus Tabelle 3 abgeleitet werden.

Tab. 3: Ableitung der Aggregatgrößenklasse nach SCHWERTMANN, VOGL & KAINZ (1990) aus der Gefügeansprache nach Bodenkundlicher Kartieranleitung (AG BODEN 1994).

Gefügeform		Aggregatgrößenklasse des Makrofeingefüges				
		< 2 mm	2 – 5 mm	5 – 20 mm	20 – 50 mm	> 50 mm
Makrofeingefüge	kru	1	1	2	2	3
	sub	1	2	2	3	3
	pol	1	2	2	3	3
	pri	–	–	3	3	4
	pla	–	3	4	4	4
Grundgefüge	ein	2	–	–	–	–
	kit	2	2	2	1	1
	koh	2	–	–	–	–
Gefügefragmente	bro	4´	4´	3´	3´	4´

– Keine Aussage möglich.

´ Gilt nur für mechanische Zerlegung bei üblicher landwirtschaftlicher Praxis.

Die Permeabilitätsklasse P lässt sich mit Hilfe von Tabelle 4 aus der kf-Stufe ableiten. Die kf-Stufe kann mit VKR 6.1.11 bestimmt werden.

Tab. 4: Ermittlung der Permeabilitätsklasse P.

kf-Stufe		P
kf1	< 1 cm/d	1
kf2	1 – 10 cm/d	2
kf3	10 – 40 cm/d	3
kf4	40 – 100 cm/d	4
kf5	100 – 300 cm/d	5
kf6	> 300 cm/d	6

Im abschließenden Schritt wird noch der Grobbodenanteil berücksichtigt und somit der finale K-Faktor bestimmt.

Wenn Flächenanteil von Steinen (> 2 mm), bezogen auf die Gesamtfläche in % (f_{Stein}), $\leq 1,5$ %:

$$K = K_3$$

Wenn Flächenanteil von Steinen (> 2 mm), bezogen auf die Gesamtfläche in % (f_{Stein}), $> 1,5$ %, dann:

$$K = K_3 * 1,1 * e^{(0,024 * f_{\text{Stein}})} - 0,06$$

Für klassifizierte Werte kann der K-Faktor auch mit Hilfe von Tabelle 5 bestimmt werden.

Tab. 5: Steinbedeckungsabhängiger Anteil K_s des Bodenerodierbarkeitsfaktors K.

Grobbodenanteil	Steinbedeckungsgrad [%]	K
x1, g1, gr1	< 1	$K_3 * 1,00$
x2, g2, gr2	1 – 10	$K_3 * 0,87$
x3, g3, gr3	10 – 30	$K_3 * 0,64$
x4, g4, gr4	30 – 50	$K_3 * 0,39$
x5, g5, gr5	50 – 75	$K_3 * 0,19$
X, G, Gr	> 75	$K_3 * 0,10$

Anmerkung	Aufgrund des geringen Einflusses von Aggregierung und Wasserdurchlässigkeit darf der K-Faktor alternativ ohne Einbeziehung von K_3 ermittelt werden. Dazu setzt man den Wert von K_2 in die Gleichung zur Ermittlung von K ein.
Stand	Juli 2017
Quellen	AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover. DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer). STEINHOFF-KNOPP, B. & BUG, J. (2019): Aktualisierte K-Faktoren für Niedersachsen. Umsetzung der aktualisierten DIN 19708 im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Bodenschutz 3/2019: 84–89.

Verknüpfungsregel 6.6.13

Inhalt **LS-Faktor (Topographiefaktor)
der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)**

Eingangsdaten Hanglänge, erosiv (HLe) [m]
Hangneigung (NEIGPROZ bzw. NEIGGRAD) [% bzw. °]

Kennwert LS [-]

Kennwertermittlung Der LS-Faktor wird als Produkt aus L-Faktor und S-Faktor gebildet:

$$LS = L * S$$

Der L-Faktor kann Tabelle 1, der S-Faktor Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 1: L-Faktor.

(erosive) Hanglänge [m]	L-Faktor [-]	
	bei ≥ 5 % Neigung	bei < 5 % Neigung
10	0,7	0,7
20	1,0	1,0
30	1,1	1,1
40	1,3	1,3
50	1,5	1,4
60	1,7	1,5
70	1,8	1,6
80	1,9	1,7
90	2,0	1,8
100	2,1	1,8
120	2,3	2,0
140	2,5	2,1
160	2,7	2,2
180	2,9	2,3
200	3,0	2,4
240	3,3	2,6
270	3,5	2,7
300	3,7	2,8
350	4,0	3,0
400	4,3	3,2

Tab. 2: S-Faktor.

Neigung [%]	Neigung [°]	S-Faktor [-]
3	1,7	0,3
4	2,3	0,4
5	2,9	0,5
6	3,4	0,6
7	4,0	0,8
8	4,6	0,9
9	5,1	1,0
10	5,7	1,1
11	6,3	1,3
12	6,8	1,4
13	7,4	1,6
14	8,0	1,7
15	8,5	1,9
16	9,1	2,0
17	9,6	2,2
18	10,2	2,4
19	10,8	2,6
20	11,3	2,7
21	11,9	2,9
22	12,4	3,1
23	13,0	3,3
24	13,5	3,5
25	14,0	3,7
26	14,6	3,9
27	15,1	4,1
28	15,6	4,3
29	16,2	4,5
30	16,7	4,7

Anmerkungen

Alternativ zu Tabelle 1 kann der L-Faktor auch mit Hilfe der folgenden Gleichung aus der erosiven Hanglänge (HLe) [m] und dem Hanglängenexponenten m ermittelt werden.

$$L = (0,046 * HLe)^m$$

Der Hanglängenexponent m variiert in Abhängigkeit von der Hangneigung in Grad (NEIGGRAD) [°] und kann mit Hilfe der folgenden Formeln bestimmt werden.

für Hangneigungen $< 4^\circ$:

$$m = 1,2 * \sin(NEIGGRAD)^{1/3}$$

für Hangneigungen $\geq 4^\circ$:

$$m = 0,5$$

Alternativ zu Tabelle 2 kann der S-Faktor mit Hilfe der folgenden Formel aus der NEIGGRAD bestimmt werden.

$$S = -1,5 + \left[\frac{17}{1 + e^{2,3 - 6,1 * \sin NEIGGRAD}} \right]$$

Einschränkungen

Die erosive Hanglänge, gemessen zwischen erstmaligem Auftreten von Oberflächenabfluss am Oberhang und Beginn der Sedimentation am Unterhang, ist kürzer als die gesamte Hanglänge und daher nicht aus topographischen Karten (oder digitalen Höhenpunkten) ableitbar. Anders als z. B. der punktbezogene K-Faktor stellt der L-Faktor einen Mittelwert für den jeweiligen Geländeausschnitt dar.

Der Einfluss ungleichmäßig geneigter Hänge, die aus konkaven und konvexen Abschnitten zusammengesetzt sind, bleibt unberücksichtigt; zur optimierten Ermittlung des LS-Faktors unter entsprechenden Bedingungen s. AUERSWALD et al. (1988).

Aufgrund der Schwierigkeiten bei der Bestimmung der erosiven Hanglänge wird bei der Auswertung des L-Faktors empfohlen, von einem etwa 100 m langen Standardhang auszugehen, welcher, unabhängig von der Neigung, zu einem L-Faktor von 2 führt.

Stand

Dezember 2017

Quellen

AUERSWALD, K., FLACKE, W. & NEUFANG, L. (1988): Räumlich differenzierende Berechnung großmaßstäbiger Erosionsprognosekarten - Modellgrundlagen der ABAG. – Z. Pflanzenernähr. Bodenk. **151**: 369–373.

DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

SCHÄFER, W., SBRESNY, J. & THIEMANN, A. (2017): Methodik zur Einteilung von landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß § 6 Abs. 1 der Agrarzahlen-Verpflichtungenverordnung in Niedersachsen. – Hannover.

SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).

Verknüpfungsregel 6.6.14

Inhalt C-Faktor (Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor)
der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG)

Eingangsdaten Fruchtfolge

Kennwert C [-]

Kennwertermittlung

Tab. 1: C-Faktor.

Reine Mähdrusch-Fruchtfolgen (ohne Körnermais)						
Anteil Gerste und Raps [%]	mit regelmäßiger Verwendung des Pfluges			ohne Pflug		
	reiner Tisch	mittel	raues Feld			
< 33	0,10	0,07	0,04		0,03	
33 – 50	0,10	0,08	0,05		0,04	
> 50	0,01	0,08	0,06		0,04	
Kartoffel-Getreide-Fruchtfolgen						
Anteil an Kartoffeln [%]	keine Bodenbedeckung über Winter vor Kartoffeln			mit Bedeckung über Winter vor Kartoffeln		
	reiner Tisch	mittel	raues Feld	mit Frühjahrsdamm	mit Winterdamm	zusätzlich auch Pflugverzicht bei Getreide
25	0,14	0,12	0,10	0,10	0,05	0,04
33	0,16	0,14	0,12	0,10	0,06	0,05
Zuckerrüben-Getreide-Fruchtfolgen						
Anteil an Zuckerrüben [%]	keine Bodenbedeckung über Winter vor Zuckerrübe			mit Bedeckung über Winter vor Zuckerrübe		
	reiner Tisch	mittel	raues Feld	ZR mit Saattbettbereitung	ZR ohne Saattbettbereitung	zusätzlich auch Pflugverzicht bei Getreide
25	0,12	0,10	0,08	0,08	0,04	0,04
33	0,14	0,12	0,10	0,08	0,05	0,05

Tab. 1: C-Faktor (Fortsetzung).

Mais-Getreide-Fruchtfolgen (auch Mischung mehrerer Hackfrüchte)						
Anteil an Hackfrucht [%]	keine Bodenbedeckung über Winter vor Hackfrucht			mit Bedeckung über Winter vor Hackfrucht		
	reiner Tisch	mittel	raues Feld	HF mit Saattbettbereitung	HF ohne Saattbettbereitung	zusätzlich auch Pflugverzicht bei Getreide
25	0,15	0,13	0,11	0,08	0,04	0,04
33	0,18	0,16	0,14	0,08	0,05	0,05
50	0,28	0,27	0,26	0,10	0,08	0,05
66	0,40	0,38	0,36	0,12	0,09	0,06

Anmerkungen

Die Verknüpfung aller Einflüsse zu einem fruchtfolgeabhängigen C-Faktor kann der großen Variabilität aller Kulturmaßnahmen nur bedingt gerecht werden. Die C-Faktoren wurden vor allem aus bayrischen Untersuchungen abgeleitet.

Stand

Juli 2017

Quellen

DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).

Verknüpfungsregel 6.6.15

Inhalt	P-Faktor (Erosionsschutzfaktor) der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)
Eingangsdaten	Art der Erosionsschutzmaßnahmen (nein/ja durch Konturnutzung) Hangneigung (NEIGPROZ bzw. NEIGGRAD) [% bzw. °]
Kennwert	P [-]
Kennwertermittlung	

Tab. 1: P-Faktoren für Konturnutzung.

Hangneigung		P-Faktor	kritische Hanglänge [m]
[%]	[°]		
3 – < 8	1,7 – < 4,6	0,5	60 – 115
8 – < 12	4,6 – < 6,8	0,6	36 – 60
12 – < 16	6,8 – < 9,1	0,7	21 – 36
16 – < 20	9,1 – < 11,3	0,8	13 – 21
20 – 25	11,3 – 14	0,9	7 – 13

Anmerkung Zur Bewertung sonstiger Schutzmaßnahmen siehe AUERSWALD (1992).

Stand Juli 2017

Quellen

AUERSWALD, K. (1992): Verfeinerte Bewertung von Erosionsschutzmaßnahmen unter deutschen Anbaubedingungen mit dem P-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG). – Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung **33**: 137–144.

DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).

Verknüpfungsregel 6.6.16

Inhalt Aktuelle Erosionsgefährdung durch Wasser (ABAG)

Eingangsdaten R-Faktor nach VKR 6.4.10
K-Faktor nach VKR 6.6.12
LS-Faktor nach VKR 6.6.13
C-Faktor nach VKR 6.6.14
P-Faktor nach VKR 6.6.15

Kennwert E_{akwa} [t/(ha*a) bzw. Stufe]

Kennwertermittlung

$$E_{akwa} = R * K * LS * C * P$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Klassifizierung in Stufen nach Bodenabtrag und physiologischer Gründigkeit (Wp, in Anlehnung an MOSIMANN 1998).

Bodenabtrag [t/(ha*a)]	Physiologische Gründigkeit (Wp) [dm]							
	< 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8	8 – 9	9 – 10	> 10
< 1	0	0	0	0	0	0	0	0
1 – 2	2	2	1	1	1	0	0	0
2 – 3	3	2	2	1	1	1	0	0
3 – 4	3	2	2	2	2	1	1	0
4 – 5	3	3	2	2	2	2	1	1
5 – 6	3	3	2	2	2	2	1	1
6 – 7	3	3	3	2	2	2	2	1
7 – 8	3	3	3	2	2	2	2	2
8 – 9	3	3	3	3	2	2	2	2
9 – 10	3	3	3	3	3	2	2	2
10 – 11	3	3	3	3	3	3	2	2
11 – 12	3	3	3	3	3	3	3	2
> 12	3	3	3	3	3	3	3	3

Tab. 2: Gefährdungsstufen.

Gefährdungsstufe	
0	Gefährdung langfristig unwahrscheinlich
1	Gefährdung kurzfristig unwahrscheinlich
2	Gefährdung wahrscheinlich
3	Gefährdung sehr wahrscheinlich

Anmerkung	Erosionsprozesse durch Schmelzwasser bleiben unberücksichtigt.
Stand	Oktober 2019
Quellen	MOSIMANN, T. (1998): Beurteilungsmaßstäbe für die Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenerosion. – In: RICHTER, G. (Hrsg.) (1998): Bodenerosion in Analyse und Bilanz eines Umweltproblems; Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft). SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).

Verknüpfungsregel 6.6.17

Inhalt **Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser (ABAG) und Wassererosionsgefährdungsklasse gemäß Agrarzahlen-Verpflichtungenverordnung**

Eingangsdaten K-Faktor nach VKR 6.6.12
S-Faktor nach VKR 6.6.13
R-Faktor nach VKR 6.4.10

Kennwert E_{natwa} [t/(ha*a) bzw. Stufe]
 CC_{Wasser}

Kennwertermittlung

$$E_{natwa} = R * K * S * 2$$

Tab. 1: Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wasser und Wassererosionsgefährdungsklasse gemäß Agrarzahlen-Verpflichtungenverordnung.

[t/(ha*a)]	Erosionsgefährdung		Wassererosions-Gefährdungsklasse nach Cross Compliance
	Bezeichnung	Kurzzeichen bzw. Stufe	
< 1	keine bis sehr gering	E_{natwa} 0	CC 0
1 – < 5	sehr gering	E_{natwa} 1	
5 – < 10	gering	E_{natwa} 2	
10 – < 15	mittel	E_{natwa} 3	
15 – < 30	hoch	E_{natwa} 4	
30 – < 55	sehr hoch	E_{natwa} 5	CC_{Wasser} 1
≥ 55	extrem hoch	E_{natwa} 6	CC_{Wasser} 2

Anmerkungen Erosionsprozesse durch Schmelzwasser bleiben unberücksichtigt.
In DIN 19708 wird der Begriff natürliche Erosionsgefährdung verwendet. Dieser kann synonym zur potenziellen Erosionsgefährdung verwendet werden.

Stand April 2018

Quelle DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.18

Inhalt	Erodierbarkeit des Bodens durch Wind
Eingangsdaten	Bodenart des Oberbodens Humusgehalt des Oberbodens [Stufe]
Kennwert	EgW _B [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1.

Tab. 1: Stufen der Erodierbarkeit vegetationsfreier und trockener mineralischer Oberböden durch Wind.

Bodenart	Stufen (Benennung) der Erodierbarkeit des Bodens (Gehalt an organischer Substanz des trockenen Bodens)		
	< 1 % (h0, h1)	1 – 14 % (h2, h3, h4, h5)	15 – 30 % (h6)
Tt, Tu4, Tu3, Tu2, Tl, Ts2, Ts3, Ts4	1 (sehr gering)	0 (keine)	1 (sehr gering)
Lts, Ls4, Ls3, Ls2, Lt2, Lt3, Lu, Uu, Ut2, Ut3, Ut4, Uls, Sl4, St, Fmk, Fm, Fmu, Fmt	2 (gering)	1 (sehr gering)	2 (gering)
Us, Slu, Sl3, St2, ffSl3, fSl3, fSlu, ffSlu	3 (mittel)	2 (gering)	3 (mittel)
Sl2, Su2, Su3, Su4, fSl2, fSu2, fSu3, fSu4, ffSl2, ffSu2, ffSu3, Fms	4 (hoch)	3 (mittel)	4 (hoch)
mS, gS, mSgs, gSfs, gSms	5 (sehr hoch)	4 (hoch)	5 (sehr hoch)
fSgs, mSfs, fS, ffS, fSms	5 (sehr hoch)	5 (sehr hoch)	5 (sehr hoch)

Anmerkungen Die Erodierbarkeit der Oberböden ackerbaulich genutzter Moor- und organischer Muddenböden (Hochmoor- (Hh*) oder Niedermoortorfe (Hn*)) wird grundsätzlich als „sehr hoch“ (Stufe 5) eingestuft.

Die Oberböden von Tiefkulturen auf Sand (z. B. tiefgepflügte Podsole = Heidekulturen) und Sandmischkulturen werden ebenfalls als „sehr hoch“ erodierbar (Stufe 5) eingestuft.

Stand Januar 2018

Quelle DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.19

Inhalt	Standortabhängige Erosionsgefährdung durch Wind
Eingangsdaten	Erodierbarkeit des Oberbodens durch Wind (EgW _B) [Stufe] nach VKR 6.6.18 Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe
Kennwert	EgW _P [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1.

Tab. 1: Standortabhängige Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind (EgW_P) in Abhängigkeit u. a. von EgW_B.

EgW _B	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in freien Lagen in 10 m Höhe über GOF [m/s]					
	< 2	2 – 3	> 3 – 4	> 4 – 5	> 5 – 6	> 6
0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	2	2
2	0	1	2	2	3	3
3	1	2	3	3	4	5
4	2	3	4	4	5	5
5	3	4	5	5	5	5

Tab. 2: Klassifizierung der standortabhängigen Erosionsgefährdung durch Wind.

EgW _P	Bewertung
0	keine bis sehr geringe Erosionsgefährdung
1	sehr geringe Erosionsgefährdung
2	geringe Erosionsgefährdung
3	mittlere Erosionsgefährdung
4	hohe Erosionsgefährdung
5	sehr hohe Erosionsgefährdung

Anmerkungen	Der Einfluss der witterungsabhängigen Feuchtigkeit an der Bodenoberfläche auf die standörtliche Erosionsgefährdung wird nicht berücksichtigt. Bei der Ermittlung der standortabhängigen Erosionsgefährdung wird ein trockener, vegetationsfreier Boden angenommen.
Stand	Januar 2018
Quelle	DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.20

Inhalt	Schutzwirkungsstufe durch angebaute Fruchtarten gegenüber der Erosion durch Wind
Eingangsdaten	Angebaute Fruchtarten bzw. Fruchtfolge
Kennwert	EgW _F [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1 oder 2.

Tab. 1: Schutzwirkungsstufen durch Vegetation.

Stufe (Benennung) der Schutzwirkung (EgW_F)				
1 (sehr gering)	2 (gering)	3 (mittel)	4 (gut)	5 (sehr gut)
Vegetationsdecke geschlossen ab Sommer	Vegetationsdecke geschlossen ab Frühsommer	Vegetationsdecke geschlossen ab Frühjahr	Vegetationsdecke geschlossen ab Spätherbst	Vegetationsdecke ganzjährig geschlossen
Hülsenfrüchte Erbsen Ackerbohnen Mais Körnermais Corn-Cob-Mix Silomais Hackfrüchte Frühkartoffeln Speisekartoffeln Futterkartoffeln Zuckerrüben Runkelrüben Futterkohl Futtermöhren Gartenbau Gemüse Blumen Erdbeeren	Sommergetreide Sommerweizen Sommergerste Hafer Sommernenggetreide Sommerraps Flachs Ölfrüchte Sonnenblumen	Wintergetreide Winterweizen Winterroggen (Aussaat nach 1. Okt.) Wintermenggetreide	Wintergetreide Wintergerste Winterroggen (Aussaat vor 1. Okt.) Grünbrache Winterraps	Dauerbegrünung (Grünland) Futterpflanzen Klee Luzerne Ackergras

Tab. 2: Schutzwirkungsstufen durch Fruchtfolge.

Fruchtfolge	Fruchtanteil [%]	Schutzwirkungsstufe (EgW _F)
Getreidefruchtfolgen		
Wintergetreide (Aussaat vor dem 01.10.)	80 bis 100 % Wintergetreide	4
Wintergetreide (Aussaat nach dem 01.10.)	80 bis 100 % Wintergetreide	3
Winter-/Sommergetreide	> 20 % Sommergetreide	3
Getreide – Raps	> 20 % Raps	4
Getreide-/Hackfrucht-/Maisfruchtfolgen		
Wintergetreide – Hackfrucht oder Mais	10 bis < 25 % Hackfrucht/Mais	3
Winter- oder Sommergetreide – Hackfrucht oder Mais	10 bis < 25 % Hackfrucht/Mais und > 20 % Sommergetreide	2
	25 bis < 50 % Hackfrucht/Mais	2
	> 50 % Hackfrucht/Mais	1
Ackerfutter – Getreidefruchtfolgen mit mehrjährigen Futterpflanzen	20 bis 50 % Klee, Raps, Luzerne	4

Tab. 3: Zuschläge aufgrund von Bodenbedeckung durch Mulch bei Fruchtfolgen/Kulturen mit Schutzwirkungsstufe 1 (sehr gering) oder 2 (gering).

Bodenbedeckung durch Mulch [%]	Zuschlag zur EgW _F
0 – 5	–
> 5 – 15	+ 1
> 15 – 25	+ 2
> 25 – 50	+ 3
> 50	+ 4

Anmerkung

Die Tabellen 1 und 2 gelten nur bei konventionellem Ackerbau; konservierende Bodenbearbeitung (Mulchsaat, Minimalbodenbearbeitung) und Zwischenfruchtanbau sind hier nicht berücksichtigt.

Ergibt sich unter Berücksichtigung des Zuschlages eine Schutzwirkungsstufe > 5, dann gilt die Schutzwirkungsstufe 5.

Stand

Januar 2018

Quelle

DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.21

Inhalt	Bewirtschaftungsabhängigen (standort- und fruchtartabhängige) Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind
Eingangsdaten	Standortabhängige Erosionsgefährdung (EgW_P) [Stufe] nach VKR 6.6.19 Schutzwirkungsstufe durch angebaute Fruchtarten (EgW_F) [Stufe] nach VKR 6.6.20
Kennwert	EgW_{StF} [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1.

Tab. 1: Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind.

Standortabhängige Erosionsgefährdung (EgW_P)	Schutzwirkungsstufe durch angebaute Fruchtarten (EgW_F)				
	1	2	3	4	5
0 (keine)	0	0	0	0	0
1 (sehr gering)	1	0	0	0	0
2 (gering)	2	1	0	0	0
3 (mittel)	3	2	1	0	0
4 (hoch)	4	3	2	1	0
5 (sehr hoch)	5	4	3	2	0

Stand Oktober 2017

Quelle DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.22

Inhalt	Schutzwirkungsstufe durch Windhindernisse gegenüber der Erosion durch Wind
Eingangsdaten	Höhe von Windhindernissen (Windschutzhecken) Entfernung zu Windhindernissen (Windschutzhecken) in senkrechter Richtung zur vorherrschenden Windrichtung
Kennwert	EgW _w [Stufe]
Kennwertermittlung	Aus der Höhe h [m] des Windhindernisses errechnet sich die maximale Gesamtlänge S des Schutzbereiches [m] gemäß der Gleichung

$$S = h * 25$$

Die Klassifizierung der Schutzwirkung von Windhindernissen (Windschutzhecken) erfolgt in Abhängigkeit von deren Höhe im Falle der senkrechten Ausrichtung zur Windrichtung gemäß folgender Abbildung:

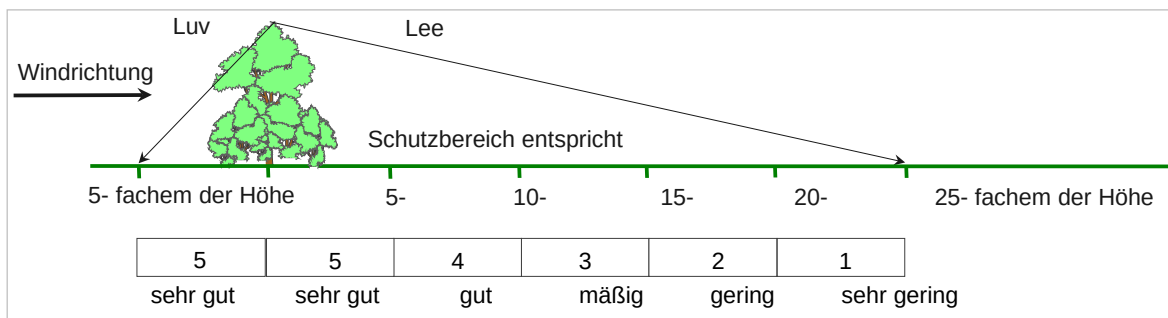


Abb. 1: Stufen der Schutzwirkung von Windhindernissen (aus DIN 19706).

Durchschnittliche Höhen von Windhindernissen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tab. 1: Durchschnittliche Höhen von Windhindernissen.

Nutzung	Höhe [m]	
	Spanne	Standardwert
Wald/Forst		20
Gehölz	15 – 20	15
Baumreihe	10 – 15	10
Hecke, Knick	5 – 10	8
Wohnbaufläche, Gebäude		10
Industrie- und Gewerbefläche		10
Brücke, Überführung		10
Hecken, Knick > 20 m Länge	5 – 10	8
Baumreihen > 50 m Länge	10 – 15	10
Feldgehölz > 100 m ²	15 – 20	15
Feuchtgebiete		10
Einzelbäume		0
Hecken, Knick < 20 m Länge	5 – 10	8
Baumreihen < 50 m Länge	10 – 15	10
Feldgehölze < 100 m ²	15 – 20	15
Einzelbäume (auch abgestorben)		0
Feldblockgrenzen		1

Anmerkung

Grundsätzlich gilt die Vorgehensweise für den Fall einer senkrechten Ausrichtung eines Windhindernisses zur vorherrschenden Windrichtung. Eine Umsetzung für verschiedene Windrichtungen und deren Auftretswahrscheinlichkeit (= Häufigkeit in %) ist möglich und besonders für die Monate Februar bis Mai sinnvoll. So lässt sich dieses Verfahren z. B. für die acht Hauptwindrichtungen anwenden. Aus den Einzelergebnissen für die verschiedenen Windrichtungen wird ein gemittelter und gewichteter Wert der Schutzwirkungsstufe für einen Standort gebildet.

Stand

Januar 2018

Quellen

DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

SCHÄFER, W., SBRESNY, J. & THIERMANN, A. (2017): Methodik zur Einteilung von landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wind gemäß § 6 Abs. 1 der Agrarzählungen-Verpflichtungenverordnung in Niedersachsen. – Hannover.

Verknüpfungsregel 6.6.23

Inhalt	Aktuelle Erosionsgefährdung des Standortes durch Wind
Eingangsdaten	Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung durch Wind (EgW_{StF}) [Stufe] nach VKR 6.6.21 Schutzwirkungsstufe durch Windhindernisse (EgW_w) [Stufe] nach VKR 6.6.22
Kennwert	EgW_A [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1.

Tab. 1: Aktuelle Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind.

Bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung (EgW_{StF})	Stufen der Erosionsgefährdung im Schutzbereich von Windhindernissen (EgW_w)				
	1	2	3	4	5
0 (keine)	0	0	0	0	0
1 (sehr gering)	1	0	0	0	0
2 (gering)	2	1	0	0	0
3 (mittel)	3	2	1	0	0
4 (hoch)	4	3	2	1	0
5 (sehr hoch)	5	4	3	2	1

Anmerkung	Abgeleitet wird die aktuelle Erosionsgefährdung durch Wind aus natürlichen Standortfaktoren, Fruchtarten und Windhindernissen.
Stand	Januar 2018
Quelle	DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.6.24

Inhalt	Vorbelastung bei pF 1,8	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD) Trockenrohdichte (TRD) [g/cm³] nach VKR 6.1.3 nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm] nach VKR 6.1.7 Feldkapazität (FK) [mm/dm] nach VKR 6.1.8 Luftkapazität (LK) [Vol.-%] nach VKR 6.1.9	Kohäsion bei pF 1,8 (c) [kPa] nach VKR 6.1.15 Winkel der inneren Reibung bei pF 1,8 (phi) [°] nach VKR 6.1.16 Organischer Kohlenstoff (C _{org}) [Gew.-%] nach VKR 6.2.18 fakultativ: Grobbodenanteil (GBA) [Vol.-%] nach VKR 6.1.2
Kennwert	Pv _{1,8} [kPa bzw. Stufe]	
Kennwertermittlung	Die mechanische Belastbarkeit ist ein Maß für die Empfindlichkeit von Böden gegenüber Verdichtung. Sie beschreibt die Stabilität des Bodengefüges hinsichtlich Druckkompensation. Die mechanische Vorbelastung kennzeichnet den höchstmöglichen Belastungswert, bis zu dem ein Boden nicht bleibend verdichtet werden kann. Der Kehrwert der Vorbelastung ist die potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit. Bei der Ermittlung der Vorbelastung werden im Folgenden zwei Fälle unterschieden: Bei Kenntnis der Rohdichte, des Humusgehalts, der Kennwerte der Wasserbindung und der Scherwiderstandsparameter kann die Vorbelastung bei pF 1,8 direkt mit Hilfe der Gleichungen 1 – 4 in Tabelle 1 berechnet werden.	

Tab. 1: Pedotransferfunktionen zur Ermittlung der Vorbelastung Pv bei pF 1,8.

Nr.	Bodenarten	Pedotransferfunktionen für Pv
1	Ss, Sl2, Su2, St2	$Pv = 438,1 * TRD - 0,0008 * phi^3 - 3,14 * TW - 0,11 * nFK^2 - 465,6$
2	Su3,4, Sl3, Slu, Uu, Us, Uls, Ut2,3	$Pv = 69,5 * TRD - 13,3 * ORG - 23,3 * LK^{0,5} + 1,45 * c + 0,085 * phi^2 - 56,6$
3	Sl4, Ut4, Ls2,3,4, Lu, Tu4	$Pv = 119,9 * TRD - 10,1 * ORG - 12,6 * TW^{0,5} + 11,1 * c^{0,5} - 78,9$
4	St3, Lt2,3, Lts, Ts2,3,4, Tu2,3, Tl, Tt	$Pv = -42,7 * TRD - 20,7 * ORG^{0,5} - 14,2 * nFK^{0,5} - 20,8 * LK^{0,5} + 5,17 * phi^{0,5} + 1,23 * c^{0,5} + 231$

Der Parameter Totwasser (TW) [Vol.-%] kann mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$TW = FK - nFK$$

Tab. 2: Quellen der Pedotransferfunktionen und Gültigkeiten.

Nr.	Pedotransferfunktionen für Pv	gültig
1	LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte 12 : 131 S. DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995b): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit. – DVWK-Merkblatt zur Wasserwirtschaft 234 ; Bonn.	TRD > 1,30 g/cm ³ ORG < 3 Gew.-% Neigungsstufe ≤ N2
2	HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).	TRD > 1,30 g/cm ³ ORG < 3 Gew.-% Neigungsstufe ≤ N2
3	HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).	TRD > 1,30 g/cm ³ ORG < 3 Gew.-% Neigungsstufe ≤ N2
4	HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).	TRD < 1,85 g/cm ³ ORG < 10 Gew.-% Neigungsstufe ≤ N2

Kennwertklassifizierung

Tab. 3: Einstufung der Empfindlichkeit für zusätzliche Verdichtung anhand der Vorbelastung.

Vorbelastung [kPa]	mechanische Verdichtungsempfindlichkeit	
	Einstufung	Klasse
< 40	äußerst hoch	6
40 – < 80	sehr hoch	5
80 – < 120	hoch	4
120 – < 160	mittel	3
160 – < 200	gering	2
≥ 200	sehr gering	1

Bei ausschließlicher Kenntnis der Bodenart und der Stufe der Trockenrohdichte kann die Stufe der Zielgröße P_v näherungsweise aus Tabelle 4 geschätzt werden. Das Ergebnis gilt für Mineralboden mit maximal 1 % organischer Substanz.

Tab. 4: Stufe der Vorbelastung P_v bei p_F 1,8 als Funktion von Bodenart und Rohdichtestufe.

Bodenart	Pv-Stufe		
	pt-Stufe		
	pt2	pt3	pt4
Ss	2	3	3
Sl2	1	2	3
Sl3	1	2	3
Sl4	2	3	4
Slu	1	2	3
St2	2	3	4
St3	3	4	5
Su2	1	2	3
Su3	1	1	2
Su4	1	1	2
Uu	1	1	2
Us	1	1	2
Uls	1	2	3
Ut2	1	1	3
Ut3	1	2	3
Ut4	2	3	4
Lu	2	3	4
Ls2	2	3	4
Ls3	2	3	4
Ls4	2	3	4
Lts	3	4	5
Lt2	3	4	5
Lt3	4	5	5
Tt	3	4	5
Tl	3	4	5
Ts2	3	4	5
Ts3	3	4	5
Ts4	3	4	5
Tu2	3	4	5
Tu3	3	4	5
Tu4	2	3	4

Soll die Vorbelastung nicht nur als Funktion der Bodenart und der Stufe der Trockenrohdichte ermittelt werden, sondern soll zusätzlich der Einfluss der Gefügeform berücksichtigt werden, so bietet Tabelle 5 die Möglichkeit, die Tendenz der Änderung der Vorbelastung für eine andere als die in VKR 6.1.15 und 6.1.16 angenommene Gefügeform abzuschätzen. Hierzu wurden die Kennwerte der Wasserbindung unverändert beibehalten und die Schätzwerte für Kohäsion und Winkel der inneren Reibung in Abhängigkeit von der Gefügeform variiert.

Tab 5: Tendenz der Änderung der Vorbelastung bei Variation der Gefügeform.

Bodenart	Gefügeform				
	ein	koh	pri	pol	sub
Ss	x				
SI2	x				
SI3	x				
SI4	x				
Slu			x	x	
St2			x	x	
St3			x	x	
Su2	x				
Su3	x				
Su4	x				
Uu	x				
Us			x		
Uls				x	-
Ut2			x		
Ut3			x		
Ut4			x		
Lu		-	x	x	-
Ls2			x		
Ls3			x		
Ls4			x		
Lts				x	x
Lt2		x	x	x	x
Lt3		x	x	x	-
Tt		-	x		
Tl		x	x		
Ts2				x	x
Ts3				x	+
Ts4				x	+
Tu2		-	x	x	x
Tu3		-	x	x	x
Tu4		-	x	x	x

x Standardfall,
+ 1 Stufe höher,
- 1 Stufe niedriger.

Anmerkungen

Der Wert der Vorbelastung bezeichnet eine mechanisch quantifizierbare Festigkeit (Auflast) [kPa], bis zu der keine weitere plastische Veränderung des Bodenvolumens durch Druck eintritt. Die Vorbelastung kann natürlichen Ursprungs oder durch anthropogene Kompression verursacht sein.

Die Gleichungen sind nicht auf Moor und Anmoor (> 15 % organische Substanz) anwendbar.

In seltenen Fällen bestimmter Kombinationen von Eingangsdaten errechnen sich negative Vorbelastungen. In diesen Fällen ist das Ergebnis ohne weitere quantitative Interpretation der Stufe 1 („sehr gering“) zuzuordnen.

Die Tabelle 4 gilt nur für eine definierte Gefügeform und spiegelt nur einen mittleren Fall für mittlere, geschätzte Kennwerte der Wasserbindung und mittlere, geschätzte Scherwiderstandsparameter wider. Die potenziell große Variationsbreite beider Arten von Kennwerten bleibt unberücksichtigt, so dass auch die in Tabelle 3 genannten Stufen der Vorbelastung nur einen Teil der potenziellen Variationsbreite der Zielgröße abbilden. Tatsächlich können Vorbelastungen von < 10 bis > 250 kPa im Oberboden auftreten.

Der Ansatz beurteilt die horizontspezifische mechanische Belastbarkeit nach einer Einschätzung der Vorbelastung mittels Pedotransferfunktionen. Dazu werden die Scherwiderstandsparameter Kohäsion und Winkel der inneren Reibung allein aus Bodenart und Gefügeform abgeleitet. Diese Größen gehen gemeinsam mit anderen bodenkundlichen Parametern in Regressionen ein, welche die Zielgröße errechnen.

Bei der Schätzung der Vorbelastung mittels multipler Regression tragen die Eingangsdaten mit unterschiedlichen Anteilen zur Varianzklärung bei, und zusätzlich variiert ihre relative Bedeutung zwischen den Bodenartengruppen. Im Fall nicht oder nur schwach aggregierter Böden, z. B. bei schluffigen Sanden oder Schluffen geringen Tongehalts, lässt sich die Vorbelastung vor allem anhand der Luftkapazität und des Winkels der inneren Reibung vorhersagen, während bei tonigen Lehmen und Tonen der Wert der Vorbelastung primär durch die Rohdichte bestimmt wird. Zusätzlich steigt auch der Einfluss der nutzbaren Feldkapazität und der Kohäsion.

Die Vorbelastung stellt einen zeitlich variablen Kennwert dar, der nur für eine spezifische Wasserspannung zu interpretieren ist. Das hier dokumentierte Verfahren bietet die Möglichkeit, eine Aussage über die Festigkeit bei der Bodenfeuchtestufe „sehr feucht“ (pF 1.8) abzuleiten, die dem frühjahrsfeuchten Bodenzustand entspricht.

Der Einfluss der Tonmineralart, der Kationenbelegung sowie des Humifizierungsgrades der organischen Substanz auf die Vorbelastung bleibt unberücksichtigt.

Stand

Juni 2017

Quellen

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995b): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit. – DVWK-Merkblatt zur Wasserwirtschaft **234**; Bonn.

HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden **2001/3**: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).

LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte **12**: 131 S.

NISSEN, B. (1999): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerböden der Bundesrepublik Deutschland. Bodenphysikalischer Ansatz. – Schriftenreihe Inst. Pflanzenern. u. Bodenk. der CAU Kiel **50**: 159 S.

Verknüpfungsregel 6.6.25

Inhalt	Ortspezifische Bodenbearbeitung	
Eingangsdaten	Tongehalt (T) [Gew.-%] nach VKR 6.1.1 Horizontsymbol (HORIZ)	Humusstufe (HUMUS) [Stufe] Vernässungsgrad (VERNAS)
Kennwert	Bb [cm]	
Kennwertermittlung	tiefe Bodenbearbeitung (Grubber): 20 bis 25 cm flache Bodenbearbeitung (Grubber): 8 bis 10 cm	

Tab. 1: Bodenbearbeitung mit Grubber.

	tiefe Bodenbearbeitung	flache Bodenbearbeitung
Vernässungsgrad	> 1	≤ 1
Tongehalt	≤ 12 %	> 12 %
Humusgehalt	≤ h2	> h2

Anmerkung	Der Algorithmus beruht auf Untersuchungen von VOSSHENRICH (2003) und ist speziell auf die Bedürfnisse eines Marktfruchtbetriebes mit Stroheinarbeitung im ostniedersächsischen Gebiet entwickelt. Ziel ist es, Strohhacksel gleichmäßig einzuarbeiten (Grubber), dabei gleichzeitig bodenangepasste Bearbeitungsstufen einzuhalten und Betriebsmittel einzusparen.
Stand	Dezember 2003
Quelle	VOSSHENRICH, H.-H. (2003): Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung und Einsparpotenzial - Die wichtigen Schritte zum Erfolg. – In: ARTMANN, R. & BOCKISCH, F.-J. (Hrsg.) (2003): Nachhaltige Bodennutzung - aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. – Landbauforschung Völkenrode - FAL Agricultural Research: 87–95; Braunschweig (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)).

Verknüpfungsregel 6.6.26

Inhalt	Potenzielle Erosionsgefährdung durch Wind
Eingangsdaten	Standortabhängige Winderosionsgefährdung (E_{GW_P}) [Stufe] nach VKR 6.6.19 Schutzwirkungsstufe durch Windhindernisse gegenüber der Erosion durch Wind (E_{GW_W}) [Stufe] nach VKR 6.6.22
Kennwert	E_{natwi} [Stufe] CC_{Wind} [Stufe]
Kennwertermittlung	Gemäß Tabelle 1.

Tab. 1: Potenzielle Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind (E_{natwi}).

E_{GW_P}	E_{GW_W}				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
2	2	1	0	0	0
3	3	2	1	0	0
4	4	3	2	1	0
5	5	4	3	2	1

Tab. 2: Klassifizierung der standortabhängigen Erosionsgefährdung durch Wind.

E_{natwi}	Bewertung	Winderosionsgefährdungsklasse nach Cross Compliance
0	keine bis sehr geringe Erosionsgefährdung	CC 0
1	sehr geringe Erosionsgefährdung	
2	geringe Erosionsgefährdung	
3	mittlere Erosionsgefährdung	
4	hohe Erosionsgefährdung	
5	sehr hohe Erosionsgefährdung	CC_{Wind}

Stand Januar 2018

Quelle DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

6.7. Kennwerte zur Bewertung der Filtereigenschaften und der Stoffbindung

Verknüpfungsregel 6.7.1

Inhalt	Bindung organischer Schadstoffe in Böden	
Eingangsdaten	Organischer Schadstoff (außer Pflanzenbehandlungsmittel, siehe VKR 6.7.3) Humusgehalt (HUMUS) [Gew.-% bzw. Stufe]	Horizontsymbol (HORIZ) Bodenart (HNBOD) Zersetzungsgrad (ZER) pH-Wert (CaCl ₂) (pH) [pH-Wert]
Kennwert	FOB [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Verhalten der in Tabelle 1 aufgeführten organischen Schadstoffe in Böden. Dabei werden die in VKR 6.7.1 eingehenden Eigenschaften zuerst genannt. 1. Für den ausgewählten organischen Schadstoff wird zunächst die humusspezifische Bindungsstärke aus Tabelle 2 abgelesen und mit dem Humusgehalt in Tabelle 3 verknüpft. Bei Torfen wird zusätzlich die Zersetzungsgrad berücksichtigt. Die organischen Auflagehorizonte werden wie folgt zugeordnet: L: H z1 und H z2, Of: H z3, Oh: H z4 und H z5. → 1. Wert 2. Die tonspezifische Bindungsstärke aus Tabelle 2 wird in Tabelle 4 mit der jeweiligen Bodenart verknüpft. → 2. Wert 3. Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, ob und in welcher Form die Bindungsstärke durch den pH-Wert beeinflusst wird. Sofern ein Einfluss besteht, ergeben sich aus Tabelle 5 in Verbindung mit dem gemessenen pH-Wert (in CaCl₂) Zu- oder Abschläge. → 3. Wert 4. Die Summe der Werte 1, 2 und 3 ergibt die Bindungsstärke der organischen Schadstoffe aufgrund von Sorption im Boden (FOB). Der Gesamtwert für die FOB-Stufe ist auf maximal 5 begrenzt und kann anhand von Tabelle 6 bewertet werden.	

Tab. 1: Alphabetisches Verzeichnis der organischen Schadstoffe.

Wirkstoff	Nr.	Wirkstoff	Nr.	Wirkstoff	Nr.
Acrylamid	46	Dieseldieselkraftstoff	39	Pentachlorphenol	14
Anilin	15	Fluoranthren	27	Petroleum	37
Athracen	22	Heizöl	39	Phenanthren	23
Benzidin	32		40	Phenol	11
Benzol	8	Hexabrombiphenyl	31	Phthalsäure	41
Benzol-o-dicarbonsäure	41	Kerosin	38	Pyren	24
Benzopyren	25	LAS	42	Pyridin	32
Chloranilin	16	lineare Alkylbenzensulfonate	42	Schmieröl	40
Chloroform	2	Monochlorethen	5	TCDD	34
DBP	45	Naphthalin	20	Tetrachlordibenzodioxin	34
DCB	28	Naphthylamin	21	Tetrachlorethen	7
DCM	1	Nitrilotriessigsäure	47	Tetrachlormethan	3
DEHP	44	Nonylphenol	43	Toluidin	18
Diaminobiphenyl	32	NTA	47	Toluol	17
Dibenzoanthracen	26	OCDD	35	Trichlorbenzol	10
Dibutyl-phthalat	45	Octachlordibenzodioxin	35	Trichlorbiphenyl	29
Dichlorbenzol	9	PCB	30	Trichlorethen	6
Dichlorbiphenyl	28	PCDF	36	Trichlormethan	2
Dichlorphenol	12	PCP	14	Trichlorphenol	13
Dichlorethan	4	Pentachlorbiphenyl	30	Vinylchlorid	5
Dichlormethan	1	Pentachlordibenzofuran	36	Xylol	19
Diethyl-hexyl-phthalat	44				

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten organischer Schadstoffe in Böden.

Nr.	Name ¹⁾ (nach Stoffgruppen)	CAS-Nr. ²⁾	Löslich- keit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob
	Acyclische Verbindungen (speziell Halogenderivate)								
1	Dichlormethan (DCM)	75-09-2	4,0	4,0	1,0	1,0	0	3,5	2,0
2	Trichlormethan (Chloroform)	67-66-3	4,0	4,0	1,5	2,0	0	2,5 ⁸⁾	1,5
3	Tetrachlormethan (Tetra)	56-23-5	4,0	4,0	1,5	2,0	0	2,5 ⁸⁾	1,5
4	1,2-Dichlorethan	107-06-2	4,0	4,0	1,5	2,0	0	3,0 ⁸⁾	2,0
5	Monochlorethen (Vinylchlorid)	75-01-4	4,0	4,0	1,0	2,0	0	4,0	4,0
6	Trichlorethen (Tri)	79-01-6	4,5	4,0	2,0	1,0	0	3,0 ⁸⁾	2,0
7	Tetrachlorethen	127-18-4	3,0	4,0	1,5	1,0	0	3,0	2,0

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten organischer Schadstoffe in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name ¹⁾ (nach Stoffgruppen)	CAS-Nr. ²⁾	Löslich- keit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob
	Carbocyclische Ver- bindungen (speziell Benzolderivate)								
8	Benzol	71-43-2	4,5	4,0	1,5	1,0	0	3,0 ⁸⁾	2,0
9	1,2-Dichlorbenzol	95-50-1	3,0	4,0	3,5	2,0	0	2,0	2,0
10	1,2,4-Trichlorbenzol	120-82-1	3,0	4,0	3,0	1,5	0	2,5	3,5
11	Phenol	108-95-2	5,0	1,0	1,5	1,5	–	4,0	3,0
12	2,5-Dichlorphenol	583-78-8	4,0	2,0	2,5	2,0	–	3,0	4,0
13	2,4,5-Trichlorphenol	95-95-4	4,0	2,0	3,0	1,5	–	4,0	4,0
14	Pentachlorphenol (PCP)	87-86-5	3,0	1,0	3,5	2,0	–	3,0	2,5
15	Anilin	62-53-3	5,0	1,0	1,5	1,0	+	4,5	4,0
16	4-Chloranilin	106-47-8	5,0	2,0	3,0	2,5	+	2,0	2,0
17	Toluol	108-88-3	4,0	4,0	1,5	1,0	0	4,0	2,5
18	Toluidin		4,0		2,5	1,0	+	2,0	1,0
19	Xylol	1330-20-7	3,0	4,0	2,5	1,5	0	3,0	
	Polycarbocyclische Verbindungen								
20	Naphthalin	91-20-3	3,0	3,0	3,5	2,0	0	3,5	(1,0) ⁹⁾
21	Naphtylamin	134-32-7	5,0		4,0	3,0	+	2,0	1,0
22	Anthracen	120-12-7	1,0	2,0	4,5	3,0	0	2,0	3,0
23	Phenanthren	85-01-8	1,5	2,0	4,5	3,0	0	3,0	3,0
24	Pyren	129-00-0	0,5	2,5	5,0	3,0	0	2,0	1,0
25	Benzo(a)pyren	50-32-8	0	2,0	5,0	3,0	0	2,0	(1,0) ⁹⁾
26	Dibenzo(a,h)anthracen		1,0	(1,0) ⁹⁾	5,0	3,0	0	2,0	
27	Fluoranthren	206-44-0	1,0	2,0	5,0	2,5	0	1,5	
28	2,2'-Dichlorbiphenyl (DCB)		0,5	(2,0) ⁹⁾	5,0	3,0	–	3,0	2,0
29	2,4,5-Trichlorbiphenyl (TCB) ¹⁰⁾		0,5	3,0	5,0	3,0	–	2,5	2,0
30	2,2'4,5,5'-Pentachlorbi- phenyl ¹⁰⁾	37680-73-2	0	4,0	5,0	3,0	–	1,0	1,0
31	Hexabrombiphenyl	87-82-1	0	4,0	5,0	3,5	–	1,0	1,0
32	4,4'-Diaminobiphenyl (Benzidin)		5,0	1,0	3,0	4,0	+	2,0	1,0
	Heterocyclische Verbindungen								
33	Pyridin	110-86-1	4,0	3,0	1,0	2,0	+	4,5	3,0
34	2,3,7,8-Tetrachlor-di- benzo-p-dioxin (TCDD) ¹⁰⁾		1,0	3,0	5,0	3,0	0	1,0	1,0
35	Octachlordibenzo-p- dioxin (OCDD) ¹⁰⁾		1,0	3,0	5,0	3,0	0	1,0	1,0

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten organischer Schadstoffe in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name ¹⁾ (nach Stoffgruppen)	CAS-Nr. ²⁾	Löslich- keit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob
36	1,2,3,7,8-Pentachlo- ridbenzofuran (PCDF) ¹⁰⁾		1,0	(1,0) ⁹⁾	5,0	3,0	0	1,0	1,0
	Erdöl-Verarbeitungs- produkte								
37	Petroleum	8082-32-4	2,0		4,0	3,0	0	2,0	1,0
38	Kerosin	8008-20-6	3,0		4,0	3,0	0	4,0	3,0
39	Dieselmotortreibstoff und leichtes Heizöl	77650-28-3	2,0		4,0	3,0	0	4,0	3,0
40	schweres Heizöl		1,0		4,0	3,0	0	4,0	3,0
	Carbocyclische Ver- bindungen mit aliphat. Seitenketten								
41	Benzol-o-dicar- bonsäure (Phthalsäure)	88-99-3	5,0		1,5	1,0	–	4,0	4,0
42	lineare Alkylbenzensul- fonate (LAS)		4,0	(1,0) ⁹⁾	3,5	1,0	–	4,0	3,0
43	Nonylphenol	251545-23- 0	4,0	(3,0) ⁹⁾	2,5	2,0	(–) ⁹⁾	4,0	2,5
44	Diethyl-hexylphthalat (DEHP)		0	1,0	4,5	3,5	0	3,5	2,0
45	Dibutyl-phthalat (DBP)		2,0	2,0	4,5	3,5	0	3,5	2,0
	Carbocyclische Ver- bindungen (speziell Benzolderivate)								
46	Acrylamid	79-06-1	4,0	(2,0) ⁹⁾	1,0	1,0	(–) ⁹⁾	4,5	4,0
47	Nitrilotriessigsäure (NTA)	139-13-9	4,0		2,5	1,0	–	4,0	3,5

Erläuterungen zu den Tabellenspalten:

- 1) Bei den in Klammern gesetzten Bezeichnungen handelt es sich um Trivialnamen bzw. die Handelsbezeichnung.
- 2) Bei der CAS-Nummer (Chemical Abstracts System Number) handelt es sich um eine stoffspezifische Nummer, die namentlich in Gesetzes- und Verwaltungsvorschriften sicherstellen soll, dass keine Stoffverwechslungen eintreten. Die Nummern sind nicht nach einem natürlichen Ähnlichkeitssystem erstellt, sondern nach der zeitlichen Zitierung in den Chemical Abstracts.

3)

Stufe	Löslichkeit [mg/l H ₂ O bei 20 °C]
0	< 0,1
1	0,1 – 1
2	1 – 10
3	10 – 100
4	100 – 1000
5	> 1000

4)

Flüchtigkeit		
Stufe	[hPa bei 20–25 °C]	Henry-Konstante
1	< 0,1	< 4 * 10E-4
2	0,01 – 100	4 * 10E-6 - 4 * 10E-4
3	100 – 5000	4 * 10E-4 – 0,04
4	> 5000	> 0,04

Lag die Henry-Konstante zur Ermittlung der Flüchtigkeit nicht vor, wurde ersatzweise der Dampfdruck der reinen Substanz herangezogen; in diesem Fall erscheint das Ergebnis in Tabelle 2 in Klammern.

5)

Stufe	Bindung an Humus bzw. Ton: Sorptionskoeffizient (kd) nach FREUNDLICH
0	< 0,5
1	0,5 – 50
2	50 – 50
3	150 – 500
4	500 – 5000
5	> 5 000

6)

pH-Einfluss	
+	Bindung steigt mit zunehmendem pH-Wert
-	Bindung steigt mit abnehmendem pH-Wert
0	kein Einfluss

7)

Stufe	Abbaustufen (ca. 90%iger Abbau) [Wochen bzw. Jahre]
5	< 6 Wo
4	6 Wo bis 18 Wo
3	18 Wo bis 1 J
2	1 J bis 3 J
1	> 3 J
()	abgeleitet

Die Angaben zum Abbau gelten für normale Ackerböden (lockere, feuchte, lehmige Krume mit 2–4 % Humus und pH 5,5–6,5 sowie einer mittleren Lufttemperatur von 11–16 °C).

8) Der Abbau kann infolge hoher Verdampfungsverluste z. T. geringer sein.

9)

Bewertungsstufen	
0	praktisch nicht
1	sehr gering, sehr schwach
2	gering, schwach
3	mittel bis erhöht
4	hoch, stark
5	sehr hoch, sehr stark
()	unsichere Angaben

10) Bei der Bestimmung der polychlorierten Biphenyle und der Dioxine/Furane werden häufig zunächst bestimmte Einzelkomponenten analysiert, um danach durch Verrechnung mit Faktoren auf einen äquivalenten Gesamtgehalt zu schließen. Für das Verhalten der nicht einzeln angegebenen Homologen gelten die in Tabelle 2 beispielhaft dargestellten Eigenschaften.

Tab. 3: Bindungsstufe (FOB) organischer Schadstoffe in Böden aufgrund des Einflusses des Humusgehaltes von Mineralböden und der Zersetzungsgrad von Torfen (Mittel der oberen 3 dm).

Humus- stufe		Zerset- zungs- grad (ZER)	Bindungsstufe durch Humus nach Tabelle 2								
	gehalt [%]		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
h1	≤ 1		0	0	0	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0
h2	> 1 – 2		0	0	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0
h3	> 2 – 4		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5
h4	> 4 – 8		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
h5	> 8 – 15		0	0,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
h6	> 15 – 30		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
H (Oh)	> 30	4 und 5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
H (Of)	> 30	3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
H (L)	> 30	2 und 1	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Tab. 4: Bindungsstufe (FOB) organischer Schadstoffe in Mineralböden aufgrund des Einflusses der Bodenart (Mittel der oberen 3 dm); * für X, G, Gr (3–5): Endergebnis.

Bodenart	Bindungsstufe durch Ton nach Tabelle 2								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
x, g, gr (3–5)* X, G, Gr, gS, mSgs, mSfs	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
mS, fS, Su2, ffS	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0
Su3, Sl2, Su4, St2, Sl3, Sl4, Us, Slu, St3	0	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0
Uu, Ut2, Ls4, Ls2, Lu, Ls3, Ut3, Ut4, Lt2, Uls	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Lts, Ts3, Tu4, Lt3, Ts4, Tu3, Ts2, Tu2, Tl	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Tt	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Tab. 5: Zu- bzw. Abschläge zur Berücksichtigung des pH-Einflusses auf die Bindungsstufe (FOB) organischer Schadstoffe in Böden.

pH-Einfluss nach Tabelle 2	pH (CaCl ₂)			
	> 6,5	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,0	< 4,0
+	+0,5	0	-0,5	-1,0
-	-0,5	0	+0,5	+1,0

Kennwertklassifizierung

Tab. 6: Einstufung der Bindung organischer Schadstoffe in Böden (FOB).

Stufe FOB	Bindung
0	praktisch nicht
1	sehr gering
2	gering
3	mittel bis erhöht
4	hoch
5	sehr hoch

Stand

Oktober 2018

Quellen

BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].

LITZ, N. (1998): Schutz vor Organika. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde, 5. Erg.-Lfg. 11/98, Kap. 7.6.6, I–II u. 1–28; Weinheim (Wiley-VCH).

LITZ, N. & BLUME, H.-P. (1989): Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. – Z. Kulturtechn. u. Landentw. 30: 355–364; Berlin (Blackwell).

LITZ, N., WILCKE, W. & WILKE, B.-M. (Hrsg.) (2007): Bodengefährdende Stoffe. – Weinheim (Wiley-VCH).

Verknüpfungsregel 6.7.2

Inhalt	Eliminierung organischer Schadstoffe in Böden	
Eingangsdaten	Organischer Schadstoff (außer Pflanzenbehandlungsmittel, siehe VKR 6.7.4) Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Vernässungsstufe [Stufe] Summe der austauschbaren Kationen (S-Wert) [cmol/kg] nach VKR 6.2.4	Humusform bei Forst (HUFORM) Bindung organischer Schadstoffe in Böden (FOB) [Stufe] nach VKR 6.7.1 Biologische Aktivität (BAK) [Stufe] nach VKR 6.3.1 Mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (TEMP) [°C] Jahresmitteltemperatur (TEMP) [°C]
Kennwert	FOE [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die Tabelle 2 der VKR 6.7.1 gibt einen Überblick über das Verhalten der im alphabetischen Verzeichnis (Tab. 1 der VKR 6.7.1) aufgeführten organischen Schadstoffe. Der Ausgangswert der Eliminierungsstufe ergibt sich aus der in Tabelle 3 vorgenommenen Verknüpfung der aeroben Abbaustufe (aus Tab. 2 der VKR 6.7.1) mit der Jahrestemperatur unter der Voraussetzung, dass die Kontamination außerhalb der Vegetationsperiode stattgefunden hat. Anschließend werden Zu- bzw. Abschläge vergeben: – bei trockenen Standorten ist die Eliminierung geringer als bei feuchten. Dies ist über die bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) zu berücksichtigen → nach Tabelle 4, – in Abhängigkeit der stoffspezifischen Abbaubedingungen (Stoff wird nach Tab. 2 bei VKR 6.7.1 vorwiegend aerob oder anaerob abgebaut) und den Luftverhältnissen des Bodens, berücksichtigt über die Vernässungsstufe → nach Tabelle 5, – in Abhängigkeit der Nährstoffgehalte, berücksichtigt über den S-Wert bei Ackernutzung bzw. die Humusform bei Forstnutzung → nach Tabelle 6, – in Abhängigkeit der Bindungsstärke der organischen Schadstoffe im Boden (FOB) und der biologischen Aktivität (BAK) → nach Tabelle 7, – in Abhängigkeit der Flüchtigkeit der organischen Schadstoffe (nach Tabelle 2 bei VKR 6.7.1) und dem Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – August) → nach Tabelle 8.	

Tab. 1: Alphabetisches Verzeichnis der organischen Schadstoffe (siehe VKR 6.7.1.)

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten organischer Schadstoffe in Böden (siehe VKR 6.7.1).

Tab. 3: Eliminierungsstufe (FOE) organischer Schadstoffe in Böden aufgrund des Einflusses der mittleren Lufttemperatur (als Maß für die Bodentemperatur) auf den Abbau.

Abbaustufe (aerob) n. Tabelle 2	Jahrestemperatur [°C]			Mitteltemperatur [°C] der Vegetationsperiode		
	12 – 9	< 9 – 6	< 6 – 3	21 – 16	< 16 – 11	< 11 – 6
1,0, 1,5	0,5	0,5	0	1,5	1,0	0,5
2,0, 2,5	1,5	1,0	0,5	2,5	2,0	1,5
3,0, 3,5	2,5	2,0	1,5	3,5	3,0	2,5
4,0, 4,5	3,5	3,0	2,5	4,5	4,0	3,5
5,0	4,0	3,5	3,0	5,0	4,5	4,0

Tab. 4: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Wasserverhältnisse.

Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)	Abschlag
0, 1	1,0
2, 1/1, 2/1, 3/1, 4/1	0,5
übrige	0

Tab. 5: Zu-/Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Bodendurchlüftung (aerob/anaerob).

Vernässungs- stufe	Abbaustufen nach Tabelle 2		
	aerob > anaerob	aerob ~ anaerob	aerob < anaerob
0, 1	0	0	0
2, 3	-0,5	0	+0,5
4 – 6	-1,0	0	+1,0

Tab. 6: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Nährstoffverfügbarkeit.

für Ackernutzung S-Wert	für Forstnutzung Humusform	Abschlag
≤ 4	Rohhumus	1,0
> 4 – 12	Moder	0,5
> 12	Mull	0

Tab. 7: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) in Abhängigkeit von der biologischen Aktivität des Bodentyps und der Bindungsstärke der organischen Schadstoffe in Böden (FOB).

Biologische Aktivität [Stufe]	Bindungsstufe (FOB) nach VKR 6.7.1		
	1,0 – 2,5	3,0 – 3,5	4,0 – 5,0
4	0	0	0,5
2	0	0,5	1,0

Tab. 8: Zuschläge zur Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung des Einflusses möglicher Verflüchtigung der organischen Schadstoffe.

	Flüchtigkeit nach Tabelle 2			
	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	3,0 – 3,5	4,0
bei Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – Aug.) > 10 °C oder langem Verweilen des Pflanzenbehandlungsmittels an der Bodenoberfläche	0	1,0	1,5	2,0
bei Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – Aug.) < 10 °C oder kurzem Verweilen des Pflanzenbehandlungsmittels an der Bodenoberfläche	0	0	1,0	1,5

Kennwertklassifizierung

Tab. 9: Einstufung der Eliminierung organischer Schadstoffe in Böden (FOE).

FOE [Stufe]	Eliminierung
0	praktisch nicht
1	sehr gering
2	gering
3	mittel bis erhöht
4	hoch
5	sehr hoch

Anmerkungen

Die Angaben gelten bei geringer bis mäßig starker Kontamination. Bei stärkerer Kontamination können Bindung und Abbau geringer ausfallen.

Stand

September 2018

Quellen

- BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].
- LITZ, N. (1998): Schutz vor Organika. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde, 5. Erg.-Lfg. 11/98, Kap. 7.6.6, I–II u. 1–28; Weinheim (Wiley-VCH).
- LITZ, N. & BLUME, H.-P. (1989): Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. – Z. Kulturtechn. u. Landentw. **30**: 355–364; Berlin (Blackwell).
- LITZ, N., WILCKE, W. & WILKE, B.-M. (Hrsg.) (2007): Bodengefährdende Stoffe. – Weinheim (Wiley-VCH).

Verknüpfungsregel 6.7.3

Inhalt	Bindung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	
Eingangsdaten	Pflanzenbehandlungsmittel Humusgehalt (HUMUS) [% bzw. Stufe] Horizontsymbol (HORIZ)	Bodenart, Torfart, Mudde (HNBOD) Zersetzungsgrad (ZER) pH-Wert (CaCl ₂) (PHWERT)
Kennwert	FOB [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über das Verhalten der im alphabetischen Verzeichnis (Tab. 1) aufgeführten Pflanzenbehandlungsmittel in Böden. Dabei werden die in VKR 6.7.3 eingehenden Eigenschaften zuerst genannt. 1. Für das ausgewählte Pflanzenbehandlungsmittel wird zunächst die humusspezifische Bindungsstärke aus Tabelle 2 abgelesen und mit dem Humusgehalt in Tabelle 3 verknüpft. Bei Torfen wird zusätzlich die Zersetzungsgrad berücksichtigt. Die organischen Auflagehorizonte werden wie folgt zugeordnet: L: H z1 und H z2, Of: H z3, Oh: H z4 und H z5. → 1. Wert 2. Die tonspezifische Bindungsstärke aus Tabelle 2 wird in Tabelle 4 mit der jeweiligen Bodenart verknüpft. → 2. Wert 3. Der Tabelle 2 ist zu entnehmen, ob und in welcher Form die Bindungsstärke durch den pH-Wert beeinflusst wird. Sofern ein Einfluss besteht, ergeben sich aus Tabelle 5 in Verbindung mit dem gemessenen pH-Wert (in CaCl₂) Zu- oder Abschläge. → 3. Wert 4. Die Summe der Werte 1, 2 und 3 ergibt die Bindungsstärke des Pflanzenbehandlungsmittels aufgrund von Sorption im Boden (FOB). Der Gesamtwert für die FOB-Stufe ist auf maximal 5 begrenzt und kann anhand von Tabelle 6 bewertet werden.	

Tab. 1: Alphabetisches Verzeichnis der Wirkstoffe in Pflanzenbehandlungsmitteln.

Wirkstoff	Nr.	Wirkstoff	Nr.	Wirkstoff	Nr.
Acetamiprid	272	Anilazin	7	Beta-Cyfluthrin	250
Aclonifen	231	Atrazin	8	Bifenox	71
Alachlor	200	Azocyclotin	260	Bifenthrin	249
Aldicarb	193	Azoxystrobin	285	Bitertanol	16
Aldrin	123	Benalaxyl	243	Boscalid	265
Alpha-Cypermethrin	251	Bendiocarb	162	Brodifacoum	97
Amidosulfuron	106	Benfuracarb	163	Bromacil	60
Amitraz	58	Benomyl	37	Bromadiolon	98
Amitrol	15	Bentazon	4	Brommethan	124

Wirkstoff	Nr.
Bromoxynil	239
Bromuconazol	17
Bupirimat	233
Buprofezin	196
Butocarboxim	164
Butoxycarboxim	165
Butylat	178
Captafol	236
Captan	237
Carbaryl	166
Carbendazim	38
Carbetamid	199
Carbofuran	167
Carbosulfan	168
Carboxin	201
Carfentrazone-ethyl	35
Chloramben	72
Chlordan	125
Chlorfenvinphos	133
Chlorflurenol-methyl	95
Chloridazon	5
Chlormequat	3
Chlorphacinon	292
Chlorpropham	174
Chlorpyrifos	134
Chlorsulfuron	107
Chlorthalonil	240
Chlortoluron	211
Cinidon-ethyl	103
Clethodim	294
Clodinafop-propargyl	81
Clofentezin	288
Clomazone	289
Clopyralid	76
Cloquintocet-mexyl	277
Coumatetralyl	99
Cyanazin	9
Cycloat	179
Cycloxydim	105
Cyhexatin	261
Cymoxanil	212
Cyproconazol	18
Cyprodinil	53
2,4-D	65
Dazomet	197
DDT	126

Wirkstoff	Nr.
Deiquat	1
Deltamethrin	252
Demeton-S-methyl	135
Desmedipham	192
Diallat	180
Diazinon	136
Dicamba	73
Dichlobenil	241
Dichlofluanid	266
Dichlorprop	66
1,3-Dichlorpropen	127
Dichlorvos	137
Diclofop-methyl	82
Dieldrin	128
Diethofencarb	175
Difenacoum	100
Difenoconazol	19
Diffubenzuron	213
Diffufenican	264
Dimefuron	214
Dimethachlor	210
Dimethenamid	227
Dimethoat	138
Dimethomorph	44
Dinoseb	91
Dinoterb	92
Dithianon	275
Diuron	215
DNOC	93
Dodemorph	45
Endosulfan	129
Epoxiconazol	20
EPTC	181
Esfenvalerat	253
Ethephon	86
Ethiofencarb	169
Ethofumesat	248
Ethoprophos	139
Etrimfos	140
Famoxadon	286
Fenarimol	234
Fenazaquin	279
Fenbuconazol	21
Fenbutatin-oxid	262
Fenfuram	202
Fenhexamid	267

Wirkstoff	Nr.
Fenitrothion	141
Fenoxaprop-ethyl	67
Fenoxycarb	170
Fenpiclonil	49
Fenpropathrin	254
Fenpropidin	54
Fenpropimorph	46
Fenpyroximat	282
Fenthion	142
Fentin-acetat	263
Fenuron	216
Flocoumafen	101
Florasulam	51
Fluazifop-butyl	82
Fluazinam	55
Fludioxonil	50
Flufenacet	36
Fluometuron	217
Fluoroglycofen-ethyl	74
Flupyrsulfuron-methyl, Fluquinconazol	108
Fluroxypyr	77
Flurprimidol	235
Flurtamone	96
Flusilazol	22
Flutriafol	23
Folpet	238
Fosethyl-Al	87
Fuberidazol	39
Furalaxyl	244
Glufosinat-ammonium	88
Glyphosat	89
Glyphosat-trimesium	90
Haloxifop	83
Heptachlor	130
Hexachlorbenzol	131
Hexythiazox	293
Imazalil	40
Imazaquin	119
Imidacloprid	273
Indoxacarb	291
Iodosulfuron-methyl	109
Ioxynil	242
Iprodion	269
Isofenphos	143
Isoproturon	218

Wirkstoff	Nr.
Isoxaben	203
Isoxaflutol	290
Kresoxim-methyl	287
Lambda-Cyhalothrin	255
Lenacil	61
Lindan	132
Linuron	219
Malathion	144
Mancozeb	184
Maneb	185
MCPA	68
Mecoprop	69
Mefenpyr-diethyl	283
Mesotrione	120
Metalaxyl	245
Metaldehyd	247
Metam-Na	186
Metamitron	32
Metazachlor	204
Metconazol	281
Methabenzthiazuron	220
Methamidophos	145
Methidation	146
Methiocarb	171
Methomyl, Methylbromid	194
Metiram	187
Metobromuron	221
Metolachlor	205
Metosulam	56
Metoxuron	222
Metribuzin	33
Metsulfuron-methyl	110
Mevinphos	147
Monolinuron	223
Monuron	224
Myclobutanil	24
Napropamid	206
Nicosulfuron	111
Nitralin	228
Omethoat	148
Oxadixyl	246
Oxamyl	195
Oxydemeton-methyl	149
Oxyfluorfen	232
Paclobutrazol	25
Paraquat	2

Wirkstoff	Nr.
Parathion	150
Parathion-methyl	151
Penconazol	26
Pencycuron	225
Pendimethalin	229
Pentachlorphenol (PCP)	94
Permethrin	256
Phenmedipham	176
Phorat	152
Phosphamidon	153
Phoxim	154
Picloram	78
Picolinafen	280
Pirimicarb	172
Pirimiphos-methyl	155
Primisulfuron-methyl	112
Prochloraz	41
Procymidon	270
Prometryn	10
Propachlor	207
Propamocarb-hydrochlorid	198
Propanil	208
Propaquizafop	84
Propazin	11
Propham	177
Propiconazol	27
Propineb	188
Propoxur	173
Propyzamid	209
Prosulfocarb	182
Prosulfuron	113
Pymetrozin	34
Pyrazophos	156
Pyridat	6
Pyrifenox	48
Pyrimethanil	57
Quinmerac	104
Quinoclammin	276
Quinoxifen	278
Quintozen	122
Quizalofop-P	85
Rimsulfuron	114
Sethoxydim	295
Simazin	12
Spiroxamine	63

Wirkstoff	Nr.
Sulcotrione	121
Sulfotep	157
2,4,5-T	70
Tau-Fluvalinat	257
2,3,6-TBA	75
Tebuconazol	28
Tebufenozid	64
Tebufenpyrad	284
Teflubenzuron	226
Tefluthrin	258
Terbacil	62
Terbufos	158
Terbuthylazin	13
Terbutryn	14
Thiabendazol	42
Thiacloprid	274
Thifensulfuron-methyl	115
Thiocyclam	189
Thiophanat-methyl	43
Thiram	190
Tolclofos-methyl	159
Tolyfluanid	268
Triadimefon	29
Triadimenol	30
Triallat	183
Triasulfuron	116
Triazophos	160
Triazoxide	59
Tribenuron-methyl	117
Trichlorfon	161
Triclopyr	79
Tridemorph	47
Trifluralin	230
Triflursulfuron-methyl	118
Triforin	52
Trinexapac-ethyl	259
Triticonazol	31
Vinclozolin	271
Warfarin	102
Zineb	191

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden.

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslich- keit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾		
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob	
	Pyridyliumsalze									
1	Deiquat-dibromid (H)	2074-50-2	5	(2)	5	4 – 5	+	1 – 2	(1)	
2	Paraquat-dichlorid (H)		5	(1)	5	4 – 5	+	1	(1)	
3	Chlormequat-chlorid (W)		5	1	2 – 3	(4)	+	5	(4)	
	Diazine									
4	Bentazon (H)	25057-89-0	4	1	2	?	0	4 – 5	(4)	
5	Chloridazon (H)	1698-60-8	4	1	2	1 – 2	(–)	4 – (5)	(4)	
6	Pyridat (H)		2	3	1 – 2	?	(–)	5	(5)	
	Triazine									
7	Anilazin (F)	101-05-3	0 – 1	(1)	4	?	(–)	5	(4)	
8	Atrazin (H)	1912-24-9	2 – 3	1	2	2	–	3 – 4	3 – 4	
9	Cyanazin (H)		4	(1)	1 – 2	(2)	–	4	(3)	
10	Prometryn (H)	7287-19-6	3	(1)	3	2	(–)	4	3	
11	Propazin (H)	139-40-2	2	(1)	2	?	(–)	3 – 4	2 – 3	
12	Simazin (H)	122-34-9	2	1	2	2	–	3 – 4	2 – 3	
13	Terbuthylazin (H)		2	(1)	2 – 3	2	(–)	3 – 4	(3)	
14	Terbutryn (H)		3	(1)	3	?	(–)	3	(3)	
	Triazole									
15	Amitrol (H)	61-82-5	4	1	2	2	(–)	4 – 5	(4 – 5)	
16	Bitertanol (F)		2	1	3 – 4	?	0	4	(3 – 4)	
17	Bromuconazol (F)		3	(1)	4	?	0	3	(3)	
18	Cyproconazol (F)		4	2	3 – 4	?	0	3	(3 – 4)	
19	Difenoconazol (F)		3	(1)	4	?	0	5	(3 – 4)	
20	Epoxiconazol (F)		2	2 – 3	4	?	0	4	(3 – 4)	
21	Fenbuconazol (F)		1	(1)	4 – 5	?	0	3	2 – 3	
22	Flusilazol (F)		3	3	4	?	–	4	(3)	
23	Flutriafol (F)		4	(1)	2	?	0	2	(3)	
24	Myclobutanil (F)		4	(2)	3 – 4	?	0	4	1	
25	Paclobutrazol (W)		3	2	3 – 4	?	0	3	(3)	
26	Penconazol (F)		3	3	4	?	–	3	2 – 3	
27	Propiconazol (F)		60207-90-1	3 – 4	2	4	?	–	3–4	(3 – 4)
28	Tebuconazol (F)			3	2	4	?	0	(3)	(3)
29	Triadimefon (F)	55219-65-3	3	2	3	?	0	4 – 5	(3 – 4)	
30	Triadimenol (F)		2	(1)	3	?	(–)	3	(3)	
31	Triticonazol (F)		2	(1)	?	?	0	3	(3)	
	Triazinone									
32	Metamitron (H)	41394-05-2	4	1	2 – 3	?	(–)	5	(3 – 4)	
33	Metribuzin (H)		4	2	1	1	(–)	4 – 5	(3 – 4)	
34	Pymetrozin (I)		4	1	1	?	0	5	(4)	

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob
35	Triazolinon Carfentrazone-ethyl (H)		0	1	2	?	0	5	(4 – 5)
36	Oxyacetamid Flufenacet (H)		1 – 2	(2)	3 – 4	?	(–)	4	2 – 3
37	Imidazole Benomyl (F)	17804-35-2	2	1	4	3	–	4–5	2
38	Carbendazim (F)	10605-21-7	2 – 3	3	2	?	–	4	(3)
39	Fuberidazol (F)		4	1	4	?	–	3–4	(3 – 4)
40	Imazalil (F)		4	2	1 – 2	?	–	3	(3)
41	Prochloraz (F)	67747-09-5	2	3	3 – 4	?	–	3	(3)
42	Thiabendazol (F)		3 – 4	1	2	?	–	4	(4)
43	Thiophanat-methyl (F)	23564-05-8	3	(1)	4	?	–	4–5	(4 – 5)
44	Morpholine Dimethomorph (F)		3	1	3	3	0	5	4
45	Dodemorph (F)		3	4	4–5	?	–	3	(3)
46	Fenpropimorph (F)	67564-91-4	2	4	4	?	0	4	(4)
47	Tridemorph (F)		3	4	4	?	–	4	(4)
48	Oxim Pyrifeno (F)		4	3	4	?	0	3 – 4	(3 – 4)
49	Phenylpyrrole Fenpiclonil (F)		2	2	4	?	0	2 – 3	(2 – 3)
50	Fludioxonil (F)		2	2	5	?	–	5	(5)
51	Piperidin Florasulam (H)		4	(1)	4	?	–	5	(5)
52	Piperazin Triforine (F)		2	4	4	2	–	5	(5)
53	Pyrimidine Cyprodinil (F)		3	3	4	?	0	4	(4)
54	Fenpropidin (F)		4	(1)	4	?	–	3	(3)
55	Fluazinam (F)		2	(1)	4	?	0	5	(5)
56	Metosulam (H)		4 – 5	(1)	3	?	0	5	(5)
57	Pyrimethanil (F)		4	3	4	?	–	5	(5)
58	Amidin Amitraz (A)		0	4	3 – 4	?	–	5	(5)
59	Benzotriazin Triazoxide (F)		3	1	3	?	0	5	(5)
60	Uracile Bromacil (H)	314-40-9	4	1	1	?	–	3	2
61	Lenacil (H)		2	1	2 – 3	?	0	3	2
62	Terbacil (H)		4	2	2	?	0	3	2

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
63	Spiroketalamin Spiroxamine (F)		>5	1	3 – 4	?	0	4	(4)
64	Diacylhydrazin Tebufenozid (I)		1	2	3 – 4	?	0	4 – 5	(4 – 5)
65	Phenoxyalkancar- bonsäuren 2,4-D (H)	94-75-7	5	2	1 – 2	1	–	4 – 5	2
66	Dichlorprop (H)	120-36-5	4	1	2	(1)	(–)	4 – 5	3 – 4
67	Fenoxaprop-P-ethyl (H)		1	(1)	5	?	–	5	(5)
68	MCPA (H)	94-74-6	4	2	2	1	–	4 – 5	2 – 3
69	Mecoprop (H)	7085-19-0	4	2	2	1	–	4 – 5	2 – 3
70	2,4,5-T (H)	93-76-5	4	(1)	2 – 3	1	–	4	3
71	Benzoessäuren Bifenox (H)		1	(1)	4	?	(–)	4 – 5	5
72	Chloramben (H)	133-90-4	4	(2)	?	?	(–)	5	(5)
73	Dicamba (H)	1918-00-9	5	2	2	1	–	5	4
74	Fluoroglycofen-ethyl (H)		1	(1)	4	?	(–)	4 – 5	(4)
75	2,3,6-TBA (H)		4	(2)	2	1	–	3	(3)
76	Pyridincarbon- säuren Clopyralid (H)		5	1	2	?	0	4	(4)
77	Fluroxypyr (H)		3	1	2	0	–	4	(4)
78	Picloram (H)	1918-02-1	4	1	2	1	–	2–3	3 – 4
79	Triclopyr (H)		4 – 5	1	2	?	–	5	(5)
80	Aryloxyphenoxycar- bonsäuren Clodinafop-propargyl (H)		2	2	(4)	?	–	5	(5)
81	Diclofop-methyl (H)		2	(1)	5	?	–	5	5
82	Fluazifop-butyl (H)	69806- 50-4	4	3	2	?	0	5	4
83	Haloxypfop (H)		2	(1)	5	?	0	5	(5)
84	Propaquizafop (H)		1	1	(3)	?	0	5	(5)
85	Quizalofop-P-ethyl (H)		1	(1)	5	?	0	5	(5)
86	Phosphonsäuren Ethepon (W)		>5	1	2	?	–	5	2
87	Fosetyl-Al (F)		>5	1	(4)	?	(–)	5	(5)
88	Glufosinat-NH ₄ (H)		4	1	3	1	–	5	5
89	Glyphosat (H)	1071-83-6	5	1	5	2	0	4 – 5	(4)
90	Glyphosat-trimesium (H)		>5	1	5	4	0	5	5

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
	Phenole								
91	Dinoseb (H)	2813-95-8	3	2	2	1 – 2	–	4 – 5	5
92	Dinoterb (H)		2	4	(2)	1	–	4 – 5	(5)
93	DNOC (I, H, A)	534-52-1	4	1 – 2	2 – 3	4 – 5	–	4	(4 – 5)
94	PCP (I, F, H)	87-86-5	2	2	4	2	–	3 – 4	4
	Fluorencar- bonsäuren								
95	Chlorflurenol-methyl (H, W)		3	2	(4)	?	0	5	(5)
	Furanon								
96	Flurtamone (H)		3	(1)	(2)	?	0	5	(5)
	Cumarine								
97	Brodifacoum (R)		1	(1)	5	?	0	5	5
98	Bromadiolon (R)		3	(1)	4 – 5	?	0	5	5
99	Coumatetralyl (R)		3 – 4	1	(4)	?	–	4 – 5	(4 – 5)
100	Difenacoum (R)		1 – 3	(1)	5	?	–	2	(2)
101	Flocoumafen (R)		1	(1)	(5)	?	–	(5)	(5)
102	Warfarin (R)		3	(1)	2	?	–	(5)	(5)
	Isoindoldion								
103	Cinidon-ethyl (H)		0	3	2	?	–	5	5
	Chinolincarbonsäure								
104	Quinmerac (H)		4	1	2	?	–	4 – 5	(5)
	Cyclohexenon								
105	Cycloxydim (H)		3	2	1 – 2	?	–	4	5
	Sulfonylharnstoffe								
106	Amidosulfuron (H)		2 – 3*	3	(1)	?	–	3 – 4	(3 – 4)
107	Chlorsulfuron (H)		4	1	1	?	–	4	(4)
108	Flupyr-sulfuron (H)		4	1	1 – 2	1	–	4	3 – 4
109	Iodosulfuron-methyl (H)		4	1	(1)	1	–	5	4
110	Metsulfuron-methyl (H)		4 – 5*	1	1	?	–	4	3 – 4
111	Nicosulfuron (H)		4 – 5*	1	0 – 1	?	–	4	2
112	Primisulfuron-methyl (H)		2 – 4*	3	(0 – 1)	?	–	5	(4)
113	Prosulfuron (H)		5 – 3**	2	1	?	–	(4)	(4)
114	Rimsulfuron (H)		3 – 5*	(1)	1	?	–	4	4
115	Thifensulfuron-methyl (H)		4 – 5*	1	1	?	–	5	4 – 5
116	Triasulfuron (H)		3 – 5*	1 – 2	1	?	–	4	2–3
117	Tribenuron-methyl (H)		3 – 5*	1	1	?	–	4	(4)
118	Triflusulfuron-methyl (H)		2 – 5	2	(2)	?	–	5	(4)
*< bei pH 5, > bei pH 8; **pH-Einfluss umgekehrt									

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
119	Imidazolinol Imazaquin (H)		3	(1)	1	?	–	3	1
120	Triketone Mesotrione (H)		> 5	(1)	1 – 3	?	–	5	(3)
121	Sulcotrione (H)		> 5	2	1 – 3	?	–	4	(3)
122	Quintozen (F)	82-68-8	1	(2)	4	4	0	2 – 3	4
123	Halogenierte Kohlenwasserstoffe Aldrin (I)	309-00-2	1	3	5	(3)	0	3	3 – 4
124	Brommethan (I, N)		5	4	2	1	0	4 – 5	4
125	Chlordan (I)	12789-03-6	1	3	5		0	2 – 3	4
126	DDT (I)	50-29-3	0	1	5	4	0	1 – 2	3
127	1,3-Dichlorpropen (N)	542-75-6	4 – 5	2	2	2	0	5	4
128	Dieldrin (I)	60-57-1	0	3	5	3	0	1 – 2	3
129	Endosulfan (I)	115-29-7	1	(2)	4		0	3	3
130	Heptachlor (I)	76-44-8	1	4	5	3	0	2 – 3	2 – 3
131	Hexachlorbenzol (F)	118-74-1	0	3	4	2	0	2	1 – 2
132	Lindan (I)	58-89-9	2	2	3 – 4	3	0	2–3	5
133	Phosphorsäure-Ester Chlorfenvinphos (I, A)		(1)	4	?	5	0	(4)	1
134	Chlorpyrifos (I)		4	4 – 5	?	4 – 5	0	4	1
135	Demeton-S-methyl (I)		2	1	?	5	0	(4)	1
136	Diazinon (I, A)	333-41-5	2	3	2	4	0	4	2 – 3
137	Phosphorsäure-Ester Dichlorvos (I, A)		4	2	?	5	0	5	2
138	Dimethoat (I, A)		1	1	?	5	0	4	2 – 3
139	Ethoprophos (I, N)		(1)	2	?	5	0	(4)	2
140	Etrimfos (I)		(1)	3	?	5	0	(4)	2
141	Fenitrothion (I)		(1)	2	?	5	0	5	2
142	Fenthion (I)		4	3	?	5	0	5	1
143	Isofenphos (I)		3	(4)	?	5	0	5	1
144	Malathion (I, A)	121-75-5	1	2 – 3		4	0	2 – 3	2
145	Methamidophos (I, A)		(1)	1	?	5	0	5	2
146	Methidation (I, A)		3	2 – 3	?	5	0	5	2
147	Mevinphos (I)		(1)	1		5	0	4	2
148	Omethoat (I, A)		1	1	?	5	0	4	2 – 3
149	Oxydemeton-methyl (I)		2	1	?	5	0	(4)	1
150	Parathion (I, A)	56-38-2	2	4	2	4 – 5	0	2	2
151	Parathion-methyl (I)		3	4	2	4 – 5	0	2	2
152	Phorat (I, A)	298-02-2	2	3	2	5	0	5	2
153	Phosphamidon (I, A)		(1)	1	2	4 – 5	0	4	2

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
154	Phoxim (I)		(1)	3	?	5	0	4	1
155	Pirimiphos-methyl (I, A)		4	4	?	5	0	(4)	1
156	Pyrazophos (F)		3	4	?	3	0	3	1
157	Sulfotep (I, A)		4	(4)	?	5	0	4	1
158	Terbufos (I, N)		3	4	3	5	0	3	2
159	Tolclofos-methyl (F)		(1)	4	?	5	0	4	1
160	Triazophos (I, A, N)		(1)	3	?	4	0	4	1
161	Trichlorfon (I)		1	1	?	5	0	(4)	(3)
	Carbamate, Methylcarbamate								
162	Bendiocarb (I)		4	(1)	1	?	0	5	4
163	Benfuracarb (I)		2	(1)	4	?	0	5	5
164	Butocboxim (I)		> 5	2	(2)	?	0	5	5
165	Butoxycboxim (I, A)		> 5	1	(2)	?	0	5	4 – 5
166	Carbaryl (I, W)	63-25-2	3 – 4	(2)	2 – 3	?	0	3 – 4	3
167	Carbofuran (I, A, N)	1563-66-2	4	2	1	4	0	4	3 – 4
168	Carbosulfan (I, N)		1	3	4	4	0	5	5
169	Ethiofencarb (I)		5	(1)	2	?	0	5	5
170	Fenoxycarb (I)		2	2	4	?	0	5	4
171	Methiocarb (I, A, M)		3	3	3	?	0	4 – 5	4
172	Pirimicarb (I)		5	2	2	?	0	4 – 5	4 – 5
173	Propoxur (I)	114-26-1	5	3	2	?	0	4	3
	Phenylcarbamate								
174	Chlorpropham (H, W)	101-21-3	3	1	3	1 – 2	0	4	(4)
175	Diethofencarb (F)		3	4	3	?	0	5	2
176	Phenmedipham (H)	13684-63-4	2	1	3 – 4	?	0	4	3
177	Propham (H, W)	122-42-9	3	1	1	1	0	4 – 5	3
	Thiocarbamate								
178	Butylat (H)	2008-41-5	3	4	3	?	0	4	(4)
179	Cycloat (H)		3	3	3 – 4	?	0	3	(3)
180	Diallat (H)	2303-16-4	3	(1)	4	?	0	3	(3)
181	EPTC (H)	759-94-4	4	3	2	?	0	4	(4)
182	Prosulfocarb (H)		3	4	4 – 5	?	0	3	(3)
183	Triallat (H)	2303-17-5	4	3	4	2 – 3	0	4	(4 – 5)
	Dithiocarbamate (DTC)								
184	Mancozeb (F)	8018-01-7	1	(1)	4	?	0	5	5
185	Maneb (F)	12427-38-2	0 – 1	(1)	4	?	0	5	5
186	Metam-Na (F, N, H, I)		5	(1)	1 – 2	?	0	4 – 5	4 – 5
187	Metiram (F)		2 – 3	3	4	?	0	(3 – 4)	(3 – 4)
188	Propineb (F)		2 – 3	(1)	0 – 1	?	0	(4 – 5)	5

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
189	Thiocyclam (I)	12122-67-7	5	(1 – 2)	1	?	0	5	5
190	Thiram (F)		2	(1)	3	?	0	4 – 5	5
191	Zineb (F)		2	3	3 – 4	4 – 5	0	4 – 5	4 – 5
192	Biscarbamate Desmedipham (H)		2	1	4	?	0	5	5
193	Oxim-Carbamate Aldicarb (I, A, N)	116-06-3	4	(2)	1 – 2	1	0	3 – 4	4
194	Methomyl (I, A)	74-83-9	> 5	(1)	1 – 2	?	0	4 – 5	(4)
195	Oxamyl (I, A, N)		> 5	(1)	1	?	–	5	(4)
196	Thiadiazine Buprofezin (I, A)		1	4	4 – 5	?	0	4 – 5	3 – 4
197	Dazomet (F, N, H, I)		5	2	2 – 3	?	0	5	5
198	sonstige Carbamate Propamocarb-HCl (F)		> 5	3	(1 – 2)	?	+	4 – 5	4 – 5
199	Carbetamid (H)		5	(1)	1 – 2	?	0	4 – 5	(4)
200	Säureamide Alachlor (H)	5234-68-4	4	3	2	?	0	4 – 5	5
201	Carboxin (F)		4	2	5	3	0	4 – 5	2
202	Fenfuram (F)		3 – 4	2	2	?	0	3 – 4	(3 – 4)
203	Isoxaben (H)	67129-08-2	2	3	2 – 3	?	0	2 – 3	2 – 3
204	Metazachlor (H)		4	1	2 – 3	?	0	4 – 5	(4)
205	Metolachlor (H)		2	1	2 – 3	?	0	4	(3)
206	Napropamid (H)		3	3	3 – 4	?	0	3	(3)
207	Propachlor (H)	1918-16-7	4	3	2 – 3	1	0	4 – 5	4
208	Säureamide Propanil (H)	709-98-8	3	(1 – 2)	2	1 – 2	0	4	4
209	Propyzamid (H)		3	2 – 3	3	?	0	3	4
210	Chloracetamide Dimethachlor (H)		5	3	2	?	0	4	4
211	Harnstoffe Chlortoluron (H)	115545-48-9	3	2	2 – 3	1	0	4 – 5	4
212	Cymoxanil (F)	330-54-1	4	2	1 – 3	?	0	5	5
213	Diflubenzuron (I)		0	(1)	3	?	0	5	(3)
214	Dimefuron (H)		2	(1)	2	?	0	3	3
215	Diuron (H)		2	1	3	2	0	3	3
216	Fenuron (H)	101-42-8	4	(1)	2 – 3	2	0	3	(3)
217	Fluometuron (H)		4	(1)	1 – 2	?	0	4	(4)
218	Isoproturon (H)	34123-59-6	3	(1)	2	5	0	4	4
219	Linuron (H)	330-55-2	3	1	2 – 3	2	0	4	3

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
220	Methabenzthiazuron (H)	18691-97-9 11746-81-2 150-68-5	3	1	4	3	0	3	(3)
221	Metobromuron (H)		4	2	2	?	0	4	3
222	Metoxuron (H)		4	(1)	2	(2)	0	4 – 5	4
223	Monolinuron (H)		4	(1)	3	2	0	4	(3)
224	Monuron (H)		4	1	3	2	0	3 – 4	(3)
225	Pencycuron (F)		1	1	4	?	0	3 – 4	3
226	Teflubenzuron (I)		0	(1)	4	?	0	3 – 4	3 – 4
227	Chloracetamide Dimethenamid (H)		5	3	2 – 3	?	0	4 – 5	4 – 5
228	Dinitroaniline Nitralin (H)	4726-14-1 40487-42-1 11582-09-8	1	(1)	3 – 4	1	0	3 – 4	(4)
229	Pendimethalin (H)		1	3	5	?	0	3	4
230	Trifluralin (H)		1 – 2	3	4 – 5	?	0	3 – 4	4 – 5
231	Diphenylether Aclonifen (H)		2	3	4 – 5	?	0	4	4
232	Oxyfluorfen (H)		1	(1)	4 – 5	5	0	2	(1 – 2)
233	Pyrimidine Bupirimat (F)		3	3	4	?	0	3 – 4	3 – 4
234	Fenarimol (F)		3	3	3 – 4	?	0	4	3
235	Flurprimidol (W)		4	1	3	?	0	3 – 4	(3 – 4)
236	Phthalimide Captafol (F)	2425-09-1	1 – 2	1	1 – 2	?	0	4 – 5	3 – 4
237	Captan (F)	133-06-2	2	4	2	?	0	4 – 5	3 – 4
238	Folpet (F)		1 – 2	3	2 – 3	?	0	5	5
239	Aromatische Nitrile Bromoxynil (H)	1698-84-5 1194-65-6 1698-83-4	4	2	1	?	0	4 – 5	3 – 4
240	Chlorthalonil (F)		2	4	4 – 5	?	0	5	5
241	Dichlobenil (H)		3	4	2		0	3	
242	Ioxynil (H)		3 – 4	(1)	2		–	4 – 5	3
243	Phenylamide Benalaxyl (F)	57837-19-1	3	3	4	?	0	3 – 4	3 – 4
244	Furalaxyl (F)		4	2	2	?	0	3	(3)
245	Metalaxyl (F)		4	2	4	?	0	4 – 5	4 – 5
246	Oxadixyl (F)		>5	(1)	(1 – 2)	?	0	3 – 4	4

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslichkeit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anae- rob
247	Aldehyde Metaldehyd (M)	9002-91-9	4	4	2	?	0	4 – 5	4 – 5
248	Benzofuran Ethofumesat (H)	26225-79-6	3 – 4	3	2	?	0	3 – 4	(3 – 4)
249	Pyrethroide Bifenthrin (I, A)		0 – 1	4	5	?	0	3	2
250	Beta-Cyfluthrin (I)		0	4	4 – 5	?	0	3	4
251	Cypermethrin (I)		0	3	5	?	0	5	4
252	Deltamethrin (I)		1	3	4	?	0	4	3
253	Esfenvalerat (I)		0	4	4 – 5	?	0	4	4
254	Fenpropathrin (I)		0	(1)	5	?	0	5	3 – 4
255	Lambda-Cyhalothrin (I)		0	(1)	5	?	0	3 – 4	4
256	Permethrin (I)		0	(1)	(5)	?	0	4	2
257	Tau-Fluvalinat (I)		0	2	5	?	0	5	4
258	Tefluthrin (I)		0	(1)	(5)	?	0	3	2
259	Cyclohexancarbon- säureester Trinexapac-ethyl (W)		>5	1	2 – 3	?	-	4 – 5	(4)
260	Zinnorganische Verbindungen Azocyclotin (A)		1	3 – 4	4	?	-	4 – 5	(4 – 5)
261	Cyhexatin (A)		1	(1)	5	?	0	(2 – 3)	(2 – 3)
262	Fenbutatin-oxid (A)		0	3	(4 – 5)	?	0	2	(2)
263	Fentinacetat (F, M)		2	(1)	5	?	-	5	4
264	Phenoxynicotinanilide Diflufenican (H)		1	3	4	?	0	3 – 4	3 – 4
265	Anilide Boscalid (F)		2	(1)	(3)	?	0	3 – 4	(3 – 4)
266	Dichlofluanid (F)		1 – 2	(1)	4	?	0	5	5
267	Fenhexamid (F)		3	2	3 – 4	?	0	5	4 – 5
268	Tolyfluanid (F)		1	3	(4)	?	0	5	5

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (Fortsetzung).

Nr.	Name (Wirkungsbereich) ¹⁾	CAS-Nr. ²⁾	Löslich- keit ³⁾	Flüch- tigkeit ⁴⁾	Bindung durch			Abbau ⁷⁾	
					Humus ⁵⁾	Ton ⁵⁾	pH-Ein- fluss ⁶⁾	aerob	anaerob
	Imidazolidine								
269	Iprodion (F)		3	(1)	3 – 4	?	-	3	3
270	Procymidon (F)		2	(2)	4	?	0	3	3
271	Vinclozolin (F)		2	(1)	2 – 3	?	0	4	4
	Neonicotinyne								
272	Acetamiprid (I)		5	1	1	?	-	5	5
273	Imidacloprid (I)		4	1	2	?	0	3	3
274	Thiacloprid (I)		4	(1)	4	?	0	4 – 5	4 – 5
	Chinone								
275	Dithianon (F)		1	2	1	?	0	4	(4)
276	Quinoclamid (H)		3	2	4	?	0	5	5
	Chinoline								
277	Cloquintocet-mexyl (S)		1	(1)	5	?	0	5	5
278	Quinoxifen (F)		1	4	5	?	0	2 – 3	2
	Chinazolin								
279	Fenazaquin (A)		1	3	5	?	0	4 – 5	4 – 5
	Aryloxycolinamid								
280	Picolinafen (H)		0	4	5	?	0	4 – 5	4 – 5
	Triazol								
281	Metconazol (F)		3	(1)	4	?	0	3	3
	Pyrazole								
282	Fenpyroximat (A)		0	(1)	4	?	0	4	(4)
283	Mefenpyr-diethyl (S)		3	3	?	?	0	5	(5)
284	Tebufenpyrad (A)		2	3	4	?	0	5	5
	Strobilurine								
285	Azoxystrobin (F)		2	1	2 – 3	?	0	4	5
286	Famoxadon (F)		0	3	4	?	0	5	4 – 5
287	Kresoxim-methyl (F)		2	3	4	4	0	5	5
	Tetrazin								
288	Clofentezin (A)		0	3	(4 – 5)	?	0	4 – 5	4 – 5
	Isoxazolidinon								
289	Clomazone (H)		5	3	3 – 4	?	0	4 – 5	4 – 5
	Isoxazol								
290	Isoxaflutol (H)		2	2	2	?	0	5	5
	Oxadiazin								
291	Indoxacarb (I)		1	2	(4 – 5)	?	0	5	5
	Indandion								
292	Chlorphacinon (R)		3 – 4	(1)	5	?	0	3 – 4	3 – 4
	Thiazol								
293	Hexythiazox (A)		1	3	4	?	0	5	5
	Cyclohexendione								
294	Clethodim (H)		5	(1)	4	?	0	5	5
295	Sethoxydim (H)		3 – 5	(1)	1 – 2	?	-	5	5

Erläuterungen zu den Tabellenspalten:

1)

Wirkungsbereiche	
A	Akarizid
F	Fungizid
H	Herbizid
I	Insektizid
M	Molluskizid
N	Nematizid
R	Rodentizid
S	Safener
W	Wachstumsregler

- 2) Bei der CAS-Nummer (Chemical Abstracts System Number) handelt es sich um eine stoffspezifische Nummer, die namentlich in Gesetzes- und Verwaltungsvorschriften sicherstellen soll, dass keine Stoffverwechslungen eintreten. Die Nummern sind nicht nach einem natürlichen Ähnlichkeitssystem erstellt, sondern nach der zeitlichen Zitierung in den Chemical Abstracts.

3)

Stufe	Löslichkeit [mg/l H ₂ O bei 20 °C]
0	< 0,1
1	0,1 – 1
2	1 – 10
3	10 – 100
4	100 – 1000
5	> 1000

4)

Flüchtigkeit		
Stufe	[hPa bei 20–25 °C]	Henry-Konstante
1	< 0,01	< $4 \cdot 10^{-6}$
2	0,01 – 100	$4 \cdot 10^{-6}$ – $4 \cdot 10^{-4}$
3	100 – 5000	$4 \cdot 10^{-4}$ – 0,04
4	> 5000	> 0,04

Lag die Henry-Konstante zur Ermittlung der Flüchtigkeit nicht vor, wurde ersatzweise der Dampfdruck der reinen Substanz herangezogen: **1** $< 10^{-3}$; **2** 10^{-3} -100; **3** 100-5 x 10^3 ; **4** $> 5 \times 10^3$ [hPa bei 20–25 °C]; in diesem Fall erscheint das Ergebnis in Klammern.

5)

Stufe	Bindung an Humus bzw. Ton: Sorptionskoeffizient (kd) nach Freundlich
0	< 0,5
1	0,5 – 50
2	50 – 150
3	150 – 500
4	500 – 5000
5	> 5000

6)

pH-Einfluss	
+	Bindung steigt mit zunehmendem pH-Wert
-	Bindung steigt mit abnehmendem pH-Wert
0	kein Einfluss

7)

Stufe	Abbaustufen (> 75%iger Abbau) [Wochen bzw. Jahre]
5	< 6 Wo
4	6 Wo – 18 Wo
3	18 Wo – 1 J
2	1 J – 3 J
1	> 3 J
()	abgeleitet

Die Angaben zum Abbau gelten für normale Ackerböden (lockere, feuchte, lehmige Krume mit 2–4 % Humus und pH 5,5–6,5 sowie einer mittleren Lufttemperatur von 11–16 °C).

8)

Bewertungsstufen	
0	praktisch nicht
1	sehr gering, sehr schwach
2	gering, schwach
3	mittel bis erhöht
4	hoch, stark
5	sehr hoch, sehr stark
()	unsichere Angaben

Tab. 3: Bindungsstufe (FOB) von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden aufgrund des Einflusses des Humusgehaltes von Mineralböden und der Zersetzungsgrad von Torfen (Mittel der oberen 3 dm).

Humus-		Zerset- zungs- grad (ZER)	Bindungsstufe durch Humus nach Tabelle 2								
stufe	gehalt [%]		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
h1	≤ 1		0	0	0	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0	2,0
h2	> 1 – 2		0	0	0,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0
h3	> 2 – 4		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5
h4	> 4 – 8		0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
h5	> 8 – 15		0	0,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
h6	> 15 – 30		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
H (Oh)	> 30	4 und 5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
H (Of)	> 30	3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
H (L)	> 30	2 und 1	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0

Tab. 4: Bindungsstufe (FOB) von Pflanzenbehandlungsmitteln in Mineralböden aufgrund des Einflusses der Bodenart (Mittel der oberen 3 dm); * für x, g, gr (3–5): Endergebnis.

Bodenart	Bindungsstufe durch Ton nach Tabelle 2								
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
x, g, gr (3–5)* X, G, Gr, gS, mSgs, mSfs	0	0	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0
mS, fS, Su2, ffS	0	0	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0
Su3, Sl2, Su4, St2, Sl3, Sl4, Us, Slu, St3	0	0,5	1,0	1,0	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0
Uu, Ut2, Ls4, Ls2, Lu, Ls3, Ut3, Ut4, Lt2, Uls	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Lts, Ts3, Tu4, Lt3, Ts4, Tu3, Ts2, Tu2, Tl	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
T	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

Tab. 5: Zu- bzw. Abschläge zur Berücksichtigung des pH-Einflusses auf die Bindungsstufe (FOB) von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden.

pH-Einfluss nach Tab. 2	pH (CaCl ₂)			
	> 6,5	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,0	< 4,0
+	+0,5	0	-0,5	-1,0
-	-0,5	0	+0,5	+1,0

Kennwertklassifizierung

Tab. 6: Einstufung der Bindung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (FOB).

Stufe FOB	Bindung
0	praktisch nicht
1	sehr gering, sehr schwach
2	gering, schwach
3	mittel bis erhöht
4	hoch, stark
5	sehr hoch, sehr stark

Anmerkung

Die Angaben gelten bei praxisüblichen Aufwandsmengen.

Stand

September 2018

Quellen

BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).

DWA - DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].

Verknüpfungsregel 6.7.4

Inhalt	Eliminierung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	
Eingangsdaten	Pflanzenbehandlungsmittel Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Vernässungsstufe (VERNAS) [Stufe] Summe der austauschbaren Kationen (S-Wert) [cmol _c /kg] nach VKR 6.2.4 Humusform bei Forst (HUFORM)	Bindung von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (FOB) [Stufe] nach VKR 6.7.3 Biologische Aktivität (BAK) [Stufe] nach VKR 6.3.1 Mittlere Temperatur der Vegetationsperiode (TEMP _v) [°C] Jahresmitteltemperatur (TEMP _j) [°C]
Kennwert	FOE [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die Tabelle 2 der VKR 6.7.3 gibt einen Überblick über das Verhalten der im alphabetischen Verzeichnis (Tab. 1 der VKR 6.7.3) aufgeführten Pflanzenbehandlungsmittel. Der Ausgangswert der Eliminierungsstufe ergibt sich aus der in Tabelle 3 vorgenommenen Verknüpfung der aeroben Abbaustufe (aus Tab. 2 der VKR 6.7.3) mit der Jahrestemperatur unter der Voraussetzung, dass die Kontamination außerhalb der Vegetationsperiode stattgefunden hat. Anschließend werden Zu- bzw. Abschläge vergeben: – im Falle ungünstiger Wasserverhältnisse, berücksichtigt über die bodenkundliche Feuchtestufe → nach Tabelle 4, – in Abhängigkeit der stoffspezifischen Abbaubedingungen (Stoff wird nach Tab. 2 bei VKR 6.7.3 vorwiegend aerob oder anaerob abgebaut) und den Luftverhältnissen des Bodens, berücksichtigt über die Vernässungsstufe → nach Tabelle 5, – in Abhängigkeit der Nährstoffgehalte, berücksichtigt über den S-Wert bei Ackernutzung bzw. die Humusform bei Forstnutzung → nach Tabelle 6, – in Abhängigkeit der Bindungsstärke des Pflanzenbehandlungsmittels im Boden (FOB) und der biologischen Aktivität (BAK) → nach Tabelle 7, – in Abhängigkeit der Flüchtigkeit des Pflanzenbehandlungsmittels (nach Tab. 2 bei VKR 6.7.3) und dem Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – August) → nach Tabelle 8.	

Tab. 1: Alphabetisches Verzeichnis der Wirkstoffe in Pflanzenbehandlungsmitteln (siehe VKR 6.7.3).

Tab. 2: Bewertungsstufen für das Verhalten von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (siehe VKR 6.7.3).

Tab. 3: Eliminierungsstufe (FOE) von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden auf Grund des Einflusses der mittleren Lufttemperatur (als Maß für die Bodentemperatur) auf den Abbau.

Abbaustufe (aerob) n. Tabelle 2	Jahrestemperatur [°C]			Mitteltemperatur [°C] der Vegetationsperiode		
	12 – 9	< 9 – 6	< 6 – 3	21 – 16	< 16 – 11	< 11 – 6
1,0, 1,5	0,5	0,5	0	1,5	1,0	0,5
2,0, 2,5	1,5	1,0	0,5	2,5	2,0	1,5
3,0, 3,5	2,5	2,0	1,5	3,5	3,0	2,5
4,0, 4,5	3,5	3,0	2,5	4,5	4,0	3,5
5,0	4,0	3,5	3,0	5,0	4,5	4,0

Tab. 4: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Wasserverhältnisse.

Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)	Abschlag
0, 1	1,0
2, 1/1, 2/1, 3/1, 4/1	0,5
übrige	0

Tab. 5: Zu-/Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Bodendurchlüftung (aerob/anaerob).

Vernässungs- stufe	Abbaustufe nach Tabelle 2		
	aerob > anaerob	aerob ~ anaerob	aerob < anaerob
0, 1	0	0	0
2, 3	-0,5	0	+0,5
4 – 6	-1,0	0	+1,0

Tab. 6: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung ungünstiger Nährstoffgehalte.

für Ackernutzung S-Wert	für Forstnutzung Humusform	Abschlag
≤ 4	Rohhumus	1,0
> 4 – 12	Moder	0,5
> 12	Mull	0

Tab. 7: Abschläge von der Eliminierungsstufe (FOE) in Abhängigkeit der biologischen Aktivität des Bodentyps und der Bindungsstärke von Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden (FOB).

Biologische Aktivität [Stufe]	Bindungsstufe (FOB) nach VKR 6.7.3		
	1,0 – 2,5	3,0 – 3,5	4,0 – 5,0
4	0	0	0,5
2	0	0,5	1,0

Tab. 8: Zuschläge zur Eliminierungsstufe (FOE) zur Berücksichtigung des Einflusses möglicher Verflüchtigung bei Pflanzenbehandlungsmitteln.

	Flüchtigkeit nach Tabelle 2			
	1,0 – 1,5	2,0 – 2,5	3,0 – 3,5	4,0
bei Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – Aug.) > 10 °C oder langem Verweilen des Pflanzenbehandlungsmittels an der Bodenoberfläche	0	1,0	1,5	2,0
bei Monatsmittel der Lufttemperatur (Mai – Aug.) < 10 °C oder kurzem Verweilen des Pflanzenbehandlungsmittels an der Bodenoberfläche	0	0	1,0	1,5

Kennwertklassifizierung

Tab. 9: Einstufung der Eliminierung von Pflanzenbehandlungsmitteln (FOE).

Stufe FOE	Eliminierung
0	praktisch nicht
1	sehr gering
2	gering
3	mittel bis erhöht
4	hoch
5	sehr hoch

Anmerkung

Die Angaben gelten bei praxisüblichen Aufwandsmengen. Das Verfahren wurde vom LBEG (1990, damals NLfB) modifiziert.

Stand

September 2018

Quellen

BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].

Verknüpfungsregel 6.7.5

Inhalt **Anreicherungs-wahrscheinlichkeit von Organika in Böden**

Eingangsdaten Bindung von Organika in Böden (FOB) [Stufe] nach VKR 6.7.1
bzw. VKR 6.7.3
Eliminierung von Organika in Böden (FOE) [Stufe] nach VKR 6.7.2
bzw. VKR 6.7.4

Kennwert FOA [Stufe]

Kennwertermittlung

Tab. 1: Anreicherungs-wahrscheinlichkeit (FOA) von Organika im Oberboden in Abhängigkeit von der Bindungsstufe (FOB) und der Eliminierungsstufe (FOE) bei wiederholter Anwendung.

FOE [Stufe]	FOB [Stufe]										
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0, 1,0, 1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
2,0, 2,5	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0	4,5	4,5
3,0, 3,5	1,5	2,0	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,5	3,5	4,0	4,0
4,0, 4,5	1,0	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,5
5,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0

Kennwertklassifizierung

Tab. 2: Einstufung der Anreicherungs-wahrscheinlichkeit von Organika (FOA) im Boden.

FOA [Stufe]	Anreicherungs-wahrscheinlichkeit
1	sehr gering
2	gering
3	mittel
4	hoch
5	sehr hoch

Anmerkung Mit dem Kennwert FOA wird die Wahrscheinlichkeit einer Anreicherung durch wiederholtes Aufbringen einer Chemikalie abgeleitet. Das Verfahren wurde vom LBEG (1990, damals NLfB) modifiziert.

Stand September 2018

Quellen BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).
DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A 920-2, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].
DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1990): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. - Gelbdruck zum DVWK-Merkblatt, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden. – 33 S. [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.7.6

Inhalt	Prognose der Verfügbarkeit von Organika im Boden
Eingangsdaten	Bindung von Organika in Böden (FOB) [Stufe] nach VKR 6.7.1 bzw. VKR 6.7.3 Eliminierung von Organika in Böden (FOE) [Stufe] nach VKR 6.7.2 bzw. VKR 6.7.4
Kennwert	FOV [Stufe]
Kennwertermittlung	Die im Boden verfügbare Menge an Organika (Verfügbarkeit) lässt sich aus dem Mittelwert von Bindungs- (FOB) und Eliminierungsstufe (FOE) abschätzen. Je geringer die Bindung und Eliminierung, desto größer ist die Verfügbarkeit.

$$FOV = \frac{(FOB + FOE)}{2}$$

Kennwertklassifizierung

Tab. 1: Einstufung der Prognose der im Boden verfügbaren Menge an Organika (FOV).

FOV [Stufe]	Prognose
5	sehr geringe Verfügbarkeit
4	geringe Verfügbarkeit
3	mittlere Verfügbarkeit
2	hohe Verfügbarkeit
1, 0	sehr hohe Verfügbarkeit

Stand	September 2018
Quelle	DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1990): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. - Gelbdruck zum DVWK-Merkblatt, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden. – 33 S. [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.7.7

Inhalt	Potenzielle Auswaschungsgefährdung und Grundwasserbeeinträchtigung durch Organika	
Eingangsdaten	Verfügbarkeit von Organika in Böden (FOV) [Stufe] nach VKR 6.7.6 Sickerwasserrate (SWR) [mm/a] nach VKR 6.5.16 Bodenart (HNBOD)	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe] Bindung von Organika in Böden (FOB) [Stufe] nach VKR 6.7.1 bzw. VKR 6.7.3
Kennwert	FOW [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die potenzielle Grundwasserbeeinträchtigung durch Organika ergibt sich nach Tabelle 1 aus der Verfügbarkeit der Organika im Boden (FOV) sowie der jährlichen Sickerwasserrate (SWR). Modifikation: Weist auch der Unterboden (unterhalb 3 dm) bis zum Grundwasserspiegel eine mindestens 3 dm mächtige humose Lage (Humusstufe > h1) und/oder eine 5 dm mächtige Schicht mit Feinboden > 50 % auf, ist die Bindung um eine Stufe zu erhöhen. Sind diese Lagen über 8 dm mächtig, ist die Bindung um 1,5 Stufen zu erhöhen. In diesen Fällen ist der Wert für FOB und FOV neu zu bestimmen.	

Tab. 1: Potenzielle Grundwassergefährdung durch Organika (FOW) in Abhängigkeit von SWR und FOV.

SWR [mm/a]	FOV [Stufe]						
	5	4	3	2	1	0	
0 – 100	0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	zunehmende Auswaschung ↓
> 100 – 200	0	1,5	2,5	3,5	4,0	5,0	
> 200 – 400	0	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	
> 400	0,5	2,0	3,5	4,5	5,0	5,0	
← zunehmende Verfügbarkeit →							

Kennwertklassifizierung

Tab. 2: Einstufung der potenziellen Auswaschung und Grundwasserbeeinträchtigung durch Organika (FOW).

FOW [Stufe]	potenzielle Auswaschung und Grundwasserbeeinträchtigung
0 – 2	gering
2,5 – 3,5	mittel
4 – 5	hoch

Anmerkung Das Verfahren wurde vom LBEG (1990, damals NLfB) modifiziert.

Stand September 2018

Quelle DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1990): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. - Gelbdruck zum DVWK-Merkblatt, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden. – 33 S. [Unveröff.].

Verknüpfungsregel 6.7.8

Inhalt	Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle	
Eingangsdaten	Schwermetall	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe]
	pH-Wert (CaCl ₂) (PHWERT)	Horizontsymbol (HORIZ)
	Bodenart (HNBOD)	Grobboden, Festgestein (SKEL)
Kennwert	FSM ₀ [Stufe]	
	FSM [Stufe]	
Kennwertermittlung	Bei Vorhandensein von Festgestein oder Festgesteinszersatz mit Feinbodenanteilen ist die relative Bindungsstärke der Böden für Schwermetalle im Oberboden (FSM₀) aus Tabelle 5 direkt abzulesen. Andernfalls werden für die Berechnung der FSM₀ die Horizonte der obersten 3 dm einschließlich Auflagehorizonte (L- und O-Horizonte) herangezogen, und es wird folgendermaßen vorgegangen: 1. Mit Hilfe der Eingangsdaten Metall und pH-Wert wird der Kennwert relative Bindungsstärke von Metallen (FSM) aus Tabelle 1 ermittelt; dieser gilt zunächst für sandige, adsorptionsschwache Böden. → 1. Wert. 2. Je nach Humus- bzw. Tongehalt werden Zuschläge erteilt (Sesquioxide werden vernachlässigt). Tabelle 2 können die substratbedingten Bindungsstärken durch Humus bzw. Ton für das jeweilige Metall entnommen werden. Oberhalb des angegebenen Grenz-pH-Wertes findet eine starke Adsorption der Schwermetalle an Sesquioxiden statt. a) Der Wert der substratbedingten Bindungsstärke durch Humus aus Tabelle 2 wird als Eingangsparameter für Tabelle 3 in Verbindung mit dem Eingangsdatum Humusgehalt bzw. Humusstufe verknüpft → 2. Wert. Modifikation: Bei L- und O-Horizonten gilt Humusstufe h7. Bei Of-Horizonten ist der Zuschlag bei Bindungsstärke 2 um 0,5 und bei Bindungsstärke 3–5 um 1 zu vermindern. b) Der Wert der substratbedingten Bindungsstärke durch Ton aus Tabelle 2 wird als Eingangsparameter für Tabelle 4 in Verbindung mit dem Tongehalt bzw. der Bodenart verknüpft → 3. Wert. Modifikation: Je 25 Gew.-% Kies bzw. Steine ist der Zuschlag um 0,5 zu erniedrigen. 3. Abschließend werden die Werte 1, 2 und 3 addiert. Das Ergebnis ist die relative Bindungsstärke der Böden für Schwermetalle im Oberboden (FSM₀). 4. Bei geschichteten Profilen wird FSM₀ nach Mächtigkeit gewichtet abgeleitet.	

Tab. 1: Einfluss der Bodenazidität auf die relative Bindungsstärke von Metallen (FSM) bei sandigen Böden (Bodenart S, Su2) mit geringem Humusgehalt (< 2 %).

Metall	pH (CaCl ₂)									
	2,5 – 2,7	2,8 – 3,2	3,3 – 3,7	3,8 – 4,2	4,3 – 4,7	4,8 – 5,2	5,3 – 5,7	5,8 – 6,2	6,3 – 6,7	6,8 – 8,0
Cd	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Mn	0,0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Ni	0,0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Co	0,0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Zn	0,0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
Al	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
Cu	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
Cr (III)	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
Pb	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Hg	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Fe (III)	1,5	2,5	3,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Tab. 2: Relative Bindungsstärke für Metallionen in Abhängigkeit von Bodenbestandteilen bei gegebenem Grenz-pH.

Metall	Grenz-pH	substratbedingte Bindungsstärke unterhalb Grenz-pH durch		
		Humus	Ton	Sesquioxide
Cd	6,0	4,0	2,0	3,0
Mn	5,5	2,0	3,0	3,0
Ni	5,5	3,5	2,0	3,0
Co	5,5	3,0	2,0	3,0
Zn	5,5	2,0	3,0	3,0
Al	5,5	5,0	4,0	4,0
Cu	4,5	5,0	3,0	4,0
Cr (III)	4,5	5,0	4,0	5,0
Pb	4,0	5,0	4,0	5,0
Hg	4,0	5,0	4,0	5,0
Fe(III)	3,5	5,0	5,0	

Tab. 3: Zuschläge zur Berücksichtigung des Einflusses des Humusgehaltes (der oberen 3 dm) auf die Metallbindung (FSM₀).

Humus		Bindungsstärke des Humus				
-stufe	-gehalt [%]	2,0	3,0	3,5	4,0	5,0
h0, h1, h2	≤ 2	0	0	0	0	0
h3, h4	> 2 – 8	0	0,5	0,5	0,5	1,0
h5	> 8 – 15	0,5	0,5	1,0	1,0	1,5
h6, h7	> 15	0,5	1,0	1,0	1,5	2,0

Tab. 4: Zuschläge zur Berücksichtigung des Einflusses des Tongehaltes bzw. der Bodenart (Mittel der oberen 3 dm) auf die Metallbindung (FSM₀)*.

Bodenart	Bindungsstärke des Tones			
	2,0	3,0	4,0	5,0
Ss, Su2	0	0	0	0
St2, Sl2, Sl3, Su3, Su4, Us, Uu	0	0	0,5	0,5
Sl4, Slu, Ut2, Ut3, Ul2, Ul3, Ul4, Uls, Ut4, Ls3, Ls4, Lu, St3, Ts4	0,5	0,5	0,5	1,0
T1, Ts2, Ts3, Tu2, Tu3, Tu4, Lts, Lt2, Lt3, Ltu	0,5	0,5	1,0	1,5
Tt	0,5	1,0	1,5	2,0

* Je 25 Gew.-% Kies bzw. Steine ist der Zuschlag um 0,5 zu erniedrigen.

Tab. 5: Die relative Bindungsstärke für Horizonte mit Gestein bzw. Gesteinszersatzanteilen.

Festgestein, Festgesteinszersatz	FSM ₀
^sk, ^skc, ^k, ^kc, ^d, ^dc, ^mk, ^mkc, ^y, ^yc	5
^s, ^sc, ^mks, ^mksc, ^tm, ^tmc, ^t, ^tc, ^u, ^uc, ^m, ^mc	2

Kennwertklassifizierung

Tab. 6: Einstufung der relativen Bindungsstärke der Böden für Schwermetalle im Oberboden (FSM₀).

Stufe	0	1	2	3	4	5
relative Bindungsstärke	keine	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Beispiel

Das folgende Beispiel zeigt, wie zu verfahren ist, falls der Oberboden – definiert als 30 cm mächtiger Bereich einschließlich der Humusaufgabe – aus mehreren Horizonten mit mehr als 30 cm Mächtigkeit besteht.

Tab. 7: Beispiel der Kennwertermittlung für das Metall Cadmium.

Horizont	cm	pH	1. Wert	Humus	2. Wert	Bodenart	3. Wert
Oh	2	5,0	3,0	h6	1,5		0,0
Ah	12	5,3	3,5	h3	0,5	Lu	0,5
Bv	20	5,5	3,5	h1	0,0	Lts	0,5

$$\begin{array}{lll}
 2 * 3,0 = 6 & 2 * 1,5 = 3 & 2 * 0,0 = 0 \\
 12 * 3,5 = 42 & 12 * 0,5 = 6 & 12 * 0,5 = 6 \\
 16 * 3,5 = 56 & 16 * 0,0 = 0 & 16 * 0,5 = 8 \\
 104 : 30 = 3,47 & 9 : 30 = 0,3 & 14 : 30 = 0,47
 \end{array}$$

Da die Gesamtmächtigkeit der einzelnen Horizonte 30 cm nicht überschreiten sollte, wird beim 2. Horizont (Bv) von einer Mächtigkeit von 16 cm ausgegangen.

Durch Addition der Werte erhält man das Ergebnis 4,2. Sollte bei einer Addition ein Ergebnis von > 5 herauskommen, wird auf 5 abgerundet, da die Klassifizierung fünf Stufen (1–5) umfasst.

Anmerkungen

Das Verfahren wurde vom LBEG (1991, damals NLfB) modifiziert.
Die Einstufung der Humusgehalte in Tabelle 3 entspricht der des DVWK (1980).
Aluminium (Al) gilt zwar nicht als Schwermetall, ist aber im Boden aufgrund seiner Wirkung im mobilen Zustand auf Organismen von hoher Bedeutung. Eisen (Fe) ist ebenfalls kein Schwermetall, jedoch von den Konzentrationen her sehr bedeutend in Böden. Beide können mit denselben Methoden bewertet werden.

Stand

Januar 2018

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

BLUME, H.-P. & BRÜMMER, G. (1991): Prediction of heavy metal behavior in soil by means of simple field tests. – *Ecotoxicology and Environmental Safety* **22**: 164–174.

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1980): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil I: Grundansprache der Böden. – DVWK-Regeln **115**, 18 S.; Hamburg (Parey).

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. – DVWK-Merkblatt **212**, 8 S.; Hamburg (Parey).

Verknüpfungsregel 6.7.9

Inhalt	Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle	
Eingangsdaten	Schwermetall Relative Bindungsstärke des Oberbodens für Schwermetalle (FSM) [Stufe] nach VKR 6.7.8 Humusgehalt (HUMUS) [% bzw. Stufe] Bodenart (HNBOD)	Horizontsymbol (HORIZ) Grundwasserstufe (GWS) [Stufe] nach VKR 6.1.12 Jährliche klimatische Wasserbilanz (KWB _j) [mm/a] nach VKR 6.4.5 Grobboden, Festgestein, Festgesteinszersatz (SKEL)
Kennwert	FSM _w [Stufe] FSM _t [Stufe] FSM _{tk} [Stufe]	
Kennwertermittlung	1. Für die Einschätzung der Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle (FSM_w) werden bis maximal 2 m unter GOK sämtliche Horizonte eines Profils bis zur Untergrenze des ganzjährig grundwasserfreien Bodenraumes (oberhalb MHGW) betrachtet. Nach VKR 6.7.8, Tabelle 1, wird zunächst der Horizont mit der höchsten FSM ermittelt, der auch gleichzeitig 30 cm mächtig sein muss. Ist dieser < 30 cm, wird mit dem angrenzenden, darüber- oder darunterliegenden Horizont, der die größere FSM aufweist, ein gewichtetes Mittel gebildet: → 1. Wert. 2. Zuschläge zur FSM aufgrund der Humus- und Tongehalte werden vergeben: – für den Oberboden nach VKR 6.7.8, Tabelle 2, 3 und 4, – für den Unterboden nach VKR 6.7.9, Tabelle 1, sofern Horizonte auftreten, die eine der genannten Bedingungen erfüllen und mindestens 30 cm mächtig sind. Der maximale Zuschlag aufgrund des Humus- bzw. des Tongehaltes für den Unterboden beträgt 1. Die Summe der Humuszuschläge für Ober- und Unterboden werden zur FSM addiert: → 2. Wert. Die Summe der Tongehaltszuschläge für Ober- und Unterboden werden dazu addiert: → 3. Wert. 3. Bei stark quellenden/schrumpfenden Böden (Spaltenbreite in 5 mm zeitweilig > 1 cm bzw. Tongehalt > 35 %) wird ein Abschlag von 1 vorgenommen. Daraus ergibt sich die relative Bindungsstärke von Schwermetallen im ganzjährig grundwasserfreien Bodenraum (FSM_t). Das Ergebnis wird auf halbe bzw. ganze Zahlen gerundet. Maximal möglich ist eine FSM_t mit der Stufe 5: → 4. Wert (FSM_t).	

4. Der Einfluss der jährlichen klimatischen Wasserbilanz (KWB_j nach VKR 6.4.5) auf die FSM_t geht aus Tabelle 2 hervor:
→ 5. Wert (FSM_{tk}).
5. Zur Berücksichtigung der Länge der Filterstrecke wird die FSM_{tk} in Tabelle 4 mit der Grundwasserstufe (nach VKR 6.1.12) kombiniert. Dieses Ergebnis kennzeichnet die Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle:
→ 6. Wert (FSM_w).

Tab. 1: Zuschläge zur Berücksichtigung höherer Humus- und Tongehalte des Unterbodens bzw. des Untergrundes.

Unterbodeneigenschaft	Zuschlag
h3 – 6 bzw. > 2 % Humus	1,0
Ut, St3, Sl4, L, T	1,0

Tab. 2: Relative Bindungsstärke für Schwermetalle im total grundwasserfreien Bodenraum unter Berücksichtigung der klimatischen Wasserbilanz (FSM_{tk}).

KWB_j		Bindungsstärke FSM_t [Stufe]										
[Stufe]	[mm/a]	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
1	≤ 100	0,5	1,0	2,0	2,5	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0
2	> 100 – 200	0	1,0	1,5	2,0	3,0	3,5	4,0	4,5	4,5	5,0	5,0
3 – 4	> 200 – 400	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
5 – 6	> 400	0	1,0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0

Tab. 3: Einstufung der FSM_t und FSM_{tk} .

Stufe	0	1	2	3	4	5
FSM_t/FSM_{tk}	keine	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch

Tab. 4: Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle (FSM_w).

FSM_{tk} [Stufe]	Grundwasserstufe						
	1	2	3	4	5	6	7
0 – 1	5	5	5	5	5	5	4
1,5 – 2	5	5	4	4	4	4	3
2,5 – 3	5	5	4	3	3	3	2
3,5 – 4	5	5	4	3	3	2	1
4,5 – 5	5	5	3	2	2	1	1

Kennwertklassifizierung

Tab. 5: Einstufung der FSM_w .

Stufe	1	2	3	4	5
FSM_w	sehr gering	gering	mittel	stark	sehr stark

BeispielKupfer (Cu), KWB_j2 (100–200 mm), GWS4

cm unter GOF	Horizont	Bodenart	Humus	pH	FSM	Zuschlag Humus	Zuschlag Ton	Abschlag > 35 % T	KWB _j	GWS
0 – 15	Ah	Ut2	h4	6,0	5,0	(1)	0			
– 50	M	Ut2	h3	5,0	4,5	(1)	0			
– 90	M	Sl4	h2	4,0	3,0	0	1			
– 140	Go	Sl4		4,0	3,0	–	–			
– 200	Gr	Sl4		4,0	3,0	–	–			
					4,75	+1	+1	-0		
					4,75	5,75	6,75	5	5	2
					1. Wert	2. Wert	3. Wert	4. Wert	5. Wert	6. Wert

Bemerkungen zum

1. Wert: FSM nach VKR 6.7.8, Tabelle 1; gewichtetes Mittel für 30 cm.
2. Wert: Für den Oberboden nach VKR 6.7.8, Tabelle 3; für Unterboden nach VKR 6.7.9, Tabelle 1. Die Oberbodenhorizonte Ah und M besitzen einzeln eine zu geringe Mächtigkeit (< 30 cm), um einen Humuszuschlag zu erhalten. Werden beide zusammen als Oberboden betrachtet, erhalten sie einen Zuschlag von 1.
3. Wert: Für Oberboden nach VKR 6.7.8, Tabelle 4; für Unterboden nach VKR 6.7.9, Tab. 1; kein Zuschlag für Go- und Gr-Horizonte, da nur grundwasserfreier Raum betrachtet wird.
4. Wert: FSM_t auf halbe bzw. ganze Zahlen gerundet; maximaler Wert = 5.
5. Wert: FSM_{tk} nach VKR 6.7.9, Tabelle 2; bei jährlicher klimatischer Wasserbilanz (KWB_j) 2.
6. Wert: FSM_w nach VKR 6.7.9, Tabelle 4; bei Grundwasserstufe (GWS) 4.

Anmerkung

Das Verfahren wurde vom LBEG (1991, damals NLfB) modifiziert.

Stand

Februar 1991

Quellen

- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1980): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil I: Grundansprache der Böden. – DVWK-Regeln **115**, 18 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1982): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil II: Ermittlung von Standortkennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden. – DVWK-Regeln **116**, 15 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. – DVWK-Merkblatt **212**, 8 S.; Hamburg (Parey).

Verknüpfungsregel 6.7.10

Inhalt	Denitrifikationspotenzial von Böden
Eingangsdaten	Bodentyp (BOTYP) Grundwasserstufe (GWS) nach VKR 6.1.12
Kennwert	DENI [kg N/(ha*a)]
Kennwertermittlung	Die Denitrifikationsleistung in der Ackerkrume und der Wurzelzone bis 2 m Tiefe kann mithilfe von Tabelle 1 abgeleitet werden.

Tab. 1.

Denitrifikationsstufe		Rate	Grund-/ Stauwassereinfluss	geologische Ausgangssubstrate	Bodentypen
Nr.	Bezeichnung	[kg N/ (ha*a)]			
1	sehr gering	0 – < 10 [5] ¹⁾	[trocken] ganzjährig keine Wassersättigung	[gering humos] flachgründig verwitterte Festgesteine, tiefgrün- dig verwitterte sandige Festgesteine, sandige Lockergesteine	Felshumusboden, Syrosem ²⁾ , Ranker, Regosol ²⁾ , Rendzina, Braunerde ²⁾ , Podsol ²⁾ , Tiefumbruchboden aus Podsol und Pseudogley
2	gering	10 – < 30 [20] ¹⁾	[trocken] ganzjährig keine Wassersättigung	[humos] Alluvium, Kollovium; schluffige und tonige Lockergesteine, erhöhte Humusgehalte, auch im Unterboden	Pararendzina ²⁾ , Parabraunerde ²⁾ , Pelosol, Tschernosem ³⁾ , Auenboden ³⁾ , Kolluvisol ²⁾ , Plaggenesch ²⁾ ,
			[zeitweise nass] Stauwassereinfluss	[gering humos] sandige Lockerge- steine, geringe Humusgehalte	Pseudogley
3	mittel	30 – 50 [40] ¹⁾	[zeitweise nass] Grund- oder Stauwassereinfluss	[gering humos] schluffig-lehmige Lockergesteine	Gley-Pseudogley, Pseudogley-Gley, Haftnässepseudogley
4	hoch	50 – < 150 [60] ¹⁾	[zeitweise nass] Grund- oder Stauwassereinfluss	[humos] nicht sandige, fluviale, limnogene und marine Lockergesteine	Gley, Stagnogley, Tiefumbruchboden aus Gley, Gley-Auenboden ⁴⁾
			Grundwasser nur zeitweise im Torfkörper	[Torfe] Hoch- und Niedermoortorfe	
5	sehr hoch	[100] ¹⁾	[nass] ganzjähriger Grundwassereinfluss (GWS ≤ 4)	[humos – reduzierter Schwefel] fluviale, limnogene und marine Lockergesteine	Gley-Tschernosem, Marschböden, Tiefumbruchboden aus Marsch
		[150] ¹⁾		[Torfe] Torfe, torfhaltige Substrate, organische Mudden	Niedermoor, Hochmoor, Moorgley, Organomarsch, Tiefumbruchboden aus Moor, Sanddeckkultur

Anmerkungen

- ¹⁾ empfohlene (mittlere) Denitrifikationsrate,
- ²⁾ bei mittleren bis starken Gley- oder Pseudogleymerkmalen eine Stufe höher,
- ³⁾ bei mittleren bis starken Pseudogleymerkmalen eine Stufe höher,
- ⁴⁾ bei organischer Substanz > 1 % oder Sulfidvorkommen im gesättigten Bereich eine Stufe höher.

Stand

November 2019

Quellen

GÄTH, S., ANTONY, F., BECKER, K.-W., GERIES, H., HÖPER, H., KERSEBAUM, C. & NIEDER, R. (1997): Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und des Mineralisations-/Immobilisationspotenzials von Böden und Bodennutzungssystemen. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **85**: 1373–1376, verändert von HÖPER, H. (2005), [Unveröff.].

WIENHAUS, S., HÖPER, H., EISELE, M., MEESENBURG, H. & SCHÄFER, W. (2008): Nutzung bodenkundlich-hydrogeologischer Informationen zur Ausweisung von Zielgebieten für den Grundwasserschutz - Ergebnisse eines Modellprojektes (NOLIMP) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – GeoBerichte **9**: 56 S., 13 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

6.8. Kennwerte zur Bewertung des Standortes und der Bodenverbesserung

Verknüpfungsregel 6.8.6

Inhalt	Fruchtspezifische Berechnungsmenge
Eingangsdaten	Berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz (KWB_b) [mm/v] nach VKR 6.4.7 Pflanzenverfügbares Bodenwasser (W_{pfl}) [mm] nach VKR 6.5.4 Anbaukultur (KULTUR)
Kennwert	fB_m [mm/v bzw. Stufe]
Kennwertermittlung	Die mittlere fruchtspezifische Berechnungsmenge verschiedener Kulturarten kann aus den nachfolgenden Tabellen 1 – 8 für durchschnittliche Jahre und aus den Tabellen 9 – 16 für überdurchschnittlich trockene Jahre (20%-Perzentil) ermittelt werden. Diese Angaben beziehen sich auf einen Berechnungseinsatz bei einem Bodenwassergehalt von 40 % der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum ($nFKWe$).

Tab. 1: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Winterweizen für durchschnittliche Jahre.

KWB_b [mm/v]	W_{pfl} [mm]								
	50	65	85	100	125	150	175	200	240
50	29	26	20	15	5	–	–	–	–
25	53	48	40	34	21	10	–	–	–
0	75	68	59	51	38	25	7	–	–
-25	95	86	75	67	53	38	20	5	–
-50	112	103	92	82	67	51	35	20	–
-75	128	118	105	95	80	63	47	31	6
-100	140	131	117	108	91	74	59	43	18
-125	153	143	128	119	101	85	69	52	28
-150	162	151	137	128	111	95	78	61	36
-175	171	160	145	137	119	103	87	70	44
-200	178	168	152	145	127	112	96	78	52
-225	185	174	158	151	134	119	104	86	59
-250	190	179	163	156	139	126	111	93	66
-275	194	183	167	159	144	132	117	99	72
-300	196	185	170	162	148	137	120	105	77

Tab. 2: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Wintergerste für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]								
	50	65	85	100	125	150	175	200	240
50	35	27	16	9	–	–	–	–	–
25	50	41	30	22	10	–	–	–	–
0	64	55	43	35	21	9	–	–	–
-25	76	67	55	46	34	20	7	–	–
-50	87	78	67	58	44	30	18	7	–
-75	98	89	76	69	54	40	28	16	–
-100	107	99	87	78	65	51	39	26	7
-125	115	107	96	88	74	61	49	35	15
-150	122	115	105	97	85	72	59	45	24
-175	133	125	115	106	94	80	68	54	32
-200	140	133	124	115	103	89	77	64	41
-225	147	140	132	122	112	98	86	73	49
-250	153	146	139	130	120	106	95	82	57
-275	159	152	146	136	127	115	104	91	66
-300	164	157	152	143	135	123	112	100	74

Tab. 3: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Sommergerste für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]								
	50	65	85	100	125	150	175	200	240
50	47	40	31	20	8	–	–	–	–
25	59	51	42	32	19	9	–	–	–
0	69	62	52	43	29	17	3	–	–
-25	80	72	62	53	40	27	13	0	–
-50	93	83	73	64	50	37	23	9	–
-75	103	95	83	75	61	47	33	19	–
-100	114	105	94	86	72	57	42	28	4
-125	125	117	105	98	82	68	52	37	11
-150	135	127	116	108	93	78	63	45	19
-175	147	138	126	119	103	87	72	55	26
-200	158	149	137	130	114	97	82	64	34
-225	169	160	147	141	125	107	92	73	41
-250	180	171	158	152	135	117	102	82	49
-275	191	182	168	163	146	127	112	91	56
-300	202	193	179	174	156	137	122	100	64

Tab. 4: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Mais für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pfi} [mm]							
	50	65	85	100	125	150	175	200
50	30	22	13	5	–	–	–	–
25	41	32	23	14	0	–	–	–
0	50	42	31	22	9	–	–	–
-25	60	51	40	31	17	4	–	–
-50	70	62	50	40	26	12	–	–
-75	80	71	59	49	34	19	4	–
-100	90	81	69	59	43	27	12	–
-125	100	90	77	68	51	35	19	3
-150	111	100	87	77	59	44	27	10
-175	120	110	96	86	69	52	35	17
-200	130	120	105	95	77	60	43	24
-225	140	129	114	104	85	68	50	31
-250	150	139	124	113	94	76	58	38
-275	160	149	133	122	102	84	66	45
-300	170	159	142	131	111	92	73	52

Tab. 5: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Zuckerrüben für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pfi} [mm]								
	50	65	85	100	125	150	175	200	240
50	68	56	44	35	20	8	–	–	–
25	77	66	53	45	30	16	2	–	–
0	89	78	64	55	39	26	11	–	–
-25	100	89	75	66	49	35	21	5	–
-50	111	100	85	76	59	43	29	14	–
-75	122	110	95	85	68	52	37	22	0
-100	133	122	106	95	78	62	45	30	8
-125	144	132	117	105	87	71	54	39	16
-150	155	143	128	116	98	80	64	47	24
-175	165	154	139	127	107	90	72	55	31
-200	177	165	149	136	117	98	81	64	39
-225	187	176	159	146	126	107	89	72	47
-250	198	187	170	156	136	117	98	80	55
-275	209	198	181	167	146	126	107	89	63
-300	220	209	191	177	155	135	115	97	70

Tab. 6: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Kartoffeln für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]								
	50	65	85	100	125	150	175	200	240
50	60	49	33	22	6	–	–	–	–
25	68	59	42	32	16	1	–	–	–
0	78	68	53	42	26	10	–	–	–
-25	87	77	62	52	35	20	5	–	–
-50	95	86	72	61	45	30	15	–	–
-75	105	95	81	71	56	40	25	9	–
-100	115	105	90	80	65	50	34	19	–
-125	123	114	99	90	74	59	44	29	8
-150	133	123	109	99	83	68	55	38	17
-175	141	132	118	109	93	77	64	49	27
-200	151	141	128	119	103	87	74	59	36
-225	160	150	137	128	113	97	84	68	46
-250	169	160	147	138	122	107	94	78	55
-275	178	169	156	148	132	116	104	88	65
-300	187	178	166	157	142	126	113	98	74

Tab. 7: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Grünland für durchschnittliche Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]								
	50	75	100	135	160	185	210	250	300
50	85	71	58	37	20	6	–	–	–
25	105	90	75	55	39	23	8	–	–
0	124	109	94	72	56	39	22	–	–
-25	141	126	111	88	72	54	37	7	–
-50	158	144	127	104	87	69	50	19	–
-75	173	158	141	118	99	82	62	30	–
-100	189	172	155	132	113	94	74	40	–
-125	201	185	168	145	124	105	84	49	3
-150	213	197	180	155	135	115	94	57	9
-175	222	206	190	165	145	123	102	64	13
-200	234	218	200	176	155	133	111	73	19
-225	243	227	209	185	164	140	118	80	23
-250	250	235	217	193	172	146	124	86	27
-275	257	242	223	201	179	151	129	91	31
-300	262	249	229	207	185	156	134	96	35

Tab. 8: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Winterweizen für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	105	95	81	72	56	41	28	15	–	–
25	124	114	100	91	75	60	47	34	14	–
0	142	132	118	109	93	78	64	52	31	3
-25	158	149	135	125	110	95	80	67	46	16
-50	173	163	150	140	125	110	96	82	60	30
-75	186	177	165	154	139	124	110	95	73	42
-100	199	189	177	167	152	137	122	108	85	53
-125	210	200	188	178	164	148	133	117	95	62
-150	220	209	199	187	172	158	142	127	104	70
-175	229	218	209	197	181	166	150	136	112	77
-200	237	226	217	204	188	173	157	143	119	83
-225	243	232	223	210	194	179	162	149	124	88
-250	248	237	229	215	198	183	166	153	128	92
-275	252	240	233	219	201	186	168	157	131	94
-300	255	243	236	222	203	188	170	159	133	96

Tab. 9: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Wintergerste für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	70	61	51	44	31	19	8	–	–	–
25	86	77	66	58	45	32	20	8	–	–
0	102	93	81	73	59	45	33	20	3	–
-25	118	107	95	86	72	57	45	32	14	–
-50	132	121	108	98	83	69	55	42	24	–
-75	145	133	120	110	94	79	64	51	33	8
-100	155	144	130	119	103	88	73	60	40	16
-125	166	154	139	129	111	95	81	67	48	23
-150	175	163	148	136	118	102	87	73	53	29
-175	184	172	155	144	127	110	95	80	59	35
-200	191	179	162	150	133	116	101	85	64	40
-225	197	185	168	156	138	121	106	90	69	44
-250	202	190	172	160	143	126	110	94	72	47
-275	206	195	176	163	146	130	114	97	74	50
-300	209	198	179	165	149	133	117	100	76	52

Tab. 10: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Sommergerste für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	83	74	64	56	45	33	23	13	–	–
25	100	92	81	73	60	49	37	26	10	–
0	116	108	96	89	75	63	51	39	22	–
-25	132	123	112	105	91	77	65	52	33	7
-50	147	138	127	119	104	90	77	64	44	14
-75	160	151	140	132	117	103	88	74	53	21
-100	172	163	152	143	128	113	97	83	60	27
-125	183	174	163	153	138	123	107	92	68	32
-150	193	183	172	163	146	132	115	98	74	35
-175	201	192	180	173	154	139	122	105	80	40
-200	209	200	187	180	160	146	128	110	84	44
-225	215	206	193	186	166	152	133	115	87	47
-250	220	211	199	192	170	157	137	118	89	49
-275	224	216	202	196	173	161	140	120	90	52
-300	227	219	205	199	176	163	142	122	91	53

Tab. 11: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Mais für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	77	70	60	53	40	30	19	8	–	–
25	92	83	73	65	53	41	29	18	2	–
0	108	99	86	78	65	53	40	29	12	–
-25	123	113	100	90	77	63	50	38	20	–
-50	137	126	112	102	87	73	59	47	29	5
-75	149	138	124	113	97	81	66	55	34	11
-100	160	149	134	123	107	90	75	61	41	15
-125	170	159	144	133	115	98	82	68	46	18
-150	180	169	153	142	123	106	89	74	51	20
-175	187	176	160	150	131	113	95	79	55	21
-200	197	185	169	157	139	121	103	85	58	24
-225	204	192	176	164	146	127	108	89	61	26
-250	210	198	182	171	151	133	113	92	63	27
-275	215	203	188	176	157	139	118	95	65	29
-300	220	207	192	182	161	143	122	98	66	30

Tab. 12: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Zuckerrüben für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	122	116	109	102	89	76	60	42	10	–
25	137	131	121	114	100	87	71	54	23	–
0	152	144	134	127	112	98	82	65	36	–
-25	167	159	146	139	123	109	93	75	49	5
-50	180	171	158	150	134	118	103	85	60	18
-75	192	182	169	159	143	128	111	95	70	31
-100	202	193	178	169	152	137	120	103	79	42
-125	212	202	188	178	161	145	129	112	88	53
-150	220	210	196	185	169	152	136	119	96	62
-175	228	216	203	193	175	158	142	127	103	70
-200	235	225	210	199	182	165	149	130	108	76
-225	241	230	216	204	188	170	154	135	113	81
-250	246	234	221	209	194	175	159	139	117	86
-275	250	238	226	213	198	179	163	142	121	89
-300	253	240	229	217	203	183	167	145	123	91

Tab. 13: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Kartoffeln für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pf} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	95	89	82	74	62	50	37	23	0	–
25	111	104	96	88	75	63	49	36	12	–
0	126	119	110	102	89	76	62	47	23	–
-25	140	132	123	115	102	88	73	59	33	–
-50	152	145	135	127	114	100	85	70	42	1
-75	164	156	146	139	125	110	95	80	52	12
-100	175	167	156	148	134	119	104	89	61	22
-125	185	177	166	157	144	128	113	98	71	32
-150	195	187	175	165	151	136	121	106	80	43
-175	203	194	182	173	158	144	128	114	90	53
-200	211	202	188	179	164	149	134	121	95	60
-225	218	208	194	184	169	155	140	127	103	69
-250	224	214	199	188	173	159	145	133	110	77
-275	229	219	203	191	177	162	149	138	117	85
-300	233	223	206	193	180	165	152	143	123	93

Tab. 14: Fruchtspezifische Berechnungsmenge für Grünland für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]								
	50	75	100	135	160	185	210	250	300
50	145	129	111	88	71	55	39	14	–
25	171	152	134	109	92	75	60	36	7
0	194	173	154	129	111	95	80	57	30
-25	215	194	174	147	130	113	97	75	52
-50	235	213	192	165	147	130	115	92	70
-75	251	229	208	180	162	145	130	106	84
-100	264	243	223	194	175	159	143	119	95
-125	276	255	234	206	188	170	153	130	103
-150	285	264	244	216	198	180	163	137	108
-175	290	270	251	225	206	187	169	141	109
-200	299	279	260	234	215	194	178	148	119
-225	302	284	265	240	221	199	183	152	121
-250	304	287	269	245	226	203	186	154	122

Kennwertklassifizierung

fruchtspezifische Berechnungsmenge [mm/v] Berechnungseinsatz 40 % nFK	Berechnungsklasse	Beregnungsbedürftigkeit
0 – 20	1	keine
> 20 – 60	2	gering
> 60 – 100	3	mittel
> 100 – 140	4	hoch
> 140 – 180	5	sehr hoch
> 180	6	extrem hoch

Anmerkungen

Mit dem Verfahren nach Renger & Strebels (1982) lässt sich die fBm und damit auch die mBm für eine KWB_b bis -150 mm/v ermitteln, für die Klimaprognosen werden jedoch Werte bis zu -300 mm/v benötigt. Daher wurden die Daten durch eine Anpassungskurve mit einem Polynom 2. Grades erweitert. Mit den Steigungsfunktionen der Kurven wurden die Werte zur Erweiterung der Tabellen berechnet (Heidt 2009).

Stand

Mai 2011

Quellen

Heidt, L. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. – GeoBerichte **13**: 109 S., 66 Abb., 14 Tab., Anh., 5 Kt.; Hannover (LBEG).

Renger, M. & Strebels, O. (1982): Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 13**, 66 S.; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.8.7

Inhalt	Mittlere Berechnungsmenge	
Eingangsdaten	Berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz (KWB_b) [mm/v] nach VKR 6.4.7 Pflanzenverfügbares Bodenwasser (W_{pfl}) [mm] nach VKR 6.5.4	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Vernässungsstufe (VERNAS) [Stufe] Landnutzung (KULTUR)
Kennwert	mBm [mm/v bzw. Stufe]	
Kennwertermittlung	Grundlage für die Ermittlung der mittleren Berechnungsmenge sind die fruchtspezifischen Berechnungsmengen der Fruchtarten Winterweizen, Wintergerste, Sommergerste, Mais, Zuckerrüben, Grünland und Kartoffeln. Es wurden daraus arithmetische Mittelwerte gebildet. Die mittleren Berechnungsmengen mBm werden für durchschnittliche Jahre der Tabelle 1 und für trockene Jahre der Tabelle 2 entnommen. Alle Angaben beziehen sich auf einen Beregnungseinsatz bei einem Bodenwassergehalt von 40 % der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe).	

Tab. 1: Mittlere Berechnungsmenge für durchschnittliche Jahre.

KWB_b [mm/v]	W_{pfl} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	44	35	23	14	2	–	–	–	–	–
25	59	50	38	29	16	4	–	–	–	–
0	74	65	52	42	30	17	4	–	–	–
-25	88	78	66	57	43	29	15	2	–	–
-50	102	92	79	69	55	40	26	13	–	–
-75	115	105	90	80	65	51	36	23	3	–
-100	128	116	100	92	75	60	46	32	13	–
-125	140	128	112	100	85	69	55	40	22	3
-150	152	137	120	110	93	77	62	48	30	11
-175	163	147	130	118	100	84	70	55	37	18
-200	174	156	138	126	107	90	76	60	43	24
-225	184	165	145	132	113	96	82	65	48	29
-250	194	172	151	138	117	101	87	70	52	33
-275	204	179	156	142	121	104	92	73	55	36
-300	212	185	161	146	124	107	95	76	57	38

Tab. 2: Mittlere Berechnungsmenge für trockene Jahre.

KWB _b [mm/v]	W _{pn} [mm]									
	50	65	85	100	125	150	175	200	240	300
50	62	57	49	43	33	22	12	2	–	–
25	85	78	70	64	53	42	30	19	0	–
0	106	100	90	83	71	60	48	35	15	–
-25	126	119	109	100	88	75	62	50	29	–
-50	145	138	126	117	103	90	76	63	42	7
-75	162	153	140	131	116	102	87	73	52	20
-100	175	166	152	142	127	111	96	82	61	30
-125	187	176	162	151	135	118	103	90	68	40
-150	194	183	169	156	138	123	106	93	74	49
-175	208	196	183	169	152	134	116	101	80	57
-200	216	204	191	175	158	139	121	105	84	63
-225	222	210	198	181	163	143	125	107	87	69
-250	227	215	203	185	166	145	127	109	89	73
-275	230	218	206	187	168	146	128	110	91	76
-300	232	220	209	189	169	147	129	111	92	78

Kennwertklassifizierung

mittlere Berechnungsmenge [mm/v] Berechnungseinsatz 40 % nFK	Berechnungsklasse	Berechnungsbedürftigkeit
0 – 20	1	keine
> 20 – 60	2	gering
> 60 – 100	3	mittel
> 100 – 140	4	hoch
> 140 – 180	5	sehr hoch
> 180	6	extrem hoch

Anmerkungen

Mit dem Verfahren nach Renger & Strebel (1982) lässt sich die fBm und damit auch die mBm für eine KWB_b bis -150 mm/v ermitteln, für die Klimaprojektionen werden jedoch Werte bis zu -300 mm/v benötigt. Daher wurden die Daten mit Steigungsfunktionen nach Heidt (2009) erweitert.

Für die Dauer des kapillaren Aufstiegs nach VKR 6.1.14 gilt Tabelle 1 (s. d.), die Angabe für Ackerland (undifferenziert).

Stand

März 2020

Quellen

Heidt, L. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Berechnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. – GeoBerichte **13**: 109 S., 66 Abb., 14 Tab., Anh., 5 Kt.; Hannover (LBEG).

Renger, M. & Strebel, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – Geol. Jb. **F 13**, 66 S.; Hannover.

Verknüpfungsregel 6.8.9

Inhalt	Ökologisches Standortpotenzial (Biotopentwicklungspotenzial)	
Eingangsdaten	Pufferbereich (PB) nach VKR 6.2.2 Effektive Kationenaustausch- kapazität im effektiven Wurzelraum (KAK _{eff} We) [kmol _c /ha] nach VKR 6.2.11	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Bodeneinheit
Kennwert	OEKO [-]	
Kennwertermittlung	In das Ökogramm (Tab. 1) werden die zu bewertenden Bodeneinheiten der zugrundeliegenden Bodenkarte in Abhängigkeit von den Kennwerten Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF), Pufferbereich (PB) und der effektiven Kationenaustauschkapazität im effektiven Wurzelraum (KAK _{eff} We) zugeordnet. Je extremer (nass – trocken, sauer – basisch, nährstoffarm – nährstoffreich) ein Standort ist, desto höher ist das Potenzial, dass sich seltene Ökotope dort etablieren können.	

Tab. 1: Ökogramm zur Ermittlung des ökologischen Standortpotenzials (Biotopentwicklungspotenzial).

Bodenkundliche Feuchtestufe										
wechselfeucht/staunass (9/7)										
wechseltrocken (6/2)										
Überschwemmungsböden (uE)										
nass (10)										
stark feucht (9)										
mittel feucht (8)										
schwach feucht (7)										
stark frisch (6)										
mittel frisch (5)										
schwach frisch (4)										
schwach trocken (3)										
mittel trocken (2)										
stark trocken (1)										
dürr (0)										
KAK_{eff}We	< 300			300 – 600			> 600			Moore
Pufferbereich	< 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	

Anmerkungen	Weitere Hinweise zur Methode finden sich bei ENGEL & STADTMANN (2020).
Stand	Dezember 2002
Quellen	ARUM (1991): Defizite in der Landschaftsrahmenplanung - Teil Boden, Wasser, Klima/Luft. – Bericht im Auftrag des Landkreises Verden und des Niedersächsischen Umweltministeriums, modifiziert vom NLfB (1993); Garbsen [Unveröff.]. BRAHMS, M., HAAREN, C. V. & JANSSEN, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotenzial. – Landschaft und Stadt 21 (3): 110–114. ENGEL, N. & STADTMANN, R. (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene - Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. – 2. Aufl., GeoBerichte 26: 67 S., 15 Abb., 21 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

Verknüpfungsregel 6.8.11

Inhalt	Natürliche Ertragsfähigkeit
Eingangsdaten	Acker-/Grünlandzahl der Bodenschätzung
Kennwert	KULTVEG [Stufe]
Kennwertermittlung	Die Einstufung erfolgt nach der Acker- bzw. Grünlandzahl aus Tabelle 1.

Tab. 1: Beurteilung der natürlichen Ertragsfähigkeit der Böden nach der Acker- oder Grünlandzahl.

Acker- oder Grünlandzahl	Bewertungsstufe
> 75	5
61 – 75	4
41 – 60	3
28 – 40	2
< 28	1

Kennwertklassifizierung

Tab. 2: Klassifikation der natürlichen Ertragsfähigkeit der Böden nach Acker- und Grünlandzahl.

Stufe	natürliche Ertragsfähigkeit
1	sehr schlecht
2	schlecht
3	mäßig
4	gut
5	sehr gut

Anmerkungen	Die Klassifikation kann regionalspezifisch angepasst werden. Es wird ausschließlich die natürliche Ertragsfähigkeit bewertet, d. h. das natürliche Ertragspotenzial bei ortsüblicher Bewirtschaftung. Standortverbesserungen durch kulturtechnische Maßnahmen, z. B. Beregnung, Dränung, Tieflockerung usw., werden nicht berücksichtigt.

Stand	Dezember 1995

Quelle	UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. – Luft, Boden, Abfall 31 , 34 S.

Verknüpfungsregel 6.8.12

Inhalt	Düngungsrichtlinien – pH-Klassen und Kalkbedarf	
Eingangsdaten	pH-Wert gemessen (in CaCl ₂) (PHWERT)	Bodenart, Torfart (HNBOD)
	Grobboden, Festgestein (SKEL) [Stufe]	Humusgehaltsstufe (HUMUS) [Stufe]
		Landnutzung (KULTUR)
Kennwert	pH-Klasse KALK [dt CaO/ha]	
Kennwertermittlung	Zunächst wird anhand des gemessenen pH-Werts und Tabelle 1 (Acker) bzw. Tabelle 3 (Grünland) die pH-Klasse ermittelt. Bei einem pH-Wert oberhalb der pH-Klasse C besteht grundsätzlich kein Kalkbedarf. Die empfohlenen Kalkmengen bei Acker (Tab. 2) und Grünland (Tab. 4) in Abhängigkeit von der aktuellen pH-Klasse gelten für drei Jahre für den jeweiligen mittleren pH_{Ziel} nach VKR 6.2.1.	

Tab. 1: Grenzwerte für pH-Klassen auf Ackerland in Abhängigkeit von Bodenart und Humusgehalt.

Bodenart	Humus- gehalts- stufe	Humus- gehalt [%]	pH-Klasse		
			A	B	C
Ss, G	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,5	4,6 – 4,9	5,0 – 5,6
	h4	> 4 – 8	≤ 4,5	4,6 – 4,9	5,0 – 5,4
	h5	> 8 – 15	≤ 4,2	4,3 – 4,6	4,7 – 5,1
	h6	> 15 – 30	≤ 3,8	3,9 – 4,2	4,3 – 4,7
Sl2, Uu, Uls, Su2, Su3, Su4, Us, St2, Sl3, Slu	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,6	4,7 – 5,3	5,4 – 5,8
	h4	> 4 – 8	≤ 4,2	4,3 – 4,9	5,0 – 5,6
	h5	> 8 – 15	≤ 3,9	4,0 – 4,6	4,7 – 5,1
	h6	> 15 – 30	≤ 3,6	3,7 – 4,2	4,3 – 4,7
Ut2	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,9	5,0 – 5,7	5,8 – 6,3
	h4	> 4 – 8	≤ 4,5	4,6 – 5,3	5,4 – 5,9
	h5	> 8 – 15	≤ 4,1	4,2 – 4,9	5,0 – 5,5
	h6	> 15 – 30	≤ 3,8	3,9 – 4,5	4,6 – 5,1
Sl4, Ut3	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 5,0	5,1 – 6,0	6,1 – 6,7
	h4	> 4 – 8	≤ 4,6	4,7 – 5,5	5,6 – 6,2
	h5	> 8 – 15	≤ 4,2	4,3 – 5,1	5,2 – 5,8
	h6	> 15 – 30	≤ 3,9	4,0 – 4,7	4,8 – 5,4
Ls3, Ut4, St3, Ls4, Ls2, Lu	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 5,2	5,3 – 6,2	6,3-7,0
	h4	> 4 – 8	≤ 4,8	4,9 – 5,7	5,8-6,5
	h5	> 8 – 15	≤ 4,4	4,5 – 5,3	5,4-6,1
	h6	> 15 – 30	≤ 4,1	4,2 – 4,9	5,0-5,7
Lt2, Lt3, Tu4, Tu3, Tt, Ts2, Ts3, Ts4, Lts, Tl, Tu2	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 5,3	5,4 – 6,3	6,4-7,2
	h4	> 4 – 8	≤ 4,9	5,0 – 5,8	5,9-6,7
	h5	> 8 – 15	≤ 4,5	4,6 – 5,4	5,5-6,3
	h6	> 15 – 30	≤ 4,2	4,3 – 5,0	5,1-5,9
Hn, Hh	h7	> 30	≤ 3,7		3,8 – 4,3

Tab. 2: Empfohlene Kalkmengen [dt CaO/ha] für drei Jahre auf Ackerböden in Abhängigkeit von der aktuellen pH-Klasse.

Bodenart	Humus- gehalts- stufe	Humus- gehalt [%]	Kalkmengen [dt CaO/ha] je nach pH-Klasse		
			A	B	C
Ss, G	h1 – h3	< 1 – 4	25 – 40	9 – 21	5 – 7
	h4	> 4 – 8	19 – 45	10 – 17	5 – 7
	h5	> 8 – 15	19 – 45	10 – 16	5 – 7
	h6	> 15 – 30	10 – 20	7 – 9	5 – 7
SI2, Uu, Uls, Su2, Su3, Su4, Us, St2, SI3, Slu	h1 – h3	< 1 – 4	31 – 55	12 – 27	7 – 10
	h4	> 4 – 8	40 – 60	14 – 36	7 – 10
	h5	> 8 – 15	36 – 60	12 – 32	7 – 10
	h6	> 15 – 30	19 – 32	11 – 17	7 – 10
Ut2	h1 – h3	< 1 – 4	46 – 62	15 – 42	7 – 10
	h4	> 4 – 8	53 – 67	15 – 48	7 – 10
	h5	> 8 – 15	53 – 67	13 – 48	7 – 10
	h6	> 15 – 30	19 – 33	12 – 18	7 – 10
SI4, Ut3	h1 – h3	< 1 – 4	63 – 87	17 – 58	10 – 14
	h4	> 4 – 8	66 – 89	20 – 60	10 – 14
	h5	> 8 – 15	66 – 90	17 – 60	10 – 14
	h6	> 15 – 30	23 – 37	15 – 22	10 – 14
Ls3, Ut4, St3, Ls4, Ls2, Lu	h1 – h3	< 1 – 4	76 – 117	23 – 70	12 – 17
	h4	> 4 – 8	75 – 115	18 – 69	12 – 17
	h5	> 8 – 15	71 – 109	19 – 65	12 – 17
	h6	> 15 – 30	26 – 41	18 – 25	12 – 17
Lt2, Lt3, Tu4, Tu3, Tt, Ts2, Ts3, Ts4, Lts, Tl, Tu2	h1 – h3	< 1 – 4	98 – 160	25 – 90	12 – 20
	h4	> 4 – 8	86 – 137	23 – 78	12 – 20
	h5	> 8 – 15	76 – 121	22 – 69	12 – 20
	h6	> 15 – 30	30 – 46	22 – 29	12 – 20
Hh,Hn	h7	> 30	10	10	0

Tab. 3: Grenzwerte für pH-Klassen auf Grünland in Abhängigkeit von Bodenart und Humusgehalt.

Bodenart	Humus- gehalts- stufe	Humus- gehalt [%]	pH-Klasse		
			A	B	C
Ss, G	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,2	4,3 – 4,6	4,7 – 5,2
	h4	> 4 – 8	≤ 4,2	4,3 – 4,6	4,7 – 5,2
	h5	> 8 – 15	≤ 4,2	4,3 – 4,6	4,7 – 5,2
	h6	> 15 – 30	≤ 3,9	4,0 – 4,2	4,3 – 4,7
Sl2, Uu, Su2, Su3, Su4, Us	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,4	4,5 – 5,1	5,2 – 5,7
	h4	> 4 – 8	≤ 4,1	4,2 – 4,6	4,7 – 5,2
	h5	> 8 – 15	≤ 4,1	4,2 – 4,6	4,7 – 5,2
	h6	> 15 – 30	≤ 3,7	3,8 – 4,2	4,3 – 4,7
Sl4, Uls, St2, Sl3, Slu, Ut2	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,5	4,6 – 5,3	5,4 – 6,0
	h4	> 4 – 8	≤ 4,5	4,6 – 5,3	5,4 – 6,0
	h5	> 8 – 15	≤ 4,2	4,3 – 4,7	4,8 – 5,4
	h6	> 15 – 30	≤ 3,7	3,8 – 4,2	4,3 – 4,7
Ls3, Lt2, Lt3, Ut4, Ut3, Tu4, Tu3, Tt, St3, Ts4, Ts3, Ts2, Ls4, Lts, Tl, Tu2, Ls2, Lu	h1 – h3	< 1 – 4	≤ 4,6	4,7 – 5,5	5,6 – 6,5
	h4	> 4 – 8	≤ 4,6	4,7 – 5,5	5,6 – 6,5
	h5	> 8 – 15	≤ 4,4	4,5 – 4,9	5,0 – 5,9
	h6	> 15 – 30	≤ 4,1	4,2 – 4,6	4,7 – 5,5
Hn, Hh	h7	> 30	≤ 3,9		4,0 – 4,3

Tab. 4: Empfohlene Kalkmengen [dt CaO/ha] für drei Jahre auf Grünlandböden in Abhängigkeit von der aktuellen pH-Klasse.

Bodenart	Humus- gehalts- stufe	Humus- gehalt [%]	Kalkmengen [dt CaO/ha] je nach pH-Klasse		
			A	B	C
Ss, G	h1 – h3	< 1 – 4	15 – 31	7 – 13	3 – 5
	h4	> 4 – 8	15 – 31	7 – 13	3 – 5
	h5	> 8 – 15	13 – 31	7 – 11	3 – 5
	h6	> 15 – 30	8 – 19	5 – 7	3 – 5
Sl2, Uu, Su2, Su3, Su4, Us	h1 – h3	< 1 – 4	24 – 40	6 – 22	3 – 5
	h4	> 4 – 8	27 – 36	8 – 23	3 – 5
	h5	> 8 – 15	23 – 36	8 – 20	3 – 5
	h6	> 15 – 30	15 – 25	7 – 14	3 – 5
Sl4, Uls, St2, Sl3, Slu, Ut2	h1 – h3	< 1 – 4	33 – 50	7 – 29	5 – 7
	h4	> 4 – 8	30 – 51	8 – 27	5 – 7
	h5	> 8 – 15	32 – 40	12 – 28	5 – 7
	h6	> 15 – 30	24 – 30	10 – 22	5 – 7
Ls3, Lt2, Lt3, Ut4, Ut3, Tu4, Tu3, Tt, St3, Ts4, Ts3, Ts2, Ls4, Lts, Tl, Tu2, Ls2, Lu	h1 – h3	< 1 – 4	44 – 62	12 – 40	5 – 10
	h4	> 4 – 8	40 – 62	12 – 36	5 – 10
	h5	> 8 – 15	40 – 48	17 – 36	5 – 10
	h6	> 15 – 30	20 – 39	11 – 18	5 – 10
Hh, Hn	h7	> 30	10	10	0

Anmerkungen	Die Bodenarten wurden an die Bodenarteneinteilung der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AD-HOC-AG BODEN 2005) angepasst.
Stand	Februar 2018
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2018): Empfehlungen zur Grunddüngung. – Stand Februar 2018, <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/11622.html>.

Verknüpfungsregel 6.8.13

Inhalt	Düngungsrichtlinien – Gehaltsklassen für P, K, Mg	
Eingangsdaten	Humusgehalt (HUMUS) [Stufe bzw. %]	Landnutzung (KULTUR)
	Tongehalt (T) [%] nach VKR 6.1.1 bzw. Bodenart (HNBOD)	Gemessene Nährstoffkonzentration [mg/100 g Boden bzw. mg/100 ml An-/Moorboden]
Kennwert	GHK [-]	

Kennwertermittlung

Tab. 1: Gehaltsklassen für Phosphor (CAL-Methode).

Humus [%]	Ton [%]	Bodenart	A	B	C	D	E	F
			mg P/100 g Boden					
0 – 8	0 – 5	Ss, Su2	– 2	3 – 5	6 – 10	11 – 17	18 – 35	> 35
	> 5	Sl*, Su3, Su4, U*, L*, T*	– 2	3 – 4	5 – 9	10–15	16–33	> 33
8,1 – 15	alle	alle	– 2	3 – 6	7 – 12	13 – 19	20 – 39	> 39
			mg P/100 ml Boden					
> 15	alle	alle	– 1	2	3 – 4	5 – 6	7 – 13	> 13

Tab. 2: Gehaltsklassen für Kalium (CAL-Methode).

Humus [%]	Ton [%]	Bodenart	A	B	C	D	E	F
			mg K/100 g Boden					
0 – 8	0 – 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 2	3 – 4	5 – 8	9 – 14	15 – 50	> 50
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 3	4 – 7	8 – 12	13 – 24	25 – 60	> 60
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 5	6 – 10	11 – 16	17 – 29	30 – 70	> 70
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 7	8 – 14	15 – 21	22 – 33	34 – 80	> 80
8,1 – 15	0 – 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 2	3 – 5	6 – 10	11 – 16	17 – 60	> 60
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 4	5 – 8	9 – 15	16 – 28	29 – 70	> 70
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 6	7 – 12	13 – 20	21 – 33	34 – 80	> 80
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 8	9 – 15	16 – 25	26 – 37	38 – 80	> 80
			mg K/100 ml Boden					
> 15	alle	alle	– 3	4 – 6	7 – 12	13 – 24	25 – 50	> 50

Tab. 3a: Gehaltsklassen für Magnesium (CaCl₂-Methode) auf Ackerflächen.

Humus [%]	Ton [%]	Bodenart	A	B	C	D	E
			mg Mg/100 g Boden				
0 – 8	– 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 1	2	3 – 5	6 – 8	> 8
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 2	3	4 – 7	8 – 12	> 12
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 3	4 – 5	6 – 9	10 – 16	> 16
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 4	5 – 8	9 – 12	13 – 20	> 20
8,1 – 15	– 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 2	3 – 4	5 – 7	8 – 12	> 12
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 3	4 – 5	6 – 11	12 – 16	> 16
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 4	5 – 9	10 – 14	15 – 20	> 20
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 5	6–12	13–17	18–24	> 24
			mg Mg/100 ml Boden				
> 15	alle	alle	– 2	3 – 4	5 – 6	7 – 10	> 10

Tab. 3b: Gehaltsklassen für Magnesium (CaCl₂-Methode) auf Grünlandflächen.

Humus [%]	Ton [%]	Bodenart	A	B	C	D	E
			mg Mg/100 g Boden				
0 – 8	– 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 3	4 – 5	6 – 10	11 – 20	> 20
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 4	5 – 8	9 – 15	16 – 25	> 25
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 6	7 – 13	14 – 20	21 – 30	> 30
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 9	10 – 18	19 – 25	26 – 35	> 35
8,1 – 15	– 5	Ss, Su2, Uu, Us	– 4	5 – 8	9 – 15	16 – 23	> 23
	5,1 – 12	Sl2, Sl3, Su3, Su4, Ut2, Slu, Uls, St2	– 6	7 – 12	13 – 20	21 – 28	> 28
	12,1 – 35	Sl4, St3, Ut3, Ut4, Lu, Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lts, Tu4, Ts4	– 9	10 – 17	18 – 25	26 – 33	> 33
	> 35	Lt3, Tu3, Tu2, Ts3, Ts2, Tt, Tl	– 12	13 – 22	23 – 30	31 – 40	> 40
			mg Mg/100 ml Boden				
> 15	alle	alle	– 4	5 – 9	10 – 14	15 – 20	> 20

Tab. 4: Korrektur der Mg-Gehaltsklassen bei hohen Kaligehalten.

bei K-Gehaltsklasse	Mg-Gehaltsklasse				
A – D	A	B	C	D	E
E	A	A	B	C	D
F	A	A	A	B	C

Tab. 5: Gehaltsklassen.

Gehaltsklasse (GHK)		Düngungsempfehlung
A	sehr niedrig	stark erhöhte Düngung
B	niedrig	erhöhte Düngung
C	anzustreben	Erhaltungsdüngung
D	hoch	reduzierte Düngung
E	sehr hoch	keine Düngung
F	extrem hoch	nähere Prüfung, ob Pflanzenschäden möglich, Maßnahmen gegen Überversorgung

Anmerkung

Die Angaben zu den Bodenarten der Landwirtschaftskammer wurden an die Bodenarten nach KA5 angepasst. Konkrete Düngeempfehlungen, u. a. in Abhängigkeit von der Gehaltsklasse, sind den regelmäßig aktualisierten Merkblättern der Landwirtschaftskammer Niedersachsen zu entnehmen. Die gemessenen Nährstoffkonzentrationen werden anhand unterschiedlicher Extraktionsverfahren bestimmt und sind bezogen auf 100 g Boden bzw. bei An-/Moorböden auf 100 ml Boden.

Stand

Februar 2018

Quelle

LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2018): Empfehlungen zur Grunddüngung. – Stand Februar 2018, <<https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/11622.html>>.

Verknüpfungsregel 6.8.15

Inhalt	Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit)	
Eingangsdaten	Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe) [mm] nach VKR 6.5.1 Standortspezifisches Nährstoffpotenzial im effektiven Wurzelraum (SWe) [kmol/ha] nach VKR 6.2.7	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Bodentyp (BOTYP) bei Moorböden
Kennwert	BFR [Stufe]	
Kennwertermittlung	Die Bewertung der Bodenfruchtbarkeit (BFR) erfolgt in drei Schritten. Im ersten Schritt wird der Standort auf Basis des Bodenwasserhaushalts mit Hilfe von Tabelle 1 eingestuft. Allgemein gilt, dass Böden mit einer hohen Wasserspeicherefähigkeit (nFKWe) eine hohe Fruchtbarkeit aufweisen. Auf besonders feuchten Standorten mit einer hohen Bodenkundlichen Feuchtestufe (BKF) ist die Fruchtbarkeit geringer, da ein zu feuchter Boden ein Wachstumshemmnis für Pflanzen darstellt. Gemäß der Einstufung der Tabelle 12 aus VKR 6.5.8 ist ab einer BKF von 7 mit einer Einschränkung der Bodenfruchtbarkeit des Standortes zu rechnen. Das Ergebnis des ersten Schrittes ist die Bodenwasserstufe (BW). Eine Einstufung der BW kann mit Hilfe von Tabelle 2 durchgeführt werden.	

Tab. 1: Ableitung der BW aus der BKF und der nFKWe eines Standortes.

nFKWe [mm]	BKF ≤ 5	BKF 6	BKF 7	BKF ≥ 8
< 50	BW 1	BW 1	BW 2	BW 1
50 – 90	BW 2	BW 3	BW 3	BW 1
90 – 140	BW 3	BW 3	BW 3	BW 1
140 – 200	BW 4	BW 4	BW 3	BW 1
> 200	BW 5	BW 5	BW 4	BW 1

Tab. 2: Bewertung des Bodenwasserhaushaltes für die ackerbauliche Nutzung anhand der BW-Stufe.

Stufe	Bewertung
BW 1	sehr gering
BW 2	gering
BW 3	mittel
BW 4	hoch
BW 5	sehr hoch

Im zweiten Schritt der Bewertung erfolgt ein Zuschlag, abhängig von der Nährstoffversorgung des Standortes. Die Nährstoffversorgung wird auf Basis des standortspezifischen Nährstoffpotenzials im effektiven Wurzelraum (SWe) ermittelt. Die Zuschläge sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Tab. 3: Zuschlag auf Basis der SWe zur Berechnung von BFR.

SWe [kmol_c/ha]	Zuschlag
< 300	0
300 – 1200	+1
> 1200	+2

Im dritten Schritt wird durch die Addition des Zuschlages mit der BW-Stufe die Bodenfruchtbarkeit (BFR) bestimmt. Tabelle 4 zeigt die Bewertung der BFR-Stufen.

Tab. 4: Bewertung der BFR.

BFR-Stufe	Bewertung
BFR 1	äußerst gering
BFR 2	sehr gering
BFR 3	gering
BFR 4	mittel
BFR 5	hoch
BFR 6	sehr hoch
BFR 7	äußerst hoch

Organische Böden haben im Allgemeinen geringere Fruchtbarkeiten. Hier ist eine Ausweisung der BFR auf Basis der bodentypologischen Beschreibung sinnvoll. Aus Tabelle 5 kann die BFR für Moorböden bestimmt werden.

Tab. 5: BFR von Moorböden.

Bodentyp	Bewertung
HN	BFR 3
HH	BFR 1
YUhh	BFR 2
YUhn	BFR 4
YBhh	BFR 2
YD/HH	BFR 2
YD/HN	BFR 4
YD\HH	BFR 2
YD\HN	BFR 4

Anmerkungen

Die Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit) bezeichnet die natürliche Fähigkeit des Bodens, als Pflanzenstandort für die Biomasseproduktion zu dienen. Dies wird beeinflusst durch mineralogische, physikalische, chemische und biologische Bodeneigenschaften. Wesentliche Faktoren hierfür sind Kennwerte zum Bodenwasserhaushalt, zur Durchwurzelungstiefe und zur Nährstoffverfügbarkeit.

Stand

Januar 2018

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U. & SEVERIN, K. (2011): Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. – Geofakten **27**: 20 S., 9 Abb., 2 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).

DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].

Verknüpfungsregel 6.8.16

Inhalt	Bodenklassen nach DIN 18300 (Lösungsfestigkeit)	
Eingangsdaten	Bodenart (HNBOD)	Geogenese (GEOGE)
	Horizontsymbol (HORIZ)	Grobboden, Festgestein (SKEL)
	Humusstufe (HUMUS) [Stufe]	Verfestigungsgrad (Vf) [–]
	Lagerungsdichte/Substanzvolumen (LD/SV) [–]	Grobbodenanteil (GBA) [Vol.-%] nach VKR 6.1.2
	Grundwasserstufe (GWS) [–] nach VKR 6.1.12	Bodenartengruppen nach DIN 18196
Kennwert	BOKLA	

Kennwertermittlung

Tab. 1: Bodenklassen nach DIN 18300 und ihre Ableitung aus Bodeninformationen auf Basis der Bodenkundlichen Kartieranleitung.

Boden-klasse	Bezeichnung	Definition	abgeleitet aus Bodeninformationen nach Kartieranleitung	Bodengruppen nach DIN 18196 ³⁾
1	Oberboden	oberste Schicht des Bodens , die neben anorganischen Stoffen , z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält (steinfrei).	HORIZ: O*, L oder HORIZ: *A* und HUMUS: h2, h3, h4, h5, h6	OU, OH, OT ²⁾
2	fließende Bodenarten	Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben .	GWS < 6 und GEOGE: Kq oder HNBOD: F* oder HNBOD: H* und SV: SV1, SV2, SV3 oder GWS < 6 und HNBOD: Ls*, Us*, Uls, Sl*, Tl*, Su3, Su4, Lu, Tu*, Ut*, Lt*	F, HZ, HN, OK, OH, OT, OU, TA, TL, UA, UM, UL, ST*, SU* (breiige-flüssige Konsistenz)
3	leicht lösbare Bodenarten	nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 % Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 % Steinen, Blöcken von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m ³ Rauminhalt ¹⁾ . organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt , z. B. feste Torfe.	HORIZ: *A* und HUMUS: h0, h1 oder HNBOD: Ss, Su2, mSfs, ffS, fS, fSgs, fSms, gS, gSfs, gSms, mS, mSgs und GBA ≤ 30 % oder HNBOD: H* und SV: SV4, SV5	SE, SW, SI, GE, GW, GI, SU, ST, GU, GT, [], A (mit höchstens 30 % Steinen, Blöcken von Ø 63 mm bis Ø 330 mm) HN (fest)

¹⁾ 0,01 m³ bzw. 0,1 m³ Rauminhalt entsprechen einer Kugel mit einem Durchmesser von ca. 0,3 m bzw. 0,6 m.

²⁾ Humose Bodengruppen.

³⁾ Gleiche Bodengruppen können aufgrund unterschiedlicher Stein- und Blöckeanteile verschiedenen Bodenklassen zugeordnet werden.

Tab. 1: Bodenklassen nach DIN 18300 und ihre Ableitung aus Bodeninformationen auf Basis der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Fortsetzung).

Boden- klasse	Bezeichnung	Definition	abgeleitet aus Bodeninformationen nach Kartieranleitung	Bodengruppen nach DIN 18196 ³⁾
4	mittelschwer lösare Bodenarten	Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 % der Korngröße kleiner als 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität , die je nach Wassergehalt weich bis halbfest (organische und organogene Bodenarten) sind und die höchstens 30 % Steine, Blöcke von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m ³ Rauminhalt ¹⁾ enthalten.	SKEL: *G*, *Gr*, *X*, *Z* oder GBA ≤ 30 % und GEOGE: Kq oder HNBOD: Ut*, Us, Ufs, Uffs, Uls, Slu, Sl*, St*, Ls*, Lu, Lt2, Lt3, Su2, Su3, Su4, Lt4, Ts4, Tu3, Tu4, U, Uu	GU*, GT*, SU*, ST*, UL, UM, UA, TL, TM, [], A (Konsistenz weich bis halbfest, mit höchstens 30 % Steinen, Blöcken von Ø 63 mm bis Ø 330 mm) OK, OU, OT, OH
5	schwer lösare Bodenarten	Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 % Steinen, Blöcken von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m ³ Rauminhalt ¹⁾ . nichtbindige und bindige Bodenarten (organische und organogene Bodenarten) mit höchstens 30 % Blöcken von über 0,01 m ³ bis 0,1 m ³ Rauminhalt ¹⁾ . ausgeprägt plastische Tone , die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.	GEOGE: Lg, Mg, Ogf, Ggf, Gos, Gka, Xg, Xgx, Sp, Sg, Ot, Ofo, Xhg, gm oder HNBOD: Tu2, Tl, T, Tt, Ts2, Lts, Ts3 oder GBA > 30 % und < 75% und HNBOD: Ss, Su2, mSfs, ffs, fs, fSgs, fSms, gS, gSfs, gSms, mS, mSgs oder HNBOD: Ut*, Us, Ufs, Uffs, Uls, Slu, Sl*, St*, Ls*, Lu, Lt2, Lt3, Su2, Su3, Su4, Lt4, Ts4, Tu3, Tu4, U, Uu	GU*, GT*, SU*, ST*, UL, UM, UA, TL, TM [], A (Konsistenz weich bis halbfest, mit höchstens 30 % Blöcken von über Ø 330 mm bis Ø 630 mm) OK, OU, OT, OH TA (Konsistenz weich – halbfest)
6	leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten	Felsarten , die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, z. B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindungen. nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 % Steinen, Blöcken von über 0,01 m ³ bis 0,1 m ³ Rauminhalt ¹⁾ .	HORIZ: Bhs, Bs und VERFEST: Vf4, Vf5 oder GEOGE: Ra oder HORIZ: Cv und SKEL: *c oder Sonderfall für Kombination HORIZ: Sd und SKEL: ^mc oder HORIZ: Cn und SKEL: ^t, ^u, ^brk, ^mt, ^m, ^tbl, ^kr	GU*, GT*, SU*, ST*, OH, OK, UL, UM, UA, TL, TM, OU, OT, TA, OT (Konsistenz fest) SE, SW, SI, GE, GW, GI, SU, ST, GU, GT, A, [] UL, UM, UA, TL, TM, OU, OT, TA / (> 30 % Blöcke von über Ø 330 mm bis Ø 630 mm)

¹⁾ 0,01 m³ bzw. 0,1 m³ Rauminhalt entsprechen einer Kugel mit einem Durchmesser von ca. 0,3 m bzw. 0,6 m.

²⁾ Humose Bodengruppen.

³⁾ Gleiche Bodengruppen können aufgrund unterschiedlicher Stein- und Blöckeanteile verschiedenen Bodenklassen zugeordnet werden.

Tab. 1: Bodenklassen nach DIN 18300 und ihre Ableitung aus Bodeninformationen auf Basis der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Fortsetzung).

Boden- klasse	Bezeichnung	Definition	abgeleitet aus Bodeninformationen nach Kartieranleitung	Bodengruppen nach DIN 18196 ³⁾
7	schwer lösbarer Fels	Felsarten , die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügefestigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind, auch festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen. Steine, Blöcke von über 0,1 m ³ Rauminhalt ¹⁾ .	HORIZ: Cn und SKEL: nicht ^t, ^u, ^brk, ^mt, ^m, ^tbl, ^kr	

¹⁾ 0,01 m³ bzw. 0,1 m³ Rauminhalt entsprechen einer Kugel mit einem Durchmesser von ca. 0,3 m bzw. 0,6 m.

²⁾ Humose Bodengruppen.

³⁾ Gleiche Bodengruppen können aufgrund unterschiedlicher Stein- und Blöckeanteile verschiedenen Bodenklassen zugeordnet werden.

Seit 2015 sind nach der VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) bzw. DIN 18300: 2016-09 projektspezifisch zu definierende Homogenbereiche anstatt der bisher allgemein definierten Bodenklassen festzulegen. Für diese Homogenbereiche sind die gemäß DIN 18300: 2016-09 vorgegebenen Eigenschaften und Kennwerte sowie deren Bandbreite anzugeben, die ggf. gezielte Feld- und Laboruntersuchungen erfordern. Homogenbereiche können i. d. R. erst mit den Planungen und den Angaben zu Verfahrenstechniken festgelegt werden. Da in vielen bestehenden Planungen/Bauvorhaben die „Bodenklassen nach DIN 18300: 2012-09“ verwendet wurden und in Altprojekten teilweise noch verwendet werden, wird die Bodenklassenübersichtskarte nach DIN 18300: 2012-09 für einen Übergangszeitraum weiter dargestellt.

Für die Planung, Kalkulation und Abrechnung von Erdarbeiten jedweder Art (z. B. Lösen und Laden von Boden und Fels, Bohrarbeiten, Durchpressungen u. a.) werden die anstehenden Sedimente und Gesteine nach den ATV (Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen) in der VOB in so genannte Bodenklassen eingeteilt. Für Erd- und Felsarbeiten gemäß ATV DIN 18300 (alt) galten nur die in dieser DIN enthaltenen Bodenklasseneinstufungen. Für andere Erdarbeiten wie z. B. Bohrarbeiten, Dränarbeiten, Durchpressungen, Nassbaggerarbeiten gibt es jeweils spezielle ATV zur Einstufung der anstehenden Locker- und Festgesteine in Boden- und Felsklassen. Nachfolgend sind einige Beispiele solcher ATV genannt:

- Für Bohrarbeiten jedweder Art gelten die Bodenklassen nach ATV DIN 18301.
- Für Dränarbeiten ist die ATV DIN 18308 zu berücksichtigen.
- Für Rohrdurchpressungen sieht die VOB die Bodenklassen nach ATV DIN 18319 vor.
- Für Nassbaggerarbeiten sind die Bodenklassen nach ATV DIN 18311 anzuwenden.
- Für Untertagearbeiten ist die ATV DIN 18312 anzuwenden.
- Für Landschaftsbauarbeiten sind Bodenarbeiten nach ATV DIN 18320 vorzunehmen.

Erdarbeiten gemäß ATV DIN 18300 (alt) sind bis in eine Tiefe von 2 m (ab Geländeoberkante) im Straßen-, Eisenbahntrassen- sowie im Leitungsbau weit verbreitet.

Die Bodengruppen und Festgesteine können nach den Zuordnungskriterien der ATV DIN 18300 (alt) den entsprechenden Bodenklassen zugeteilt werden. Die Bodenklassen sind keine konstanten Zuordnungen, sondern können sich aufgrund von Festigkeitsänderungen bzw. Konsistenzveränderungen der Bodenarten durch Wassereinfluss (zu beachten sind zum Beispiel die jährlichen Grundwasserstandsschwankungen) sowie durch Stein- und Blockbeimengungen (diese sind massenprozentmäßig nur sehr schwer zu erfassen und können erst im Rahmen der Erdarbeiten selbst bestimmt werden) ändern. Die Einteilung in die Felsklasse 6 oder 7 ist von der Gesteinsfestigkeit, vom Trennflächengefüge und der Größe der Kluftkörper (kann durch Bohrkern nicht hinreichend bestimmt werden) abhängig. Eine genaue Klassifikation ist aus diesem Grund erst durch eine detaillierte Baugrunduntersuchung und im Zuge der Erd- und Felsarbeiten möglich.

Die dargestellten Boden- und Felsklassen können aus diesen genannten Gründen nicht zur Abrechnung von Erdarbeiten gemäß VOB (ATV DIN 18300) herangezogen werden, sondern dienen nur zur Vorplanung von Erd- und Felsarbeiten bis in 2 m Tiefe.

Stand

November 2019

Quellen

AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.

DIN 18300 (1996): Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) „Erdarbeiten“. – Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

DIN 18196 (2004): Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – Entwurf, 11 S., Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

FLOSS, R. (1997): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE). – Bonn.

LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation geologischer Feld- und Aufschlussdaten. – 4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Aufl., 2 Bde.; Hannover [ISBN 978-3-510-96851-0].

PRINZ, H. (1997): Abriss der Ingenieurgeologie. – 3. neu bearbeitete und erweiterte Aufl.; Stuttgart.

RAISSI, F., BOHNENSTEIN, V., MÜLLER, U. & FRITZ, J. (2011): Ermittlung von Bodenklassen für Erdarbeiten nach DIN 18300 auf Basis der Bodenübersichtskarte i. M. 1 : 50 000. – 3. Aufl., Geofakten 23: 6 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG).

VOB (2006): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen mit ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“. – Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.8.18

Inhalt	Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren
Eingangsdaten	Bodentypen (BOTYP) Bodenklassen (BOKLA) [Stufe] nach VKR 6.8.16 Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) [Stufe] nach VKR 6.5.8 Wärmeentzugsleistung (WEL) [W/m²] nach VKR 6.1.22 in 120 – 150 cm Tiefe
Kennwert	EK
Kennwertermittlung	1. wenig geeignete Böden: Böden mit einer BKF < 2, WEL < 20 W/m² 2. geeignete Böden: alle nicht unter 1 und 3 ausgewiesene Böden, WEL ≥ 20 – < 30 W/m² 3. gut geeignete Böden: z. B. Gleye (*G*), Haftnässepseudogleye (SH), Auenböden (*A*), WEL ≥ 30 W/m² 4. nicht geeignet: BOKLA 6 und 7
Anmerkungen	Moore haben eine hohe Wärmekapazität bei gleichzeitig geringer Wärmeleitfähigkeit. Angaben aus Bodenkarten können aufgrund der Heterogenität der Böden detaillierte Standortuntersuchungen nicht ersetzen. Eine günstige Exposition (Südausrichtung) kann die Standorteignung verbessern. In der Regel werden Durchschnittswerte verwendet. Bei der Anlagenplanung können jahreszeitlich bedingte Schwankungen des Wassergehaltes bzw. der Bodentemperatur durch Berechnung verschiedener Szenarien berücksichtigt werden.
Stand	Januar 2008
Quellen	AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover. AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover. DEHNER, U. (2005): Nutzung geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund (1–2 Meter Tiefe). – Studie im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, ausgeführt von: Geo-Profil, Erfassung und Auswertung geowissenschaftlicher Daten, Schillstr. 9, 65187 Wiesbaden, <www.geo-profil.de>; Wiesbaden. DIN 18300 (2019): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. – 2019-09, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). DIN 18196 (2011): Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – 2011-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth). VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).

Verknüpfungsregel 6.8.20

Inhalt	Anzahl der Bodenmieten
Eingangsdaten	Bodenartenhauptgruppe (BHGR) nach VKR 6.1.1 Grobbodenanteil (GBA) nach VKR 6.1.2 Horizontsymbol (HORIZ) Schichtmächtigkeit (SMK) [dm]
Kennwert	BMIET [Stufe]
Kennwertermittlung	Ziel ist die Ermittlung der anzulegenden Anzahl von Bodenmieten im Rahmen von Bautätigkeiten, die ein Abtragen des Bodens und eine fachgerechte Zwischenlagerung gemäß DIN 19639 (2019) erfordern. Der Boden muss anhand der Bodenartenhauptgruppen gemäß VKR 6.1.1 in die Gruppen Sand (s), Lehm (l), Ton (t), Schluff (u) und Torf (h) differenziert werden. Die Auswertung der Substratwechsel wird tiefenbezogen durchgeführt und gemäß Tabelle 1 kategorisiert.

Tab. 1: Information zur Tiefe des Substratwechsels.

Trennzeichen	Substratwechsel in Tiefe u. GOK [dm]
\	$0 \leq \text{Substratwechsel} < 2$
/	$2 \leq \text{Substratwechsel} < 4$
//	$4 \leq \text{Substratwechsel} < 8$
=	$8 \leq \text{Substratwechsel} < 13$
–	$13 \leq \text{Substratwechsel}$

Die Informationen zur Tiefe des Substratwechsels und der beteiligten Bodenartenhauptgruppe werden zusammengefasst, wie folgendes Beispiel zeigt:

„s/l=s“ bedeutet Sand, Substratwechsel ab 2 – 4 dm Tiefe zu Lehm, Substratwechsel ab 8 – 13 dm Tiefe zu Sand.

Bei wechselnder Bodenartenhauptgruppe innerhalb des Profils muss jeweils eine weitere neue Bodenmiete angelegt werden. Damit ein Substratwechsel für die Planung einer weiteren Bodenmiete berücksichtigt werden kann, muss die Schicht mit abweichender Bodenartenhauptgruppe mindestens 1,5 dm mächtig sein. Zudem muss zwischen Oberboden- (A und E- Horizonte) und Unterbodenmaterial (alle anderen mineralischen Horizonte) getrennt werden. Oberbodenmaterial muss immer gesondert in einer Miete gelagert werden.

Organische Horizonte (H, F) werden gesondert als eine Miete ausgewiesen, ohne eine Differenzierung zwischen Ober- und Unterboden und ohne Berücksichtigung der Mindestmächtigkeit von 1,5 dm. Festgesteinshorizonte mit Grobbodenanteilen > 75 % werden in einem gesonderten Feld vermerkt. Beispielhaft sei das Vorgehen in Tabelle 2 gezeigt.

Tab. 2: Bodenprofil mit Substratwechsel im Unterboden „s = l“ und Bewertung der Anzahl der Bodenmieten bei Abtrag des Bodens.

	Tiefe [cm]	HORIZ	HNBOD	BHGR	BMIET
Oberboden	-30	Ap	fSms	s	1
Unterboden	-70	Bv	fSms	s	2
Unterboden	-120	Cv	Su2	s	2
Unterboden	-200	Cv	Ls3	l	3

Anmerkungen

Das Ergebnis BMIET bezieht sich auf den Profilaufbau der Bodenkarte 1 : 50.000 innerhalb der ersten 2 Meter unter Geländeoberkante. Aus den Trennzeichen gemäß Tabelle 1 kann die Tiefe des Substratwechsels und damit auch grob die Mächtigkeit der Schicht nachvollzogen werden. Die Methode kann nur einen orientierenden Überblick über die Anzahl der Mieten geben. Aufgrund von pedogenetischen Besonderheiten kann im Rahmen der Erkundung für Baumaßnahmen und/oder der bodenkundlichen Baubegleitung auch entschieden werden, dass mehr oder weniger Mieten anzulegen sind.

Stand

November 2019

Quellen

DIN 19639 (2019): Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. – 2019-09, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
DIN 19731 (1998): Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial. – 1998-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
HAMMERSCHMIDT, U. & STADTMANN, R. (2019): Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. – 2. Aufl., GeoBerichte 28: 47 S., 25 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
BVB – BUNDESVERBAND BODEN (2013): Bodenkundliche Baubegleitung BBB. Leitfaden für die Praxis. – BVB-Merkblatt 2; Berlin (Erich Schmidt).

Verknüpfungsregel 6.8.21

Inhalt	Absolutes Grünland	
Eingangsdaten	Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF) nach VKR 6.5.8 Bodenart (HNBOD) Humusgehalt (HUMUS) [Stufe] Absolute Gründigkeit (Wa) [dm] nach VKR 6.1.26 Landnutzung (KULTUR)	Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser (E_{natwa}) [–] nach VKR 6.6.17 Potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind (E_{natwi}) [–] nach VKR 6.6.26 Höhe über NHN (HOEHE) [m]
Kennwert	AbsGL [–]	
Kennwertermittlung	Absolute Grünlandstandorte lassen aufgrund spezifischer Standorteigenschaften keine ordnungsgemäße Ackernutzung zu. Die Ackerfähigkeit kann durch den Wasserhaushalt, das Vorhandensein von organischen Böden (Torfe, Mudden), geringe Gründigkeit, die Höhenlage und aufgrund sehr hoher Erosionsgefährdung durch Wind und Wasser stark eingeschränkt sein. Grünlandstandorte, die eines der folgenden Kriterien erfüllen, gelten daher als Absolutes Grünland und sollten nicht in Ackerland umgewandelt werden: Kriterium 1: Wasserhaushalt Bodenkundliche Feuchtestufe/Frühjahreszahl ≥ 8. Kriterium 2: Moore, Mudden Wenn die Mächtigkeit von durch organische Substrate (Humusgehalt ≥ 30 Masse-%, Humusstufe h7) geprägten Schichten ≥ 3 dm beträgt oder innerhalb der ersten 6 dm unter Geländeoberfläche die kumulative Mächtigkeit 3 dm übersteigt, dann gilt der Standort als Moor bzw. Mudde und damit als absolutes Grünland, falls die Landnutzung Grünland ist. Kriterium 3: Gründigkeit Böden mit einer absoluten Gründigkeit von ≤ 2 dm. Kriterium 4: Höhenlage Standorte oberhalb von 600 m NHN. Kriterium 5: Erosionsgefährdung Wasser: Standorte mit $E_{natwa} \geq 5$, Wind: Standorte mit $E_{natwi} = 5$.	
Stand	Dezember 2019	
Quelle	BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U. & SEVERIN, K. (2011): Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. – Geofakten 27, 20 S., 9 Abb., 2 Tab., Anh., Hannover.	

7. Literatur und Datenquellen

- AD-HOC-AG BODEN (2000): Methodendokumentation Bodenkunde. Auswertungsmethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. – HENNINGS. V. (Koord.), 2. Aufl., Geol. Jb. **SG 1**; Hannover.
- AD-HOC-AG BODEN (2003): Methodenkatalog Bodenfunktionsbewertung. – Arb.-H. Boden 2003/2, 73 S.; Hannover (BGR & NLfB).
- AD-HOC-AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 5). – 5. Aufl., 438 S., 41 Abb., 103 Tab., 31 Listen; Hannover.
- AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA 4). – 4. Aufl., 392 S., 33 Abb., 91 Tab.; Hannover.
- AG BODENKUNDE (1982): Bodenkundliche Kartieranleitung. – 3. Aufl., 331 S., 19 Abb., 98 Tab., 1 Beil.; Hannover.
- AG BODENNUTZUNG IN WASSERSCHUTZGEBIETEN DER DBG (1992): Strategien zur Reduzierung standort- und nutzungsbedingter Belastungen des Grundwassers mit Nitrat. – Oldenburg (Selbstverlag der DBG).
- ARBEITSKREIS STANDORTSKARTIERUNG (2016): Forstliche Standortsaufnahme: Begriffe, Definitionen, Einteilungen, Kennzeichnungen, Erläuterungen. – 7. Aufl.; Eching (IHW).
- ARUM (1991): Defizite in der Landschaftsrahmenplanung – Teil Boden, Wasser, Klima/Luft. – Bericht im Auftrag des Landkreises Verden und des Niedersächsischen Umweltministeriums, modifiziert vom NLfB (1993); Garbsen [Unveröff.].
- ATV-DVWK-REGELWERK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt **M 504**; Hennef.
- AUERSWALD, K. (1992): Verfeinerte Bewertung von Erosionsschutzmaßnahmen unter deutschen Anbaubedingungen mit dem P-Faktor der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG). – Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung **33**: 137–144.
- AUERSWALD, K., FLACKE, W. & NEUFANG, L. (1988): Räumlich differenzierende Berechnung großmaßstäbiger Erosionsprognosekarten - Modellgrundlagen der ABAG. – Z. Pflanzenernähr. Bodenkdl. **151**: 369–373.
- BACHMANN, J. (2005): Thermisches Verhalten der Böden. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde. – 22. Erg.-Lfg. **08/05**; Landsberg/Lech (Ecomed).
- BARTSCH, H. U., BENNE, I., GEHRT, E., SBRESNY, J. & WALDECK, A. (2003): Aufbereitung und Übersetzung der Bodenschätzung. – Arb.-H. Boden 2003/1: 45–95, 16 Abb., 10 Tab.; Hannover (NLfB).
- BAYERISCHE FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT (1984): Düngung von Beständen, die durch neuartige Walderkrankungen gefährdet sind. – Schulungsmaterial der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt (FVA), FVA **1/84**, 50 S.; München [Unveröff.].
- BBODSCHG (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BGBl. I: 502), das zuletzt durch Artikel 3 Absatz 3 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I: 3465) geändert worden ist. – <<https://www.gesetze-im-internet.de/bbodschg/BJNR050210998.html>>.
- BENNE, I. (1992): Erfassungsanweisung für das Aufnahmeformblatt der bodenkundlichen Kartierung des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung. – Hannover (NLfB) [Unveröff.].
- BENZLER, J.-H., ECKELMANN, W. & OELKERS, K.-H. (1987): Ein Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **53**: 95–101; Göttingen.
- BLUME, H.-P., HORN, R. & THIELE-BRUN, S. (Hrsg.) (2010): Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und –belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen. – 4. Aufl., 758 S.; Landsberg/Lech (Ecomed).
- BLUME, H.-P. & BRÜMMER, G. (1991): Prediction of heavy metal behavior in soil by means of simple field tests. – Ecotoxicology and Environmental Safety **22**: 164–174.
- BOESS, J., FORTMANN, J., MÜLLER, U. & SEVERIN, K. (2011): Kriterienkatalog Nutzungsänderung von Grünlandstandorten in Niedersachsen. – mit Beiträgen von AHLERS, E., BURGHARDT, H., HÖPER, H., SCHÄFER, W. & STROTDREES, J.; Geofakten **27**: 20 S., 9 Abb., 2 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

- BÖTTCHER, H. & STREBEL, O. (1985): Die mittlere Nitratkonzentration des Grundwassers in Sandgebieten in Abhängigkeit von der Bodennutzungsverteilung. – Wasser u. Boden **37** (8): 383–387; Hamburg (Parey).
- BOGENA, H., KUNKEL, R., SCHÖBEL, T., SCHREY, H. P. & WENDLAND, F. (2003): Die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen. – Reihe Umwelt **37**, Forschungszentrum Jülich.
- BOUMA, J. (1989): Using soil survey data for quantitative land evaluation. – Advances in Soil Sci. **9**: 177–213; New York (Springer).
- BOUMA, J. & DE LAAT, P. J. M. (1981): Estimating of the moisture supply capacity of some swelling clay soils in the Netherlands. – J. Hydrol. **49**: 247–259.
- BUG, J., ENGEL, N., GEHRT, E. & KRÜGER, K. (2019): Schutzwürdige Böden in Niedersachsen. Arbeitshilfe zur Berücksichtigung des Schutzgutes Boden in Planungs- und Genehmigungsverfahren. – unter Mitarbeit von FLEER, M., AFFELT, L. & SCHARUN, C.; 4. überarb. Aufl., GeoBerichte **8**: 56 S., 25 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- BRAHMS, M., HAAREN, C. V. & JANSSEN, U. (1989): Ansatz zur Ermittlung der Schutzwürdigkeit der Böden im Hinblick auf das Biotopentwicklungspotenzial. – Landschaft und Stadt **21** (3): 110–114.
- BUNDESMINISTER DES INNEREN (Hrsg.) (1985): Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung. – Bundestags-Drucksache 10/2977 vom 7. März 1985; Stuttgart (Kohlhammer).
- BML – BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (1996): Ergebnisse der bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald von 1987–1993 (BZE). – BML.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (BMU) (Hrsg.) (2000): Hydrologischer Atlas von Deutschland. – 1. Lfg., 107 S.; Bonn.
- BVB – FACHAUSSCHUSS „BIOLOGISCHE BEWERTUNG VON BÖDEN“ DER FACHGRUPPE 4 „BODENFUNKTIONEN UND -BELASTUNGEN“ IM BUNDESVERBAND BODEN E. V. (2004): Biologische Charakterisierung von Böden. Ansatz zur Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. – 73 S., Anh.; St. Augustin (Bundesverband Boden).
- BVB – BUNDESVERBAND BODEN (2013): Bodenkundliche Baubegleitung BBB. Leitfaden für die Praxis. – BVB-Merkblatt **2**; Berlin (Erich Schmidt).
- CHMIELESKI, J. (2006): Zwischen Niedermoor und Boden: Pedogenetische Untersuchungen und Klassifikation von mitteleuropäischen Mudden. – 196 S., Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- CHRISTOFFER, J. & ULBRICHT-EISSING, M. (1989): Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland. – Berichte des Deutschen Wetterdienstes **147**; Offenbach (Selbstverlag).
- COTÉ, J. & KONRAD, M. (2006): Estimating the thermal conductivity of pavement granular materials and subgrade soils. – <http://www.mdt.gov/research/docs/trb_cd/files/06-0117.pdf>.
- DEHNER, U. (2005): Nutzung geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund (1–2 Meter Tiefe). – Studie im Auftrag des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, ausgeführt von: Geo-Profil, Erfassung und Auswertung geowissenschaftlicher Daten, Schillstr. 9, 65187 Wiesbaden, <www.geo-profil.de>; Wiesbaden.
- DEHNER, U. (2007): Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Böden als Grundlage für die Erdwärmenutzung. – Mainzer geow. Mitt. **35**: 159–186.
- DEHNER, U., MÜLLER, U. & SCHNEIDER, J. (2007): Erstellung von Planungsgrundlagen für die Nutzung von geothermischer Energie aus dem oberflächennahen Untergrund mit horizontalen Erdwärmekollektoren. – GeoBerichte **5**: 33 S., 9 Abb., 7 Tab., 5 Kt.; Hannover (LBEG).
- DEHNER, U., RENGGER, M., BRÄUNIG, A., LAMPARTER, A., BAURIEGEL, A., BURBAUM, B., HARTMANN, K.-J., HENNINGS, V., IDLER, F., KRONE, F., MARTIN, W., MEYER, K. & WALDMANN, F. (2015): Neue Kennwerte für die Wasserbindung in Böden. – Ergebnisse der Abstimmung zwischen dem Personenkreis Wasserhaushaltstabellen der Ad-hoc-AG Boden und dem DWA. – Berichte der DBG; <<http://e-prints.dbges.de/1160/>>, [13.07.2016].

- DEUMLICH, D. (1993): Beitrag zur Erarbeitung einer Isoerodentkarte Deutschlands. – Archiv f. Acker- u. Pflanzenb. u. Bodenk. **37**: 17–24.
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1980): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil I: Grundansprache der Böden. – DVWK-Regeln **115**, 18 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1982): Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte, Teil II: Ermittlung von Standortkennwerten mit Hilfe der Grundansprache der Böden. – DVWK-Regeln **116**, 15 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1984): Beregnungsbedürftigkeit - Beregnungsbedarf. Modelluntersuchungen für die Klima- und Bodenbedingungen der Bundesrepublik Deutschland. – DVWK-Merkblatt **205**, 39 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1988): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen, Teil I: Beurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. – DVWK-Merkblatt **212**, 8 S.; Hamburg (Parey).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1990): Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen. – Gelbdruck zum DVWK-Merkblatt, Teil II: Abschätzen des Verhaltens organischer Chemikalien in Böden. – 33 S. [Unveröff.].
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995a): Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung, Teil I: Ansprache der Böden. – DVWK-Regeln **129**, 42 S.; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1995b): Gefügestabilität ackerbaulich genutzter Mineralböden. Teil I: Mechanische Belastbarkeit. – DVWK-Merkblatt zur Wasserwirtschaft **234**; Bonn.
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – 135 S., DVWK-Merkblatt **238**; Bonn (Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH).
- DVWK – DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (1997): Bodenphysikalische Untersuchung über Ursachen und Auswirkungen von Bodenverdichtungen. – DVWK-Materialien **1/1997**; Bonn.
- DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (1996b): Klimatologische Standortuntersuchungen im landwirtschaftlichen Wasserbau. Ermittlung der meteorologischen Größen. DIN 19685. – 11 S.; Berlin (Beuth).
- DIN 18196 (2004): Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – Entwurf, 11 S., Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 18196 (2011): Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. – 2011-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 18300 (1996): Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) „Erdarbeiten“. – Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 18300 (2019): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. – 2019-09, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 19639 (2019): Bodenschutz bei Planung und Durchführung von Bauvorhaben. – 2019-09, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 19682-10 (2014): Bodenbeschaffenheit - Felduntersuchungen - Teil 10: Beschreibung und Beurteilung des Bodengefüges. – 2014-07, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 19706 (2013): Bodenbeschaffenheit – Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wind. – 2013-02, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).

- DIN 19708 (2017): Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. – 2017-08, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 19731 (1998): Bodenbeschaffenheit - Verwertung von Bodenmaterial. – 1998-05, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 19732 (2011): Bodenbeschaffenheit - Bestimmung des standörtlichen Verlagerungspotenzials von nichtsorbiebaren Stoffen. – 2011-10, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DIN 4220 (2008): Bodenkundliche Standortbeurteilung. Kennzeichnung, Klassifizierung und Ableitung von Bodenkennwerten [normative und nominale Skalierungen]. – 2008-11, Deutsches Institut für Normung e. V.; Berlin (Beuth).
- DOMMERMUTH H. & TRAMPF, W. (1991): Die Verdunstung in der Bundesrepublik 1951 bis 1980, Teile 1–3. – Deutscher Wetterdienst; Offenbach (Eigenverlag).
- DÖRHÖFER, G. & JOSOPAIT, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – Geol. Jb. **C 27**: 45–65.
- DÖRHÖFER, G., KUNKEL, R., TETZLAFF, B. & WENDLAND, F. (2001): Der natürliche Grundwasserhaushalt in Niedersachsen. – Arb.-H. Wasser 2001/**1**: 109–167, 11 Abb., 16 Tab., 15 Karten; Hannover (NLfB).
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2016): Bodenfunktionsansprache. Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushaltes. – Arbeitsblatt DWA-A **920-1**, 12-2016, 67 S.; [ISBN 978-3-88721-381-7].
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2017): Bodenfunktionsansprache. Teil 2: Filter und Puffer für organische Chemikalien. – Arbeitsblatt DWA-A **920-2**, 56 S.; [ISBN 978-3-88721-558-3].
- DWA – DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (2019): Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung. – DWA-M **590**, 06-2019, 83 S.
- DWD – DEUTSCHER WETTERDIENST: Phänologiestatistik. – Internetabruf, <https://www.dwd.de/DE/leistungen/phaeno_sta/phaeno_sta.html>.
- ECKELMANN, W. & RENGGER, M. (1981): Erfassung und Darstellung der Trockengefährdung landwirtschaftlich genutzter Standorte am Beispiel der Bodenkundlichen Standortkarte i. M. 1 : 200 000. – Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung **22**: 224–231; Berlin, Hamburg (Parey).
- EHLERS, W. (1990): Wirkung von Bodenbearbeitungssystemen auf gefügeabhängige Eigenschaften verschiedener Böden. – Berichte über Landwirtschaft, SH **204**: 118–137; Hamburg (Parey).
- EHLERS, W. (1996): Wasser in Boden und Pflanze. Dynamik des Wasserhaushaltes als Grundlage von Pflanzenwachstum und Ertrag. – 272 S.; Stuttgart (Ulmer).
- ENGEL, N. & STADTMANN, R. (2020): Bodenfunktionsbewertung auf regionaler und kommunaler Ebene - Ein niedersächsischer Leitfaden für die Berücksichtigung der Belange des vorsorgenden Bodenschutzes in der räumlichen Planung. – 2. Aufl., GeoBerichte **26**: 67 S., 15 Abb., 21 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- ENGEL, N. & MITHÖFER, K. (2003): Auswertung digitaler Bodenschätzungsdaten im Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung (NLfB) – Ein Überblick für Nutzer. – Arb.-H. Boden 2003/**1**: 5–43, 23 Abb., 9 Tab.; Hannover (NLfB).
- ERDMANN, K. & MÜLLER, U. (2000): Leitfaden zur Berücksichtigung von Bodeninformationen im Rahmen der Agrarstrukturplanung in Niedersachsen. Nutzung der Daten des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS®. – Arb.-H. Boden 2000/**3**: 62 S., 3 Abb., 18 Tab.; Hannover (NLfB).
- FACHBEREICH BODENKUNDE UND GEOLOGIE DES NIEDERSÄCHSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG (2000): Ausgabeformen der Flächendatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS. – Bearbeiter: BÖHNER, J., BOESS, J., BOMBIEN, H., CAPELLE, A., CASPERS, G., GEHRT, E., HINZE, C., KÖTHE, R., MÜLLER, U., OELKERS, K.-H., OSTMANN, U., SBRESNY, J., SCHNEIDER, J., SPONAGEL, H., STEININGER, A. & STREIF, H.,

- Arb.-H. Boden 2000/1: 107 S., 9 Abb., 4 Tab., 27 Karten; Hannover (NLfB).
- FIEBER, B., KUES, J. & OELKERS, K.-H. (1993): Konzept zur Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS – Teil: Fachinformationssystem Bodenkunde. – Geol. Jb. **A 142**: 7–38; Hannover.
- FLOSS, R. (1997): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE). – Bonn.
- FORTMANN, H., GUNREBEN, M., MEESENBURG, H., MEIWES, K.-J., MERKEL, D., KLEEFISCH, B., SCHNEIDER, J. & SEVERIN, K. (2007): Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen – Teil 2: Schwermetalle, organische Belastungen und Säurebildner. – GeoBerichte **7**: 64 S., 28 Abb., 8 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- GÄTH, S., ANTONY, F., BECKER, K.-W., GERIES, H., HÖPER, H., KERSEBAUM, C. & NIEDER, R. (1997): Bewertung der standörtlichen Denitrifikationsleistung und des Mineralisations-/Immobilisationspotenzials von Böden und Bodennutzungssystemen. – Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges. **85**: 1373–1376, verändert von HÖPER, H. (2005), [Unveröff.].
- HABER, W., LENZ, R., SCHALL, P., BACHHUBER, R., GROSSMANN, W. D., TOBIAS, K. & KERNER, H. F. (1991): Prüfung von Hypothesen zum Waldsterben mit Einsatz dynamischer Feedbackmodelle und flächenbezogener Bilanzierungsrechnung für vier Schwerpunktforsträume der Bundesrepublik Deutschland. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme **B 20**; Göttingen.
- HAMMERSCHMIDT, U. & STADTMANN, R. (2019): Bodenschutz beim Bauen. Ein Leitfaden für den behördlichen Vollzug in Niedersachsen. – 2. Aufl., GeoBerichte **28**: 47 S., 25 Abb., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- HANTL, M. (1990): Charakterisierung des Säure-Basen-Status und Erfassung substratspezifischer Vorräte von Waldstandorten unterschiedlicher geologischer Ausgangssituationen. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme **A 75**, 175 S.; Göttingen.
- HARTMANN, K. (1986): Quantifizierung erosionsauslösender Niederschläge unter Berücksichtigung bodenphysikalischer Kenngrößen auf Jungmoränenstandorten der DDR. – Promotionsarbeit aus dem Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg [Unveröff.].
- HEIDT, L. (2009): Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Beregnungsbedürftigkeit Nordost-Niedersachsens. – GeoBerichte **13**: 109 S., 66 Abb., 14 Tab., Anh., 5 Kt.; Hannover (LBEG).
- HEINEKE, H. J., BARTSCH, H. U., SBRESNY, J. & MÜLLER, U. (2002): Das Methodenmanagementsystem in Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS®. – In: CYFFKA, B. & HÄRTLING, J. (Hrsg.) (2002): Bodenmanagement. – S. 59–84; Berlin (Springer).
- HEINEKE, H. J., KUES, J., ERDMANN, K. & MÜLLER, U. (1999): The Soil Information System of Lower Saxony and its use for land use and soil protection properties. – Bollettino della Società Italiana della Scienza del Suolo **48** (3): 529–547.
- HEITEFUSS, S., SCHNEIDER, J. & SEVERIN, K. (2003): Beurteilung der landwirtschaftlichen Nutzung auf Alttablagerungen – Standpunkt. – Geofakten **12**, 8 S., 3 Abb.; Hannover.
- HELBIG, H. (2012): pH-Werte von Waldböden in Sachsen-Anhalt. – [Unveröff.].
- HENNINGS, V. (2001): Vergleichende Bewertung bestehender Pedotransferfunktionen zur Beurteilung der Verdichtungsempfindlichkeit von Böden. – Arb.-H. Boden 2001/3: 5–22, 6 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).
- HEUMANN, S. & BUG, J. (2020): Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf landwirtschaftliche Bodennutzungen. Hinweise zu bodenkundlichen Gutachten für Wasserrechtsanträge. – 4. überarbeitete Aufl., Geofakten **6**: 15 S., 6 Abb., 3 Tab.; Hannover (LBEG).
- HIRCHE, D. (1990): Die Erosivität der Niederschläge in Niedersachsen. – Dipl.-Arb. Univ. Braunschweig [Unveröff.].
- HOLZWARTH, F., RADTKE, H. & HILGER, B. (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz: Handkommentar. – Bodenschutz und Altlasten **5**; Berlin (Erich Schmidt).
- HÖPER, H. (2002): Ein Verfahren zur flächenhaften Ausweisung von bodenzoologischen Lebensräumen, aufbauend auf dem Konzept der Zersetzergesellschaften von Graefe. – NNA-Berichte **1/2002**: 71–76.

- HÖPER, H. & RUF, A. (2003): Methode zur flächenhaften Darstellung des Bodens in seiner Funktion als Lebensraum von Bodenorganismen für Planungen im mittleren Maßstab. – *Bodenschutz* **2/2003**: 41–47.
- HORN, A., STUMPF, A., KUES, J., ZINNER, H. J. & FLEIGE, H. (1991): Die Labordatenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS) – Teil: Fachinformationssystem Bodenkunde. – *Geol. Jb.* **A 126**: 59–97; Hannover.
- HORN, R. (1981): Die Bedeutung der Aggregation von Böden für die mechanische Belastbarkeit in dem für Tritt relevanten Auflastbereich und deren Auswirkungen auf physikalische Bodenkenngößen. – *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenr. Fachber. Landschaftsentw. TU Berlin* **10**; Berlin.
- HORN, R. (1985): Bodenphysikalische Probleme bei der Betrachtung der Befahrbarkeit und Bearbeitbarkeit von Böden. – *Z. f. Vegetationstechnik* **8**: 1–5.
- HORN, R., LEBERT, M. & BURGER, N. (1991): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzenstandort auf der Grundlage von Labor- und in-situ-Messungen. – *Materialien des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung u. Umweltfragen* **73**; München.
- JOHANNSEN, U., SCHÄFER, W. & DÜWEL, O. (1998): Abschätzung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wind aus Parametern der Bodenschätzung. – *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* **39**: 23–26; Berlin (Blackwell).
- JUNGMANN, S. (Bearb.) (2003): Arbeitshilfe Boden/Wasser im Landschaftsrahmenplan. – Studie für das Niedersächsische Landesamt für Ökologie; Hildesheim [Unveröff.].
- KALTSCHMITT, M., HUENGES, E. & WOLFF, H. (Hrsg.) (1999): *Energie aus Erdwärme*. – 265 S., 77 Abb., 45 Tab.; Stuttgart (Grundstoffindustrie), [ISBN 3-342-00685-49].
- KIESERLING, U. (1996): Empfindlichkeitsanalyse und Einsatzmöglichkeiten der Auswertungsmethode „Ackerbauliches Ertragspotential“ im Rahmen von Landesplanungen (LROP, RROP) in Niedersachsen. – *Dipl.-Arb. Geogr. Inst. Univ. Hannover* [Unveröff.].
- KLEINE NATURSTEINKUNDE. – <www.marmor-granit-wolf.de/natursteinkunde.htm>.
- KLIEBSCH, K. (1995): Grundwasserneubildung und Nitrataustrag einer Siedlungsfläche in einem Trinkwasserschutzgebiet. – *Dipl.-Arb., Geogr. Inst. Univ. Hannover* [Unveröff.].
- KRAHMER, U., HENNINGS, V., MÜLLER, U. & SCHREY, H.-P. (1995): Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte in Abhängigkeit von Bodenart, Lagerungsdichte und Humusgehalt. – *Zeitschr. f. Pflanzenernähr. Bodenkunde* **158**: 323–331; Weinheim.
- KREMSER, W. & OTTO, H.-J. (1973): Grundlagen für die langfristige regionale waldbauliche Planung in den niedersächsischen Landesforsten. – *Aus dem Walde, Mitt. Nieders. Landesforstverwaltung* **20**; Hannover.
- KUES, J. (1990): Bodenuntersuchungen im Stadtwald Hannover. – *Ber. Naturhist. Ges. Hannover* **132**: 7–18; Hannover.
- KUES, J., HEINEKE, H. J., ERDMANN, K. & MÜLLER, U. (2002): Das Niedersächsische Bodeninformationssystem NIBIS® und seine Anwendungen im Bereich von Umweltplanung, Bodennutzung und Bodenschutz. – *Bodenschutz in der EU-Perspektiven und Optionen, Niedersächsisches Umweltministerium, Graue Reihe*.
- KUNKEL, R. & WENDLAND, F. (1998): Der Landschaftswasserhaushalt im Flusseinzugsgebiet der Elbe – Verfahren, Datengrundlagen und Bilanzgrößen. – *Reihe Umwelt* **12**, Forschungszentrum Jülich.
- KUNKEL, R. & WENDLAND, F. (2002): The GROWA98 model for water balance analysis in large river basins - the river Elbe case study. – *Journal of Hydrology* **259**: 152–162.
- LAMBRECHT, H., ROHR, A., KRUSE, K. & ANGERSBACH, J. (2003): Zusammenfassung und Strukturierung von relevanten Methoden und Verfahren zur Klassifikation und Bewertung von Bodenfunktionen für Planungs- und Zulassungsverfahren mit dem Ziel der Vergleichbarkeit. – *Endbericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO); Hannover (Planungsgruppe Ökologie und Umwelt GmbH)* [Unveröff.].

- LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT (1998): Bodenschutz in der räumlichen Planung. – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt **29/1998**; Halle.
- LANDESGEWERBEANSTALT BAYERN (1999): Technische Richtwerte von Natursteinwerk. – <www.lga.de/deutsch/bdb/naturst2.htm>.
- LANDWIRTSCHAFTSKAMMER NIEDERSACHSEN (2018): Empfehlungen zur Grunddüngung. – Stand Februar 2018, <<https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/2/nav/341/article/11622.html>>.
- LANGZEITVERHALTEN CARBONATHALTIGER GASDRÄNSCHICHTEN BEI DURCHSTRÖMUNG MIT AGGRESSIVEN DEPONIEGASEN. – <http://www.geo.uni-bayreuth.de/hydrologie/mitarbeiter/rothenhofer/materia2_text.htm>.
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE: Internetauftritt. – <www.lbeg.niedersachsen.de>.
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE: Produktkatalog. – Download unter <www.lbeg.niedersachsen.de>.
- LBEG – LANDESAMT FÜR BERGBAU, ENERGIE UND GEOLOGIE (Hrsg.) (2015): Symbolschlüssel Geologie. Symbole für die Dokumentation geologischer Feld- und Aufschlussdaten. – 4., völlig neu bearbeitete und erweiterte Aufl., 2 Bde.; Hannover [ISBN 978-3-510-96851-0].
- LEBERT, M. (1989): Beurteilung und Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von Ackerböden. – Bayreuther Bodenkundl. Berichte **12**: 131 S.
- LEBERT, M. (2008): Herleitung und Darstellung der potenziellen mechanischen Verdichtungsempfindlichkeit für Unterböden von Ackerflächen der Bundesrepublik Deutschland. – UBA-Vorhaben FKZ 370771201.
- LEBERT, M., BRUNOTTE, J. & SOMMER, C. (2004): Ableitung von Kriterien zur Charakterisierung einer schädlichen Bodenveränderung, entstanden durch nutzungsbedingte Verdichtung von Böden / Regelungen zur Gefahrenabwehr. – Forschungsbericht 200 71 245. UBA-FB 000706, 128 S.; Berlin.
- LEBERT, M. & SCHÄFER, W. (2005): Verdichtungsgefährdung niedersächsischer Ackerböden. – Z. Bodenschutz **2/05**: 42–46.
- LITZ, N. (1998): Schutz vor Organika. – In: BLUME, H.-P., FELIX-HENNINGSSEN, P., FREDE, H.-G., GUGGENBERGER, G., HORN, R. & STAHR, K.: Handbuch der Bodenkunde, 5. Erg.-Lfg. 11/98, Kap. 7.6.6, I–II u. 1–28; Weinheim (Wiley-VCH).
- LITZ, N. & BLUME, H.-P. (1989): Verhalten organischer Chemikalien in Böden und dessen Abschätzung nach einer Kontamination. – Z. Kulturtechn. u. Landentw. **30**: 355–364; Berlin (Blackwell).
- LITZ, N., WILCKE, W. & WILKE, B.-M. (Hrsg.) (2007): Bodengefährdende Stoffe. – Weinheim (Wiley-VCH).
- MATTHESS, G. (Koord.) (1995): Aufklärung der für den Pflanzenschutzmitteleintrag ins Grundwasser verantwortlichen Vorgänge, insbesondere im Hinblick auf die Trinkwasserversorgung. – Abschlußbericht BMFT Verbundvorhaben 02-WT 89137; Kiel.
- MEIWES, K. J., KÖNIG, N., KHANNA, P. K., PRENZEL, J. & ULRICH, B. (1984): Chemische Untersuchungsverfahren für Mineralböden, Auflagehumus und Wurzeln zur Charakterisierung und Bewertung der Versauerung in Waldböden. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme/Waldsterben **A 7**, 67 S.; Göttingen.
- METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR (Hrsg.) (1987): Klimadaten der Deutschen Demokratischen Republik - Ein Handbuch für die Praxis. – Reihe **B 14**: Klimatologische Normalwerte 1951/8; Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG BRANDENBURG (2000): Bodenbewertung für Planungs- und Zulassungsverfahren im Land Brandenburg, Band I und II. – Gutachten im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Brandenburg, erstellt von der AG Landesplanung, Universität Potsdam.
- MÖLLER, A. & KENNEPOHL, A. (2014): Abschätzung von CO₂-Emissionen und -Retentionen durch Landnutzungsänderungen anhand regionalisierter Kohlenstoffvorräte auf landwirtschaftlich genutzten Böden Niedersachsens. – GeoBerichte **27**: 76 S., 30 Abb., 8 Tab., 13 Kt.; Hannover (LBEG).

- MOLLENHAUER, K., RATHJEN, C.-L., CHISTIANSEN, T. & ERPENBECK, C. (1990): Zur Erosivität der Niederschläge im Gebiet der deutschen Mittelgebirge, besonders im hessischen Raum. – DVWK-Schriften **86/II**: 79–162.
- MOSIMANN, T. (1998): Beurteilungsmaßstäbe für die Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit durch Bodenerosion. – In: RICHTER, G. (Hrsg.) (1998): Bodenerosion in Analyse und Bilanz eines Umweltproblems; Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- MÜCKENHAUSEN, E. (1985): Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen. – 4. Aufl.: 579 S.; Frankfurt/Main (DLG).
- MÜLLER, U. (1989): Dokumentation zur Methodenbank. – NLfB; Hannover [Unveröff.].
- MÜLLER, U. (1990): Dokumentation zur Methodenbank. – 2. erw. Aufl., NLfB, Archiv-Nr. 107 670; Hannover.
- MÜLLER, U. (1991): Dokumentation zur Methodenbank. – 3. erw. Aufl., NLfB, Archiv-Nr. 108 528; Hannover.
- MÜLLER, U. (1992): Dokumentation zur Methodenbank. – 4. erw. Aufl., NLfB, Archiv-Nr. 109 269; Hannover.
- MÜLLER, U. (1997): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS). – 6. erw. u. erg. Aufl., Technische Berichte zum NIBIS - Bodenkunde; Stuttgart (Schweizerbart).
- MÜLLER, U. (2004): Auswertungsmethoden im Bodenschutz. Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – 7. erw. u. erg. Aufl., Arb.-H. Boden 2004/2, 409 S., 3 Abb., 405 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U., DAHLMANN, I., BIERHALS, E., VESPERMANN, B. & WITTENBECHER, C. (2000): Bodenschutz in Raumordnung und Landschaftsplanung. – Arb.-H. Boden 2000/4, 26 S., 2 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U., DEGEN, C. & JÜRGING, C. (1992): Dokumentation zur Methodenbank. – 5. erw. Aufl., Technische Berichte zum NIBIS - Bodenkunde; Stuttgart (Schweizerbart).
- MÜLLER, U., ECKELMANN, W. & HEINEKE, H. J. (1993): Zum Aufbau der Methodenbank im Niedersächsischen Bodeninformationssystem (NIBIS). – Geol. Jb. **F 27**: 185–196; Hannover.
- MÜLLER, U. & EVERMANN, H. (1994): Bodenphysikalische Analysen der Porengrößenverteilung von Festgesteinen. – Bericht NLfB, Archiv-Nr. 134 296; Hannover [Unveröff.].
- MÜLLER, U., KANITZKI, M. E. & RUSCHINSK, A. (1993): Kennwertermittlung und flächenbezogene Auswertung der Labordatenbank des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung auf Grundlage der pedoregionalen Gliederung Niedersachsens an ausgewählten Beispielen. – Bericht NLfB, Archiv-Nr. 110 780; Hannover [Unveröff.].
- MÜLLER, U. & RAISSI, F. (2002): Arbeitshilfe für bodenkundliche Stellungnahmen und Gutachten im Rahmen der Grundwassernutzung. – mit Beiträgen von HÖPER, H., SCHÄFER, W. & KUES, J., Arb.-H. Boden 2002/2: 49 S., 10 Abb., 13 Tab.; Hannover (NLfB).
- MÜLLER, U. & WALDECK, A. (2011): Auswertungsmethoden im Bodenschutz - Dokumentation zur Methodenbank des Niedersächsischen Bodeninformationssystems (NIBIS®). – GeoBerichte **19**: 415 S., 37 Abb., 335 Tab.; Hannover (LBEG).
- MULL, R. (Hrsg.) (1987): Anthropogene Einflüsse auf den lokalen und regionalen Bodenwasserhaushalt. – Forschungsbericht; Weinheim (VCH).
- MURAWSKI, H. & MEYER, W. (2004): Geologisches Wörterbuch. – 11. Aufl.: 262 S.; München (Elsevier).
- NAUNIN, R. (1990): Die Starkregen in Schleswig-Holstein. Eine kritische Würdigung der Universal Soil Loss Equation (USLE) im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf schleswig-holsteinische Verhältnisse. – Dipl.-Arb. Univ. Kiel [Unveröff.].
- NBodSchG (1999). Niedersächsisches Bodenschutzgesetz vom 19. Februar 1999 (Nds. GVBl.: 46), zuletzt geändert durch Artikel 16 des Gesetzes vom 16.05.2018 (Nds. GVBl.: 66). – <<http://www.voris.niedersachsen.de/jportal/?quelle=jlink&query=BodSchG+ND&psml=bsvorisprod.psml&max=true&aiz=true>>.
- NIBIS® KARTENSERVEN DES LBEG – <<https://nibis.lbeg.de/cardomap3/>>.

- NIBIS® PROFIL- UND LABORDATENBANK. – Stand März 2003; Hannover (NLfB).
- NISSEN, B. (1999): Vorhersage der mechanischen Belastbarkeit von repräsentativen Ackerböden der Bundesrepublik Deutschland. Bodenphysikalischer Ansatz. – Schriftenreihe Inst. Pflanzenern. u. Bodenk. der CAU Kiel **50**: 159 S.
- NISSEN, B., HAMANN, S. & HORN, R. (1996): Ursachen und Auswirkungen von Bodenverdichtungen - Erfassung des Verdichtungsstatus repräsentativer Böden in den alten und neuen Bundesländern sowie Vorhersagen der mechanischen Belastbarkeit von Böden als Pflanzestandorten. – Endbericht des DVWK-geförderten F&E-Vorhabens „Ursachen und Auswirkungen von Bodenverdichtungen“ [Unveröff.].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1986): Kartieranweisung des NLfB. – Hannover [Unveröff.].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1988): Rahmenschema zur Kennzeichnung der bodenkundlichen Feuchtesituation. – Hannover [Unveröff.].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (1992): Tabellen zur Ermittlung bodenphysikalischer Kennwerte. – Hannover [Unveröff.].
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (2000): Profil-Erfassungs-Programm PEP. – Version 1.1; Hannover.
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (Hrsg.) (2001): Verdichtung, Versiegelung, Entsiegelung. – Arb.-H. Boden 2001/**3**, 93 S.; Hannover.
- NLFB – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG (Hrsg.) (2003): Bearbeitung, Übersetzung und Auswertung digitaler Bodenschätzungsdaten. – Arb.-H. Boden 2003/**1**, 95 S.; Hannover.
- NLÖ – NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE (2003): Bodenqualitätszielkonzept Niedersachsen. Teil 1: Bodenerosion und Bodenversiegelung. – Nachhaltiges Niedersachsen **23**; Hildesheim.
- OELKERS, K.-H. (1993): Aufbau und Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS - Fachinformationssystem Bodenkunde (FIS BODEN). – Geol. Jb. **F 27**: 5–38; Hannover.
- OELKERS, K.-H. & VOSS, H.-H. (1998): Konzeption, Aufbau und Nutzung von Bodeninformationssystemen: Das Fachinformationssystem Bodenkunde des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS (FIS BODEN). – In: ROSENKRANZ, D., BACHMANN, G., KÖNIG, W. & G. EINSELE, G. (Hrsg.): Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Maßnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser. – Nr. 3060, S. 1–54; Berlin.
- OKRUSCH, M. & MATTHES, S. (2005): Mineralogie. – 7. Aufl., 528 S., 328 Abb.; Berlin (Springer).
- PANNIKE, S., KÖLLING, M., PANTELEIT, B., REICHLING, J. SCHEPS, V. & SCHULZ, H. D. (2006): Auswirkung hydrogeologischer Kenngrößen auf die Kältefahnen von Erdwärmesondenanlagen in Lockersedimenten. – Grundwasser **1/2006**: 6–18.
- PRENZEL, J. & SCHULTE-BISPING, H. (1991): Ionenbildung in deutschen Waldböden - Eine Auswertung von 2500 Bodenuntersuchungen in 25 Jahren. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme **B 29**; Göttingen.
- PRINZ, H. (1997): Abriss der Ingenieurgeologie. – 3. neu bearbeitete und erweiterte Aufl.; Stuttgart.
- PROCHSCH, W. (1990): Lysimeteruntersuchungen zur flächendifferenzierten Ermittlung mittlerer Grundwasserneubildungsraten. – Mitt. Dt. Gewässerkdl. Jb. **55**.
- RAISSI, F., BOHNENSTEIN, V., MÜLLER, U. & FRITZ, J. (2011): Ermittlung von Bodenklassen für Erdarbeiten nach DIN 18300 auf Basis der Bodenübersichtskarte i. M. 1 : 50 000. – 3. Aufl., Geofakten **23**: 6 S., 2 Tab.; Hannover (LBEG).
- RAISSI, F., MÜLLER, U. & MEESENBURG, H. (2009): Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe von Forststandorten. – 4. Aufl., Geofakten **9**: 7 S., 1 Abb., 8 Tab.; Hannover (LBEG).
- RASTIN, N. & ULRICH, B. (1988): Chemische Eigenschaften von Waldböden im Nordwestdeutschen Pleistozän und deren Gruppierung nach Pufferbereichen. – Z. f. Pflanzenernährung Bodenkunde **151**: 229–235; Weinheim.

- RENGER, M. (1980): Konzept zur Ermittlung des Auswirkungsgrades von Grundwasserabsenkungen. – NLFb; Hannover [Unveröff.].
- RENGER, M., BOHNE, K., FACKLAM, M., HARRACH, H., RIEK, W., SCHÄFER, W., WESSOLEK, G. & ZACHARIAS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil I: Ergebnisse und Vorschläge der DBG-Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ zur Schätzung bodenphysikalischer Kennwerte. – *Bodenökologie und Bodengenese* **40**: 5–51.
- RENGER, M., BOHNE, K. & WESSOLEK, G. (2014): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil II: Verfahren zur Berechnung der ungesättigten und gesättigten Wasserleitfähigkeit aus einfach zugänglichen Daten. – *Bodenökologie und Bodengenese* **43**: 5–26.
- RENGER, M., BUG, J., HEUMANN, S. & MÜLLER, U. (2020): Ermittlung der Auswirkungen von Grundwasserabsenkungen auf den Ertrag landwirtschaftlich genutzter Flächen. – *Gefakten* **35**: 37 S., 7 Abb., 11 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).
- RENGER, M., KÖNIG, R., SWARTJES, S., WESSOLEK, G., FAHRENHORST, C. & KASCHANIAN, B. (1990): Modelle zur Ermittlung und Bewertung von Wasserhaushalt, Stoffdynamik und Schadstoffbelastbarkeit in Abhängigkeit von Klima, Bodeneigenschaften und Nutzung. – Endbericht zum BMFT-Projekt 0374343, Univ. Berlin, Inst. f. Ökologie, FB Bodenkunde.
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1980): Jährliche Grundwasserneubildung in Abhängigkeit von Bodennutzung und Bodeneigenschaften. – *Wasser und Boden* **32** (8): 362–366; Hamburg (Parey).
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1982): Berechnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. – *Geol. Jb.* **F 13**, 66 S.; Hannover.
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1983): Einfluß von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag bei Acker und Grünland. – *Kalibriefe (Büntehof)* **16** (7): 379–389; Hannover.
- RENGER, M. & STREBEL, O. (1986): Einfluß von Grundwasserflurabstand und Grundwasserabsenkung auf die reale Transpiration und den Pflanzenertrag. – *Schriftenreihe Taxationspraxis* **L 15**, 129 S.; (SVK-Verlag).
- RENGER, M., STREBEL, O., SPONAGEL, H. & WESSOLEK, G. (1984): Einfluß von Grundwasserabsenkungen auf den Pflanzenertrag landwirtschaftlich genutzter Böden. – *Wasser und Boden* **36** (10): 499–502.
- RENGER, M., STREBEL, O., WESSOLEK, G., MÜLLER, U. & SPONAGEL, H. (1987): Anthropogene Einflüsse auf den Bodenwasserhaushalt. – In: MULL, R. (Hrsg.) (1987): Ergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm anthropogene Einflüsse auf hydrologische Prozesse, S. 3–61; Weinheim (VCH).
- RENGER, M. & WESSOLEK, G. (1990): Auswirkungen von Grundwasserabsenkung und Nutzungsänderung auf die Grundwasserneubildung. – In: Folgen anthropogener Einflüsse auf den Wasserhaushalt und die Wasserbewirtschaftung. 5. Wissenschaftliche Tagung „Hydrologie und Wasserwirtschaft“, 2.–4. April 1990 in Neubiberg bei München, Band b, Institut für Wasserwesen, Universität der Bundeswehr München.
- RENGER, M. & WESSOLEK, G. (1992): Qualitative und quantitative Aspekte zur Nitratverlagerung. – *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.* **68**: 111–114; Göttingen.
- RENGER, M. & WESSOLEK, G. (1996): Berechnung der Verdunstungsjahresnummern einzelner Jahre. – *DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft* **238**: 47ff.; Bonn.
- RENGER, M., WESSOLEK, G., KASCHANIAN, B. & PLATH, R. (1987): Boden- und Nutzungskarten als Grundlage für die Bestimmung der Grundwasserneubildung mit Hilfe von Simulationsmodellen am Beispiel von Berlin. – *Mitt. Dt. Bodenkdl. Ges.* **53**: 231–263; Göttingen.
- RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. – *Berichte des Deutschen Wetterdienstes* **194**; Offenbach.
- RICHTER, U. (1988): Ermittlung des Ertragspotentials ackerbaulich genutzter Standorte aus Parametern der bodenkundlichen Standortkarte von Niedersachsen. – *Dipl.-Arb. Inst. f. Bodenkunde und Bodenerhaltung der Univ. Gießen* [Unveröff.].

- RICHTER, U. & ECKELMANN, W. (1993): Das Ertragspotential ackerbaulich genutzter Standorte in Niedersachsen - Beispiel einer Auswertungsmethode im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Geol. Jb. **F 27**: 197–205; Hannover.
- ROGLER, H. (1981): Die Erosivität der Niederschläge in Bayern. – Dipl.-Arb. Techn. Univ. München [Unveröff.].
- ROTHFUCHS, E. (1992): Standortgerechte Bearbeitung der Ackerböden in Niedersachsen. – Dipl.-Arb. Univ. Göttingen [Unveröff.].
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2001): Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren. – Materialien zum Bodenschutz; Dresden.
- SAUERBORN, P. (1994): Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland - Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa. – Bonner Bodenkundl. Abh. **13**; Bonn.
- SCHÄFER, W. (2002): Bodenphysikalische Eigenschaften von Torfen niedersächsischer Moorböden unter Berücksichtigung ihrer Pedogenese. – Arb.-H. Boden 2002/**3**: 59–75, 6 Abb., 6 Tab.; Hannover (NLfB).
- SCHÄFER, W., SBRESNY, J. & THIERMANN, A. (2017): Methodik zur Einteilung von landwirtschaftlichen Flächen nach dem Grad ihrer Erosionsgefährdung durch Wasser gemäß § 6 Abs. 1 der Agrarzahlen-Verpflichtungsverordnung in Niedersachsen. – Hannover.
- SCHNEIDER, J., KUNZMANN, S. & RAECKE, F. (2000): Bereitstellung von Bodendaten für die Bauleitplanung. – unter Mitarbeit von LEHMBERG, F. & PANTEL, F. E., Arb.-H. Boden 2000/**2**: 49 S., 14 Abb., 4 Tab.; Hannover (NLfB).
- SCHWEIKLE, V., MÜLLER, M., ZUCK, B., PITSCH, R., DÖRR, D., TIMMERBERG, K. & BUCHLEITNER, Y. (1985): Regen- und Oberflächenabflussfaktoren (R) sowie Bodenerodierbarkeitsfaktoren (K) zur quantitativen Abschätzung des Bodenabtrags durch Wasser in Baden-Württemberg nach dem Verfahren von Wischmeier und Smith. – Anlage zum Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg vom 11.11.1985 [Unveröff.].
- SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & KAINZ, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. – 2. Aufl.; Stuttgart (Ulmer).
- SIA (1996): Grundlagen zur Nutzung der untiefen Erdwärme für Heizsysteme. – Dokumentation **D0136**, Schweizer Ingenieur- und Architektenverein; Zürich.
- STEINHOFF-KNOPP, B. & BUG, J. (2019): Aktualisierte K-Faktoren für Niedersachsen. Umsetzung der aktualisierten DIN 19708 im Niedersächsischen Bodeninformationssystem NIBIS. – Bodenschutz **3/2019**: 84–89.
- STROBEL, P. (1989): Untersuchungen zur Abschätzung der potentiellen Verdichtungsempfindlichkeit von Böden unter Berücksichtigung der Auswertung von Bodenkarten. – Dipl.-Arb. Geogr. Inst. der Univ. Hannover [Unveröff.].
- TETZLAFF, B. (2006): Die Phosphatbelastung großer Flusseinzugsgebiete aus diffusen und punktuellen Quellen. – Diss., Schriften des Forschungszentrums Jülich, Reihe Umwelt **65**, 287 S.; Jülich.
- THIERE, J., LIEBEROTH, I. & DUNKELGOD, P. (1983): Richtlinie zur standortkundlichen Kennzeichnung von Acker- und Graslandschlägen. – FZB Müncheberg, Bereich Bodenkunde/Fernerkundung; Eberswalde.
- THIERMANN, A., SBRESNY, J. & SCHÄFER, W. (2000): Ermittlung der Erosionsgefährdung durch Wind. – Mittlg. Deutsche Bodenkdl. Ges. **92**: 104–107; Oldenburg.
- ULRICH, B. (1981): Ökologische Gruppierung von Böden nach ihrem chemischen Bodenzustand. – Z. Pflanzenernährung und Bodenkunde **144**: 289–305; Weinheim (VCH).
- ULRICH, B. (1987/88): Stoffhaushalt von Wald-Ökosystemen. Bioelement-Haushalt. – Vorlesungsskript, 7. Aufl., Inst. f. Bodenkunde u. Waldernährung; Göttingen.
- ULRICH, B. (1991): Rechenweg zur Abschätzung der Flüsse in Waldökosystemen - Identifizierung der sie bedingenden Prozesse. – Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme **B 24**; Göttingen.
- ULRICH, B., MEIWES, H. J., KÖNIG, N. & KHANNA, P. K. (1984): Untersuchungsverfahren und Kriterien zur Bewertung der Versauerung und ihrer Folgen in Waldböden. – Der Forst- und Holzwirt **11**: 278–285; Hannover.

- UMWELTBEHÖRDE HAMBURG (Hrsg.) (1999): Kurzfassung des Gutachtens: Funktionale Bewertung von Böden bei großmaßstäbigen Planungsprozessen. – Hamburg.
- UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995): Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren. – Luft, Boden, Abfall **31**, 34 S.
- VDI (2000): Thermische Nutzung des Untergrundes. Grundlagen, Genehmigungen, Umweltaspekte – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 1. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf.
- VDI (2001): Thermische Nutzung des Untergrundes. Erdgekoppelte Wärmepumpenanlagen – VDI-Richtlinie 4640, Blatt 2. – Verein deutscher Ingenieure, Düsseldorf; Berlin (Beuth).
- VETTERLEIN, E. (1983): Beziehung zwischen hydraulischer Leitfähigkeit und Bodenwassergehalt in Sande-, Lehm- und Tonsubstraten. – Archiv für Acker-, Pflanzenbau und Bodenkunde **27/7**: 417–426.
- VOB (2006): Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen mit ATV DIN 18300 „Erarbeiten“. – Berlin (Beuth).
- VOSSHENRICH, H.-H. (2003): Teilflächenspezifische Bodenbearbeitung und Einsparpotenzial - Die wichtigen Schritte zum Erfolg. – In: ARTMANN, R. & BOCKISCH, F.-J. (Hrsg.) (2003): Nachhaltige Bodennutzung - aus technischer, pflanzenbaulicher, ökologischer und ökonomischer Sicht. – Landbauforschung Völknerode - FAL Agricultural Research: 87–95; Braunschweig (Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)).
- WENDLAND, F. & KUNKEL, R. (1999): Der Landschaftswasserhaushalt im Elbeeinzugsgebiet (deutscher Teil). – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung **5**: 226–232.
- WENDLING, U. (1995): Berechnung der Gras-Referenzverdunstung mit der FAO-Penman-Monteith-Beziehung. – Wasserwirtschaft **85** (12): 602–604.
- WENDLING, U., SCHELLIN, H.-G. & THOMÄ, M. (1991): Bereitstellung von täglichen Informationen zum Wasserhaushalt des Bodens für die Zwecke der agrarmeteorologischen Beratung. – Zeitschrift für Meteorologie **41**: 468–475.
- WESSOLEK, G. (1989): Einsatz von Wasserhaushalts- und Photosynthesemodellen in der Ökosystemanalyse. – Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenr. Fachber. Landschaftsentw. TU Berlin **61**, 107 S.; Berlin.
- WESSOLEK, G. (1993): Entwicklung von Verfahren zur Herstellung von Karten zu Niederschlag, Verdunstung und Versickerung aus dem effektiven Wurzelraum. – Gutachten i. A. des Umlandverbandes Frankfurt/Main, Inst. f. angew. Bodenkunde; Berlin.
- WESSOLEK, G. (1997): Abschätzung der Grundwasserneubildung von Hangstandorten. – Gutachten i. A. der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
- WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2004): Ein neues Verfahren zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – In: BRONSTERT, A., THIEKEN, A., MERZ, B., ROHDE, M. & MENZEL, L. (Hrsg.): Wasser- und Stofftransport in heterogenen Einzugsgebieten. Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, Heft 05.04, Beiträge zum Tag der Hydrologie, Band 1:135–145.
- WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2008): Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. – Journal of Hydrology **356**: 17–27.
- WESSOLEK, G., DUIJNISVELD, W. H. M. & TRINKS, S. (2009): Bodenphysikalische Kennwerte und Berechnungsverfahren für die Praxis. Teil III: Hydro-Pedotransferfunktionen zur Berechnung der Sickerwasserrate aus dem Boden: das TUB-BGR-Verfahren. – Bodenökologie und Bodengenese **40**: 66–80.
- WESSOLEK, G. & FACKLAM, M. (1997): Standortigenschaften und Wasserhaushalt von versiegelten Flächen. – Z. Pflanzenernährung Bodenkunde **160**: 41–46; Weinheim.
- WESSOLEK, G., KÖNIG, R. & RINGER, M. (1992): Entwicklung und Anwendung von Wasserhaushalts- und Photosynthesemodellen für Hangstandorte. – Bodenökologie und Bodengenese **8**, 96 S., TU Berlin.

WESSOLEK, G. & TRINKS, S. (2002): Entwicklung von boden- und nutzungsspezifischen Regressionsgleichungen zur Ermittlung der Grundwasserneubildung, Teil Sickerwasser-rate aus dem Boden. – Endbericht zum BGR-Vergabevorhaben, Univ. Berlin, Inst. f. Ökologie, FB Bodenkunde.

WIENHAUS, S., HÖPER, H., EISELE, M., MEESEN-BURG, H. & SCHÄFER, W. (2008): Nutzung bodenkundlich-hydrogeologischer Informationen zur Ausweisung von Zielgebieten für den Grundwasserschutz - Ergebnisse eines Modellprojektes (NOLIMP) zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. – GeoBerichte **9**: 56 S., 13 Abb., 5 Tab., Anh.; Hannover (LBEG).

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BODENSCHUTZ BEIM BMU (2000): Wege zum vorsorgenden Bodenschutz. Fachliche Grundlagen und konzeptionelle Schritte für eine erweiterte Boden-Vorsorge. – Gutachten für das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 8. Februar 2000, 161 S.

8. Stichwortverzeichnis

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
a	Temperaturleitfähigkeit von Böden (Thermische Diffusivität)	5.32, 6.1.20	
AbsGL	Absolutes Grünland	5.27, 6.8.21	
AH	Austauschhäufigkeit der Bodenlösung	5.10, 6.5.18	
Alter der Bestände			6.1.6
Anbaukultur			6.4.11, 6.4.12, 6.5.7, 6.5.17, 6.6.20, 6.8.6
Art der Erosions-schutz-maßnahmen			6.6.15
AWG	Auswirkungsgrad von Grundwasser-absenkungen	5.9, 6.5.7	
AW _J	Anteil der jährlich ausgetauschten Bodenlösung im Bodenwasserspeicher	5.10, 6.5.18	
AZ/GZ	Acker-/Grünlandzahl		6.8.11
BAK	biologische Aktivität von Böden	6.3.1	6.7.2, 6.7.4
Baumart			6.1.6, 6.1.18, 6.2.1
Bb	ortspezifische Bodenbearbeitung	6.6.25	
BFR	Bodenfruchtbarkeit (Ertragsfähigkeit)	5.26, 6.8.15	
BHGR	Bodenartenhauptgruppe	6.1.1	6.8.20
BKF	Bodenkundliche Feuchtestufe	5.3, 6.5.8	6.3.2, 6.6.5, 6.7.2, 6.7.4, 6.8.9, 6.8.15
BMIET	Anzahl der Bodenmieten	5.29, 6.8.20	
Bodenart nach DIN 18196	Bodenart nach DIN 18196		6.8.16
Boden-einheiten			6.8.9
Bodenklasse (Hauptboden-typ)			6.2.17, 6.3.1
BOKLA	Bodenklassen nach DIN 18300 (Lösungsfestigkeit)	5.28, 6.8.16	
BOTYP	Bodentyp		6.1.6, 6.3.1, 6.5.8, 6.6.5, 6.7.10, 6.8.12, 6.8.15
BS	Basensättigung	6.2.6	6.2.4
BTEMP	Bodentemperatur		6.1.19
C	Bedeckungs- und Bearbeitungsfaktor der Allgemeinen Bodenabtrags-gleichung (ABAG)	6.6.14	6.6.16

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
C _{1,8}	Kohäsion	6.1.15	6.6.5, 6.6.12
CC _{Wasser}	Wassererosionsgefährdungsklasse nach Cross-Compliance		6.6.17
CC _{Wind}	Winderosionsgefährdungsklasse nach Cross-Compliance	6.6.26	
C _{org}	organischer Kohlenstoffgehalt auf Basis der Humusstufe	6.2.18	6.2.19
C _p	spezifische Wärmekapazität pro Masseneinheit	6.1.19	
C _s	spezifische Wärme des trockenen Materials	6.1.19	
C _v	Wärmekapazität von Böden	5.31, 6.1.19	6.1.20
C _v	spezifische Wärmekapazität von Festgestein	6.1.24	
CVOR	Vorrat an organischen Kohlenstoff	6.2.19	
DENI	Denitrifikationspotenzial von Böden	5.20, 6.7.10	
E _{akwa}	aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	5.13, 6.6.16	
EgW _A	aktuelle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	5.15, 6.6.23	
EgW _B	Erodierbarkeit des Bodens durch Wind	6.6.18	6.6.19
EgW _F	Schutzwirkungsstufe durch angebaute Fruchtarten gegenüber der Erosion durch Wind	6.6.20	6.6.21
EgW _P	potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	5.14, 6.6.19	6.6.21, 6.6.26
EgW _{StF}	bewirtschaftungsabhängige Erosionsgefährdung des Bodens durch Wind	6.6.21	6.6.23
EgW _W	Schutzwirkungsstufe durch Windhinder-nisse gegenüber der Erosion durch Wind	6.6.22	6.6.23, 6.6.26
EK	Potenzielle Standorteignung für Erdwärmekollektoren	5.34, 6.8.18	
EM	Ertragsminderung	5.9, 6.5.7	
E _{natwa}	potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wasser	5.12, 6.6.17	
E _{natwi}	potenzielle Erosionsgefährdung der Böden durch Wind	6.6.26	
Entfernung zu Windhinder-nissen			6.6.22
es	Tagesmittel des Sättigungsdampfdrucks		6.4.4
ET _c	Berechnung der vegetationsabhängigen Verdunstung	6.4.11	
ETFAO	FAO-Grasreferenzverdunstung	6.4.4	6.4.11

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
ETFAOj	mittlere jährliche FAO-Grasreferenzverdunstung	6.4.4	6.4.5, 6.5.16
ETFAOm	mittlere monatliche FAO-Grasreferenzverdunstung	6.4.4	6.4.12
ETFAOv	FAO-Grasreferenzverdunstung der Vegetationsperiode	6.4.4	6.4.6, 6.5.15
FBA	Feinbodenanteil	6.1.2	6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.2.7, 6.2.19
fBm	fruchtspezifische Berechnungsmenge	5.22, 6.8.6	
Festgestein, Festgesteins- zersatz			6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.7.8, 6.7.9
FK	Feldkapazität	6.1.8	6.1.10, 6.1.18, 6.1.19, 6.1.21, 6.5.9
FKWe	Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	5.5, 6.5.9	6.5.18, 6.5.19
FOA	Anreicherungswahrscheinlichkeit von Organika in Böden	5.17, 5.18, 6.7.5	
FOB	Bindung von organischen Schadstoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	5.17, 5.18, 6.7.1, 6.7.3	6.7.2, 6.7.4, 6.7.5, 6.7.6, 6.7.7
FOE	Eliminierung von organischen Schad- stoffen und Pflanzenbehandlungsmitteln in Böden	5.17, 5.18, 6.7.2, 6.7.4	6.7.5, 6.7.6
FOV	Prognose der Verfügbarkeit von Organika im Boden	5.17, 5.18, 6.7.6	6.7.7
FOW	Potenzielle Auswaschungsgefährdung und Grundwasserbeeinträchtigung durch Organika	5.17, 5.18, 6.7.7	
Fruchtfolge			6.6.14, 6.6.20
FSM	relative Bindungsstärke sandiger Böden für Schwermetalle	5.19, 6.7.8	
FSM _o	relative Bindungsstärke des Ober- bodens für Schwermetalle	5.19, 6.7.8	6.7.9
FSM _t	relative Bindungsstärke von Schwer- metallen im total grundwasserfreien Bodenraum	6.7.9	
FSM _{tk}	relative Bindungsstärke von Schwer- metallen im total grundwasserfreien Bodenraum unter dem Einfluss der jährlichen klimatischen Wasserbilanz	5.19, 6.7.9	
FSM _w	Gefährdung des Grundwassers durch Schwermetalle	5.19, 6.7.9	
GBA	Grobbodenanteil		6.1.2, 6.1.25, 6.1.26, 6.6.5, 6.8.18
Gefügeform			6.1.15, 6.1.16, 6.6.12

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
gemessene Nährstoffkonzentration			6.8.13
GFAb	Grenzflurabstand	6.5.5	
GHK	Gehaltsklassen für P, K, Mg gemäß Düngungsrichtlinien	6.8.13	
GPV	Gesamtporenvolumen des Bodens	6.1.10	6.1.18, 6.1.19
GWS	Grundwasserstufe	5.2, 6.1.12	6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.5.8, 6.7.9, 6.7.10
HLe	Hanglänge		6.6.13
HNBOB	Bodenart nach KA4/5	6.1.1	6.1.1, 6.1.5, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.11, 6.1.13, 6.1.15, 6.1.16, 6.1.19, 6.2.3, 6.3.2, 6.5.5, 6.5.8, 6.5.17, 6.6.4, 6.6.5, 6.6.12, 6.6.18, 6.6.24, 6.7.1, 6.7.3, 6.7.7, 6.7.8, 6.7.9, 6.8.12, 6.8.13
Höhe von Windhinder- nissen			6.6.22
HORIZ	Horizontsymbol		6.1.4, 6.1.6, 6.1.12, 6.1.13, 6.1.25, 6.1.26, 6.6.25, 6.7.8, 6.7.9, 6.8.16, 6.8.18
HTIEF	Horizontmächtigkeit		6.2.7, 6.2.19
HUFORM	Humusform		6.7.2, 6.7.4
HUMUS	Humusgehalt		6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.2.1, 6.2.3, 6.2.18, 6.6.12, 6.6.18, 6.6.24, 6.6.25, 6.7.1, 6.7.3, 6.7.8, 6.7.9, 6.8.12, 6.8.13
K	Bodenerodierbarkeitsfaktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	6.6.12	6.6.16, 6.6.17
KA	mittlerer kapillarer Aufstieg	5.6, 6.5.2, 6.5.15	6.5.3
KAf	fruchtspezifische kapillare Aufstiegs- menge nach Renger	6.5.17	6.5.4, 6.5.16, 6.5.21
KAf _{Absenk}	fruchtspezifische kapillare Aufstiegs- menge nach der Grundwasserabsen- kung	6.5.17	
KAf _{Null}	fruchtspezifische kapillare Aufstiegs- menge vor der Grundwasserabsenkung	6.5.17	6.5.7
KAK _{eff}	effektive Kationenaustauschkapazität	6.2.5	6.5.7
KAK _{pot}	potenzielle Kationenaustauschkapazität	6.2.3	

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
KALK	Kalkbedarf	6.8.12	6.2.4, 6.2.5, 6.2.6
KAw	wirksamer kapillarer Aufstieg	6.5.3	
KB	Klimabereich	6.4.8	
k _c	Bestandeskoeffizient (Crop-Koeffizient)		6.5.8
k _f	Wasserdurchlässigkeit im wassergesättigten Boden	6.1.11	6.4.11
Kohäsion			6.6.5, 6.6.12
kr	mittlere kapillare Aufstiegsrate	6.1.13	6.6.24
KULTUR	Nutzung		6.4.12
KULTVEG	natürliche Ertragsfähigkeit nach Bodenschätzung	5.25, 6.8.11	6.5.2, 6.5.15
KWB _b	berechnungswirksame klimatische Wasserbilanz	6.4.7	
KWB _j	jährliche klimatische Wasserbilanz	6.4.5	6.8.6, 6.8.7
KWB _v	klimatische Wasserbilanz in Vegetationsperioden	6.4.6	6.7.9
L _d	effektive Lagerungsdichte	6.1.3, 6.1.4	6.4.7, 6.4.8, 6.5.2
L _{dfeucht}	Lagerungsdichte bei Torfen	6.1.21	6.1.3, 6.1.6, 6.1.11, 6.1.13, 6.1.18
L _{dtrocken}	Lagerungsdichte bei Torfen	6.1.21	6.1.19
LEB	Lebensräume für Bodenlebensgemeinschaften	5.21, 6.3.2	6.2.19
LK	Luftkapazität	6.1.9	
LS	Topographiefaktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	6.6.13	6.1.10, 6.6.24
mBm	mittlere Beregnungsmenge	5.22, 6.8.7	6.4.4, 6.4.11
MHW	Mittlerer Grundwasserhochstand		6.1.12, 6.1.13, 6.5.17
MKWD _v	gewogener Mittelwert des Klimatischen Wasserbilanzdefizits innerhalb der Vegetationsperiode	6.4.12	
MNGW	Mittlerer Grundwasserniedrigstand		6.1.12, 6.1.13, 6.5.17
NEIGPROZ / NEIGGRAD	Hangneigung		6.6.13
nFK	nutzbare Feldkapazität	6.1.7	6.1.6, 6.4.5, 6.4.10, 6.5.16
nFK1m	nutzbare Feldkapazität im ersten Bodenmeter	6.5.14	
nFKWe	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum	5.4, 6.5.1	
N _j	durchschnittlicher Jahresniederschlag		6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.4.10
N _m	Niederschläge in monatlicher Auflösung		6.5.3, 6.5.4, 6.5.8, 6.5.15, 6.5.16, 6.5.17, 6.5.21, 6.8.15

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
N _v	Niederschlag der Vegetationsperiode		6.1.14, 6.2.1, 6.2.17, 6.4.6, 6.4.7, 6.4.10, 6.5.3, 6.5.7, 6.5.16, 6.5.21, 6.7.2, 6.7.4, 6.8.6, 6.8.7, 6.8.12, 6.8.13
OEKO	ökologisches Standortpotenzial (Biotopentwicklungspotenzial)	5.23, 6.8.9	
organischer Schadstoff			6.7.1, 6.7.3, 6.7.8, 6.7.9
P	Erosionsschutzfaktor der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG)	6.6.15	
PB	Pufferbereiche	6.2.2	6.8.9
Petrographie			6.8.9
Pflanzen- behandlungs- mittel			6.1.23, 6.1.24, 6.8.16
pH _{Forst}	pH-Wert im Oberboden bei forstwirtschaftlicher Nutzung	6.2.17	6.7.3, 6.7.4
phi _{1,8}	Winkel der inneren Reibung	6.1.16	6.3.2
pH-KLASSE		6.8.12	6.6.24
pH _{Ziel}	Ziel-pH-Wert im Oberboden bei landwirtschaftlicher Nutzung	6.2.1	6.2.2, 6.2.5, 6.2.6, 6.7.1, 6.7.3, 6.7.8, 6.8.12
Pv _{1,8}	Vorbelastung bei pF 1,8	6.6.24	6.3.2
R	Regen- und Oberflächenabflussfaktor (ABAG)	6.4.10	6.6.16
Rn*	Verdunstungsäquivalent der Nettostrahlung		6.4.4
s	Steigung des Stättigungsdefizits		6.4.4
S	Sandgehalt	6.1.1	
Schwermetall			
SKEL	Grobboden, Festgestein, Festgesteinsersatz		6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.2.3, 6.7.8, 6.7.9, 6.8.12
SMK	Schichtmächtigkeit		6.1.2, 6.6.24
SV	Substanzvolumen	6.1.4	6.5.8, 6.7.2, 6.7.4
SWe	standortspezifisches Nährstoffpotenzial im effektiven Wurzelraum	5.24, 6.2.7	6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.11, 6.1.13, 6.1.21, 6.5.5
S-Wert	Summe austauschbar gebundener basischer Kationen	6.2.4	6.8.15
SWR	Sickerwasserrate	5.8, 6.5.16	6.2.7, 6.5.18, 6.7.2, 6.7.4
T	Tongehalt – Bestimmung aus Bodenart	6.1.1	6.1.3, 6.5.19, 6.6.25, 6.7.7, 6.8.13

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
t ₁₄	Temperatur 14 Uhr MOZ		6.4.4
t _a	Dauer des kapillaren Aufstiegs	6.1.14	6.5.2, 6.5.15
TEMP _j	Jahresmitteltemperatur		6.7.2, 6.7.4
TEMP _m	Monatsmitteltemperatur		
T _g	Tongehalt – gewichteter im effektiven Wurzelraum	6.1.5	6.5.2, 6.5.15
TKW	Tonmineralkennwerte		
TRD	Trockenrohdichte	6.1.3	6.1.4, 6.1.6, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.11, 6.1.13, 6.1.18, 6.2.18, 6.5.5
t _s	Verweilzeit des Sickerwassers in der ungesättigten Zone	6.5.20	6.1.3, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.18, 6.1.19, 6.2.7, 6.2.19, 6.6.24
TW	Totwassergehalt	6.6.24	6.6.24
U	Schluffgehalt	6.1.1	6.1.3
U	Tagesmittel der relativen Luftfeuchte		6.6.24
U ₁₄	relative Feuchte 14 Uhr MOZ		6.4.4
Übergangs-subtyp (Nebenbodentyp 1)			6.2.17
V ₂	Tagesmittel der Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe		6.4.4
VDBF	Gefährdung der Bodenfunktionen durch (Boden-)Verdichtung	5.16, 6.6.5	
VD _{pot}	potenzielle Verdichtungsempfindlichkeit von Böden auf Basis des Konzeptes der Vorbelastung	5.16, 6.6.5	
VD _{st}	standortabhängige Verdichtungsempfindlichkeit von Böden	5.16, 6.6.5	
Ver	Verschlammungsneigung von Oberböden	5.11, 6.6.4	
VERNAS	Vernässungsstufe		6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.6.25
V _f	Verfestigungsgrad		6.1.4, 6.1.5, 6.1.25, 6.6.5, 6.8.18
v _s	Verlagerungsgeschwindigkeit des Sickerwassers	6.5.19	6.5.20
Wa	absolute Gründigkeit	6.1.26	
We	effektive Durchwurzelungstiefe	5.1, 6.1.6	6.1.5, 6.1.13, 6.2.7, 6.5.1, 6.5.5, 6.5.8, 6.5.9, 6.5.17, 6.8.15
WEL	spezifische Wärmeentzugsleistung	5.30, 6.1.22	
WG	Wassergehalt		6.1.21

Kürzel	Bezeichnung	Kommt vor in:	Geht ein in:
Windge- schwindigkeit	Jahresmittel der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe	6.6.19	
W_{opt}	Flurabstand mit guter Wasserversorgung	6.5.5	
W_p	physiologische Gründigkeit	6.1.25	
W_{pfl}	pflanzenverfügbares Bodenwasser	5.7, 6.5.4	6.8.6, 6.8.7
WV_{pfl}	pflanzenverfügbares Wasser in der Vegetationsperiode	6.5.21	6.5.16
za	Abstand zwischen der Grundwasser- oberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes	6.1.13	
ZER	Zersetzungsgrad		6.1.4, 6.1.7, 6.1.8, 6.1.9, 6.1.11, 6.1.13, 6.5.5, 6.7.1, 6.7.3
Zs	Mächtigkeit der ungesättigten Zone		6.5.20
γ	Psychrometerkonstante		6.4.4
ΔKA	Differenz des kapillaren Aufstiegs	6.5.7	
λ	Wärmeleitfähigkeit des Bodens (Thermische Leitfähigkeit)	5.33, 6.1.18	6.1.20, 6.1.22
λ	Wärmeleitfähigkeit von Festgestein (Thermische Leitfähigkeit)	6.1.23	

Autoren

- Dr. Jan Bug

<https://orcid.org/0000-0002-2435-2540>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Sabine Heumann

<https://orcid.org/0000-0003-0741-6992>

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 3.1 Bodenschutz, Bodenkundliche Landesaufnahme
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Dr. Udo Müller

ehemals

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

- Anja Waldeck

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie,
Referat L 2.2 Digitalisierung, Niedersächsisches Bodeninformationssystem,
Stilleweg 2,
30655 Hannover.

ISSN 1864 – 7529