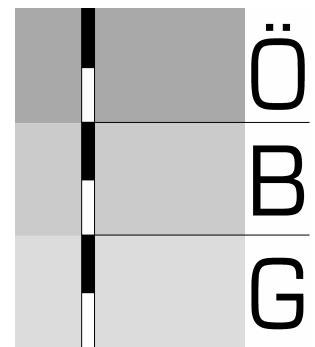


**Mitteilungen
der
Österreichischen
Bodenkundlichen Gesellschaft**



**Heft 78
Wien
2011**

Impressum

Alle Rechte vorbehalten. © 2011

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks, der Herstellung von Mikrofilmen und der photomechanischen Wiedergabe vorbehalten.

Eigentümer; Herausgeber und Verleger:
Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft
Peter-Jordanstr. 82b, 1190 Wien
Redakteur: Michael Englisch

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Druck: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Druckerei Seckendorff-Gudentweg 8, 1131 Wien.

ISSN 0029-893-X

INHALTSVERZEICHNIS

In memoriam Franz SOLAR	5
Beiträge zur gemeinsamen Tagung "Hydrologie und Bodenkunde – vom Punkt zur Fläche" der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (ÖBG) und der Österreichischen Gesellschaft für Hydrologie (ÖGH) am 8.-9. Juni 2010, Wien	
Bernadette SOTIER, Klaus KLEBINDER und Alexander EDER: Ableitung von Boden- substratklassen aus der Geologischen Karte von Niederösterreich	7
Nicole EMERSTORFER, Andreas KLIK und Gerhard KAMMERER: Einfluss des Stein- anteils von Böden auf bodenhydraulische Parameter – Abschätzung der Grundwasserneubildung in einem skelettreichen Boden	15
Rosemarie HÖSL und Peter STRAUSS: Einfluss von linearen Abflusswegen auf die Effektivität von Gewässerrandstreifen	23
Karl GARTNER: Transpiration im Winter – In Zukunft ein Problem für die Fichte?.....	29
Christian RESZLER, Walter POLTNIG, Till HARUM, Daniel BOGNER, Jochen SCHLAMBERGER und Gerhard FREUNDL: Langzeitentwicklung der Grundwasserneubildung im Jauntal/Kärnten	39
Michael TATZBER, Franz MUTSCH, Axel MENTLER, Michael ENGLISCH, Ernst LEITGEB, und Martin H. GERZABEK: Kapillarelektrophorese an Huminsäuren: Möglichkeiten der Zuordnungen der gemessenen Signale.....	45
Originalbeitrag	
Andreas KNOLL, Gertraud SUTOR und Robert MEIER: Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg	51

In memoriam FRANZ SOLAR

Univ.Prof. DI Dr. Franz Solar ist am 3. Oktober 2010, einen Tag vor Vollendung seines 77. Lebensjahres, zu Hause in Mödling im Kreis seiner Familie verstorben.

Franz Solar wurde am 4. Oktober 1933 in Marburg a.d. Drau als Sohn des Lehrerehepaares Franz und Elisabeth Solar geboren. Nach der Volksschule in Radkersburg besuchte er die Mittelschule in Graz, wo er 1953 am BRG II maturierte. Das Studium der Landwirtschaft an der Universität für Bodenkultur in Wien schloss er nach acht Semestern im Jahre 1957 ab. Seine am Institut für Bodenforschung und Geologie von Univ.Prof. DI Dr. Herbert Franz betreute Dissertation über alpine Böden auf Kalk („Zur Kenntnis der Böden auf dem Rax-plateau“) wurde im Jahre 1959 fertiggestellt. Diese Arbeit revolutionierte die geomorphologische alpine Altlandschaftsforschung. Von 1959 bis 1964 war Franz Solar Bodenkartierer an der Landwirtschaftlich-Chemischen Bundesversuchsanstalt – Bodenkartierung und Bodenwirtschaft. In dieser Zeit hatte er Gelegenheit verschiedene Landschaftsräume in Österreich und ihre charakteristischen Bodenbildungen zu untersuchen. Von 1964 bis 1970 war Franz Solar Assistent am Institut für Bodenforschung und Geologie an der Universität für Bodenkultur in Wien. Seine Lehrbefugnis als Hochschuldozent (Venia docendi) für Bodenkunde erhielt er 1971. Franz Solar habilitierte sich mit einer Arbeit über „Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung hydromorpher Böden“. Von 1971 bis 1973 war er auch Lehrbeauftragter an der Universität Salzburg. Im Jahre 1999 trat er in den wohlverdienten Ruhestand. Franz Solar war seit 1959 verheiratet und Vater von zwei Söhnen. Sein erfolgreiches Berufsleben wäre nicht möglich gewesen ohne die liebevolle Unterstützung durch seine Gattin Waltraude.

Franz Solar war vor allem Experte auf dem Gebiet der Feldbodenkunde. Er beschäftigte sich intensiv mit der Genese, Dynamik und Eigenschaften hydromorpher Böden. Für Franz Solar war der Boden immer ein zentraler Bestandteil des Ökosystems. Er war stets darum bemüht, geologische, geomorphologische, bodenkundliche und klimatische Aspekte in die Standortbeurteilung und –bewertung zu integrieren. Seine wissenschaftlichen Arbeiten basierten immer auf exakten Bodenansprachen und genauen Geländebeobachtungen. Er verstand es, bodenphysikalische und bodenchemische Kennwerte für die Standortdiagnose zu nutzen. Franz Solar war nicht nur in der wissenschaftlichen Bodenkunde sondern auch in der angewandten Bodenforschung äußerst erfolgreich tätig. Beispielsweise hat er sich mit der Müllkompostierung, Klärschlammproblematik und Bodenmelioration sowie mit der Begrünung von Fußball- und Golfplätzen beschäftigt. Außerdem hat er sich intensiv mit der Standortaufnahme der österreichischen Zuckerrübenanbaufläche befasst. Mit viel Engagement widmete er sich auch den Böden von Weingärten, Obstkulturen und Almflächen. Diese bei weitem nicht vollständige Aufzählung seiner wissenschaftlichen Tätigkeiten dokumentiert das breite Fachwissen und die vielseitigen naturwissenschaftlichen Interessen von Franz Solar.

Neben zahlreichen Publikationen in verschiedenen Zeitschriften veröffentlichte Franz Solar gemeinsam mit HR DI Dr. Franz Blümel im Jahre 1986 auch das Buch aus dem Nachlass von Walter L. Kubiena über „Grundzüge der Geopedologie und der Formenwandel der Böden“. Im Rahmen seiner Lehrtätigkeit an der Universität für Bodenkultur in Wien hat er zahlreiche Diplomanden und Dissertanten betreut. Seine fundierten geologischen, geomorphologischen und bodenkundlichen Kenntnisse hat er bei zahlreichen Exkursionen an Fachkollegen und Studenten weitergegeben. Bemerkenswert war auch sein geographisches Wissen, er kannte beinahe jeden Ort in Österreich. Allerdings war das Arbeitsgebiet von Franz Solar nicht auf

Österreich beschränkt. Ausgedehnte Studienreisen und längere Arbeitsaufenthalte gaben ihm die Möglichkeit, Mittel-, West-, Süd- und Südosteuropa, weite Teile der USA, Brasiliens und Argentiniens sowie den arabischen Raum, Nordafrika und Russland kennenzulernen. Sein längster Auslandsaufenthalt war in Rio Grande do Sul, wo er über Auftrag des Lateinamerika-Institutes Standortaufnahmen, Bodenmeliorations- und Bodennutzungsplanungen ausführte.

Auf Grund seiner Persönlichkeit, des hohen Maßes an Fachwissen und der langjährigen Geländeerfahrung hat Franz Solar die österreichische Bodenkunde geprägt. Sein überdurchschnittliches feldbodenkundliches Können war auch ausschlaggebend, dass er Mitglied des österreichischen Bodenschätzungsbeirates wurde. Franz Solar war seit 1957 Mitglied der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Von 1964 bis 1985 war er Vorstandsmitglied und in den Jahren 1978 und 1979 gemeinsam mit Univ.Prof. Dr. Julius Fink Schriftleiter. Von 1972 bis 1979 war er Vizepräsident und von 1980 bis 1981 Präsident der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Außerdem war er Mitglied der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft.

Mit Franz Solar starb ein Agrarbodenkundler mit langjähriger Geländeerfahrung und breitem Fachwissen. Die österreichische Bodenkunde hat einen hervorragenden Lehrer und exzellenten Wissenschaftler verloren. Wir danken dem Verstorbenen für seine erbrachten Leistungen und bleibenden Erfolge auf dem Gebiet der Bodenkunde.

Dr. Andreas Bohner
Lehr- und Forschungszentrum für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein,
Raumberg 38, A-8952 Irdning

ABLEITUNG VON BODENSUBSTRATKLASSEN AUS DER GEOLOGISCHEN KARTE VON NIEDERÖSTERREICH

Bernadette SOTIER^a, Klaus KLEBINDER^a und Alexander EDER^b

^a Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, 6020 Innsbruck

^b Bundesamt für Wasserwirtschaft, Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

Kurzfassung

Das geologische Ausgangsmaterial ist einer der entscheidenden bodenbildenden Faktoren und liefert somit eine Basisinformation für die Ableitung bodenkundlicher Parameterdatensätze. In der digitalen geologischen Karte Niederösterreichs werden für das Projektgebiet HYDROBOD-NÖ (HYDROlogische BODenkenndaten Niederösterreich - gesamtes Bundesland Niederösterreich) 329 verschiedene lithostratigraphische Einheiten (Formationen) ausgewiesen. Diese Formationen wurden mittels einer Clusteranalyse zu einer überschaubaren Anzahl an Substratklassen zusammengefasst, um sie in weiterer Folge als Datengrundlage für die Regionalisierung von physikalischen Bodenkennwerten verwenden zu können.

Fünf der elf extrahierten Substratklassen sind hinsichtlich ihrer Korngrößenzusammensetzung gut differenzierbar und bestimmten Gesteinsarten zuordenbar. Daneben wurden mehrere Mischklassen mit einer sehr großen Streuung im Bodenartenspektrum ausgeschieden. Diese fassen verschiedene Ausprägungen tertiärer und quartärer Sedimente zusammen und lassen sich im Wesentlichen über ihre geologische Durchlässigkeit abgrenzen.

Abstract

Lithology is one of the most important soil forming factors and therefore provides basic information for examining soil hydrological attributes, such as saturated water conductivity or available water capacity. Within the scope of the project HYDROBOD-NÖ, the 329 lithostratigraphic units of the geological map of Niederösterreich were grouped to a small number of textural classes. For these purposes we used the soil profile data from the digital soil map (eBod) and the soil quality network program (BZI) in combination with the geological information and performed a cluster analysis.

1. Einleitung

Die Korngrößenzusammensetzung (Textur) eines Bodens ist das Produkt der physikalischen und chemischen Verwitterung des geologischen Ausgangsmaterials. Sie ist für den Wasserhaushalt eines Standorts von zentraler Bedeutung und eine wichtige Eingangsgröße zur Bestimmung komplexerer hydrologischer Kennwerte, z. B. gesättigte vertikale Wasserleitfähigkeit (kF) oder nutzbare Feldkapazität (nFK). Da die direkte Messung solcher Kenngrößen sehr aufwändig ist, werden einfach bestimmbare Parameter wie z. B. die Textur benötigt, um sie mit Hilfe von Modellen (Pedotransferfunktionen) berechnen zu können. Für Österreich liegen homogene Informationen zur Bodenart jedoch nur für die landwirtschaftliche Nutzfläche vor.

2. Veranlassung und Ziel

Das auf Initiative der Niederösterreichischen Landesregierung sowie des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung gestartete Projekt HYDROBOD-NÖ hat zum

Ziel, für das gesamte Land Niederösterreich flächendeckend hydrologische Bodenkennwerte bereitzustellen. Um die Bereiche im Wald, den waldfreien Hochlagen und den noch nicht kartierten landwirtschaftlichen Regionen schließen zu können, wird eine zusätzliche Regionalisierungsgrundlage benötigt. Ein Flächendatensatz, der für diesen Zweck genutzt werden kann, ist die geologische Karte Niederösterreichs.

Durch die Verknüpfung von Bodenprofilaten mit der geologischen Karte werden bevorzugte Verwitterungsprodukte der verschiedenen Gesteinsarten im Sinne eines typischen Bodenartenspektrums abgeleitet. Da die geologische Landschaft Niederösterreichs sehr heterogen ist, mussten die mehr als 300 verschiedenen lithologischen Einheiten mit Hilfe eines statistischen Verfahrens zu einer überschaubaren Anzahl von Bodensubstratklassen aggregiert werden.

3. Datengrundlagen

3.1. Profilinformatoren

Die vorliegende Arbeit stützt sich auf Profildaten der digitalen Bodenkarte Österreichs (eBOD, SCHNEIDER et al. 2001) sowie auf Daten der Österreichischen Bodenzustandsinventur (BZI, BLUM et al. 1996). Die Informationen der Finanzbodenschätzung standen für das Projekt nicht zur Verfügung.

Es wurden ca. 3500 Probenpunkte der eBod hinsichtlich ihrer Bodenart ausgewertet. Dabei wurden nur die untersten Horizonte der Profile verwendet, damit zum Einen größtmögliche Nähe zum geologischen Ausgangssubstrat gegeben war und zum Anderen Nutzungseinflüsse minimiert werden konnten. Die eBOD deckt die landwirtschaftliche Nutzfläche Niederösterreichs ab, Informationslücken gibt es in den noch nicht kartierten Bezirken Korneuburg und Waidhofen, sowie im Kartierbereich Mank (Bezirk Melk). Ergänzend konnten noch 1400 Profile aus der Österreichischen Bodenzustandsinventur (BZI) genutzt werden. Für die BZI-Profile lagen die Korngrößeninformationen allerdings nur für den obersten Horizont vor. Diese wurden deshalb nur dann in die Auswertung mit einbezogen, wenn eine lithologische Einheit nicht oder durch weniger als 5 Profilpunkte repräsentiert wurde.

3.2. Flächeninformationen

Als räumliche Differenzierungsgrundlage diente die geologische Karte von Niederösterreich im Maßstab 1:200.000 (SCHNABEL 2002). Die geologische Karte weist für das untersuchte Gebiet 329 verschiedene Formationen aus. Als Formation wird eine lithologische Einheit bezeichnet, die Gesteinseinheiten nach sedimentologischen, petrologischen, mineralogischen, chemischen, paläontologischen, physikalischen und morphologischen Charakteristika gliedert. Für jede Formation existiert zusätzlich eine Bewertung der hydrogeologischen Durchlässigkeit in 7 Klassen (von 1 = sehr locker bis 8 = undurchlässig) durch die mit hydrologischen Fragestellungen befassten Fachabteilungen der Niederösterreichischen Landesregierung.

4. Methodik

Zur Bündelung der vorhandenen Information wurde die Clusteranalyse als „strukturentdeckendes“ Verfahren (BACKHAUS et al., 2006) eingesetzt. Die statistischen Auswertungen wurden mit Hilfe von WinSTAT (Statistik Add-In für Excel) und der frei erhältlichen Statistiksoftware R (www.r-project.org) durchgeführt.

4.1. Datenaufbereitung

Die Flächeninformation der geologischen Karte wurde mit Hilfe eines *Spatial Join* auf die Profilpunkte übertragen und für jede Formation die am häufigsten / zweithäufigsten vorkommende Bodenart ermittelt. Die Bodenarten wurden nach ihrer potentiellen Durchlässigkeit bewertet, diese nimmt mit steigendem Tonanteil ab. Abbildung 1 zeigt das verwendete Codierungsschema. Die Spannweite (= Differenz) zwischen den Bodenarten innerhalb einer Formation geht als Indikator für die Heterogenität des Verwitterungsprodukts in die Analyse ein.

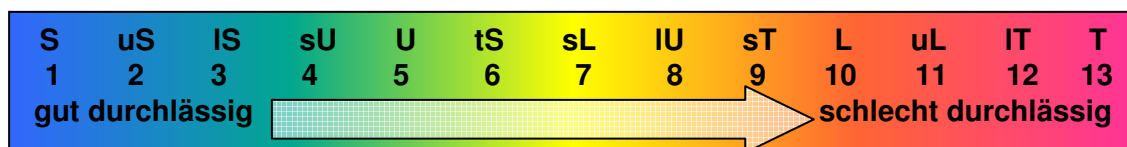


Abbildung 1: Codierung der Bodenarten

Tabelle 1 gibt eine Übersicht der für die Clusteranalyse verwendeten Variablen (BA = Bodenart):

Variable	Werte	Beschreibung
Häufigste BA	1 ... 13	
Zweithäufigste BA	1 ... 13	
Spannweite	0 ... 12	Differenz aus „kleinster“ und „größter“ BA; Heterogenität
Karbonat	1 / 0	ja / nein
Lockergestein	1 / 0	ja / nein
Geobod	1 ... 8	sehr locker ... undurchlässig; Durchlässigkeit der Geologie

4.2. Clusteranalyse

Die Clusteranalyse verfolgt das Ziel, heterogene Objekte anhand ihrer Eigenschaften in homogene Teilmengen zu gruppieren. Dabei soll die Distanz der Mitglieder innerhalb einer Gruppe gering sein, während die Gruppen untereinander nach Möglichkeit keine Ähnlichkeiten aufweisen sollen. In dieser Arbeit wurde das agglomerative Clusterverfahren nach WARD gewählt, da es in vielen Fällen sehr gute Partitionen findet und in der Lage ist, etwa gleich große Gruppen zu bilden (BACKHAUS et al., 2006).

Die eigentliche Schwierigkeit der Gruppenbildung besteht darin, dass der Anwender über die Anzahl der zu bildenden Cluster entscheiden muss. Ein objektives Entscheidungskriterium ist das sog. „elbow-Kriterium“ (siehe Abbildung 2). Demnach ist die Clusteranzahl bei jenem Wert festzulegen, bei dem das Diagramm einen deutlichen Knick in der Entwicklung des Heterogenitätsmaßes aufweist (BACKHAUS et al., 2006). Dies würde im vorliegenden Fall zu einer 4-Cluster-Lösung führen, was jedoch in zu großen Clustern mit einer enormen Streuung der Bodenarten resultiert hätte. Aus sachlichen Überlegungen heraus wurde letztendlich eine Trennung in 10 Cluster favorisiert, da mit dieser Lösung auch lithologisch verwandte Einheiten am Besten wiedergegeben werden konnten. Von vorneherein ausgenommen von der

Clusteranalyse waren die Formationen Löß und Lößlehm, da es sich hierbei bereits um eine bodenartlich homogene und auch flächenmäßig bedeutende geologische Einheit handelt.

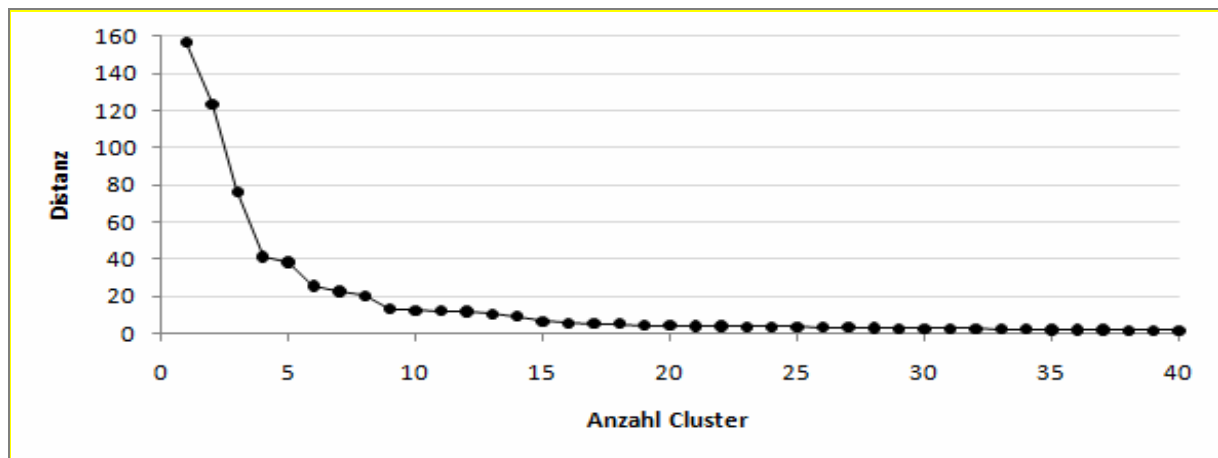


Abbildung 2: „elbow-Kriterium“ zur Clustertrennung

Eine Formation wurde nur dann in die Clusteranalyse einbezogen, wenn sie durch mindestens 5 eBod-Profile belegt war. Andernfalls wurde versucht, die fehlende Texturinformation mit Hilfe der A-Horizonte der BZI-Profile zu ergänzen. Insgesamt sind mit diesen ca. 240 lithologischen Einheiten flächenmäßig knapp 93% des Untersuchungsgebietes abgedeckt. Die übrigen Formationen, für die zu wenig oder keine Angaben zur Textur vorlagen, wurden anhand der Erläuterungen zur geologischen Karte gutachterlich den ausgewiesenen Bodensubstratklassen zugeteilt.

5. Ergebnisse

Fünf der 11 Cluster sind deutlich über ihre Texturmerkmale charakterisiert. Dazu gehört neben den weiter unten beschriebenen Klassen S 4 und S 5 die Gruppe der Karbonatgesteine (S 2) mit einem ähnlichen Bodenartenspektrum wie die Mergel-/Tongesteine der Klasse S 5, jedoch einer höheren Durchlässigkeit. Lehmige und schluffige Sande dominieren in der Klasse S 8, in der sich überwiegend basische und intermediäre Silikat-Festgesteine wiederfinden. Löß und Lößlehme bilden eine eigene Gruppe mit einem Schwerpunkt im schluffig-lehmigen Bereich.

Zur Illustration werden im folgenden Abschnitt drei ausgewählte Bodensubstratklassen herausgegriffen. Die Bodenarten-Diagramme basieren auf dem Texturdreieck der Bodenkundlichen Kartieranleitung KA 5 (5. Auflage, 2005). Dargestellt sind die Profilpunkte, überlagert mit den Isolinien der Wahrscheinlichkeitsdichte. Letztere gibt einen Anhalt über die Verteilung und den Schwerpunkt der Punktwolke. Im rechten Diagramm sind jeweils die relativen Anteile der Bodenarten in der Substratklasse abgebildet.

Substratklasse 5 (S 5)

Die Klasse S 5 fasst i. W. Festgesteine zusammen, die zu lehmigen bis lehmig-tonigen Bodenarten verwittern und geringe geologische Durchlässigkeit aufweisen. Tongehalte von 25 bis 40% und ein geringer Sandanteil sind für diesen Substrattyp charakteristisch. Die häufigsten Bodenarten sind lehmiger Ton und Lehm. In dieser Gruppe finden sich hauptsächlich Ton- und Mergelgesteine wieder.

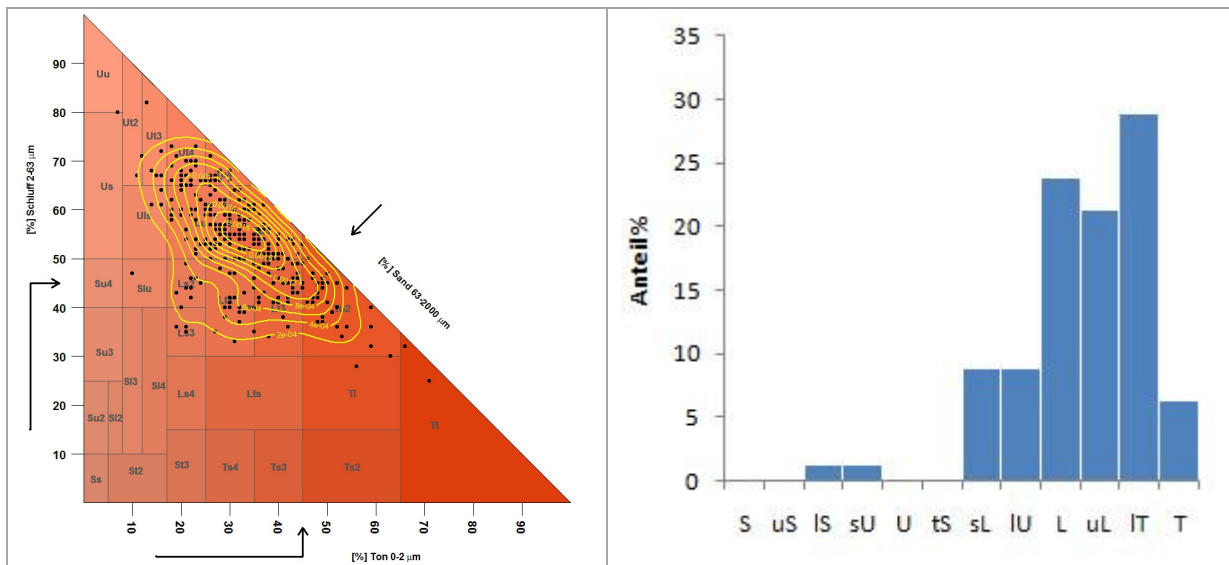


Abbildung 3: Bodenarten der Substratklasse 5
Substratklasse 4 (S 4)

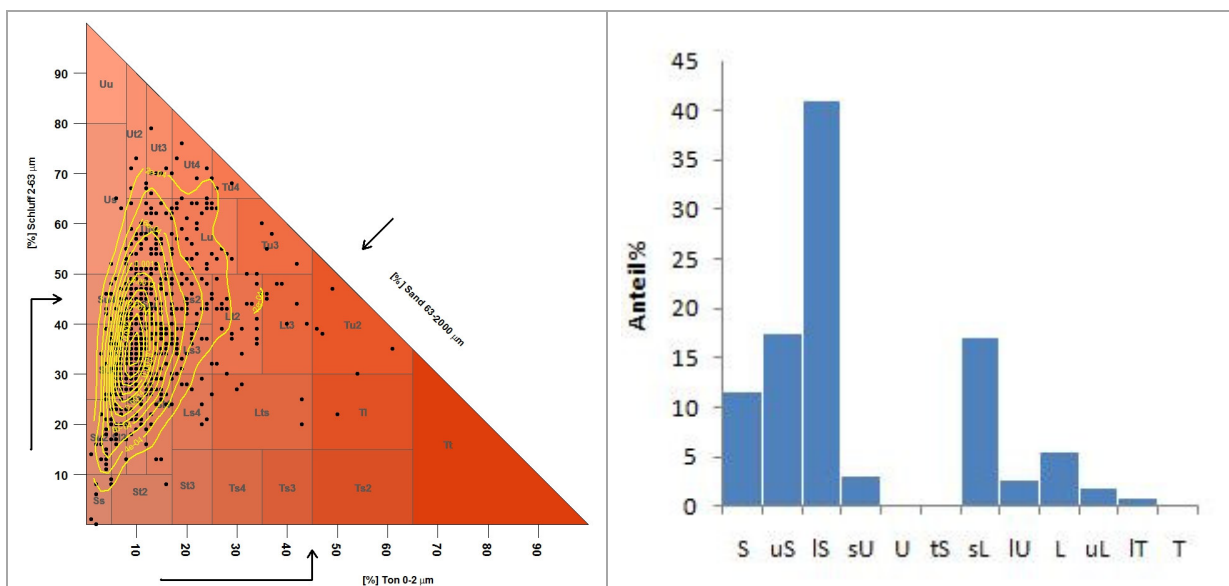


Abbildung 4: Bodenarten der Substratklasse 4

Dieses Beispiel zeigt einen bodenartlich ebenfalls sehr klar definierten Substrattyp, in dem der Schwerpunkt des Korngrößenspektrums eher auf im sanddominierten Bereich liegt. Die Hauptbodenart ist lehmiger Sand, der Tonanteil liegt zwischen knapp 10 und 18%. In diese Gruppe fallen v. a. Festgesteine mit mäßiger Durchlässigkeit: Gneise, Granite und quarzreiche Konglomerate.

Substratklasse 3 (S 3)

Diese Substratklasse weist ein vergleichsweise heterogenes Bodenartenspektrum auf, es werden hier tonige bis sandige tertiäre Sedimente zusammengefasst. Die häufigsten

Bodenarten sind Lehm und schluffiger Lehm, die Streuung ist sehr hoch. Die hydrologische Durchlässigkeit der Substratklasse 3 ist mäßig dicht bis ziemlich dicht.

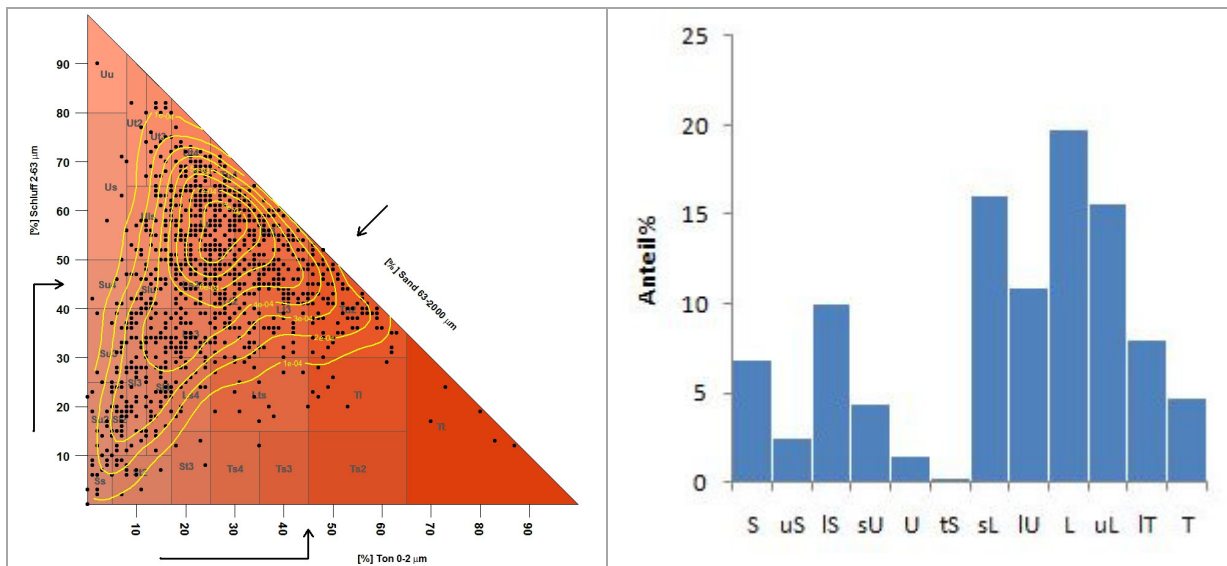


Abbildung 5: Bodenarten der Substratklasse 3

6. Diskussion

Mit der Karte der Bodensubstratklassen liegen dominierende Bodenarten für das Bundesland Niederösterreich vor. Diese können unterstützend zur Regionalisierung von hydrologischen Bodenkennwerten, wie z. B. kF-Werten herangezogen werden. Mit der Clusteranalyse wurde ein geeignetes statistisches Verfahren gewählt, um Bodenmerkmale zu aggregieren. Die Karte zeigt, dass sich die übergeordneten geologischen Strukturen auch in der Verteilung der Bodenarten sehr gut widerspiegeln. Neben einigen deutlich differenzierten Klassen weisen insbesondere tertiäre und quartäre Lockergesteine ein sehr breit gestreutes Bodenartenspektrum auf. Hier ist die Differenzierung der Bodensubstratklassen i. W. über die hydrogeologische Durchlässigkeit gegeben.

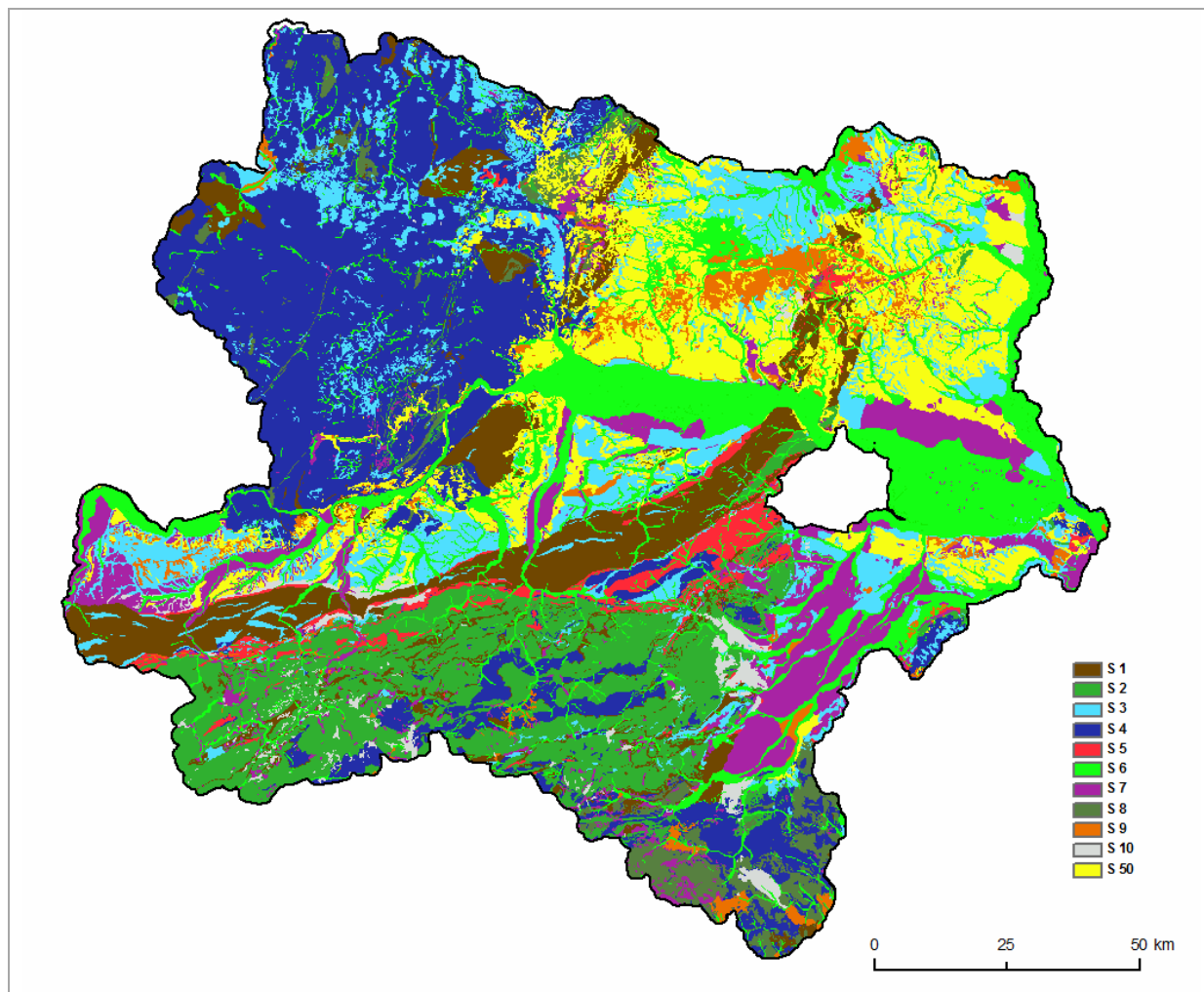


Abbildung 6: Bodensubstratklassen in Niederösterreich

7. Literatur

- AD-HOC-ARBEITSGRUPPE BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. verbesserte und erweiterte Auflage. Hannover
- BACKHAUS, K., ERICHSON, B., PLINKE, W. & WEIBER, R. (2006): Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. Springer, Berlin
- BLUM, W.E.H., SPIEGEL, H. & WENZEL, W.W. (1996a): Bodenzustandsinventur - Konzeption, Durchführung und Bewertung; Empfehlungen zur Vereinheitlichung der Vorgangsweise in Österreich. BMLF und BMWVK, Wien.
- SCHNABEL, W. (Hrsg.): Erläuterungen zur geologischen Karte von Niederösterreich 1 : 200.000. Wien 2002
- SCHNEIDER, W., NELHIEBEL, P., AUST, G., WANDL, M. & DANNEBERG, O.H. (2001): Die landwirtschaftliche Bodenkartierung in Österreich. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., H. 62, Wien.

EINFLUSS DES STEINANTEILS VON BÖDEN AUF BODENHYDRAULISCHE PARAMETER – ABSCHÄTZUNG DER GRUNDWASSERNEUBILDUNG IN EINEM SKELETTREICHEN BODEN

Nicole EMERSTORFER^a, Andreas KLIK^b und Gerhard KAMMERER^b

^aLebensministerium, Abteilung VII/3 – Wasserhaushalt, Marxergasse 2, 1030 Wien

^bUniversität für Bodenkultur, Institut für Hydraulik und Landeskulturelle Wasserwirtschaft,
Muthgasse 18, 1190 Wien

Kurzfassung

Seit 1997 errichtet der Hydrographische Dienst in Österreich Messstellen zur Erfassung der Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone, um u. a. die Grundwasserneubildung an diesen Standorten zu bestimmen. Eine dieser Messstellen, Kalsdorf, ist charakteristisch für den hohen Grobkornanteil von 68 %. Ziel der Studie war es, die Auswirkungen von Steinen in Böden auf bodenhydraulische Kenngrößen zu untersuchen und die Grundwasserneubildung einerseits durch Berechnungen und andererseits mit den numerischen Simulationsmodellen SWAP und HYDRUS zu ermitteln. Durch den Bau einer Bodensäule im Labor wurde anhand von Experimenten untersucht, wie weit es möglich ist, die Feldzustände im Labor zu simulieren und wie groß die Abweichungen von Retentionskurven, ungesättigter und gesättigter hydraulischer Leitfähigkeit von Feld- und Labordaten, sowie für Fein- und Grobboden ist.

Abstract

Since 1997 the Austrian Hydrological Service installs soil-water-measurement sites to determine groundwater recharge in soils. One of these measurement sites, Kalsdorf, consists of 68 % of rock fragments. The objective of this study is to quantify effects of rock fragments on soil hydraulic properties and on groundwater recharge by using field measured data of soil water content and water tension and by numerical simulations (SWAP and HYDRUS-1D). Additionally experiments with a lab soil column were conducted to analyse if it is possible to simulate in the lab real field situation and how large the deviations between the field and lab data are. Soil water retentions curves, unsaturated and saturated hydraulic conductivities were determined for soils including rock fragments and without rock fragments to investigate the influence of stones in soils.

1. Einleitung

In die Bodenmatrix eingebettete Steine verändern das hydraulische Regime und beeinflussen das Wasserrückhaltevermögen und die hydraulische Leitfähigkeit von Böden. Obwohl der Einfluss der Steine unumstritten ist, existieren nur wenige Untersuchungen über Wasserbewegungen in steinigen Böden (COUSIN et al. 2003, SAUER & LOGSDON 2002, FIÈS et al. 2002, POESEN & LAVÉE 1994, BUNTE & POESEN 1994, FLINT & CHILDS 1990, 1984, BRAKENSIEK et al. 1986, RAVINA & MAGIER 1984, MEHUYS et al. 1975). In den meisten bisherigen veröffentlichten wissenschaftlichen Studien wird nur auf die Bodenwasserbewegung in Böden, die keine Steine (Partikeläquivalentdurchmesser $d > 2$ mm) oder nur einen geringen Steinanteil aufweisen, Bezug genommen.

Über die bodenphysikalischen Eigenschaften von skelettreichen Böden ist wenig bekannt, da die üblichen Standardmethoden wie die Bestimmung des Wasseranteils und der hydraulischen Leitfähigkeit sowie die Matrixpotenzial-Wasseranteilsbeziehung und die Porenverteilung im Boden nicht für steinige Böden ausgelegt sind (KOHL 2002, WETZEL 2003). Die Standardverfahren sind für Kulturböden, die einen maximalen Grobbodenanteil von 5 % aufweisen, entwickelt worden (ÖNorm L1063 1988; ÖNorm L1065 1988; MARKART 2002).

2. Untersuchungsgebiet

Eine der errichteten Untersuchungsmessstellen liegt in Kalsdorf im Grazer Feld. Diese Messstation ist mit Sensoren ausgestattet, die den Bodenwasseranteil (TDR-Sensoren), die Bodenwasserspannung (Tensiometer, SIS-Sensoren) und die Bodentemperatur automatisch im 1-Stunden-Intervall bis in eine Bodentiefe von 150 cm messen. Zusätzlich ist die Messstelle mit einer meteorologischen Station ausgerüstet. Bei dem Bodentyp der Messstation handelt es sich um eine kalkfreie Lockersediment-Braunerde aus feinem Terrassensediment. In den obersten 30 cm ist die vorherrschende Bodenart lehmiger Sand, ab 30 cm Bodentiefe nur mehr Sand (Abb. 1). Charakteristisch an dieser Messstelle ist der sehr hohe Grobkornanteil ($d > 2$ mm). Liegt im Oberboden (0 bis 30 cm) der Skelettanteil bei 32 % so steigt dieser ab 30 cm Bodentiefe sprunghaft auf 68 % an.



Abb. 1: Messstelle Kalsdorf (links); skelettreiches Bodenmaterial an der Messstation (rechts)

3. Material und Methoden

3.1 Felddaten

Im Zuge der Aufbereitung der Messdaten wurde ein Verfahren entwickelt, um fehlerhafte und unplausible Daten (durch Frosteinwirkung, Trockenfallen der Tensiometer ab einer Wasserspannung > 700 hPa) automatisch zu bereinigen. Es wurden Richtlinien aufgestellt, um Tensiometer- und Gipsblockmessungen zu einem einheitlichen Matrixpotential zu verschneiden. Um die Streuung der Felddaten im niedrigen Wasserspannungsbereich zu umgehen, wurde in Be- und Entwässerungsphasen unterteilt, mit den Entwässerungsdaten weitergearbeitet und Schwellenwerten definiert, um die Wasseranteile entsprechend den Wasserspannungen zu korrigieren. Es wurde das kapillare Leitvermögen über die Änderung des Profilwasserinhalts und des Wasserspannungsgradienten in den trockenen Nächten (hier wurde angenommen, dass der Fluss durch die Geländeoberfläche (GOF) in trockenen Nächten Null ist und die zeitliche Profilwasserinhaltsänderung der Grundwasserneubildung entspricht), die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit mit dem Kurvenanpassungsprogramm RETC und die

pF-Kurven über die Entwässerungsphasen der Felddaten bestimmt. Die dabei ermittelten Parameter für das van-Genuchten-Retentionsfunktionsmodell θ_r , θ_s , α und n sowie der Parameter λ für das Leitfähigkeitsmodell von Mualem wurden für die numerische Berechnung aus Felddaten und für die Simulation von HYDRUS-1D und SWAP als Input-Parameter verwendet, um die Grundwasserneubildung abzuschätzen.

3.2 Labordaten

Es wurde eine Laborbodensäule gebaut, um die im Feld gemessenen geringen Wasseranteile im Labor zu überprüfen, eine Korrekturfunktion für die Feldwerte zu finden, den Einfluss der Steine zu untersuchen und um die Feldbedingungen im Labor zu simulieren.

Die 70 cm hohe Bodensäule mit dem Innendurchmesser 46,2 cm hat ein Fassungsvermögen von 216 kg Boden bei einer Trockendichte von $1,88 \text{ g/cm}^3$. Boden aus Kalsdorf wurde gesiebt, mit derselben Trockendichte in die Bodensäule eingebaut wie der Boden, der im Feld vorliegt und mit insgesamt 8 Tensiometer und 8 Trase-Sensoren ausgestattet. Pro Tiefe wurden die zwei Tensiometer vertikal und die zwei Trase-Sensoren horizontal eingebaut. Sämtliche Messdaten wurden automatisch aufgezeichnet.

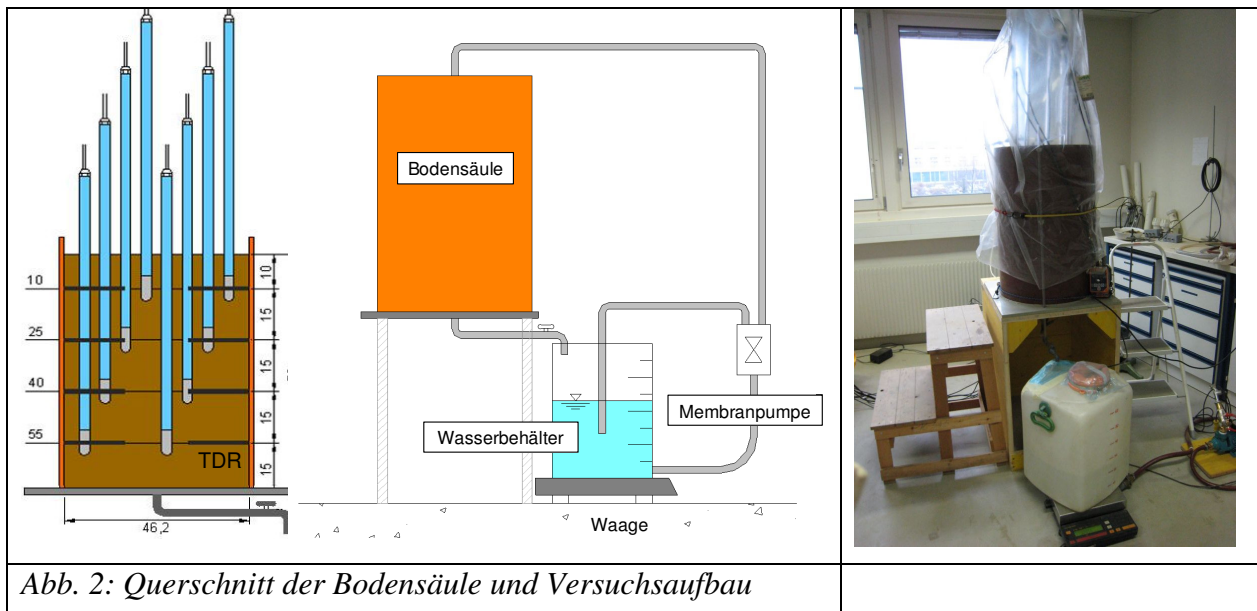


Abb. 2: Querschnitt der Bodensäule und Versuchsaufbau

Bei dem Bodensäulenexperiment förderte die Pumpe Wasser vom Wasserbehälter zur Oberfläche der Bodensäule, wo es mit einem perforierten Schlauch gleichmäßig über die Querschnittsfläche verteilt wurde. Es wurde jeweils so lange Wasser auf die Säule appliziert, bis ein stationärer Zustand erreicht wurde, d.h. bis der freie Ausfluss unten genau dem Zustrom entsprach. Dieser Zustand ist dann erreicht, wenn die Waage, auf dem der Wasserbehälter steht, keinen Gewichtsverlust mehr aufzeigt. Wenn die Masse des eingebauten lufttrockenen Bodenmaterials, sein Massenwassergehalt und die Differenz der Masse im Wasserbehälter auf der Waage zu Beginn und am Ende des Versuchs bekannt sind, weiß man genau die Wassermenge, die sich in der Bodensäule befindet. Trifft man noch eine Annahme über die vertikale Verteilung des Wasseranteils in der Säule, können die Messwerte der Wassergehaltssensoren mit dem errechneten Wasseranteil verglichen werden.

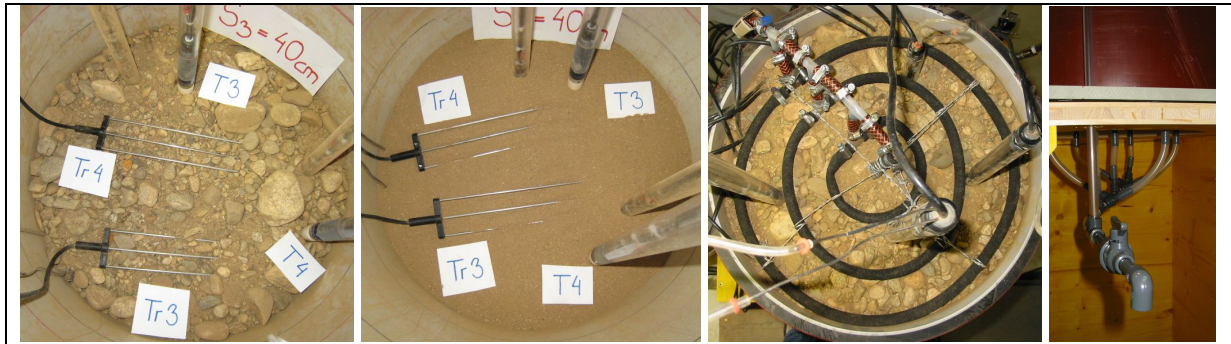


Abb. 3: Sensorenausstattung der Bodensäule im Grob- und Feinboden (links)

Abb. 4: Bewässerungs- und Entwässerungssystem der Bodensäule (rechts)

Die Wasserspannungs-Wasseranteilsbeziehung wurde durch die simultanen Messwerte bei der Entwässerung der Bodensäule bestimmt und das kapillare Leitvermögen k_u nach dem Gesetz von Darcy berechnet. Zur Vermeidung von Verdunstungsverlusten wurde die Bodensäule mit einer Plastikhaube abgedeckt. Um den Einfluss der Steine zu untersuchen, wurde der Boden aus der Säule ausgebaut, der Grobkornanteil durch Siebung entfernt, der Massenverlust durch die fehlenden Steine mit Feinboden von derselben Urprobe ausgeglichen und die Säule wieder befüllt.

4. Ergebnisse

4.1 Felddaten

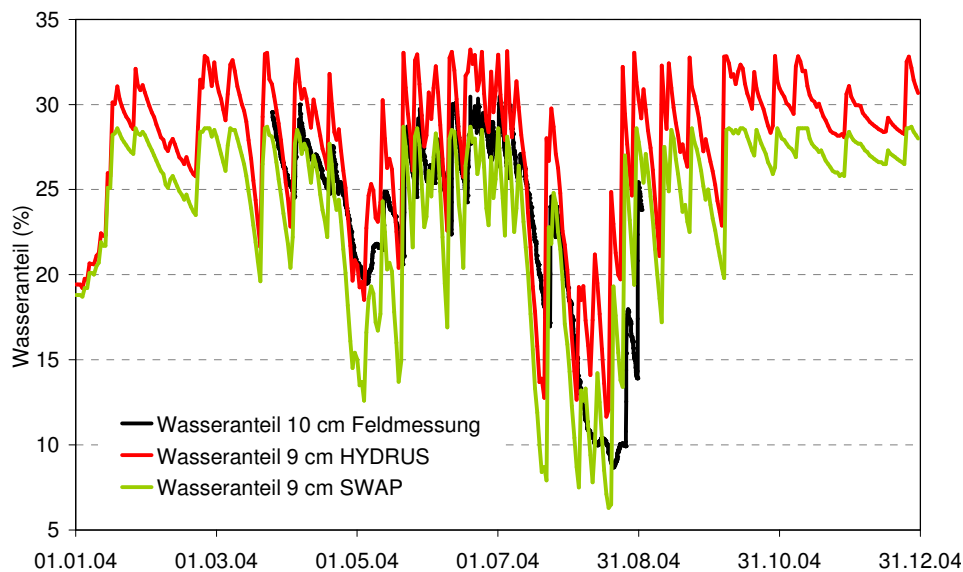


Abb. 5: Gegenüberstellung der simulierten Wasseranteile von HYDRUS (rot) und SWAP (grün) mit den gemessenen Wasseranteilen im Feld (schwarz) in 10 cm Bodentiefe

Für alle Messtiefen ist eine gute Übereinstimmung zwischen den mit den Sensoren erfassten und den von HYDRUS und SWAP simulierten Wasseranteilen bzw. Wasserspannungen erkennbar. Die Zeitspanne im Winter, in der die Feldsensoren unbrauchbare Werte aufzeichnen, wird sehr gut von den Simulationsmodellen wieder gegeben (Abb. 5).

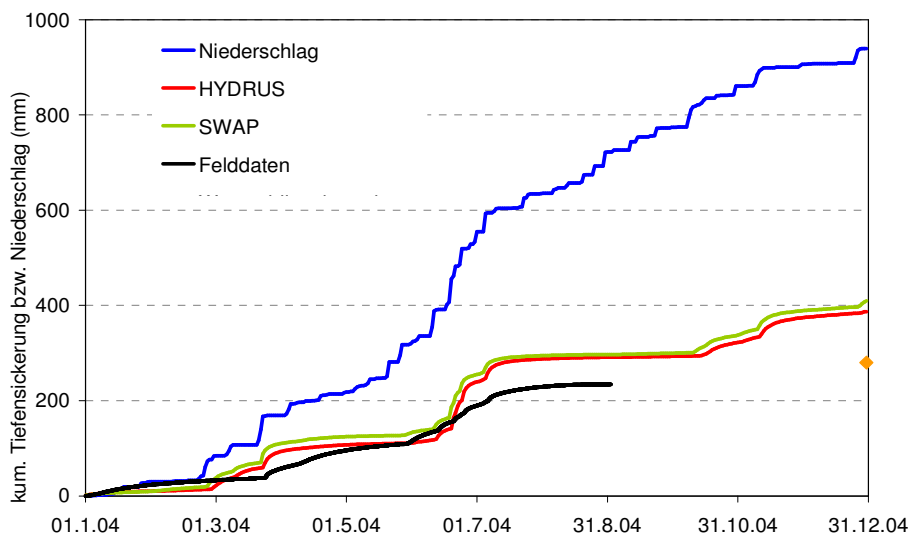


Abb.6: Vergleich der simulierten Grundwasserneubildung von HYDRUS (rot) und SWAP (grün) mit den Felddaten (schwarz) und der Wasserbilanzberechnung (orange)

Ein wesentliches Ziel war die Abschätzung der Grundwasserneubildung für die Jahre 2001 bis 2005.

Tab. 1: Zusammenstellung der mit SWAP und HYDRUS simulierten Sickerwassermengen [mm]

Jahr	simulierte Sickerwassermenge in mm						Wasserbilanz	Niederschlag in mm
	SWAP			HYDRUS-1D				
	untere Grenze	obere Grenze	MW	untere Grenze	obere Grenze	MW		
2001	217,7	224,0	220,9	210,5	208,2	209,4	190,6	666,6
2002	374,3	375,6	375,0	375,9	375,8	375,8	353,0	880,7
2003	367,8	345,7	356,8	342,9	339,3	341,1	346,6	807,1
2004	409,6	405,7	407,7	389,7	416,4	403,0	280,1	939,7
2005	339,5	338,8	338,8	355,5	353,3	354,4	299,0	835,0

Eine gute Übereinstimmung besteht in der Tiefensickerung zwischen den beiden Simulationsmodellen HYDRUS und SWAP (Abb. 6, Tab. 1). Um nicht nur einen mittleren Wert, sondern auch einen unteren und einen oberen Grenzwert für die Tiefensickerung anzugeben, wurden zwei zusätzliche Simulationen gerechnet, wobei die hydraulischen Eigenschaften für die erste durch eine untere und für die zweite durch eine obere einhüllende Kurve an die Felddaten ermittelt wurden. Die Wasserbilanz wurde auf folgende Weise berechnet: Niederschlag – aktuelle Evaporation – aktuelle Transpiration + (Anfangsbedingung des Profilwasserinhalts – Profilwasserinhalt am Ende).

4.2 Labordaten

Vergleicht man die zwei pF-Kurven des Grobbodens (Feld und Labor) mit dem des Feinbodens (Labor), so ist im Bereich zwischen Sättigung und 200 hPa eine Reduktion der Felddaten um 25 bis 33 % gegenüber den Labordaten erkennbar (Abb. 7). Generell sind die Felddaten um 47 bis 53 % niedriger als die Labordaten für den Feinboden.

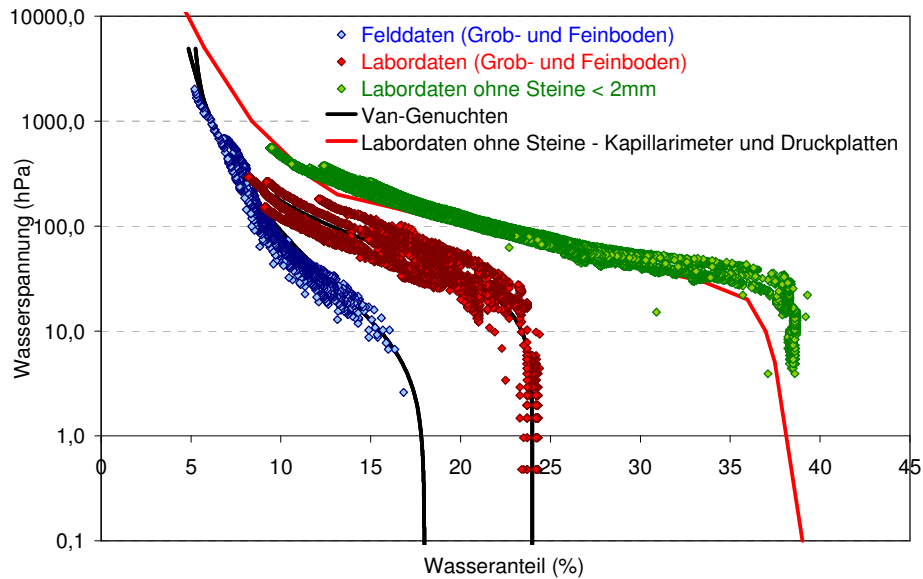


Abb.7: pF -Kurven der Felddaten (blau), Laborsäule (rot), sowie des Feinbodens (grün)

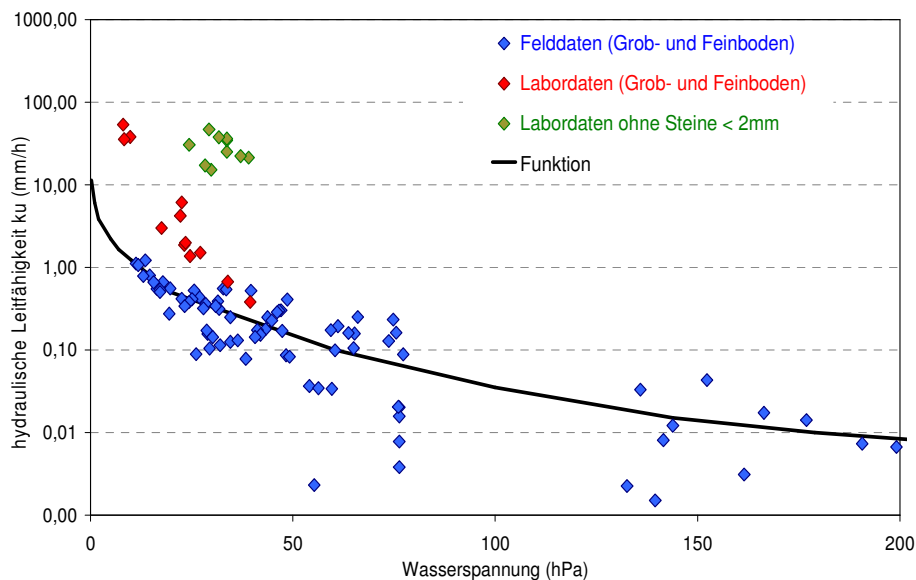


Abb.8: k_u -Funktion der Felddaten (blau), Laborsäule, sowie des Feinbodens (grün)

Die Abweichungen in der Retentionskurve von Feld und Labor beruhen auf der gestörten Bodenprobenentnahme anstelle der Entnahme eines Monoliths und der problembehafteten Sensorinstallation in steinigem Böden. Gerade in skelettreichen Böden ist das Ergebnis stark davon abhängig, ob in der Messreichweite der Sensoren Steine liegen oder ob die Sensoren in Feinboden eingebettet sind. Sind die Sensoren im Feld so eingebaut worden, dass sich Luft zwischen den TDR-Sensorstäben und der Bodenmatrix befindet, ergeben sich automatisch geringere Wasseranteile. Das örtliche Bodengefüge, in dem die Sensoren im Feld eingebettet sind, könnte bestenfalls für die TDR-Sensoren anhand der Signalkurven abgeschätzt werden. Wie auch immer – der Einbau der Sonden in der Laborbodensäule und die Anordnung der Steine liegen im Ermessen der ausführenden Person und werden naturgemäß zwischen Labor und Feld abweichen. Eine weitere Erklärung dafür, dass die pF -Kurve für den Laborversuch deutlich über der des Feldes liegt, ist die unterschiedliche untere Randbedingung. Diese

bewirkt im Laborversuch eine bessere Sättigung als im Feld. Aus demselben Grund ist auch der Wasseranteil bei Sättigung im Labor um einiges größer.

Außerdem können die Unterschiede in den Endresultaten zwischen Feld und Labor auf die unterschiedliche Probengröße zurückzuführen sein (SHUH et al., 1988; BORK und DIEKKRÜGER, 1990).

Die Messstelle Kalsdorf liegt im Schwemmland der Mur und ist nicht zuletzt wegen des hohen Grobpartikelanteils sehr kleinräumig heterogen. Eine größere Abweichung in den hydraulischen Eigenschaften ist daher trotz der geringen Entfernung zwischen dem Monitoring-Standort und dem Entnahmeort für die gestörten Bodenproben bzw. der Stelle für die Feldversuche plausibel. Nachdem letztere für den Säulenversuch maßgebend sind, trifft das auch auf Abweichungen zwischen den Labor- und Felddaten zu.

Der Durchlässigkeitsbeiwert für den Grobboden im Labor wurde durch einen getrennten Versuch ermittelt; er betrug $k_s = 50$ mm/h. Im Feld wurde ein Wert von 10 mm/h für die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit nachgewiesen. Der k_s -Wert vom Feinboden liegt bei 400 mm/h (Abb. 8).

5. Zusammenfassung

Der Vergleich zwischen den Feldmessungen und dem Laborexperiment zeigt, dass beim Säulenversuch ein höherer Durchlässigkeitsbeiwert und größere Wasseranteile θ gemessen wurden. Die Abweichungen in den bodenhydraulischen Eigenschaften und den θ -Werten sind vermutlich auf die Unterschiede in der Bodenstruktur zwischen dem Monitoring-Standort im Feld und dem eingebauten Boden in der Laborsäule zurückzuführen. Dies zeigt, dass für diesen Boden mit hohem Steinanteil die in-situ-Bedingungen im Labor nur unzureichend nachgebildet werden konnten. Im Bereich zwischen Sättigung und 200 hPa lagen die Felddaten um rd. 25 % bis 33 % unter den im Säulenexperiment ermittelten Daten. Bezogen auf den Feinboden ($d \leq 2$ mm) waren die entsprechenden Werte sogar um 47 bis 54 % niedriger.

Die mit HYDRUS und SWAP simulierten Grundwasserneubildungen stimmen sowohl im zeitlichen Verlauf der Tiefensickerung über das Jahr, als auch im kumulativen, jährlichen Endergebnis der Sickerwasserrate gut überein.

Grundsätzlich weichen die simulierten Wasseranteile und die von den Feldsensoren gemessenen weniger stark voneinander ab als die Matrixpotenziale. Das liegt daran, dass die Wasseranteile nicht so einen starken Schwankungsbereich wie die Matrixpotenziale über das ganze Jahr aufweisen. Bei Datenausfällen im Feld liefern beide Simulationsmodelle einen zuverlässigen und plausiblen Verlauf des Wasseranteils bzw. Matrixpotenzials. Somit kann bei Datenlücken ein ganzes Jahr im Nachhinein vollständig simuliert werden.

Die Kombination von Felddaten und von Resultaten numerischer Simulationsmodelle ermöglicht eine verbesserte Abschätzung der Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone, sowie Aussagen über die Verdunstung und die Grundwasserneubildung.

6. Literaturverzeichnis

BORK, H.-R., & DIEKRÜGGER, B., (1990): Scale and regionalization problems in soil science. Trans. 14 Int. Congr. Soil. Sci. 1,178–181.

- BRAKENSIEK, D.L., RAWLS, W.J. & STEPHENSON, G.R., (1986b): Determining the saturated hydraulic conductivity of a soil containing rock fragments. *Soil Science Society of America Journal*, 50, 834-835.
- BUNTE, K. & POESEN, J., (1994): Effects of rock fragment size and cover on overland flow hydraulics, local turbulence and sediment yield on an erodible soil surface. *Earth Surfaces Processes and Landforms*, 19, 115-135.
- CHILDS, S.W., & FLINT, A.L., (1990): Physical properties of forest soils containing rock fragments. In: GESSEL, S.P., LACATE, D.S., WEETMAN, G.F. & POWERS, R.F. (Eds.). *Sustained Productivity of Forest Soils*. University of British Columbia, Faculty of Forestry, Vancouver, Canada, 95-121.
- COUSIN, I., NICOUILLAUD, B., & COUTADEUR, C., (2003): Influence of rock fragments on the water retention and water percolation in a calcareous soil. *Catena*, 53, 97-114.
- FIÈS, J.C., LOUVIGNY N.D.E., & CHANZY A., (2002): The role of stones in soil water retention. *European Journal of Soil Science*, 53, 95-104.
- FLINT, A.L. & CHILDS, S., (1984): Physical properties of rock fragments and their effects on available water in skeletal soils. *Erosion and Productivity of Soils Containing Rock Fragments*. Soil Science Society of America, Madison WI, 10, 91-101.
- KOHL, B., (2002): Bodenphysikalische Charakterisierung von Profilen in Wildbacheinzugsgebieten. Workshop: Bodenphysikalische Verfahren im Rahmen von Boden- und Landschaftsschutz. *Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 65, 121-122.
- MARKART, G., (2002): Kleinräumige Variabilität und Aussagekraft bodenphysikalischer Kennwerte in Wildbacheinzugsgebieten. *Mitteilungen der österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft* 65. Workshop: Bodenphysikalische Verfahren im Rahmen von Boden- und Landschaftsschutz, 19.10.2001, Innsbruck. 123-124.
- MEHUYS, G.R., STOLZY, L.H., LETEY, J., & WEEKS, L.V., (1975): Effect of stones on the hydraulic conductivity of relatively dry desert soils. *Soil Science of America Proceedings*, 39, 37-42.
- POESEN, J. & LAVÉE, H., (1994): Rock fragments in top soils; significance and processes. *Catena*, 23, 1-28.
- RAVINA, I. & MAGIER J., (1984): Hydraulic conductivity and water retention of clay soils containing coarse fragments. *Soil Science of America*, 48, 736-740.
- SAUER, T.J. & LOGSDON, S.D., (2002): Hydraulic and physical properties of stony soils in a small watershed. *Soil Science of America*, 66, 1947-1956.
- SHUH, W.M., CLINE, R.D., & SWEENEY, M.D., (1988): Comparison of a laboratory procedure and a textural model for predicting in situ water retention. *Soil Science Society of America Journal* 52, 1218–1227.
- WETZEL, K.-F., (2003): Runoff production process in small alpine catchments within the unconsolidated Pleistocene sediments of the Lainbach area (Upper Bavaria). *Hydrological Processes* 17, 2463-2483.

EINFLUSS VON LINEAREN ABFLUSSWEGEN AUF DIE EFFEKTIVITÄT VON GEWÄSSERRANDSTREIFEN

Rosemarie HÖSL und Peter STRAUSS

Bundesamt für Wasserwirtschaft, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt,
Pollnbergstraße 1, 3252 Petzenkirchen

Kurzfassung

Der Einsatz von Gewässerrandstreifen (GERAST) ist eine effektive Möglichkeit um Oberflächengewässer vor Stoffeinträgen zu schützen, die Wasserqualität zu erhöhen und auch die Uferstabilität zu verbessern. Voraussetzung für eine möglichst hohe Effektivität ist ein flächenhafter Eintritt von Oberflächenabfluss in die GERAST.

Oberflächenabfluss und darin enthaltenes Sediment und Schadstoffe können durch anthropogen bedingte, lineare Strukturen wie Straßengräben, Kanäle oder Entwässerungsgräben konzentriert werden und so an Filterstreifen vorbei, direkt in Fließgewässer münden. Im niederösterreichischen Weinviertel wurden diese linearen Strukturen anhand von fünf Testgebieten im Feld erhoben und mittels GIS in Digitale Höhenmodelle (DHM) implementiert. Lineare Abflussstrukturen wurden in drei von fünf Testgebieten gefunden. Im besten Fall wurde also kein permanenter, linearer Abflussweg gefunden, im schlechtesten Fall entwässerten etwa 40 % des Testgebietes direkt über lineare Fließwege in das Gewässer. Im ÖPUL 2007 sind Gewässerrandstreifen nur an permanent wasserführenden Fließgewässern vorgesehen, nicht aber an temporär wasserführenden linearen Abflussstrukturen wie Entwässerungsgräben.

Abstract

Vegetated filter strips (VFS) are an effective method to reduce nutrient and sediment input into surface waters. In Austria, buffer strips obtain funding within the Austrian agri-environmental programme (ÖPUL) when placed alongside permanent streams. However, flow convergence may take place in ditches or channels long before approaching the river system. To assess the dimension of such a scenario we carried out a detailed field survey in the Weinviertel area of Lower Austria, a region which is known to be highly affected by soil erosion and pollutant input into aquatic ecosystems. Ditches, channels and comparable linear structures were mapped in five small subcatchments of the Weinviertel region. Surface flow paths were modelled either automatically or by integrating mapped structures. The critical catchment areas which drained unprotected into the streams were identified for both cases.

In three out of five subcatchments such critical areas were found. The size of these unprotected areas within the test subcatchments varied between 10 % and 40% of the total area. The results obtained question the ability of automatically generated low paths approaches to identify critical areas within catchments or the effective placement of counter measures against surface pollution. Correct placement of buffer strips in small catchments like ours requires detailed field mapping for improving water quality effectively.

Therefore the ability of a flexible installation of buffer strips in agri-environmental programmes like ÖPUL is considered to be necessary.

1. Hintergrund

Wesentliches Ziel der europäischen Agrarpolitik ist die gemeinsame Organisation der Agrarmärkte und die Entwicklung von peripheren Regionen. Österreich setzt dies unter anderem mit dem Agrar-Umweltprogramm ÖPUL (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft, LEBENS MINISTERIUM 2010) um. In der Förderperiode ÖPUL 2007–2013 wird erstmals die Anlage von Gewässerrandstreifen unter dem Maßnahmenpaket „Erhaltung und Entwicklung naturschutzfachlich wertvoller und gewässerschutzfachlich bedeutsamer Flächen“ gefördert. Die Anlage von Gewässerrandstreifen (GERAST) wird aber nur an permanent wasserführenden Fließgewässern gefördert. Der Einsatz von Gewässerrandstreifen ist ein mittlerweile international weitverbreitetes Instrumentarium um Oberflächengewässer vor Stoffeinträgen zu schützen, die Wasserqualität zu erhöhen und auch die Uferstabilität zu verbessern (MUÑOZ-CARPENA et al 1993, LIN et al 2002 & 2004, MCKERGOW et al 2003, TOMER et al 2003, CORELL 2005, DORIOZ et al 2006, VERSTRAETEN et al 2006, HUSSEIN et al 2007, SAHU and GU 2009). Voraussetzung für eine möglichst hohe Effektivität ist ein flächenhafter Eintritt von Oberflächenabfluss in die GERAST (BACH et al 1994^{ab}).

In einer anthropogen geprägten Landschaft kann es aber bereits vor einem permanenten Fließgewässer zu konzentriertem Oberflächenabfluss kommen, beispielsweise in Straßengraben, Kanälen oder Entwässerungsgräben. Oberflächenabfluss der sich in diesen linearen Abflusswegen konzentriert wird so an GERAST vorbei direkt in Fließgewässer geleitet, ohne die darin enthaltenen Stoffe filtern oder puffern zu können.

Um das Ausmaß einer möglichen Effektivitätsminderung von Gewässerrandstreifen zu ermitteln, wurde eine detaillierte Kartierung von linearen Abflusswegen in fünf Teileinzugsgebieten des niederösterreichischen Weinviertels, mit einer Größe zwischen 90 und 420 ha, durchgeführt (siehe Abbildung 1).

Weinviertel, NÖ - Testgebiete für Feldkartierungen

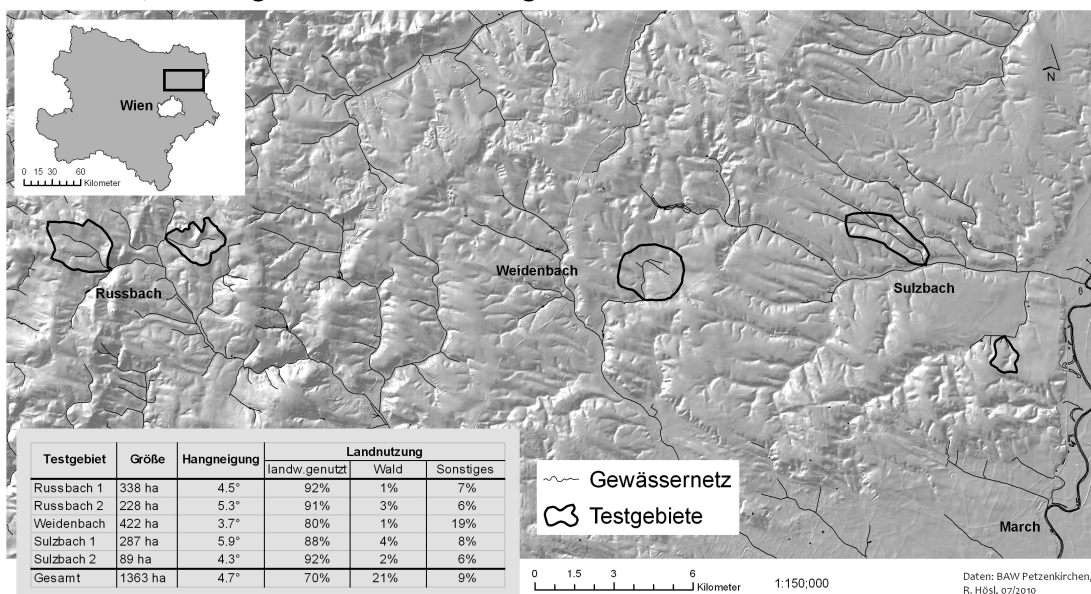


Abbildung 1: Testeinzugsgebiete und Gebietskennwerte

2. Daten und Methodik

2.1. Untersuchungsgebiet

Geologisch gesehen befindet sich das südliche Weinviertel im Wiener Becken, dieses wurde im Tertiär mit Sedimenten verfüllt. Im oberen Pliozän aber vor allem im Pleistozän wurden mächtige Lössschichten angeweht, diese bilden auch das Ausgangssubstrat für die landwirtschaftlich wertvollen Böden, vor allem Tschernoseme. Klimatisch gesehen befindet sich das Weinviertel im Einfluss des pannonischen Klimas mit heißen Sommern und kalten Wintern und durchschnittlichen Niederschlagssummen von 500 mm/Jahr. Die durchschnittlichen Hangneigungen von 4° spiegeln ein hügeliges Relief wider.

2.2. Digitale Höhenmodelle (DHM)

Die linearen Abflussstrukturen, die auf Basis von digitalen Höhenmodellen berechnet werden sollen, sind oftmals kleinräumige Strukturen und mit groben Rasterweiten kaum zu erfassen. Die Verwendung von hochauflösenden Laserscanmodellen hingegen ist immer mit hoher Rechenleistung und langen Rechenzeiten verbunden. Ziel war es deshalb auch zu untersuchen, ob Höhenmodelle mit größeren Maschenweiten (10 m) ähnliche Resultate liefern können wie ein weitaus genaueres Höhenmodell (1 m).

Daher wurden drei Höhenmodelle mit unterschiedlicher Auflösung verwendet, einerseits ein hochauflösender Laserscan mit 1 m Rasterweite (DGM 1 m), andererseits ein DHM mit 10 m Rasterweite (DHM 10 m). Außerdem wurde ein Höhenmodell mit einer Rasterweite von 10 m aus dem 1 m Laserscan generiert (DGM 10 m).

2.3. Feldkartierung

Mittels detaillierten Feldkartierungen wurden lineare Abflusswege kartiert. (Abbildung 2) zeigt einen solchen Abflussweg, dieser Entwässerungsgraben führt direkt in das Fließgewässer, Oberflächenabfluss der sich in diesem Graben konzentriert wird also nicht über einen Gewässerrandstreifen geleitet und so auch nicht gefiltert. Teileinzugsgebiete oberhalb derartiger Abflussstrukturen wurden berechnet und im Weiteren als ungeschützte Gebiete bezeichnet. Die Ermittlung der Abflussstrukturen erfolgte automatisiert im GIS (Variante ohne Fließwege). In einem weiteren Schritt wurden die im Gelände kartierten linearen Fließwege in die über GIS automatisiert ermittelten Fließwege integriert (Variante mit Fließwege) – diese Variante gibt die tatsächliche hydrologische Situation bestmöglich wieder.

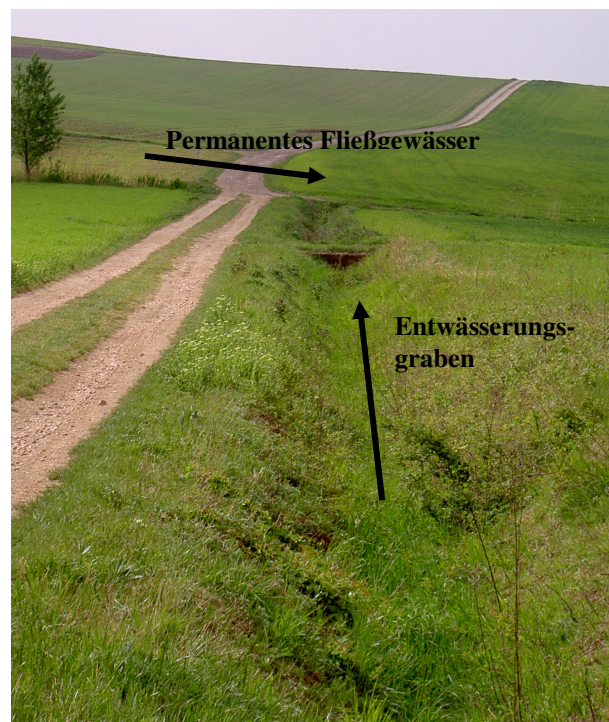


Abbildung 2: Beispiel linearer Abflussweg, Entwässerungsgraben am Russbach (Hösl, 2009)

2.4. Fließwegeberechnung

Für die GIS-gestützte Berechnung der oberflächlichen Abflusswege wurden zwei verschiedene Algorithmen verwendet. Einer der gebräuchlichsten Algorithmen für derartige Berechnungen ist der sogenannte D8-Algorithmus (O'Callaghan und Mark, 1984). Dabei wird Abfluss

von einem Pixel in eines der acht Nachbar-Pixel geleitet, das den steilsten Gradienten hangabwärts aufweist. Der zweite verwendete Algorithmus, der D-Infinity (TARBOTON 1997), teilt den Abfluss proportional auf die zwei nächst hangabwärts gelegenen Pixel auf, abhängig davon wie nah die Fließrichtung zum direkten Winkel des tiefstgelegenen Nachbarpixels liegt.

3. Ergebnisse

Stellvertretend werden im Anschluss die Ergebnisse eines der fünf Testgebiete (Russbach 2) dargestellt. In Tabelle 1a werden die Ergebnisse auf Datenbasis von DGM 1 m für das Testgebiet Russbach 1 stellvertretend dargestellt. Zwischen den verwendeten Algorithmen (D8 und D-Infinity) lässt sich annähernd kein Unterschied feststellen. Die Einbeziehung der im Gelände erhobenen Fließwege (Variante mit Fließwege) hatte allerdings großen Einfluss auf die Resultate. Mittels automatisierter Fließweggenerierung konnten nur etwa die Hälfte der ungeschützten Teileinzugsgebiete ausgemacht werden, etwa 20 %. Unter Berücksichtigung der im Gelände kartierten Fließwege (D8 mit Fließwege und D-Inf mit Fließwege) wurde annähernd 40 % des Testgebietes als ungeschützt ausgewiesen.

Tabelle 1b und 1c geben die Ergebnisse wieder, die mittels der grobmaschigen Höhenmodelle DHM 10 m und DGM 10 m berechnet wurden. Durch die Verwendung größerer Auflösung konnte kein ungeschütztes Teileinzugsgebiet ermittelt werden. Auch hier zeigt sich, dass die mit den unterschiedlichen Fließrichtungsalgorithmen (D8, D-Inf) erzielten Ergebnisse sich kaum voneinander unterscheiden. Im Gegensatz dazu weisen die beiden unterschiedlichen Kartierungsvarianten (mit Fließwege, ohne Fließwege) eindeutige Unterschiede auf.

In einem weiteren Schritt wurde die Straßennetzlänge der jeweiligen Testgebiete berechnet. Wie in Abbildung 3 zu sehen ist, korreliert die Straßennetzlänge positiv mit dem Anteil an ungeschützten Teil-Einzugsgebieten.

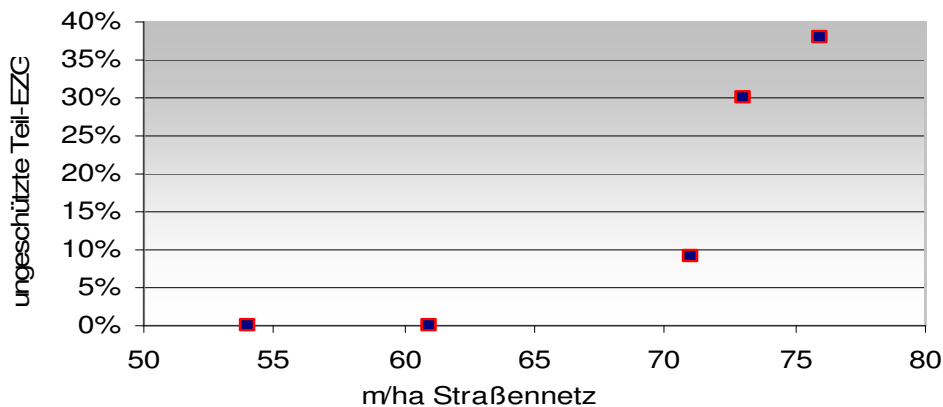


Abbildung 3: Verhältnis der Straßennetzlänge zu den ungeschützten Teil-EZG

4. Zusammenfassung

Ziel dieser Studie war es, die Effektivität von Gewässerrandstreifen in Abhängigkeit ihrer Lage in einem Einzugsgebiet zu evaluieren. Es stellte sich die Frage, ob eine automatisierte Ermittlung der Abflusswege ausreicht, um ein zufriedenstellendes Bild der hydrologischen Abflusssituation in einem Einzugsgebiet zu erhalten, oder ob es einer Kartierung im Gelände bedarf. Durch eine detaillierte Kartierung in fünf kleinräumigen Testgebieten wurden linearen Abflusswege erhoben, entlang derer sich Oberflächenabfluss konzentriert.

Tabelle 1: Ergebnisse des Testgebietes Russbach 2; a) Datenbasis: DGM 1 m, b) Datenbasis: DHM 10 m, c) Datenbasis: DGM 10 m (HÖSL, 2009)

a)

Russbach 2 Einzugsgebietsgröße: 228 ha				
Datenbasis: DGM 1 m				
Algorithmus/Variante	geschützt		ungeschützt	
	in ha	in %	in ha	in %
D8 ohne Fließwege	186	82	42	18
D8 mit Fließwege	141	62	87	38
D-Inf ohne Fließwege	186	81	42	19
D-Inf mit Fließwege	142	62	86	38

b)

Datenbasis: DHM 10 m				
Algorithmus/Variante	geschützt		ungeschützt	
	in ha	in %	in ha	in %
D8 ohne Fließwege	228	100	0	0
D8 mit Fließwege	138	61	90	39
D-Inf ohne Fließwege	228	100	0	0
D-Inf mit Fließwege	138	61	90	39

c)

Datenbasis: DGM 10 m				
Algorithmus/Variante	geschützt		ungeschützt	
	in ha	in %	in ha	in %
D8 ohne Fließwege	228	100	0	0
D8 mit Fließwege	145	64	83	36
D-Inf ohne Fließwege	228	100	0	0
D-Inf mit Fließwege	145	64	83	36

Aus dem Vergleich zwischen der automatisierten Fließwegegenerierung und den Berechnungen mit integrierten Abflussstrukturen ergaben sich deutliche Unterschiede (siehe Tabelle 1), die den Schluss ziehen lassen, dass sich die hydrologische Abflusssituation ohne Kartierungen im Feld kaum zufrieden stellend nachbilden lässt.

Dieses Ergebnis soll die Wichtigkeit einer genauen Beobachtung der tatsächlichen Abflusssituation in einem Einzugsgebiet verdeutlichen, vor allem in Hinblick auf die Anlage von Gewässerrandstreifen.

Um der Frage nachzugehen, warum zwei Testgebiete keinerlei bevorzugte Abflusswege aufwiesen, wurden die Straßennetzlängen berechnet. Es zeigte sich, dass die Länge des Straßennetzes positiv mit dem Flächenanteil an ungeschützten Teileinzugsgebieten korrelierte. Daraus lässt sich schließen, dass vor allem stark anthropogen geprägte Regionen von linearen Abflussstrukturen betroffen sind. Die limitierende Förderung von Gewässerrandstreifen durch ÖPUL 2007 nur entlang von permanent wasserführenden Fließgewässern wird daher als kritisch bewertet, eine flexiblere, individuelle Installation von Gewässerrandstreifen wäre hier sinnvoll.

Literatur

- BACH, M., FABIS, J., FREDE, H. G., et al, 1994a: Kartierung der potentiellen Filterfunktion von Uferstreifen. 1. Teil: Methodik der Kartierung. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 35(3), 148-154.
- BACH, M., FABIS, J., FREDE, H. G., et al, 1994b: Kartierung der potentiellen Filterfunktion von Uferstreifen. 2. Teil: Kartierung eines Flußeinzugsgebietes im Mittelgebirgsraum. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 35(3), 155-164.
- CORELL, D. L., 2005: Principles of planning and establishment of buffer zones. Ecological Engineering 24, 433-439
- DORIOZ, J. M., WANG, D., POULENARD, J., et al, 2006: The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics- A critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscape in France. Agriculture, Ecosystems and Environment 117, 4-21
- HÖSL, R. 2009: Analyse von linearen Abflusswegen und deren Einfluss auf die Effektivität von Gewässerrandstreifen, Diplomarbeit, Universität Wien.
- HUSSEIN, J., YU, B., GHADIRI, H., et al, 2007: Prediction of surface flow hydrology and sediment retention upslope of a vetiver buffer strip. Journal of Hydrology 338(3-4), 261-272
- LEBENSMINISTERIUM, 2010, www.lebensministerium.at, Zugriff: Juli 2010.
- LIN, C. Y., CHOU, W. C., LIN, W. T., 2002: Modeling the width and placement of riparian vegetated buffer strips: a case study on the Chi-Jia-Wang Stream, Taiwan. Journal of Environmental Management 66, 269-280.
- LIN, Y. F., LIN, C. Y., CHOU, W. C. et al., 2004: Modeling of riparian vegetated buffer strip width and placement: A case study in Shei Pa National Park, Taiwan. Ecological Engineering 23, 327-339.
- MCKERGOW, L. A., WEAVER, D. M., PROSSER, I. P, et al, 2003: Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural catchment, Western Australia. Journal of Hydrology 270, 253-272.
- MUÑOZ-CARPENA, R., PARSONS, J. E., GILLIAM, J. W., 1993: Numerical Approach to the Overland Flow Process in Vegetative Filter Strips. American Society of Agricultural Engineers 36(3), 761-770.
- POPOV, V. H., CORNISH, P. S., SUN, H., 2006: Vegetated biofilters: The relative importance of infiltration and adsorption in reducing loads of water-soluble herbicides in agricultural runoff.
- SAHU, M., GU, R. R., 2009: Modeling the effects of riparian buffer zone and contour strips on stream water quality. Ecological Engineering 35, 1167-1177.
- TARBOTON, D. G., 1997: A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. Water Resources Research 33(2), 309-319.
- TARBOTON, D., G., 2008: Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM). Online in <http://hydrology.neng.usu.edu/taudem/taudem3.1/> Access: 27.6.2009.
- Agriculture, Ecosystems and Environment 114, 351-359.
- TOMER, M. D., JAMES, D. E., ISENHART, T. M., 2003: Optimizing the placement of riparian practices in a watershed using terrain analysis. Journal of Soil and Water Conservation 58(4), 198-206.
- VERSTRAETEN, G., POESEN, J., GILLIJNS, K., et al, 2006: The use of riparian vegetated filter strips to reduce river sediment loads: an overestimated control measure? Hydrological Process 20, 4259-4267.

TRANSPIRATION IM WINTER – IN ZUKUNFT EIN PROBLEM FÜR DIE FICHTE?

Karl GARTNER

Institut für Waldökologie und Boden, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Seckendorff-Gudentweg 8. 1131 Wien

Kurzfassung

Die Sicherstellung einer ausreichenden Wasserversorgung der heimischen Wälder wird zukünftig an Bedeutung gewinnen. Vorhersagen über den Klimawandel in Österreich lassen diesen Schluss zu. Neben einer als sicher geltenden Temperaturerhöhung könnte es auch zu einem mehr oder weniger ausgeprägten Niederschlagsrückgang kommen. Somit würde es für Bäume immer schwieriger werden, den durch die gestiegenen Temperaturen erhöhten Verdunstungsanspruch zu decken. Baumarten mit einem seichten Wurzelsystem und ganzjährig möglicher Transpiration wie die Fichte würden diesbezüglich stärker benachteiligt sein.

In einer Langzeitstudie an einem Standort im Commendewald nahe Fürstenfeld in der südöstlichen Steiermark wird der unterschiedliche Wasserverbrauch von Birke und Fichte schon seit 2001 untersucht. Mit Hilfe von durchgehenden Bodenfeuchtemessungen unter beiden Baumarten und auch zeitweilig durchgeführten Saftstrommessungen wird versucht, den unterschiedlichen Wasserverbrauch abzuschätzen.

Aus den differenzierenden Bodenfeuchteverhältnissen, die sich im Winterhalbjahr immer wieder zeigen, aber auch aus direkten Saftstrommessungen kann gezeigt werden, dass sich die Fichte während dieser Zeit nicht durchgehend in Winterruhe befindet, sondern unter bestimmten Voraussetzungen transpiriert und damit Wasser verbraucht. Dies ist vor allem in wärmeren Wintermonaten der Fall.

Da solche Witterungsbedingungen in Zukunft häufiger auftreten werden, ist davon auszugehen, dass es im Winter auch vermehrt zu Transpiration der Fichte kommen wird. Wenn dieser Wasserverbrauch durch ausreichenden Niederschlag gedeckt werden kann, stellt dies kein Problem dar. Problematisch könnte es für die Fichte aber werden, wenn die Wintermonate nicht nur wärmer, sondern auch trockener werden sollten. Dann hätten Fichten gegenüber Laubbaumarten den gravierenden Nachteil, dass sie einen Teil des Bodenwasservorrats schon im Winterhalbjahr verbraucht haben, bevor die Vegetationsperiode erst begonnen hat. Damit könnte es bei der Fichte während des Sommers schon viel früher zu Trockenheit kommen als dies bei Laubbaumarten, die zumeist auch noch tiefer wurzeln können, der Fall ist.

Abstract

In the future it will be more and more important to ensure the water supply of the Austrian forests. Regional forecasts concerning climate change scenarios for Austria confirm this prediction. In addition to a rise of air temperature, which seems to be quite certain, a more or less pronounced reduction of precipitation could occur. For this reason it would become more and more difficult for the trees to satisfy the higher evaporative demand resulting from increasing air temperatures. Tree species with shallow rooting systems and the potential to transpire throughout the whole year like Norway spruce would be more disadvantaged.

In a long term study at a site in the “Commendewald” near Fürstenfeld in the south east of Styria the different water consumption of birch and Norway spruce is investigated since 2001. It is tried to estimate the differences in the water consumption with the help of continuous measurements of the soil water content under birch and spruce and temporary performed sap flow measurements of single trees.

It can be shown by the different soil water conditions in the winter half year and also directly by measuring the sap flow that Norway spruce is not continuously in winter dormancy but can transpire under certain conditions using water. This occurs very often during warm winter months.

As such warm weather conditions will occur more frequently in the future, it can be assumed that transpiration of Norway spruce during winter time will happen more often. This will not be probelematic, if this additional water demand can be satisfied by adequate precipitation. However, if the winter months become not only warmer but also drier, the situation for Norway spruce will become more and more critical. In this case Norway spruce would have the serious handicap that it has already used a part of the soil water reservoir during the winter time before the vegetation period has started. For this reason drought could occur much earlier during the summer time than for deciduous trees, which in addition very often have a deeper rooting system than Norway spruce.

1. Einleitung

Zahlreiche Arbeiten beschreiben die möglichen Folgen einer Klimaänderung auf die österreichische Forstwirtschaft. So befassen sich Niedermayer et al. (2007) mit den Auswirkungen des Klimawandels auf die Artenvielfalt, Seidl et al. (2008) und (2009) mit der Entwicklung der Borkenkäferkalamitäten bei verändertem Klima und Lexer et al. (2002) mit der Vulnerabilität des österreichischen Waldes gegenüber dem Klimawandel.

Zu den Konsequenzen eines durch den Klimawandel veränderten Wasserhaushalts auf die österreichischen Wälder gibt es bis jetzt nicht sehr viele klare Aussagen. Für Österreich schätzen z.B. Kazda & Englisch (2005) Risikogebiete der Fichte auf Grund von Trockenheit ab. Dabei werden die jährliche Temperatursumme und das jährliche Niederschlagsangebot als Maß für dieses Risiko herangezogen. Allerdings sind diese Risikogebiete für die derzeitigen Klimabedingungen und nicht für prognostizierte, zukünftige Bedingungen ausgewiesen.

Dabei sind für Österreich recht deutliche Änderungen der für den Wasserhaushalt relevanten Größen zu erwarten. Nach einer jüngsten Studie von Loibl et al. (2009) im Rahmen des Reclip:More Projekts wird es in der Dekade 2041-2050 im Jahresschnitt um etwas mehr als 2°C wärmer sein als während der Vergleichsperiode 1981-1990. Die Niederschläge könnten sich im Winter erhöhen, sollten im Sommer und Herbst aber deutlich abnehmen, sodass es über das ganz Jahr betrachtet zu einer Abnahme des Niederschlages gegenüber heute käme. Die Aussagen bezüglich der Niederschlagsänderung sind jedoch noch mit relativ großer Unsicherheit behaftet.

Eine solche Erhöhung der Lufttemperatur und Änderung der Niederschlagsverteilung während des Jahres in Folge des Klimawandels wird sich auf unsere heimischen Baumarten unterschiedlich auswirken. Vor allem nicht an den Standort angepasste Baumarten, wie die im Flach- und Hügelland häufig anzutreffende Fichte werden dadurch Probleme bekommen. Für

die Fichte ist der durch die höheren Temperaturen bewirkte, erhöhte Wasserverbrauch im Sommer allein schon problematisch. Diese kritische Situation könnte sich aber noch durch eine bei höheren Temperaturen möglicherweise vermehrt auftretende Transpiration im Winter verschärfen.

Um solche Fragen beantworten zu können, wird in einer Langzeitstudie an einem Standort im Commendewald nahe Fürstenfeld in der südöstlichen Steiermark der unterschiedliche Wasserverbrauch von Birke und Fichte schon seit rund zehn Jahren untersucht.

2. Standort und Methoden

Die Versuchsfläche liegt auf einer Terrasse (Präwürm, Flügel & Neubauer (1984)) in 320 m Seehöhe im Commendewald nordöstlich der Stadt Fürstenfeld im Südosten der Steiermark.

Das Klima des Standortes ist mit relativ warmen Sommern und kühlen Wintern eher kontinental geprägt. Das Niederschlagsmaximum ist im Frühsommer. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 8.8°C, der mittlere Jahresniederschlag 765 mm.

Der Standort ist durch sehr tiefgründige Stagnogleye (mit Tiefen bis zu 3 Metern) und hohe Tongehalte im Mineralboden ab 40 cm charakterisiert. Solche Staublehmböden sind für die Region charakteristisch. Die potentielle natürliche Waldgesellschaft ist ein Eichen-Hainbuchen Wald (*Quercus robur*-Carpinetum, Wraber (1969)). Nach einem Windwurf im Jahr 1984 entwickelte sich im Rahmen der natürlichen Sukzession aus dem Fichtenreinbestand der mittlerweile 25 Jahre alte Mischbestand bestehend aus Aspe in der Oberschicht, Birke und Erle in der Mittelschicht und Fichte in der Unterschicht.

Birken und Fichten bilden zum Teil homogene Ökogruppen mit Flächen von etwa 200 m². In jeweils zwei solcher Gruppen mit Birke und Fichte wird neben der Bodentemperatur die Bodenfeuchte in drei verschiedenen Tiefen (15, 30 und 50 cm) kontinuierlich aufgezeichnet (Abbildung 1).

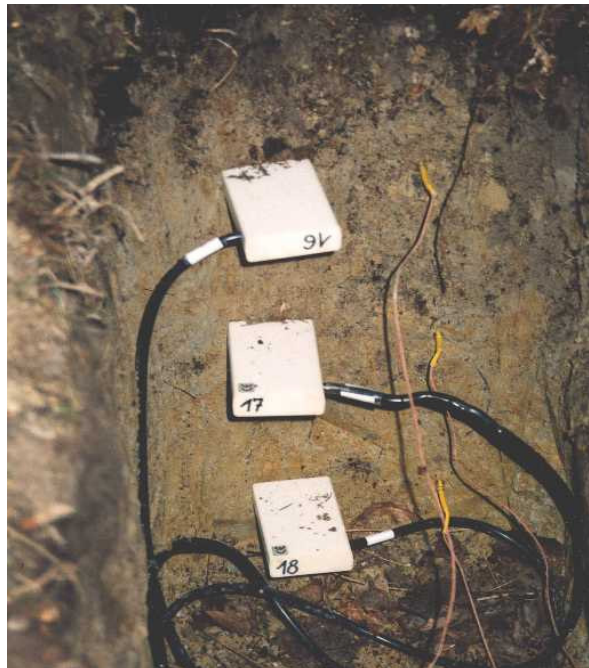


Abbildung 1: Sensoren für Bodenfeuchte (links) und Bodentemperatur (rechts).

Die Messung der Bodentemperatur erfolgt mit selbst hergestellten Thermoelementen des Typs Kupfer-Constantan. Als Referenztemperatur für die Thermoelemente dienen Widerstandsthermometer des Typs 107 der Firma Campbell Scientific. Zusätzliche Informationen zu den Bodentemperaturmessungen finden sich bei Gartner & Ghahremani (2005).

Die Erfassung der Bodenfeuchte erfolgt mittels Bodenfeuchtesonden des Typs CS615 der Firma Campbell Scientific. Diese Sonden benutzen die sogenannte FDR (Frequency Domain Reflectometry) Technik. Die Frequenz eines von einer Sonde ausgesendeten elektromagnetischen Signals wird nach dessen Durchgang durch das Medium (in diesem Fall der Boden) gemessen und ist von der Dielektrizitätskonstanten des Mediums abhängig. Da Wasser eine sehr hohe Dielektrizitätskonstante gegenüber der Bodenmatrix besitzt, kann damit der Wassergehalt des Bodens bestimmt werden.

Die Werte von Bodentemperatur und Bodenfeuchte werden mit Hilfe eines Datenloggers des Typs CR10X der Firma Campbell Scientific im Viertelstundenintervall gemessen und aufgezeichnet. Die Bodentemperatur wird zur Korrektur des Bodenfeuchtwerts benutzt, da die von der Firma Campbell angegebene Berechnungsprozedur für die Bodenfeuchte von der Bodentemperatur abhängig ist.

Die Messungen der Bodenfeuchte und der Bodentemperatur wurden im Mai 2000 begonnen und laufen mit Ausnahme von kleineren Unterbrechungen durch Messausfälle durchgehend bis heute. Damit ganze Jahre verglichen werden können, wird in dieser Arbeit der Zeitraum Jänner 2001 bis Dezember 2009 betrachtet.

In den Jahren 2001 bis 2004 wurden neben der Erfassung der Bodenfeuchte und Bodentemperatur auch Saftstrommessungen mit Hilfe der so genannten Heat Field Deformation (HFD) – Methode (Nadezhdina et al., (1998)) durchgeführt. Diese Methode basiert auf der Erfassung der Verformung eines Wärmefeldes, das durch eine Heiznadel, die am Baumstamm installiert wird, künstlich erzeugt wird. Mit Hilfe von in einer speziellen Anordnung angebrachten Thermoelementen wird dieses Wärmefeld erfasst und mit einer empirisch ermittelten Formel der Saftstrom errechnet. Weitere Details zu dieser Methode können der Arbeit von Gartner et al. (2009) bzw. Nadezhdina et al. (1998) entnommen werden.

3. Ergebnisse und Diskussion

Vergleicht man die an der Klimastation Fürstenfeld (Daten der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik) in den Jahren 2001 bis 2009 gemessene Lufttemperatur mit den langjährigen Mittelwerten, so ist auffällig, dass bis auf das Jahr 2005 die Sommermonate allesamt zu warm waren (Abbildung 2a). Besonders deutlich sticht der Sommer 2003 heraus, wo im Juni und August Rekordwerte der Temperatur verzeichnet wurden. Weiters waren aber auch die Winter 2006/2007 und 2007/2008 deutlich zu mild. Einzig und allein der Winter 2005/2006 war klar kälter als normal.

Ein Vergleich der Niederschlagsmengen während des Untersuchungszeitraums zeigt ein weniger einheitliches Bild. In den Jahren 2001 und 2003 gab es sehr trockene Sommer, ab dem Jahr 2004 waren die Sommermonate deutlich feuchter. Den disbezüglichen Höhepunkt lieferte der Juni des vergangenen Jahres, wo Rekordniederschlagsmengen von über 100 mm an einem einzigen Tag zu Überschwemmungen führten. Dagegen blieben die Winter 2001/2002, 2004/2005 deutlich zu trocken.

Die erwähnten deutlichen Abweichungen vom langjährigen Mittelwert der Temperatur und des Niederschlags spiegeln sich naturgemäß auch in der Zeitreihe der Bodenfeuchte wider. Während der Sommer 2001 und 2003 trocknete der Boden besonders stark aus, wobei im Jahr 2003 die Austrocknung aufgrund der großen Hitze auch noch in größere Tiefen besonders deutlich zu erkennen ist (Abbildung 3).

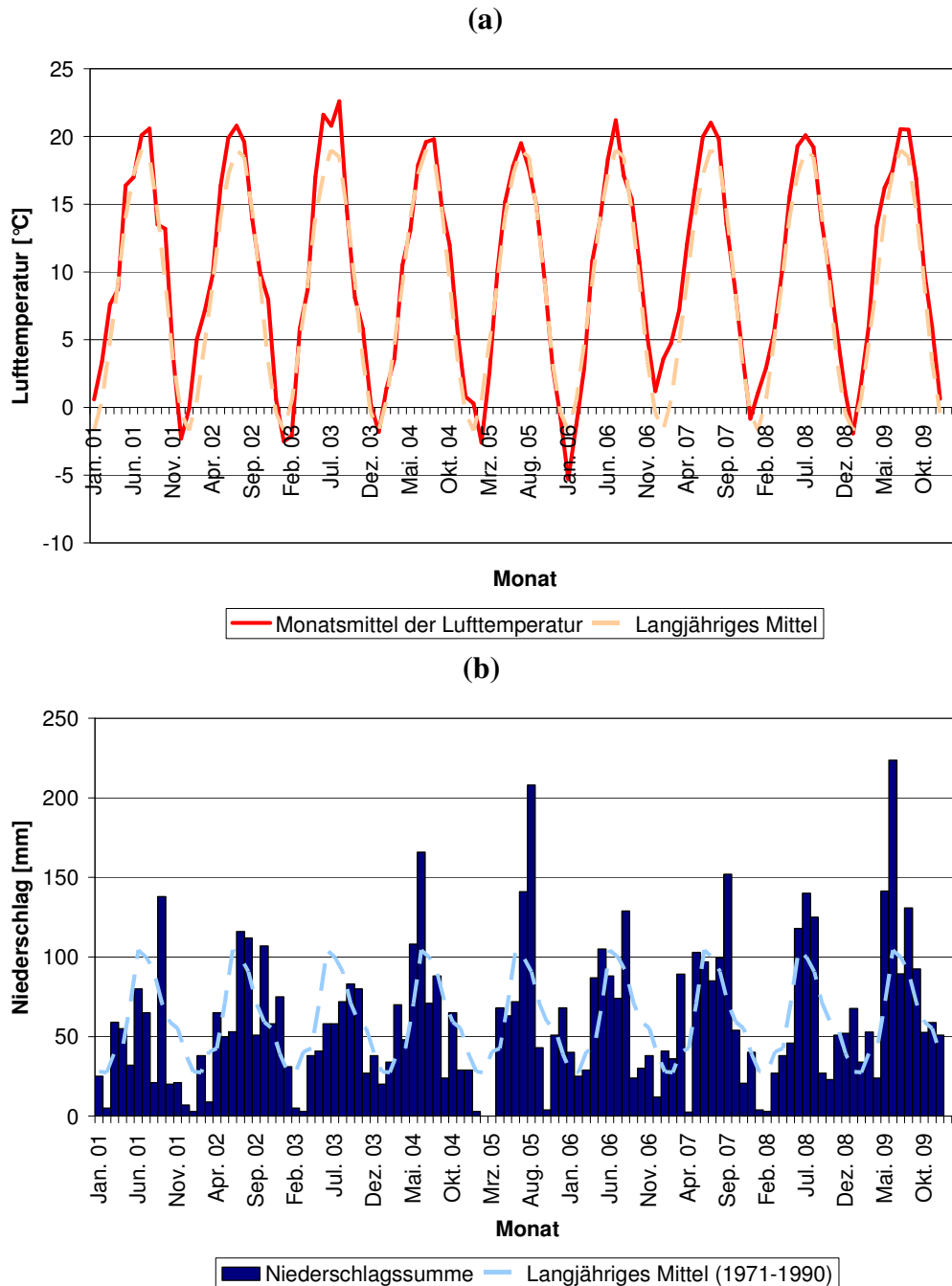


Abbildung 2: Vergleich der langjährigen Werte für Lufttemperatur (a) und Niederschlag (b) mit den jeweiligen Monatsmittel bzw. Summen für die Jahre 2001-2009 der Klimastation Fürstenfeld (Quelle: ZAMG)

Umgekehrt erreichte der Boden während des Winters 2001/2002 bei weitem nicht die im Winter üblichen hohen Bodenfeuchtwerte; es gab somit praktisch keine „Winterfeuchte“.

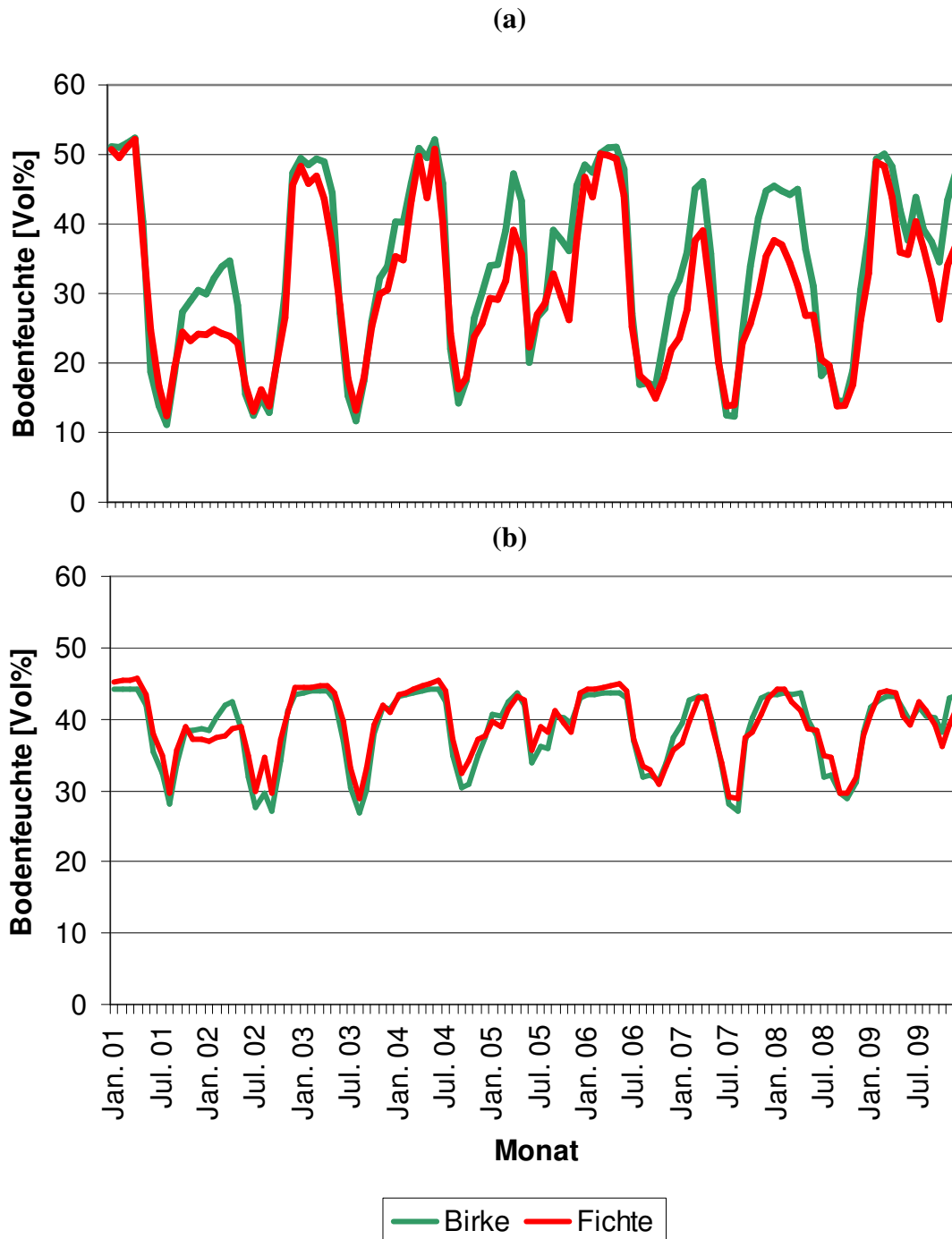


Abbildung 3: Monatsmittelwerte der registrierten Bodenfeuchte unter Birken und Fichten in 15 cm (a) und 50 cm (b) im Zeitraum 2001-2009

Die größten Unterschiede zwischen der Bodenfeuchte unter den in dieser Arbeit untersuchten Baumarten Birke und Fichte treten während des Winters auf. Diese nehmen mit zunehmender

Tiefe ab (Abbildung 3). Auffallend ist dabei, dass die Unterschiede in denjenigen Winterhalbjahren am größten sind, in denen es besonders trocken (Winter 2001/2002 und 2004/2005) oder besonders warm war (Winter 2006/2007 und 2007/2008).

Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen ist die größere Interzeption von immergrünen Nadelwäldern gegenüber Laubwäldern (Brechtel & Pavlov (1977), Balasz (1983), Benecke (1984)). Vor allem bei geringeren Niederschlagsintensitäten erreicht bei Fichten ein großer Anteil des Niederschlags den Boden nicht, sondern verdunstet direkt von der Baumoberfläche. So berichten zum Beispiel auch Schume et al. (2004) in ihrer Kreisbach-Studie, dass der Boden unter den Fichten zu Beginn des Frühjahrs in allen betrachteten Bodenschichten trockener war als unter der Vergleichsbaumart Buche. Sie schrieben dies vor allem dem unterschiedlichen Interzeptionsverhalten beider Baumarten zu.

Eine weitere Möglichkeit diese Unterschiede zu erklären ist aber auch die Tatsache, dass die Fichte während der Wintermonate bei entsprechender Witterung transpirieren und damit Wasser verbrauchen kann (Schaberg et al. (1995), Boyce & Lucero (1999), Boyce & Saunders (2000)). Die Birke kann dagegen wegen der im Winterhalbjahr fehlenden Blattmasse kein Wasser durch Transpiration verlieren.

Ein solcher Wasserverbrauch im Winter kann natürlich nur dann erfolgen, wenn der Boden nicht gefroren ist. Bodenfrost tritt am Standort in den gemessenen Tiefen praktisch nie auf (vgl. dazu auch Gartner & Ghahremani (2005)). Wäre der Boden gefroren und die Umgebungsluft dagegen warm genug für eine Transpiration, könnte es zu sogenannten Frosttrockniserscheinungen kommen, d.h. die Fichten haben zwar Transpirationsbedarf, aus dem gefrorenen Boden kann aber kein Wasser entzogen werden (Larcher (1994)). So können die Fichten in Fürstenfeld jedoch vor allem im Spätwinter, wenn die Sonneneinstrahlung bereits relativ stark ist, bei entsprechenden Temperaturen ungehindert transpirieren und damit Wasser verbrauchen. Damit kommt es, wenn eine Schönwetterperiode länger andauert, zu den deutlich ausgeprägten Unterschieden in der Bodenfeuchte.

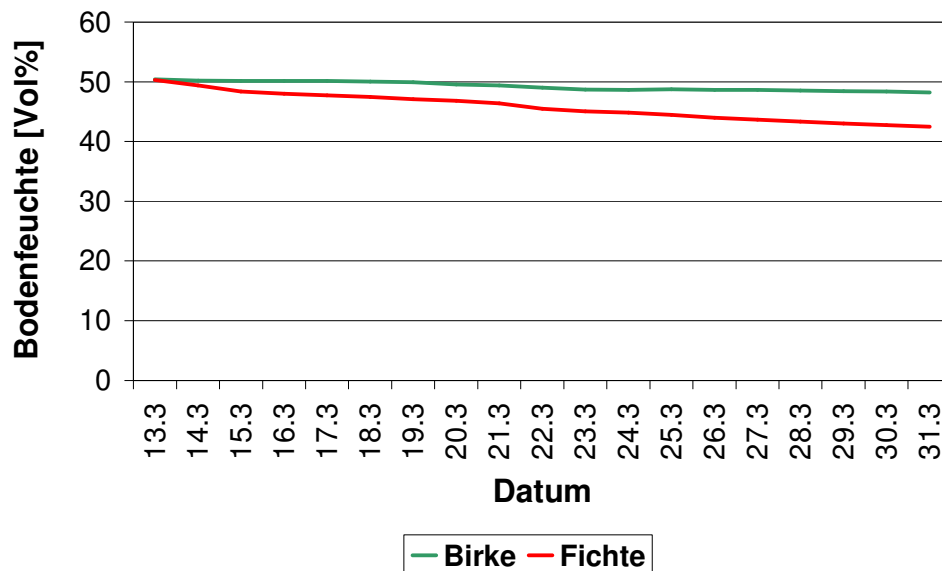
Solche zum Teil beachtenswerten Transpirationraten bei der Fichte konnten in einem Spätwinter im Zuge der Saftstrommessungen auch nachgewiesen werden (siehe Abbildung 4). In diesem Fall wurden die Saftstrommessungen an einer einzelnen Fichte über den gesamten Winter 2002/2003 weitergeführt.

Der März 2003 war um etwa ein Grad wärmer als normal. Vor allem die zweite Monatshälfte brachte mit Maximaltemperaturen von knapp über 20 °C ungewöhnlich hohe Temperaturen mit sich. Da zu diesem Zeitpunkt noch keine Birkenblätter entwickelt waren, konnten diese auch noch nicht transpirieren; die Bodenfeuchte unter den Birken blieb daher praktisch konstant.

Ganz anders ist die Situation bei den Fichten. Schon zu Beginn des Monats (in Abbildung 4 nicht dargestellt) beginnt die Fichte zu transpirieren. Ab der Monatsmitte wird dies auch im Bodenfeuchteverlauf sichtbar. Vom Ausgangsniveau der Birke ausgehend, sinkt die Bodenfeuchte unter den Fichten kontinuierlich ab. In den letzten Märztagen ist der gemessene Saftstrom wegen der sehr hohen Temperaturen mit Werten im Mai oder Juni dieses Jahres vergleichbar. Dies lässt den Unterschied der Bodenfeuchte zwischen Birke und Fichte auf bis zu sechs Volumsprozent ansteigen. Dieser Unterschied in der Bodenfeuchte bleibt über längere Zeit aufrecht und ändert sich erst nachdem sich das Laub der Birken voll entwickelt hat und die erste große Hitzewelle im Juni 2003 ausbricht. Durch den starken Wasserbedarf der Birken in dieser Phase geht die Bodenfeuchte unter den Birken rascher zurück als unter

den Fichten, sodass sich ab Mitte Juni 2003 die Situation umkehrt. Weitere Besonderheiten im Bodenfeuchteverlauf bzw. im Saftstrom der beiden Baumarten in diesem aussergewöhnlich heißen Sommer 2003 können der Arbeit von Gartner et al. (2009) entnommen werden.

(a)



(b)

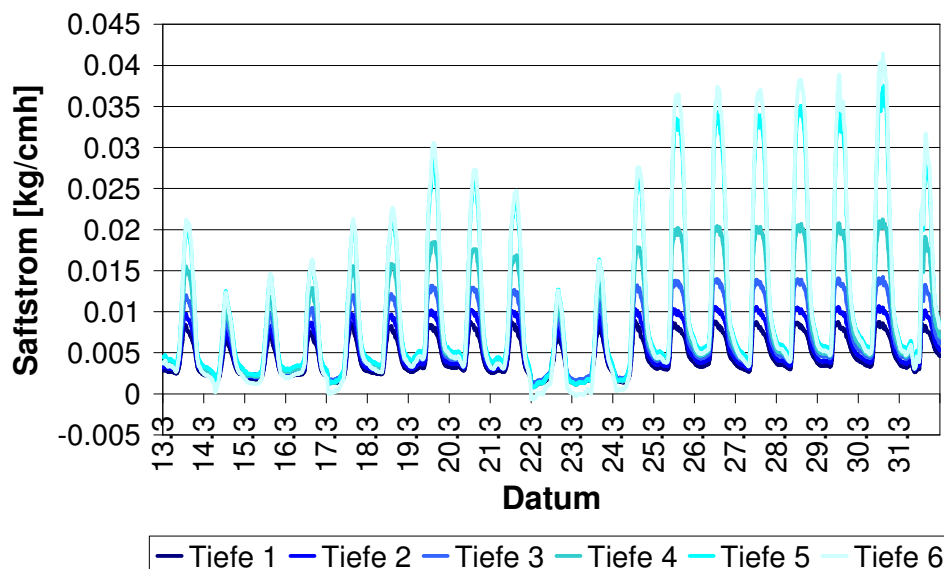


Abbildung 4: (a) Bodenfeuchte unter Birken und Fichten in 15 cm, (b) Saftstrom in sechs verschiedenen Tiefen im März 2003.

4. Schlussfolgerungen

Die mittlerweile relativ lange Zeitreihe der Bodenfeuchte im Commendewald bei Fürstenfeld zeigt sehr eindeutig, dass es mitunter recht deutliche Unterschiede im Wasserverbrauch der beiden untersuchten Baumarten Birke und Fichte gibt. Die Unterschiede in der Bodenfeuchte

sind vor allem dann groß, wenn im Winter zuwenig Niederschläge fallen oder wenn es unverhältnismäßig warm ist.

Bei geringen Niederschlagsmengen spielt die unterschiedliche Interzeption der beiden Baumarten eine Rolle. Die Nadeln der Fichte halten deutlich mehr Niederschlagswasser zurück als die zu dieser Zeit unbelaubten Birken.

Ist der Winter dagegen unverhältnismäßig warm, spielt die Eigenschaft der Fichte, ihre Nadeln im Winter nicht zu verlieren und damit auch in dieser Zeit Photosynthese betreiben und damit transpirieren zu können, eine große Rolle. Die Größenordnung der Saftströme als Maß für diese Transpiration und deren Folge auf die Bodenfeuchteverhältnisse konnte mit Hilfe von Saftstrommessungen ermittelt werden.

Damit lassen sich für die Folgen einer Klimaänderung auf einen Fichtenstandort im Flach- und Hügelland (ähnlich dem Commendewald) einige Rückschlüsse ziehen. Es ist davon auszugehen, dass die Lufttemperaturen in Zukunft weiter ansteigen werden. Dieser Temperaturanstieg wird sich nicht nur auf den Sommer beschränken, sondern auch im Winter erfolgen (Loibl et al. (2009)). Dies wird zur Folge haben, dass Warmwetterphasen, wie die oben beschriebenen, häufiger auftreten werden. Dies bedeutet aber auch, dass die Fichte im Winter in Zukunft häufiger Wasser durch Transpiration verbrauchen wird. Den Laubbäumen, die wegen des fehlenden Laubs einen solchen Wasserverbrauch nicht aufzuweisen haben, steht dadurch zu Beginn der Vegetationsperiode mehr Bodenwasser als den Fichten zur Verfügung.

Im wesentlichen wird es davon abhängen wie schwer dieser Nachteil tatsächlich zu tragen kommt, ob dieser zusätzliche Wasserbedarf der Fichten im Winter durch ein erhöhtes Niederschlagsangebot, wie es von Loibl et al. (2009) prognostiziert wird, ausgeglichen werden kann oder nicht.

Auf alle Fälle ist in Zukunft durch die zu erwartende Verlängerung der Vegetationsperiode (Menzel & Fabian (1999)) und die erhöhten Lufttemperaturen, ein größerer Wasserbedarf für alle Baumarten zu erwarten. Die Risikogebiete (Kazda & Englisch (2005)) der flach wurzelnden Fichte, die oft nur einen Teil der Bodenwasserreserven nutzen kann, werden dadurch auf jeden Fall größer werden als sie es jetzt schon sind.

5. Literatur

Balasz, A. (1983): Interzeptionsverdunstung des Waldes im Winterhalbjahr als Bestimmungsgröße des nutzbaren Wasserdargebots. Beiträge zur Hydrologie, Kirchzarten.

Benecke, P. (1984): Der Wasserumsatz eines Buchen- und eines Fichtenwaldökosystems im Hochsolling. Schriftenreihe der Forstl. Fak. Univ. Göttingen und d. Niedersächs. Vers.-anst. 77.

Boyce, R.L. und Lucero, S.A. (1999): Role of roots in winter water relations of Engelmann spruce saplings. Tree Physiology, Heron Publishing, Victoria, Canada, Band 19, S. 893-898.

Boyce, R.L. und Saunders, G.P. (2000): Dependence of winter water relations of mature high-elevation *Picea engelmannii* and *Abies lasiocarpa* on summer climate. Tree Physiology, Heron Publishing, Victoria, Canada, Band 20, S. 1077-1086.

Brechtel, H. M. und Pavlov, M.B. (1977): Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen in der Rhein-Main-Ebene. Hessische Forstliche Versuchsanstalt und Kuratorium für Wasser- und Kulturbauwesen.

- Flügel, H.W. und Neubauer, F. (1984): Steiermark, Geologie der Österreichischen Bundesländer in kurzgefassten Einzeldarstellungen. – Geologische Bundesanstalt, Wien, 127 Seiten.
- Gartner, K. und Ghahremani, M. (2005): Bodentemperaturen unter Birken und Fichten im Commendewald bei Fürstenfeld. Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Wien, Band 72: 25-133
- Gartner, K., Leitgeb, E., Nadezhdina, N., Englisch, M., Cermak, J. (2009): Sap flow of birch and Norway spruce during the European heat and drought in summer 2003. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, Amsterdam, Band 258, S. 590-599.
- Kazda, M. und Englisch, M. (2005): Definition of the conversion process priority. In: Oleskog G, Löf M (eds.) *The ecological and silvicultural bases for underplanting beech (Fagus sylvatica L.) below Norway spruce shelterwood (Picea abies L. Karst.)*. Schriftenreihe der Forstl. Fakultät der Universität Göttingen, Niedersächsische Forstliche Versuchsanstalt, Band 139, S. 13-19.
- Larcher, W. (1994): *Ökophysiologie der Pflanzen*. 5. Auflage, Ulmer, Stuttgart, 294 Seiten.
- Lexer, M.J., Hönninger, K., Scheifinger, H., Matulla, Ch., Groll, N., Kromp-Kolb, H., Schadauer, K., Starlinger, F., Englisch, M. (2002): The sensitivity of Austrian forests to scenarios of climatic change: a large-scale risk assessment based on a modified gap model and forest inventory data. *Forest Ecology and Management*, Elsevier, Amsterdam, Band 162, S. 53-72.
- Loibl, W., Züger, J., Köstl, M. (2009): *Reclip:More Kleinräumige Klimaszenarien für Österreich*. Standort, Berlin, Heidelberg, Band 33, S. 94-100.
- Menzel, A., Fabian, P. (1999): Growing season extended in Europe. *Nature*, Macmillan Publishers Ltd., New York, Band 397, S. 659.
- Nadezhdina, N., Čermak, J., Nadezhdin, V. (1998): Heat field deformation method for sap flow measurements. In: Čermak J, Nadezhdina N (Hrsg.): *Proceedings of the 4th. International Workshop on Measuring Sap Flow in Intact Plants*. IUFRO Publications, Publication House Mendel University Brno, Tschechien, S. 72-92.
- Niedermair, M., Lexer, M.J., Plattner, G., Formayer, H., Seidl, R. (2007): *Klimawandel und Artenvielfalt – Wie klimafit sind Österreichs Wälder, Flüsse und Alpenlandschaften?* Österreichische Bundesforste AG, 27 Seiten.
- Schaberg, P.G., Wilkinson, R.C., Shane, J.B., Donnelly, J.R., Cali, P.F. (1995): Winter photosynthesis of red spruce from three Vermont seed sources. *Tree Physiology*, Heron Publishing, Victoria, Canada, Band 15, S. 345-350.
- Schume, H., Jost, G., Hager, H. (2004): Soil water depletion and recharge patterns in mixed and pure forest stands of European beech and Norway spruce. *Journal of Hydrology*, Elsevier, Amsterdam, Band 289, S. 258-274.
- Seidl, R., Rammer, W., Jäger, D., Lexer, M.J. (2008): Impact of bark beetle (*Ips typographus* L.) on timber production and carbon sequestration in different management strategies under climate change. *Forest Ecology and Management* Elsevier, Amsterdam, Band 256, S. 209-220.
- Seidl, R., Schelhaas, M.J., Lindner, M., Lexer M.J. (2009): Modelling bark beetle disturbances in a large scale forest scenario model to assess climate change impacts and evaluate adaptive management strategies. *Regional Environmental Change*, Band 9, S. 101-119.
- Wraber, M. (1969): Über die Verbreitung, Ökologie und systematische Gliederung der Eichen-Hainbuchenwälder in Slowenien, *Feddes Repertorium*, Berlin, Band 79, S. 373-389.

LANGZEITENTWICKLUNG DER GRUNDWASSERNEUBILDUNG IM JAUNTAL/KÄRNTEN

Christian RESZLER^a, Walter POLTNIG^a, Till HARUM^a, Daniel BOGNER^b,
Jochen SCHLAMBERGER^c und Gerhard FREUNDL^d

^a Institut für Wasser, Energie und Nachhaltigkeit, Forschungsgruppe Wasser Ressourcen Management, Joanneum Research, Elisabethstraße 16/II, 8010 Graz

^b EP&P Umweltbüro GMBH, Bahnhofstraße 39, 9020 Klagenfurt

^c Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15 Geologie und Bodenschutz, Flatschacher Straße 70, 9020 Klagenfurt

^d Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 18 Wasserwirtschaftliche Planung, Flatschacher Straße 70, 9020 Klagenfurt

Kurzfassung

In dieser Arbeit wurde anhand des hydrologischen Modells MIKE SHE die Grundwasserneubildung für das Jauntal in Kärnten ermittelt. Es wurden Landnutzungsdaten erhoben und umfangreiche Bodenuntersuchungen durchgeführt. Aus der österreichischen Bodenkarte und den Bodenaufnahmen wurden 42 Pedohydrotope definiert, für welche auf Basis der Boden Grundparameter wie Bodentyp, Humusanteil etc. die charakteristischen bodenphysikalischen Parameter bestimmt wurden. Für den bis zu 70 m mächtigen ungesättigten Bereich unterhalb der Bodenzone wurden Sensitivitätsstudien durchgeführt, um die Dynamik der Grundwasserneubildung bei unterschiedlich gewählten hydraulischen Leitfähigkeiten zu analysieren. Schließlich wurde die im Simulationszeitraum ermittelte Gebietsverdunstung auf Jahresbasis mit Schätzformeln verglichen. Daraus wurden unter Heranziehen von HISTALP-Daten die Jahresreihen der Verdunstung und der daraus berechneten Grundwasserneubildung bis in das Jahr 1813 zurück verlängert. In der Langzeitbetrachtung zeigt sich ein abnehmender Trend seit Beginn des 20. Jahrhunderts, der im Großen und Ganzen dem Niederschlagstrend folgt. Die Abnahme beträgt im Gebietsmittel rd. 100 mm.

Summary

In this study the hydrological model MIKE SHE is used to simulate groundwater recharge for a period of 25 years in the Jauntal valley in Carinthia. The model set up is based on detailed land cover and soil data, derived by GIS based analyses (e.g. Austrian soil map) and field surveys. From the characteristic soil properties (sand/silt/clay fraction, humus fraction etc.) for 42 pedo-hydrotopes the main soil hydraulic parameters are found based on look up tables in literature. The total unsaturated zone reaches depths of up to 70 m and consists mostly of highly permeable sandy gravel. Sensitivity analyses are performed to analyse the influence of different hydraulic conductivities of the underground material on the groundwater recharge dynamics. The simulated groundwater recharge is then extended on an annual basis up to 200 years in the past using estimation formulas and long term meteorological parameters (HISTALP). The results show that groundwater recharge decreased since the beginning of the 20th century by app. 100 mm, following mainly a decrease in precipitation in this region.

1 Einleitung

Im Süden Österreichs stellt die Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag einen wichtigen Faktor für die Wasserwirtschaft dar, da die Nutzung vorwiegend aus Grundwasser erfolgt. Homogenisierte Reihen klimatologischer Parameter aus dem HISTALP-Datensatz (AUER et al., 2007) zeigen in der Region Süd-Ost einen ausgeprägten negativen Trend im Niederschlag für die letzten 100 Jahre. Auf Basis dieser Daten ergaben Wasserhaushaltsuntersuchungen im Bereich des Sattnitzplateaus auch einen entsprechenden klimabedingten Rückgang der Grundwasserneubildung, welcher durch Langzeitbeobachtungen von Quellschüttungen bestätigt wurde (HARUM et al., 2008). In ähnlicher Weise ist das Ziel dieser Studie im Rahmen des ETC-Alpine Space Projektes ALP-WATER-SCARCE die Ermittlung der Grundwasserneubildung für das Jauntal in Kärnten anhand eines hydrologischen Modells. Unter Verwendung der HISTALP-Daten wird diese dann bis zum Beginn des 19. Jhdts. verlängert, um Langzeittrends erkennen und bewerten zu können.

2 Untersuchungsgebiet und Daten

Das Jauntal in Kärnten ist geprägt von weitgehend ebenen Flächen aus späteiszeitlich abgelagerten Sanden und Kiesen. Die Landnutzung besteht aus Wald (Kiefern-Monokultur), zu rd. 49 % der Fläche, und Landwirtschaft, zu rd. 44 % der Fläche. Die vorherrschenden Anbauklassen sind Mais und Weizen; sie wurden zu einer Klasse zusammengefasst. Die restlichen 7 % sind Siedlungsflächen, welche in einer Klasse „Bebautes Gebiet“ zusammengefasst wurden. Der Versiegelungsgrad in den Ortschaften ist sehr gering. Das Untersuchungsgebiet besitzt eine Größe von etwa 120 km².

Im Gebiet wurden umfangreiche Bodenuntersuchungen durchgeführt. Diese konzentrierten sich vor allem auf die Waldböden, und die Bodeneigenschaften wurden mit jenen auf freien Flächen bzw. Lichtungen verglichen. Für die freien, vorwiegend durch Ackerbau genutzten Flächen wurden die Daten aus der österreichischen Bodenkarte (eBod) verwendet. Auf dieser Basis wurden 42 Pedohydrotope definiert. Für die Pedohydrotope wurden Bodengrundparameter wie Bodentyp (Anteil Sand/Schluff/Ton), Horizontaufbau (Mächtigkeiten), Humusanteil, Grobanteil etc. ermittelt. Vorwiegend treten im Gebiet relativ durchlässige Lockersediment-Braunerdeböden auf, bestehend aus sandig/lehmigem Material.

Eine Besonderheit im Gebiet stellt die hohe Mächtigkeit der ungesättigten Zone mit bis zu 70 m dar. Dieser mächtige Bereich unterhalb der Boden- bzw. Wurzelzone besteht vorwiegend aus fluvioglazialen, sehr durchlässigen Kiesen. Vorfluter ist die Drau, welche in die Kiesterrassen tief eingeschnitten ist.

Meteorologische Eingangsdaten in das Modell sind der Niederschlag und die Lufttemperatur der Stationen Klopein und St. Michael/Bleiburg, welche direkt im Gebiet gelegen sind, sowie die potentielle Verdunstung ET₀ nach PENMAN-MONTEITH, ermittelt auf Basis der Daten der Klimastation Klagenfurt/Flughafen der ZAMG.

3 Parametrisierung des Modells

Zur Simulation der Grundwasserneubildung wurde das flächendetaillierte, physikalisch basierte Modell MIKE SHE (z. B. REFSGAARD & STORM, 1995) verwendet. Simuliert wurde über den Zeitraum von 1984 bis 2008 (25 Jahre). Die Rasterweite im Modell beträgt 100 m, und der Rechenschritt ist 1 Tag.

Gemäß den verschiedenen Landnutzungsklassen wurden die Parameter des Evapotranspirationsmoduls bestimmt. Für den Blattflächenindex (LAI) und die Durchwurzelungstiefe wurden typische Werte gewählt. Z.B. wurde für den homogenen Kiefernwald ein LAI von 4.5 einheitlich über das Jahr gewählt. Auf Ackerflächen wurde ein Jahresgang berücksichtigt; der LAI wurde im Sommer 4.5 und im Winter nahe 0 gesetzt. Zusätzlich wurde ein saisonaler Crop-Factor kc nach den Empfehlungen der FAO (ALLEN et al., 1998) angesetzt.

Aus den Bodengrundparametern wurden basierend auf den Daten der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN (1994) die charakteristischen bodenphysikalischen Parameter Feldkapazität, Permanenter Welkepunkt und Sättigungswassergehalt ermittelt. An die Werte wurden Funktionen nach dem Mualem – Van Genuchten Ansatz angepasst. Abbildung 1 zeigt Beispiele für zwei unterschiedliche Bodentypen, jeweils A-Horizonte. Werte für die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit wurden aus den generellen Durchlässigkeits-eigenschaften und auf Basis von Werten aus der Literatur abgeschätzt.

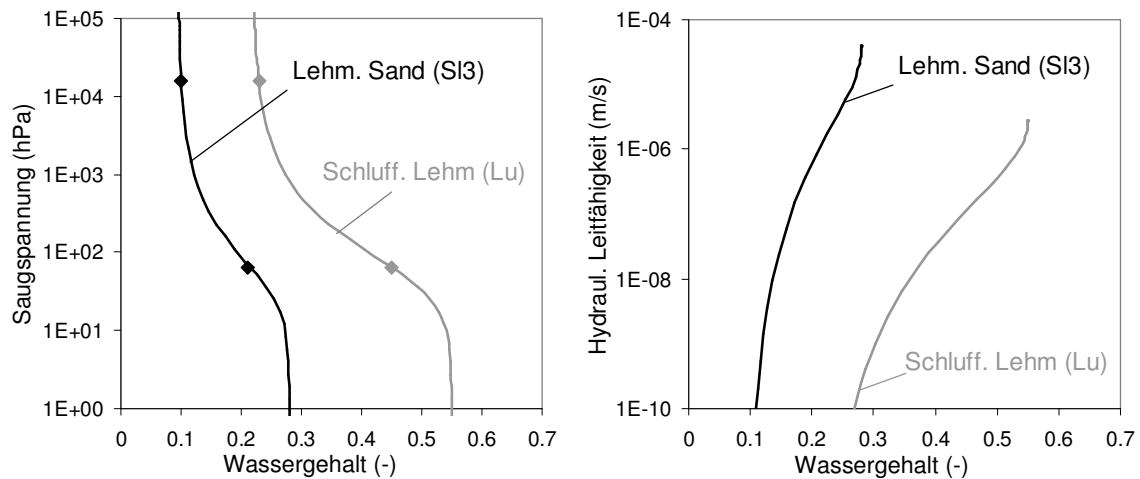


Abbildung 1: Beispiele von Pedotransferfunktionen für zwei Bodentypen (jeweils A-Horizont). Die Punkte im linken Diagramm sind die Werte für die Feldkapazität und den Welkepunkt, welche aus den Tabellen von AG BODEN (1994) gewonnen wurden.

Bei dem 20 bis 70 m mächtigen Untergrund handelt es sich um sehr durchlässiges Material. Die hydraulischen Parameter für diesen Bereich sind nicht bekannt, wenngleich aus früheren Bohrungen punktuell abschätzbar. Es wurden daher Sensitivitätsstudien durchgeführt, um die Dynamik der Grundwasserneubildung (GW-Nb) bei unterschiedlich gewählten vertikalen hydraulischen Leitfähigkeiten zu analysieren (Abbildung 2). In der Dynamik auf Tagesbasis sind die Unterschiede signifikant, jedoch auf die Jahresmittel der GW-Nb hat der Parameter nur einen geringen Einfluss. Erfahrungsgemäß liegen die vertikalen hydraulischen Leitfähigkeiten in diesen quartären sandigen Kiesen im Bereich zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ und $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Zusätzlich wurde die Berechnung auch anhand einer vereinfachten Variante der Richards-Gleichung durchgeführt (hier nicht dargestellt). In der Vereinfachung wird der Term für das Matrixpotential vernachlässigt („Gravity Flow“). Die mittlere GW-Nb dieser Variante liegt mit 1.22 mm/d im Bereich jener der dargestellten Varianten.

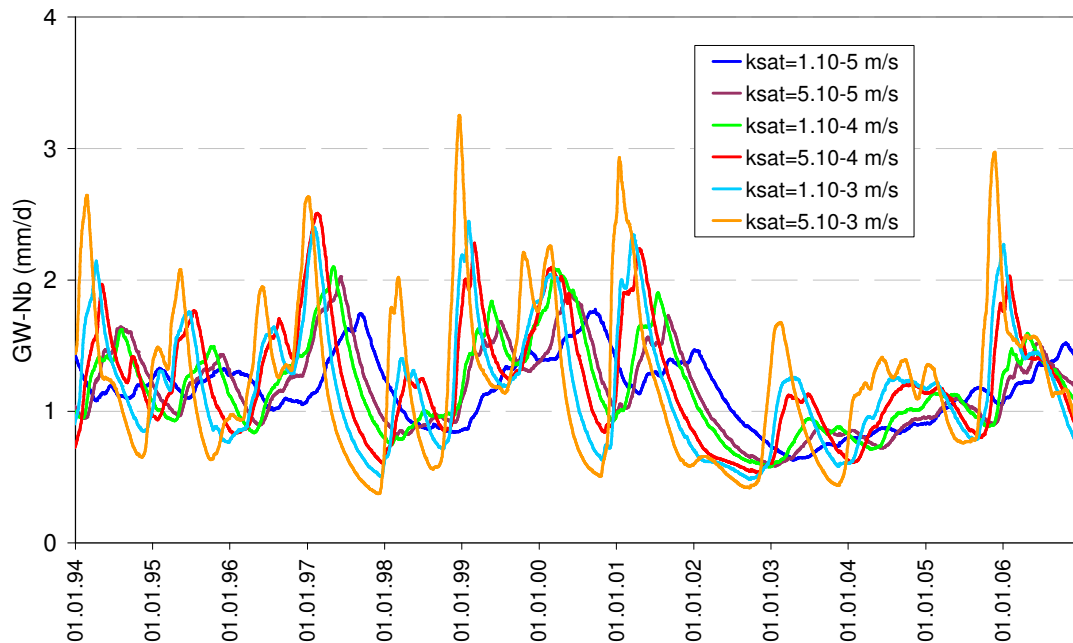


Abbildung 2: Simulierte tägliche Grundwasserneubildung (Mittelwerte über das Gebiet) unter Verwendung verschiedener vertikaler hydraulischer Leitfähigkeiten für den Untergrund.

4 Ergebnisse

Für die folgenden Ergebnisse wurde betreffend die ungesättigte Zone eine gesättigte vertikale Leitfähigkeit für den Untergrund von $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und die numerisch einfachere Variante der Richards-Gleichung („Gravity Flow“) verwendet. In Abbildung 3 ist die simulierte mittlere jährliche Grundwasserneubildung (GW-Nb) von 1984 bis 2008 flächenhaft dargestellt. Sie beträgt zwischen 200 und 500 mm im Jahr, mit den geringsten Werten in den bewaldeten Gebieten im Westen und in der Region mit dem dichten Schieferuntergrund im Osten.

Weiters wurde die simulierte aktuelle Verdunstung für den Modellzeitraum mit der aktuellen Verdunstung nach TURC (1954) verglichen. Die TURC Formel (Gl. 1) beschreibt die aktuelle Verdunstung lediglich in Abhängigkeit von Niederschlag N und Lufttemperatur T und ist auf Jahresbasis anwendbar. Die Koeffizienten wurden dabei folgendermaßen angepasst: Der Nenner in Gl. 1 entspricht einer potentiellen Verdunstung und wurde an die verwendete ET_0 angepasst. Die Hochzahl n wurde danach durch Anpassung an die Modellsimulation ermittelt. Der Wert ergab sich zu $n = 1.79$. Als Standardwert wird in der Literatur oft ein Wert von $n = 2$ ausgewiesen. Die veränderten Koeffizienten stehen für eine Anpassung der TURC-Gleichung an die lokale Situation betreffend Landnutzung und Verdunstung.

$$ET_R = \frac{N}{\left[0.9 + \left(\frac{N}{A + B \cdot T + C \cdot T^3}\right)^n\right]^{\frac{1}{n}}} \quad (\text{Gl. 1})$$

Daraus wurden schließlich unter Heranziehen von HISTALP-Daten der Station Klagenfurt/Flughafen die Jahresreihen der Verdunstung und der daraus berechneten Grundwasserneubildung ($GW-Nb_{TURC} = N - ET_R$) bis in das Jahr 1813 zurück verlängert (Abbildung 4). Niederschlag und Lufttemperatur wurden dazu auf das Untersuchungsgebiet

korrigiert. In der Langzeitbetrachtung zeigt sich ein abnehmender Trend der Grundwasserneubildung seit dem Beginn des 20. Jahrhunderts, der im Großen und Ganzen dem Niederschlagstrend folgt, durch den Anstieg in der Lufttemperatur seit Mitte der 80er Jahre jedoch noch verstärkt wird. Die Abnahme beträgt im Gebietsmittel rd. 100 mm.

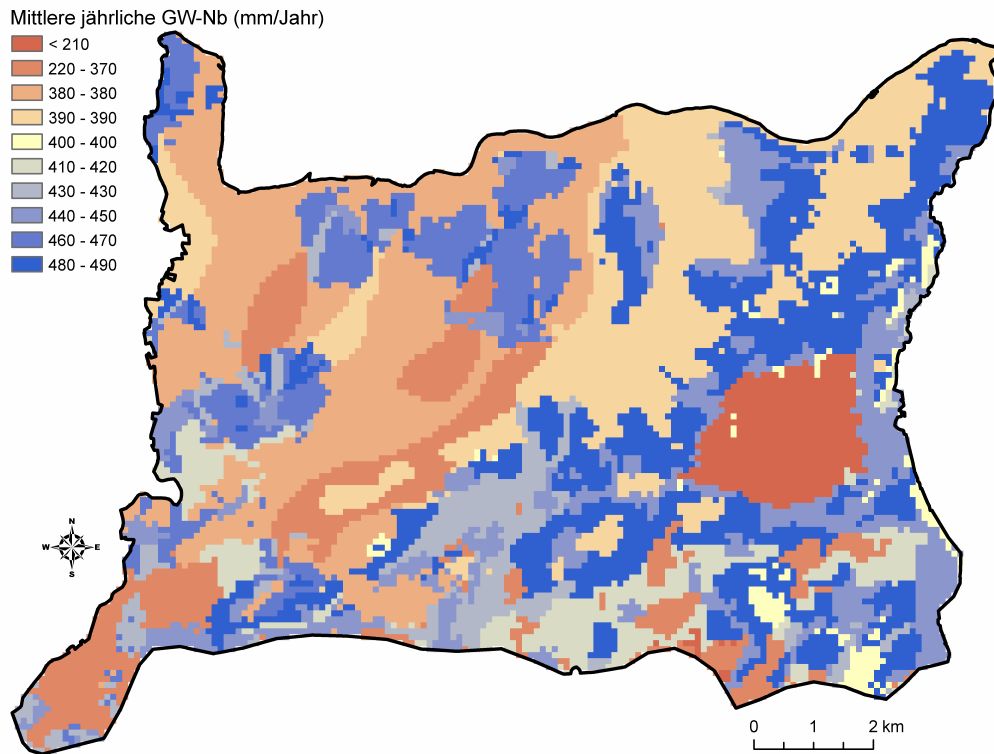


Abbildung 3: Simulierte mittlere jährliche Grundwasserneubildung von 1984 bis 2008.

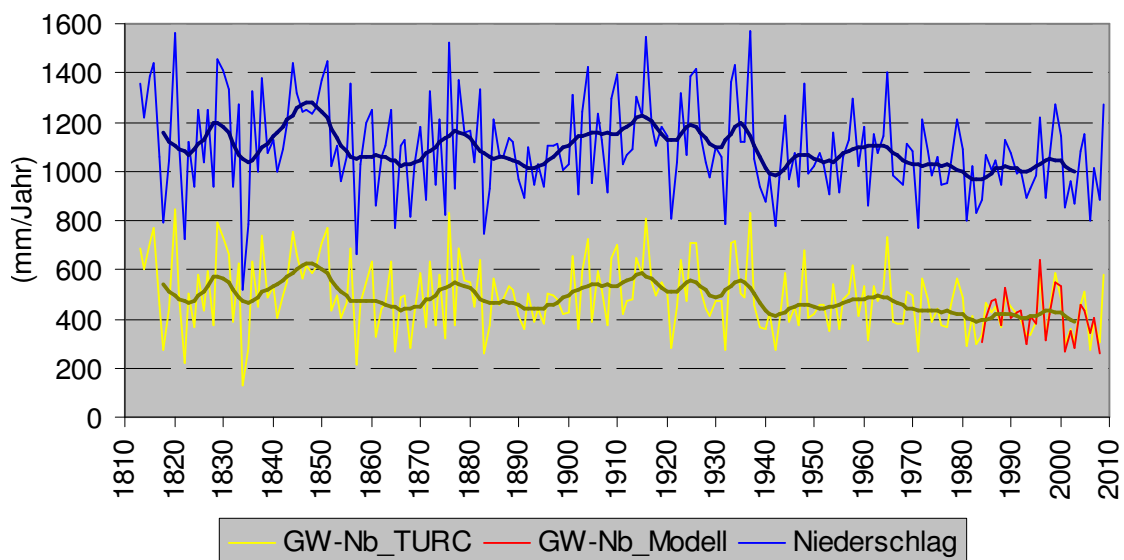


Abbildung 4: Jahreswerte des Niederschlags und der Grundwasserneubildung seit 1813.

5 Schlussfolgerungen

Im Süden Österreichs stellt die Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag einen wichtigen Faktor für die Wasserwirtschaft dar. In dieser Arbeit wurde anhand des hydrologischen Modells MIKE SHE flächendetailliert die Grundwasserneubildung im Porengrundwassergebiet des Jauntales in Kärnten ermittelt. Die Definition und Parametrisierung von insgesamt 54 Pedohydrotopen im Modell erfolgte auf Basis umfangreicher Gelände- und Bodenuntersuchungen. Anhand der Schätzformel nach TURC und HISTALP-Daten wurde die Jahresreihe der Grundwasserneubildung bis in das Jahr 1813 zurück verlängert. In der Langzeitbetrachtung zeigt sich eine Abnahme seit Beginn des 20. Jahrhunderts um rd. 100 mm. Diese Ergebnisse sind von hoher Bedeutung für die wasserwirtschaftliche Planung, deren Aufgabe neben der Beobachtung von Trends auch die Abschätzung möglicher zukünftiger Entwicklungen und deren Konsequenzen beinhaltet.

6 Literatur

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, 5. Aufl., Hannover, 438 S.

ALLEN, R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D. & SMITH M. (1998): Crop evapotranspiration – Guidelines for computing water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, Rome, 300 S.

AUER, I.; BÖHM, R.; JURKOVIC, A.; LIPA, W.; ORLIK, A.; POTZMANN, R.; SCHÖNER, W.; UNGERSBÖCK, M.; MATULLA, C.; BRIFFA, K.; JONES, PD.; EFTHYMIADIS, D.; BRUNETTI, M.; NANNI, T.; MAUGERI, M.; MERCALLI, L.; MESTRE, O.; MOISSELIN, J.-M.; BEGERT, M.; MÜLLER-WESTERMEIER, G.; KVETON, V.; BOCHNICEK, O.; STASTNY, P.; LAPIN, M.; SZALAI, S.; SZENTIMREY, T.; CEGNAR, T.; DOLINAR, M.; GAJIC-CAPKA, M.; ZANINOVIC, K.; MAJSTOROVIC, Z.; NIEPLOVA, E. (2007): HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003. *International Journal of Climatology* 27, S. 17-46.

HARUM, T., POLTNIG, W., RUCH, C. FREUNDL, G. & SCHLAMBERGER, J. (2008): Variability and trends of groundwater recharge in the last 200 years in a South Alpine groundwater system as consequence of climate change. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 10, EGU2008-A-07672, 2008, SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2008-A-07672, EGU General Assembly 2008, Vienna.

REFSGAARD, J.C. & STORM B. (1995): MIKE SHE. In: *Computer Models of Watershed Hydrology*, Singh, V.P., Ed., Water Resources Publications, Colorado, USA, p809-846.

TURC, L. (1954): Calcul du bilan de l'eau évaluation en fonction des précipitations et des températures. *Int. Assoc. Sci. Hydrol.*, 38(3), S. 188–202.

KAPILLARELEKTROPHORESE AN HUMINSÄUREN: MÖGLICHKEITEN DER ZUORDNUNGEN DER GEMESSENEN SIGNALE

Michael TATZBER^a, Franz MUTSCH^b, Axel MENTLER^a, Michael ENGLISCH^b, Ernst LEITGEB^b, und Martin H. GERZABEK^a

^a Institut für Bodenforschung, Department für Wald- und Bodenwissenschaften, Universität für

Bodenkultur, Peter Jordan Strasse 82, 1190 Wien

^b Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien

Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird die Zuordnung von elektrophoretischen Signalen für Huminsäuren behandelt. Huminsäuren aus 120 Proben des BioSoil-Projektes wurden extrahiert und elektrophoretisch untersucht. Weiters standen ausgewertete FT-IR Banden sowohl der zugehörigen Gesamtböden als auch der extrahierten Huminsäuren selbst zur Verfügung, sowie Ergebnisse aus Elementanalysen, aus fluorimetrischen und photometrischen Messungen und darüber hinaus Bestimmungen des DOC (gelöster organischer Kohlenstoff) aus einem Teil der Proben. Es wurden dabei drei flache elektrophoretische Signale ausgewertet, die sogenannten Humps und drei Peaks. Dabei stellte sich heraus, dass der zweite Hump im Elektropherogramm mit bevorzugt älterem Material in Verbindung zu stehen scheint, weil er mit zunehmender Aromatizität und mit sinkendem Kohlenstoffgehalt im Boden wächst. Analoges gilt für den ersten und den dritten Peak im Elektropherogramm; diese wuchsen mit steigender Aromatizität und Schichttiefe. Der erste Hump zeigte Korrelationen die darauf hindeuten, dass dieses Signal bevorzugt mit jüngerem Material in Verbindung stand. Der zweite Hump und der dritte Peak zeigten mit dieser Methodik relativ wenige Korrelationen und jedwede Zuordnungen waren daher für diese Signale sehr schwierig. Eine Form der Detektion der elektrophoretisch aufgetrennten Gruppen, welche auch andere Funktionalitäten als Aromatizität erfasst, könnte viel zu weiterer Aufklärung der Signalzuordnung beitragen.

Abstract

After the successful development of an electrophoretical method for analyses of humic acids, the assignments of the obtained signals were the focus of the present work. Humic acids from 120 samples of the BioSoil Project were extracted and electrophoretically investigated. Further, FT-IR bands were available for the respective bulk soil samples as well as from the extracted humic acids, further elemental contents (C and N), fluorimetric and photometric results and also determinations of dissolved organic carbon of some selected samples. Three flat signals were evaluated the so-called "humps" and three peaks. It turned out that the second hump in the electropherogram was connected with preferably old material, because it correlated positively with increasing aromaticity and negatively with increasing carbon contents in bulk soils. The same was true for the first and the third peak in the electropherogram; they grew with increasing aromaticity and soil depth. The first hump seemed to be more connected with preferably younger material. The second hump and the

third peak showed rather few correlations – assignments were accordingly difficult. An alternative way of detection, determining other functional groups as aromatic ones, could contribute to further clarification of all signals obtained with this methodology.

1. Einleitung

Huminsäuren gehören zu den reaktivsten Anteilen der organischen Bodensubstanz und sind für zahlreiche Bodenfunktionen mit verantwortlich. Es ist daher wichtig entsprechend aussagekräftige Analysemethoden zu entwickeln, die es erlauben, Eigenschaften der Huminstoffe zu charakterisieren. In der Vergangenheit wurde Kapillarelektrophorese bereits erfolgreich für die Analyse von Huminsäuren eingesetzt (Garrison et al., 1995, Schmitt-Kopplin et al., 1998, Pacheco et al., 2003). Dabei wurden die Regionen im Elektropherogramm nach negativer Ladung entsprechender funktioneller Gruppen eingeteilt, konkret waren das der aldehydische Bereich, der Bereich phenolischer Karbonsäuren sowie der dikarboxylische Bereich (Schmitt-Kopplin et al., 1998). Andere Ansätze konnten Huminsäuren und Fulvosäuren über Fingerprint-Charakterisierung der erhaltenen Signale auswerten (Pompe et al., 1996). Konkretere Zuordnungen der einzelnen Signale zu funktionellen Gruppen waren dabei aber immer sehr kritisch.

Im kürzlich abgeschlossenen Projekt über die Abhängigkeit von Humuscharakteristika von Standortseigenschaften bei Waldböden konnte einerseits erfolgreich eine Methode erarbeitet werden, um Huminsäuren mit Kapillarelektrophorese zu analysieren. Andererseits wurden in diesem Projekt darüber hinausgehend FT-IR Spektroskopie, Fluorimetrie, Photometrie und Elementanalysen angewendet, um die Huminsäuren analytisch zu charakterisieren. Diese weiteren Ergebnisse lieferten eine gute Basis, das Verhalten der einzelnen Signale der elektrophoretischen Analysen mit den Ergebnissen der anderen Methoden zu korrelieren.

2. Material und Methoden

120 Proben des BioSoil-Projektes wurden für Huminsäureextraktionen und anschließende Messungen ausgewählt. Kohlen- und Stickstoffgehalte sowie Standorteigenschaften wurden am BFW bestimmt und zur Verfügung gestellt. Genaue Beschreibungen zu den Methoden der Huminsäure-Extraktionen und der im Anschluss angewendeten Analysen können nachgelesen werden in Tatzber et al., 2007, 2008 und 2009. Die Huminsäuren wurden dreimal mit 1M NaOH extrahiert, mit 37% HCl gefällt, anschließend mit abnehmenden Salzkonzentrationen gewaschen und gefriergetrocknet (siehe Tatzber et al., 2007 und 2009). Die Fluorimetrie wurde mit Huminsäuren einer Konzentration von 15 mg L^{-1} in einem $\text{Na}_2\text{CO}_3/\text{NaHCO}_3$ Puffer der Konzentration 0.3M/0.3M (siehe Tatzber et al., 2008 und 2009) durchgeführt. Die Photometrie wurde durchgeführt bei einer Messkonzentration im gleichen Puffermilieu wie bei der Fluorimetrie und die Signale bei 400nm (E_4) und 600nm (E_6) ausgewertet. Die Messkonzentration bei der Elektrophorese war 1mg Huminsäure pro mL Pufferlösung (Puffer: NaCl : 80 mM sowie Borsäure/Tetraborat: jew. 10mM). Die angelegte Spannung bei der kapillarelektrophoretischen Trennung betrug 30 000 V und deren Dauer 30 Minuten. Es wurden sechs verschiedene elektrophoretische Signale untersucht. Dies geschah über die Basislinien-korrigierte Integration ihrer Flächen. Das waren einerseits drei Peaks sowie drei großflächige, vergleichsweise flache Signale, welche in der Literatur als „Hump“ zu finden sind (Garrison et al., 1995, Schmitt-Kopplin et al., 1998, Pacheco et al., 2003, Übner et al.,

2004). All diese Signale konnten in Vorversuchen mit Konzentrationsreihen der gemessenen Huminsäuren korreliert werden. Die Auswertung erfolgte über die integrierten Flächen dieser untersuchten Signale. Korrelationen wurden über SPSS 15.0 berechnet (Koeffizient nach Pearson). Das Vertrauensintervall war 0,01 und die Beurteilung der erhaltenen Koeffizienten erfolgte folgendermaßen: bis 0,2: sehr geringe Korrelation, bis 0,5: gering, bis 0,7: mittel, bis 0,9: hoch, ab 0,9: sehr hoch.

3. Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt ein gemessenes Elektropherogramm mit einer Veranschaulichung der Signale, welche sich im Zuge der Messungen für weitere Auswertungen herangezogen wurden. Acetanilid am Anfang des Elektropherogramms war ein sogenannter EOF-Marker und kennzeichnet im Prinzip den Anfang der eigentlichen Auftrennung des Analyten. EOF ist eine Abkürzung für den Elektroosmotischen Fluss, welcher sich bei angelegter Spannung bildet aufgrund einer negativ geladenen Kapillarinnenwand und daher zu einem langsamen Fluss in Richtung der Kathode (minus - Pol) führt. Am Ende der Kapillare befindet sich ein Photometer und detektiert die entsprechenden Signale.

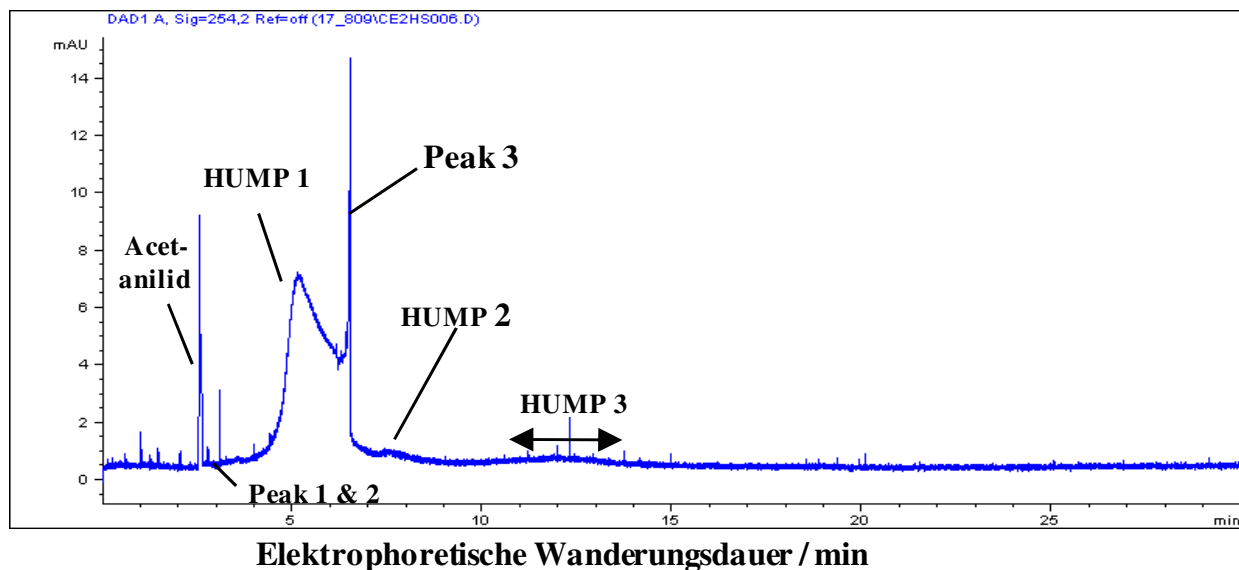


Abbildung 1: Schematische Darstellung der einzelnen Regionen. Bei dem Elektropherogramm handelt es sich um Huminsäuren aus der Streuaufgabe eines Waldbodenstandortes mit Mischwald und Buche als dominanter Baumart.

Abbildung 2 zeigt man ein Beispiel des Verhaltens der Signale mit der Schichttiefe und damit steigender Humifizierung eines beprobten BioSoil-Standortes. Dies ist ein Beispiel für die Methode die erhaltenen Signale zuzuordnen; in diesem Fall handelt es sich um die Bodentiefe. Eine detailliertere Darstellung der Korrelationen der einzelnen Signalfächen befindet sich in Tabelle 1.

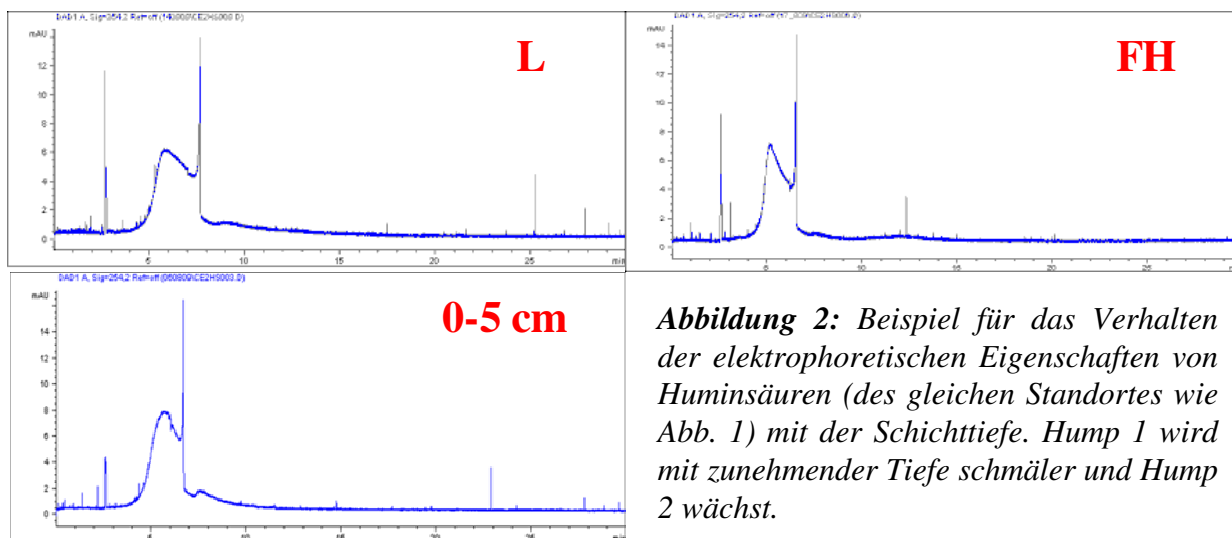


Abbildung 2: Beispiel für das Verhalten der elektrophoretischen Eigenschaften von Huminsäuren (des gleichen Standortes wie Abb. 1) mit der Schichttiefe. Hump 1 wird mit zunehmender Tiefe schmaler und Hump 2 wächst.

Elektrophoretische Wanderungsdauer / min

Es konnten die Signalflächen mit folgenden Ergebnissen der anderen angewendeten Analysemethoden korreliert werden: Der erste Peak war positiv mit aromatischen Signalen und negativ mit N-haltigen Gruppen (entsprechende FT-IR Banden) sowie Alkoholgruppen korreliert. Der dritte Peak zeigte ein analoges Verhalten zu Peak 1, die Korrelationen waren hier allerdings abgeschwächt. Hump 1 korrelierte positiv mit aliphatischen und phenolischen OH-Gruppen und negativ mit aliphatischen und aromatischen FT-IR Banden. Hump 2 korrelierte positiv mit photometrischen und fluorimetrischen Signalen. Die beiden verbleibenden Signale im Elektropherogramm (Peak 2 und Hump 3) waren auf Basis der vorliegenden Daten hinsichtlich ihrer der Zuordnung zu funktionellen Gruppen unsicher zu beurteilen.

Tabelle 1: Auflistung der Korrelationen der verschiedenen elektrophoretischen Regionen mit FT-IR an Gesamtböden und Huminsäuren, Fluorimetrie, Photometrie und Basisdaten. (HS FT-IR bedeutet FT-IR an Huminsäuren)

Signal	+ / -	Korrelierte Signale anderer Methoden
Peak 1	positiv:	Aromat. HS FT-IR, Aromat. Gesamtboden FT-IR Banden (mittel & gering), Schicht, Fluorimetrie (mittel)
	negativ:	Ausbeute, C _{org} (hoch), N _t (mittel), Humusmächtigkeit (gering)
Peak 2	positiv:	-----
	negativ:	Amid HS FT-IR, N _t (gering)
Peak 3	positiv:	Aromat. HS FT-IR (Streckschwingungs-Bande), Aromat. Gesamtboden FT-IR Banden, Schicht, Fluorimetrie (gering)
	negativ:	Aromat. HS FT-IR (eine Deformationsschwingungs-Bande), C _{org} , DOC (gering)
Hump 1	positiv:	Aliphat. HS FT-IR, N _t (gering-mittel), C _{org} , Ausbeute (mittel), Aromat. HS FT-IR (2 Banden), Humusmächtigkeit (gering)

	negativ:	Aromat. HS FT-IR (1 Bande, Deformationsschwingung) & 1 Amid-Bande, Aromat. Gesamtboden FT-IR Banden, Schicht (gering)
Hump 2	positiv:	Aromat. Gesamtboden FT-IR Banden, Schicht, Fluorimetrie (gering), Photometrie bei 400 (mittel) und 600 nm (hoch)
	negativ:	C _{org} (mittel), N _t (mittel), Aromat. HS FT-IR (eine Deformationsschwingungs-Bande), Ausbeute, DOC (gering)
Hump 3	positiv:	C _{org} (mittel)
	negativ:	Amid HS FT-IR (mittel), Schicht (gering)

Grundsätzlich ist bei diesen Zuordnungen festzustellen, dass aufgrund der Art und Weise der Detektion bei der Elektrophorese (Photometrie) immer aromatische Anteile involviert waren. Da die Auftrennung beim elektrophoretischen Trennprinzip nach Ladung geht, wäre es natürlich möglich, dass es auch undetektierte Peaks gibt, welche im Photometer kein Signal geben, aber brauchbare Zusatzinformationen haben könnten. Jedenfalls zeigen die Ergebnisse, dass die Elektrophorese in der Humusanalytik durchaus Potential hat.

4. Schlussfolgerungen

1. Peak 1 und 3 wachsen mit steigender Aromatizität und Schichttiefe.
2. Hump 1 wächst mit höherem Kohlenstoff-Gesamtpool im Boden.
3. Hump 2 ist positiv korreliert mit zunehmender Aromatizität. Wächst mit sinkendem Kohlenstoff-Pool im Boden. Scheint bevorzugt aus älterem Material gebildet sein.
4. Hump 3 und Peak 2 sind aufgrund weniger Korrelationen schwierig zuzuordnen.
5. Alternative Wege der Detektion (neben Photometrie) der erhaltenen elektrophoretischen Regionen würden sehr wertvolle Informationen liefern über nichtaromatische Systeme, welche bei dieser Trennmethode höchstwahrscheinlich ebenfalls aufgetrennt, aber nicht zugeordnet werden konnten.

5. Literatur

- A.W. Garrison, P. Schmitt, and A. Kettrup (1995) Capillary electrophoresis for the characterization of humic substances. *Water Research* **29**, 2149-2159.
- Ph. Schmitt-Kopplin, A.W. Garrison, E.M. Perdue, D. Freitag, and A. Kettrup (1998) Capillary electrophoresis in the analysis of humic substances: Facts and artifacts. *Journal of Chromatography A* **807**, 101-109.
- M. L. Pacheco, E.M. Peña-Méndez, and J. Havel (2003) Supramolecular interactions of humic acids with organic and inorganic xenobiotics studied by capillary electrophoresis. *Chemosphere* **51**, 95-108.
- S. Pompe, K.-H. Heise, and H. Nitsche (1996) Capillary electrophoresis for a "finger-print" characterization of fulvic and humic acids. *Journal of Chromatography A* **723**, 215-218.
- M. Tatzber, M. Stemmer, H. Spiegel, C. Katzlberger, G. Haberhauer, A. Mentler, and M. H. Gerzabek (2007) FTIR-spectroscopic characterization of humic acids and humin fractions

- obtained by advanced NaOH, Na₄P₂O₇, and Na₂CO₃ extraction procedures. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **170**, 522–529.
- M. Tatzber, M. Stemmer, H. Spiegel, C. Katzlberger, G. Haberhauer, and M. H. Gerzabek (2008) Impact of different tillage practices on molecular characteristics of humic acids in a long-term field experiment - An application of three different spectroscopic methods. *Science of the Total Environment* **406**, 256 – 268.
- M. Tatzber, M. Stemmer, H. Spiegel, C. Katzlberger, F. Zehetner, G. Haberhauer, K. Roth, E. Garcia-Garcia, and M. H. Gerzabek (2009) Decomposition of Carbon-14-Labeled Organic Amendments and Humic Acids in a Long-Term Field Experiment. *Soil Science Society of America Journal* **73**, 744-750.
- M. Übner, V. Lepane, M. Lopp, and M. Kaljurand (2004) Electrophoretic aggregation of humic acid. *Journal of Chromatography A* **1045**, 253-258.

BODENSCHUTZ BEI PLANUNGSVORHABEN IM LAND SALZBURG

Andreas KNOLL^a, Gertraud SUTOR^b und Robert MEIER^c

^a REGIOPLAN INGENIEURE Salzburg GmbH, Jakob-Haringer-Straße 1, A-5020 Salzburg

^b Büro LAND-PLAN, Kriegersiedlung 5, D-85560 Ebersberg bei München

^c ARNAL Büro für Natur und Landschaft AG, Sandor-Vegh-Straße 9, A-5020 Salzburg

Kurzfassung

Das Land Salzburg besitzt mit der Alpenkonvention von 1991 und dem Salzburger Bodenschutzgesetz von 2001 ein modernes Rechtsinstrumentarium, das den Schutz der Böden und ihrer natürlichen Bodenfunktionen zum Ziel hat. Dies gilt in besonderem Maße für Pläne und Projekte, für die Umweltprüfungen nach der SUP-Richtlinie bzw. nach der UVP-Richtlinie durchzuführen sind. Das Land Salzburg beauftragte im Jahr 2009 die Erstellung eines Leitfadens, um methodisch eine einheitliche Bewertung der Bodenfunktionen bei Planungs- und Genehmigungsvorhaben zu ermöglichen. Die Bewertung soll mit im Land Salzburg vorhandenen Daten möglichst einfach und transparent durchführbar sein.

Im Leitfaden wurden entsprechend den maßgeblichen Rechtsgrundlagen, die eine funktionsbezogene Betrachtung des Bodens fordern, relevante Bodenteilfunktionen definiert. Je Bodenteilfunktion wurde eine Methode ausgewählt und erläutert, die auf der Datengrundlage der Bodenschätzung eine Bewertung erlaubt. Im Weiteren wurde eine Interpretation der Bewertungsergebnisse im Rahmen von Umwelterheblichkeitsprüfungen, Umweltprüfungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen erarbeitet.

Die vorliegende Publikation beinhaltet eine leicht gekürzte Fassung des vom Land Salzburg im Jahr 2010 herausgegebenen Leitfadens „Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg“, die um eine Diskussion der Aussagekraft der herangezogenen Methoden und einen Überblick über die Akzeptanz des Leitfadens in der Planerszene erweitert wurde.

Summary

With the Alpine Convention of 1991 and the Soil Protection Act of Salzburg of 2001 the federal state of Salzburg owns a modern legal mechanism the aim of which is the protection of soils and its natural soil functions. This applies in particular to the plans and projects where environmental assessments are to be carried out in accordance with the strategic environmental assessment directive (SEA) respectively the environmental impact assessment directive (EIA). In 2009, Salzburg commissioned the preparation of a guide to allow a uniform assessment of the soil functions in planning and authorisation projects methodically. The assessment shall be performed with data already existing in the Salzburg and in an easy and transparent way.

The guide has defined relevant partial soil functions according to the applicable legal basis requiring a function-related inspection. A method, which allows an assessment based on the data of soil mapping, has been chosen and explained for each partial soil function. Furthermore, an interpretation of the assessment results in the framework of analyses of environmental impact, environmental assessments and environmental impact assessments has been developed.

This publication includes a slightly shortened version of the guide "Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg" (soil protection for planning projects in the state of Salzburg) issued in 2010, which has been expanded by a discussion regarding the significance of the methods used and by an overview on the acceptance of the guide in the planning community.

Vorbemerkung

Das Land Salzburg besitzt mit der Alpenkonvention von 1991 und dem Salzburger Bodenschutzgesetz von 2001 ein modernes Rechtsinstrumentarium, das den Schutz der Böden und ihrer natürlichen Bodenfunktionen zum Ziel hat und grundsätzlich bei Planungen und Genehmigungen mit Bezug zur Ressource Boden sachliche Zuständigkeit entfaltet.

In besonderem Maße gilt dies für Pläne und Projekte, für die Umweltprüfungen (UP) nach der SUP-RL [^a] bzw. nach der UVP-RL [^b] durchzuführen sind, und bei denen auch auf europäischer Rechtsgrundlage Auswirkungen auf das Schutzgut Boden zu erfassen und zu beurteilen sind.

Bis dato fehlte eine einheitliche Methodik zur Beurteilung der Bodenfunktionen. Dies führte zu einer uneinheitlichen Vorgehensweise, einer geringen Transparenz und einer geringen Vergleichbarkeit der Ergebnisse.

Das zuständige Referat Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen im Amt der Salzburger Landesregierung trug dieser Tatsache mit einem Leitfaden Rechnung (KNOLL et al, 2010), der eine einheitliche Beurteilung der Bodenfunktionen im Rahmen von Planungs- und Genehmigungsverfahren im Land Salzburg ermöglicht.

Die vorliegende Publikation beinhaltet eine leicht gekürzte Fassung des Leitfadens. Kürzungen betreffen insbesondere Zitationen von Rechtsgrundlagen, an deren Stelle Verweise treten.

Im Anschluss werden Teile der Bewertungsmethodik im Lichte aktueller Entwicklungen seit Erscheinen des Leitfadens diskutiert, und ein Überblick über die Akzeptanz des Leitfadens in der Planerszene vermittelt.

Leitfaden Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg

Grundlagen

Anwendungsbereich

Der Leitfaden ist zur unmittelbaren Anwendung in folgenden Fällen konzipiert:

1. in der örtlichen Raumplanung bei der Aufstellung oder Änderung von Räumlichen Entwicklungskonzepten oder Flächenwidmungsplänen, soweit entweder eine Umweltprüfung oder eine Umwelterheblichkeitsprüfung (UEP) nach § 5 ROG durchzuführen ist.

^a Richtlinie 2001/42/EG vom 27. Juni 2001 über die Prüfung der Umweltauswirkungen bestimmter Pläne und Programme

^b Richtlinie 85/337/EWG vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten

2. auf Projektebene in Vorverfahren nach § 4 und in Bewilligungsverfahren nach § 5 UVP-G [°], jeweils für den Teilbereich der Bodenfunktionsbewertung.

Weitere Anwendungsbereiche können in der überörtlichen Raumplanung, bei direkter Anwendung der SUP-Richtlinie, bei informellen Trassenprüfungen u.vglb. gesehen werden. Hier kann der Leitfaden sinngemäß angewandt werden und zur Entscheidungsfindung beitragen.

Der Fachbereich Landwirtschaft sowie primär abfallrechtlich orientierte Fragen des Fachbereichs Boden (Altlasten, Altstandorte) fallen ausdrücklich nicht unter den Anwendungsbereich des Leitfadens.

Rechtsgrundlagen

Der Leitfaden fußt zum einen auf dem Salzburger Bodenschutzgesetz und dem Bodenschutzprotokoll der Alpenkonvention als den facheinschlägigen Rechtsgrundlagen, zum andern auf der SUP-Richtlinie der EU, dem Salzburger Raumordnungsrecht (Raumordnungsgesetz, Umweltprüfungsverordnung) und dem UVP-Recht als den einschlägigen Rechtsgrundlagen in den jeweiligen öffentlich-rechtlichen Verfahren.

Mit dem **Bodenschutzprotokoll der Alpenkonvention** [d] verpflichten sich die Vertragsparteien zu einer Reihe von Maßnahmen zum Erhalt insbesondere der ökologischen Funktionen des Bodens, sowie zur Wiederherstellung beeinträchtigter Böden. Das Bodenschutzprotokoll ist ausdrücklich auf eine funktionelle Betrachtung des Bodens abgestellt, und definiert natürliche Funktionen, Funktionen als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte, sowie Nutzungsfunktionen.

Über das Bodenschutzprotokoll hinaus können im Einzelfall weitere Protokolle der Alpenkonvention relevant sein, so z.B. das Protokoll über Raumplanung und nachhaltige Entwicklung sowie das Bergwaldprotokoll.

Das **Salzburger Bodenschutzgesetz** [°] zielt mit § 1 iVm. § 3 Abs.(6) BodSchG ausdrücklich auf einen funktionsbezogenen Bodenbegriff und -schutz ab. Der Anwendungsbereich des Bodenschutzgesetzes erstreckt sich auf landwirtschaftlich genutzte sowie auf „sonstige, nicht versiegelte Böden, die tatsächlich oder potentiell Träger von natürlichem oder anthropogenem Pflanzenbewuchs sind, einschließlich Flächen mit abgezogener Humusdecke“, nicht jedoch auf Waldböden.

Die **SUP-Richtlinie** verpflichtet die Mitgliedstaaten bei Vorliegen bestimmter Voraussetzungen zur Durchführung einer Umweltprüfung umweltrelevanter Pläne oder Programme. Die Richtlinie ist, insoweit bis zum 21. Juli 2004 keine Umsetzung in den entsprechenden Verwaltungsverfahren erfolgt ist, auch direkt anwendbar. Dies gilt dzt. im Land Salzburg z.B. für Trassenverordnungen nach dem Landesstraßengesetz.

Ist eine Umweltprüfung nach Artikel 3, Absatz 1 durchzuführen, so ist ein Umweltbericht zu erstellen, in dem die voraussichtlichen erheblichen Auswirkungen, die die Durchführung des

^c Bundesgesetz über die Prüfung der Umweltverträglichkeit, BGBl. Nr. 697/1993 idF. BGBl. Nr. 87/2009

^d Übereinkommen zum Schutz der Alpen, unterzeichnet am 7. November 1991, in Kraft getreten im März 1995

^e Gesetz vom 4. Juli 2001 zum Schutz der Böden vor schädlichen Einflüssen (Bodenschutzgesetz), LGBl Nr. 80/2001 idF. LGBl 31/2009

Plans oder Programms auf die Umwelt hat, sowie vernünftige Alternativen, die die Ziele und den geographischen Anwendungsbereich des Plans oder Programms berücksichtigen, zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten sind. Der Boden gilt ausdrücklich als eines der Umweltschutzgüter.

Das **Salzburger Raumordnungsgesetz (ROG 2009)** [^f] bildet die maßgebliche Rechtsgrundlage für Raumplanungsinstrumente auf der überörtlichen und auf der örtlichen Ebene, insbesondere für die Erstellung des Räumlichen Entwicklungskonzepts (REK), des Flächenwidmungsplans (FWP) und des Bebauungsplans (BP) durch die Gemeinde. Die SUP-Richtlinie ist mit § 5 des Salzburger Raumordnungsgesetzes 2009 für die Raumordnung auf Landesebene umgesetzt. In der Fassung des ROG 1998 war die Umweltprüfung bereits für Entwicklungsprogramme, Standortverordnungen und Flächenwidmungspläne vorgesehen, seit Inkrafttreten des ROG 2009 sind nun auch die Räumlichen Entwicklungskonzepte erfasst.

§ 5 ROG 2009 (iVm. der UmweltprüfungsVO; s.u.) regelt den Anwendungsbereich der Umweltprüfung in der Raumplanung und definiert die Anforderungen an die in der jeweiligen Stufe (Umwelterheblichkeitsprüfung, Umweltprüfung) vorzulegenden Unterlagen. Der Boden ist somit als Umweltschutzgut sowohl bei einer Umwelterheblichkeitsprüfung als auch bei einer Umweltprüfung zu berücksichtigen.

Der Leitfaden kommt bei folgenden Verfahrensschritten zur Anwendung:

- Prüfung der Umwelterheblichkeit im Schutzgut Boden (→ Kap. 0)
- Bekanntgabe der „unerlässlichen Untersuchungen“ im Schutzgut Boden (→ Kap. 0)
- Erfassung und Bewertung von Umweltauswirkungen auf das Schutzgut Boden (→ Kap. 0)
- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden (→ Kap. 0).

Die **Umweltprüfungsverordnung** [^g] legt in den §§ 1 und 2 Kriterien und Schwellenwerte für „geringfügige Änderungen von Entwicklungsprogrammen, Standortverordnungen und Flächenwidmungsplänen“ im Sinne des § 5 Abs.(1) ROG 2009 fest. § 3 UmweltprüfungsVO gibt das Procedere einer Umwelterheblichkeitsprüfung iSd. § 5 Abs.(2) ROG 2009 nach einem in der Anlage 2 enthaltenen Formblatt vor. In der Anlage 2 zur UmweltprüfungsVO ist der Boden als eines von 12 Sachgebieten explizit angeführt.

Der Leitfaden kommt bei folgenden Verfahrensschritten zur Anwendung:

- Prüfung der Umwelterheblichkeit im Schutzgut (Sachgebiet) Boden (→ Kap. 0)

Nach dem **UVP-Gesetz** sind Vorhaben, für die die Voraussetzungen nach § 3f. UVP-G 2000 iVm. Anhang 1 und Anhang 2 UVP-G vorliegen, sind einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zu unterziehen. In bestimmten Fällen kann dem ein Feststellungsverfahren (Einzel-fallprüfung) vorausgehen. Als Grundlage hierfür ist eine Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) auszuarbeiten und in das Verfahren einzubringen. Die Anforderungen an die UVE sind in § 6 UVP-G festgelegt. Untersuchungsumfang, -tiefe und -methodik können zwischen

^f Gesetz vom 17. Dezember 2008 über die Raumordnung im Land Salzburg, LGBl Nr. 30/2009 idF. LGBl Nr. 88/2010

^g Umweltprüfungsverordnung für Raumordnungspläne und -programme, LGBl. Nr. 59/2007

Projektwerber und Behörde im Rahmen eines Vorverfahrens nach § 4 UVP-G abgestimmt werden. Der Boden ist eines der Schutzgüter der Umweltverträglichkeitsprüfung.

Der Leitfaden kommt bei folgenden Verfahrensschritten zur Anwendung:

- Bestimmung des Untersuchungsrahmens (mit oder ohne Vorverfahren) für das Schutzgut Boden (→ Kap. 0)
- Erfassung und Bewertung von Umweltauswirkungen auf das Schutzgut Boden (→ Kap. 0).
- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden (→ Kap. 2.2.3.5).

Bodenfunktionen und Bewertungsmethoden

Mit der Bewertung der Funktionen des Bodens im Naturhaushalt soll dem Schutzgut Boden in Planungsverfahren eine angemessene Wertigkeit zugewiesen werden. Konkurrierende Nutzungen sollen fachgerecht untereinander und gegeneinander abgewogen werden.

Der Leitfaden greift auf Ergebnisse der Forschung in Deutschland zurück, wo seit über 20 Jahren eine intensive Forschung zur Operationalisierung des Bundes-Bodenschutzgesetzes und der Eingriffsregelung nach Bundes-Naturschutzgesetz betrieben wird.

Vergleichende Übersicht der Methoden

In Deutschland hat die AD HOC AG BODEN (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe - BGR, Hannover, 2007) eine Methodendokumentation (Methodenkatalog) der in den 16 Bundesländern vorhandenen Methoden herausgegeben. In dieser werden 86 Methoden, die verschiedene Bodenteilfunktionen bewerten und für unterschiedliche Maßstabebenen geeignet sind, dar- und gegenübergestellt.

Grundsätzlich zeichnen sich dort zwei unterschiedliche Herangehensweisen ab: Zum einen eine Bewertung auf Basis der Übersichtsbodenkarten („ÜBK“; entspricht der Österreichischen Bodenkartierung bzw. elektronische Bodenkartierung eBOD), die anhand der Bodenkundlichen Kartieranleitung der AG BODEN (1994, 2005) mit dem favorisierten Maßstab 1 : 25.000 kartiert worden sind. Und zum anderen die Klassenbezeichnungen und/oder Musterstücke der Reichsbodenschätzung (entspricht der Bodenschätzung der Finanzverwaltung „FBS“ [h] mit dem favorisierten Maßstab 1 : 2.000).

Datengrundlagen

Die Bewertung der Bodenfunktionen im Rahmen des Leitfadens soll möglichst flächen-

^h Bodenschätzung (Rechtsgrundlage: Bodenschätzungsgesetz 1970, BGBl. Nr. 233/1970, idgF): Zur Schaffung objektiver Bewertungsgrundlagen wurden die landwirtschaftlichen Nutzflächen (ohne Alpfächen) einer Bodenschätzung unterzogen. Die Aktualisierung erfolgt in Form von Überprüfungsschätzungen und Nachschätzungen. Die Schätzungsergebnisse sind ein gesonderter Feststellungsbescheid und wesentlicher Grundlagenbescheid für die Ermittlung der landwirtschaftlichen Einheitswerte.

Die Bodenschätzung umfasst die Untersuchung des Bodens auf seine Beschaffenheit und die Darstellung der Bodenverhältnisse in Schätzungskarten (auf Basis der Katastralmappe) und Schätzungsbüchern sowie die Feststellung der Ertragsfähigkeit auf Grund der natürlichen Ertragsbedingungen, das sind Bodenbeschaffenheit, Geländegestaltung, klimatische Verhältnisse und Wasserverhältnisse. Die Einschätzung erfolgt in einer Verhältniszahl zwischen 1 und 100 (Wertzahl). Die Ergebnisse der Bodenschätzung sind am jeweiligen Lagefinanzamt einsehbar.

deckend mit vorhandenen Datengrundlagen durchführbar sein. Weiters soll die Bewertung mit wenigen, vergleichsweise einfach aus den Datengrundlagen ableitbaren Parametern durchgeführt werden können. In Österreich stehen für die Bewertung der Bodenfunktionen zwei unterschiedliche Datengrundlagen zur Verfügung, die für die landwirtschaftlichen Nutzflächen flächendeckend vorliegen:

- Österreichische Bodenkarte „eBOD“ (siehe dazu auch BFW (o.J.))
- Klassenbezeichnungen und Musterstücke der Bodenschätzung „FBS“

Stärken und Schwächen beider Datengrundlagen sind in Tabelle 2 gegenübergestellt.

Tabelle 2: Eignung der Österreichischen Bodenkarte (eBOD) und der Bodenschätzung (FBS) für die Bodenfunktionsbewertung

Kriterium	Österreichische Bodenkarte [eBOD]	Klassenzeichen und Musterstücke der Bodenschätzung [FBS]
Verfügbarkeit	flächendeckend digital	flächendeckend analog [bis dato]
Maßstab	1:25.000 [regionale Aussagen]	1:2.000 [parzellenscharf]
maßstäblich besonders geeignet für	Region 1:25.000 - 1:50.000	örtliche vorbereitende und verbindliche Planung (1:10.000 – 1:5.000 bzw. 1:5.000 und größer)
Art der Verknüpfung	Aufgesetzte Bewertungsverfahren müssen aus den zugeordneten Parametern verknüpft und berechnet werden	hochaggregierte Werte erzeugen durch einfache Verknüpfung wieder einen hochaggregierten Wert
Aufwand für die Bewertung	hoch (da Parameter für vergleichsweise komplexes Bewertungsverfahren abgeleitet werden müssen)	vergleichsweise gering, nach Aufbereitung der Rohdaten direkte Zuordnung des Grades der Funktionserfüllung
Transparenz der Ergebniserzeugung	mittel	hoch
Durchführen der Bewertung	erfordert fundiertes bodenkundliches Fachwissen	auch für bodenkundlich weniger Versierte geeignet
inhaltliche Aussageschärfe	hoch (sofern Parameter richtig verknüpft)	mittel
räumliche Auflösung	mittel	hoch
zeitliche Auflösung	langjähriger Durchschnitt	langjähriger Durchschnitt

Darüber hinaus stehen punktförmige Daten zur Beurteilung des Bodenzustands zur Verfügung (z.B. Bodenzustandsinventur BZI). Diese dienen auch zur möglichen Interpretation der Schadstoffvorbelastung der Böden.

Auswahl der zu bewertenden Bodenteilfunktionen (BTF) und Empfehlung geeigneter Bewertungsmethoden

Die zu bewertenden Bodenteilfunktionen wurden in enger Anlehnung an § 3, Abs. 6 BodSchG ausgewählt und verbindlich festgelegt.

Folgende Bodenteilfunktionen werden weiter betrachtet (Nomenklatur und Kürzel ^[1] folgen dem Methodenkatalog, BGR 2007):

ⁱ Ausnahme: Die Bodenteilfunktion 1.2b Standort für Bodenorganismen wird im Methodenkatalog (BGR, 2007) unter dem Kürzel 1.4 geführt.

Tabelle 3: Auswahl Bodenteilfunktionen

Kürzel BF/ BTF	BSchG Sbg.	Bodenfunktion (BF) und betrachtete Bodenteilfunktion (BTF)
1		Lebensraumfunktion <i>Bodenfunktionen a) und d) gemäß § 3 (6) BSchG Salzburg</i>
1.2b	§ 3 (6) d)	Standort für Bodenorganismen [LEBENSRAUMFUNKTION]
1.3a	§ 3 (6) d)	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften [STANDORTFUNKTION]
1.3b	§ 3 (6) a)	Natürliche Bodenfruchtbarkeit [PRODUKTIONSFUNKTION]
2		Bestandteil des Naturhaushalts <i>Bodenfunktionen b) gemäß § 3 (6) BSchG Salzburg</i>
2.1a	§ 3 (6) b)	Abflussregulierung [REGLERFUNKTION]
3		Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium [PUFFERFUNKTION] <i>Bodenfunktionen c) gemäß § 3 (6) BSchG Salzburg</i>
3.1	§ 3 (6) c)	Filter und Puffer für anorg. sorbierbare Schadstoffe
3.2	§ 3 (6) c)	Filter und Puffer für organische Schadstoffe
3.3	§ 3 (6) c)	Puffervermögen des Bodens für saure Einträge
4		Archivfunktion <i>Bodenfunktionen e) gemäß § 3 (6) BSchG Salzburg</i>
4.1	§ 3 (6) e)	Archiv der Naturgeschichte
4.2	§ 3 (6) e)	Archiv der Kulturgeschichte

Für den Leitfaden wurden aus dem Methodenkatalog (BGR, 2007) jene Methoden ausgewählt, die für die Bewertung der Bodenfunktionen im Land Salzburg auf Basis der vorhandenen Bodendaten besonders geeignet sind. Kriterien für die Auswahl der Methoden waren u.a.

- die Datenverfügbarkeit,
- die Anwendbarkeit und
- die Aussagesicherheit in Abhängigkeit vom gewählten Maßstab.

Ausdrücklich ist festzuhalten, dass mit den ausgewählten Methoden nur Teilfunktionen beschrieben und bewertet werden. Diese dienen als Indikatoren für den Funktionserfüllungsgrad, decken aber keinesfalls sämtliche Bodenfunktionen ab.

Für die Bewertung der Bodenfunktionen empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

- Darstellung des Planungsraums
- Beschreibung der relevanten Bodenfunktionen
- Ermittlung und Zusammenführung der verfügbaren Bodendaten
- Bewertung der ausgewählten Bodenteilfunktionen und Ermittlung des jeweiligen Funktionserfüllungsgrades – Darstellung in einer fünfstufigen Skala von sehr gering, gering über mittel bis hoch und sehr hoch (wertneutrale Aussagen hinsichtlich des Funktionserfüllungsgrades der betrachteten Teilfunktion).
- Übersetzung des Funktionserfüllungsgrades der Bodenfunktionen in Verbindung mit bestehenden rechtlichen Vorgaben in verfahrensrelevante Aussagen für das Schutzgut Boden als Grundlage für das jeweilige Planungs- und Genehmigungsverfahren.

Empfohlene Bewertungsmethoden - Übersicht

Tabelle 4: Bodenfunktionen (BTF) und zugehörige Bewertungsmethoden auf Basis der FBS

	BSchG Sbg.	Bodenfunktion	Empfohlene Methode [Datengrundlage FBS]	Eingangsdaten/Kriterien/Anmerkungen
1		Lebensraumfunktion <i>Bodenfunktionen a) und d) gemäß BSchG Salzburg</i>		
1.2b	§ 3 (6) d)	Standort für Bodenorganismen [LEBENSRAUMFUNKTION]	Bundesverband Boden (2005)	Klassenzeichen der FBS [Acker- oder Grünlandschätzungsrahmen]
1.3a	§ 3 (6) d)	Standortpotenzial für natürliche Pflanzengesellschaften [STANDORTFUNKTION]	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995), S. 10 ff.	Klassenzeichen der FBS oder Anmerkungen in der Schätzungskarte
1.3b	§ 3 (6) a)	Natürliche Bodenfruchtbarkeit [PRODUKTIONSFUNKTION]	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995), S. 11	Bodenwertzahlen aus FBS [Acker- oder Grünlandzahl]
2		Bestandteil des Naturhaushalts <i>Bodenfunktionen b) gemäß BSchG Salzburg</i>		
2.1a	§ 3 (6) b)	Abflussregulierung [REGLERFUNKTION]	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995), S. 11 ff.	Klassenzeichen der FBS [Acker- oder Grünlandschätzungsrahmen]
3		Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium [PUFFERFUNKTION] <i>Bodenfunktionen c) gemäß BSchG Salzburg</i>		
3.1	§ 3 (6) c)	Filter und Puffer für anorg. sorbierbare Schadstoffe		
3.2	§ 3 (6) c)	Filter und Puffer für organische Schadstoffe		
3.3	§ 3 (6) c)	Puffervermögen des Bodens für saure Einträge	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995), S. 13 ff.	Klassenzeichen der FBS [Acker- oder Grünlandschätzungsrahmen]
4		Archivfunktion <i>Bodenfunktionen e) gemäß BSchG Salzburg</i>		
4.1	§ 3 (6) e)	Archiv der Naturgeschichte		
4.2	§ 3 (6) e)	Archiv der Kulturgeschichte	Expertengestützte Auswahl!	vertiefte Regionalkenntnisse notwendig

Tabelle 4 stellt die zur Anwendung vorgesehenen Bewertungsmethoden für die ausgewählten Bodenteilfunktionen (BTF) zusammen (siehe dazu auch BGR, 2007). Die Bewertung erfolgt

einheitlich auf Basis der Datengrundlage der FBS, die aufgrund der Parzellenschärfe für die örtliche bzw. projektbezogene Ebene besonders geeignet ist (siehe auch Tabelle 2 [j]).

In Österreich existieren zusätzlich zu den deutschen Klassenbezeichnungen der Bodenschätzung weitere Klassenbezeichnungen, um die Böden in den gebirgigen Lagen zu charakterisieren. Die verwendeten Verknüpfungsmatrizen innerhalb der ausgewählten Methoden wurden deshalb um die zusätzlichen Klassenbezeichnungen ergänzt.

Bodenteilfunktion 1.2b [k]: Standort für Bodenorganismen

Empfohlene Methode: BUNDESVERBAND BODEN (Hrsg.) (2005), siehe dazu auch BEYLICH ET AL. (2005)

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Ziel der Betrachtung ist, die Vielfalt der Bodenorganismen und ihrer Gemeinschaften zu erhalten. Die Definition und Abgrenzung der Lebensräume von Bodenlebensgemeinschaften soll bodenbiologisch begründet sein. Für alle ausgewählten Tiergruppen (Regenwürmer, Kleinringelwürmer, Hornmilben, Raubmilben, Springschwänze, Fadenwürmer, Laufkäfer, Tausendfüßer und Asseln) besteht prinzipiell die Möglichkeit, charakteristische Artengruppen auszuweisen. Es werden 14 Bodenlebensgemeinschaften definiert, die durch das Vorkommen bestimmter Artenkombinationen charakterisiert sind. Diese Gemeinschaftstypen sind an das Vorkommen bestimmter abiotischer Faktoren (die aus Bodenkarten abgeleitet werden können) gebunden.

Fragestellung: Welche Standortvoraussetzungen bietet der Boden für die Lebensräume von Bodenlebensgemeinschaften?

Kriterien: Gehalt an mikrobieller Biomasse [gering, mittel, hoch, sehr hoch]

Parameter: pH-Wert (Ziel-pH-Wert), Bodenfeuchte (Bodenkundliche Feuchtestufe), Bodenart, Nutzung (Acker, Grünland, Wald), Humusform.

Aus den Klassenbezeichnungen der Bodenschätzung ist eine Umschlüsselung in die Bodenfeuchte (siehe Tabelle 5 [l]) sowie in die Bodenart gemäß Bodenkundliche Kartieranleitung (AG Boden 1994 = KA4) (siehe Tabelle 6), wie auch die Ableitung der Nutzung und des Ziel-pH-Wertes (siehe Tabelle 7) möglich [Acker- und Grünlandschätzungsrahmen im Stand der 2. Überprüfung, gültig ab 01.02.2005]. Auf den landwirtschaftlichen Standorten wird davon ausgegangen, dass es sich bei den vorhandenen Humusformen um „Mull-Humusformen (Durchmischungs-Humusformen) handelt, sodass keine separate Erhebung notwendig ist (siehe dazu BUNDESVERBAND BODEN (2005), S. 41 und 42).

Da eine Erfassung des Artenspektrums der Bodenmikroorganismen mit standardisierten Methoden bislang nicht umfassend möglich ist, wird zur Charakterisierung der Mikroflora die mikrobielle Biomasse herangezogen. Der Gehalt an mikrobieller Biomasse wird in folgenden Funktionserfüllungsgrad umgeschlüsselt (2 = gering, 3 = mittel, 4 = hoch, 5 = sehr hoch).

^j Ergänzend zu einer Bodenfunktionsbewertung auf Basis der FBS eignen sich die eBOD-Daten, um einen thematischen Zugang zum Untersuchungsraum zu finden und die Bodenlandschaft inhaltlich zu beschreiben. Die eBOD sollte in dieser Funktion auch Eingang in die Gutachten finden.

^k Im Methodenkatalog (BGR 2007): Bodenteilfunktion 1.4

^l Aus den Klassenbezeichnungen der Ackerschätzung ist keine direkte Ableitung der Bodenfeuchte möglich. Es wird deshalb empfohlen, die Angaben zu den Wasserverhältnissen aus der eBOD (Spalte Wasserverhältnisse) heranzuziehen. Eine Umschlüsselung dieser Angaben in die Bodenkundliche Feuchtestufe kann ebenfalls aus Tabelle 5 entnommen werden (siehe dazu auch MURER, E. (2009), S.10).

Experten mit vertieften Regionalkenntnissen sollen die Möglichkeit erhalten, einzelnen Flächen oder Flächentypen (Bodenlebensgemeinschaft) einen abweichenden Funktionserfüllungsgrad zuzuweisen. Dies wäre dann aber verbal-argumentativ zu begründen. Diese Vorgehensweise wird gemäß BUNDESVERBAND BODEN (2005, S. 53) bevorzugt empfohlen.

Hinweis: Die Methode gemäß BUNDESVERBAND BODEN (Hrsg.) (2005) führt zu keiner Einstufung des Funktionserfüllungsgrades in die Stufe 1!

Tabelle 5: Umschlüsselung aus der Klassenbezeichnung der Bodenschätzung in die Bodenkundliche Feuchtestufe (BKF)

Wasserverhältnisse				
Bodenschätzung Grünland		Bodenkundliche Feuchtestufe BKF nach NIBIS*		eBOD [für Ackerflächen]
Feuchtezahl	Beschreibung	BKF-Stufe	Beschreibung	Beschreibung
5+	nass, sumpfig, stauende Nässe	11	-	-
		10	naß	nass
				feucht - nass
9	stark feucht	feucht		
4+	-	8	mittel feucht	mäßig feucht - feucht
3+	feucht	7	schwach feucht	mäßig feucht
2+	-	6	stark frisch	wechselfeucht - Überwiegen der feuchten Phase
				wechselfeucht
				gut versorgt - mäßig feucht
1	frisch, gesund	5	mittelfrisch	gut versorgt
				mäßig trocken - gut versorgt
2-	-	4	schwach frisch	wechsel trocken - Überwiegen der trockenen Phase
				mäßig trocken
3-	trocken	3	schwach trocken	trocken - mäßig trocken
4-	-	2	mittel trocken	trocken
				sehr trocken - trocken
5-	sehr trocken, dürr	1	stark trocken	sehr trocken
		0	dürr	-

* NIBIS = Niedersächsisches Bodeninformationssystem

Anm.: Gerade minderwertigere Standorte sind häufig nicht nur nass oder trocken, sondern örtlich und/oder zeitlich wechselfeucht. Die Bodenschätzung verwendet dafür die Symbole „±“, z. B. 3+ für wechselfeucht, 4+ und 5+ für stark und sehr stark wechselfeucht. [Quelle für die Umschlüsselung aus eBOD: MURER, E. (2009), S.10]

Tabelle 6: Umschlüsselung der Bodenart aus der Klassenbezeichnung der Bodenschätzung in die Bodenart gemäß AG Boden (1994)

Bodenart gemäß Klassenzeichen der Bodenschätzung	Bodenart gemäß AG BODEN (1994)							
	Entstehung gemäß Bodenschätzung							
	D	Dg	Lö	Al	Alg	V	Vg	keine*
S	S	S,g3	-	S	S,g3	S	S,x3	S
S/T	S	-	-	S	-	S	-	S
S/L	S	-	-	S	-	S	-	S
S/sL	S	-	-	S	-	S	-	S
S/IS	S	-	-	S	-	S	-	S
S _{Mo}	S	-	-	S	-	S	-	S
S/Mo	S	-	-	S	-	S	-	S
SI	SI2	SI2,g3	Ut2	SI2	SI2,g3	SI2	SI2,x3	SI2
SI/T	SI2	-	Ut2	SI2	-	SI2	-	SI2
SI/T	SI2	-	Ut2	SI2	-	SI2	-	SI2
SI/IS	SI2	-	Ut2	SI2	-	SI2	-	SI2
SIMo	SI2	-	Ut2	SI2	-	SI2	-	SI2
SI/Mo	SI2	-	Ut2	SI2	-	SI2	-	SI2
IS	SI3	SI3,g3	Ut2	Slu	SI3,g3	SI3	SI3,x3	SI3
IS/T	SI3	-	Ut2	Slu	-	SI3	-	SI3
IS/L	SI3	-	Ut2	Slu	-	SI3	-	SI3
IS/sL	SI3	-	Ut2	Slu	-	SI3	-	SI3
ISMo	SI3	-	Ut2	Slu	-	SI3	-	SI3
IS/Mo	SI3	-	Ut2	Slu	-	SI3	-	SI3
SL	SI4	SI4,g3	Ut2	Slu	SI4,g3	SI4	SI4,x3	SI4
SLMo	SI4	-	Ut2	Slu	-	SI4	-	SI4
SI/Mo	SI4	-	Ut2	Slu	-	SI4	-	SI4
sL	Ls4	Ls4,g3	Ut3	Ut3	Ls4,g3	Ls4	Ls4,x3	Ls4
sLMo	Ls4	-	Ut3	Ut3	-	Ls4	-	Ls4
sL/Mo	Ls4	-	Ut3	Ut3	-	Ls4	-	Ls4
L	Ls3	Ls3,g3	Ut3	Ut4	Ls3,g3	Ls3	Ls3,x3	Ls3
LMo	Ls3	-	Ut3	Ut4	-	Ls3	-	Ls3
L/Mo	Ls3	-	Ut3	Ut4	-	Ls3	-	Ls3
LT	Lts	Lts,g3	-	Tu4	Lts,g3	Lts	Lts,x3	Lts
LTMo	Lts	-	-	Tu4	-	Lts	-	Lts
LT/Mo	Lts	-	-	Tu4	-	Lts	-	Lts
T	Tu2	Tl,g3	-	Tu3	Tl,g3	TI	TI,x3	TI
TMo	Tu2	-	-	Tu3	-	TI	-	TI
T/Mo	Tu2	-	-	Tu3	-	TI	-	TI
	Zustandsstufe Grünlandschätzung							
	I	II	II	III	IV			
Wertzahl		≥ 36	< 36					
Mo	Hn	Hn	Hh	Hh	Hh			

* keine Entstehung bekannt oder Grünlandschätzung
[Quelle: DLG (1987) S. 66 und 67), erweitert, aktualisiert]

Tabelle 7: BTF 1.2b Standort für Bodenorganismen: Bodenlebensgemeinschaften, Gehalt an mikrobieller Biomasse sowie Ableitung des Funktionserfüllungsgrades

pH-Wert**	Humusform	Bodenkundliche Feuchtestufe	Nutzung	Bodenarten	Bodenlebensgemeinschaftstypen*	Gehalt an mikrobieller Biomasse	Funktionserfüllungsgrad
≥ 4.2	Mull	2 - 7	Grünland	S, Sl2, Sl3, Sl4, Us	A1.2.1	mittel	3
				Uu, Ut2, Ut3, Ut4, Uls, Ls3, Ls4, Lts, Lt2, Lu, Ts3, Ts4	A1.2.2	hoch	4
				Lt3, Tu2, Tu3, Tu4, Ts2, Tl, Tt, Hn, Hh	A1.2.3	sehr hoch	5
		2 - 8	Acker	S, Sl2, Sl3, St2	A1.4.1	gering	2
				Sl4, St3, Slu, Ut2, Ut3, Ut4, Ls3, Ls4, Lu, Lts, Lt2, Ts4, Ts3	A1.4.2	mittel	3
				Lt3, Ts2, Tu2, Tu3, Tu4, Tl, Tt, Hn und Hh	A1.4.3	hoch	4

* Erwartungswerte für landwirtschaftlich genutzte Standorte. Andere Bodenlebensgemeinschaften mit abweichenden Parameterwerten erhalten gemäß Methode keine Einstufung des Gehaltes an mikrobieller Biomasse.

** Die Ziel pH-Werte liegen bei landwirtschaftlich genutzten Flächen zwischen 4.5 und 7.0 [Quelle: Umweltministerium Baden-Württemberg, 1995, S. 48]
[Quelle: BUNDESVERBAND BODEN (2005), S.42 und 43]

Bodenteilfunktion 1.3a: Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften

Empfohlene Methode: gemäß MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995) S. 10 ff, siehe dazu auch LFU BAYERN (2003)

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Grundsätzlich hat jeder Boden eine Funktion als Lebensraum für die natürliche Vegetation, d.h. entsprechend seinen natürlichen Standortbedingungen bietet er die Voraussetzungen für die Entwicklung einer spezifischen Pflanzen- bzw. Lebensgemeinschaft. Die Seltenheit und damit die Bedeutung einer Pflanzengesellschaft können regional sehr unterschiedlich sein. Je nach regionaler Standortausprägung können auch Standorte ohne extreme Standortbedingungen eine hohe Bedeutung als Lebensraum haben. Eine Bewertung dieser Standorttypen muss im regionalen Kontext vorgenommen werden.

Fragestellung: Welche Standortvoraussetzungen bietet der Boden für die Entwicklung von Pflanzengesellschaften?

Kriterien: Wasserhaushalt, Nährstoffhaushalt

Parameter: Klassenbeschreibung der Bodenschätzung, Ertragszahl, Standortinformationen

Die Methode charakterisiert anhand bestimmter Klassenbeschreibungen Böden mit einer geringen Ertragsleistung als potenziell hochwertig aus der Sicht des Naturschutzes. Es können jedoch nur die Extremstandorte hinsichtlich des Wasserhaushaltes dargestellt werden. Eine Bewertung von Böden nach der Acker- oder Grünlandzahl erfolgt nicht. Diese dient lediglich als Anhaltspunkt

dafür, ob es auf den verbleibenden Flächen sinnvoll sein kann, zusätzlich bestimmte Standorttypen durch Experten mit regionaler Fachkenntnis hinsichtlich ihres Funktionserfüllungsgrades zu bewerten.

Tabelle 8: BTF 1.3a Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades (Gr=Grünland, Bgm=Bergmahd, Str=Streu, Hu=Hutweide

Klassenzeichen	Bewertungs- klasse	Klassenzeichen	Bewertungs- klasse
GrBgm	5	Dg 5, Alg 5, Vg 5, Dg 6, Alg 6, Vg 6	4
GrStr	5	Dg 7, Alg 7, Vg 7	5
GrHu	5	Mo 4 und Mo 5 [Acker]	4
Wasserverhält- nisse [Grünland]		Mo 6 und Mo 7 [Acker]	5
5+ oder 5-	5	Mo II [Grünland]	4
4+ oder 4-	4	Mo III und IV [Grünland]	5

[Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S.10, erweitert und angepasst; BEV (2005), S.16]

Bodenteilfunktion 1.3b: Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Empfohlene Methode: gemäß MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995) S. 11, siehe dazu auch LFU BAYERN (2003).

Tabelle 9: Einstufungen hinsichtlich der Bonität auf nationaler Ebene

Bodenklimazahl FBS	Einstufung der Böden	Anteil an der Landesfläche
> 66 Punkte	sehr hochwertig	0,3 %
45 und 65 Punkte	hochwertig	18,2 %
30 und 44 Punkte	mittelwertig	27,0 %
20 und 29 Punkte	geringwertig	21,3 %
13 – 19 Punkte	sehr geringwertig	12,9 %
(< 13 Punkte)	extrem geringwertig	20,4 %

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Die Produktion von Nahrungsmitteln ist eine Grundvoraussetzung für das Fortbestehen menschlicher Gesellschaften. In Zeiten knapper Nahrungsmittelversorgung wurde die natürliche Bodenfruchtbarkeit als die wichtigste Bodenfunktion angesehen, der andere Bodenfunktionen untergeordnet wurden. Die Bedeutung der Bodenteilfunktion nimmt in der Gegenwart tendenziell ab, obwohl eine umweltschonende Landbewirtschaftung bevorzugt auf Böden mit einer hohen natürlichen Ertragsfähigkeit möglich ist. Dieses Kriterium beschreibt die Fähigkeit des Bodens, ohne kulturtechnische Eingriffe, wie z.B. Düngung oder Melioration, einem breiten Spektrum an Kulturpflanzen gute Wachstumsbedingungen zu bieten.

Fragestellung: Wie hoch ist das natürliche Ertragspotential des betrachteten Bodens?

Kriterien: Natürliche Ertragsfähigkeit

Parameter: Bodenzahlen der Bodenschätzung

Auf nationaler Ebene (Österreich) gelten folgende Einstufungen hinsichtlich der Bonität (natürliche Ertragsfähigkeit) zur Bewertung der Produktionsfunktion:

Aufgrund der regionalen Unterschiede der natürlichen Ertragsfähigkeit der Böden sind zur Bewertung der Produktionsfunktion im Rahmen der örtlichen Raumplanung statistische Kennzahlen der Region bzw. des Kleinproduktionsgebietes besser geeignet. Die Bodenzahlen der FBS wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung, Referat Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen, nach Kleinproduktionsgebieten regional ausgewertet.

Tabelle 10: Einstufungen hinsichtlich der Bonität auf Ebene von Kleinproduktionsgebieten

Grad der Funktionserfüllung	Regionale Produktionsfunktion	Spanne der Perzentile in Bezug auf die landwirtschaftl. Nutzfläche der Kleinproduktionsgebiete	BKZ	Ennspongau	Flachgau	Gastein - Rauriser Gebiet	Hallerer Becken	Lungau	Mitterpitzgau	Ober- u. Unterpitzgau	Salzachpitzgau	Salzkammergut	Tennengau
		Fläche gesamt [ha]**		7.873	30.467	7.319	4.023	10.202	11.753	15.739	7.987	7.665	9.818
				Bodenklimazahl (BKZ)									
5b*	sehr bedeutend	> 90 - 100 %	>	33,3	57,8	29,4	59,1	32,9	40,9	36,8	38,3	44,7	42,9
5a*		> 80 - ≤ 90 %	≤	33,3	57,8	29,4	59,1	32,9	40,9	36,8	38,3	44,7	42,9
4	bedeutend oder hoch	> 60 - ≤ 80 %	≤	29,2	54,0	24,0	56,3	29,9	35,0	31,6	32,3	39,2	37,0
3	durchschnittlich	> 40 - ≤ 60 %	≤	23,2	48,3	16,0	51,2	24,3	24,7	23,8	23,1	33,7	30,5
2	mäßig	> 20 - ≤ 40 %	≤	16,8	43,0	9,8	44,7	18,2	16,0	16,5	16,3	28,7	24,0
1	gering	> 0 - ≤ 20 %	≤	8,9	35,8	6,4	31,8	10,9	9,2	10,0	8,5	21,9	15,0

* Die Aufteilung innerhalb des Funktionserfüllungsgrades 5 in a und b dient der Ausweisung der Flächen, die sich im Bereich der 80 bis 90 % besten BKZ [a] und der mehr als 90 % besten BKZ bewegen [b], um bei der Stufe 5 eine besonders differenzierte Argumentation zu ermöglichen. Für die weitere Verknüpfung im Rahmen der Anwendungsfälle (siehe Abbildung 8, Abbildung 10 und Abbildung 12) hat diese Unterteilung keine Auswirkungen.

** Die Perzentilspannen sind so gesetzt, dass innerhalb eines Kleinproduktionsgebietes die Flächen mit dem gleichen Funktionserfüllungsgrad 1/5 der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche, z.B. im Lungau 1/5 von 10.202 ha = 2.040,4 ha, umfassen.

Fachlich begründet können aufgrund sonstiger, die Produktionseignung beeinflussender Faktoren (Hangneigung, Schlaggröße, Schlagausformung, etc) Ab- und Aufwertungen um jeweils eine Stufe durchgeführt werden.

Bodenteilfunktion 2.1a: Abflussregulierung

Empfohlene Methode: gemäß MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995) S. 11 ff., siehe dazu auch LFU BAYERN (2003).

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Unversiegelter Boden hat die Fähigkeit, Niederschlagswasser aufzunehmen, zu speichern und zeitlich verzögert an die Atmosphäre, an die Vegetation, an die Vorfluter oder an das Grundwasser abzugeben (Retention).

Böden wirken damit ausgleichend auf den Wasserhaushalt und wirken der Entstehung von Hochwässern entgegen. Die Verdichtung und Versiegelung des Bodens hingegen vermindert die Infiltration und Grundwasserneubildung, führt zu einem vermehrten oberflächlichen Abfluss des Niederschlags, erhöht damit das Erosionsrisiko, das Risiko der Gewässereutrophierung und das Hochwasserrisiko, insbesondere in gefährdeten Gebieten.

Es ist daher darauf zu achten, dass Böden mit einer hohen Infiltrations- und Speicherfähigkeit und damit einem guten Retentionsvermögen für Niederschläge in ihrer Funktion erhalten bleiben.

Fragestellung: Wie gut kann ein Boden starke Niederschläge zwischenspeichern und einer geregelten Versickerung zuführen sowie den oberflächlichen Abfluss verzögern?

Kriterien: Fähigkeit des Bodens zur Wasseraufnahme

Parameter: Klassenbezeichnung der Bodenschätzung, Hydrogeologische Informationen, Relief, Einzelfallprüfung

Tabelle 11: BTF 2.1a Abflussregulierung: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades aus der Klassenbezeichnung für Grünlandflächen

Grünlandflächen					
Bodenart	Zustandsstufe	Bewertungsklasse bei Wasserverhältnissen****-**			
		1/2/3	4	5	4/5
S	I	4*	2*	2	3
	II	3*	2	2	2
	III	2	2	2	2
	IV	2	1	1	1
IS	I	4*	3*	2	3
	II	3-4*	2*	2	2
	III	2	2	2	2
	IV	2	1	1	1
L	I	5	3	3	3
	II	4	3	2	2
	III	2	2	2	2
	IV	2	1	1	1
T	I	3	2	2	2
	II	2	2	2	2
	III	2	2	2	2
	IV	1	1	1	1
Mo	I	5	4	3	-
	II	5	3	2	-
	III	4	2	2	-
	IV	3	1	1	-

*** Böden in Hanglage (> 18 %) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsklasse

** Modifizierungen nach Einzelfallprüfungen sind möglich (z.B. Böden in abflussträger Lage)

* über Porengrundwasserleitern: Klassenwert = 5

[Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S.13; erweitert]

Tabelle 12: BTF 2.1a Abflussregulierung: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades aus der Klassenbezeichnung für Ackerflächen

Ackerflächen								
Bodenart	Entstehungsart	Bewertung bei Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D,Al	-	4*	3*	3*	2	2	2
	Dg	-	-	3	2	2	2	1
	Alg	-	-	3	3	2	2	2
	V	-	4	3	3	2	2	2
	Vg	-	-	3	2	2	2	1
SI S/IS	D	4*	4*	4*	4*	2	2	2
	Dg,Vg	-	-	4	2	2	2	2
	Al	5	4*	4*	4*	2	2	2
	Alg	-	-	4	4	2	2	2
	V	-	4	4	4	2	2	2
IS	D,Al	5	5	4*	3	3	3	3
	Dg,Vg	-	-	3	2	2	2	2
	Lö	5	5	4	4	4	4	4
	Alg	-	-	4	4	3	3	3
	V	5	5	4	3	3	3	3
SL IS/sL	D,Al	4*	4*	4*	3	2	2	2
	Dg,Alg	-	-	4	3	2	2	2
	Lö	5	5	5	4	3	2	2
	V	4	4	4	3	2	2	2
	Vg	-	-	3	2	2	2	2
sL	D,Al	4*	4*	4*	3	3	2	2
	Dg,Alg	-	-	4	3	3	2	2
	Lö	5	4	4	3	2	2	2
	V	-	4	4	3	3	2	2
	Vg	-	-	3	2	2	2	2
L	D,Al	4	4	3	3	3	2	2
	Dg	-	-	3	3	2	2	2
	Lö	4	4	4	3	3	2	2
	Alg,Vg	-	-	3	3	3	2	2
	V	-	4	3	3	2	2	2
LT	D,Al	4	4	4	3	3	2	2
	Dg	-	-	3	3	2	2	2
	Alg	-	-	4	3	3	2	2
	V	-	4	3	3	2	2	2
	Vg	-	-	3	2	2	2	2
T	D,Al,V	-	3	3	2	2	2	2
	Dg,Alg, Vg	-	-	3	2	2	2	2
	Mo	5	5	5	4	4	3	2

- *** Böden in Hanglage (> 18 %) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsklasse
 ** Modifizierungen nach Einzelfallprüfungen sind möglich (z.B. Böden in abflussträger Lage)
 * über Porengrundwasserleitern: Klassenwert = 5
 [Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S.12; erweitert]

Die Böden werden anhand der Klassenbezeichnung der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Hanglage, der Lage über Porengrundwasserleitern und aufgrund von Einzelfallprü-

fungen bezüglich ihres Retentionsvermögens klassifiziert. Auf Ackerstandorten (Ackerschätzungsrahmen) wird eine stichprobenartige Überprüfung der Einstufung im Feld, durch Grablochbeschriebe oder mit Hilfe der Zuordnung zu Musterstücken gefordert. Böden in Hanglage (> 18 %) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsklasse. Böden in abflussträger Lage (< 9 % Hangneigung) erfordern ggf. Modifizierungen nach Einzelfallprüfungen [^m].

Bodenteilfunktion 3.1 – 3.3: Filter und Puffer für Schadstoffe

BTF 3.1 – Filter und Puffer für anorg. sorbierbare Schadstoffe

BTF 3.2 – Filter und Puffer für organische Schadstoffe

BTF 3.3 – Puffervermögen des Bodens für saure Einträge

In einer zusammenfassenden Bewertung der drei Teilfunktionen wird der Boden in seiner Funktion als Filter und Puffer für Schadstoffe betrachtet.

Empfohlene Methode: gemäß MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995) S. 13 ff, siehe dazu auch LFU BAYERN (2003).

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Die Leistungsfähigkeit eines Bodens als „Filter und Puffer für Schadstoffe“ wird für drei Schadstoffgruppen abgeleitet (Schwermetalle, organische Schadstoffe, Säuren). Bestimmend sind die Kenngrößen der Bodenbeschaffenheit, die die Mobilität von anorganischen Schadstoffen, die Mobilität und die Abbauleistung von organischen Schadstoffen und die Säurepufferkapazität maßgeblich prägen. Dabei weisen Böden eine hohe Leistungsfähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe auf, welche Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf entfernen, zurückhalten und ggf. abbauen (organische Schadstoffe) und welche eine hohe Säurepufferkapazität aufweisen.

Fragestellung: Wie gut kann ein Boden als Filter und Puffer für Schadstoffe wirken?

Kriterien: Bindungsstärke für Schwermetalle, Bindung und Abbau von organischen Schadstoffen, Säureneutralisationsvermögen

Parameter: Klassenbezeichnung der Bodenschätzung

Die Ergebnisse der Bewertung des Funktionserfüllungsgrades der drei Bodenteilfunktionen werden zu einer Bewertung der Funktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“ zusammengefasst (MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG 1995).

Die Böden werden anhand der Klassenbezeichnung der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Hanglage, der Lage über Porengrundwasserleitern und aufgrund von Einzelfallprüfungen bezüglich ihrer Fähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe zu fungieren, klassifiziert. Auf Ackerstandorten (Ackerschätzungsrahmen) wird eine stichprobenartige Überprüfung der Einstufung im Feld, durch Grablochbeschriebe oder mit Hilfe der Zuordnung zu Musterstücken gefordert.

^m Informationen zur Hangneigung können z.B. aus einem digitalen Geländemodell oder direkt aus der Bodenschätzungskarte entnommen werden (dort allerdings in °, sodass eine Umrechnung in % notwendig ist).

Tabelle 13: BTF 3.1 - 3.3 Filter und Puffer für Schadstoffe: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades aus der Klassenbezeichnung für Grünlandflächen

Grünlandflächen						
Bodenart	Zustandsstufe	Bewertungsklasse bei Wasserverhältnissen				
		1	2	3	4	5
S	I	3	2	2	1	1
	II	2	2	1	1	1
	III	2	1	1	1	1
	IV	1	1	1	1	1
IS	I	3	3	2	1	1
	II	3	2	2	1	1
	III	2	2	1	1	1
	IV	2	1	1	1	1
L	I	5	4	4	3	3
	II	4	4	3	2	2
	III	3	3	3	2	2
	IV	4	3	2	2	2
T	I	5	5	5	4	4
	II	4	4	4	3	3
	III	3	3	3	3	3
	IV	3	3	2	2	2
Mo	I	1	1	1	1	1
	II	1	1	1	1	1
	III	1	1	1	1	1
	IV	1	1	1	1	1

[Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S.15; erweitert]

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Die Leistungsfähigkeit eines Bodens als „Filter und Puffer für Schadstoffe“ wird für drei Schadstoffgruppen abgeleitet (Schwermetalle, organische Schadstoffe, Säuren). Bestimmend sind die Kenngrößen der Bodenbeschaffenheit, die die Mobilität von anorganischen Schadstoffen, die Mobilität und die Abbauleistung von organischen Schadstoffen und die Säurepufferkapazität maßgeblich prägen. Dabei weisen Böden eine hohe Leistungsfähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe auf, welche Schadstoffe aus dem Stoffkreislauf entfernen, zurückhalten und ggf. abbauen (organische Schadstoffe) und welche eine hohe Säurepufferkapazität aufweisen.

Fragestellung: Wie gut kann ein Boden als Filter und Puffer für Schadstoffe wirken?

Kriterien: Bindungsstärke für Schwermetalle, Bindung und Abbau von organischen Schadstoffen, Säureneutralisationsvermögen

Parameter: Klassenbezeichnung der Bodenschätzung

Die Ergebnisse der Bewertung des Funktionserfüllungsgrades der drei Bodenteilfunktionen werden zu einer Bewertung der Funktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“ zusammengefasst (MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG 1995).

Die Böden werden anhand der Klassenbezeichnung der Bodenschätzung unter Berücksichtigung der Hanglage, der Lage über Porengrundwasserleitern und aufgrund von Einzelfallprüfungen bezüglich ihrer Fähigkeit als Filter und Puffer für Schadstoffe zu fungieren, klassifiziert. Auf Ackerstandorten (Ackerschätzungsrahmen) wird eine stichprobenartige Überprüfung der Einstufung im Feld, durch Grablochbeschriebe oder mit Hilfe der Zuordnung zu Musterstücken gefordert.

Tabelle 14: BTF 3.1 - 3.3 Filter und Puffer für Schadstoffe: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades aus der Klassenbezeichnung für Ackerflächen

Ackerflächen								
Bodenart	Entstehungsart	Bewertung bei Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D	-	2	2	2	1	1	1
	Dg	-	-	2	1	1	1	1
	Al,V	-	2	2	1	1	1	1
	Alg,Vg	-	-	2	1	1	1	1
SI S/IS	D	3	3	3	2	2	1	1
	Dg	-	-	2	2	1	1	1
	Al	4	3	3	2	2	1	1
	Alg	-	-	3	2	1	1	1
	V	-	3	2	2	1	1	1
	Vg	-	-	2	1	1	1	1
IS	D,Al	4	3	3	3	3	2	1
	Dg	-	-	3	2	2	1	1
	Lö	4	4	3	3	3	2	1
	Alg	-	-	3	3	3	2	1
	V	3	3	3	3	3	1	1
	Vg	-	-	2	2	2	1	1
SL IS/sL	D	5	4	4	3	2	2	2
	Dg	-	-	3	3	2	1	1
	Lö	5	5	5	4	4	3	2
	Al	5	5	4	4	3	3	3
	Alg	-	-	4	4	4	3	2
	V	5	4	3	3	2	1	1
	Vg	-	-	3	2	2	1	1
sL	D	5	5	4	4	3	3	2
	Dg	-	-	4	3	3	2	1
	Lö,Al	5	5	4	4	4	3	3
	Alg	-	-	4	4	3	3	2
	V	-	5	4	3	3	2	2
	Vg	-	-	3	3	2	2	1
L	D	5	5	4	4	3	3	2
	Dg	-	-	4	3	3	2	1
	Lö	5	5	4	4	4	3	3
	Al	5	5	4	4	3	3	3
	Alg	-	-	4	4	3	3	2
	V	-	4	4	3	3	2	2
	Vg	-	-	3	3	3	2	1
LT	D	5	5	4	4	3	3	3
	Dg,Alg	-	-	4	4	3	3	2
	Al	5	5	5	5	4	4	3
	V	-	5	5	4	4	4	3
	Vg	-	-	5	4	4	2	2
T	D,Al	-	5	5	5	5	4	4
	Dg	-	-	5	5	4	2	2
	Alg	-	-	5	5	4	3	2
	V	-	5	5	5	4	3	3
	Vg	-	-	4	4	4	3	3
Mo		-	1	1	1	1	1	1

[Quelle: UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S.14; erweitert]

Bodenteilfunktion 4.1: Archiv der Naturgeschichte

Bodenteilfunktion 4.2: Archiv der Kulturgeschichte

Empfohlene Methode: Die BTF 4.1 (Archiv der Naturgeschichte) und 4.2 (Archiv der Kulturgeschichte) werden gemäß der Empfehlung des Methodenkatalogs (BGR, 2005) mit Hilfe einer expertengestützten Auswahl und zwar mit Unterstützung von Experten, die vertiefte Regionalkenntnisse aufweisen, bearbeitet.

Begründung für die Betrachtung der Bodenteilfunktion: Jeder Boden kann grundsätzlich ein Archiv der Naturgeschichte sein, anhand dessen Ausprägung Rückschlüsse auf Umweltbedingungen während der Ausbildung seiner Eigenschaften möglich sind. Ebenso können Böden Archive der Kulturgeschichte sein. Mancherorts haben menschliche Siedlungs- und Kulturaktivitäten vielfältige Spuren in den Böden hinterlassen. Von besonderer Bedeutung kann die Archivfunktion bei Böden sein, die nur sehr selten vorkommen, im Landschaftskontext eine Besonderheit darstellen und von besonderem wissenschaftlichem Wert sind.

Fragestellung: Welche Zeugnisse der Kultur- und Naturgeschichte weist der betrachtete Boden auf?

Kriterien: Bedeutung für die Kenntnis der Erd- und Landschaftsgeschichte, der Klimageschichte und der Bodengenese; Bedeutung für die Kenntnis der menschlichen Siedlungsgeschichte, der Landnutzungsgeschichte und der heimatkundlichen Geschichte; Bedeutung für die geologische, mineralogische, paläontologische und pedologische Forschung; regionale und überregionale Seltenheit des Objektes; besondere Eigenart des Objekts, Erhaltungszustand; Zugänglichkeit und Wert als Anschauungsobjekt

Beispiele: Archiv der Naturgeschichte – Paläoböden, Seltene Böden (z.B. Vertisole), Periglazialböden, Böden mit besonderen Substraten (z.B. Verkieselungen, Kluftfüllungen, Schieferkohlen), Böden aus regional seltenen Substraten, mustergültig ausgeprägte Böden, besonders deutliche, anschauliche Bodenbildungen in gut zugänglicher Lage; Archiv der Kulturgeschichte – Ackerterrassen, Hochäcker, Wölbäcker, Ackerriedel, Remisen (anthropogene Geländeänderungen); Böden in historischen Bergbaugebieten, Böden an Stätten frühgeschichtlicher Besiedelung, Grabstätten (z.B. Hügelgräber), Böden auf vor- und frühgeschichtlichen Erzschrüfflächen: Böden, die vor- und frühgeschichtliche Aktivitäten des Menschen dokumentieren (Moore, Anmoore; Münzen im Untergrund) – historische Deckschichten; Flurformen; anthropogen veränderte/entwickelte historische Nutzungsformen.

Für eine vorläufige Einstufung dient folgende Zuordnung in Tabelle 15:

Tabelle 15: BTF 4.1-4.2 a Archiv der Natur- und Kulturgeschichte: Ableitung des Funktionserfüllungsgrades

Archivfunktion (Vorschlag vorläufige Einstufung)	
Funktionserfüllungsgrad	Kategorie Archivböden
sehr hoch=5	Ärchäologische Fundstätten, Verdachtsflächen
hoch=4	Seltene Böden, expertendefinierte Archivböden
mittel=3	Sonstige vom Planer einzustufende Archivböden

Zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen

In Deutschland liegen mehrere Arbeiten über die zusammenfassende Bewertung von Bodenfunktionen vor (z.B. FELDWISCH ET AL. 2006 und BALLA ET AL, 2008).

Für die vorliegende Fragestellung wurde auf eine zusammenfassende Bewertung der Bodenfunktionen bewusst verzichtet. Um weiterhin ein hohes Maß an Transparenz in der Bewertung sicherzustellen, wird stattdessen die Umwelterheblichkeit bzw. die Umweltauswirkung bodenteilfunktionsbezogen bestimmt und daraus abschließend ein Gesamtwert für das Schutzgut Boden abgeleitet (siehe dazu Kap. 0 und Kap. 0).

Anwendungsfälle

Umwelterheblichkeitsprüfung (UEP) in der örtlichen Raumplanung

Allgemeines

Der Leitfaden ist bei Umwelterheblichkeitsprüfungen in der örtlichen Raumplanung für folgende Verfahrensschritte geeignet:

- Prüfung der Umwelterheblichkeit im Schutzgut Boden.

„Klassischer“ Anwendungsfall ist die Durchführung einer UEP im Rahmen der Teilabänderung (TAÄ) eines Flächenwidmungsplans, welche sich in der Regel räumlich auf eine (kleinere) Teilfläche der Gemeinde (maximal wenige Hektare) erstreckt. Ein weiterer Anwendungsfall kann bei Änderung eines Räumlichen Entwicklungskonzepts vorliegen. Die Anwendung des Leitfadens ermöglicht die unmittelbare Einstufung des Schutzguts Boden in die entsprechende Erheblichkeitsstufe gem. UmweltprüfungsVO. Die Anwendung des Leitfadens erfordert die Daten der Bodenschätzung für die zu beurteilende Fläche.

Integration in den Verfahrenslauf

Abbildung 7 zeigt den Ablauf einer Umwelterheblichkeitsprüfung in einer schematischen Darstellung.

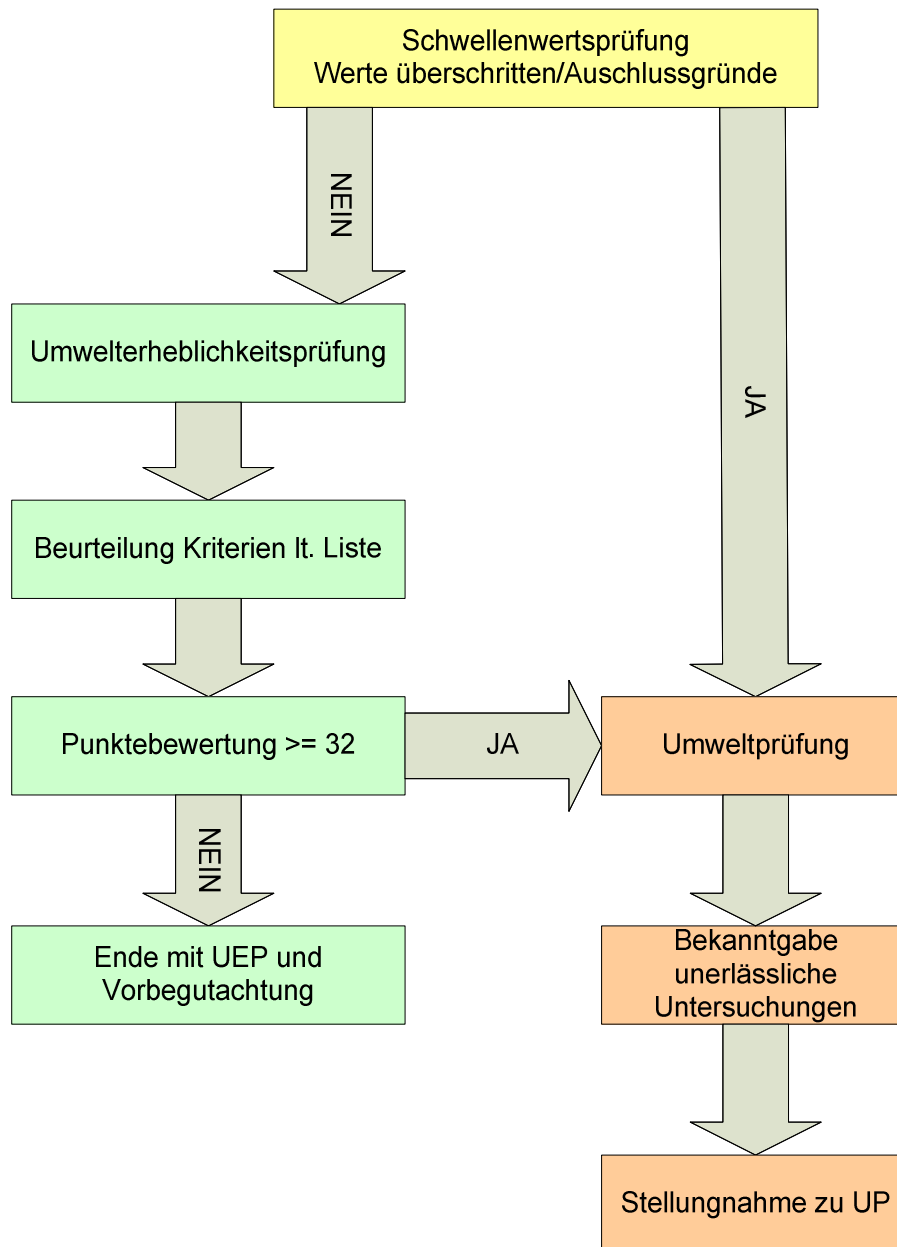


Abbildung 7: Prüfschema Umwelterheblichkeitsprüfung

Die „Beurteilung Kriterien lt. Liste“ gem. Ablaufschema erfolgt für das Schutzgut Boden gem. vorliegendem Leitfaden (→ Kap. 0).

Einstufung der Umwelterheblichkeit

Für die Bewertung der Umwelterheblichkeit im Schutzgut Boden sind folgende Schritte vorzunehmen:

1. Erhebung der FBS-Daten für das Planungsgebiet.
2. Bewertung des Funktionserfüllungsgrades jeder FBS-Einheit im Untersuchungsraum für jede Bodenfunktion.

3. Einstufung der ermittelten Werte nach ihrer Erheblichkeit gem. Ablaufschema in Abbildung 8 in eine der folgenden Stufen gem. UmweltprüfungsVO:

- 0..... nicht gegeben
- 1..... gering gegeben
- 8..... gegeben
- 32..... erheblich gegeben

4. Ermittlung der Gesamteinstufung der Umwelterheblichkeit anhand des höchsten ermittelten Einzelwerts.

Eingestuft werden nur tatsächlich vorhandene Böden. Befestigte / versiegelte Böden (und nur solche) werden der Stufe 0 = nicht gegeben zugeordnet.

Abbildung 8 zeigt den Ablauf bei der Einstufung der Umwelterheblichkeit der einzelnen Bodenfunktionen und ihrer Zusammenführung zu einer Gesamteinstufung

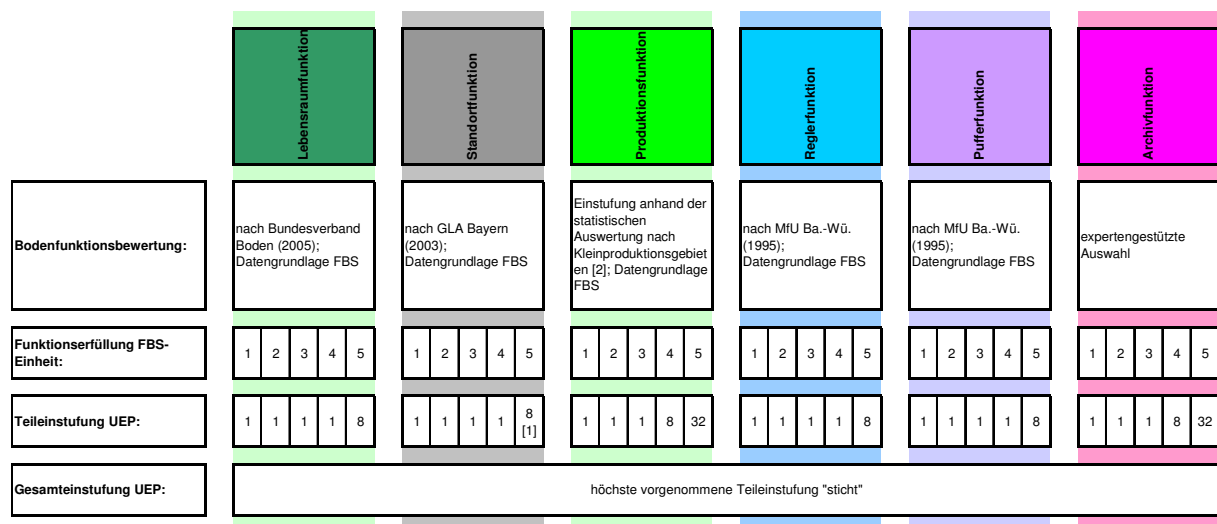


Abbildung 8: Ablaufschema Einstufung der Umwelterheblichkeit nach Bodenfunktionen

[1] Moorböden gem. BodP: 32

[2] Auswertung durch die Abt. 4, Ref. Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen

Umweltprüfung (UP) in der örtlichen Raumplanung

Allgemeines

Der Leitfaden ist bei Umweltprüfungen in der örtlichen Raumplanung für folgende Verfahrensschritte geeignet:

- Zusammenfassende Darstellung des Bestands: Erfassung und Bewertung des Funktionserfüllungsgrades der einzelnen Bodenfunktionen.
- Darstellung der Auswirkungen: Erfassung und Bewertung von Auswirkungen auf das Schutzgut Boden bzw. auf die einzelnen Bodenfunktionen.

- Maßnahmen zur Vermeidung und Verringerung: Festlegung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden.
- Bewertung der Beeinträchtigung: Einstufung in eine von 4 Stufen.

Mit der Novellierung des ROG ergeben sich folgende „klassische“ Anwendungsfälle für Umweltprüfungen:

1. Umweltprüfung nach Durchführung einer UEP im Rahmen der Teilabänderung eines Flächenwidmungsplans (aufgrund nachgewiesener Umwelterheblichkeit der TAÄ), ggf. auch im Rahmen einer Änderung des Räumlichen Entwicklungskonzepts: erstreckt sich analog der UEP in der Regel räumlich auf eine (kleinere) Teilfläche der Gemeinde (maximal wenige Hektare).
2. Umweltprüfung auf Ebene des REK: umfasst das gesamte Gemeindegebiet.

Die Anwendung des Leitfadens ermöglicht folgende im Rahmen einer Umweltprüfung relevante Aussagen:

- bodenschutzfachliche Definition einer Erheblichkeitsschwelle.
- vergleichende Bewertung von Auswirkungen auf das Schutzgut Boden im Rahmen von Alternativenprüfungen.
- Bewertung von Auswirkungen des Planungsfalls auf das Schutzgut Boden.
- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden.

Die Anwendung des Leitfadens erfordert die Daten der Bodenschätzung für den jeweils abzugrenzenden Untersuchungsraum (TAÄ-Bereich, Gemeindegebiet, Teil des Gemeindegebiets).

Integration in den Verfahrenslauf

Abbildung 9 zeigt den Gesamtablauf einer Umweltprüfung gem. ROG 2009 in einer schematischen Darstellung.

Unerlässliche Untersuchungen

Vor Erstellung des Umweltberichts sind von der Fachdienststelle unerlässliche Untersuchungen bekannt zu geben, welche in der Regel folgende Punkte beinhalten:

- Festlegung des Untersuchungsraums. Die Untersuchungen sind in der Regel flächendeckend für den Untersuchungsraum vorzunehmen [ⁿ].

ⁿ Eine räumliche Beschränkung auf voraussichtlich vom Plan betroffene Böden (z.B. auf geplante Baulandausweisungen) ist im Einzelfall möglich. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Aufwand für eine vollflächige Betrachtung in keinem sinnvollen Verhältnis zu den zu erwartenden Ergebnissen steht. Die räumliche Beschränkung ist im Umweltbericht zu begründen. Das Vorgehen bei der regelmäßig durchzuführenden Alternativenprüfung, welche sich verpflichtend auf den Planungsraum bezieht, ist vom Gutachter darzulegen.

- Die Bodenlandschaft und die betroffenen Böden im Untersuchungsraum sind auf einer allgemeinen Ebene darzustellen und zu charakterisieren [°].

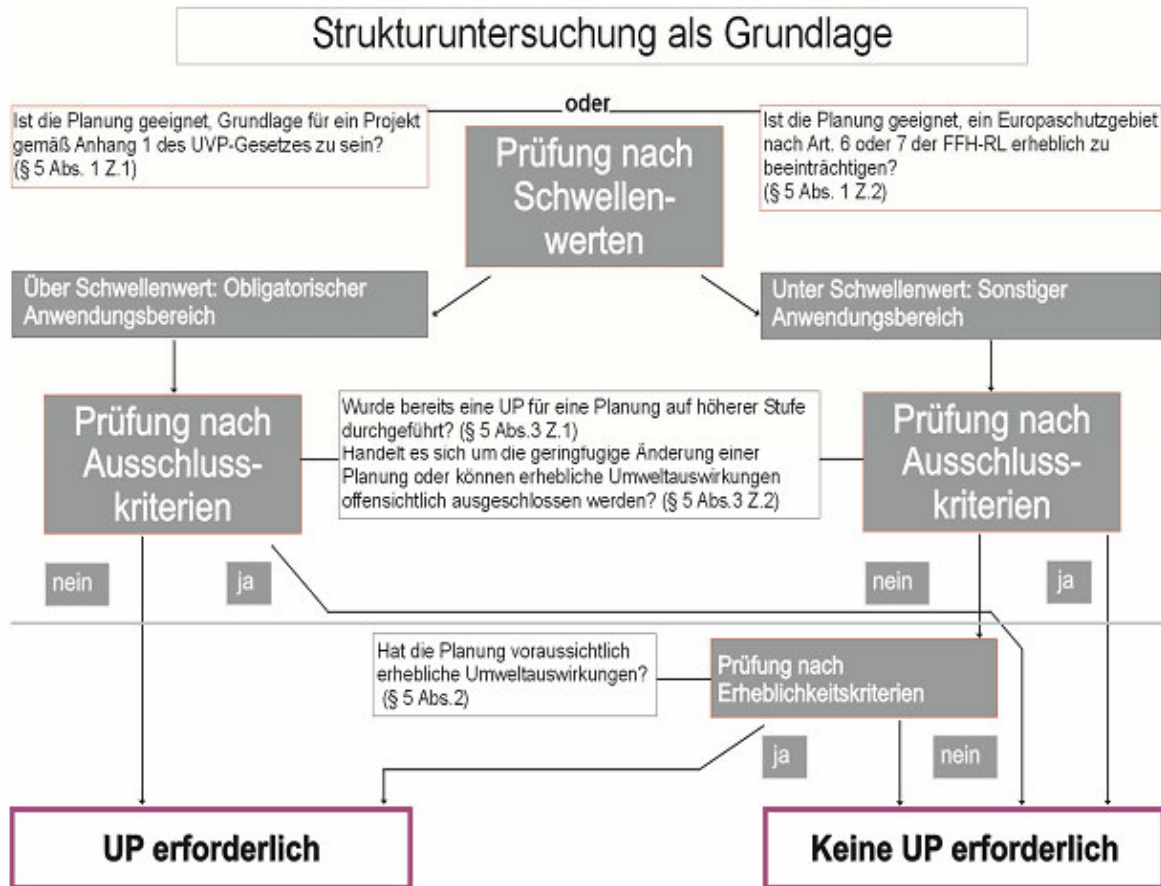


Abbildung 9: Prüfschema Umweltprüfung gem. ROG 2009

[Quelle: AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG, Abt. 7 (2004), aktualisiert]

- Die Bodenfunktionen gem. BodSchG sowie die Auswirkungen des Plans auf diese sind mit geeigneten Methoden zu erfassen und zu bewerten. Die Methodik ist transparent zu machen (z.B. Anwendung des Leitfadens).
- Anhand der nächst gelegenen Standorte der Bodenzustandsinventur (BZI-Standorte) ist eine Einschätzung möglicher Schadstoffbelastungen der betroffenen Böden anhand der Grenzwerte gem. Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) zu treffen [P].

^o Für die landwirtschaftlich genutzten Flächen eignen sich hierzu die beschreibenden Datensätze der eBOD.

^p Die Schadstoffbelastung von Böden betrifft idR. keine Bodenfunktion i.e.S.; Je nach regionalen Verhältnissen (Lage in alten Bergbaugebieten etc.) und geplanter Verwendung anfallender Bodenhorizonte ist die Schadstoffbelastung im Rahmen des Schutzguts Boden zu erheben und zu beurteilen. Nähere Auskünfte erteilt das Referat für Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen.

Bewertung der Umweltauswirkungen im Umweltbericht

Für die Bewertung der Umweltauswirkungen auf das Schutzgut Boden sind folgende Schritte vorzunehmen (siehe dazu Abbildung 10, der Block mit den „x“ entspricht den Konsequenzen in Punkt 3 und dem Konnex in Kap. 0):

1. Erhebung der FBS-Daten für das Planungsgebiet.
2. Feststellung des Funktionserfüllungsgrades jeder FBS-Einheit für die im Leitfaden dargestellten Bodenteilfunktionen (BTF).
3. Ableitung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden.
4. Bewertung der Umweltauswirkungen der im Plan (REK, TAÄ) beanspruchten Flächen nach betroffenen FBS-Einheiten sowie für das Schutzgut Boden insgesamt. Die Bewertung erfolgt in die Stufen [⁹].
 - 1..... nicht betroffen
 - 2..... geringe Beeinträchtigungen gegeben
 - 3..... mäßig erhebliche Beeinträchtigungen gegeben
 - 4..... erhebliche Beeinträchtigungen gegeben

Sofern lt. Abbildung 10 bzw. Kap. 0 die „Erhaltung des Standorts“ empfohlen wird und eine Umnutzung „nur mit fachlicher Begründung möglich“ ist, bzw. der „Nachweis der maximalen Minderung des Flächenanspruchs“ erforderlich ist, erfordert dies eine den gesamten Untersuchungsraum umfassende Alternativenprüfung (vgl. hierzu auch § 5 Abs. 4 Z.3 ROG 2009) [^r]. Die geforderte Begründung muss auf bodenschutzfachlicher Ebene erfolgen (wirtschaftliche, infrastrukturelle oder sonstige Abwägungsgründe kommen allenfalls in einer Gesamtbeurteilung zum Tragen).

Die Bewertung der Umweltauswirkungen setzt die gem. Abbildung 10 bzw. Kap. 0 erforderlichen Maßnahmen zwingend voraus. Deren Einhaltung ist im Umweltbericht darzulegen.

Bei Teilabänderungen mit vorlaufender UEP gilt:

- Eine weitere Beurteilung ist nur insoweit erforderlich, als die TAÄ-Fläche gem. Schema UEP in „gegeben“ oder „erheblich gegeben“ eingestuft wurde.
- Bei Einstufung der TAÄ-Fläche in „nicht gegeben“ oder „gering gegeben“ wird im Umweltbericht generell von maximal „geringen Beeinträchtigungen“ ausgegangen.

Abbildung 10 zeigt den Ablauf bei der Erfassung und Bewertung der Umweltauswirkungen auf Basis der einzelnen Bodenteilfunktionen, die daraus abzuleitenden Maßnahmen, sowie die Gesamtbewertung der Umweltauswirkungen auf das Schutzgut Boden.

⁹ Definition der Stufen gem. des in Ausarbeitung befindlichen „Leitfadens zur Erstellung des Räumlichen Entwicklungskonzepts mit integriertem Umweltbericht“, Amt der Salzburger Landesregierung Abt. 7 Raumplanung, Stand 2009 unveröff.

^r „Alternativen“ können neben Standortalternativen auch unterschiedliche Arten der Umsetzung des Planungsziels sein (Vorhabensalternativen). Beispielsweise lässt sich das Planungsziel „Errichtung von 20 Wohneinheiten“ entweder mit 20 EFHs oder aber in verdichteter Bauweise erreichen.

	Lebensanmfunktion	Standortfunktion	Produktionsfunktion	Reglerfunktion	Pufferfunktion	Archivfunktion
Bodenfunktionsbewertung:	nach Bundesverband Boden (2005); Datengrundlage FBS	nach GLA Bayern (2003); Datengrundlage FBS	Einstufung anhand der statistischen Auswertung nach Kleinproduktionsgebieten [2]; Datengrundlage FBS	nach MfU Ba.-Wü. (1995); Datengrundlage FBS	nach MfU Ba.-Wü. (1995); Datengrundlage FBS	expertengestützte Auswahl
Funktionserfüllung FBS-Einheit:	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	- 3 4 5
Standort ist zu erhalten, Umnutzung ausgeschlossen						
Erhaltung des Standorts empfohlen. Umnutzung nur in begründeten Ausnahmefällen möglich; Nachweis maximale Minderung des Flächenanspruchs						
B-Plan zur Festsetzung funktionsbezogener Minderungs- bzw. Ausgleichsmaßnahmen erforderlich						
idR. vorlaufende Prospektierung erforderlich						
Bewertung Umweltauswirkungen je FBS-Einheit	2 2 2 2 3	2 2 2 3 3 [1]	2 2 2 3 4	2 2 2 3 3	2 2 2 2 3	- - 2 3 4
Gesamtbewertung Umweltauswirkungen	höchste vorgenommene Teileinstufung "sticht"					

Abbildung 10: Ablaufschema Erfassung und Bewertung Umweltauswirkungen nach Bodenfunktionen in der UP

[1] Moorböden gem. BodP: Stufe 4

[2] Auswertung durch die Abt. 4, Ref. Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen

Erforderliche Maßnahmen

Die „erforderlichen Maßnahmen“ stellen den Konnex zwischen der Bewertung des Funktionserfüllungsgrades und der Umweltauswirkungen dar.

Mit Ausnahme des Vorliegens eines Funktionserfüllungsgrades von „5“ bei der Standortfunktion, wo die Empfehlung

- „Standort ist zu erhalten“

lautet, ist je nach Erfüllung der einzelnen Bodenfunktionen mit den folgenden Maßnahmen eine Nutzungsänderung denk- und gegebenenfalls umsetzbar:

- „Nachweis maximaler Minderung des Flächenanspruchs“
- „Festsetzung funktionsbezogener Maßnahmen z.B. im B-Plan“

oder

- „vorlaufende Prospektierung“.

Maximale Minderung des Flächenanspruchs: Bauten und Anlagen sind so zu konzipieren, dass eine möglichst geringe Fläche beansprucht wird [^s]. Entsprechend ist auch ein Nachweis der Notwendigkeit und Standortgebundenheit zu erbringen.

Festsetzung funktionsbezogener Maßnahmen z.B. im B-Plan: Bauten und Anlagen haben sich jedenfalls nach dem Bebauungsplan zu richten, in welchem die Bodenfunktionen berücksichtigt werden. So sind in der Planung die Teilflächen mit einem hohen Funktionserfüllungsgrad vor dauernder Überbauung und Versiegelung zu schützen und die allfälligen Beeinträchtigungen der Bodenfunktionen mit entsprechenden Minderungsmaßnahmen zu minimieren (vgl. Bodenkundliche Baubegleitung, Kap. 1).

Die Umsetzung von Maßnahmen kann auf verschiedene Weise sichergestellt werden. Neben einer Festsetzung im Bebauungsplan bieten sich ggf. privatrechtliche Vereinbarungen mit dem Investor an.

Vorlaufende Prospektierung: Bei einer Feststellung hochwertiger Archivfunktionen sind mit einer Prospektierung die Möglichkeiten zur größtmöglichen Schonung oder zur Sicherstellung der Werte (z.B. Archäologie) aufzunehmen und gegebenenfalls über den Bebauungsplan festzuhalten.

Bewilligungsverfahren nach UVP-G

Allgemeines

Der Leitfaden ist bei Bewilligungsverfahren nach UVP-G für folgende Verfahrensschritte geeignet:

- Stellungnahme in UVP-Feststellungsverfahren bzw. Einzelfallprüfungen zum Schutzgut Boden.
- Stellungnahme zum UVE-Konzept bzw. Definition des Untersuchungsrahmens für das Schutzgut Boden durch das Ref. Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen (Vorverfahren nach § 4 UVP-G oder informelle Abstimmung).
- Erfassung und Bewertung der Bodenfunktionen im Untersuchungsraum.
- Grundlage für die Beurteilung von Umweltauswirkungen auf das Schutzgut Boden.
- Unterstützung zur Festlegung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden.

Darüber hinausgehende Anforderungen zum Schutzgut Boden, z.B. gemäß UVE-Leitfaden des Umweltbundesamtes (UBA) bleiben unberührt.

Die Anwendung des Leitfadens ermöglicht folgende im Rahmen einer UVP relevante Aussagen:

- bodenschutzfachliche Definition einer Erheblichkeitsschwelle bzw. Ausgrenzung bodenschutzfachlich nicht erheblicher Nutzungsansprüche; z.B. zur Abgabe eines begründeten *no impact-statements* nach § 6 UVP-G.

^s z. B. Wahl hoher Bebauungsdichte, geringer Anteil an Aufschließungsflächen, mehr- statt eingeschobiger Gewerbebau, TG / Parkhaus statt Stellflächen

- vergleichende Bewertung von Auswirkungen auf das Schutzgut Boden im Rahmen von Alternativenprüfungen.
- Bewertung von Auswirkungen des Planungsfalls auf das Schutzgut Boden.
- Bestimmung der erforderlichen Maßnahmen zur Vermeidung, Verringerung und zum Ausgleich erheblicher Auswirkungen auf das Schutzgut Boden.

Die Anwendung des Leitfadens erfordert die Daten der Bodenschätzung in der Regel für das Planungsgebiet (vom UVP-Vorhaben in der Bau- oder in der Betriebsphase beanspruchte Flächen) sowie einen darüber hinausgehenden, fachlich abzugrenzenden erweiterten Untersuchungsraum.

Hinweis: Die Bodenfunktionsbewertung gemäß vorliegendem Leitfaden kann (und muss) in gängige, in der UVP-Praxis regelmäßig angewandte Methoden zu Bewertung von Umweltauswirkungen integriert werden (z.B. Ableitung der Sensibilität in ökologischen Risikoanalysen, vgl. auch RVS 04.01.11). Sie ersetzt diese nicht.

Hinweis: Es werden primär Auswirkungen auf das Schutzgut Boden erfasst, die aus der direkten (baulichen oder sonstigen) Inanspruchnahme von Böden abzuleiten sind [¹]. Mittelbare Beeinträchtigungen benachbarter Böden, z.B. durch flüssige oder gasförmige Emissionen bzw. Immissionen, sind ggf. zusätzlich zu berücksichtigen [^u].

Hinweis: Die Vorgaben für UVP-Verfahren können sinngemäß für projektähnliche Umweltprüfungen (z.B. Trassenverordnungen mit Umweltprüfung nach Landesstraßengesetz) herangezogen werden.

Integration in den Verfahrenslauf

Abbildung 11 zeigt den Gesamttablauf einer Umweltverträglichkeitsprüfung gem. ROG 2009 in einer schematischen Darstellung.

Unerlässliche Untersuchungen

Das Ref. Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen wird in Anlehnung an die UVE-Leitfäden des UBA in der Regel folgende Anforderungen an den Untersuchungsrahmen im Schutzgut Boden stellen:

- Neben dem Planungsgebiet ist ein erweiterter Untersuchungsraum abzugrenzen. Das Planungsgebiet umfasst sämtliche in der Bau- oder in der Betriebsphase beanspruchten Flächen. Der erweiterte Untersuchungsraum ist so abzugrenzen, dass alle möglichen Auswirkungen des Vorhabens auf benachbarte Böden mit ausreichender Sicherheit erfasst

^t Die Konzentration auf direkte Bodeninanspruchnahmen erscheint gerechtfertigt. Mittelbare Beeinträchtigungen durch flüssige oder gasförmige Emissionen bzw. Immissionen wurden durch (emissions- wie immissionsseitig begrenzende) Maßnahmen und gesetzliche Regelungen seit den 1970-er und 1980-er Jahren stark reduziert. Sie sind darüber hinaus Gegenstand der UVP-Schutzgüter Mensch, Luft und Wasser und daher in UVP-Verfahren nur ausnahmsweise schwerpunktmäßig über das Schutzgut Boden zu behandeln.

^u Dies kann im Einzelfall abweichende Bewertungsvorgänge erfordern. So werden Böden mit einem geringen Funktionserfüllungsgrad der Pufferfunktion eine geringere Zusatzbelastung „vertragen“, als Böden mit einem hohen Funktionserfüllungsgrad, sind im Kontext einer direkten Inanspruchnahme aber als wenig konfliktrichtig zu bewerten.

werden können. Die Untersuchungen sind flächendeckend für den erweiterten Untersuchungsraum vorzunehmen.

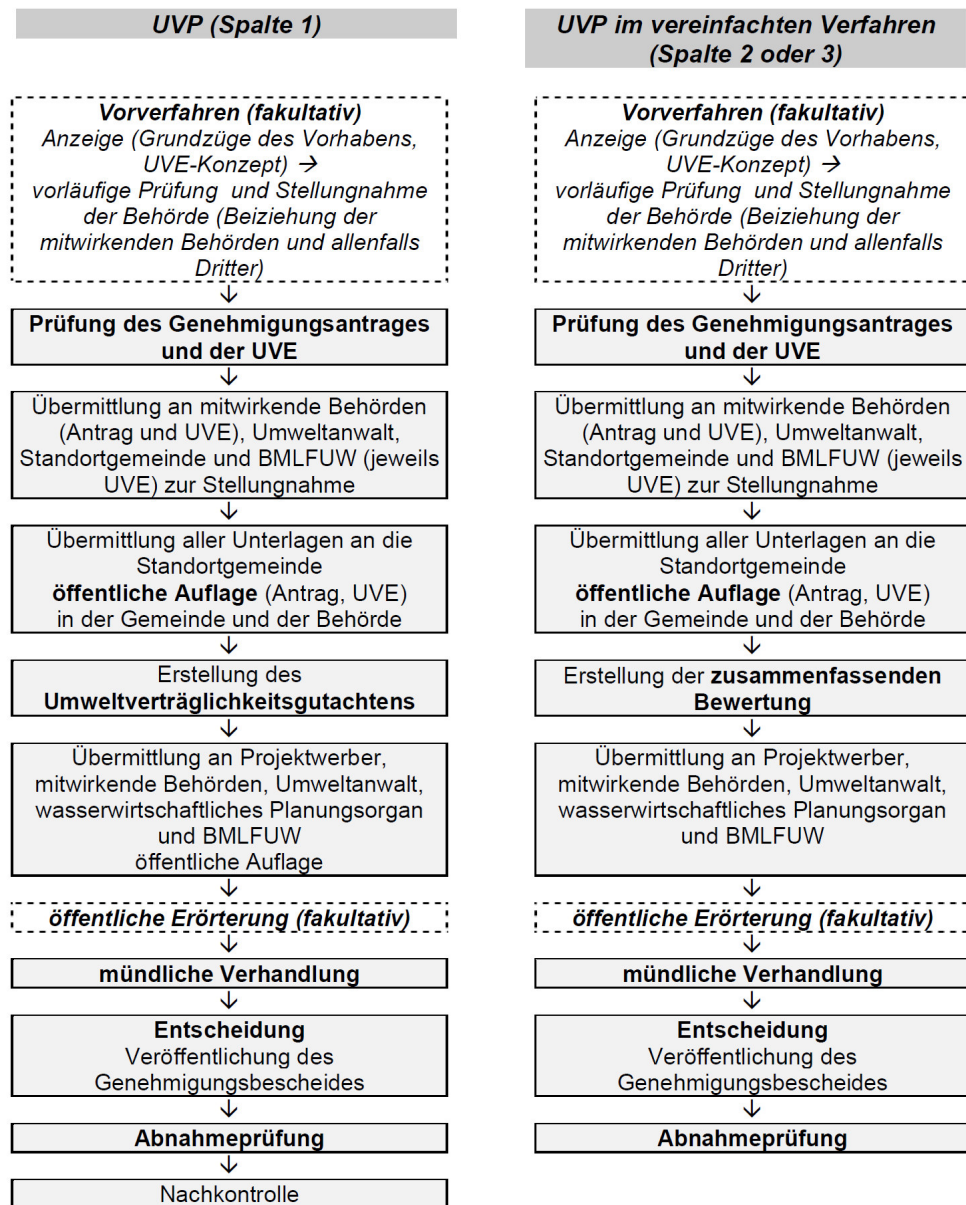


Abbildung 11: Ablaufschema UVP-Verfahren [Quelle: home page des BMLFUW www.lebensministerium.at vom 07.12.2009]

- Die Bodenlandschaft und die betroffenen Böden im erweiterten Untersuchungsraum sind auf einer allgemeinen Ebene darzustellen und zu charakterisieren.
- Die Bodenfunktionen gem. BodSchG sowie die Auswirkungen des Plans auf diese sind mit geeigneten Methoden zu erfassen und zu bewerten. Die Methodik ist transparent zu machen (z.B. Anwendung des Leitfadens im Rahmen einer ökologischen Risikoanalyse).

- Anhand der nächst gelegenen Standorte der Bodenzustandsinventur (BZI-Standorte) ist eine Einschätzung möglicher Schadstoffbelastungen der betroffenen Böden anhand der Grenzwerte gem. Bundesabfallwirtschaftsplan (BAWP) zu treffen ^[v]. Darüber hinaus sind projektbezogen ggf. weitere Erhebungen und Beurteilungen erforderlich.

Bewertung der Umweltauswirkungen in der UVE

Abbildung 12 zeigt den Ablauf bei der Erfassung und Bewertung erheblicher Umweltauswirkungen auf Basis der einzelnen Bodenfunktionen, sowie die daraus abzuleitenden Konsequenzen bzw. Voraussetzungen für die Beurteilung in einer schematischen Darstellung.

Folgende Schritte sind bei der Bewertung der Umweltauswirkungen in der UVE vorzunehmen:

	Lebensraumnfunktion	Standortfunktion	Produktionsfunktion	Regierfunktion	Pufferfunktion	Archivfunktion
Bodenfunktionsbewertung:	nach Bundesverband Boden (2005); Datengrundlage FBS	nach GLA Bayern (2003); Datengrundlage FBS	Einstufung anhand der statistischen Auswertung nach Kleinproduktionsgebieten [2]; Datengrundlage FBS	nach MfU Ba.-Wü. (1995); Datengrundlage FBS	nach MfU Ba.-Wü. (1995); Datengrundlage FBS	expertengestützte Auswahl
Funktionserfüllung Bodenformen:	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
nicht umweltverträglich						
Umnutzung nur in Ausnahmefällen möglich, Nachweis der Notwendigkeit erforderlich						
Nachweis bestmögliche Minderung des Flächenanspruchs						
Vorschreibung bodenkundliche Baubegleitung erforderlich						
Ausgleich der Funktionsbeanspruchung erforderlich						
idR. vorlaufende Prospektierung erforderlich						
Anwendung der RekultivierungsRL						

Abbildung 12: Ablaufschema Erfassung und Bewertung Umweltauswirkungen nach Bodenfunktionen in der UVP [für Bewertung direkter Bodeninanspruchnahmen; bzgl. mittelbarer Auswirkungen vgl. [u]

[1] gilt nur für Moorböden gem. BodP

[2] Auswertung durch die Abt. 4, Ref. Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen

1. Bewertung des Funktionserfüllungsgrades jeder betroffenen FBS-Einheit.

^v Die Schadstoffbelastung von Böden betrifft idR. keine Bodenfunktion i.e.S.; Je nach regionalen Verhältnissen (Lage in alten Bergbaugebieten etc.) und geplanter Verwendung anfallender Bodenhorizonte ist die Schadstoffbelastung im Rahmen des Schutzguts Boden zu erheben und zu beurteilen. Nähere Auskünfte erteilt das Referat für Agrarwirtschaft, Bioenergie und Bodenschutz.

2. Bewertung der Auswirkungen des Vorhabens unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wirkgrade (dauerhafte / vorübergehende Bodenbeanspruchung, mittelbare Auswirkungen auf benachbarte Böden (vgl. [u]).
3. Ableitung der Konsequenzen zur Erreichung einer maximalen Geringhaltung der Gesamtauswirkungen auf das Schutzgut Boden.
4. Beurteilung der Gesamtauswirkungen auf das Schutzgut Boden.

Die Konsequenzen lt. Abbildung 12 bzw. Kap. 1 sind in der UVE darzulegen.

Bzgl. der Abgabe eines *no impact-statements* für das Schutzgut Boden gem. § 6 UVP-G gilt:

- Sind sämtliche Bodenfunktionen aller innerhalb des erweiterten Untersuchungsraums angetroffenen Bodeneinheiten bei analoger Anwendung des Schemas UEP in die Stufe „gering gegeben“ einzustufen, können erhebliche Auswirkungen des Vorhabens auf das Schutzgut Boden a priori ausgeschlossen werden.

Konsequenzen

Die „Konsequenzen“ stellen den Konnex zwischen der Bewertung des Funktionserfüllungsgrades und der Umweltauswirkungen dar.

Mit Ausnahme des Vorliegens einer optimalen Standortfunktion (Funktionsbewertung „5“), wo die Empfehlung

- „nicht umweltverträglich“

lautet, ist je nach Erfüllung der einzelnen Bodenfunktionen mit den folgenden Maßnahmen eine Nutzungsänderung denk- und gegebenenfalls umsetzbar:

- „Nachweis der Notwendigkeit“
- „Nachweis maximaler Minderung des Flächenanspruchs“
- „Bodenkundliche Baubegleitung erforderlich“
- „Ausgleich der Funktionsbeanspruchung erforderlich“
- „Anwendung der Rekultivierungs-Richtlinie“ (BMLFUW, 2009)

oder

- „vorlaufende Prospektierung“

Nachweis der Notwendigkeit: Im Rahmen der allgemeinen Projektplanung ist die Projektnotwendigkeit, insbesondere unter Berücksichtigung des öffentlichen und des volkswirtschaftlichen Interesses, zu dokumentieren und zu bewerten.

Maximale Minderung des Flächenanspruchs: Bauten und Anlage sind so zu konzipieren, dass eine möglichst geringe Fläche unmittelbar oder mittelbar beansprucht wird. Entsprechend ist auch ein Nachweis der Notwendigkeit und Standortgebundenheit zu erbringen.

Bodenkundliche Baubegleitung erforderlich: Die Bodenkundliche Baubegleitung stellt sicher, dass die allgemeinen Grundsätze des Bodenschutzes bei Bauvorhaben eingehalten werden. Dabei sind insbesondere die Maßnahmen gemäß der Rekultivierungsrichtlinie (BMLFUW, 2009) zu beachten:

Ausgleich der Funktionsbeanspruchung erforderlich: Mit entsprechenden Minderungs- und Ausgleichsmaßnahmen sind die Wertbeeinträchtigungen der Bodenfunktionen auszugleichen.

Anwendung der Rekultivierungs-Richtlinie (BMLFUW, 2009): Bei der Rekultivierung ist nach den einschlägigen Bodenschutzrichtlinien vorzugehen.

Diskussion der ausgewählten Methoden

Im Folgenden werden die im Leitfaden empfohlenen Bewertungsmethoden einer ersten Diskussion aus der Perspektive der Planungs- und Gutachtenspraxis unterzogen. Dabei kann zum einen auf erste Erfahrungen und Rückmeldungen von Fachgutachtern, Ingenieurbüros und der Verwaltung, zum andern auf den aktuellen Diskussionsstand zu Bodenfunktionsbewertungen auf Bundesebene und in verschiedenen Bundesländern (hier insbesondere in Oberösterreich) zurückgegriffen werden (vgl. u.a. KNOLL & SUTOR 2010a, 2010b, HASLMAYR & GERZABEK 2010, AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE n.p.).

Bodenteilfunktion 1.2b: Standort für Bodenorganismen

Böden sind Lebensraum für eine Vielzahl von Lebewesen, darunter auch hoch spezialisierte Arten. Dabei haben unterschiedliche Arten von Bodenlebewesen auch unterschiedliche Ansprüche an ihren Lebensraum. Viele Arten sind bis heute unbekannt oder unzureichend erforscht. Die außerordentlich hohe Variabilität artspezifischer Lebensraumansprüche erschwert eine einheitliche Bewertung dieser Bodenfunktion.

Vor diesem Hintergrund liegt bis dato im deutschsprachigen Raum kein Bewertungsansatz vor, der, analog zu im Arten- und Biotopschutz gängigen Werthaltungen (Rote Listen gefährdeter Arten, Anhänge der FFH-RL [^w] und VS-RL [^x] etc.), auf einzelne Arten und deren Habitatansprüche abzielt.

Mit dem gewählten (und für die Bodenteilfunktion derzeit praktisch „konkurrenzlosen“) Ansatz, der auf den potentiellen Gehalt eines Bodens an mikrobieller Biomasse abzielt, wird dieser quasi als Indikator für das Bodenleben insgesamt herangezogen. Die Aussagen zur Eignung von Böden als Lebensraum für bestimmte Bodenlebensgemeinschaften sind zudem potentialbezogen.

Dem entsprechend muss im Vergleich zu dem an sich nahe verwandten naturschutzfachlichen Arten- und Biotopschutzansatz derzeit noch eine entsprechend geringere Aussageschärfe akzeptiert werden. Aus der Bewertung der Bodenteilfunktion werden deswegen bei der UEP, der UP oder der UVP keine allzu weit reichenden Konsequenzen abgeleitet.

Bodenteilfunktion 1.3a: Standortpotential für natürliche Pflanzengesellschaften

Jeder Boden hat eine Funktion als Standort für die natürliche Vegetation. Je nach Wasser- und Nährstoffhaushalt, geomorphologischen und klimatischen Bedingungen bietet er – unabhängig von der aktuellen Vegetationsdecke – die Voraussetzung für die Entwicklung einer bestimmten Pflanzengesellschaft (Stichwort: potentiell natürliche Vegetation).

Die naturschutzfachliche Bedeutung von Pflanzengesellschaften kann regional sehr unterschiedlich sein. Neben Extremstandorten, die generell als selten einzustufen sind, können – je nach regionaler Landschaftsausprägung – auch sonstige Böden eine hohe (regionale)

^w Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen

^x Richtlinie 79/409/EWG des Rates vom 2. April 1979 zur Erhaltung der wildlebenden Vogelarten

Bedeutung haben. Deren Einstufung erfordert vertiefte regionale Gebietskenntnisse, sodass eine landesweite Bewertung mit Ausnahme der genannten Extremstandorte derzeit im Land Salzburg (noch) nicht möglich ist. Ebenso sind Aussagen über die aktuell auf einem Boden vorhandene Pflanzengesellschaft nicht möglich.

Nach bisher vorliegenden Erfahrungen ist es grundsätzlich möglich, gemeinsam mit einem Pflanzensoziologen jeden Boden hinsichtlich seines Standortpotentials für natürliche Pflanzengesellschaften zu bewerten.

Bodenteilfunktion 1.3b: Natürliche Bodenfruchtbarkeit

Die Produktion von Nahrungsmitteln ist eine Grundvoraussetzung für das Fortbestehen menschlicher Gesellschaften. In Zeiten knapper Nahrungsmittelversorgung wurde die natürliche Bodenfruchtbarkeit überhaupt als die wichtigste Bodenfunktion angesehen. Dem entsprechend fundiert sind die Bewertungsergebnisse, die unmittelbar aus den Grundlagendaten abgelesen werden: Aufgrund der regionalen Unterschiede der natürlichen Ertragsfähigkeit der Böden im Land Salzburg wurde die Bodenzahlen der FBS vom Amt der Salzburger Landesregierung, Referat Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen, nach Kleinproduktionsgebieten regional ausgewertet und für die Bewertung herangezogen. Dadurch ist es möglich, im regionalen Kontext hochwertige Böden entsprechend herauszuarbeiten und zu würdigen.

Aus dem Funktionserfüllungsgrad der Bodenteilfunktion können auch Ableitungen für landwirtschaftliche Fragestellungen vorgenommen werden, z.B. für die Ausweisung von landwirtschaftlichen Vorrangflächen. Die Bewertung erlaubt jedoch keine Rückschlüsse auf die aktuelle Nutzung. Betriebswirtschaftliche Faktoren wie z.B. Schlaggröße, Flächenzuschnitt, Erschließung etc., werden nicht berücksichtigt.

Bodenteilfunktion 2.1a: Abflussregulierung

Böden nehmen Niederschlagswasser auf, speichern es und geben es zeitlich verzögert an die Atmosphäre, an die Vegetation, an die Flüsse und Bäche oder an das Grundwasser ab. Böden wirken damit ausgleichend auf den Wasserhaushalt und der Entstehung von Hochwässern entgegen.

Aus dem Funktionserfüllungsgrad der Bodenteilfunktion können Aussagen zu wasserwirtschaftlichen Fragestellungen abgeleitet werden, etwa in Bezug auf den vorsorgenden Hochwasserschutz. Einschränkungen, die sich aus der aktuellen landwirtschaftlichen Nutzung, aus aktuellen Beeinträchtigungen der Bodenstruktur etc. ableiten und die das Abflussverhalten beeinflussen können, fließen in die Bewertung nicht ein.

Bodenteilfunktion 3.1 – 3.3: Filter und Puffer für Schadstoffe

Im Boden laufen unterschiedliche Prozesse ab, die (Schad-)Stoffe im Boden zurückhalten, aus dem Stoffkreislauf entfernen oder ggf. abbauen. Böden erbringen hierbei Leistungen mechanischer Art (Filterfunktion), physiko-chemischer Art (z.B. Pufferung von Säure-Einträgen) und biologischer Art (Abbau organischer Stoffe).

Die genannten Prozesse bewirken gemeinsam eine Reinigungsleistung des Bodens gegenüber Stoffeinträgen, die z.B. aus der Luft, aus der Landwirtschaft, aus industriell-gewerblichen Nutzungen usw. in den Boden gelangen. Aufgrund der außerordentlich hohen Anzahl von Stoffen, die in den Boden eingetragen werden, und deren unterschiedlichen Eigenschaften und Gefährdungspotentialen konzentriert sich die Bewertung dieser Bodenfunktion auf

wenige, in der Praxis bedeutsame und zugleich wissenschaftlich hinreichend belegte Zusammenhänge.

Die Bodenfunktion kann durch Vorbelastungen bereits beeinträchtigt sein. Daher kann die aktuelle Abbau- oder Rückhalteleistung bzw. das aktuell vorhandene Puffervermögen nur begrenzt bewertet werden.

Insgesamt eignet sich diese Bodenteilfunktion nur bedingt für generelle Aussagen über Böden. Immerhin kann eine hohe Filter- oder Pufferleistung auch auf eine hohe, bereits im Boden vorhandene Schadstoffbelastung hinweisen. Ein hoher Funktionserfüllungsgrad ist damit nicht immer a priori als erwünscht einzustufen. Die Filter- und Pufferfunktion erfordert daher eine äußerst differenzierte, am Vorhaben orientierte Betrachtung.

Bodenteilfunktion 4.1: Archiv der Naturgeschichte und Bodenteilfunktion 4.2: Archiv der Kulturgeschichte

Jeder natürliche Boden dokumentiert seine eigene Entstehungsgeschichte und ermöglicht Rückschlüsse auf die Umweltbedingungen während der Bodenbildung, wie auch der menschlichen Nutzung und damit der Kulturgeschichte.

Die Bewertung der Archivfunktionen ist aufgrund fehlender Grundlagendaten derzeit kaum möglich. Mit Ausnahme dokumentierter Bodenfunde (Bodendenkmale), für welche mit dem Bundesdenkmalamt kompetente Ansprechpartner zur Verfügung stehen, gibt es derzeit keine generalisierten „Werthaltungen“ in Bezug auf die Archivfunktion („Welche natürliche Bodenentwicklung, welche Spur menschlicher Aktivität ist wertvoll?“). Auch für den – denkmöglichen – Ansatz einer Bewertung von Böden nach deren Seltenheit liegen derzeit in Österreich erst erste Ansätze (HASLMAYR & GERZABEK 2010) vor, und sind methodische Probleme (z.B. die Frage nach dem räumlichen Bezug eines Aspekts Seltenheit) noch ungelöst.

Auch hier bleibt die Entwicklung einer generalisierenden Werthaltung einer künftigen Ergänzung der Methodik vorbehalten.

Verknüpfung der Einzelbewertungen

Die Ableitung des Gesamtwertes für das Schutzgut Boden im Rahmen einer Umweltprüfung (vgl. Kap. 0) erfolgt einheitlich nach dem Prinzip, dass der höchste erzielte bodenteilfunktionsbezogene Einzelwert den Gesamtwert bestimmt. Die Höhe des Einzelwerts wird von Bodenteilfunktion zu Bodenteilfunktion unterschiedlich nach fachlichen Kriterien unter Berücksichtigung der Rechtslage ermittelt.

Der Gesamtwert kann somit zu jedem Zeitpunkt auf die den Gesamtwert bestimmende Bodenteilfunktion und auf die der Beurteilung zugrunde liegenden Eingangsdaten zurückgeführt werden.

Bisherige Akzeptanz und Ausblick

Seit Veröffentlichung des Leitfadens im Dezember 2010 und dessen – vom Amt der Salzburger Landesregierung aktiv betriebenen – Verbreitung in der Zielgruppe der einschlägig befassen Zivildienst-, Architektur- und Ingenieurbüros, liegen nunmehr erste Erfahrungen zur Akzeptanz der Methodik vor.

Ziel des Leitfadens war es, eine einfache, transparente und nachvollziehbare Bewertungsmethodik auf der Grundlage der Bodenschätzung anzubieten und dadurch – neben einer fachlich verbesserten Entscheidungsgrundlage – den Planungsalltag zu erleichtern.

Seitens der Verwaltung wird bei einschlägigen, mit Auswirkungen auf Böden verbundenen Plänen und Projekten standardmäßig auf den Leitfaden verwiesen, dieser entsprechend der Rechtslage jedoch als (lediglich) ein möglicher Ansatz zur Erfüllung der Rechtsvorgaben bezeichnet.

Mittlerweile wird insbesondere bei Umwelterheblichkeitsprüfungen zunehmend der Leitfaden anstelle früher angewandter Ansätze herangezogen. Dabei wird der Leitfaden teilweise unverändert angewandt, in Einzelfällen werden einzelne Schritte übersprungen oder durch „intuitive Bewertungen“ ersetzt. Dies scheint insbesondere dann der Fall zu sein, wenn – etwa aufgrund der digitalen Datenlage oder individuellen Zeitdrucks – anstelle der FBS-Bodendaten andere Quellen (eBOD, eigene Einschätzungen) herangezogen werden.

Bei den mit ohnehin höherem Aufwand verbundenen Unterlagen zu Umweltprüfungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen wird der Leitfaden dagegen fast immer, bei derzeit noch geringer Fallzahl, herangezogen.

Seitens der Anwender wird allein die Existenz eines von der Fachbehörde herausgegebenen und somit von dieser auch akzeptierten Leitfadens als positiv empfunden. Vereinzelt werden Verständnisschwierigkeiten (bezüglich Fachtermini, Abkürzungen, Dateninterpretationen etc.) kommuniziert, die in der Regel bilateral mit der Fachbehörde ausgeräumt werden können.

Soweit als Folge der nunmehr vereinheitlichten Konfliktanalyse eingriffsmindernde oder – ausgleichende Maßnahmen abzuleiten sind, zeigen sich derzeit noch deutliche Umsetzungsdefizite. Hier wird – quasi im Übergang des vorsorgenden zum angewandten Bodenschutz – künftig anzusetzen sein.

Die vorliegenden Rückmeldungen deuten insgesamt auf eine insgesamt erfreuliche Akzeptanz und einen – bis auf einzelne Anwendungsschwierigkeiten – hohen individuellen Nutzen des Leitfadens hin. Im Weiteren sollen Erfahrungen mit dem Leitfaden gesammelt und ggf. bei einer Fortschreibung berücksichtigt werden. Bei einer steigenden Zahl von Anwendungsfällen kann davon ausgegangen werden, dass es gelingt, das Schutzgut Boden in Planungsverfahren im Land Salzburg in einem absehbaren Zeitraum methodisch einheitlich zu bewerten.

Literatur

- AD-HOC-AG BODEN (2007) [y]: Methodenkatalog zur Bewertung natürlicher Bodenfunktionen, der Archivfunktion des Bodens, der Nutzungsfunktion „Rohstofflagerstätte“ nach BBodSchG sowie der Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Erosion und Verdichtung, 2. Überarbeitete und ergänzte Auflage, März 2007, 80 S. – Hannover.
- AG BODEN (1994, 2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. bzw. 5. Auflage, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Hrsg.). – Hannover.

^y Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Dienste und der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover)

- AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (1993): Salzburger Bodenzustandsinventur (BZI), 237 S. – Salzburg.
- AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (2004): Verordnung zur Umweltprüfung gem. §4 ROG – Grundlagen und Strukturierung. - Abt. 7. Entwurf vom 27.05.2004, aktualisiert – Salzburg.
- AUSTRIAN STANDARDS INSTITUTE (n.p.): ÖNORM L 1076 Beurteilung von Bodenfunktionen bei bodenschutzrelevanten Eingriffen/Fragestellungen“ (Entwurf im Stand vom 29.11.2010)
- BALLA, ST., FELDWISCH, N., BORKENHAGEN, J. & FRIEDRICH, CH. (2008): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen – Ergebnisse eines Forschungsvorhabens im Auftrag der Länderarbeitsgemeinschaft Boden (LABO); UVP-Report 22, Ausgabe 1 + 2 / 2008, S. 72 – 80 – Hamm.
- BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (GLA) & BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LFU) (Hrsg., 2003): Das Schutzgut Boden in der Planung. Bewertung natürlicher Bodenfunktionen und Umsetzung in Planungs- und Genehmigungsverfahren, 62. S. – Augsburg.
- BEYLICH, A., HÖPER, H., RUF, A. & WILKE, B.-M. (2005): Bewertung des Bodens als Lebensraum für Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen. – in: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 107: 183-184. – Oldenburg.
- BFW (Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft) (o.J.): - siehe BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (BFW) (o.J.)
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover) (2007): - siehe AD-HOC-AG BODEN (2007)
- BMLFUW (2009): - siehe: BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (BMLFUW) (Hrsg., 2009).
- BUNDESAMT FÜR EICH- UND VERMESSUNGSWESEN (BEV) (2005): Erläuterungen zum Bodenschätzungsgesetz für den Gebrauch im BEV – VL470102 Mitwirkung bei der Bodenschätzung – Anhang. 18 Seiten – Wien.
http://www.bev.gv.at/pls/portal/docs/page/BEV_portal_content_allgemein/0200_produkte/pdf/zeichenschl%dcssel%20bodensch%c4tzungsergebnisse.pdf
- BUNDESFORSCHUNGS- UND AUSBILDUNGSZENTRUM FÜR WALD, NATURGEFAHREN UND LANDSCHAFT (BFW) (o.J.): Die Österreichische Bodenkartierung. Erläuterungsheft zur eBOD. 29 Seiten, Wien. http://bfw.ac.at/300/pdf/Einfuehrung_Bodenkartierung.pdf
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT (BMLFUW) (Hrsg., 2009): Richtlinien für die sachgerechte Bodenrekultivierung land- und forstwirtschaftlich genutzter Flächen; Fachbeirat für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz – Arbeitsgruppe Bodenrekultivierung, 56 Seiten. – Wien.
- BUNDESVERBAND BODEN (BVB) e.V. (Hrsg., 2005): Biologische Charakterisierung von Böden – Ansatz zur Bewertung von Bodenorganismen im Rahmen von Planungsprozessen; BEYLICH, A., BROLL, G., GRAEFE, U., HÖPER, H., RÖMBKE, J., RUF, A. & WILKE, B.-M.; BVB-Materialien, Band 13, Erich Schmidt Verlag, 78 Seiten. – Berlin.
- BZI (1993): - siehe AMT DER SALZBURGER LANDESREGIERUNG (1993)
- DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (DLG) (Hrsg., 1987): Pflichtenheft für die Datenverarbeitung in der Pflanzenproduktion. DLG-Arbeitsunterlagen L/87, 307 Seiten. – Frankfurt am Main.

- DLG (Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft) (1987): - siehe: DEUTSCHE LANDWIRTSCHAFTSGESELLSCHAFT (DLG) (Hrsg., 1987)
- FELDWISCH, N., BALLA, ST. & FRIEDRICH, CH. (2006): Orientierungsrahmen zur zusammenfassenden Bewertung von Bodenfunktionen. Länderfinanzierungsprogramm „Wasser, Boden und Abfall 2005“, LABO-Projekt 3.05, 35. S. – Bergisch Gladbach & Herne. http://cdl.niedersachsen.de/blob/images/C31138669_L20.pdf
- HASLMAYR, H.-P. & GERZABEK, M.H. (2010): Bewertung der Bodenfunktionen landwirtschaftlicher Flächen auf Basis der österreichischen Datengrundlagen. – Die Bodenkultur 61 (2) 2010
- KNOLL, A. & SUTOR, G. (2010a): „Pilotprojekt Boden“ – Bewertung von Bodenfunktionen in Planungsverfahren – im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz, 83 Seiten, Linz. - http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/sid-ae631ff-b3a86afb/ooe/US_Bod_Pilotprojekt_Boden_Endbericht_23_4_10.pdf
- KNOLL, A. & SUTOR, G. (2010b): Das Schutzgut Boden im DORIS – Lesehilfe zur Bodenfunktionsbewertung – im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz, 26 Seiten, Linz.
- KNOLL, A., SUTOR, G. & MEIER, R. (2010): Bodenschutz bei Planungsvorhaben im Land Salzburg – Leitfaden im Auftrag des Amtes der Salzburger Landesregierung, Referat Agrarwirtschaft, Bodenschutz und Almen, Land Salzburg (Hrsg.), 39 Seiten – Salzburg. http://www.salzburg.gv.at/pdf_98401a_lf_bodenschutz_formatierte_version_broschuere.ndruck.pdf
- LFU BAYERN (2003): - siehe BAYERISCHES GEOLOGISCHES LANDESAMT (GLA) & BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (LFU) (Hrsg., 2003)
- MINISTERIUM FÜR UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG (Hrsg.) (1995): Bewertung der Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit. Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren, 57 Seiten – Stuttgart.
- MURER, E. (2009): Bericht zur Überprüfung der Anwendbarkeit von Modellen zur Beurteilung der Bodenverdichtung. – Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt im Bundesamt für Wasserwirtschaft, 34 Seiten. – Petzenkirchen.