

DWA-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 920-1

Bodenfunktionsansprache

Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushalts

Dezember 2016



DWA-Regelwerk

Arbeitsblatt DWA-A 920-1

Bodenfunktionsansprache

Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushalts

Dezember 2016



Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) setzt sich intensiv für die Entwicklung einer sicheren und nachhaltigen Wasser- und Abfallwirtschaft ein. Als politisch und wirtschaftlich unabhängige Organisation arbeitet sie fachlich auf den Gebieten Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall und Bodenschutz.

In Europa ist die DWA die mitgliederstärkste Vereinigung auf diesem Gebiet und nimmt durch ihre fachliche Kompetenz bezüglich Regelsetzung, Bildung und Information sowohl der Fachleute als auch der Öffentlichkeit eine besondere Stellung ein. Die rund 14 000 Mitglieder repräsentieren die Fachleute und Führungskräfte aus Kommunen, Hochschulen, Ingenieurbüros, Behörden und Unternehmen.

Impressum

Herausgeber und Vertrieb:

DWA Deutsche Vereinigung für
Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17
53773 Hennef, Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333
Fax: +49 2242 872-100
E-Mail: info@dwa.de
Internet: www.dwa.de

Korrigierte Fassung:

Dezember 2017

Satz:

DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-381-7 (Print)

978-3-88721-382-4 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

© DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef 2016

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Arbeitsblattes darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers in irgendeiner Form – durch Fotokopie, Digitalisierung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen werden.

Vorwort

Das vorliegende Arbeitsblatt ist ein Beitrag der DWA-Arbeitsgruppe GB-7.4 „Bodenfunktionsansprache“ im DWA-Fachausschuss GB-7 „Bodenschutz, Boden- und Grundwasserverunreinigung“. Ziel der Arbeitsgruppe ist es, eine Anleitung zur Bodenfunktionsbewertung zu erstellen. Der Schutz der Bodenfunktionen sowie die Vermeidung schädlicher Bodenveränderungen stehen im Mittelpunkt des Bodenschutzes und sind auf nationaler Ebene im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) verankert. Die technisch-naturwissenschaftliche Bewertung der Bodenfunktionen und der Bodengefährdung ist wichtiger Bestandteil verschiedener Planungsinstrumente. In der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 920 zur Bodenfunktionsansprache werden einerseits allgemein anerkannte Bewertungsschemata dargestellt und andererseits wird festgehalten, wie die Bodenkennwerte, die in die Bewertung einfließen, ermittelt werden. Wissenschaftliche Grundlagen der Bewertungsmethoden werden zusammenfassend erläutert. Für die Erstellung der Arbeits- und Merkblätter wurden verbindliche Verfahrensweisen der in den einzelnen Bundesländern einschlägig verwendeten Anleitungen berücksichtigt und, wo nötig, durch aktuelle Forschungsergebnisse ergänzt.

Die DWA erstellt mit der Überarbeitung der bestehenden DWA-Arbeits- und Merkblätter eine Arbeits- und Merkblattreihe zur Bodenbewertung, deren Gliederung sich an den im Bundes-Bodenschutzgesetz genannten Bodenfunktionen bzw. Gefährdungen orientiert. Das hier vorliegende Arbeitsblatt DWA-A 920-1 „Bodenfunktionsansprache – Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushalts“ widmet sich der Funktion des Bodens im Wasserhaushalt.

Das vorliegende Arbeitsblatt befasst sich u. a. mit der Ableitung von Feldkennwerten der Wasserbindung und rundet somit vorliegende technische Regeln ab. Es entstand aus langjährigen Erfahrungen bei der bodenkundlichen Geländearbeit, damit verbundener Laboranalytik und Feldversuchen. Eine Reihe von Fachleuten und Kollegen gaben Anregungen und Hinweise, insbesondere die Mitglieder der AG „Kennwerte des Bodengefüges“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG). Wir danken für die Bearbeitung des Arbeitsblattes insbesondere Prof. Dr. K. BOHNE, (Rostock) und Dipl.-Ing. M. FACKLAM (Berlin).

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die wesentlichen Bodenfunktionen und die zu bearbeitenden Bereiche.

Änderungen

Gegenüber den Arbeitsblättern DVWK-R 129/1995 und DVW-R 136/1999 wurden im Arbeitsblatt DWA-A 920-1 folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Zusammenführung von Teilen der Vorgängerdokumente in ein Arbeitsblatt und Eingliederung in die Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 920;
- b) Änderung des Arbeitsblatttitels;
- c) Anpassung der Gliederungsstruktur an die Struktur des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BodSchG);
- d) Anpassung an den aktuellen Stand des Wissens der Kennwerte des Bodenwasserhaushalts;
- e) weitergehende Ausführungen zur klimatischen Wasserbilanz;
- f) Neufassung der Ausführungen zur mittleren Sickerwasserrate;
- g) Neu aufgenommen: Hinweise zur Austauschhäufigkeit von Bodenwasser.

In diesem Arbeitsblatt wird im Hinblick auf einen gut verständlichen und lesefreundlichen Text für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verallgemeinernd die männliche Form verwendet. Alle Informationen beziehen sich in gleicher Weise auf beide Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Ersetzt und erweitert in Teilen die DVWK-Regeln zur Wasserwirtschaft DVWK-R 129/1995 und DVWK-R 136/1999

Überblick über entstandene/geplante Beiträge im Rahmen der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 920 „Bodenfunktionsansprache“:

Bodenfunktionen/Bodenveränderungen (Gliederung nach BBodSchG/BBodSchV)	
1. Lebensraumfunktion	1.1 Lebensgrundlage und Lebensraum für Kulturpflanzen 1.2 Lebensgrundlage und Lebensraum für natürliche Vegetation 1.3 Lebensgrundlage und Lebensraum für Bodenorganismen
2. Funktion als Bestandteil des Naturhaushalts	2.1 Funktion des Bodens im Wasserhaushalt (Arbeitsblatt DWA-A 920-1:2016) 2.2 Funktion des Bodens im Nährstoffhaushalt, landwirtschaftliche Nutzung (Entwurf Merkblatt DWA-M 920-3:2016) 2.3 Funktion des Bodens im Nährstoffhaushalt, forstliche Nutzung 2.4 Kohlenstoffhaushalt
3. Funktion Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium	3.1 Filter und Puffer für anorganische sorbierbare Schadstoffe 3.2 Filter und Puffer für organische Schadstoffe (Entwurf Arbeitsblatt DWA-A 920-2:2015) 3.3 Puffervermögen des Bodens für saure Einträge 3.4 Filter für nicht sorbierbare Stoffe
4. Funktion als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	4.1 Archiv der Naturgeschichte 4.2 Archiv der Kulturgeschichte
5. Schädliche Bodenveränderung	Bodenerosion durch Wasser
	Bodenerosion durch Wind
	Verdichtung
	Humusschwund

Verfasser

Das Arbeitsblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe GB-7.4 „Bodenfunktionsansprache“ im DWA-Fachausschuss GB-7 „Bodenschutz, Boden- und Grundwasserverunreinigungen“ erstellt, der folgende Mitglieder angehören:

BACHMANN, Jörg	Prof. Dr., Leibniz Universität Hannover, Hannover
BÖTTCHER, Jürgen	Prof. Dr., Leibniz Universität Hannover, Hannover
BUCZKO, Uwe	Dr., Universität Rostock,
GLATZEL, Stephan	Prof. Dr., Universität Rostock,
HENNINGS, Volker	Dr., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover
HÖPER, Heinrich	Dr., Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover
LANG, Friederike	Prof. Dr., Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg (Sprecherin)
LENNARTZ, Bernd	Prof. Dr., Universität Rostock, Rostock
MÜLLER, Udo	Dr., Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover
REISS, Stephan	Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg, Potsdam
RENGER, Manfred	Prof. em. Dr., ehem. Technische Universität Berlin, Berlin
SCHÜLER, Gebhard	Prof. Dr., Forstliche Versuchsanstalt, Trippstadt
THIELE-BRUHN, Sören	Prof. Dr., Universität Trier, Trier
WESSOLEK, Gerd	Prof. Dr., Technische Universität, Berlin
WILKE, Berndt-Michael	Prof. Dr. Dr., Technische Universität Berlin, Berlin

Als Gast hat mitgewirkt:

DEHNER, Ulrich	Dr., Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz
----------------	--

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

BARION, Dirk	Dipl.-Geogr., Hennef Abteilung Wasser- und Abfallwirtschaft
--------------	--

Inhalt

Vorwort	.....	3
Verfasser	.....	5
Bilderverzeichnis	.....	7
Tabellenverzeichnis	.....	7
Benutzerhinweis	.....	9
1 Anwendungsbereich	.....	9
2 Verweisungen	.....	9
3 Symbole und Abkürzungen	.....	10
4 Kennwerte des Bodenwasser- und Bodenlufthaushalts	.....	13
4.1 Ermittlungsgrundlagen	.....	13
4.1.1 Effektive Lagerungsdichte	.....	13
4.1.2 Kennwerte der Wasserbindung – Grundlagen	.....	16
4.1.3 Kennwerte der Wasserbindung – Feuchteäquivalente (FÄ)	.....	16
4.2 Wasserbindung und Luftkapazität	.....	18
4.2.1 Porengrößenverteilung	.....	18
4.2.2 Porengrößenverteilung nach Feuchteäquivalent	.....	25
4.3 Wasser- und Luftbewegung	.....	28
4.3.1 Allgemeines	.....	28
4.3.2 Gesättigte Wasserleitfähigkeit (k_f -Wert)	.....	29
4.3.3 Ungesättigte Wasserleitfähigkeit (k_u -Werte)	.....	31
4.3.4 Kapillarer Aufstieg	.....	36
4.3.5 Luftdurchlässigkeit	.....	39
4.3.6 Potenzielle Einschränkung abgeleiteter Kennwerte durch präferenziellen Fluss	.....	39
5 Exogene Standorteinflüsse auf die Bodenfeuchte – Regionalklima	.....	43
5.1 Klimatische Wasserbilanz	.....	43
5.2 Eingangsgrößen der klimatischen Wasserbilanz	.....	43
5.2.1 Ermittlung korrigierter Niederschlagshöhen	.....	43
5.2.2 Ermittlung potenzieller Verdunstungshöhen als Gras-Referenzverdunstung	.....	44
5.3 Klimatische Wasserbilanz	.....	44
6 Standortkundliche Feuchtestufe	.....	51
6.1 Beurteilungsgrundlagen	.....	51
6.2 Ermittlungsgrundlagen	.....	51
6.2.1 Nässezahl	.....	51
6.2.2 Sommerfeuchtezahl	.....	52
6.3 Darstellung und Beurteilung der standortkundlichen Feuchtestufe	.....	53
7 Mittlere jährliche Sickerwasserrate aus dem Boden	.....	55
7.1 Bisherige Ansätze und Anlässe für die Entwicklung des BGR_TUB-Verfahrens	.....	55
7.2 Methodik	.....	56
7.3 Bewertung des BGR_TUB-Verfahrens	.....	61

8	Austauschhäufigkeit des Bodenwassers	62
8.1	Allgemeines	62
8.2	Potenzielle Austauschhäufigkeit	62
8.3	Berechnung und Einstufung	62
9	Zusammenfassung	63
	Quellen und Literaturhinweise	64

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Trockenrohdichten in Abhängigkeit vom Humusgehalt.....	13
Bild 2:	Lage der Proben im Korngrößendiagramm der Bodenkundlichen Kartieranleitung.....	16
Bild 3:	Wassergehalt in Poren $\leq 50 \mu\text{m}$ für Trockenrohdichte $1,4 \text{ g/cm}^3$ bis $1,6 \text{ g/cm}^3$ [Angaben in Vol.-%].....	18
Bild 4:	Heterogene Stoffverteilung an Standorten, die zur Ausbildung von Fingerfluss neigen und mögliche Konsequenzen für die Einschätzung des Stoffgehalts bei unzureichender Beprobungsdichte	40
Bild 5:	Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr – Darstellung für Naturräume in Deutschland	46
Bild 6:	Klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr – Darstellung für Naturräume in Deutschland	48
Bild 7:	Prinzipieller Ansatz zur Berechnung von ET_a/ET_p in Abhängigkeit von der pflanzenverfügbaren Wassermenge WV_{pfl}	57
Bild 8:	Tatsächliche Verdunstung ET_a an Grünlandstandorten nach dem TUB_BGR-Verfahren in Abhängigkeit von der pflanzenverfügbaren Wassermenge WV_{pfl} bei drei verschiedenen potenziellen Verdunstungen ET_p	57
Bild 9:	Vergleich von gemessenen Abflusshöhen (R_g) und aus Sickerwasserrate (SWR) und Oberflächenabfluss (R_o) berechneten Abflusshöhen in ausgewählten Einzugsgebieten.....	61

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bestimmungsschlüssel für die Schätzung der effektiven Lagerungsdichte im Gelände	14
Tabelle 2:	Mittlere Trockenrohdichten (TRD) in g/cm^3 der effektiven Lagerungsdichteklassen Ld1 bis Ld5 in Abhängigkeit von der Bodenart für Böden mit Humusgehalten von $< 1 \%$	15
Tabelle 3:	Zuschläge für Poren in Vol.-% in Abhängigkeit von der Humusstufe und der Bodenart	18
Tabelle 4:	Beispiele für die Änderung von Trockenrohdichte (TRD) und Gesamtporenvolumen (GPV) in Abhängigkeit von der Humusstufe	20
Tabelle 5:	Schätzrahmen zur Bestimmung von Parametern der Wasserbindung in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humusgehalte < 1 Masse-%), Bezugswert Feldkapazität pF 1,8 [Angaben in Vol.-%]	20

Tabelle 6:	Schätzrahmen zur Bestimmung von Parametern der Wasserbindung in Böden in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte für humusfreie bzw. sehr schwach humose Böden (Humus-gehalte < 1 Masse-%), Bezugswert Feldkapazität pF 2,5 (Angaben in Vol.-%).....	21
Tabelle 7:	Zu- und Abschlüsse zu Feldkapazität, nutzbarer Feldkapazität und Luftkapazität in Vol.-% bei hydromorphen Böden.....	23
Tabelle 8:	Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität von Torfen in Abhängigkeit von Torfart, Zersetzungsstufe und Substanzanteil	24
Tabelle 9:	Effektive Durchwurzelungstiefe (w_e) für Ackerkulturen auf homogenen Böden in Abhängigkeit von Bodenart und effektiver Lagerungsdichte.....	25
Tabelle 10:	Mittlere Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität in Abhängigkeit von Bodenart (Vol.-%), Trockenrohdichte und dem Feuchteäquivalent (FÄ).....	26
Tabelle 11:	Beispiele für die Bestimmung von Feldkapazität FK , nutzbarer Feldkapazität nFK und Luftkapazität LK unter Berücksichtigung des Feuchteäquivalents FÄ.....	27
Tabelle 12:	Beziehung zwischen der Wasserleitfähigkeit k_f und der effektiven Lagerungsdichteklassen in Abhängigkeit von der Bodenart	29
Tabelle 13:	Regressionsgleichungen für die Berechnung der k_f -Werte in Abhängigkeit von der effektiven Lagerungsdichte L_d (g/cm^3) und der Bodenart (x = effektive Lagerungsdichte).....	30
Tabelle 14:	Mittlere Wasserleitfähigkeit in wassergesättigten Torfen in Abhängigkeit von Torfart, Zersetzungsstufe und Substanzanteil	31
Tabelle 15:	Wasserdurchlässigkeit im ungesättigten Boden (k_u) in cm/d in Abhängigkeit von Wasserspannung und Bodenart bei mittlerer effektiver Lagerungsdichte.....	33
Tabelle 16:	VAN-GENUCHTEN-Parameter in Abhängigkeit von der Bodenart	35
Tabelle 17:	Mittlere kapillare Aufstiegsrate (k_r) aus dem Grundwasser in Abhängigkeit von der Bodenart bei einer Wasserspannung an der Untergrenze des effektiven Wurzelraums von 70 % der nutzbaren Feldkapazität.....	36
Tabelle 18:	Mittlere kapillare Aufstiegsrate (k_r) aus dem Grundwasser in Abhängigkeit von Grundwasserstand und Torfart, Zersetzungsstufe sowie Substanzanteil	38
Tabelle 19:	Einstufung der kapillaren Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraums.....	38
Tabelle 20:	Einstufung der Luftdurchlässigkeit	39
Tabelle 21:	Klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr (April bis September) für Deutschland im Zeitraum 1981 – 2010	45
Tabelle 22:	Klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr (Oktober bis März) für Deutschland im Zeitraum 1981 – 2010	47
Tabelle 23:	Naturräumliche Gliederung Deutschlands.....	49
Tabelle 24:	Zuschläge und Abschlüsse zur Kennzeichnung des Klimaeinflusses auf die Nässezahl aufgrund der mittleren jährlichen klimatischen Wasserbilanz	52
Tabelle 25:	Sommerfeuchtezahl von Grundwasserböden unter Berücksichtigung der Stufen der kapillaren Aufstiegsrate in den effektiven Wurzelraum.....	53
Tabelle 26:	Beurteilung der standortkundlichen Feuchtestufe	53
Tabelle 27:	Regressionsgleichungen zur Berechnung der jährlichen Sickerwasserrate (SWR) für Acker, Grünland, Nadel- und Laubwald	58
Tabelle 28:	Infiltrationskoeffizienten für Sommer- und Winterhalbjahr für unterschiedliche Versiegelungsmaterialien.....	60
Tabelle 29:	Bewertung der Austauschhäufigkeit	63

Benutzerhinweis

Dieses Arbeitsblatt ist das Ergebnis ehrenamtlicher, technisch-wissenschaftlicher/wirtschaftlicher Gemeinschaftsarbeit, das nach den hierfür geltenden Grundsätzen (Satzung, Geschäftsordnung der DWA und dem Arbeitsblatt DWA-A 400) zustande gekommen ist. Für dieses besteht nach der Rechtsprechung eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig sowie allgemein anerkannt ist.

Jedermann steht die Anwendung des Arbeitsblatts frei. Eine Pflicht zur Anwendung kann sich aber aus Rechts- oder Verwaltungsvorschriften, Vertrag oder sonstigem Rechtsgrund ergeben.

Dieses Arbeitsblatt ist eine wichtige, jedoch nicht die einzige Erkenntnisquelle für fachgerechte Lösungen. Durch seine Anwendung entzieht sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln oder für die richtige Anwendung im konkreten Fall; dies gilt insbesondere für den sachgerechten Umgang mit den im Arbeitsblatt aufgezeigten Spielräumen.

1 Anwendungsbereich

Die Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität und Feldkapazität sind von ökologischer Bedeutung für den Wasser- und Lufthaushalt in Böden. Sie bilden auch die Grundlage für die Bewertung von Böden.

Im vorliegenden Arbeitsblatt sind Kennwerte zur Beurteilung des Bodenwasserhaushalts dargestellt. Sie werden anhand der im Gelände gewonnenen bodenkundlichen Daten abgeleitet, deren Ermittlungsgrundlagen in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5) (AD-HOC-AG BODEN 2005) bzw. der DIN 4220 definiert sind. Zur Aktualisierung der Wasserhaushaltstabellen wurde durch die Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste in Deutschland ein Personenkreis (PK) eingesetzt, der die Kennwerte der Wasserbindung aktualisiert und weiterentwickelt hat (DEHNER et al. 2015). Die Ergebnisse der gemeinsamen Auswertung werden in diesem Arbeitsblatt dargestellt. Ein weiterer Schwerpunkt dieses Arbeitsblatts liegt bei der Darstellung der Feldkapazität, nutzbaren Feldkapazität und Luftkapazität auf Grundlage des Konzepts der Feuchteäquivalente. Es handelt sich um eine Modifizierung dieser in der DIN 4220 dargestellten Kennwerte. Als Grundlagen dienten hierfür statistische Auswertungen zahlreicher Messdaten vor allem der Geologischen Dienste der Länder (z. B. KRAHMER et al. 1995, DEHNER et al. 2015), Feldmessungen und der Zusammenstellung der Auswertungsergebnisse durch die Arbeitsgruppe „Kennwerte des Bodengefüges“ der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (RENGER et al. 2009). Durch diese Arbeitsgruppe wurde auch das Konzept der Ableitung der effektiven Lagerungsdichte erweitert.

Weiterhin werden die Ableitung der Sickerwasserrate des Bodens einschließlich schnellen Flusses und die Auswaschungsgefährdung erläutert. Anhand der standortkundlichen Feuchtestufe wird eine zusammenfassende Beurteilung des Luft- und Wasserhaushalts von Standorten gegeben.

Das vorliegende Arbeitsblatt wendet sich an Bodenkundler, Geowissenschaftler, Wasserwirtschaftler und Berater der Land- und Forstwirtschaft.

2 Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Arbeitsblatt teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Arbeitsblattes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).