

DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 922

Bodenhydrologische Kartierung und Modellierung

März 2020



DWA-Regelwerk

Merkblatt DWA-M 922

Bodenhydrologische Kartierung und Modellierung

März 2020



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

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft,
Abwasser und Abfall e. V. (DWA)
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

© DWA, 1. Auflage, Hennef 2020

Satz:

Christiane Krieg, DWA

Druck:

druckhaus köthen GmbH & Co KG

ISBN:

978-3-88721-912-3 (Print)

978-3-88721-913-0 (E-Book)

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

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

Bilder und Tabellen, die keine Quellenangaben aufweisen, sind im Rahmen der Merkblätterstellung als Gemeinschaftsergebnis des DWA-Fachgremiums zustande gekommen. Die Nutzungsrechte obliegen der DWA.

Vorwort

In den letzten Jahren haben verschiedene Gruppen in Deutschland, Österreich und der Schweiz daran gearbeitet, Karten zu erstellen, die hydrologische Prozesse in Einzugsgebieten flächenhaft bewerten. Der Fokus lag dabei auf Karten der Abflussbildungsprozesse, die die Abflussreaktion eines Einzugsgebiets bei Starkniederschlägen abschätzen können. Daneben wurden auch spezielle Karten erstellt, die die vorherrschenden Prozesse bei der Infiltration, Perkolation, Speicherung von Wasser und Abflussbildung darstellen. Da der Boden eine zentrale Rolle bei der Identifikation dieser hydrologischen Prozesse spielt, soll hier im Folgenden von bodenhydrologischen Karten gesprochen werden.

Bodenhydrologische Karten stellen die bodenhydrologischen Prozesse in einem Einzugsgebiet dar. Sie liefern daher einen wichtigen Beitrag für die Verbesserung der prozessorientierten Niederschlags-Abfluss-Modellierung. Auf der Basis bodenhydrologischer Karten sind neben einer Abschätzung der Gesamtreaktion des Einzugsgebiets auch Aussagen zur Reaktion von Teilflächen und zu den Anteilen der unterschiedlichen Abflussbildungsprozesse möglich. Somit lassen sich aus der Kartierung z. B. direkt Bereiche identifizieren, welche bedeutend zur Hochwasserentstehung eines Einzugsgebiets beitragen. Darüber hinaus können Szenarien zur Veränderung von Landnutzung und Niederschlag erstellt und evaluiert werden, um die Möglichkeit eines verbesserten Wasserrückhalts zu überprüfen. Außerdem besteht ein großes Potenzial, die bodenhydrologischen Karten für die Abschätzung von Erosion und Stoffaustrag in Einzugsgebieten zu nutzen.

Es existieren verschiedene Ansätze und Methoden, um bodenhydrologische Karten zu erstellen und bodenhydrologische Faktoren und Prozesse im Gelände oder mittels räumlicher bodenhydrologischer Modelle zu bestimmen. Zentrale Ziele bei der Erarbeitung des vorliegenden Merkblatts waren:

1. die Festlegung von hydrologischen Grundlagen für die bodenhydrologische Kartierung und
2. die Definition von nachvollziehbaren Regeln und Methoden, nach denen eine bodenhydrologische Kartierung durchgeführt werden sollte.

Das vorliegende Merkblatt „Bodenhydrologische Kartierung und Modellierung“ ist ein Beitrag der DWA-Arbeitsgruppe HW-1.3. Die Arbeitsgruppe hat Grundlagen für die Ableitung von Parametern zur Beschreibung und Quantifizierung von bodenhydrologischen Prozessen erarbeitet, die auch die Abflussbildung in der Fläche charakterisieren können. Die Kenntnis der Prozesse der Abflussbildung und der sie steuernden Parameter bildet eine wesentliche Grundlage für den vorsorgenden dezentralen Hochwasserschutz. Sie liefert auch Informationen zur Abschätzung von Risiken durch Hochwasser und über die Wege des Stofftransports sowie zur Bodenerosion.

Das Arbeitsblatt DWA-A 920-1 „Bodenfunktionsansprache – Teil 1: Ableitung von Kennwerten des Bodenwasserhaushalts“ hat seinen Fokus auf den Bodenkennwerten des Wasserhaushalts vor dem Hintergrund der Wasser- und Sauerstoffverfügbarkeit für Pflanzen im Boden. Es liefert Grundlagen für eine standortgerechte Bodennutzung unter Berücksichtigung von Boden- und Gewässerschutz. Mit dem vorliegenden Merkblatt werden neben den Bodenwasserhaushaltskomponenten die Abflussbildungsprozesse ins Zentrum gerückt. Dabei werden nicht nur Kennwerte zur Beschreibung der Abflussbildungsprozesse abgeleitet, es findet auch eine umfassende Bewertung der bodenhydrologischen Situation statt.

Insbesondere die folgenden Themen wurden bearbeitet:

- Beschreibung der Informationen, auf die bei der bodenhydrologischen Kartierung zurückgegriffen werden soll.
- Erstellung einer einheitlichen Anleitung für die Kartierung bodenhydrologischer Prozesse im Gelände.
- Zusammenstellung und Vergleich der Verfahren zur computerunterstützten Erstellung von bodenhydrologischen Karten.
- Aufzeigen der Potenziale von bodenhydrologischen Karten in der Hydrologie.

In diesem Merkblatt werden, soweit wie möglich, geschlechtsneutrale Bezeichnungen für personenbezogene Berufs- und Funktionsbezeichnungen verwendet. Sofern dies nicht möglich ist, wird die weibliche und die männliche Form verwendet. Ist dies aus Gründen der Verständlichkeit nicht möglich, wird nur eine von beiden Formen verwendet. Alle Informationen beziehen sich aber in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Frühere Ausgaben

Kein Vorgängerdokument

Verfasser

Dieses Merkblatt wurde von der DWA-Arbeitsgruppe HW-1.3 „Bodenhydrologische Kartierung“ im Auftrag des DWA-Hauptausschusses „Hydrologie und Wasserbewirtschaftung“ (HA HW) im Fachausschuss HW-1 „Hydrologie“ erarbeitet.

Der DWA-Arbeitsgruppe HW-1.3 „Bodenhydrologische Kartierung“ gehören folgende Mitglieder an:

CASPER, Markus	Prof. Dr.-Ing., Trier (Sprecher)
BITTNER, Daniel	MSc, München
CHIFFLARD, Peter	Prof. Dr., Marburg
DEMAND, Dominic	MSc, Freiburg
DEMUTH, Norbert	Dipl.-Geogr., Mainz
KOHL, Bernhard	Dr., Innsbruck (A)
MARGRETH, Michael	Dipl.-Ing., Zürich (CH)
MAROLD, Ulf	Dipl.-Geogr., Marburg
MEIßL, Gertraud	Dr., Innsbruck (A)
MORGENSTERN, Yvonne	Dr., Freiburg
MÜLLER, Christoph	Dr., Landau
RINDERER, Michael	Dr., Freiburg
SCHERRER, Simon	Dr., Reinach (CH)
SOTIER, Bernadette	Dipl.-Geogr., Innsbruck (A)
STEINBRICH, Andreas	Dipl.-Hydrol., Freiburg
STEINRÜCKEN, Ulrich	Dr., Heusweiler
WEILER, Markus	Prof. Dr., Freiburg (stv. Sprecher)

Als Gast hat mitgewirkt:

HÜMANN, Marco	Dr., Trier/Luxemburg (LU)
---------------	---------------------------

Dem DWA-Fachausschuss HW-1 „Hydrologie“ gehören folgende Mitglieder an:

MIEGEL, Konrad	Prof. Dr. rer. nat., Rostock (Obmann)
WITTENBERG, Hartmut	Prof. Dr.-Ing., Lüneburg (stellv. Obmann)
CASPER, Markus	Prof. Dr.-Ing., Trier
CHRISTOFFELS, Ekkehard	Dr. rer. nat. Dipl.-Ing., Vettweiß
PFISTER, Angela	Dipl.-Geogr., Essen
SCHÖNIGER, Matthias	Prof., Braunschweig

Projektbetreuer in der DWA-Bundesgeschäftsstelle:

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

Inhalt

Vorwort	3
Verfasser	5
Bilderverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	11
Hinweis für die Benutzung	13
1 Anwendungsbereich	13
2 Verweisungen	15
3 Begriffe	15
3.1 Definitionen	15
3.2 Abkürzungen und Formelzeichen	16
4 Bodenhydrologische Prozesse	19
4.1 Vorbemerkung	19
4.2 Abflussbildungsprozesse	19
4.2.1 Allgemeines	19
4.2.2 Oberflächenabfluss (<i>Surface Runoff</i>)	20
4.2.2.1 Vorbemerkung	20
4.2.2.2 Horton'scher Oberflächenabfluss (HOF)	20
4.2.2.3 Sättigungsflächenabfluss (SOF)	21
4.2.3 Fließprozesse im Boden	22
4.2.3.1 Matrix- und Makroporenfluss	22
4.2.3.2 Zwischenabfluss (<i>Subsurface Flow, SSF</i>)	22
4.2.3.3 Tiefensickerung (<i>Deep Percolation, DP</i>)	23
4.3 Schlüsselstellen zur Bildung dominanter Abflussbildungsprozesse	23
4.4 Ansätze zur Ausweisung von bodenhydrologischen Prozessen	26
4.5 Flächenhafte Prozessinteraktion und Prozesskarten	28
5 Räumliche Grundlagendaten	33
5.1 Allgemeines	33
5.2 Prüfung der Eingangsdaten	33
5.3 Informationen zu verfügbaren Datengrundlagen	34
5.3.1 Vorbemerkungen	34
5.3.2 Verwendung von Datengrundlagen	34
5.3.3 Strukturierung der Steckbriefe	35
6 Ansätze zur Erstellung räumlicher bodenhydrologischer Karten	40
6.1 Allgemeines	40
6.2 Nutzbare Modellkonzepte für bodenhydrologische Modelle (BoHyM)	40
6.3 Anwendungen und Produkte von bodenhydrologischen Modellen (BoHyM)	42
6.4 Modellverfügbarkeit und Datengrundlagen	44
6.5 Stärken/Schwächen und Verfügbarkeit der bodenhydrologischen Modelle (BoHyM)	46

7	Bestimmung relevanter Faktoren	48
7.1	Allgemeines	48
7.2	Aufnahme: Allgemeine Angaben	50
7.3	Aufnahme: Oberfläche und Nutzung	52
7.4	Aufnahme: Räumliche Einbindung des Bodenhydrotops.....	58
7.5	Aufnahme: Profilbeschreibung	59
8	Bodenhydrologische Bewertung	64
8.1	Allgemeines	64
8.2	Bestimmung des potenziellen Speichervolumens (PSV)	69
8.3	Beurteilung der Speichorentleerung (SPE).....	72
8.4	Beurteilung der Infiltrationshemmung (INFH).....	75
8.5	Beurteilung der Perkulationshemmung (PERH).....	77
8.6	Beurteilung der Abflusskomponenten Zwischenabfluss (SSF) und SOF.....	80
8.7	Bestimmung der Prozessgeschwindigkeit (VEL)	81
8.8	Beurteilung der hydrologischen Raumwirksamkeit (HRW).....	83
8.9	Zusammenfassung und Darstellung der bodenhydrologischen Standortbewertung	83
8.10	Raumbezug und Regionalisierung	85
9	Validierung und Plausibilisierung	86
9.1	Allgemeines	86
9.2	Unsicherheit räumlicher Grundlagendaten	86
9.3	Sensitivität der bodenhydrologischen Bewertung bezüglich der Bestimmung relevanter Faktoren	87
9.4	Validierung/Plausibilisierung von BoHyM, Karten und BoHy-Bewertung	91
9.4.1	Allgemeines	91
9.4.2	Validierung anhand von Messdaten/Beobachtungen.....	92
9.4.3	Validierung und Plausibilisierung anhand anderer Modellansätze	93
9.4.4	Validierung/Plausibilisierung der in Abschnitt 6 und 8 beschriebenen Ansätze zur bodenhydrologischen Bewertung.....	93
9.5	Validierungsbeispiele	95
10	Bodenhydrologische Kartierung in der Praxis	96
10.1	Allgemeines	96
10.2	Räumliche Ausweisung von bodenhydrologischen Prozessen	96
10.3	Abschätzung von Abflüssen in ungemessenen Einzugsgebieten	97
10.4	Abschätzungen von Klima- und Landnutzungsänderungen	98
10.5	Prozessforschung und Modellierung	99
Anhang A	(informativ) Datengrundlagen – Steckbriefe	101
A.1	Hydrologische Atlanten	101
A.1.1	Hydrologischer Atlas Rheinland-Pfalz	101
A.1.2	Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA).....	102
A.1.3	Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD)	103
A.1.4	Hydrologischer Atlas von Österreich (HAÖ)	104
A.1.5	Hydrologischer Atlas der Schweiz (HADES)	105
A.2	Allgemeine Grundlagen.....	106

A.2.1	Google Earth/Google Maps/Bing Maps	106
A.2.2	Orthofotos	107
A.2.3	Amtliche topografische Karten/Landeskarten/ATKIS DTK.....	108
A.2.4	Alpenvereinskarten	108
A.2.5	Vektorisierter Übersichtsplan (wird ersetzt durch Basisplan Amtliche Vermessung).....	109
A.2.6	Naturräumliche Gliederung	110
A.3	Landnutzung	111
A.3.1	Biotopkartierung, Biotoptypenkartierung, Realnutzungskartierung.....	111
A.3.2	CORINE Landnutzungsdaten	111
A.3.3	InVeKoS (Integriertes Verwaltungs- und Kontrollsystem).....	112
A.3.4	Waldvegetationskarten.....	113
A.3.5	Vektor25-Daten.....	114
A.3.6	ATKIS Digitales Landschaftsmodell	114
A.3.7	Amtliche Liegenschaftsinformation	115
A.3.8	EKVO – Umsetzungen der Eigenkontrollverordnung.....	116
A.3.9	Waldflächenkartierung	116
A.3.10	Skipistenkarten.....	117
A.4	Boden	118
A.4.1	Bodenkarte (1:5.000 bis 1:50.000)	118
A.4.2	Bodenübersichtskarte (BÜK 200)	119
A.4.3	Forstliche Standortkartierung.....	119
A.4.4	Bodenschätzung	120
A.5	Relief und Geomorphologie	121
A.5.1	Geomorphologische Karten.....	121
A.5.2	Digitale Geländemodelle (DGM, fotogrammetrisch)	121
A.5.3	Digitale Geländemodelle (LIDAR = <i>Light detection and ranging</i> , Laser)	122
A.6	Geologie	123
A.6.1	Geologische Übersichtskarten	123
A.6.2	Geologische Karten (1:25.000, 1:50.000)	123
A.6.3	Quartärgeologische Karten	124
A.6.4	Geotechnische Karten/Ingenieurgeologische Karten	125
A.6.5	Hydrogeologische Karten	125
A.6.6	Hydrogeologische Übersichtskarten.....	126
A.6.7	Punktuelle Aufschlüsse/Bohrungen	127
A.7	Gewässernetz	127
A.7.1	Gewässerkundliches Flächenverzeichnis/Einzugsgebietsgliederung	127
A.7.2	Gewässernetzkarten.....	128
A.7.3	Dränagepläne	129
A.7.4	Hoch- und Flachmoorinventar der Schweiz.....	129
A.8	Hochwasserereignisse, Schäden durch Abflussprozesse	130
A.8.1	Pegeldaten.....	130
A.8.2	Ortskundige (Landwirte, Anwohner etc.).....	131
A.8.3	Schadenskartierung	131
A.8.4	Niederschlagsdaten.....	132

A.8.5	Bemessungsniederschläge	132
A.8.6	Gefahrenzonenpläne/Murgang-Gefahrenkarten	133
Anhang B (informativ) Bodenhydrologische Modelle – Steckbriefe		135
B.1	Bodenhydrologische Interpretation von Bodenkarten	135
B.1.1	BOORMAN et al. (HOST)	135
B.2	Prozessbasierte Regelwerke ohne Berücksichtigung von Bodenkarten	137
B.2.1	DOBMANN (2009) (DoB 2009)	137
B.2.2	MÜLLER et al. (2009) (GIS-DRP)	140
B.2.3	ROSIN (2010) (Ros2010)	141
B.2.4	TILCH et al. (2002, 2006), UHLENBROOK (2003) (Til2002)	145
B.2.5	Waldenmeyer & Casper (2001) (Wal2001)	148
B.3	Prozessbasierte Regelwerke mit Berücksichtigung von Bodenkarten	150
B.3.1	KLEBINDER et al. (2012): Hydrologische Bodenkenndaten Niederösterreich (Hydrobod NÖ)	150
B.3.2	MARGRETH et al. (2010): Abflussprozesskarte SoilCom/ETH	153
B.3.3	PESCHKE et al. (1999): Wissensbasiertes System – Flächen gleicher Abflussbildung (WBS-FLAB)	160
B.4	Statistische Regelkomplexe	163
B.4.1	BEHRENS et al. (2005): Bodenhydrologische Karte der Soilution GbR	163
B.5	Dynamische Modelle	165
B.5.1	Steinbrich & Weiler (2012): <i>Runoff Generation Research</i> (RoGeR)	165
Anhang C (informativ) Beispiele zur bodenhydrologischen Bewertung		172
C.1	Beispiele für HOF	172
C.1.1	Standort: Enning Alm [Nadelwald, Pseudogley]	172
C.1.2	Inzing [Grünland, Braunerde]	173
C.1.3	Therwil [Weide, sandige Braunerde]	174
C.2	Beispiele für SOF	175
C.2.1	Vogelbach [Nadelwald, Pseudogley]	175
C.2.2	Sölk [Nadelwald, pseudovergleyte Braunerde]	176
C.2.3	Schesa [Feuchtwiese, Stagnogley]	177
C.3	Beispiele für SSF	178
C.3.1	Kreisbach [Nadelwald, Pseudogley]	178
C.3.2	Schwertberg [Acker, Braunerde]	179
C.3.3	Willerzell Hang [Grünland, sandige Braunerde]	180
C.4	Beispiele für DP	181
C.4.1	Finsing [Zwergstrauchheide, Podsol-Ranker]	181
C.4.2	Waidhofen [Laubwald, Rendzina]	182
Anhang D (informativ) Aufnahmeformular für die bodenhydrologische Bewertung		183
D.1	Aufnahmeformular Vorderseite	183
D.2	Aufnahmeformular Rückseite	184
Quellen und Literaturhinweise		185

Bilderverzeichnis

Bild 1:	Abschnitte und Aufbau des Merkblatts	14
Bild 2:	Bodenhydrologische Prozesse	20
Bild 3:	Schlüsselstellen der Abflussbildung.....	24
Bild 4:	Schematisches Konzept der Abflussbildung während niedriger Niederschlagsintensität und hoher Niederschlagsintensität.....	24
Bild 5:	Veränderung der Anteile von Abflussbildungsprozessen in Abhängigkeit von Systemzustand und Niederschlagsdauer	25
Bild 6:	Dominante Abflussbildungsprozesse bei unterschiedlichem Systemzustand	25
Bild 7:	Abflussprozesskarte des Einzugsgebiets des Idarbachs.....	29
Bild 8:	Übersicht über das Einzugsgebiet des Idarbachs. Prozesscatena 2 Idarbach (Mittelgebirge) bei Idar-Oberstein in Rheinland-Pfalz.....	30
Bild 9:	Foto und Prozesscatena Schächen oberhalb von Bürglen in den Urner Alpen (Zentralschweiz)	31
Bild 10:	Abflussprozesskarte des Brugga Einzugsgebiets, erstellt mithilfe des dynamischen Modells RoGeR	32
Bild 11:	Karten der Fließzeiten im Brugga Einzugsgebiet, erstellt mithilfe des dynamischen Modells RoGeR	32
Bild 12:	Vom Bodenprofil in die Fläche: Raumbezüge in der bodenhydrologischen Kartierung.....	50
Bild 13:	Links: Gefärbter Wassertropfen auf ausgetrocknetem Moos, rechts: Standort mit mächtiger Moderauflage	53
Bild 14:	Relieftypen im Bodenhydrotop: Austragslage, uniforme Lage und Akkumulationslage.....	58
Bild 15:	Beurteilung der Globalstrahlung auf die Speicherentleerung in Abhängigkeit von Hangneigung NEI und Exposition EXP. Abgrenzungen im Bereich 0.95 und 1.05.....	72
Bild 16:	Erhöhungsfaktoren der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit zur Bestimmung der ELF als Funktion der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeit für alle Bodentexturen für Makroporendichten von 25 MP/m ² und 150 MP/m ²	74
Bild 17:	Beispiel für die Zusammenfassung und grafische Umsetzung der bodenhydrologischen Standortsbewertung	84
Bild 18:	Mit dem BoHyM RoGeR modellierter Zwischenabfluss für ein Starkregenereignis im Einzugsgebiet des Pegels Wittelbach/Schutter unter Verwendung der Bodenkarten 1.200.000 und 1:50.000	87
Bild 19:	Mit der Grundparametrisierung für die einzelnen Abflussbildungsprozestypen erzielte Abflussreaktionen	100
Bild B.1:	Schematischer Aufbau der hydrologischen Raumgliederung durch Kombination hydrologisch klassierter Raumdaten mittels GIS	139
Bild B.2:	Modellstruktur nach Rosin	144
Bild B.3.:	Direkte Ableitung von Bereichen vergleichbarer/unterschiedlicher Oberflächenmerkmale und Untergrundbeschaffenheit aus generell verfügbaren Daten.....	146
Bild B.4:	Ableitung der räumlich variablen Beschaffenheit quartärer Deckschichten im Einzugsgebiet des Löhnersbachs.....	147
Bild B.5:	Bereiche unterschiedlicher oberflächlicher und unterirdischer Beschaffenheit und Zuweisung dominanter Abflussbildungsprozesse zu hydrologischen Homogenbereichen	147
Bild B.6:	Entscheidungsbaum zur Ableitung von Hydrotopen aus der Forstlichen Standortkarte.....	149
Bild B.7:	Das HydroBOD-Modell zur Ableitung der Abflussbildungsprozestypen.....	153

Bild B.8: Regelwerk zur Herleitung der dominanten Abflussbildungsprozesse.....	156
Bild B.9: Struktur des Wissensbasierten Systems FLAB	162
Bild B.10: Modellkonzept der Abflussbildungsprozesse	167
Bild B.11: Parametrisierung der Fließgeschwindigkeiten des schnellen Zwischenabflusses in Abhängigkeit von Gefälle und Tiefenstufe	170

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Abkürzungen und Formelzeichen (Kl = Klasse)	17
Tabelle 2: Verfügbare Datengrundlagen und daraus ableitbare bodenhydrologische Informationen.....	36
Tabelle 3: Übersicht bestehender Modelle bezüglich der möglichen Berücksichtigung von Vorbedingungen und Niederschlagseigenschaften sowie ihrer Produkte...	43
Tabelle 4: Verfügbarkeit der Modelle	44
Tabelle 5: Notwendige Grundlagendaten für bodenhydrologische Modelle.....	45
Tabelle 6: Sekundärdaten (aus Grundlagendaten abgeleitete Daten) für bodenhydrologische Modelle	46
Tabelle 7: Aufnahmeformular für die bodenhydrologische Bewertung	49
Tabelle 8: Hangneigungsklassen (KA5)	51
Tabelle 9: Klassifizierung der Durchlässigkeit unterhalb des Profils	51
Tabelle 10: Ermittlung des Feuchtegrads am Standort mittels ökologischem Feuchtegrad oder Wasserhaushalts-(Frische-)Stufe	52
Tabelle 11: Klassifizierung der Hydrophobizität von Böden nach der Benetzungszeit	54
Tabelle 12: Klassifizierung des Fließwiderstands.....	54
Tabelle 13: Bestimmung des Fließwiderstands aus Vegetations- und Bodenmerkmalen ...	55
Tabelle 14: Klassifizierung des Muldenrückhalts	57
Tabelle 15: Anthropogene Beeinflussung (ABE)	57
Tabelle 16: Klassifizierung der Reliefenergie in Anlehnung an BARSCH & CAINE (1984)	58
Tabelle 17: Klassifizierung der mittleren Lage des Grundwasserspiegels.....	59
Tabelle 18: Bestimmungsschlüssel für die Klassifizierung der Skelettanbindung.....	60
Tabelle 19: Packungsdichte	61
Tabelle 20: Zusammenfassung der Packungsdichte (Pd) in drei Klassen.....	61
Tabelle 21: Klassifizierung der Matrixdurchlässigkeit.....	62
Tabelle 22: Klassifizierung der präferenziellen Fließwege.....	63
Tabelle 23: Liste der Standortparameter	64
Tabelle 24: Gewichtete Bewertungsfaktoren für die Teilprozesse	69
Tabelle 25: Übereinstimmung der Parameterschätzungen am Profil in Prozent und Beteiligung der Parameter am Prozess (x)	88
Tabelle 26: Variabilität der Beurteilung der Prozesse je Standort durch die verschiedenen Teams und daraus resultierende Gleichheit der Beurteilung ...	90
Tabelle 27: Überblick der Verfahren zur Validierung oder Plausibilisierung der Ergebnisse bodenhydrologischer Modelle.....	91
Tabelle 28: Überblick der verwendeten Verfahren zur Validierung oder Plausibilisierung der Ergebnisse Bodenhydrologischer Modelle/Bewertung.....	94
Tabelle 29: Vergleich der Ergebnisse der bodenhydrologischen Bewertung mit Berechnungsversuchen.....	95

Tabelle B.1:	Kriterien zur Abgrenzung von Abflussbildungsprozessflächen nach Weiler & Rosin	142
Tabelle B.2:	Eingangsdaten für HydrobodNÖ	152
Tabelle B.3:	Inputparameter für die Herleitung der dominanten Abflussbildungsprozesse	156
Tabelle B.4:	Inputparameter für die automatisierte Herleitung der Bodenwasserhaushaltsgruppen	158
Tabelle B.5:	Eingangsdaten.....	167
Tabelle B.6:	Zuordnung der Green-Ampt-Parameter zu den Bodenarten der Bodenübersichtkarte (BÜK), Ks-Werte aus RAWLS et al. (1982).....	168
Tabelle B.7:	Abschätzung von Dichte und Länge der Makroporen sowie der Rauheiten für den Oberflächenabfluss in Abhängigkeit von der Landnutzung	169

Hinweis für die Benutzung

Dieses Merkblatt 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 ein Merkblatt besteht eine tatsächliche Vermutung, dass es inhaltlich und fachlich richtig ist.

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

Dieses Merkblatt 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 Merkblatt aufgezeigten Spielräumen.

Normen und sonstige Bestimmungen anderer Mitgliedsstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum stehen Regeln der DWA gleich, wenn mit ihnen dauerhaft das gleiche Schutzniveau erreicht wird.

1 Anwendungsbereich

Im vorliegenden Merkblatt werden zwei Ansätze zur bodenhydrologischen Kartierung beschrieben. Einerseits wird aufgezeigt, wie die bodenhydrologischen Eigenschaften im Gelände für einen Standort erhoben und interpretiert werden können. Andererseits wird beschrieben, wie anhand von flächenhaft verfügbaren Daten unter Anwendung von räumlichen bodenhydrologischen Modellen flächenhafte Abschätzungen der Abflussbildungscharakteristik abgeleitet werden können.

Das Merkblatt beginnt mit Verweisen, u.a. auf eine unterstützende Software (Abschnitt 2) und Begriffserläuterungen (Abschnitt 3). Nach einer Zusammenfassung des aktuellen Stands der Forschung zu Abflussbildungsprozessen (Abschnitt 4) wird ein Überblick über die verfügbaren Geodaten zur Bestimmung und Modellierung der Abflussbildungsprozesse gegeben (Abschnitt 5). Dabei wird insbesondere der aktuelle Stand der Verfügbarkeit von Datensätzen für die Länder Deutschland, Österreich und Schweiz gegeben, die für die Fragestellung relevant sind. Anschließend werden die derzeit verfügbaren räumlichen bodenhydrologischen Modelle vorgestellt, mit deren Hilfe aus Geodaten flächenhafte Informationen zu bodenhydrologischen Prozessen erzeugt werden können (Abschnitt 6).

Für detaillierte Aussagen im lokalen Maßstab ist eine Felderhebung unerlässlich. Diese wird im standortbezogenen Teil (Abschnitt 7) des Merkblatts dargestellt. Dabei bildet die Bodenkundliche Kartieranleitung (KA5) (Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Boden 2005) die Grundlage zur Aufnahme der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Böden am Standort. Diese liefert wesentliche Eingangsparameter für die Ableitung bodenhydrologischer Prozesse. Über die in der KA5 beschriebenen Standorteigenschaften hinaus werden aber auch weitere Informationen zu Faktoren berücksichtigt, die die Abflussbildung beeinflussen bzw. Hinweise auf hydrologische Prozesse liefern. Damit wird eine Anleitung bereitgestellt, die es ermöglicht, anhand definierter Informationen die hydrologischen Eigenschaften eines Standorts bezüglich der Abflussbildung für verschiedene Vorbedingungen (Bodenfeuchte, Vegetationszustand etc.) und Niederschlagsereignistypen (Intensität und Dauer) abzuleiten (Abschnitt 8). Ebenso können Rückschlüsse auf die Auffüllung des Bodenspeichers und die Grundwasserneubildung gezogen werden.

Die Regionalisierung der durch standortbezogene Kartierung gewonnenen Informationen kann entweder expertenbasiert (Abschnitt 8) oder mit Unterstützung der in Abschnitt 6 vorgestellten bodenhydrologischen Modelle erfolgen. Unabhängig davon, ob die bodenhydrologische Bewertung auf Basis