

1.2 Bodenarten - Teilprojekt Koordination

1. Einleitung

Böden, die als Resultat charakteristischer bodenbildender Prozesse eine vergleichbare Entwicklungsstufe und Horizontabfolge aufweisen, werden zu Bodentypen zusammengefasst. Der Begriff Bodenart beschreibt dagegen einen Boden oder Bodenhorizont durch die dominierende Korngrößengruppe seiner mineralischen Komponenten. Die Partikel des Feinbodens werden über den Korngrößendurchmesser in die Hauptgruppen Ton (< 2µm), Schluff (< 63µm) und Sand (< 2mm) eingeteilt. Größere Komponenten sind gekennzeichnet durch den Skelettanteil eines Bodens. Die räumliche Verteilung der Bodenarten im Einzugsgebiet der Oberen Donau stellt einen wesentlichen Basisdatensatz für die flächendifferenzierte Modellierung des Boden-Wasserhaushaltes bzw. der Bodentemperatur dar (siehe Kapitel 2.1.1 und 3.3.2). Die hydraulischen Prozesse im Boden werden in der Modellkomponente *Soil* durch die bodenphysikalischen Parameter jeder Bodenschicht beeinflusst, diese wiederum können der jeweiligen Bodenart eines Bodenhorizonts zugewiesen werden.

Das Einzugsgebiet der Oberen Donau ist durch eine große Vielfalt an Bodentypen und Bodenarten gekennzeichnet. Infolge der deutlichen regionalen Unterschiede in Ausgangsgestein, Relief, Klima, Vegetation und Bodenbildungsdauer entwickelten sich dabei Bodentypen von Syrosem in den Gebirgshochlagen bis hin zu fruchtbaren Parabraunerden auf Löss. In den Jungmoränenlandschaften sowie an grund- und stauwassernassen Standorten treten zudem Moorböden auf. Die Hauptbodenarten im Einzugsgebiet reichen von lehmigem Ton bis groben Sand und umfassen damit nahezu das gesamte Korngrößenspektrum. In den Alpen gliedern sich die Böden vor allem entsprechend der klimatischen Höhenstufung und dem Ausgangsgestein. Unterhalb der nivalen Stufe mit ihren Rohböden (Syrosem) folgen in fließendem Übergang vor allem geringmächtige Rendzinen und Ranker. In der kollinen und montanen Waldstufe finden sich in den Alpen wie in den Mittelgebirgen Rendzinen und örtliche *Terrae fuscae* auf karbonatischem, sowie Ranker und mehr oder weniger podsolierte Braunerden auf silikatischem Festgestein. Auf Lockergesteinen entwickelten sich auch Pararendzinen, Regosole, Braunerden, Parabraunerden und Pseudogleye, sowie Gleye, Auen- und Niedermoorböden in den Tälern (Kuntze et al., 1994). Im Alpenvorland sind auf den Moränen der Würm-Eiszeit fast durchweg Parabraunerden ausgebildet. Die Bodenart variiert dabei von Süd nach Nord nur geringfügig zwischen tonigem und sandigem Lehm. Eine größere Ausnahme stellt lediglich die Münchener Schotterebene mit ihren Rendzinen-Vorkommen bei lehmig-sandiger Bodenart dar. In den Altmoränengebieten treten, meist auf fruchtbaren Fluglössdecken, wiederum überwiegend Parabraunerden zusammen mit schluffigem Lehm auf. Das Tertiärhügelland mit seinen teils mächtigen Lössauflagen kennzeichnet sich vor allem durch tief entkalkte Braunerden und Parabraunerden und, je nach Ausgangssubstrat und Grundwasserstand, auch durch Übergangsformen zu Pseudogleyen und Gleyen. Die Bodenart schwankt, je nach Lössbeeinflussung, zwischen schluffigem Lehm und tonigem Schluff (BGR, 2000 und Kuntze et al., 1994). Die Talauen und Flussniederungen weisen fluviatile Sedimente unterschiedlichster Korngröße auf. In abflusslosen Becken, bei hohem Grundwasserstand oder in Überflutungsbereichen haben sich Niedermoor gebildet. Vor allem nahe dem nördlichen Alpenrand entstanden verbreitet auch Übergangs- und Hochmoore.

Auf der Schwäbischen und Fränkischen Alb findet man bei durchweg lehmig-toniger Bodenart überwiegend Rendzinen und lössbeeinflusste *Terrae fuscae* auf Malmkalk sowie verbreitet Pelosole und Pseudogleye auf Dogger und Lias. Die Sandsteine des Keuper sind typischerweise vergesellschaftet mit Rankern, Braunerden und Podsolen bei zwangsläufig sandiger Bodenart. Auf den kristallinen Gesteinen von Schwarzwald, Bayerischem Wald, Böhmerwald, Oberpfälzer Wald und Fichtelgebirge dominieren Ranker und Braunerden. Diese sind auf basischen Magmatiten relativ nährstoffreich ausgebildet, neigen dagegen auf Graniten und Gneisen zu Versauerung und Podsolierung (BGR, 2000 und Kuntze et al., 1994).

2. Datenaufbereitung

Die Verteilung der Bodenarten im Einzugsgebiet der Oberen Donau wurde aus der Bodenübersichtskarte 1:1.000.000 (BÜK1000) der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) abgeleitet. Diese Karte verfügt trotz der niedrigen räumlichen Auflösung über detaillierte Angaben zu den Horizonten des charakteristischen Bodentyps für jede der 72 Bodengesellschaften inklusive der Angabe der Anteile der einzelnen Korngrößenfraktionen, der Porosität sowie des Skelettgehalts. Auf der Fläche des deutschen Donau-Einzugsgebiets sind von den 72 Bodengesellschaften 32 flächenhaft vertreten. Aus den angrenzenden Nachbarländern lagen für die jeweiligen Flächenanteile im Einzugsgebiet der Oberen Donau keine vergleichbaren Daten vor. Sie wurden aus Gründen der Homogenisierung des Datensatzes aus den physiogeographischen Merkmalen der Bodenverteilung im deutschen Einzugsgebietsanteil synthetisch erzeugt. Die Böden des alpinen Teils wurden anhand der Landnutzungsinformationen (siehe Kapitel 1.3) für Moor bzw. Wald räumlich differenziert.

Für die Berechnung der bodenphysikalischen Kennwerte zur Modellierung wurde auf die detaillierte Aufschlüsselung der bodenkundlichen Kennwerte für jeden Horizont in der BÜK1000 (BGR, 2000) und auf Informationen zu typischen Ackerböden in Bayern des LfL Bayern (2005) zurückgegriffen.

Bodenartklasse	Tiefe [cm]	Bodenart	Porenraum [Vol%]	Skelett [Vol%]	Humus [Gew%]	Ton [Gew%]	Sand [Gew%]
Sand	5	mS	52	0	10	1	95
	20	mS	46	0	4	1	95
	65	mS	46	0	4	1	95
Schluffsand über Sandstein	5	Su4	43	0	5	8	46
	20	Su4	43	0	2	8	46
	65	Si4	40	0	1	16	52
Lehmiger Sand	5	Si4	48	0	3	15	60
	20	Si3	42	0	1	10	65
	65	Ls4	28	20	0	20	60
Schluffsand über Sand	5	Su3	46	0	3	8	56
	20	Su3	46	0	3	8	56
	65	Us	42	0	2	15	33
Sandiger Lehm	5	Si4	48	0	5	15	60
	20	Si4	48	0	3	15	60
	65	Li2	35	0	0	30	30
Sandiehm auf Schotter	5	Si4	44	20	10	18	52
	20	Si4	44	20	3	18	52
	65	Si4	34	20	1	18	52
toniger Schluff	5	U3	53	0	4	15	10
	20	U3	53	0	2	15	10
	65	U4	45	0	1	20	10
Schlufflehm	5	Lu	47	0	5	20	20
	20	Lu	47	0	1	20	20
	65	Tu3	40	0	0	35	10
toniger Lehm	5	Lu	47	0	3	30	30
	20	Lu	47	0	1	30	30
	65	Lu	46	0	1	30	15
Schlufflehm über Löss	5	Lu	46	0	3	21	23
	20	Lu	46	0	3	21	23
	65	Li3	43	0	2	45	10
Moore	5	H	77	0	100	0	0
	20	H	77	0	100	0	0
	65	H	77	0	100	0	0
Böden auf Kalkgestein	5	Lts	62	0	15	35	45
	20	Lts	46	0	7	40	40
	65	Ti*	18	20	0	50	30
Böden auf Kristallingestein	5	Si3	45	0	5	12	55
	20	Si3	45	0	5	12	55
	65	Si3	43	0	2	9	67
extreme Rohböden	5	Li2	48	20	10	30	30
	20	Sh*	10	80	3	17	38
	65	Si3*	7	85	0	10	65
Karstböden	5	U4	46	0	3	24	6
	20	U4	46	0	3	24	6
	65	Tu2	48	10	1	58	3

Tabelle 1.2.1: Hydrologisch ähnliche Bodenartgruppen und die zugeordneten bodenphysikalischen Eigenschaften je Bodenhorizont der Komponente *Soil* (Bodenhorizonte, deren Bodenart mit * gekennzeichnet ist, sind in besonderem Maße von ihrem Skelettanteil beeinflusst).

3. Darstellung der Ergebnisse

Durch die Anwendung der Pedotransferfunktionen von Rawls und Brakensiek (1985) für die Retentionsparameter bzw. von Wösten et al. (1999) für die Wasserleitfähigkeit des Bodens werden die bodenphysikalischen Parameter nach Brooks und Corey (1964) berechnet, mit denen die hydraulischen Eigenschaften der einzelnen Bodentypklassen bzw. ihrer Bodenhorizonte besser repräsentiert und auch klassifiziert werden können. Für die Berechnung benötigt man das Gesamtporenvolumen und die Anteile von Sand, Ton und organischem Material am Feinboden. Der Skelettanteil des Bodens, ausgedrückt in der Gemengeanteilsklasse des Grobbodens, ist für die Beur-

teilung der hohen Variabilität des Porenvolumens innerhalb einer Bodenartenuntergruppe entscheidend und wird deshalb für die Bildung effektiver hydraulischer Bodenartklassen benötigt. Im Ergebnis wurden die 32 Untergruppen der BÜK1000 im Einzugsgebiet zu 15 hydrologisch ähnlichen Klassen zusammengefasst (siehe Tabelle 1.2.1).

Zur Evaluierung der hydraulischen Parameter wurde das für die Pflanzen verfügbare Wasser in der Bodensäule (in mm) für jede Bodenartklasse berechnet und mit den in der BÜK1000 angegebenen Werten (nFK-BÜK) verglichen. Die in Deutschland gebräuchliche sogenannte „nutzbare Feldkapazität“ nach Ad-hoc-AG Boden (2005) beinhaltet dabei das Bodenwasser, das in 0,2 bis 50 Mikrometer großen Poren gespeichert wird (nFK-real). Zum Vergleich wurde auch die etwas niedrigere nutzbare Feldkapazität nach amerikanischem Vorbild (nFK-B&C) bestimmt (Dingman, 2002), welche als Grundlage für das Bodenwassermodell in DANUBIA gilt. Diese beinhaltet nur die Wassermenge, die in Poren von 0,2 bis ca. 20 Mikrometer Durchmesser gespeichert wird. Die beiden berechneten Werte spannen letztendlich den tatsächlichen Wertebereich der im Boden speicherbaren Menge an pflanzenverfügbarem Wasser auf (siehe Abbildung 1.2.1).

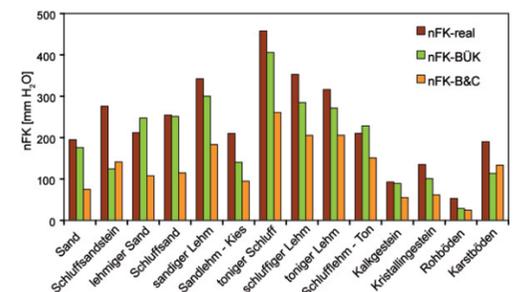


Abbildung 1.2.1: Nutzbare Feldkapazität (nFK-real) nach Ad-hoc-AG Boden (2005) bzw. pflanzenverfügbares Wasser nach Dingman (2002) (nFK-B&C) der Bodenartklassen (außer Moor) im Vergleich zur nutzbaren Feldkapazität der ursprünglichen, dominanten Bodentypklassen in der BÜK1000 (nFK-BÜK), jeweils in [mm].

Der Vergleich mit den entsprechenden Angaben in der BÜK1000 für die dominanten Bodenartklassen (nFK-BÜK) ergibt eine leichte Überschätzung der nFK-real im Vergleich zur nFK-BÜK für die meisten Bodenarten. Diese Unterschiede beruhen auf der Vereinfachung der Bodenhorizonte im Modell sowie auf der Anwendung von empirischen Gleichungen zur Bestimmung der hydraulischen Eigenschaften.

Da die BÜK1000 keine hydraulischen Leitfähigkeiten für die Bodenhorizonte enthält, können diese nicht direkt mit den nach Wösten et al. (1999) berechneten Werten verglichen werden. Alternativ wurden die berechneten Werte mit typischen Leitfähigkeiten der jeweiligen Bodenart, tabelliert in Ad-hoc-AG Boden (2005), verglichen. Da die gesättigte Wasserleitfähigkeit einer Bodenschicht jedoch in Abhängigkeit von ihrer Dichte und Stoffzusammensetzung sehr stark variiert, schwanken sowohl die berechneten als auch die Referenzwerte bereits bei kleinen Unterschieden in der Beschaffenheit des Bodens. Deshalb konnte nur die Plausibilität der modellierten Leitfähigkeit anhand von zu erwartenden Wasserflüssen und sinnvollen Wertebereichen geprüft werden. Insgesamt bestätigen die simulierten Abflüsse und Bodenfeuchten an Referenzpunkten die Realitätsnähe der gewählten Bodenklassen und -parameter.

Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, Hannover.
- BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2000): *Legende zur Bodenübersichtskarte 1:1.000.000*.
- Brooks, R.H. & Corey, A.T. (1964): *Properties of porous media affecting fluid flow*. In: Hydrol. Paper no. 3, Civ. Eng. Dept., Colorado State Univ., Fort Collins, CO.
- Dingman, S. (2002): *Physical Hydrology*. Upper Saddle River, New Jersey.
- Kuntze, H., Roeschmann, G. & Schwerdtfeger, G. (1994): *Bodenkunde*, Stuttgart.
- LfL Bayern (2005): *Böden und ihre Nutzung*. Online unter: <http://www.lfl.bayern.de/iab/bodenschutz/13755/index.php>.
- Rawls, W.J. & Brakensiek, D.L. (1985): *Prediction of soil water properties for hydrologic modelling*. Proceedings of ASCE Watershed Management Symposium, New York, S. 293-299.
- Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A. & Le Bas, C. (1999): *Development and use of hydraulic properties of European soils*. Geoderma 90, S. 169-185.