

UNIVERSITÄT HOHENHEIM

**INSTITUT FÜR BODENKUNDE
UND STANDORTSLEHRE**

Hohenheimer Bodenkundliche Hefte

HERAUSGEBER:

ELLEN KANDELER - KARL STAHR - THILO STRECK

HEFT 86

ANDREAS LEHMANN, SUSANNE DAVID UND KARL STAHR

TUSEC - Bilingual-Edition:

**Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener
Böden (Deutsche Fassung)**

**Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural
and Anthropogenic Soils (English Version)**

2. ergänzte Auflage 2013

UNIVERSITÄT HOHENHEIM (310), D-70593 STUTTGART

ISSN 0942-0754

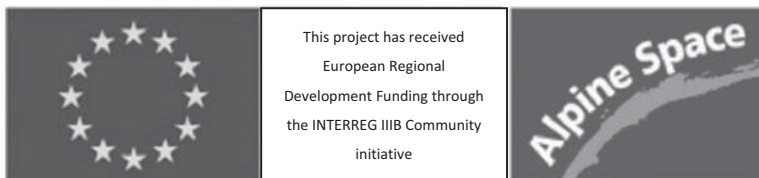
Andreas Lehmann, Susanne David und Karl Stahr

**TUSEC - Bilingual-Edition:
Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener
Böden (Deutsche Fassung)**

**Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural
and Anthropogenic Soils (English Version)**

Aus dem Institut für Bodenkunde und Standortslehre

TUSEC entstand in Zusammenarbeit / TUSEC was developed in cooperation with
Werner Gruban – Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt (D)
Franco Ajmone, Laura Poggio, Borut Vrscaj – Università di Torino, Di.Va.P.R.A – Chimica Agraria (I)
Andreas Bartel, Sigbert Huber - Umweltbundesamt GmbH (Au)
Clemens Geitner, Markus Tusch - Universität Innsbruck, Institut für Geographie (Au)
Alex Borer – Verein Projekt TUSEC-IP Koordination Schweiz (CH)
Reto Jenny – IG Boden Schweiz (CH)
Waltraud Pustal – Waltraud Pustal Landschaftsökologie und Planung (D)
Christine Schimpfermann – Stadt Reutlingen (D)



Landeshauptstadt
München
**Referat für Gesundheit
und Umwelt**

Diese Arbeit wurde von der EU Gemeinschaftsinitiative INTERREG III B Alpenraum gefördert. Die Veröffentlichung erfolgte mit Unterstützung der Landeshauptstadt München - Referat für Gesundheit und Umwelt

Inhalt (Deutsche Fassung)

1.1	Einleitung	1
1.1.1	Methodik von TUSEC	8
1.1.2	Struktur der Kapitel zu den Bewertungsprozeduren.....	12
1.1.3	Einbindung von TUSEC	12
1.1.4	Abkürzungen und Glossar	14
1.2	Bewertung von Bodenfunktionen mit dem A-Verfahren	17
1.2.1.1	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen (LIFE1'A)..	18
1.2.1.2	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Flora und Fauna – ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen (LIFE2'A)	21
1.2.2	Boden als Speicher-, Filter- und Umwandlungsmedium (STOFIT'A).....	26
1.2.2.1	Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs, unter dem Gesichtspunkt der Qualität sowie der Quantität (STOFIT1'A und STOFIT1.1'A).....	26
1.2.2.2	Boden als Bestandteil im Nährstoffkreislauf (STOFIT2'A)	31
1.2.2.3	Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle (STOFIT3'A).....	35
1.2.2.4	Boden als Stoffumwandlungsmedium (STOFIT4'A).....	39
1.2.3	Boden als Standort zur Nahrungsmittelproduktion und andere Biomasse- Erzeugnissen (PROD)	40
1.2.3.1	Boden als Standort der der Grünlandnutzung (PROD1'A) und des Weizenanbaus (PROD1.1'A)	40
1.2.4	Boden als Archiv (ARC'A).....	49
1.2.4.1	Boden als Archiv der Naturgeschichte (ARC1'A).....	50
1.2.4.2	Boden als Archiv der Kulturgeschichte (ARC2'A)	50
1.3	Bodenleistungen	51
1.3.1	Boden als Infiltrations- und Versickerungskörper – die Versickerungsleistung (LEACH!A)	51
1.3.2	Boden als Körper zur Klimaregulation – die Abkühlungsleistung (COOL!A)	56

1.4	Erläuterungen zum B-Verfahren (beta-Version).....	61
1.4.1	Einleitung	61
1.4.2	B-Verfahren (beta-Version) - Prinzipien	62
1.4.3	Vorbereitende Schritte für das B-Verfahren	62
1.4.4	Ableitung zusammengesetzter Bodenparameter	67
1.4.4.1	Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit (WP'B-Wert).....	67
1.4.4.2	Beurteilung der Feldkapazität (nutzbare Feldkapazität, WC'B-Wert).....	68
1.4.5	Festlegung der Anzahl der Bewertungsklassen	68
1.5	Bewertungsverfahren für die B-Ebene	69
1.5.1	Boden als Lebensraum und Genpool	69
1.5.1.1	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum des Menschen (LIFE1'B)	69
1.5.1.2	Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum der natürlichen Flora und Fauna – ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen (LIFE2'B)	71
1.5.2	Boden als Speicher-, Filter- und Stoffumwandlungsmedium (STOFIT'B)	74
1.5.2.1	Boden als Bestandteil des Wasserhaushaltes (STOFIT1'B)	74
1.5.2.2	Boden als Filter, Puffer für Schwermetalle (STOFIT3'B)	75
1.5.2.3	Boden als Stoffumwandlungsmedium (STOFIT4'B) -	77
1.5.3	Boden als Stätte der Produktion von Nahrungsmitteln und anderer Bio- masse (PROD'B)	78
1.5.3.1	Boden als Stätte der Nahrungsmittelproduktion (PROD1'B)	78
1.5.4	Boden als Archiv (ARC'B)	79
1.6	Anhang für das A-Verfahren	80
1.6.1	Anhang Porenvolumen (PorVol)	80
1.6.2	Anhang hydraulische Leitfähigkeit (kf)	84
1.6.3	Anhang Kationenaustauschkapazität (CEC).....	88
1.6.4	Anhang Klima.....	90
1.6.5	Anhang Bodenart.....	92
1.6.6	Anhang Gefüßgröße	100
1.7	Beispiel der Bewertung eines Bodens auf A-Ebene.....	101
1.7.1	Erforderliche und ergänzende Parameter	101
1.7.2	Bodenbewertung (A-Verfahren) - Beispiel	102
1.8	Literaturverzeichnis	111

Contents (English Version)

2.1.1	Introduction	116
2.1.2	Methodology of TUSEC	123
2.1.3	Structure of Chapters about Evaluation Procedures.....	126
2.1.4	Integration of TUSEC.....	126
2.1.5	Abbreviations and Glossary	128
2.2	Soil Evaluation Using the A-Procedure.....	131
2.2.1.1	Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'A).....	132
2.2.1.2	Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'A)	135
2.2.2	Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'A)	139
2.2.2.1	Soil as Component of the Water Cycle - the Qualitative as well as Quantitative Aspect (STOFIT1'A and STOFIT1.1'A).....	139
2.2.2.2	Soil as Component of the Nutrient Cycle (STOFIT2'A).....	144
2.2.2.3	Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'A)	148
2.2.2.4	Soil as Transformation Medium (STOFIT4'A).....	152
2.2.3	Soil as Production Site of Food and other Biomass (PROD)	153
2.2.3.1	Soil as Site for Grassland Use (PROD1'A) and Wheat Production (PROD1.1'A).....	153
2.2.4	Soil as Archive (ARC'A).....	162
2.2.4.1	Soil as Archive of Natural History (ARC1'A)	163
2.2.4.2	Soil as Archive of Cultural History (ARC2'A)	163
2.3	Soil Performances	164
2.3.1	Soil as Medium of Infiltration and Seepage – the Infiltration Performance (LEACH'A).....	164
2.3.2	Soil as Factor in Climate Regulation – the Cooling Performance (COOL'A).....	169

2.4	Explanations to the B-Procedure (beta-Version)	174
2.4.1	Introduction	174
2.4.2	B-Procedure (beta-version) - Principles	175
2.4.3	Steps in Preparation of the B-Procedure	175
2.4.4	Deduction of Complex Soil Parameters	180
2.4.4.1	Evaluation of the Hydraulic Permeability (WP'B-Value)	180
2.4.4.2	Evaluation of the Field Capacity (Available Field Capacity, WC'B-Value).....	181
2.4.5	Determination of the Number of Evaluation Classes	181
2.5.	Evaluation Procedure for the B-Level	182
2.5.1	Soil as Habitat and Gene Pool	182
2.5.1.1	Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'B)	182
2.5.1.2	Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'B)	184
2.5.2	Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'B)	187
2.5.2.1	Soil as Component of the Water Cycle (STOFIT1'B)	187
2.5.2.2	Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'B)	188
5.2.3	Soil as Transformation Medium (STOFIT4'B)	190
2.5.3	Soil as Production Site of Food and other Biomass (PROD'B)	191
2.5.3.1	Soil as Site of Food Production (PROD1'B)	191
2.5.4	Soil as Archive (ARC'B)	192
2.6	Appendix for the A-Procedure	193
2.6.1	Appendix Pore Volume (PorVol).....	193
2.6.2	Appendix Hydraulic Conductivity (kf)	196
2.6.3	Appendix Cation Exchange Capacity (CEC).....	200
2.6.4	Appendix Soil Texture.....	202
2.6.5	Appendix Size of Soil Aggregates (Structural Unit Size).....	204
2.7	Example for the Evaluation of a soil on the A-Level.....	205
2.7.1	Required and additional Parameters	205
2.7.2	Soil Evaluation (A-Level)	206
2.8	References	215

1.1 Einleitung

Funktions-Bewertung anthropogener und natürlicher Böden mit TUSEC (Technique for Soil Evaluation and Categorization)

Mit den Bewertungsverfahren „TUSEC“ liegt nun ein erprobtes schematisiertes Verfahren zur Funktions-Bewertung von Böden unter gemäßigttem Klima vor. Bei diesem Verfahren sind erstmals die spezifischen Eigenschaften anthropogen überformter Stadtböden mit einer schematisierten Bodenbewertung berücksichtigt. Dadurch können sowohl natürliche als auch anthropogene Böden bestmöglich bewertet werden. TUSEC (**T**echnique for **S**oil **E**valuation and **C**ategorization) gibt dem Bodenschutz eine wirksame und effiziente Handhabe. Hinter TUSEC steht der Ansatz Bodenbewertung ohne Fixierung auf eine bestimmte bodenkundliche Methodik zu ermöglichen. Der naturräumliche Rahmen lässt überdies eine Anwendung von TUSEC im gesamten Mitteleuropa zu. Neben der Bewertung von Bodenfunktionen bietet TUSEC die Möglichkeit zum Beurteilen von sogenannten Bodenleistungen. Bodenleistungen sind Gesichtspunkte der Funktionalität von Böden mit besonderem Interesse für die Stadtplanung. Im Mittelpunkt steht hier die Bodenbewertung aufgrund detaillierter Bodenbeschreibungen, die verbindliche Aussagen zulässt (A-Ebene, s. Kapitel 1.2). Eine geeignete Methode zur Bodenbeschreibung war am 31.12.2007 unter ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf verfügbar und steht in Papierform zur Verfügung (FAO und Jahn, 2006). Daneben wurde mit TUSEC ein wenig aufwändiges Verfahren in einer beta-Version entwickelt, das mit Hilfe von sekundären Daten (z.B. hydrologische Karten, Bebauungspläne) orientierende Bewertungen ermöglicht (s. Kapitel 1.4).

Ziel von TUSEC-IP (**T**echnique of **U**rban **S**oil **E**valuation in **C**ity Regions - Implementation in **P**lanning Procedures, s. auch <http://www.tusec-ip.org>), einem Interreg III B Projekt der EU-Initiative für den Alpenraum (Projektzeitraum von 7/2003 – 6/2006), war es, ein universell anwendbares Bodenbewertungsverfahren für die räumliche Planung zu entwickeln. So, wie das Acronym „TUSEC“ der Hauptbestandteil des Kürzels „TUSEC-IP“ ist, spielte das Bewertungsverfahren (TUSEC) eine zentrale Rolle im Projekt TUSEC-IP. TUSEC-IP wurde gemeinsam von Städten und einer regionalen Verwaltungseinheit (München, Reutlingen, Zürich, Linz, Maribor, Autonome Provinz Bozen), von Universitäten (Hohenheim, Innsbruck und Turin) sowie vom Umweltbundesamt GmbH in Wien umgesetzt.

Angesichts der Möglichkeit zur schematischen und automatisierten Bodenbewertung bleibt festzuhalten: „Bodenbewertung braucht bodenkundlichen Sachverstand“.

Ergänzungen zu TUSEC werden unter <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm> veröffentlicht. Anregungen zur Veröffentlichung auf <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm> können an as@uni-hohenheim.de gesendet werden. Ziel ist es <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm> zur Plattform für TUSEC-Nutzer zu entwickeln. Insbesondere automatisierte Verfahren zur Durchführung von TUSEC (z.B. auf Basis von MS-Excel) sind willkommen zur Veröffentlichung auf der Website.

Grundzüge der Bodenbewertung

Zeitlicher Abriss zur funktionalen Bewertung von Böden

Bereits die Vertreter der ersten Ackerbaukulturen beurteilten erfolgreich, welche Böden für sie funktional hochwertig waren. Erste schriftliche Zeugnisse zur Bodenbewertung sind auf indischen Sanskrit-Texten aus der Zeit um 1 000 v. Chr. erhalten. Diese Dokumente unterscheiden zwischen fruchtbaren und unfruchtbaren Böden. Der römische Dichter Vergil beschrieb bereits im letzten Jahrhundert vor der Zeitenwende die Bestimmung des Tongehalts und leitete daraus Aussagen zur Fruchtbarkeit von Böden ab. Die Bodenbewertung in Mitteleuropa geht auf Hildegard von Bingen (1098 - 1179) zurück. Sie setzte Bodenfarbe und Lokalbezeichnungen von Bodentypen in Beziehung zur Funktionalität der Böden. Damit hat Hildegard das Wissen der Antike über die Böden mit eigener, lokal erworbener Kenntnis bereichert. Bis in die 70er Jahre des 20. Jahrhunderts wurde die Aussagekraft der Methoden der Bodenbewertung zunehmend verbessert, dies aber ausschließlich zur Einschätzung der Eignung von Böden zur land-, gartenbaulichen und forstwirtschaftlichen Nutzung. Die FAO (Food and Agricultural Organisation of the United Nations) erweiterte mit dem "Framework for Land Evaluation" (FAO, 1976) den Fokus der Bodenbewertung auf Aspekte wie „Erreichbarkeit der Märkte zum Absatz der jeweiligen landwirtschaftlichen Produkte“ und „Anforderungen an die Mechanisierung“. In Deutschland wurde 1978 von dem Hochschullehrer G. Brümmer (BRÜMMER, 1978) das Konzept der Multifunktionalität von Böden eingeführt. Dabei fanden erstmals ökologische Aspekte wie das Filtern, Puffern und Abbauen von Schadstoffen zusammen mit Gesichtspunkten der landwirtschaftlichen Produktivität Berücksichtigung. Dieses für das Bodenmanagement relevante Konzept wurde zunächst mit Gesetzestexten des deutschen Bundeslandes Baden-Württemberg (Umweltministerium BADEN-WÜRTTEMBERG, 1991) und später mit dem deutschen Bodenschutzgesetz (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ, 1998) aufgegriffen. Insgesamt fand die Multifunktionalität in der Bodenbewertung eine breite Anerkennung (vgl. „The Soil Science Society of America Ad Hoc Committee on Soil Health“ bei KARLEN et al., 1997 sowie BLUM et al., 2004).

Bei der Bodenfunktionsbewertung mit dem Ziel des Bodenschutzes wird das Spektrum der berücksichtigten Funktionen auf die ökologischen Bodenfunktionen eingeschränkt (STAHR, 1984). Demnach bleiben Funktionen, mit denen eine Zerstörung des Bodens verbunden ist, unbeachtet. Die Eignung als Baugrund und der Wert eines Bodens durch den Abbau von Rohstoffen sind somit von der ökologisch orientierten Bodenbewertung ausgeschlossen.

Die Europäische Kommission nimmt in einer Mitteilung zur Bodenschutzstrategie (BLUM et al., 2004) Stellung zum Thema Boden: „Der Boden erfüllt eine Vielzahl ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Funktionen von lebenswichtiger Bedeutung.“ Folgende ökologische Bodenfunktionen und die mit dem Bodenschutz nur sehr bedingt in Einklang zu bringende Rohstofffunktion, werden festgeschrieben:

Erzeugung von Lebensmitteln und Biomasse

Die für den Menschen lebensnotwendige Erzeugung von Lebensmitteln und sonstigen Agrarprodukten sowie die Forstwirtschaft sind vollkommen vom Boden abhängig. Nahezu die gesamte Vegetation, einschließlich Grünland, Kulturpflanzen und Bäumen, benötigt den Boden für die Wasser- und Nährstoffversorgung und als Wurzelhalt.

Speicherung, Filterung und Umwandlung

Der Boden speichert Minerale, organische Substanz, Wasser und Energie sowie verschiedene chemische Stoffe und wandelt sie zum Teil auch um. Er erfüllt die Funktion eines natürlichen Filters für das Grundwasser, die Haupttrinkwasserquelle, und gibt Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄) und andere Gase in die Atmosphäre ab.

Lebensraum und Genpool

Der Boden dient als Lebensraum für zahlreiche in und auf dem Boden lebende Organismen verschiedenster Art, die alle über eine einzigartige Genstruktur verfügen. Er erfüllt somit wesentliche ökologische Funktionen.

Physische und kulturelle Umwelt des Menschen

Der Boden bildet die Plattform für die Tätigkeiten des Menschen und ist darüber hinaus Teil der Landschaft und des kulturellen Erbes.

Rohstoffquelle

Der Boden liefert Rohstoffe wie Ton, Sand, Minerale und Torf.

Bereits mit dem Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz (EU, 1991) sind Bodenfunktionen und ihr Schutzanspruch in weit reichenden Formulierungen verbindlich festgeschrieben.

Praxis der Bodenbewertung

Bei den Definitionen der Bodenfunktionen wurde klar erkennbar das Ziel verfolgt, die Leistungsfähigkeit des Bodens in Bündeln (Clustern) seiner Nutzungsmöglichkeiten abzubilden. Diese Cluster spiegeln die Struktur der Behördenlandschaft im Umweltschutz wider. Mit den entsprechenden Definitionen der Bodenfunktionen ist es unvermeidlich, dass Teilfunktionen die auf sich weitgehend ausschließende, gegensätzliche Funktionalitäten (z.B. "Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Flora und Fauna (LIFE2'A)" und "Boden als Standort des Weizenanbaus (PROD1.1'A)") abzielen, separat bewertet werden.

Dementsprechend werden Teilfunktionen bei allen Verfahren zur Bodenfunktionsbewertung unterschieden. Bereits seit 1995 bzw. seit 1999 liegen zwei umfassend in die Planungspraxis eingeführte Verfahren vor (aus Baden Württemberg: LEHLE et al. 1995, aus Hamburg: GRÖNGRÖFT et al., 2003 in der 2. Auflage erschienen). Auf Grund dieser Vorlagen wurden zahlreiche weitere Verfahren entwickelt. Ebenso sind Methoden

verfügbar, die nur einen Ausschnitt der Funktionsbewertung abdecken oder lokale Gegebenheiten besonders berücksichtigen. TUSEC knüpft nun an diese Vorarbeiten an¹.

Teilfunktionen werden beispielsweise bei der (generellen) Bodenfunktion „Lebensraum und Genpool“ (kurz: Lebensraumfunktion) unterschieden. Das ist unumgänglich, da diese Funktion Ansprüche von so unterschiedliche Organismen wie den Menschen (*Homo sapiens*), bzw. die Potenziale für die Ausbreitung von Feldhamstern (*Cricetus cricetus*), Gänseblümchen (*Bellis perennis*) und Mikroorganismen wie die Nitrobacter umfasst.

Bei TUSEC werden des weiteren Subfunktionen unterschieden (s. Abschnitt "Nutzungsspezifische Bodenbewertung" auf S. 5)

Ebenso ist es bei der Funktionsbewertung systemimmanent, dass die Leistung mehrerer Bodenfunktionen wesentlich von ein und demselben Bodenparameter abhängt und die Bodenfunktionen, allein schon aus diesem Grund, wechselseitige Abhängigkeiten (Interkorrelationen) zeigen. So erhöht beispielsweise die Porosität des Bodens im Bereich der Mittelporen (\varnothing 0,2 bis 10 μm) a) den Wasservorrat der in Trockenperioden den Pflanzen zur Verfügung steht, zugleich sind b) die Mittelporen Lebensraum für schadstoffabbauende Mikroorganismen. Ein hoher Anteil an Mittelporen steigert also nicht nur die Funktionalität der „Erzeugung von Nahrungsmitteln und Biomasse“, sondern auch die der „Speicherung, Filterung und Umwandlung“. Darüber hinaus ist die Individuenzahl im Boden und damit der Wert eines Bodens als „Lebensraum und Genpool“ durch eine Vielzahl an Mittelporen erhöht.

Bereits die dargestellte Gegensätzlichkeit von Teilfunktionen und die Interkorrelationen zweier Bodenfunktionen verhindern eine Gesamtbewertung der beispielhaft beschriebenen Funktionen mit einem Bewertungsergebnis. Damit ist einleuchtend, dass mit einheitlichen arithmetischen Berechnungen keine Gesamtbewertung über die gesamte Spanne der Bodenfunktionen gebildet werden kann.

Grundsätzlich kann also die Abstimmung von Verfahren zur Bewertung von Bodenfunktionen nicht ganz zwanglos erfolgen.

¹ Wichtige Beiträge zur Entwicklung von TUSEC gehen zudem auf Arbeiten von K. Holland, A. Lehmann, K. Stahr, D. Stasch, R. Jahn und andere von der Universität Hohenheim zurück, aber auch auf Beiträge von R. Veit-Meya R. (AG-Boden), Horn und H. Taubner (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel), W. Hornig, F. Waldmann und F. Zwölfer (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Baden-Württemberg), F. Weller (Fachhochschule Nürtingen), G. Wessolek und M. Renger (Technische Universität Berlin), G. Wolff (Stadt Stuttgart) stellten wichtigen Input für TUSEC dar. Folgende Organisationen und Gruppierungen steuerten wichtige Informationen bei: AKS (Arbeitsgruppe Stadtböden in der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft), BGR (Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoff, Hannover), FAO (Food and Agricultural Organisation of the United Nations), Institut für Bodenkunde und Standortslehre (Universität Hohenheim) und das ISRIC (International Soil Reference Information Centre in Wageningen, Holland).

Elemente von TUSEC

Funktionsbewertung

Wie anderen Verfahren zur Bewertung der ökologischen Bodenfunktionen werden bei TUSEC Teilfunktionen zur Bewertung genereller Bodenfunktionen unterschieden. Die Bewertung einer Bodenfunktion wird so durch ein schrittweises Vorgehen ermöglicht. Beispielsweise werden bei der Lebensraumfunktion zwei Teilfunktionen (LIFE1'A: Lebensraum Mensch sowie LIFE2'A: Lebensraum Flora und Fauna) differenziert. TUSEC zieht hierbei mit der Prozedur LIFE1'A (s. Kapitel 1.2.1.1) die Schadstofffreiheit eines Bodens als Kriterium heran, um den Boden als Lebensgrundlage für den Menschen zu bewerten. Mit der Prozedur LIFE2'A (s. 1.2.1.2) werden Böden mit extrem geringer Fähigkeit zur Wasserspeicherung oder hohen Salzgehalten als wertvolle Habitate für schützenswerte Pflanzen und Tiere ausgewiesen.

Gesamtbewertung

Auf ein Verfahren zur Gesamtbewertung von Böden, über die Spannweite der jeweils gegebenen Bodenfunktionen hinweg wurde verzichtet. Ein Hintergrund dieser Entscheidung war die Erfahrung, dass sich Ansätze, die anfänglich in Baden-Württemberg und Hamburg verfolgt wurden, als wenig praktikabel erwiesen. Trotzdem fordert eine relevante Gruppe von Planern nachhaltig eine Prozedur zur Gesamtbewertung von Bodenfunktionen. Mit den Ergebnissen der Testphase von TUSEC-IP, bei der das Bewertungsverfahren in laufenden Planungsverfahren zur Anwendung kam, wurde eine Datengrundlage geschaffen, die nun eine Untersuchung zur Weiterentwicklung mit dem Ziel der Gesamtbewertung von Bodenfunktionen, auf bodenkundlich-statistischer Basis erlaubt. Mit multivariaten Methoden kann mit der im Rahmen von TUSEC-IP geschaffenen Datengrundlage das Bestimmtheitsmaß zwischen Bodenparametern und Bodenfunktionen ermittelt werden und zugleich ist die Interkorrelation zwischen den abgeleiteten Bodenfunktionen abschätzbar. Auf Basis der entsprechenden Ergebnisse können Cluster von Abhängigkeiten zwischen Bodenparameter und Teilfunktionen sowie zwischen Teilfunktionen ausgeschieden werden. Die Bewertung dieser Cluster der Bodenfunktionen ist dann ein Weg zur Bewertung der gesamten Spannweite der Bodenfunktionen. Ein Ansatz, der im Rahmen einer entsprechenden Förderung verfolgt werden kann.

Nutzungsspezifische Bodenbewertung

Nutzungsspezifische Bodenbewertung widerspricht dem Konzept der Multifunktionalität von Böden. Damit steht sie im Gegensatz zur folgenden zentralen Aussage der Soil Strategy: „Der Boden erfüllt eine Vielzahl ökologischer, wirtschaftlicher, sozialer und kultureller Funktionen von lebenswichtiger Bedeutung“. Werden beispielsweise in einem Planungsverfahren nur die Nutzung als landwirtschaftliche Nutzfläche und die Nutzung für Wohnbebauung gegenübergestellt und die Bedeutung des betroffenen Bodens im Wasserkreislauf außer Acht gelassen, so steht das im Widerspruch zum multifunktionalen Ansatz der Soil Strategy und zum deutschen Bodenschutzgesetz. Tatsächlich wurde in der Vergangenheit häufig die Multifunktionalität der Böden nicht erkannt. Beispielsweise wurden Böden auch aufgrund eines nur geringen Siedlungsdruck zerstört, auch wenn sie

eine herausragende Funktionalität im Wasserkreislauf aufwiesen, dabei wurde nicht einmal der Umfang des Schadens zur Kenntnis genommen. Dennoch sind Situationen vorstellbar, bei denen nach Abwägung des Bodenschutzes in hierarchisch übergeordneten Planungsabläufen, eine Bodenbewertung zur Abwägung zwischen nur zwei Nutzungsalternativen erforderlich ist. Eine solche eingeschränkte Abwägung ist auf hierarchisch nachgeordneten Ebenen der Detailplanung möglich. Für derartige Situationen sind mit TUSEC zwei Prozeduren (STOFIT1.1 und PROD1.1) zur Bewertung spezifischer Subfunktionen verfügbar, die auf die Bewertung bestimmter Nutzungen abgestimmt sind.

Es besteht also die Möglichkeit, dem Anspruch der Multifunktionalität der Böden gerecht zu werden und andererseits nutzungsspezifische Bodenbewertung zuzulassen, wenn bei der Bodenbewertung hierarchisch strukturiert vorgegangen wird.

Ergänzend bietet TUSEC die Möglichkeit zur Bewertung von Aspekten der Bodenfunktionalität mit besonderem Interesse für die Stadtplanung. Entsprechende „Bodenleistungen“ sind der Beitrag von Böden zur dezentralen Versickerung (LEACHIA) und zur Klimaregulation im urbanen Raum (COOLIA). Bodenleistungen implizieren demnach offenbar ein Potenzial zum Einsparen von Kosten. Der Verlust der entsprechenden Böden erfordert teure technische Ersatzmaßnahmen zur Sicherung eines Mindeststandards der Umweltqualität. Für die Unterstützung des Deutschen Wetterdienstes durch die Bereitstellung von Datenmaterials im Umfang von über 1.500.000 Datensätzen zum Erstellen der Tabellen im Kapitel 1.6.4 im Anhang zum Abschätzen von COOLIA sei an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

Hierarchische Gliederung der Bodenfunktionen

Bei einer hierarchischen Vorgehensweise muss bei jeder Planungsentscheidung, für die eine Bodenbewertung erforderlich ist, die Funktionalität der Böden zunächst auf dem übergeordneten Niveau berücksichtigt werden. Für nachgeordnete Fragestellungen kann dann auf die hierarchisch niedriger eingestuften Bewertungsprozeduren zurückgegriffen werden (s. auch die entsprechenden Unterkapitel bei 1.2.2.1). Folgende Ebenen werden dabei unterschieden:

- die Ebene der Bodenfunktionen oder der „generellen Funktionen“, wie sie in der Verlautbarung der EU-Kommission zur Soil Strategy oder im deutschen Bodenschutzgesetz festgeschrieben sind (beispielweise geeignet für die räumliche Planung im internationale und nationale Maßstab)
- die Ebene der Teil-Funktionen, die sich auf Aspekte der Bodenfunktionalität bezieht, die einer generellen Funktion (s.o.) zugeordnet werden können (beispielweise geeignet für die räumliche Planung im regionalen und kommunalen Maßstab)
- die Ebene der Sub-Funktionen, auf der nur die Funktionalität der Böden, eingeschränkt auf ihre Bedeutung unter bestimmten Nutzungen, bewertet wird (beispielweise geeignet für Detailplanungen auf Bebauungsplan- oder Flurstücksebene)
- die Ebene der Bodenleistungen, auf der Aspekte der Bodenfunktionalität mit besonderem Interesse für die Stadtplanung bewertet werden (beispielweise geeignet für die Optimierung von Detailplanungen, auch im Rahmen von Sanierungen)

Dateninput, Ebenen der Bodenbewertung und Internationalität von TUSEC

In der räumlichen Planung auf der kommunalen Ebene werden prinzipiell zwei Niveaus unterschieden. Das Niveau der Vorplanung, der unverbindlichen Planung und das umsetzungsorientierte Niveau der verbindlichen Planung. Entsprechend sind orientierende bzw. bindende Aussagen zum Bodenschutz erforderlich. Die Ebene der unverbindlichen Planung (für Maßstäbe von 1: 20.000 bis 1: 50.000), für die orientierende Aussagen zur Funktionalität der Böden ausreichend sind, erlaubt die Entwicklung einer wenig aufwändigen Alternative zu herkömmlichen pedologischen Evaluierung, die auf bodenkundlichen Standortsbeschreibungen beruht. Die herkömmliche Bodenbewertung erfordert horizontweise Bodenaufnahmen mit Feldmethoden, in einem Raster, bzw. Maßstab, wie er für die verbindliche Planung erforderlich ist. Ein Maßstab von 1: 5.000 bzw. ein Kartieraster mit 50 m Seitenlänge)² ist hierbei eine verbreitete Größenordnung. Die Bodenbewertungen für diese detaillierte Ebene werden in diesem Handbuch als A-Verfahren, bzw. die entsprechende Arbeitsebene als A-Ebene bezeichnet. Das B-Verfahren (B-Ebene), das in diesem Handbuch als noch nicht umfassend getestete beta-Version aufgeführt ist, folgt dem Prinzip der Konzeptbodenkarte (s. Fußnote)³). Hierbei werden Sekundärdaten herangezogen, um indirekt Auskunft über Böden und Bodeneigenschaften zu erarbeiten. Beispielsweise sind die für die Bodenbewertung erforderlichen Parameter ableitbar, wenn bekannt ist, wann, wie, wie viel und was abgelagert wurde. Das A- als auch das B-Verfahren sind in eigenen Kapiteln (1.2 und 1.4 bis 1.4.3) in diesem Handbuch detailliert dargestellt.

Wie eingangs dargestellt, muss ein Bewertungsverfahren für den internationalen Gebrauch auf die gesamte relevante Bandbreite bestehender rechtlicher Grundlagen und auf das entsprechende Spektrum an bodenkundlicher Methodik zugeschnitten sein. Die entsprechenden Bezüge wurden in TUSEC so abgefasst, dass sie auf alle relevanten juristischen Texte verweisen, bzw. auf den gemeinsamen Nenner aller anerkannten nationalen und internationalen Methoden abzielen.

In Tabelle 1.1-1 ist zusammengefasst, welche Erfordernisse TUSEC abdecken kann und welche Punkte nicht Gegenstand von TUSEC sind und sich die Methoden auf andere, bestehende Dokumentationen, Anleitungen und Methoden beziehen.

² die Größe des Kartierasters ist häufig unabhängig davon ob natürliche oder anthropogene Böden kartiert werden, da mit zunehmender anthropogener bedingter Variabilität auch der Grad der Versiegelung zunimmt und damit die Beobachtungsdichte auf den verbleibenden unversiegelten Flächen dementsprechend erhöht werden kann. Weitere Informationen zur Planung und Durchführung von Bodenkartierungen geben national und international anerkannte Methodensammlungen.

³ http://www.nlfb.de/boden/downloads/concept_soil_map.pdf

Tabelle 1.1-1: Aufzählung was TUSEC (Technique for Soil Evaluation and Categorization, also das vorliegende Bewertungsverfahren für natürliche und anthropogen überformte Böden) kann und was TUSEC nicht kann

was TUSEC kann	was TUSEC <i>nicht</i> kann
Verknüpfungsregeln für die Bodenbewertung durch Experten mit Daten bodenkundlicher Aufnahmen (Laboranalysen sind nicht erforderlich)	<i>Laien zur Bodenbewertung anleiten</i>
Erklärungen zu Bodenfunktionen	<i>eine schematische Prozedur zum Abwägen zwischen einer Rangfolge von Bodenfunktionen sein</i>
	<i>zum bodenkundlichen kartieren anleiten</i>
	<i>Methoden für Laboranalysen darstellen</i>
	<i>Altlastenhandbuch, bzw. Sammlung von Grenzwerten für Bodenkontaminationen sein</i>
	<i>zum Umgang mit bodenkundlichen Daten anleiten</i>
	<i>zum Zusammenfassen, Abgrenzen und Auswerten der Bewertungsergebnisse anleiten</i>
	<i>zum Darstellen von Bewertungsergebnissen anleiten</i>
Beta-Version für eine Bodenbewertung auf Grundlage von Informationen für Konzeptbodenkarten (Sekundärdaten)	<i>ein Handbuch zur routinemäßig anwendbaren Bodenbewertung auf Grundlage von Informationen für Konzeptbodenkarten (Sekundärdaten) sein</i>

1.1.1 Methodik von TUSEC

Bewertungstiefe

Eine grundsätzliche methodische Frage der Bodenbewertung ist, bis zu welcher Tiefe der Bodenkörper bewertet werden soll. Für TUSEC ist diese Tiefe im Allgemeinen auf einen Meter festgelegt. Dies entspricht dem bei der Stadtbodenkartierung üblichen Vorgehen. Bei natürlichen Böden wird die bewertete Bodenmächtigkeit in der Regel mit der Entwicklungstiefe der Böden gleichgesetzt. Dementsprechend müsste die Bewertungstiefe bei Böden aus umgelagertem Bodenmaterial häufig auf den Oberboden begrenzt werden, da eine kurzzeitige Bodenentwicklung vor Ort noch nicht weiter in die Tiefe reichen kann. Mit dieser Herangehensweise würde die Funktionalität der Stadtböden stark unterschätzt und die Eigenschaften anthropogener Böden unterhalb der Tiefe von einem Meter können durchaus relevant für die Bodenbewertung sein. Das ist beispielsweise bei mächtigen Aufschüttungen von humosem Material der Fall, andererseits können Unterflurversiegelung oder hoch anstehendes Grundwasser die relevante Bewertungstiefe verringern.

Derartige Besonderheiten, wie auch Teilversiegelungen, werden mit den schematischen Bewertungsprozeduren nicht erfasst, sind aber bei der Expertenüberprüfung (s.u.) zu berücksichtigen und die Bewertungsergebnisse entsprechend zu korrigieren. Die Bodenbewertung bei TUSEC sollte dringend auf eine Tiefe von weniger als einen Meter zu beschränkt werden, wenn:

- bei anthropogenen Böden eine massive Unterflurversiegelung auftritt, die sowohl von Pflanzenwurzeln als auch von Sickerwasser weitgehend undurchdringbar ist
- Ausgangsmaterial mit Eigenschaften auftritt, die einer Unterflurversiegelung entsprechen

Prinzipiell können auch organische Auflagehorizonte mit TUSEC bewertet werden, allerdings sind die im Anhang aufgeführten Schätzverfahren für Auflagehorizonte zum Teil nicht geeignet. Dementsprechend müssen zur Abschätzung von nutzbarer Feldkapazität, Luftkapazität, Kationenaustauschkapazität und Wasserleitfähigkeit andere - bodenkundlich fundierte Quellen - herangezogen werden.

Bewertungsspanne

Die Bewertungsergebnisse von TUSEC werden praxisorientiert generell in fünf gut zu unterscheidende und für Planungsaufgaben ausreichend differenzierende Wertstufen angegeben. Die Bewertung reicht demnach „von „sehr gering“, „gering“, „mittel“, über „hoch“ zu „sehr hoch“. Beim B-Verfahren soll hiervon ggf. abgewichen werden (s. 1.4.3). Die Grenzen der fünfklassigen Differenzierung sind so festgelegt, dass etwa 12,5% der Böden mit der höchsten und niedrigsten Klasse bewertet werden, die anderen Klassen sollen jeweils 25% der Böden im Alpenraum erfassen. Die Böden der Hochgebirge (oberhalb 1500 m ü.N.N.) sind bei dieser Quantifizierung nicht berücksichtigt, da sie selten Gegenstand bodenschützerischer Abwägungen sind. Dennoch sind die Böden der Hochgebirge mit TUSEC bewertbar. Da Verteilung der Bewertungsergebnisse bisher nicht verifiziert wurde, stellen die Angaben hier nur eine grobe Zielvorstellung dar.

Fehlende Werte

Fehlende Werte bei Bodenaufnahmen oder fehlende Angaben zur Vornutzung eines Standorts oder zu Hinweisen auf Bodenbelastungen sind durch fachlich und logisch begründete Analogieschlüsse zu ersetzen oder durch Nacherhebungen zu ergänzen (s. auch 1.4.3).

Soweit für Bewertungsprozeduren Rundungen erforderlich sind, gelten die Regeln des kaufmännischen Rundens (2,1349 zu 2,13; 2,1350 zu 2,14; -2,1349 zu -2,13; -2,1350 zu -2,14).

Ableitung einfacher und komplexer Parameter

In den Kapiteln 1.6.1 bis 1.6.3 sind Tabellen enthalten, mit denen auf einfache Art und Weise komplexe Parameter bestimmt werden können. Ein komplexer Parameter wie die Geschwindigkeit, mit der sich Wasser in einem wassergesättigten Boden vertikal bewegt („hydraulische Leitfähigkeit“ oder „kf“ s. 1.6.2) ist von mehreren einfachen Parametern abhängig (wie Körnung, Lagerungsdichte, Mächtigkeit der betrachteten Bodenhorizonte). Andere komplexe Parameter, die für TUSEC erforderlich sind, sind das Volumen von

Poren, die für Luft und für unterschiedlich fest gebundenes Wasser („Luftkapazität“ oder „AC“ und „verfügbare Feldkapazität“ oder „aFC“) bestimmt werden können. Der komplexe chemische Parameter „effektive Kationenkapazität“ erfasst die Menge an Nährstoffen wie Kalium und Magnesium, die der Boden so bindet, dass sie von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden können. Eingangsparemeter für die Abschätzung dieser komplexen Parameter sind im wesentlichen die einfachen oder Basis-Parameter Körnung und das spezifische Gewicht (Lagerungsdichte) sowie der Humusgehalt. Die komplexen Parameter und somit die sie bestimmenden Basisparameter spielen eine zentrale Rolle für die Abschätzung der Funktionalität von Böden. Die verblüffend einfachen Verfahren beruhen auf eine große Zahl an Messungen, bei denen die komplexen Parameter mit aufwändigen Verfahren direkt bestimmt wurden. Durch Korrelationsanalysen wurden dann erfolgreich Pedotransferfunktionen ermittelt, mit denen von einfachen Basisparametern auf komplexe Parameter geschlossen werden kann. Die Angaben in Kapitel 1.6.2. beruhen auf Auswertungen mit dem Rosetta-Programm⁴, die Angaben in 1.6.1 und 1.6.3 auf Auswertungen von umfangreichen Messreihen der Geologischen Dienste in Deutschland.

Ein besonderer Vorteil dieser Methoden zur Ableitung der komplexen Bodenparameter liegt darin, dass die als Input erforderlichen Basisparameter sehr einfach und rasch zu ermitteln sind. Allerdings ist Erfahrung für eine exakte Schätzung von Körnung, Lagerungsdichte und Humusgehalt erforderlich. Die Verlässlichkeit der Angaben muss also ggf. durch den Vergleich mit lokal erfahrenen Bodenkundlern und Laboranalysen überprüft werden (die Schätzverfahren sind in einschlägigen bodenkundlichen Methodensammlungen beschrieben). Die Probleme abweichender Schätzungen (z.B. von Körnung und Humusgehalt) sowie von Differenzen die sich durch unterschiedliche bodenkundliche Methoden ergeben, relativieren sich, wenn nur die Ergebnisse eines Bearbeiters bzw. die Ergebnisse die nur auf einer bodenkundlichen Methodik bei einer planerischen Entscheidung abgewogen werden.

Der Umfang der vor Ort aufzunehmenden Bodenparameter ist in den relevanten bodenkundlichen Methodensammlungen dargestellt. Grundsätzlich ist es nicht empfehlenswert den Umfang der vor Ort aufzunehmenden Bodenparameter zu reduzieren. Einfach deshalb, weil dadurch kaum weniger Aufwand durch weniger aufgenommene Parameter entsteht. Im Verhältnis ist der unvermeidbare Aufwand um vor Ort zu kommen und Boden für die Bodenaufnahme zu bergen sehr viel größer als der Aufwand für die Bestimmung eines Parameters. Schließlich können Parameter, die nicht unmittelbar Input für Bewertungsprozeduren sind beispielsweise für Plausibilitätsprüfung und Analogieschlüsse wertvoll sein.

Auf Quadratmeter bezogene Mengenangaben sind eine bodenkundliche Besonderheit, die auch bei einigen Bewertungsprozeduren Eingang gefunden hat. Diese Art der Angaben ist erforderlich, wenn Mengen in Böden (z.B. an pflanzenverfügbar gebundenem Wasser) mit weniger als einem Meter Entwicklungstiefe und unterschiedlicher Lagerungsdichte verglichen werden sollen.

⁴ Im Internet: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8953>)

Prüfung der Bodenbewertung durch Experten

Grundsätzlich ist festzulegen, dass die Ergebnisse einer schematisierten Bodenbewertung, wie dem TUSEC, von Bodenexperten auf ihre Plausibilität überprüft werden und ggf. korrigiert werden müssen, damit ihnen eine bindende Aussagekraft zukommen kann. Beispielsweise können mit TUSEC nicht die Effekte von Nachbarschaftsbeziehungen von Böden, wie die oberflächenparallele Versickerung am Hang, bewertet werden und so falsche Ergebnisse ermittelt werden. Ein erläuterndes Beispiel ist in 1.7.1 beschrieben.

Im Zweifelsfall sind Bodenexperten auch für eine kompetente Gesamtbewertung heranzuziehen.

Bei der Kooperation von Bodenexperten und Planungsfachleuten im Rahmen von TUSEC-IP hat sich klar gezeigt, dass ein erheblicher Bedarf an ausgebildeten Bodenkundlern besteht. Gegenwärtig werden die entsprechenden Aufgaben gar nicht oder von einem nicht dafür ausgebildeten Personenkreis wahrgenommen. Diese Vorgehensweise führt zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen, zu vermeidbaren Kosten, zu unnötigen Umweltschäden und macht die Planungen angreifbar.

1.1.2 Struktur der Kapitel zu den Bewertungsprozeduren

- In dem Handbuch zur Bodenbewertung werden die Kapitel mit den Bewertungsprozeduren mit einem kurzen Überblick zur Bedeutung der bewerteten Bodenleistungen eingeleitet.
- Es folgt eine verbale Beschreibung der Bewertungsprozedur, die einerseits detailliert und andererseits kurz ist, um das Prinzip des Bewertungsablaufs zu dokumentieren.

Die Zwischenüberschriften der Einzelschritte, deren Kodierung sowie die Abkürzungen der Funktionen und Parameter sind als Hilfe zur besseren Orientierung gedacht. Da TUSEC in englischer Sprache entwickelt wurde, ergeben sich die Abkürzungen aus englischen Begriffen. Im Glossar sind die zugehörigen Begriffe aufgeführt, zudem stellt das Glossar eine Ergänzung, insbesondere für Nichtbodenkundler, dar. Bei den Kapiteln zum B-Verfahren sind die Erläuterungen sehr knapp gehalten.

1.1.3 Einbindung von TUSEC

Die Entwicklung des Bewertungsverfahrens erfuhr wichtigen Input durch zugeordnete Aufgabenstellungen des Projekt TUSEC-IP (s. 1.1) . Das Projekt TUSEC-IP umfasste insgesamt 10 work packages. Zwei von ihnen stehen in direktem Zusammenhang mit der Entwicklung des Verfahrens für die Bodenbewertung:

- Anforderungen an die Bodenbewertung (USER)
- Testphase in den Partnerkommunen (TEST)

Die Ziele von USER bestanden darin, den aktuellen Stand des Bodenschutzes in Siedlungen im Alpenraum zu erheben, die Defizite herauszufinden und die Anforderungen an ein Verfahren zur Bodenbewertung klar zu umreißen. Die Ergebnisse von USER boten somit einen wichtigen Input für die Konzeption und Ausgestaltung des Verfahrens zur Bodenbewertung, da dieses im Hinblick auf seine Anwendung unbedingt an den realen Möglichkeiten und Bedürfnissen der Endnutzer orientiert sein sollte.

Ausgehend von den Ergebnissen einer umfangreichen Befragung in Gemeinden aus den Ländern Deutschland, Italien, Österreich, Schweiz und Slowenien (http://www.tusec-ip.org/publ/publ_getreso.asp?PRES_ID=45322 - Stand 15.4.2008) lässt sich folgendes, weitgehend übereinstimmendes Fazit ziehen:

- Aufgrund vor allem der Versiegelung und Überbauung von Freiflächen wird Bodenschutz als zunehmend wichtig angesehen.
- Es wird ein generelles Bodenschutzdefizit in Planungsprozessen festgestellt; als Ursachen werden unter anderem mangelnde Bodendaten und fehlende Verfahren zur Bodenbewertung angegeben.
- Als wichtigste Bodeninformationen werden die Funktion im Wasserkreislauf (z.B. im Hinblick auf dezentrale Versickerung und Grundwasserneubildung) und die aktuelle Schadstoffbelastung der Böden genannt.

- Es ist zudem wichtig, die Bewertung nutzungsspezifisch durchzuführen; Themen wie Kleingärten, Kinderspielplätze sind oft von besonderer Bedeutung.
- Formale Ansprüche an das Verfahren sind die Integrationsmöglichkeit in bestehende GIS, ein möglichst geringer personeller und finanzieller Aufwand und die Darstellung der Ergebnisse in unterschiedlichen Aggregierungsstufen.
- Die bodenkundliche Fachkompetenz der Planungsverantwortlichen wird als eher gering eingeschätzt, was in der Regel eine Bearbeitung von externen Experten notwendig macht.

Diesen Anforderungen aus der Praxis versucht das vorliegende Bewertungsverfahren so weit als möglich Rechnung zu tragen, was bei der Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte und Funktionen deutlich wird. Ebenso wird aufgezeigt, wo diesen Ansprüchen Grenzen der Machbarkeit entgegenstehen.

In TEST „Testphase in den Partnerkommunen“ wurde überprüft, inwieweit das entwickelte Verfahren den eruierten Anforderungen genügt und an welchen Stellen Verbesserungen durchgeführt oder Grenzen des Verfahrens kommuniziert werden müssen, um die Chance der Umsetzung der Bodenbewertung in der Praxis zu erhöhen. Die Ergebnisse der Testphase waren insbesondere Grundlage zur Validierung der Bewertungsprozeduren und stehen für weitere Auswertungen zur Verfügung (s. Unterabschnitt „Gesamtbewertung“ in 1.1).

1.1.4 Abkürzungen und Glossar

Abkürzungen und besondere Begriffe in den Bewertungsprozeduren

Strukturierte Abkürzungen

Systematisch aufgebaute Abkürzungen werden mit dem Ziel eingeführt, die Beschreibungen der Verknüpfungsprozeduren übersichtlich zu halten. Die Abkürzungen sind strukturiert:

LIFE1.1'A'step01 setzt sich zusammen aus

LIFE Kürzel für die relevante Bodenfunktion

1 Nummerierung für die erste Teil-Funktion

.1 Nummerierung für die erste Sub-Funktion

A Kürzel für das relevante Verfahren, hier das A-Verfahren

step01: Kürzel für das betreffende Modul der Verknüpfungsprozedur

Die Bedeutung der Abkürzungen ergibt sich aus den Kapitelüberschriften oder ist im folgenden Abschnitt und dem Glossar erklärt. Da das Bewertungsverfahren in Englischer Sprache entwickelt wurde, leiten sich die Abkürzungen von Englischen Begriffen ab.

AC air capacity (engl.), Luftkapazität, siehe Glossar und 1.6.1 im Anhang

aFC available field capacity (engl.), verfügbare Feldkapazität, siehe Glossar und 1.6.1 im Anhang

BD bulk density (engl.), Lagerungsdichte, siehe Glossar

CEC cation exchange capacity (engl.), Kationenaustauschkapazität siehe Glossar und 1.6.3 im Anhang

CLY Hilfsgröße für Berechnungen mit dem Tongehalt

CR Hilfsgröße für Berechnungen mit dem Anteil an Grobmaterial

dm Dezimeter oder 10 cm

Est Daten die mit in Kapitel 6 dokumentierten Schätzmethoden abzuleiten sind

FC field capacity (engl.), Feldkapazität, siehe Glossar

in situ Methoden: Daten von Vor-Ort-Beschreibungen, also durch Dokumentation visueller und sensorischer Beobachtungen gewonnen wurden

HU Hilfsgröße für Berechnungen mit dem Humusgehalt

kf saturated hydraulic conductivity (engl.), gesättigte Leitfähigkeit, siehe Glossar und 1.6.2 im Anhang

versch. Daten verschiedener Quellen

WRB World Reference Base for Soil Resources, siehe Glossar

Glossar

Für weitere Recherchen führt der folgende Link führt zu einem bodenkundlichen Glossar:
http://www.bodenwelten.de/bod_schule/bod_glossar.htm

Anthropogen überformte Böden, → Stadtböden.

Anthropogenes Ausgangsmaterial/ Substrat sind bearbeitete Steine, Bauschutt, Aschen, Schlacken, Abfälle Klärschlamm, Abraum und anderes Material das eine technische Behandlung erfahren hat.

Artefakte, flüssige und feste Materialien, die einer technischen Bearbeitung unterzogen wurden, beispielsweise also Bausteine, Aschen, Kohle und Schweröl.

Bodenfunktionen, die zu Bündeln (Clustern) zusammengefasste Aspekte der Leistungsfähigkeit der Böden. Diese Cluster ergebenen sich durch die Nutzungsansprüche an Böden, siehe auch 1.1.

Bodenleistung, mit TUSEC bewertbare Gesichtspunkte der Funktionalität von Böden mit besonderem Interesse für die Stadtplanung, siehe auch 1.1.

Bodenstruktur, die räumliche Anordnung der festen Bodenbestandteile (Gefügeformen). Sie zeichnen sich durch charakteristische Größe und Form aus.

Feinerde, das Bodenmaterial mit einem Durchmesser von nicht mehr als 2 mm.

Feldkapazität, diejenige maximale Wassermenge, die ein Boden gegen die Schwerkraft speichern kann (Haftwasser, Bodenwasser). Die Feldkapazität wird meist 2 bis 3 Tage nach einer Überflutung, nach einer längeren Niederschlagsperiode oder nach der Schneeschmelze erreicht.

Fluvialer Ursprung, durch Flüsse transportiert und abgelagert.

Gesättigte Wasserleitfähigkeit, Geschwindigkeit mit der sich das Wasser auf Grund der Schwerkraft im gesättigten Boden bewegt.

Grobmaterial, Steine oder Artefakte mit mehr als 2 mm Durchmesser.

Grundwasser, unterirdisches Wasser, das die Hohlräume des Bodens zusammenhängend ausfüllt und dessen Bewegung ausschließlich durch die Schwerkraft bestimmt wird.

Histosol, → Hochmoore, → Niedermoore.

Hochmoore sind nährstoffarme, saure und nasse, ausschließlich vom Niederschlagswasser gespeiste Böden aus organischer Substanz.

Kationenaustauschkapazität (CEC), Fähigkeit von Böden oder Bodenbestandteilen, positiv geladene Ionen aus der Bodenlösung reversibel und damit pflanzenverfügbar zu sorbieren. Zum Analysieren von CEC_{pot} wird der Boden auf pH7 eingestellt, für CEC_{eff} bleibt der natürliche pH des Bodens unverändert.

kolluvialer Ursprung, durch agrarisch bedingte Erosion transportiert und abgelagert.

Konzeptbodenkarte, Bodenkarte im wesentlichen auf der Basis von nicht bodenkundlichen → Sekundärdaten, s. 1.4.

Lagerungsdichte (BD), die Dichte des trockenen Bodensubstrates bei natürlicher Lagerung, d.h. einschließlich der Hohlräume in [g/cm⁻³].

Luftkapazität ist als Anteil der mit Luft gefüllten Poren am Gesamtbodenvolumen definiert, wie er sich bei →Feldkapazität einstellt. Die Luftkapazität bezeichnet zugleich den Anteil der groben Poren am Gesamtporenvolumen, siehe auch 1.6.1 im Anhang.

Niedermoor, Fen, sind meist nährstoffreiche und nasse, immer mineralbodenwasserbeeinflusste Böden aus organischer Substanz die in der Regel eine neutrale Reaktion zeigen.

pH, Maß für die Stärke der sauren bzw. basischen Wirkung einer Lösung. Er ist definiert über den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration.

Reduktionsmerkmale, bläuliche, graue oder grünliche Bodenfarben die auf Sauerstoffmangel schließen lassen, die häufig durch langandauernde Wassersättigung verursacht sind.

Sekundäre Bodeninformationen, sind Informationen die indirekte Schlüsse zu Böden oder Bodeneigenschaften zulassen. Beispielsweise lassen Angaben zum Grundwasserstand Schlüsse zur Verbreitung von Stauwasserböden und zur hydraulischen Leitfähigkeit diese Böden zu.

Stadtböden im engeren Sinn, sind die anthropogen veränderte Böden der Städte. Im weiteren Sinn sind damit auch die durch Städte, Industrie, Handwerk, Verkehr und Bergbau überformten Böden gemeint. Zum Teil werden den Stadtböden neben den veränderten Böden in einem Siedlungsbereich auch die dort unverändert verbliebenen natürlichen Böden zugeordnet. Stadtböden sind häufig umgelagert, durch den Einfluss von Baumaterialien kalkhaltig und weisen einen hohen Grobbodenanteil aus Artefakten und natürlichem Gestein auf. Nicht selten sind sie durch Jahrhunderte andauernden Eintrag von organischen Abfällen tiefhumos. Die entsprechenden Böden sind in der →WRB als Technosols (7/2006) definiert.

Stauwasser, an oder nahe der Erdoberfläche periodisch oder episodisch sich ansammelndes, stagnierendes Wasser. Stauwasser tritt über stark undurchlässigem Untergrund (tonige oder lehmige Schichten: Stauwassersohle, Staukörper) auf.

Totwasser, ist so fest im Boden gebunden, dass es von Pflanzen nicht genutzt werden kann.

verfügbare Feld Kapazität (aFC), die um den →Totwasseranteil verringerte →Feldkapazität.

WRB, die Internationale Bodenkundliche Union (IBU) hat 1998 die **World Reference Base for Soils** auf der Basis der FAO-Weltbodenkarte von 1994 verabschiedet und als internationalen Rahmen für Bodenklassifikationen anerkannt. Sie ist eine Annäherung zwischen den verschiedenen nationalen Klassifikationen. Ziel ist die leichtere Identifikation, Kennzeichnung und Benennung der wesentlichen Bodengruppen der Erde. Im Juli 2006 wurde eine Neuauflage herausgegeben, bei der anthropogene Böden (Technosols und Anthrosols) stärkere Berücksichtigung fanden. Siehe auch <ftp://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/default.stm> (Website der WRB) und <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf> (Dokumentation der WRB-Bodenklassifikation).

1.2 Bewertung von Bodenfunktionen mit dem A-Verfahren

Das A-Verfahren eignet sich für die räumliche Planung im detaillierten Maßstab, mit bindendem Charakter. Die entsprechenden Maßstäbe rangieren zwischen 1:10.000 und 1:1.000. Entsprechend hoch sind die Ansprüche an die Qualität der Eingangsdaten. Angesichts der Tatsache, dass für anthropogene Böden nur selten Daten vorhanden sind, müssen im urbanen Raum meistens zunächst die Böden kartiert werden, um sie dann auf A-Ebene bewerten zu können.

Für die Bewertung auf der A-Ebene werden Daten verwendet, die aktuell bei Bodenkartierungen mit visuellen oder sensorischen Methoden ermittelt werden. Dabei sollen die Besonderheiten anthropogener Böden so weit wie möglich berücksichtigt werden. Soweit vorhanden, kann auf entsprechende archivierte Daten, wie sie z.B. die geologischen Dienste zur Verfügung stellen, zurückgegriffen werden.

Generell benötigt die Bodenbewertung auf der A-Ebene Daten zu jedem einzelnen Horizont, d.h. zu jeder bodenkundlich abgegrenzten Lage. Die horizontbezogenen Informationen werden für das gesamte Profil ermittelt und in einem entsprechenden Datenblatt festgehalten.

Es wird empfohlen, die Bodenbewertung für jede Bodenprofilbeschreibung individuell durchzuführen und anschließend ähnliche Bewertungsergebnisse teilflächenmäßig zusammenzufassen. Zusätzlich können sekundäre Informationen, wie Topographische Karten oder auch Bebauungspläne zur Abgrenzung von Teilgebieten oder auch zur Planung der Kartierung herangezogen werden.

Die Bewertungsergebnisse von „sehr gering“ (5), „gering“ (4), „mittel“ (3), über „hoch“ (2) zu „sehr hoch“ (1) sind gerundet, ohne Nachkommastellen anzugeben.

1.2.1.1 Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen (LIFE1'A)

- Gegenwärtig wird die "Lebensraumfunktion" der Böden mit gesundheitlich unschädlichen Böden gleichgesetzt. Dies ist vor dem Hintergrund zu verstehen, dass sich in der Vergangenheit der Bodenschutz häufig in der Sanierung kontaminierter Böden erschöpft hat. Allgemein ist es im Bewusstsein der Menschen verankert, dass ihre Gesundheit ernsthaft durch kontaminierten Boden beeinträchtigt werden kann. Beispielsweise kann das durch unzureichende Qualität von Lebensmitteln verursacht sein, die auf kontaminierten Böden angebaut wurden. Dabei sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass derartige Bodenbelastungen zur Einschränkung der Vitalität jedes Konsumenten innerhalb von Nahrungsketten führen kann.

Ein spezieller Schwerpunkt muss auf den Schutz von Kindern gelegt werden, da Kinder durch Kontaminationen besonders gefährdet sind. Zudem nehmen sie häufig Boden oral auf. Bei Erwachsenen ist eher eine Belastung durch das Einatmen von Staub kontaminierter Böden relevant. Ältere und kranke Personen weisen eine verstärkte Disposition oder Anfälligkeit gegenüber Bodenbelastungen auf.

Bei TUSEC wird die Belastung durch geogene Schwermetalle in Böden, d.h. durch erhöhte Gehalte in bestimmten natürlichen Ausgangsmaterialien der Böden, nicht berücksichtigt. Zu beachten ist außerdem, dass Böden mit einer geringen Bewertung der Lebensraumfunktion vorrangig für Bauvorhaben verwendet werden sollten.

- Die Bewertung von LIFE1'A knüpft sich an nationale und internationale Grenzwerte für Bodenbelastungen an. Der Ablauf der Bewertung ist zweigeteilt. Der erste Teil basiert auf Informationen der visuellen und sensorischen Bodenbeschreibung. Der zweite Teil ist optional und bezieht sich auf analytische Daten. LIFE1'A des Bodens wird maximal abgewertet, wenn analytische Daten notwendig wären, aber nicht vorhanden sind.

Die Ergebnisse der Bodenbewertung sind durch einen Kommentar zu ergänzen, wenn Unsicherheiten über Hinweise auf Kontaminationen bestehen. In diesem Kommentar sollen weitere Untersuchungen für die entsprechende Fläche verlangt werden, wenn sie für sensible Nutzungen beansprucht ist oder wird.

Kriterium

- unbelasteter Boden

Eingangsparameter

- Hinweise auf Bodenbelastungen [Datenquelle: In situ-Methoden, Versch.]
- analytische Daten – soweit gesetzlich vorgeschrieben oder vorhanden [Laborergebnisse]

Bewertungsprozedur - Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen (LIFE1'A)

In einem ersten Schritt werden bei der Bewertung der Funktion LIFE1'A Hinweise auf diffuse oder punktuelle Kontaminationen abgefragt. Hinweise auf diffuse Kontamination ergeben sich aufgrund von Aktivitäten, die Emissionen hervorbringen, die weiträumige (sich über mehr als 1 km² erstrecken und in eine Tiefe von weniger als 1 m reichen) wind- oder wassergetragene Einträge verursachen können. Allgemeine Verunreinigungen, wie zum Beispiel großflächige Stickstoffeinträge, aufgrund anthropogen induzierter Stickoxide werden nicht als diffuse Kontaminationen betrachtet. Auch Wohnbebauung oder Verkehr mit weniger als 1.000 Fahrzeugen pro Tag gelten für diese Bodenbewertung nicht als Quellen diffuser Kontaminationen. Dessen ungeachtet, können derartige Quellen in ihrem direkten Umfeld punktuelle Belastungen verursachen.

Schadstoffbelastete Artefakte, die bei der Bodenkartierung aufgenommen wurden, zeigen punktuelle Kontaminationen an. Hinweise auf punktuelle Kontaminationen sind zudem Kenntnisse über Aktivitäten die mit der Produktion kontaminierender Substanzen verbunden sind, die in den Boden gelangen können⁵.

Das Wissen über emittierende Aktivitäten wird aus einer ganzen Spannweite von vorhandenen historischen und aktuellen Unterlagen zu Landnutzungen entnommen. Außerdem können Gespräche, z.B. mit Anwohnern, diese Informationen liefern.

⁵ Diese Kriterien entsprechen den Definitionen von "*potentially contaminated site*": "site where an activity is or has been operated that may have caused soil contamination", in: BLUM et al., 2004. *Final reports of the Thematic working groups. Volume IV Contamination* (Seite 1, 1.), Internet: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/library>

LIFE1'A'Step01

Klassifikation von Verunreinigungen auf Grundlage spezieller Hinweise⁶	Zwischen-Ergebnis/ Bewertung LIFE1'A
Ohne Hinweise auf diffuse oder punktuelle Bodenkontamination und aus relevanten nationalen oder internationalen Regeln ergeben sich keine Notwendigkeit für weitere Untersuchungen	1
Mit Hinweisen auf diffuse Kontamination durch eine Quelle aber ohne Hinweise auf punktuelle Bodenkontamination und aus relevanten nationalen oder internationalen Regeln ergeben sich keine Notwendigkeit für weitere Untersuchungen	2
Mit Hinweisen auf diffuse Kontamination durch mehrere Quellen aber ohne Hinweise auf punktuelle Bodenkontamination aus relevanten nationalen oder internationalen Regeln ergeben sich keine Notwendigkeit für weitere Untersuchungen	3
Mit Hinweisen auf punktuelle Kontamination und wenn Analysedaten vorhanden sind und wenn weitere Untersuchungen durch nationale oder internationale Regeln erforderlich sind, weiter mit LIFE1'A-Bewertungsschritt 2, sonst weiter mit diesem Schlüssel	
Mit Hinweisen auf punktuelle Kontamination	5

LIFE1'A'Step02 (nur relevant, wenn das Ergebnis von Step01 Klasse 4 ist)

Klassifikation von Verunreinigungen auf Grundlage von Analysedaten	Bewertung LIFE1'A
Nachweis von Verunreinigungen, die laut nationaler oder internationaler Regelungen keine Eingriffe oder Sanierungsmaßnahmen erfordern	4
Nachweis von Verunreinigungen, die laut nationaler oder internationaler Regelungen Eingriffe oder Sanierungsmaßnahmen erfordern	5

⁶ Siehe Mitteilungen der "European Commission" *Towards a Thematic Strategy of Soil Protection* (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 2000, Seite 12 ff.; 3.3) Internet http://www.eu.int/eur-lex/en/com/pdf/2002/com2002_0179en01.pdf

1.2.1.2 Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Flora und Fauna – ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen (LIFE2'A)

- Diese Funktion zielt auf den Schutz des Bodens als Standort für wildlebende Tiere und Pflanzen. Als hochwertig eingestuft werden die Böden, die den Lebensraum für spezialisierte und seltene Organismen sind oder sein können. Die Funktionalität des Bodens als Lebensgrundlage und Lebensraum (Habitatfunktion oder Biotopentwicklungspotenzial) ist für den Schutz und die Verbesserung der Biodiversität relevant. Die Einstufung der Habitatfunktion von Böden ist eine wichtige Ergänzung zu Ergebnissen floristischer und faunistischer Kartierungen. Derartige Erhebungen repräsentieren in der Regel lediglich Momentanaufnahmen, während die Bodenbewertung das Potential eines Standorts zur Entwicklung eines Biotops berücksichtigt.

Die Bewertungsprozedur LIFE2'A berücksichtigt nicht nur auf der Oberfläche lebende Organismen, sondern auch im Boden lebende Organismen. Allerdings bleiben die Mikroorganismen hier ausgeklammert. Die STOFIT4'A-Bewertung zielt dagegen auf die Leistungsfähigkeit von Mikroorganismen in Böden in Abhängigkeit von relevanten Bodenparametern.

- Die Klassifikation von Böden als Habitat für spezialisierte Organismen stuft Extremwerte ausgewählter Bodenparameter als günstig ein und berücksichtigt die Natürlichkeit eines Standorts. Das Prinzip dieser Methode geht auf GRÖNGRÖFT, HOCHFELD und MIEHLICH (2003) zurück. Die Klassifikation der Natürlichkeit, bzw. umgekehrt, der Hemerobie, bezieht sich auf die Intensität und der Art der anthropogenen Veränderungen.

Am besten werden Böden mit geringem Wasserangebot sowie Böden mit einem Überschuss an Wasser bewertet. Böden mit derart gegensätzlichen Eigenschaften werden gleichermaßen berücksichtigt, da sie ähnlich wertvolle Habitate bilden können. Die Bedeutung von hohem Salzgehalt im Bodenwasser bzw. von einem hohen pH-Wert wird ebenfalls in Betracht gezogen, da derartige Standorte Habitate für seltene Halophyten sind. Neben meeresnahen Standorten und Standorten mit aufsteigenden salzigen Wässern wird so auch das Biotopentwicklungspotenzial von durch Bergbau und Industrie überformten Standorten gewürdigt. Dagegen werden Böden mit höheren Gehalten an Schwermetallen als Habitat für spezialisierte Organismen nicht berücksichtigt, da der Schutz dieser kontaminierten Flächen nur auf Expertenentscheidungen basieren kann.

Böden, die in besonders geringem Maß durch den Menschen verändert sind werden als wertvoll eingestuft. So erhalten naturnahe produktive Standorte die Höchstbewertung, auch wenn sie keine besondere Bedeutung für spezialisierte Organismen haben. Damit sollen die wenigen produktiven Standorte, die nie durch agrarische Nutzung verändert wurden, geschützt werden.

Der pH-Wert wird nicht berücksichtigt, da die säuretoleranten, seltenen Pflanzen meist auf zugleich trockenen oder nassen oder an Nährstoffen verarmten Standorten auftreten.

Kriterien

- Seltenheit von relevanten Bodenparametern und Naturnähe

Eingangsparameter

- Grundwasserflurabstand [In situ-Methoden, versch.]
- elektrische Leitfähigkeit [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Nutzbare Feldkapazität [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt, Laborergebnisse]
- Hinweise auf Veränderungen des Bodens [In situ-Methoden, versch.]
- Horizontmächtigkeit [In situ-Methoden]

Bewertungsprozedur - Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere und Pflanzen – ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen (LIFE2'A)

Die Bewertungsprozedur ist zweigeteilt: Der erste Teil zielt auf die Seltenheit der Böden ab, der zweite Teil würdigt die Naturnähe.

LIFE2'A'Step01 - Nutzbare Feldkapazität (aFC in l/m²)

Die Mächtigkeiten der Bodenhorizonte ist in der Profilbeschreibung vermerkt. Bei dem Gehalt an Grobmaterial kann sowohl auf Schätzungen am Profil als auch auf Messungen zurückgegriffen werden.

Die Werte für die nutzbare Feldkapazität werden mit Hilfe der Tabellen im Anhang 1.6.1 (PorVol) ermittelt, dazu sind Angaben zur Lagerungsdichte, Textur und dem Gehalt an organischem Material erforderlich. Sind plausible Laborwerte vorhanden, sollen diese verwendet werden.

Nutzbare Feldkapazität in % (aFC-Werte)

aFC1 = aFC für den 1. Horizont
 aFC2 = aFC für den 2. Horizont
 aFC3 = aFC für den 3. Horizont

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes
 TH2 = ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
 CR2 = ...

Nutzbare Feldkapazität (aFC) des gesamten Bodenprofils [l/m²]

LIFE2'A'Step01 = $((TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (aFC1/ 100)) +$
 $((TH2 * 100) * (1 - (CR2/ 100)) * (aFC2/ 100)) +$
 ...

LIFE2'A'Step02 – Extremstandort

Das Ergebnis für LIFE2'A'Step02 entspricht dem niedrigsten Wert in der LIFE2'A'Step02-Spalte, zu dessen Reihe ein Wert (nutzbare Feldkapazität, Grundwasserspiegel oder Salzgehalt) des zu bewertenden Bodenprofils zuordenbar ist. Demnach ist also die beste Bewertung der drei relevanten Parameter das Ergebnis der Einstufung von LIFE2'A'Step02.

Zur Abschätzung des höchsten Stau- oder Grundwasserspiegels, der über einen längeren Zeitraum von mindestens zwei Monaten erreicht wird, können die bei der Bodenkartierung vermerkten Redoxmerkmale herangezogen werden. Beispiele für diese Redoxmerkmale sind vorwiegend bläuliche bis grünliche Farben in einem Bodenhorizont. Der muss wiederum unter einem Bodenhorizont mit rötlichen Flecken liegen. Die rötlichen Flecken müssen dabei einen Flächenanteil von mindestens 5% einnehmen. Derartige Färbungen sind in einem humusgefärbten Horizont nicht sichtbar. Hydrologische Karten sind ebenso geeignete Informationsquellen da sie Angaben zum relevanten Wasserspiegel machen.

Nutzbare Feldkapazität des Gesamtprofils [l/m^2]/ LIFE2'A'Step01 und Jahresniederschlag	Höchster Grund- oder Stauwasserspiegel über einen mehrmonatigen Zeitraum [m]	Versalzung im Oberboden [dS/m] in 1: 2,5 Boden-Wasser Suspension und pH	Zwischen-Ergebnis LIFE2'A' Step02
< 25 und ein Jahresniederschlag unter 1000 mm	< 0.2	$\geq 16 < 50$ oder $pH > 8$	1
25 < 50 und ein Jahresniederschlag unter 1000 mm	0.2 < 0.4	$\geq 8 < 16$ oder $pH > 8$	2
50 < 75 und ein Jahresniederschlag unter 1000 mm	0.4 < 0.8		3
75 < 100 und ein Jahresniederschlag unter 1000 mm			4
andere			5

LIFE2'A'Step03 - Natürlichkeit

Für den zweiten Teil der Bewertung von LIFE2'A ist die Naturnähe des Standortes und des Bodenprofils wichtig. Hierzu werden die Standort- und Bodenbeschreibung ausgewertet. Die Landnutzungstypen, die für die Klassen der Naturbelassenheit stehen können, sind als Erläuterung in der Tabelle unten aufgeführt. Anzeichen von Nährstoffarmut sind z.B. eine geringe Biomasseentwicklung von Spross und Wurzeln oder Lücken in der Vegetationsdecke – wenn diese Merkmale nicht durch die nicht systematische Bewirtschaftungsfehler und nicht durch kalte oder trockene Witterung hervorgerufen sind.

Bodenprofil-Charakteristika	Landnutzungstyp (Beispiele)	Zwischen- Ergebnis LIFE2'A'Step03
<ul style="list-style-type: none"> Natürlich entwickeltes Bodenprofil ohne sichtbare anthropogene Veränderungen und frei vom Einfluss von Entwässerungsmaßnahmen 	Natürlicher Wald, Feucht- und Nasswiesen, Trockenrasen, Küstengebiete, Moore und Sümpfe	1
<ul style="list-style-type: none"> Natürlich entwickeltes Bodenprofil mit einem Oberboden, der in der Vergangenheit höchstens durch Bodenbearbeitung bis in eine maximale Tiefe von 30 cm verändert wurde und aktuell nicht durch Bodenbearbeitung beeinflusst wird und höchstens geringe Entwässerung in Gräben oder an Pflanzennährstoffen arme bis mäßig versorgte natürliche Böden 	Extensiv genutzte Wiesen, Wald und Gärten	2
alle anderen	-	nicht relevant

LIFE2'A'Step04 – Bewertung

wenn LIFE2'A'Step02 = 1, dann LIFE2'A	=	1
wenn LIFE2'A'Step02 = 5 und LIFE2'A'Step03 = 1 oder 2, dann LIFE2'A	=	2
andernfalls, dann LIFE2'A	=	LIFE2'A'Step02

1.2.2 Boden als Speicher-, Filter- und Umwandlungsmedium (STOFIT'A)

Die Funktionen von Böden zum Speichern, Filtern und Umwandeln (**STOreFilter-Transformation**) wie sie in der Soil Strategy (s. 1.1) genannt sind, umfasst sowohl die im deutschen Bundesbodenschutz (BBodSchG) definierten Bodenfunktionen „Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen“ als auch die mit dem BBodSchG geschützte Funktion „Abbau-, Ausgleichs- und Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers“.

1.2.2.1 Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs, unter dem Gesichtspunkt der Qualität sowie der Quantität (STOFIT1'A und STOFIT1.1'A)

- Bei der Bewertung des Bodens als Bestandteil des Wasserkreislaufs wird die Grundwasserneubildung der Böden und ihre Fähigkeit zur Infiltration von Niederschlag und Tauwasser schwerpunktmäßig berücksichtigt.

Die Qualität des Wassers und des Bodens sind eng miteinander verknüpft. Grund hierfür ist, dass der Boden über zahlreiche Adsorptions- und Desorptionsprozesse als Filter wirkt. Zudem findet mikrobieller Abbau von wassergetragenen Schadstoffen während der Versickerung des Bodenwassers statt. Der Aspekt der Qualität der Grundwasserspende ist besonders relevant, wenn das Grundwasser als Trinkwasserressource dient oder wenn das infiltrierte Wasser mit trinkwassertauglichem Grundwasser im Austausch steht. In bestimmten, eng definierten Fällen, steht der quantitative Aspekt der Infiltration zur Verhinderung von Erosion, Erdbeben und Überflutung im Vordergrund. Im Allgemeinen werden sowohl Gesichtspunkte der Qualität sowie der Quantität für die Bodenbewertung berücksichtigt.

Exkurs zur Hierarchie von (genereller) Bodenfunktion, Teilfunktion und Subfunktion

Prinzipiell sind Bodenfunktionen in ihrer Gesamtheit für Planungsprozesse und unabhängig von bestimmten Nutzungen zu berücksichtigen. Dies sieht das von der Europäischen Union anerkannte Konzept der Multifunktionalität der Böden vor. Demnach soll vor der Entscheidung, Böden für eine bestimmte Nutzung vorzusehen, die Überlegung stehen, zu welchen Nutzungen der Boden geeignet ist. Aus einer günstigen Bewertung, beispielsweise der agrarischen Produktionsfunktion (PROD1) oder der auf den Naturschutz ausgerichteter Lebensraumfunktion (LIFE2) ergeben sich Hinweise zur sinnvollen und bodenschützenden Nutzungen. Dennoch treten regelmäßig planerische

Situationen auf, in denen das Konzept der Multifunktionalität nur eingeschränkt berücksichtigt werden kann. Die Einschränkungen können sich durch naturräumliche (STOFIT1.1A), städtebauliche, technische oder ökonomische (PROD1.1A) Gegebenheiten ergeben. Zudem können in Prozessen der Detailplanung Ergebnisse der Bodenbewertungen nachgefragt werden, nachdem die generellen Planungsentscheidungen bereits gefallen sind – mit oder ohne Bodenbewertung.

Eine solche Situation ist bei den Böden in steilen Lagen der höher gelegenen Alpentäler gegeben. Dort ist die Gefahr von Erosion und Erdbeben sehr hoch, zugleich findet dort die Landnutzung nur in Form von extensivem Grünland oder Wald statt. In einem solchen Fall kann das Risiko von Schadstoffeinträgen ins Grundwasser vernachlässigt werden. Dementsprechend wurde eine Prozedur zur Bewertung einer Sub-Funktion ausgearbeitet. Eine Sub-Funktion ist als hierarchisch unter einer Teilfunktion und einer (generellen) Bodenfunktion angeordnet zu betrachten. Die Bewertung mit einer Sub-Funktion ist also im Sinne des Bodenschutzes und im Sinne des Konzepts der Multifunktionalität nur möglich, wenn in einem vorgeschalteten, im Ablauf hierarchisch übergeordneten Planungsprozess die Teilfunktionen und damit die Bodenfunktionen berücksichtigt wurden (s. auch die entsprechenden Unterkapitel bei 1.1).

Bei STOFIT1.1'A ist lediglich die Infiltrationsrate für die Bewertung entscheidend. Es werden also allein die quantitativen Aspekte der Rolle der Böden im Wasserkreislauf berücksichtigt. Dabei bleibt es der Experteneinschätzung vorbehalten, inwiefern andere Teilfunktionen (beispielsweise PROD1'A und LIFE2'A bei der Planung eines Standorts für eine Seilbahnstation) berücksichtigt werden. Die Entwicklung von Bewertungsverfahren für Sub-Funktionen sollte mit dem vorliegenden TUSEC keinesfalls abgeschlossen sein.

Die Bewertung von STOFIT1'A basiert auf dem kf-Wert, der Luftkapazität und der nutzbaren Feldkapazität, während bei STOFIT1.1'A nur der kf-Wert und die Luftkapazität berücksichtigt werden.

Es muss dringend darauf hingewiesen werden, dass lateraler, hangparalleler Abfluss mit der hier vorgestellten Bewertungsprozedur nicht berücksichtigt werden kann. Nur mit Hilfe von Expertenunterstützung sind in diesem Fall krasse Fehleinschätzungen zu vermeiden. Beispielsweise kann die Entwässerung von Böden am Hang, mit durchlässigen, oberflächennahen Horizonten über undurchlässigen, tiefer gelegenen Lagen nur richtig eingeschätzt werden, wenn die rasche hangparallele Versickerung aus und in angrenzende Böden oder Gewässer in Betracht gezogen wird. Andernfalls können sehr gut dränierende Böden als stauende Böden missverstanden werden.

Kriterien

Qualität und Quantität der Grundwasserneubildung und Quantität der Infiltration

Eingangsparameter

- Redoxmerkmale [In situ-Methoden]
- Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (kf-Wert) [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte und Textur, Laborergebnisse]
- Hoher Tongehalt, hoher Gehalt an Grobmaterial [In situ-Methoden, versch.]
- Nutzbare Feldkapazität (aFC) [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt, Laborergebnisse]
- Luftkapazität (AC) resp. Grobporen [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt, Laborergebnisse]
- Horizontmächtigkeiten [In situ-Methoden]

Bewertungsprozedur - Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs, unter dem Gesichtspunkt der Qualität (STOFIT1'A)

STOFIT1'A'Step01 - Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (kf in cm/ Tag)

Die Werte für die hydraulische Leitfähigkeit werden mit Hilfe der Tabellen im Anhang 1.6.2 (kf) ermittelt, dazu sind Angaben zur Textur und Lagerungsdichte erforderlich. Sind plausible Laborwerte vorhanden, sollen diese verwendet werden.

Klassifikation der kf-Werte für jeden Horizont in zwei Gruppen, um den kf-Wert für das gesamte Profil zu ermitteln (hydraulische Leitfähigkeit in cm/ Tag)

Diese Abfrage ist für jeden Horizont abzuarbeiten und die Ergebnisse sind festzuhalten

Gehalt an Grobmaterial ≥ 60 %vol	→	weiter zu (i)
der Horizont besteht aus anthropogen umgelagertem Material, die Lagerungsdichte ist $> 1.6 \text{ g/ cm}^3$	→	weiter zu (i)
der Horizont hat eine krümelige oder subpolyedrische Struktur, die Lagerungsdichte ist $< 1.5 \text{ g/ cm}^3$	→	weiter zu (i)
in allen anderen Fällen	→	weiter zu (ii)
(i)	→	kf > 100
(ii)	=	kf entsprechend Anhang 1.6.2

STOFIT1'A'Step01

→ der geringste Wert ist relevant

STOFIT1'A'Step02 - Nutzbare Feldkapazität (aFC in l/m²)

Weitere Erläuterungen werden bei LIFE2'A'Step01 gegeben.

Nutzbare Feldkapazität in % (aFC-Werte)

aFC1 = aFC für den 1. Horizont
 aFC2 = aFC für den 2. Horizont
 aFC3 = aFC für den 3. Horizont

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes
 TH2 = ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
 CR2 = ...

Nutzbare Feldkapazität (aFC) des gesamten Bodenprofils [l/m²]

$$\text{STOFIT1'A'Step02} = ((\text{TH1} * 100) * (1 - (\text{CR1}/ 100)) * (\text{aFC1}/ 100)) + ((\text{TH2} * 100) * (1 - (\text{CR2}/ 100)) * (\text{aFC2}/ 100)) + \dots$$

STOFIT1'A'Step03 - Bewertung

Für die meisten Fälle geeignet, siehe auch 1.2.2.1 oben

Zuordnung von kf-Wert und nutzbarer Feldkapazität

kf [cm/ d] aus STOFIT1'A'Step01	aFC [l/m ²] aus STOFIT1'A'Step02			
	< 50	50 - < 140	140 - < 200	> 200
< 5	5	5	4	3
5 - < 10	5	4	3	2
10 - < 20	4	3	2	1
20 - ≤ 50	5	4	3	2
> 50	5	5	4	3

Bewertungsprozedur einer Sub-Funktion – Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs, unter dem Gesichtspunkt der Quantität (STOFIT1.1'A)

STOFIT1.1'A'Step01 – Luftkapazität (AC in l/m²)

Die Werte für die Luftkapazität werden mit dem Anhang 1.6.1 (PorVol) anhand von Lagerungsdichte, Textur und Gehalt an organischem Material ermittelt. Sind gemessene Laborwerte vorhanden, sollten diese verwendet werden.

Zur Berechnung der AC des gesamten Profils sind für jeden Horizont die Horizontmächtigkeiten und die Gehalte an Grobmaterial aus der Profilbeschreibung erforderlich.

Luftkapazität in % (AC -Werte)

AC1	= AC für den 1. Horizont
AC2	= AC für den 2. Horizont
AC3	= AC für den 3. Horizont
....	

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1	= Mächtigkeit des 1. Horizontes
TH2	= ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

CR1	= Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
CR2	= ...

Luftkapazität (AC) des gesamten Profils [l/m²]

STOFIT1'A'Step03 = $(TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (AC1/ 100) + \dots$

STOFIT1.1'A'Step02 - Bewertung

Diese Bewertungsprozedur ist für Einzelfälle konzipiert, die einführenden Erläuterungen im Kapitel 1.2.2.1 müssen berücksichtigt werden.

Zuordnung von kf-Wert und Luftkapazität

kf [cm/ d] aus STOFIT1'A'Step01	AC [l/m ²] aus STOFIT1.1'A'Step01			
	< 50	50 - < 140	140 - < 200	> 200
< 5	5	4	2	2
5 - < 20	4	3	1	1
20 – < 40	3	2	1	1
40 – ≤ 100	2	1	1	1
> 100	1	1	1	1

1.2.2.2 Boden als Bestandteil im Nährstoffkreislauf (STOFIT2'A)

- Diese Prozedur zur Bewertung des Nährstoffkreislaufs des Bodens stellt die natürliche Fruchtbarkeit von Böden in den Mittelpunkt. Dementsprechend ist die Bewertung für die Forstwirtschaft und für eine ressourcensparende Landwirtschaft zugeschnitten. Zugleich sind Böden mit einem optimalen Nährstoffkreislauf auch diejenigen mit dem geringsten Auswaschungsrisiko für Nitrat und andere Stoffe. Daneben sind Böden, die in der Funktion STOFIT2'A beste Ergebnisse erzielen, auch als Standorte für Bäume in Parkanlagen oder für Trittrassen gut geeignet.

Generell sind Böden in der Lage Nährstoffe aus dem Wasserkreislauf zurückzuhalten und Organismen zur Verfügung zu stellen. Damit puffern Böden Nährstoffeinträge, auch von benachbarten Böden, aus der Atmosphäre oder der Düngung. Tatsächlich setzt Boden, wenn die Aufnahme von Nährstoffen durch Pflanzen hoch ist, auch mehr Nährstoffe frei. Werden durch Düngung mehr Nährstoffe zugeführt, nimmt der Boden Kationen wie Natrium, Magnesium, Kalium und Calcium aus dem Bodenwasser auf. Diese Fähigkeit des Bodens, Nährstoffe je nach Bedarf im ökologischen Kreislauf freizugeben, wird mit der Funktion STOFIT2'A bewertet.

- Die Methode zielt auf die Fähigkeit von Böden zur Versorgung mit Nährstoffen ab. Dementsprechend basiert die Bewertung auf der Menge an Feinbodenmaterial und dessen Kapazität zum Binden austauschbarer Kationen. Ebenso wird der Bodenstruktur eine hohe Bedeutung für die Versorgung mit Nährstoffen zugemessen. Beispielsweise sind in Böden mit toniger Textur nur die an den Oberflächen der Aggregate lokalisierten Nährstoffe pflanzenverfügbar. Dagegen können die im Inneren toniger Aggregate eingeschlossenen Nährstoffe nicht von Pflanzenwurzeln entzogen werden.

Kriterium

- Nährstoffversorgung

Eingangsparameter

- Gehalt an Grobmaterial [In situ-Methoden]
- Horizontmächtigkeiten [In situ-Methoden]
- Lagerungsdichte [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Textur [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Bodenstrukturtyp [In situ-Methoden]
- Austauschbar gebundene Kationen [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Textur, Humusgehalt, Zersetzungsgrad des organischen Materials, Laborergebnisse]
- Information, ob das Ausgangsmaterial fluvialen oder kolluvialen Ursprungs ist [In situ-Methoden]

Bewertungsprozedur - Boden als Bestandteil im Nährstoffkreislauf (STOFIT2'A)

Die CEC_{eff} kann nach der hier beschriebenen Vorgehensweise abgeschätzt werden, falls vorhanden sind die Ergebnisse von Laboranalysen zu verwenden.

STOFIT2'A'Step01 – Effektive Kationenaustauschkapazität (CEC_{eff}) in mol/m² im mineralischen Anteil der Feinerde

Die CEC_{miner} -Werte werden im Anhang 1.6.3 (CEC_{eff}), der Tabelle „ CEC_{eff} ’Tabelle 1“ entnommen.

Austauschkapazität der mineralischen Bestandteile in cmol/kg (CEC_{miner} -Werte)

CEC_{miner1}	= cmol/kg des 1. Horizonts
CEC_{miner2}	= ...

STOFIT2'A'Step02 – Effektive Kationenaustauschkapazität (CEC_{eff}) in mol/m² im organischen Anteil der Feinerde

Die CEC_{org} -Werte für den Anteil der organischen Substanz werden im Anhang 1.6.2 (CEC_{eff}), mit der Tabelle „ CEC_{eff} ’Tabelle 2“ und dem Diagramm „ CEC_{eff} ’Abbildung“ abgeleitet.

Austauschkapazität der organischen Bestandteile in cmol/kg (CEC_{org} -Werte)

CEC_{org1}	= cmol/kg des 1. Horizonts
CEC_{org2}	= ...

STOFIT2'A'Step03 – Feinerde (FE) in kg/ m²

Zur Berechnung der Feinbodenmenge des gesamten Profils werden für jeden Horizont die Horizontmächtigkeiten und die Gehalte an Grobmaterial aus der Profilbeschreibung gelesen. Falls vorhanden, können statt dessen auch im Labor ermittelte Lagerungsdichten und Gehalte an Grobmaterial verwendet werden.

Lagerungsdichte in g/ cm³ (BD-Werte)

BD1	= Lagerungsdichte in g/ cm ³ des 1. Horizontes
BD2	= Lagerungsdichte in g/ cm ³ des 2. Horizontes
BD3	= Lagerungsdichte in g/ cm ³ des 3. Horizontes
	...

Bestimmung der TH-Werte (Horizontmächtigkeit in dm)

TH1	= Mächtigkeit des 1. Horizontes
TH2	= ...

Bestimmung der CR-Werte (Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol)

CR1	= Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizonts
CR2	= ...

Bestimmung des Feinbodenmaterials FE für jeden Horizont (kg/ m²)

$$\begin{aligned} \text{FE1} &= \text{BD1} * 100 * \text{TH1} * (100 - (\text{CR1} / 100)) \\ \text{FE2} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step04 – CEC des mineralischen Anteils

CEC_{eff}-Mineralboden in mol bezogen auf m² des Horizonts

$$\begin{aligned} \text{CEC}_{\text{minerHor1}} &= \text{FE1} * 0,01 * \text{CEC}_{\text{miner1}} \\ \text{CEC}_{\text{minerHor2}} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step05 – CEC_{eff} des organischen Anteils

Masse der organischen Substanz des Horizonts bezogen auf 1 m² des Horizonts

$$\begin{aligned} \text{OrgHor1} &= \text{FE1} * \text{Gehalt org. Substanz des 1. Horizonts} * 0,01 \\ \text{OrgHor2} &= \dots \end{aligned}$$

CEC_{eff} für die organische Substanz in mol bezogen auf 1 m² des Horizonts

$$\begin{aligned} \text{CEC}_{\text{orgHor1}} &= \text{CEC}_{\text{org1}} * 0,01 * \text{OrgHor1} \\ \text{CEC}_{\text{orgHor2}} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step06 - Effektive Kationenaustauschkapazität (CEC_{eff}) des Profils in mol/m² für das gesamte Profil

$$\text{STOFIT2'A'Step06} = \text{CEC}_{\text{minerHor1}} + \text{CEC}_{\text{orgHor1}} + \text{CEC}_{\text{minerHor2}} + \text{CEC}_{\text{orgHor2}} + \dots$$

STOFIT2'A'Step07 – Klassifizieren der effektiven Kationenaustauschkapazität (CEC_{eff} in mol/m²)

	STOFIT2'A'Step03 (Menge an austauschbar gebundenen Kationen [mol/m ²])				
	< 25	25 - 50	51 - 100	101 – 200	> 200
STOFIT2'A'Step04	5	4	3	2	1

STOFIT2'A'Step08 – Bewertung

Korrektur der CEC_{eff} [mol/m²] entsprechend dem Ursprung des Materials, der Textur, Struktur und Lagerungsdichte

ist das gesamte Bodenprofil fluvialen oder kolluvialen Ursprungs und STOFIT2'A'Step04 > 1	→	(i)
ist die Textur der oberen 50 cm \geq 40% Ton im Durchschnitt und die Struktur nicht vorwiegend krümelig oder subpolyedrisch	→	(ii)
in allen anderen Fällen	→	(iii)
(i) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04 - 1
(ii) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04 + 2
(iii) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04

1.2.2.3 Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle (STOFIT3'A)

- Die Rolle von Böden als Filter und Puffer für Schwermetalle war die erste Definition einer Bodenfunktion, die nicht agrarisch und nicht forstlich motiviert war (s. BRÜMMER 1978). Diese Bodenfunktion ist besonders in urbanen Gebieten von großer Bedeutung, da Schwermetalle von Quellen wie dem Verkehr und der Industrie in urbanen Gebieten verstärkt in den Boden eingetragen werden. Gleichzeitig sind Städte Agglomeration von sensiblen Organismen, wie dem Menschen, die durch nicht vom Boden aufgenommen Schwermetallen beeinträchtigt werden können, wenn diese mit dem Staub in die Atmungsorgane gelangen.

Bei der Bewertungsprozedur STOFIT'3'A ist zu beachten, dass Böden, deren Filter und Pufferfunktion durch hohe Schwermetalleinträge in der Vergangenheit oder durch hohe Konzentrationen an geogenen Schwermetallen eingeschränkt ist, mit der vorgestellten Methode falsch bewertet werden.

- Tonminerale und die organischen Substanzen können Schwermetalle binden und zurückhalten. Die Intensität, mit denen diese Bodenbestandteile die Schwermetalle binden können, hängt vom pH-Wert ab. So sinkt die Bindungskraft der Tonminerale für Schwermetalle mit abnehmendem pH-Wert. Der Anteil der mobilen Fraktion des Humus ist im sauren Milieu hoch. Diese Dynamik ist bei der Bewertung von Böden als Medium zum Filtern und Puffern für Schwermetalle berücksichtigt. Bei den stark aggregierten, meist tonigen Böden ist der Austausch zwischen den puffernden, festen und den transportierten, flüssigen Bodenbestandteilen im Inneren der Aggregate behindert.

Die Bewertung für diese Bodenfunktion basiert also auf Gehalten von Ton und Humus und wird durch den pH-Wert und die Aggregation gewichtet.

Kriterium

- Retentionsvermögen für Schwermetalle

Eingangsparameter

- Horizontmächtigkeiten [In situ-Methoden]
- Aggregation [In situ-Methoden]
- Tongehalt [Schätzung gemäß 1.6.5]
- Humusgehalt [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- pH-Wert [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Gehalt an Grobmaterial [In situ-Methoden, Laborergebnisse]

Bewertungsprozedur - Böden als Filter und Puffer für Schwermetalle (STOFIT3'A)

STOFIT3'A'step01 – pH Faktor

pH (CaCl ₂)	pH-Faktor
≥ 6.5	1
5.5 – < 6.5	0.8
5.0 – < 5.5	0.5
4.0 – < 5.0	0.3
< 4	0.1

STOFIT3'A'step02 – Faktor Ton

Die Mächtigkeit der Horizonte, die jeweiligen Gehalte an Grobmaterial und die vorherrschenden Aggregatformen werden der Profilbeschreibung entnommen. Alternativ können Lagerungsdichte und der Tongehalt im Labor bestimmt werden. Der Anhang 1.6.5 (Textur) kann verwendet werden, um die Tongehalte aus den im Gelände bestimmten Texturklassen zu ermitteln.

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes
TH2 = ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizonts
CR2 = ...

Aggregation (AGG-Faktor)

vorherrschendes Gefüge	AGG1, AGG2, ...
polyedrisches Gefüge	0,5
plattiges, prismatisches oder Säulengefüge	0,25
andere	1

CLY-Werte

$$\begin{aligned} \text{CLY1} &= (\text{Tongehalt in \%vol für den 1. Horizont} * 0,01) * \text{AGG1} \\ \text{CLY2} &= \dots \end{aligned}$$

CLY-Wert für das gesamte Profil

$$\Sigma\text{CLY} = \text{TH1} * (1 - \text{CR1}/100) * (\text{CLY1}) * \text{pH1} + \dots$$

Klassifizierung von ΣCLY

ΣCLY	Zwischen-Ergebnis STOFIT3'A'step02
$\geq 2,5$	1
$2 < 2,5$	2
$1,5 - < 2$	3
$1 < 1,5$	4
< 1	5

STOFIT3'A'Step03 – Humus Faktor

Die Mächtigkeit der Bodenhorizonte, der Gehalt an Grobmaterial und die Humuskonzentration sind der Bodenbeschreibung zu entnehmen.

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

$$\begin{aligned} \text{TH1} &= \text{Mächtigkeit des 1. Horizontes} \\ \text{TH2} &= \dots \end{aligned}$$

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

$$\begin{aligned} \text{CR1} &= \text{Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizonts} \\ \text{CR2} &= \dots \end{aligned}$$

Prozentualer Gewichtsanteil des Humus (HU-Werte)

$$\begin{aligned} \text{HU1} &= \text{Humusgehalt für den 1. Horizont} * 0,01 \\ \text{HU2} &= \dots \end{aligned}$$

Bestimmung des HU-Wertes für das gesamte Profil

$$\Sigma\text{HU} = \text{TH1} * 10 * (1 - \text{CR1}/100) * (\text{HU1}) * \text{pH1} + \dots$$

Klassifizierung von Σ HU

Σ HU	Zwischen-Ergebnis STOFIT3'A'step03
> 3	1
> 2 – 3	2
> 1 – 2	3
> 0.5 – 1	4
< 0.5	5

STOFIT3'A'Step04 – Bewertung

wenn Zwischen-Ergebnisse von STOFIT3'A'Step02 < STOFIT3'A'Step03 → (i)
wenn Zwischen-Ergebnisse von STOFIT3'A'Step03 < STOFIT3'A'Step02 → (ii)

(i) **STOFIT3'A** = STOFIT3'A'Step02

(ii) **STOFIT3'A** = STOFIT3'A'Step03

1.2.2.4 Boden als Stoffumwandlungsmedium (STOFIT4'A)

- Die Fähigkeit zum Ab- und Aufbau, also zur Umwandlung chemischer Verbindungen ist von zentraler Bedeutung für die Bewertung von STOFIT4'A. Hierbei ist die Leistungsfähigkeit von Mikroorganismen entscheidend, bzw. deren Lebensbedingungen nehmen eine Schlüsselrolle ein. Sind Wasser, Nährstoffe, und Temperatur für Mikroorganismen im Optimum, werden chemische Verbindungen rasch umgesetzt. Da die Aktivität der Mikroorganismen meistens auf den Oberboden beschränkt ist, wird für die Bewertung des Bodens als Stoffumwandlungsmedium nur der Oberboden betrachtet.
- Die Bewertung stellt Bodenparameter wie Humusgehalt Bodenstruktur und den pH-Wert in den Fokus, da diese die mikrobielle Aktivität stark beeinflussen.

Kriterium

- Fähigkeit der Mikroorganismen, organische Schadstoffe umzuwandeln

Eingangsparameter

- Humusgehalt [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Typ der Bodenstruktur [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- pH-Wert [In situ-Methoden, Laborergebnisse]
- Grundwasserspiegel [In situ-Methoden, Versch.]

Bewertungsprozedur - Böden als Stoffumwandlungsmedium (STOFIT4'A)

STOFIT4'A'Step01 – Bewertung

Klassifikation des Oberbodens	Bewertung STOFIT4'A
mindestens 5 % Humus bis in 30 cm Tiefe mit vorwiegend krümeliger Struktur (wenn die entsprechende Information verfügbar ist: mit Krümeln von mindestens 2 mm Durchmesser) und pH 5.5 – 7.5 (CaCl ₂), Grundwasserspiegel unter 0,4 m	1
mindestens 5 % Humus und mit vorwiegend krümeliger Struktur bis in 10 cm Tiefe (eine Tiefe von 3 cm ist ausreichend, wenn der Boden nur für Waldbau genutzt wurde und nie Bodenbearbeitung erfahren hat) und pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), Grundwasserspiegel unter 0,4 m	2
über 2,5 % Humus und mit vorwiegend krümeliger Struktur bis in 10 cm Tiefe und pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), Grundwasserspiegel unter 0,4 m	3
über 2,5 % Humus und vorwiegend subpolyedrische Struktur oder vorwiegend Bröckel bis in 10 cm Tiefe und pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), Grundwasserspiegel unter 0,4 m	4
alle anderen Oberböden	5

1.2.3 Boden als Standort zur Nahrungsmittelproduktion und andere Biomasse-Erzeugnissen (PROD)

Die Produktivität von Böden nimmt unzweifelhaft eine zentrale Rolle für das Leben auf der Erde ein. Trotzdem wird oft übersehen, dass hochproduktive Böden, nicht nur für den Anbau von Lebensmitteln und Fasern bedeutend sind, sondern auch die Qualität der urbanen Umwelt verbessern können. Böden erhöhen die Luftfeuchtigkeit und reduzieren erheblich den Staubanteil der Luft, einschließlich des Feinstaubanteils. Dies wird erreicht, indem die Vegetation Staub aus der Luft filtert, der dann in den Boden eingewaschen, inkooperiert und teilweise zersetzt und mineralisiert wird.

1.2.3.1 Boden als Standort der Grünlandnutzung (PROD1'A) und des Weizenanbaus (PROD1.1'A)

- Die Bewertung der Produktivität von Böden zur Erzeugung von Biomasse im Allgemeinen wird über das Potential zur Grünlandnutzung abgeschätzt. Dabei wird das mittlere Düngungsniveau in den Alpenanrainerstaaten zugrunde gelegt.

Die Produktivität von Grünland wurde für die Einschätzung von PROD1'A gewählt, da die Gräser- und Kräuterbestände der Wiesen und Weiden eine große ökologische Amplitude aufweisen und dementsprechend im gesamten Spektrum der landwirtschaftlich genutzten Flächen im Alpenraum angesiedelt werden können.

Die Bewertung der Teilfunktion PROD1.A wird durch die Prozedur zur Bewertung der Sub-Funktion „Boden als Standort für die Weizenproduktion“ (PROD1.1'A) vervollständigt. Grund hierfür ist, dass Weizen die wichtigste Marktfrucht des Alpenraumes ist.

- Die hier beschriebene Methode zur Bewertung der allgemeinen Eignung der Böden für die landwirtschaftliche Nutzung stützt sich auf die Hauptkomponenten der natürlichen Bodenfruchtbarkeit. Hierbei ist die physiologische Durchwurzelungstiefe relevant, da Pflanzen eine ausreichend stabile Basis besitzen müssen, um genügend Nährstoffe über die Wurzeln aufnehmen können. Weitere wichtige Gesichtspunkte sind die Mengen an Wasser und Luft im Boden für ein optimales Pflanzenwachstum. Die Versorgung mit Kationen wird durch die effektive Kationenaustauschkapazität charakterisiert. Die Bodenstruktur, bzw. der Humusgehalt fließen in das Bewertungsverfahren ein, da ein gut strukturierter, humusreicher Oberboden eine bessere Keimung ermöglicht, eine höhere Wasserspeicherung erlaubt und eine bessere Nährstoffversorgung sicherstellt als gleichartiger humusarmer Oberboden. Zugleich ist die Erosionsgefahr durch den strukturstabilisierenden Humus vermindert.

Nur die PROD1.1-Prozedur bezieht das Relief mit ein. Tatsächlich kann bei starken Hangneigungen kein nachhaltiger Ackerbau betrieben werden, selbst

wenn erosionsmindernde Maßnahmen getroffen werden. Die Jahrestemperatur wird als wichtiger Standortfaktor für den Ackerbau herangezogen, da unterhalb einer Mindesttemperatur die Produktivität eingeschränkt ist. Hierfür sind sowohl geringe Boden- als auch niedrige Lufttemperaturen verantwortlich.

Allgemein muss berücksichtigt werden, dass Bodenstruktur, Humusgehalt und Lagerungsdichte des Oberbodens die Bodenparameter sind, die durch Bearbeitungspraktiken veränderbar sind. Eine niedrig eingeschätzte Produktivität bedeutet daher nicht in jedem Fall, dass diese Funktionalität des Bodens grundsätzlich stark eingeschränkt ist. Die Funktionalität kann auch durch suboptimale Bearbeitungspraktiken verringert sein und die Veränderungen der Bewirtschaftungsweise können die Bodenqualität verbessern. Geeignete bodenverbessernde Maßnahmen sind z.B. Verringerung des Bodendrucks, weniger intensive Bodenbearbeitung und die Düngung mit organischen Feststoffen. Insbesondere ist es problematisch, wenn mit der POD1.1-Prozedur die Ackerbaueignung von Wiesen- oder Waldflächen abgeschätzt werden soll. Tatsächlich ist ja in solchen Fällen zu erwarten, dass der Humusgehalt (s. PROD1.1'A'Step01) durch die Ackerbewirtschaftung abnimmt. Demnach sind mit diesen Bewertungsergebnissen nur kurzfristige gültige Aussagen möglich. Je nach Fragestellung muss mit einem von einem Experten prognostizierten Humusgehalt bewertet werden.

Die beschriebene Bewertungsmethode basiert teilweise auf dem BOKS (WOLFF, 2004), welches mit Informationen von HOLLAND (1996) entwickelt wurde. Der Temperaturfaktor wurde entsprechend der Vorschläge von WELLER et al. (1975) berücksichtigt. Die Erläuterungen zur Durchwurzelbarkeit sind der KA5 (2005) entnommen.

Kriterien

- Ausreichende Versorgung mit Nährstoffen, geeignete Bodenbedingungen für das Pflanzenwachstum und ausreichende Temperatur

Eingangsparameter

- Potenzielle Durchwurzlungstiefe [Schätzung wie in PROD1'A'Step09 beschrieben]
- Nutzbare Feldkapazität (aFC) [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt), Laborergebnisse]
- Luftkapazität (AC) [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt), Laborergebnisse]
- effektive Kationenaustauschkapazität (CEC) [Schätzung gemäß 1.6.3 mittels Textur, Humusgehalt, Zersetzungsgrad des organischen Materials, Laborergebnisse]
- Jahrestemperatur [Klimadaten]

Bewertungsprozedur - Boden als Standort der Grünlandnutzung (PROD1'A)**PROD1'A'Step01 – Nutzbare Feldkapazität (aFC in l/m²)**

Weitere Erläuterungen werden bei LIFE2'A'Step01 gegeben.

Nutzbare Feldkapazität in % (aFC-Werte)

aFC1 = aFC für den 1. Horizont
 aFC2 = aFC für den 2. Horizont
 aFC3 = aFC für den 3. Horizont

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes
 TH2 = ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol
 (CR-Werte)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
 CR2 = ...

Nutzbare Feldkapazität für das gesamte Profil in % (aFC-Wert)

PROD1'A'Step01 = $((TH1 * 100) * (1 - (CR1 / 100)) * (aFC1 / 100)) +$
 $((TH2 * 100) * (1 - (CR2 / 100)) * (aFC2 / 100)) +$
 ...

PROD1'A'Step02 - Luftkapazität (AC in l/m²)

Weitere Erläuterungen werden bei STOFIT1.1'A'Step01 gegeben.

Luftkapazität in % (AC -Werte)

AC1	= AC für den 1. Horizont
AC2	= AC für den 2. Horizont
AC3	= AC für den 3. Horizont
....	

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1	= Mächtigkeit des 1. Horizontes
TH2	= ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol
(CR-Werte)

CR1	= Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
CR2	= ...

Luftkapazität (AC) im gesamten Profil [l/m²]

PROD1'A'Step02 = (TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100) * (AC1/ 100) + ...
--

PROD1'A'Step03 – Effektive Kationenaustauschkapazität (CECeff) in mol/m² im mineralischen Anteil der Feinerde

Die CECminer-Werte werden im Anhang 1.6.3 (CECeff), der Tabelle „CECeffTabelle 1“ entnommen.

Austauschkapazität der mineralischen Bestandteile in cmol/kg (CECminer-Werte)

CECminer1	= cmol/kg des 1. Horizonts
CECminer2	= ...

PROD1'A'Step04 – Effektive Kationenaustauschkapazität (CECeff) in mol/m² im organischen Anteil der Feinerde

Die CECorg-Werte für den Anteil der organischen Substanz werden im Anhang 1.6.2 (CECeff), mit der Tabelle „CECeffTabelle 2“ und dem Diagramm „CECeffAbbildung“ abgeleitet.

Austauschkapazität der organischen Bestandteile in cmol/kg (CECorg-Werte)

CECorg1	= cmol/kg des 1. Horizonts
CECorg2	= ...

PROD1'A'Step05 – Feinerde (FE) in kg/ m²

Zur Berechnung der Feinbodenmenge des gesamten Profils werden für jeden Horizont die Horizontmächtigkeiten und die Gehalte an Grobmaterial aus der Profilbeschreibung gelesen. Falls vorhanden, können statt dessen auch im Labor ermittelte Lagerungsdichten und Gehalte an Grobmaterial verwendet werden.

Lagerungsdichte in g/ cm³ (BD-Werte)

BD1 = Lagerungsdichte in g/ cm³ des 1. Horizontes

BD2 = Lagerungsdichte in g/ cm³ des 2. Horizontes

BD3 = Lagerungsdichte in g/ cm³ des 3. Horizontes

...

Bestimmung der TH-Werte (Horizontmächtigkeit in dm)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes

TH2 = ...

Bestimmung der CR-Werte (Gehalt an Grobmaterial,
z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizonts

CR2 = ...

Bestimmung des Feinbodenmaterials FE für jeden Horizont (kg/ m²)

FE1 = $BD1 * 100 * TH1 * (100 - (CR1 / 100))$

FE2 = ...

PROD1'A'Step06 – CECeff des mineralischen Anteils

CECeff-Mineralboden in mol bezogen auf m² des Horizonts

CECminerHor1 = $FE1 * 0,01 * CECminer1$

CECminerHor2 = ...

PROD1'A'Step07 – CECeff des organischen Anteils

Masse der organischen Substanz des Horizonts

OrgHor1 = $FE1 * \text{Gehalt org. Substanz des 1. Horizonts} * 0,01$

OrgHor2 = ...

CECeff für die organische Substanz in mol bezogen auf 1 m² des Horizonts

CECorgHor1 = $CECorg1 * 0,01 * OrgHor1$

CECorgHor2 = ...

PROD1'A'Step08 - Effektive Kationenaustauschkapazität (CECeff) des Profils in mol/m² für das gesamte Profil

PROD1'A'Step08 = CECminerHor1 + CECorgHor1 + CECminerHor2 + ...
--

PROD1'A'Step09 – Durchwurzelbarkeit in cm

Unter Durchwurzelbarkeit bzw. physiologischer Gründigkeit wird die Tiefe in cm verstanden bis zu der die Pflanzenwurzeln unter den gegebenen Verhältnissen tatsächlich in den Boden einzudringen vermögen. Die Begrenzung erfolgt außer durch festes Gestein, verfestigte Bänke und Horizonte auch durch Reduktionshorizonte oder – z.B. bei Stadtböden – durch Horizonte mit schroffem Wechsel der chemischen Eigenschaften, in die Wurzeln kaum eindringen können.

PROD1'A'Step10 – Bodenstruktur ohne Angaben zur Aggregatgröße

	1	2	3	4	5
Oberbodenstruktur und Lagerungsdichte (LD) [g/cm ³]	vorwiegend Krümel + LD ≤ 1,5	≥ 25% Krümel + LD ≤ 1,5	vorwiegend subpolyedrisch, Bröckel oder Einzelkorn + LD ≤ 1,5	vorwiegend subpolyedrisch, Bröckel oder Einzelkorn + LD ≤ 1,5	andere
Unterboden bis in mindestens 40 cm Tiefe	LD ≤ 1,5	LD ≤ 1,5	LD ≤ 1,5	LD > 1,5 und ≤ 1,7	andere

PROD1'A'Step11 – Bodenstruktur mit Angaben zur Aggregatgröße⁷

	1	2	3	4	5
Oberbodenstruktur und Lagerungsdichte (LD) [g/cm ³]	vorwiegend mittlere bis große Krümel + LD ≤ 1,5	≥ 25% mittlere bis große Krümel oder überwiegend feine Krümel LD ≤ 1,5	überwiegend subpolyedrisch, Bröckel oder Einzelkorn + LD ≤ 1,5	vorwiegend subpolyedrisch oder Einzelkorn, Bröckel + LD ≤ 1,5	andere
Unterboden bis in mindestens 40 cm Tiefe	LD ≤ 1,5	LD ≤ 1,5	LD ≤ 1,5	LD > 1,5 und ≤ 1,7	andere

⁷ s. Anhang 1.6.6 zur Abgrenzung von Aggregatgrößen

PROD1'A'Step12 – Klassifikation über sechs Parameter

	Klassifikation				
	1	2	3	4	5
PROD1'A'Step01/ Nutzbare Feldkapazität (aFC) [l/m²]	> 200	200 - > 140	140 > 90	90 - > 50	≤ 50
PROD1'A'Step02/ Luftkapazität (AC) [l/m²]	> 120	120 - > 100	100 - > 70	70 - > 40	≤ 40
PROD1'A'Step08/ CECeff [mol_c/kg * m²]	> 200	200 - > 100	100 - > 50	50 - > 25	≤ 25
PROD1'A'Step09 Durchwurzelbarkeit [cm]	> 100	100 - > 75	75 - > 50	50 - > 30	≤ 30
PROD1'A'Step10 oder PROD1'A'Step11 Bodenstruktur	1	2	3	4	5
Jahresmitteltemperatur [°C]					< 6.5

PROD1'A'Step13 – Bewertung

	Anforderungen	Beschreibung	Bewertung PROD1'A
1.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 1 bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 3, sonst zu 2.)	extrem produktiv	1
2.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 2 oder besser bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 3, sonst zu 3.)	sehr produktiv	2
3.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 3 oder besser bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 4, sonst zu 4.)	mittel produktiv	3
4.)	höchstens zweimal in PROD1'A'Step12 die 4 als schlechteste Bewertung, sonst zu 5.)	wenig produktiv	4
5.)	andere	sehr wenig produktiv	5

Bewertungsprozedur einer Sub-Funktion – Boden als Standort des Weizenanbaus (PROD1.1'A)

PROD1.1'A'Step01 – Humusgehalt

Humusgehalte bei verschiedener Jahresmitteltemperatur und Textur	Klassifikation				
	1	2	3	4	5
< 10°C Jahresmitteltemperatur					
Humusgehalt in % bei ≥ 50% Ton im Oberboden	4,5 (> 4,2)	4 (4,2 > 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (≤ 2,7)
Humusgehalt in % bei ≥ 20 und < 50% Ton im Oberboden	4 (> 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (≤ 2,2)
Humusgehalt in % bei < 20% Ton im Oberboden	3,5 (> 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (2,2 > 1,7)	1,5 (≤ 1,7)
> 10°C Jahresmitteltemperatur					
Humusgehalt in % bei ≥ 50% Ton im Oberboden	4 (> 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)		2,5 (≤ 2,7)
Humusgehalt in % bei ≥ 20 und < 50% Ton im Oberboden	3,5 (> 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)		2 (≤ 2,2)
Humusgehalt in % bei < 20% Ton im Oberboden	3 (> 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (2,2 > 1,7)		1,5 (≤ 1,7)

PROD1.1'A'Step02 – Hangneigung

	Klassifikation				
	1	2	3	4	5
Hangneigung ohne Maßnahmen zur Erosionsbekämpfung, wie konservierende Bodenbearbeitung, hangparalleles Pflügen, Mulchen, Zwischenfruchtanbau	<2%	2 < 5%	5 < 9%	9 < 12%	> 12%
Hangneigung bei Maßnahmen zur Erosionsbekämpfung, wie konservierende Bodenbearbeitung, hangparalleles Pflügen, Mulchen, Zwischenfruchtanbau	<5%	5 < 9%	9 < 12%	12 < 15%	> 15%

PROD1.1'A'Step03 – Klassifikation über sieben Parameter

	Klassifikation				
	1	2	3	4	5
PROD1'A-Steps					
PROD1'A'Step01/ Nutzbare Feldkapazität (aFC) [l/m²]	> 200	200 - > 140	140 - > 90	90 - > 50	≤ 50
PROD1'A'Step02/ Luftkapazität (AC) [l/m²]	> 180	180 - > 130	130 - > 80	80 - > 40	≤ 40
PROD1'A'Step08/ CECeff [mol_c/ kg * m²]	> 200	200 - > 100	100 - > 50	50 - > 25	≤ 25
PROD1'A'Step09 Durchwurzelbarkeit [cm]	> 100	100 - > 75	75 - > 50	50 - > 30	≤ 30
PROD1.1'A-Steps					
PROD1.1'A'Step01 Humusgehalt	1	2	3	4	5
PROD1.1'A'Step02 Hangneigung	1	2	3	4	5
Jahresmitteltemperatur [°C]	> 8	8 - > 7.5	7.5 - > 7	7 - > 6.5	≤ 6.5

PROD1.1'A'Step04 – Bewertung

	Anforderungen	Beschreibung	Bewertung PROD1.1'A
1.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 1 bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 3, sonst zu 2.)	extrem produktiv	1
2.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 2 oder besser bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 3, sonst zu 3.)	sehr produktiv	2
3.)	mindestens zweimal in PROD1'A'Step12 mit 3 oder besser bewertet, schlechteste Bewertung max. einmal 4, sonst zu 4.)	mittel produktiv	3
4.)	höchstens zweimal in PROD1'A'Step12 die 4 als schlechteste Bewertung, sonst zu 5.)	wenig produktiv	4
5.)	andere	sehr wenig produktiv	5

1.2.4 Boden als Archiv (ARC'A)

Die Bewertung der Archivfunktion zielt darauf ab, Böden die entsprechende Besonderheiten zeigen als schützenswert einzustufen. Entsprechende Besonderheiten sind beispielsweise vom Boden konservierte Anzeichen früherer Landnutzung, früherer Bodenbildung oder früherer Umweltbedingungen. Mit diesen Informationen über die Vergangenheit wird das Verständnis der Gegenwart verbessert und Zukunftsvorhersagen werden möglich. Dabei soll sichergestellt werden, dass auch Böden mit Informationen, die mit heutigen Methoden nicht interpretierbar sind, geschützt werden.

Bei der Archivfunktion wird zwischen den Böden unterschieden, die Dokumente der Landschaftsgeschichte (ARC1'A) sind und den Böden, die Träger von Informationen über die Geschichte der Zivilisation (ARC2'A) sind. Die verbliebenen natürlichen Böden in urbanen Gebieten sind in jedem Fall per se schützenswert, da sie äußerst selten sind und sehr wertvolle Dokumente darstellen.

Es war nicht praktikabel, einen Algorithmus zur Bewertung der Archivfunktion zu entwickeln. Dies liegt an der hohen Variabilität der Bodenmerkmale begründet, die unterschiedliche oder sogar gegenläufige Bedeutungen in unterschiedlichen Gegenden besitzen können. Deshalb muss sich die Bewertung der Archivfunktion auf Expertenaussagen stützen.

- Für die Bewertung der Archivfunktion sind unten Böden aufgeführt, die zur Orientierung dienen soll. Trotzdem ist zur Beurteilung der Archivfunktion von Böden die Auskunft von Experten mit dem nötigen lokalen und wissenschaftlichen Wissen erforderlich. Dieses Thema bedarf weiterer Arbeit von Bodenkundler, Geographen, Geowissenschaftler, Archäologen und Historiker, vor allem, um die Bewertung zu harmonisieren und den bodenkundlichen mit dem archäologischen Anspruch zu verbinden.

Die Methode folgt im Prinzip einem Schlüssel, der in Sachsen (SMUL, 2009), Hamburg (GRÖNGRÖFT et al., 2003) und Baden-Württemberg (L EHLE et al. 1995) angewendet wird. Wenn ein oder mehrere der aufgelisteten Merkmale im Untersuchungsgebiet identifiziert werden, sollte es unter Schutz gestellt werden. Selbstverständlich können in der offenen Liste lokale Besonderheiten nicht genannt sein.

1.2.4.1 Boden als Archiv der Naturgeschichte (ARC1'A)

Kriterium

- Seltenheit – Böden mit speziellen Merkmalen, wenn diese Böden nicht mehr als 0,1% des Untersuchungsgebietes einnehmen [Versch.]

Anhaltspunkte zur Bestimmung der landschaftsgeschichtlichen Bedeutung

- fossile und reliktsche Böden
- Böden mit periglazialen oder anderen paläoklimatischen Merkmalen
- Böden mit extremen Vergleichungsmerkmalen
- Moore
- Böden aus seltenen Substraten

Bewertungsprozedur

Entsprechend der guten fachlichen Praxis in den jeweiligen Fachgebieten.

1.2.4.2 Boden als Archiv der Kulturgeschichte (ARC2'A)

Beispiele für Böden, die einen hohen Wert für diese Funktion besitzen:

- Böden aus seltenem, anthropogen verändertem Substrat (z.B. Schichten mit Anzeichen für Stadtbrände im Lauf der Geschichte)
- Böden, die bedeutsame kulturgeschichtliche Artefakte enthalten (prähistorisch oder von Bedeutung für lokale Besonderheiten hinsichtlich Handwerk, Wohnen, Bergbau etc.)
- Böden, die eine besondere (historische) Nutzungsgeschichte erfahren haben

Bewertungsprozedur

Entsprechend der guten fachlichen Praxis in den jeweiligen Fachgebieten.

1.3 Bodenleistungen

Die Bewertung von Bodenleistungen ergänzt die Aussagen zur Funktionalität von Böden mit den Aspekten, die für Stadtplaner von besonderem Interesse sind. Dabei handelt es sich um Leistungen des Bodens, die von direktem Nutzen für die Stadtplanung sind. Stehen bei einem hohen Versiegelungsgrad Böden nicht mehr ausreichend zur Verfügung, müssen die Bodenleistungen durch technische Maßnahmen ersetzt werden. Der Begriff Bodenleistung wurde in diesem Zusammenhang bei den Arbeiten zum Projekt TUSEC-IP geprägt.

1.3.1 Boden als Infiltrations- und Versickerungskörper – die Versickerungsleistung (LEACH!A)

Erklärung

Die Entwässerung und der Schutz vor Überflutungen sind wichtige Themen der Stadtplanung geworden. Dementsprechend sind Informationen zu diesen Leistungen der Böden gefragt. Herkömmliche Bewertungsverfahren zum Abschätzen der Infiltrationsfähigkeit berücksichtigen nicht die Wasserspeicherefähigkeit des Bodens (wie z.B. das in Deutschland angewandte Verfahren „ATV-DWK-A-138“, s. ATV-DVWK, 2002). Die hier beschriebene Methode bezieht zusätzlich das Retentionsvermögen des Bodens für Niederschlagswasser in die Bewertung ein. Diese Vorgehensweise ist auch als Anregung für die Entwicklung entsprechender Berechnungsgrundlage in der Abwasserwirtschaft berücksichtigt zu verstehen.

Wie alle Bewertungsergebnisse von TUSEC werden auch bei LEACH!A keine Einflüsse von Böden berücksichtigt, die sich in der Nachbarschaft des bewerteten Bodens befinden. Ab- und Zufluss von hangaufwärts und hangabwärts gelegenen Böden wird also nicht berücksichtigt. Da diese hangparallele Wasserbewegung in hügeligem Gelände jedoch häufig die vorwiegende Richtung der Wasserbewegung darstellt, ist der hangparallele Fluss durch die Einschätzung eines Experten zu berücksichtigen, um Aussagen zur Versickerungsleistung eines des Bodens zu machen. Die Eignung eines Bodens für die dezentrale Versickerung kann so richtig eingeschätzt werden.

Beschreibung der Prozedur

Die obere Grenze des Horizontes, der die geringste hydraulische Leitfähigkeit des zu bewertenden Bodenprofils besitzt, begrenzt häufig die Versickerung im wassergesättigten Boden. Dieser Horizont fungiert demnach als „Nadelöhr“. Ausschlaggebend ist also das Volumen der Grobporen bis zur Tiefe des „Nadelöhrs“. Die tatsächliche Versickerung findet jedoch nur über relativ kurze Zeitspannen ausschließlich in mit Wasser gesättigtem Boden statt, da Grobporen rasch entwässern. In diesen Grobporen (deren Gesamtvolumen die Luftkapazität bildet),

findet der sogenannte schnelle Fluss statt. Der schnelle Fluss gewährleistet auch die Aufnahme von Starkregen so lange, bis das gesamte Grobporenvolumen aufgefüllt ist.

Neben der Aufnahmefähigkeit des Bodens für Niederschlag ist die Höhe des zu erwartenden Maximalniederschlags für die Bewertung der Versickerungsleistung von Böden relevant. Mit dem Bemessungsniederschlag ist ein entsprechender Parameter hydrologischer gegeben, mit dem das zu entwässernde Volumen festgelegt wird. Für Deutschland wird der Bemessungsniederschlag von Bauingenieuren routinemäßig mit der KOSTRA-Methode ermittelt (DVWK, 1991). Beispielsweise kann ein relevanter Bemessungsniederschlag nach KOSTRA ein Niederschlag sein, der alle 10 Jahre zu erwarten ist und eine Höhe von 20 mm innerhalb von 15 Minuten erreicht (s. auch Link "KOSTRA-Grundlagen" auf <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm>). Die Berechnungen stehen als Programm KOSTRA-DWD 2000 zur Verfügung (s. <http://www.itwh.de/Downloads/kostra-dwd.pdf>), deren katografische und tabellarische Umsetzung erschien 1997 in gedruckter Form als ergänzter Atlas Beilagen (Bartels et al., 1997, ISBN: 3-88148-325-X).

Da die Bezugsdauer des Bemessungsniederschlags naturgemäß einen proportionalen Einfluss auf die Höhe des Bemessungsniederschlags hat und nicht davon auszugehen ist, dass vor und nach einem dem Bemessungsniederschlag entsprechenden Niederschlagsereignisses kein Niederschlag fällt wird ein entsprechender Multiplikationsfaktor für den Bemessungsniederschlag eingeführt.

Für die Bewertung von LEACH1A wird der Bemessungsniederschlag auf eine Dauer von einer Stunde hochgerechnet. Der Zeitraum eine Stunde wird gewählt, da einerseits Starkniederschläge häufig nur über wenige Minuten andauern und andererseits in der Regel während Regenphasen auftreten, die sich über Tage hinziehen. Diese grobe Einschätzung ist noch durch die Auswertung von tatsächlichen Überschwemmungsereignissen zu verifizieren.

Kriterium

- Möglichkeit des Bodens, Wasser zu infiltrieren

Eingangsparameter

- Bemessungsniederschlag (CritRain) [Versch.]
- Gesättigte hydraulische Leitfähigkeit (kf) [Est (im Anhang 1.6.2 mittels Lagerungsdichte und Textur), Laborergebnisse]
- Luftkapazität (AC) [Schätzung gemäß 1.6.1 mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt), Laborergebnisse]
- Grobmaterial [In situ-Methoden]
- Tiefe des Horizontes [In situ-Methoden]
- Grundwasserflurabstand [In situ-Methoden, Versch.]

Bewertungsprozedur eine Bodenleistung - Boden als Infiltrations- und Versickerungskörper – die Versickerungsleistung (LEACH!'A)

LEACH!'A' Step01 – Auswahl des begrenzenden kf-Wertes

Weitere Erläuterungen werden bei STOFIT1'A' Step01 gegeben.

diese Prozedur ist horizontweise für das gesamte zu bewertende Bodenprofil durchzuführen, die Ergebnisse sind festzuhalten

Steingehalt ≥ 60 %vol → (i)
wenn der Horizont aus geschichtetem Boden besteht

und die Lagerungsdichte geringer ist als 1.6 g/cm^3 → (i)
wenn der Horizont krümelige oder subpolyedrische Struktur aufweist

und eine Lagerungsdichte von weniger als 1.5 g/cm^3 → (i)
in allen anderen Fällen → (ii)

(i) → kf = 300
ist noch ein weiterer Horizont zu bewerten, weiter mit **LEACH!'A' Step01**, andernfalls weiter mit **LEACH!'A' Step02**

(ii) → kf1 = kf des 1. Horizontes
kf2 = kf des 2. Horizontes
kf3 = kf des 3. Horizontes
....

LEACH!'A'Step02 - Begrenzender kf-Wert (cm/ Tag)

$\text{rst'kf} = \text{LEACH!'A-Step01}$ (niedrigster kf der LEACH!'A-Step01 - Abfrage)

LEACH!'A'Step03 - Obergrenze des in LEACH!'A-Step02 ausgewählten Horizontes

$\text{rst'HOR} = \text{Obergrenze des rst'kf-Horizontes}$ (Horizont dem mit niedrigstem kf-Wert)

LEACH!'A'Step04 – Bemessungsniederschlag (CritRain in mm)

Der sogenannte Bemessungsniederschlag ist den in der Einführung zu dieser Prozedur genannten, einschlägigen Quellen zu entnehmen. Er bezieht sich auf eine nach meteorologischem Verfahren bestimmte relevante Niederschlagsdauer und auf eine derart bestimmte relevante Wiederkehrdauer (Jährlichkeit).

$\text{CritRain} = \text{Höhe des Bemessungsniederschlag in mm laut einschlägiger Quellen}$

LEACH!'A'Step05 – min'CritRain

Die den Bemessungsniederschlag gegebene Zeitdauer ist einschlägigen Quellen (s. Einführung zu dieser Prozedur) zu entnehmen und in Dezimalstunden umzurechnen.

$\text{h'CritRain} * 60 * 100/60 = \text{Bezugsdauer des CritRain in Dezimalstunden}$

LEACH!'A'Step06 – relevanter Critical Rain (rlv'CritRain in mm)

Für die weitere Berechnung wird der Bemessungsniederschlag auf eine Zeitdauer von 1 Stunde hochgerechnet .

$\text{rlv'CritRain} = \text{CritRain} * 1 / \text{h'CritRain}$

LEACH!'A'Step07 – Luftkapazität (AC in l/m²)

Die Ermittlung von AC ist bei STOFIT1.1'A'Step01 beschrieben.

Luftkapazität in %vol (AC-Werte)

diese Prozedur ist für jeden Horizont durchzuführen, die Ergebnisse sind festzuhalten		
Steingehalt ≥ 60 %vol	→	(i)
in allen anderen Fällen	→	(ii)
(i)	→	AC = 25
(ii)	→	AC1 = AC für den 1. Horizont mit Obergrenze \leq rst'HOR AC2 = AC für den 2. Horizont mit Obergrenze \leq rst'HOR AC3 = AC für den 3. Horizont mit Obergrenze \leq rst'HOR

Mächtigkeit der Horizonte in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit für rst'HRZ1 TH2 = ...

Bestimmung der CR-Werte (Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial von rst'HRZ1 CR2 = ...
--

Luftkapazität für den Teil des Profils mit großer Bedeutung für die Infiltration (rlv'AC)

LEACH!'A'Step07 = (TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (AC1/ 100) + ...
--

LEACH!'A'Step08 – Bewertung

Vergleich von LEACH!'A'Step06 (rlv'CritRain) mit LEACH!'A'Step07 (rlv'AC)	Bewertung LEACH!'A
rlv'CritRain / rlv'AC: < 0.9	1
rlv'CritRain / rlv'AC: > 0.9 und < 1.1	2
rlv'CritRain / rlv'AC: > 1.1 und < 1.4	3
rlv'CritRain / rlv'AC: > 1.4 und < 2	4
rlv'CritRain / rlv'AC: ≥ 2 oder der Grundwasserspiegel liegt weniger als ein Meter tief	5

1.3.2 Boden als Körper zur Klimaregulation – die Abkühlungsleistung (COOL!'A)

- Diese Bodenleistung zielt auf die Kühlung und Befeuchtung der Luft im städtischen Raum und damit auf gute urbane Lebensbedingungen. Dabei wird der Abkühlungseffekt durch die Verdunstung von Bodenwasser bewertet. Diese Bodenfunktion ist im gemäßigten Klimaraum nur im Sommerhalbjahr relevant.
- Bei dem Verfahren zur Bewertung des Abkühlungseffektes ist die Niederschlagsmenge und die Lufttemperatur sowie die Menge des vom Boden speicherbaren Wasser von wesentlicher Bedeutung. Daneben kann der kapillare Aufstieg von Grundwasser relevant sein.

Tatsächlich spielen bei der Leistung des Bodens zur Klimaregulation zahlreiche weitere Faktoren wie Beschattung, Wärmespeicherkapazität der Bebauung, Vegetation, Windgeschwindigkeit und Oberflächenrauigkeit eine Rolle. Aufgrund der hohen Heterogenität dieser Faktoren können diese jedoch für den Einzelfall nicht mit einem Aufwand erhoben werden, der in einer sinnvollen Relation zum Ermittlungsaufwand für die anderen Inputdaten für TUSEC stehen. Deshalb stützt sich diese Abschätzung auf vorhandene und eingeführte Verfahren. Dabei wird nicht zwischen urbanen und naturnahen Umwelten unterschieden.

- Neben der Beschreibung des Verfahrens zur Berechnung der Abkühlungsleistung wurden diese Berechnungen beispielhaft für 70 klimatisch repräsentative Orte in Deutschland mit jeweils 8 verschiedenen Kategorien der Wasserversorgung durch die Böden durchgeführt

Kriterium

Menge an Wasser, welches der Boden durch Verdunstung abgeben kann und die dabei freigesetzte Energie.

Eingangsparameter

- aFC: nutzbare Feldkapazität, aus Anhang 1.6.1, mittels Lagerungsdichte, Textur und Humusgehalt
- CR: Gehalt an Grobmaterial [In situ-Methoden, versch.]
- TH: Mächtigkeit des Horizontes [In situ-Methoden]
- Mittlere monatliche Niederschlagssumme in mm [Klimadaten]
- Mittlere monatliche Lufttemperaturen um 13 Uhr MEZ in °C [Klimadaten]
- RH: Mittlere monatliche relative Luftfeuchtigkeit um 13 Uhr MEZ in % [Klimadaten]
- a-f : Konstanten [im Zusammenhang angegeben]
- weitere, im Zusammenhang angegebene Konstanten

Bewertungsprozedur - Boden als Körper zur Klimaregulation – die Abkühlungsleistung (COOL!A)

Für die Abschätzung der jährlichen Verdunstungssummen wird auf das Verfahren von Renger und Wessolek zurückgegriffen, das wiederum auf das Verfahren nach Haude zurückgreift (DVWK, 1996 sowie http://www.hydroskript.de/html/_index.html?page=/html/hykp0505.html). Das Verfahren nach Renger und Wessolek wird insofern modifiziert angewandt, als nicht die Verdunstungssumme für einzelne Jahre berechnet wird, sondern eine mittlere Jahresverdunstungssumme. Der Sachverhalt, dass die Abkühlungsleistung von Böden nahezu ausschließlich nur im Sommerhalbjahr relevant ist, wird durch die Auswahl der Referenzvegetation berücksichtigt. Demnach fließen nicht die Kenngrößen in die Berechnungen ein, sondern die eines Maisbestandes (Löpmeier, 1994), dessen jährlicher Transpirationsverlauf eher der Relevanz der Abkühlungsleistung entspricht

Trotz starker Einschränkung der Exaktheit Berechnungen auf Grund der in der Einführung des Kapitels beschriebenen erforderlichen Vereinfachungen und der Einschränkung auf Grund der verwendeten, teilweise unspezifischen Konstanten sowie weiterer methodischer Restriktionen (s. auch DVWK, 1996) kann die Anwendung des Verfahrens zur Bewertung von Böden in Mitteleuropa empfohlen werden, da die Bewertung nicht über eine Differenzierung in fünf Klassen hinaus geht.

Eine exaktere Berechnung der Abkühlungsleistung der Böden sowie eine Berechnung dieser Leistung für teilversiegelte Böden ist beispielsweise mit Hydro-Pedotransferfunktionen möglich wie sie von Wessolek et al. vorgeschlagen (Wessolek et al., 2008) werden.

Bei dem nachfolgend dargestellten Berechnungsschema wird davon ausgegangen, dass Monatsmittelwerte für die Temperatur um 13 Uhr und mittlere Monatssummen des Niederschlags verfügbar sind, bei denen die Mittelwerte aus Daten von einem langjährigen Zeitraum gebildet wurden. Empfehlenswert ist es Daten der zurückliegenden 20 Jahre zu verwenden.

Eine sehr einfach und rasche Abschätzung der Abkühlungsleistung von Böden ist mit den Tabellen zur "Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens in Abhängigkeit vom Standort" im Kapitel 1.6.4 im Anhang (S. 90) möglich. Für diese Tabellen wurden über 1.500.000 Datensätze verarbeitet, die freundlicherweise vom Deutschen Wetterdienst zur Verfügung gestellt wurden.

COOL!A'Step01 – Monatsmittel des Sättigungsdampfdruck (E in hPa)

E für das Jan.-Mittel =

$$6,11 \quad (17.62 * \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für Jan.}) / (243.12 + \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für Jan.})$$

E für das Feb.-Mittel =

$$6,11 \quad (17.62 * \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für Feb.}) / (243.12 + \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für Feb.})$$

E für das März-Mittel =

$$6,11 \quad (17.62 * \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für März}) / (243.12 + \text{mittlere 13 Uhr-Temp. für März})$$

...

13 Uhr-Temp: Temperatur in °C um 13 Uhr MEZ, ersatzweise kann die entsprechende Tageshöchsttemperatur eingesetzt werden

COOL!A'Step02 – Monatsmittel des Dampfdrucks um 13 Uhr MEZ (e in hPa)

$$e \text{ für das Jan.-Mittel} = RH * E \text{ für das Jan.-Mittel} / 100$$

$$e \text{ für das Feb.-Mittel} = RH * E \text{ für das Feb.-Mittel} / 100$$

$$e \text{ für das März-Mittel} = RH * E \text{ für das März-Mittel} / 100$$

...

COOL!A'Step03 – Mittlere Verdunstungen nach Haude (ET_{pHAUDE} in mm/Monat)

$$ET_{pHAUDE} \text{Jan.-Mittel} = f_T \text{Jan.} * (E - e) * \text{Anzahl der Januartage} +$$

$$ET_{pHAUDE} \text{Feb.-Mittel} = f_T \text{Feb.} * (E - e) * \text{Anzahl der mittleren Februartage} +$$

$$ET_{pHAUDE} \text{März-Mittel} = f_T \text{März} * (E - e) * \text{Anzahl der März tage} +$$

...

f_T - Haude-Faktoren zur Berechnung der mittleren täglichen Verdunstung von Mais nach Löpmeier (Löpmeier, 1994)

f _T Jan.	f _T Feb.	f _T März	f _T April	f _T Mai	f _T Juni	f _T Juli	f _T Aug.	f _T Sept.	f _T Okt.	f _T Nov.	f _T Dez.
0,15	0,15	0,18	0,18	0,18	0,26	0,26	0,26	0,24	0,21	0,14	0,14

$$\text{COOL!A'Step03} = ET_{pHAUDE} \text{Jan.-Mittel} +$$

$$ET_{pHAUDE} \text{Feb.-Mittel} +$$

$$ET_{pHAUDE} \text{März-Mittel} +$$

...

COOL!A'Step04 - Nutzbare Feldkapazität (aFC in l/m²)

Weitere Erläuterungen werden bei LIFE2'A'Step01 gegeben.

Nutzbare Feldkapazität in % (aFC-Werte)

aFC1 = aFC für den 1. Horizont
 aFC2 = aFC für den 2. Horizont
 aFC3 = aFC für den 3. Horizont

Horizontmächtigkeit in dm (TH-Werte)

TH1 = Mächtigkeit des 1. Horizontes
 TH2 = ...

Gehalt an Grobmaterial, z.B. Steine, Gesteinsfragmente oder Artefakte in %vol (CR-Werte)

CR1 = Gehalt an Grobmaterial des 1. Horizontes
 CR2 = ...

Nutzbare Feldkapazität (aFC) des gesamten Bodenprofils [l/m²]

COOL!A'Step04 = ((TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (aFC1/ 100)) +
 ((TH2 * 100) * (1 - (CR2/ 100)) * (aFC2/ 100)) +
 ...

COOL!A'Step05 - Jahresverdunstungen (ETa in l/m²) nach Wessolek und Renger, verändert**COOL!A'Step06 =**

0,39 * Summe der mittleren Niederschläge April bis Sept. +
 0,08 * Summe der mittleren Niederschläge des Jan., Feb, März, Okt., Nov, Dez. +
 153 * log COOL!A'Step04 + 0,12 * COOL!A'Step03 - 109

Die Angaben zur Mittleren Jahresverdunstung lassen sich problemlos zu Angaben zur Jahreskältearbeit umrechnen, wenn vereinfachend unterstellt wird, dass die Freisetzung der latenten Wärme immer bei einer Temperatur von 10°C erfolgt. In diesem Fall beträgt der Faktor zur Umrechnung der Literangaben in Mega-Joule Angaben 2,47. Die Umrechnung von Literangaben in Kilowatt-Stunden erfolgt durch die Multiplikation mit 0,6861.

COOL!'A' Step06 - Bewertung

COOL!'A' Step05 [l/m²]	COOL!'A' Step05 [MJ/ m²]	COOL!'A' Step05 [kW*h/ m²]	Abkühlungs- effekt	Bewertung COOL!'A
< 450	< 1112	< 309	sehr gering	5
450 - < 500	1112 - < 1235	309 - < 343	gering	4
500 - < 550	1235 - < 1359	343 - < 377	mittel	3
550 - ≤ 600	1359 - ≤ 1482	377 - ≤ 412	stark	2
> 600	> 1482	> 412	sehr stark	1

1.4 Erläuterungen zum B-Verfahren (beta-Version)

1.4.1 Einleitung

Die nachfolgenden Ausführungen zur orientierenden Bodenbewertung (B-Verfahren), auf Grund derer keine parzellenscharfe Aussagen möglich sind, konnten nur bis zum Erprobungsstadium entwickelt werden. Das liegt unter anderem daran, dass die bodenkundlichen Daten in den entsprechenden Kommunen so umfassend in unterschiedlicher Art vorlagen, dass es nicht zur vollständigen Erprobung eines B-Verfahrens kam.

Kurz erläuternd werden hier die Grundzüge des B-Verfahrens dargestellt. Prinzipiell beruht das B-Verfahren auf einer ähnlichen Vorgehensweise wie das der Konzeptbodenkarte. Das Novum am B-Verfahren ist, dass nicht nur Bodentypen auf Grund von Sekundärdaten ermittelt werden, sondern eine umfassende Bodenbewertung durchgeführt wird. Dabei beschränken sich beim B-Verfahren die Arbeiten für Vor-Ort-Bodenbeschreibungen auf Vor-Ort-Termine zur Kontrolle der auf der Grundlage von Sekundärinformationen gemachten Annahmen. Der geringe Aufwand für das B-Verfahren resultiert auch daraus, dass auf eine horizontweise Bewertung verzichtet wird. Auf Grund des hohen Anspruchs an das Interpretationsvermögen und an den fachlichen Hintergrund zur Ableitung der Input-Parameter sowie auf Grund des geringen Erprobungsumfangs sollte das B-Verfahren erfahrenen Bodenexperten vorbehalten bleiben. Unter diesen Voraussetzungen ist es sehr gut geeignet, um Bodenbewertung für Flächen durchzuführen, die das gesamte Einzugsgebiet großer Städte umfassen können. Dies ist dann mit vergleichsweise sehr geringem Aufwand möglich. Das Prinzip der Konzeptbodenkarte und des B-Verfahrens ist in Abbildung 1.4-1 dargestellt.

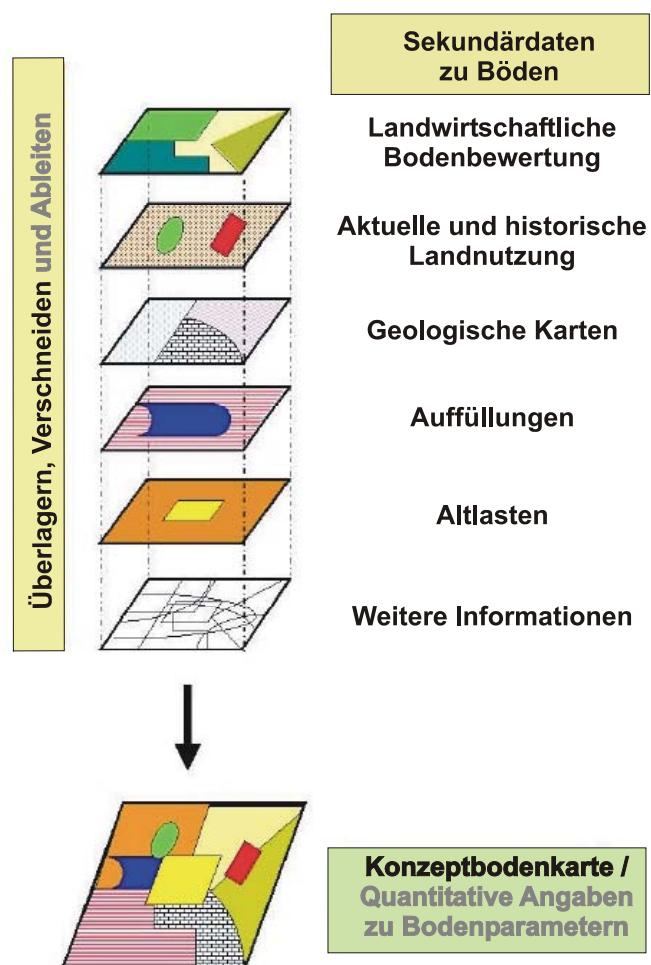


Abb. 1.4-1:

Das Prinzip der Konzeptbodenkarte und Schritte, um die Eingangsparameter für das „B-Verfahren“ zu ermitteln (verändert nach Schneider, 2000)

1.4.2 B-Verfahren (beta-Version) - Prinzipien

Das B-Verfahren ist für die kleinmaßstäbliche Bodenbewertung ausgelegt (1:25.000 und kleiner). Deshalb können die daraus resultierenden Ergebnisse als orientierende Bewertungen verwendet werden. Es empfiehlt sich, mit Hilfe des B-Verfahrens zu entscheiden, wo das A-Verfahren vorzugsweise zum Einsatz kommen soll. Im Allgemeinen berücksichtigt das B-Verfahren Durchschnittswerte des Bodens bis zu einer Tiefe von einem Meter (siehe 1.1.1). Außerdem werden bei der B-Bewertung die individuellen Bodenhorizonte nicht berücksichtigt. Lediglich Daten über den Humusgehalt beziehen sich auf den Oberboden – dies wird an den betreffenden Textstellen genauer erläutert. Dieses Manual erläutert auch einige Aspekte zur Interpretation sekundärer Daten. Generell muss angemerkt werden, dass aus Sekundärdaten im allgemeinen nur grobe Rückschlüsse hinsichtlich Böden und deren Parameter gezogen werden können.

Im B-Verfahren gibt es im Gegensatz zum A-Verfahren bis jetzt keine standardisierten Methoden zur Datenerhebung, und auch die Aufbereitung der Eingabedaten ist ein integraler Bestandteil der Bewertung auf der B-Ebene. Aus diesem Grunde ist bodenkundliches Fachwissen eine Grundvoraussetzung, um die B-Bewertung durchzuführen. Dieses Verfahren wird Gegenstand zukünftiger Überarbeitungen sein, um die Funktionsbewertung weiter zu entwickeln und zu optimieren.

1.4.3 Vorbereitende Schritte für das B-Verfahren

Die hier beschriebenen vorbereitenden Schritte für das B-Verfahren werden für die Bodenbewertung auf der B-Ebene benötigt, sie sind jedoch nicht Bestandteil der eigentlichen Bewertung. Diese vorbereitenden Schritte verlaufen analog zur Kartierung im A-Verfahren.

Abgrenzung versiegelter Flächen innerhalb der Bewertungsfläche

Vor Beginn der Datenauswertung muss entschieden werden, ob lediglich Freiflächen oder auch versiegelte Flächen in die Bewertung mit einbezogen werden sollen.

Tabelle 1.4.3-1 zeigt Alternativen für die Auswahl von Teilflächen innerhalb der Gesamtbewertungsfläche.

Tabelle 1.4.3-1: Klassifizierung von Teilflächen für die Bodenbewertung

A	B	C	D
Freiflächen	Freiflächen und	Freiflächen und	Freiflächen und
	teilversiegelte Flächen	teilversiegelte Flächen und	teilversiegelte Flächen und
		vollständig versie- gelte Flächen	vollständig versie- gelte Flächen und
			bebaute Flächen

Übersichtsbegehung

Um einen Gesamteindruck zu gewinnen ist eine Übersichtsbegehung der Fläche durch den Gutachter unumgänglich. Dadurch können wertvolle Informationen kostengünstig gewonnen, sowie grobe Fehlbewertungen vermieden werden. Eine weitere Übersichtsbegehung zur Überprüfung der Bewertung kann nach Notwendigkeit entschieden werden.

Abgrenzen von Teilflächen für die Bewertung

Die Bewertung auf der B-Ebene wird für Teilflächen durchgeführt, welche vorher festgelegt werden müssen. Daher muss der Abgrenzung dieser Teilflächen große Aufmerksamkeit gewidmet werden. So sollten z.B. Teilflächen mit naturbelassenen Böden gegen solche mit eher anthropogen überprägten Böden abgegrenzt werden. Innerhalb der letztgenannten Gruppe können die Böden dann anhand der Zeitspanne anthropogener Einflussnahme weiter untergliedert werden.

Wenn anhand von Informationsmaterialien, die für die Bewertung untersucht werden nachträglich der Eindruck entsteht, dass die Abgrenzungen falsch vorgenommen wurden, sollten die Grenzen der Teilflächen modifiziert werden.

Das Geographische Informations-System (GIS) kann ein äußerst nützliches Werkzeug zur Abgrenzung von Teilflächen sein. Besonders die Untergliederung digitaler Karten in Ebenen kann sich als hilfreich erweisen.

Mögliche Informationsquellen umfassen Daten zur aktuellen und historischen Landnutzung, topographische Karten oder digitalisierte räumliche Daten, aktuelle und historische Luftaufnahmen, Übersichtsbegehungen, Fragebögen, Informationen über diffuse Stoffeinträge und über kontaminierte Standorte. Die Anzahl abgegrenzter Bodeneinheiten muss sich am Maßstab orientieren. Beispielsweise umfasst die Konzeptbodenkarte von Berlin 70 Bodeneinheiten (BÖCKER et al., 1978).

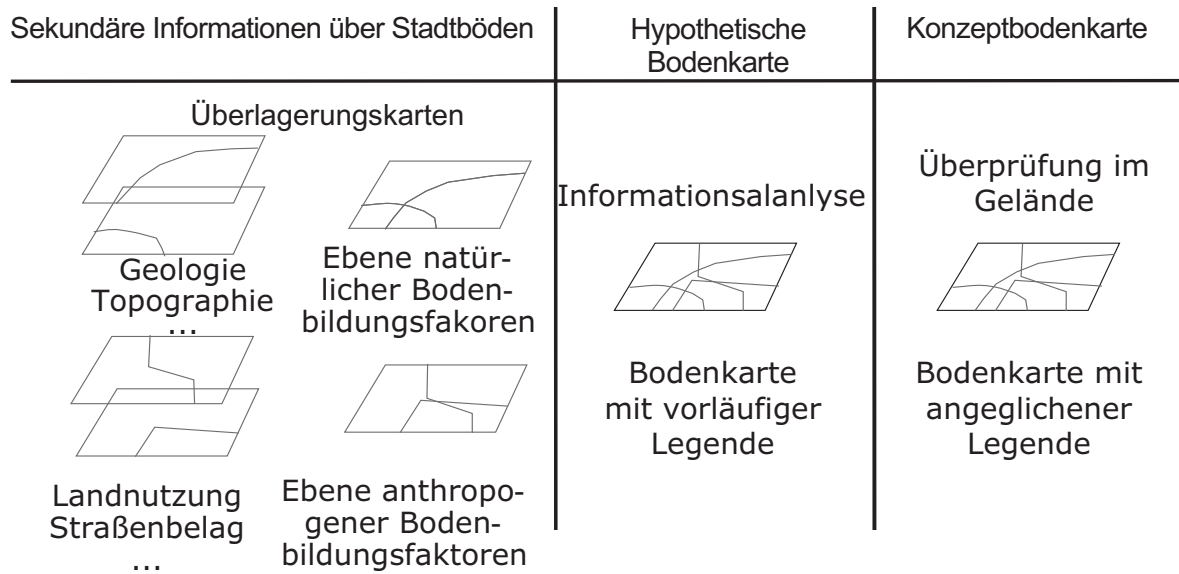


Abb. 1.4-3.1: Schema für die Erstellung einer konzeptionellen Karte für anthropogen überprägte Böden (siehe auch Abb. 1.4.1.1)

Definition der zu bewertenden Aspekte

Vor Beginn der Bewertung muss entschieden werden, welche Bodenfunktionen und -leistungen bewertet werden müssen bzw. können. Diese Entscheidung muss vor dem Hintergrund der Menge, Qualität und Verfügbarkeit von Informationen sowie unter Berücksichtigung der anfallenden Kosten für die Datenerhebung getroffen werden.

Eingabeparameter für die B-Bewertung – Eignung der Quelldaten

Tabelle 1.4.3-2 zeigt auf, wie die Qualität von Sekundärdaten zu bewerten ist. Die Qualität wird mit einer Zahl von 1 bis 5 bewertet. Im Gegensatz zu den anderen Kapiteln in diesem Manual zeigt hier eine „5“ eine sehr gute Qualität der Sekundärdaten an. In anderen Worten: Die Sekundärdaten ermöglichen dann Aussagen, deren Aussagekraft mit Folgerungen vergleichbar sind, die ein Bodenkundler unter Zuhilfenahme einer bodenkundlichen Karte gewinnen kann. Wenn der Wert 5 ausgegeben wird, wird die Q-Summe auf 50 festgesetzt. Eine „0“ zeigt an, dass keine verwertbaren Information gewonnen werden können. Die Q-Summe bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, die prognostizierten Bodenparameter an einem beliebigen Punkt vorzufinden.

Überprüfen der Ergebnisse der B-Bewertung durch stichprobenartige Bodenbewertung vor Ort

Eine Prämisse des B-Verfahrens ist, dass die verwendeten Bodeninformationen anhand einer Kartierung ausgewählter Standorte vor Ort überprüft werden.

Tabelle 1.4.3-2: Eignung von Quelldaten für die Eingabe als Sekundärdaten in der Bewertung auf B-Ebene
(5: **sehr gute** Eignung, 0: ohne Bedeutung)

Zeilen- und Spalten-schlüssel	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	historische und aktuelle topographische Karten oder vergleichbare Informationen	historische und aktuelle Luftbilder	Übersichtsbegleitung	historische und aktuelle Baugrundkarte	schriftliche Info. über historische und aktuelle Landnutzung	Spezialkarten (z.B. über Geologie, Hydrologie oder über Land- oder Forstwirtschaftliche Bodenbewertung)	Kriegsschadenskarten	amtliche Informationen über kontaminierte Standorte	persönliche Mitteilungen	Überprüfung vor Ort	Informationen zum Boden-/Substratmanagement (z.B. bei Depositionen)	Q-SUMME (Gesamtpunkte der Zeilen A bis K)
PARAMETER												
Primäre Bodenparameter des Gesamtprofils (ohne Berücksichtigung der Horizonte)												
1 Relief	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2 Tiefe der Grundwasserstand	1	1	2	3	3	0	0	0	1	3	2	18
3 Steine, Artefakte [%]	1	1	1	3	1	4	0	0	2	2	1	19
4 Art der Steine etc.	0	0	2	4	2	1	2	2	1	3	3	24
5 Bodenart	0	0	2	4	3	2	2	3	4	4	4	33
6 Gehalt an org. Substanz	1	1	3	4	3	4	0	0	1	4	3	31
7 pH-Wert	1	1	2	4	4	0	0	1	1	4	3	28
8	1	1	2	0	3	2	4	2	1	4	3	31
Anzeichen für anthropogene Überprägung												
9 Versiegelung	2	5	2	0	2	0	0	2	2	2	1	50
10 Oberbodenverdichtung	0	0	2	3	3	1	2	1	2	4	3	31
11 Unterbodenverdichtung und Schichtung verlagerter Boden	0	0	2	3	3	0	2	1	2	4	3	31
12 diffuse Kontamination	0	0	2	3	3	0	2	1	2	4	3	32
13 punktl. Kontamination	0	0	1	0	3	1	1	1	3	4	2	29
14	1	1	2	4	2	0	1	4	3	4	2	38
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L

Fortsetzung auf der folgenden Seite

Tabelle 1.4.3-2: Eignung von Quelldaten für die Eingabe als Sekundärdaten in der Bewertung auf B-Ebene, Fortsetzung

zusammengesetzte Bodenparameter:

Spalten-schlüssel	Bemerkungen
Wasserdurchlässigkeit	101 hier sind Berechnungen nötig, deshalb werden die primären Bodenparameter Nr. 6, 4, 5 und 11 benötigt ⁸
Feldkapazität (nutzbare. Feldkapazität)	102 hier sind Berechnungen nötig, deshalb werden die primären Bodenparameter Nr. 6, 7 und 10 benötigt ⁸

⁸ der Berechnungsweg wird weiter unten erläutert

1.4.4 Ableiten zusammengesetzter Bodenparameter

Diese Abschätzung basiert auf den in Tabelle 1.4.3-2. aufgeführten Parametern. Hierbei handelt es sich um die Bodenart (Zeile 6), Humusgehalt (Zeile 7), Anteil an Steinen (Skelettanteil) und ähnlichem Material sowie Informationen darüber, ob dieses anthropogener Herkunft ist (Zeilen 4, 5), Informationen zur Verdichtung und Schichtung (Zeile 11).

1.4.4.1 Beurteilen der Wasserdurchlässigkeit (WP'B-Wert)

Eingabeparameter sind die Bodenart (siehe Zeile 6, besonders Spalte F kann hier wichtig sein, selbst wenn der Boden örtlich verlagert wurde), Anteil an Steinen (Skelettanteil) und ähnlichem Material sowie Informationen über eine mögliche anthropogene Herkunft (Zeilen 4, 5), Tiefe der Profilentwicklung (Zeile 2) und Informationen zur Verdichtung und Schichtung (Zeilen 10, 11).

Information	WP'B
überwiegend tonige Böden ohne Hohlräume bis zu einer Tiefe von 50 cm während eines gewissen Zeitraumes pro Jahr, oder alle überwiegend tonigen und lehmigen Böden mit Anzeichen von Perkolation, die eine Schichtung oder Verdichtung verhindert	1
überwiegend lehmige Böden ohne Anzeichen von Perkolation, die eine Schichtung oder Verdichtung verhindert, oder alle überwiegend schluffigen Böden mit Anzeichen von Perkolation, die eine Schichtung oder Verdichtung verhindert	2
überwiegend schluffige Böden ohne Anzeichen von Perkolation, die eine Schichtung oder Verdichtung verhindert	3
überwiegend Böden mit mehr als 50% und weniger als 80 % Sand im Feinbodenanteil oder überwiegend tonige Böden mit Hohlräumen bis zu einer Tiefe von 50 cm während eines gewissen Zeitraumes pro Jahr	4
überwiegend Böden mit mindestens 80% Sand im Feinboden oder Böden mit einem Gehalt an Steinen oder Artefakten über 60 Volumen-% oder verlagerte Böden ohne Anzeichen von Verdichtung	5

1.4.4.2 Beurteilen der Feldkapazität (nutzbare Feldkapazität, WC'B-Wert)

Eingabeparameter sind die Bodenart (6), Humusgehalt (7) sowie Informationen über Bodenverdichtung. (10, 11).

Information	WC'B
überwiegend lehmige Böden	1
überwiegend lehmige Böden mit Anzeichen von Verdichtung	2
überwiegend Böden aus Sandfraktionen und Anzeichen für einen hohen Humusgehalt	3
überwiegend Böden aus Sandfraktionen oder überwiegend Böden mit einem Sandanteil zwischen 50% und 80% und Anzeichen für einen hohen Humusgehalt (Böden mit einem Humusgehalt von mehr als 10% in einem mindestens 40 cm mächtigen Oberboden)	4
überwiegend Böden mit mindestens 80% Sandanteil oder Böden aus Ton	5

1.4.5 Festlegen der Anzahl der Bewertungsklassen

Die Anzahl der Bewertungsklassen hängt von der Qualität der für jeden Bewertungsvorgang vorhandenen Informationen ab. Das Kriterium für die Festlegung der Anzahl von Klassen ist die in Tabelle 1.4.3-2 dargestellte Q-Summe. Die dort angegebenen Zahlenwerte müssen den jeweiligen Bedingungen der Bewertung angepasst werden. Entscheidend ist dabei jener Parameter, welcher anhand von Informationen der niedrigsten Qualitätsstufe abgeschätzt wurde. Die folgende Übersicht zeigt die Anzahl der Bewertungsklassen in Abhängigkeit von der Q-Summe.

Q-Summe	weniger als 10	10-15	16-24	25-50
Anzahl der Bewertungsklassen	keine Bewertung möglich	2 Klassen: + und -	3 Klassen: I, II und III	5 Klassen
Zusammenfassen von Bewertungsklassen		5 und 4 wird zu + 1, 2 und 3 werden zu -	1 und 2 zu I 3 zu II, 4 und 5 zu III	keine Zusammenfassung

1.5 Bewertungsverfahren für die B-Ebene

1.5.1 Boden als Lebensraum und Genpool

1.5.1.1 Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum des Menschen (LIFE1'B)

- Prinzipiell ist die Bewertung des Bodens als Lebensgrundlage (LIFE1'B-function) im A- und B-Verfahren identisch. Im Detail besteht der Unterschied darin, dass die Bewertung für das B-Verfahren nur einmal pro abgegrenzte Fläche erforderlich ist. Unterschiede ergeben sich auch aus der Detailtreue, die sich durch die Verwendung eines im Vergleich zum A-Verfahren kleineren Maßstabs im B-Verfahren ergibt. Siehe LIFE1'A für weiterführende Informationen.
- Wesentlich sind Informationen über diffuse Kontaminationen und kontaminierte Standorte (siehe Tabelle 14.3-2, Schlüssel 13 und 14).

Eingabeparameter⁹

Informationen über aktuelle und historische Flächennutzung [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2 Zeile A, B, D, E, H, I, K]
analytische Daten - falls vorhanden [Laboregebnisse]

⁹ falls Unsicherheit über die Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.5

Verfahrensweise**LIFE1'B'Step01 - Bewertung Teil 1**

Klassifikation einer Schadstoffbelastung auf Basis spezifischer Hinweise der Probenahmepunkte innerhalb der für die Bewertung abgegrenzten Teilfläche (siehe 4.3)¹⁰	Ergebnis/ Bewertung LIFE1'B' Step01
keine Informationen über diffuse oder punktuelle Bodenkontamination und keine Notwendigkeit zur weiteren Untersuchung gemäß geltender nationaler oder internationaler Gesetzgebung	1
mit Hinweisen auf diffuse Kontamination von einer Quelle aber ohne Informationen über punktuelle Bodenkontamination und keiner Notwendigkeit zu weiteren Untersuchungen gemäß geltender nationaler oder internationaler Gesetzgebung	2
mit Informationen über diffuse Kontamination durch multiple Quellen aber ohne Informationen über punktuelle Bodenkontamination keine Notwendigkeit zu weiteren Untersuchungen gemäß geltender nationaler oder internationaler Gesetzgebung	3
mit Hinweisen auf punktförmige Kontamination und, falls analytische Daten vorhanden sind und, falls weitere Untersuchungen durch nationale oder internationale Gesetzgebung gefordert werden, wird mit LIFE1'B-Eva. Teil 2 fortgefahren, anderenfalls soll mit diesem Schlüssel weitergemacht werden	
mit Hinweisen auf punktförmige Kontaminationen	5

LIFE1'B'Step02 (nur relevant, wenn das Ergebnis Step01 Klasse 4 ist)

Klassifikation einer Schadstoffbelastung auf der Basis von analytischen Daten	Ergebnis LIFE1'B' Step02
Belege für Schadstoffbelastung welche gemäß nationalem Gesetz keiner Sanierung bedarf	4
Belege für Schadstoffbelastung welche gemäß nationalem Gesetz einer Sanierung bedarf	5

¹⁰Hierdurch ausgewiesene Flächen werden als "Verdachtsfläche" definiert. Dabei handelt es sich um eine "Fläche mit einer aktuellen oder historischen Nutzung welche eine Bodenkontamination verursacht haben könnte", siehe European Commission, 2004. *Final reports of the Thematic working groups. Volume IV Contamination* (Seite 1, 1.), Internet: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/library>

1.5.1.2 Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum der natürlichen Flora und Fauna – ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen (LIFE2'B)

- Das Ausmaß menschlichen Einflusses und Hinweise auf extreme Standortbedingungen sind die maßgeblichen Eingangsgrößen für die Bewertung der Bodenfunktion als Basis für Meso- und Makroorganismen (LIFE2'B-Funktion). Siehe LIFE2'A (2.1.2) für weiterführende Informationen.
- Die zugehörigen Schlüssel zu Tabelle 1.4.3-2 sind in der Kopfzeile der Bewertungstabelle wiedergegeben.

Eingabeparameter¹¹

- Informationen zum Grundwasserspiegel [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Reihe B, H, I]
- Informationen zur nutzbare Feldkapazität (WC'B-Wert, siehe 1.4.4.2,).
- Informationen zur aktuellen und historischen Landnutzung [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Spalte A, B, D, E, H, I, K]
- Informationen über die Bodenbeschaffenheit [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Spalte F]

¹¹ falls Unsicherheit über die Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.5

Verfahrensweise**LIFE2'B'Step01 - MAN-Wert anhand von Belegen für anthropogene Überprägung**

Die Bewertung der anthropogenen Überprägung (MAN-Wert) kann durch einen Experten mit hinreichende Erfahrung auf diesem Gebiet wesentlich verbessert werden.

Anthropogener Einfluss (bezüglich Schlüssel 9 bis 14 in Tabelle 1.4.3-2) ¹	MAN
keine Anzeichen auf Bodenstörung, über den Grad einer nachhaltigen Bodenbearbeitung hinaus) ¹²	1
Anzeichen für anthropogene Böden, aber keine Belege für Artefakte im Boden oder Anzeichen für Tiefpflügen, auf eine mehr als das fünffache erhöhte Bodenerosion oder Anzeichen für anthropogene Böden auf weniger als 10% der Fläche mit weniger als 10% Artefakte im Oberboden	2
Anzeichen für anthropogene Böden auf weniger als 10% der Fläche mit mehr als 10% Artefakten im Oberboden oder Anzeichen für anthropogene Böden auf mehr als 10% der Fläche mit weniger als 10% Artefakten im Oberboden	3
Anzeichen für anthropogene Böden auf weniger als 10% der Fläche mit weniger als 10% Artefakten im Unterboden	4
Anzeichen für anthropogene Böden auf weniger als 10% der Fläche mit mehr als 10% Artefakten im Unterboden oder allen anderen Horizonten	5

¹² von der Europäischen Gemeinschaft als "gute landwirtschaftliche Praxis" definiert (Commission of European Communities, 2000), siehe auch Seite 24 in http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/cnc/2000/com2000_0020en01.pdf

LIFE2'B'Step02 - EXT-Wert anhand von extremen Standortbedingungen

Die Ergebnisse der EXT-Werte sind in der ganz rechts stehenden Spalte der folgenden Tabelle angegeben. Es soll die beste Bewertung aus diesen drei Parametern als Ergebnis für den EXT-Wert verwendet werden.

Siehe 4.4.2. für Anweisungen zur Ableitung des WC'B-Werts.

nutzbare Feldkapazität [l/m²] WC'B-Wert	vorherrschende Obergrenze des Grundwasserspiegels über einen Zeitraum von Monaten, wie er z.B. aus hydrologischen Karten abgelesen werden kann [m]	andere Merkmale	EXT
5	< 0.2	mäßig saline Böden oder Böden mit geringem Gehalt an Pflanzennährstoffen	1
4	0.2 < 0.4	Böden mit sehr geringem Wert für eine produktive Land- und Forstwirtschaft	2
3	0.4 < 0.8		3

LIFE2'B'Step03 - Bewertung

wenn MAN < EXT, LIFE2'B	=	MAN
sonst		
LIFE2'B	=	EXT

1.5.2 Boden als Speicher-, Filter- und Stoffumwandlungsmedium (STOFIT'B)

1.5.2.1 Boden als Bestandteil des Wasserhaushaltes (STOFIT1'B)

- Das Vermögen zur Infiltration und Versickerung sind die Hauptkriterien bei der Bewertung eines Bodens als Bestandteil des Wasserhaushaltes (BAL1'B-Funktion). Siehe 2.2.1 für weiterführende Information.
- Siehe 4.2.1 und 4.2.2 für Anweisungen zur Ableitung des WP'B- und WC'B-Wertes.

Eingabeparameter¹³

Siehe 4.2.1 und 4.2.2

Verfahrensweise

STOFIT1'B'Step01 – Bewertung

wenn WP'B = 5 fortfahren mit (i),
in allen anderen Fällen wird mit (ii) fortgefahren

(i)

$$\text{BAL1'B} = 5$$

(ii)

$$\text{BAL1'B} = \text{WP'B-Wert} / 2 + \text{WC'B-Wert} / 2$$

¹³ falls Unsicherheit bezüglich der Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.5

1.5.2.2 Boden als Filter, Puffer für Schwermetalle (STOFIT3'B)

- Das Vermögen eines Bodens Schwermetalle zu binden, ist für die Bewertung in seiner Funktion als Filter und Puffer ausschlaggebend (BAL1'B-Funktion). Siehe STOFIT1'A, 2.2.3 für weiterführende Information.

Eingabeparameter¹⁴

- Bodenart [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Zeile 6)]
- Humuskonzentration im Oberboden und Anzeichen über die Humuskonzentration im Unterboden. Dies wird hauptsächlich über den Bodentyp abgeschätzt [In situ-Methoden, Versch. (Bodentypenkarte wird benötigt), siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Zeile 7]
- pH-Wert [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Zeile 8]

Verfahrensweise

STOFIT3'B'Step01 - CLY-Wert zur Klassifikation des Tongehalts

Tongehalt (bezüglich Tabelle 1.4.3-2, Zeile 6)	CLY
über 25% und weniger als 50% ¹⁵	1
zwischen 17 und 25%	2
unter 17%	5
über oder gleich 50%	5

STOFIT3'B'Step02 - HUM-Wert zur Klassifikation des Humusgehalts

falls organische Böden ohne permanente Vernässung bis in den Oberboden, oder Böden überwiegend aus Aschen (WRB: z.B. Histosols, Hortisols, KA5: z.B. vererdetes Niedermoor, Erd-/ Mull-Hochmoor, Hortisol) dominieren → **(i)**
 falls Mineralböden mit einem hohen Humusgehalt im Unterboden (WRB: Cumulic Anthrosols, Fluvisols, Chernosems, Kastanozems, Phaeosems, KA5: Kolluvisol, Vega, Tschernitza, Schwarzerden) dominieren → **(ii)**
 falls Böden mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit des Oberbodens von 30 cm (Acker) dominieren → **(iii)**
 falls Böden mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit des Oberbodens von 10 cm (Grünland, Forst / Wald) dominieren → **(iv)**

(i)

HUM = 1

¹⁴ falls Unsicherheit bezüglich der Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.3

¹⁵ Gewichtsprozent, 2% Humus entspricht 1% Kohlenstoff

(ii)

Humusgehalt (bezüglich Schlüssel 7 in Tabelle 1.4.3-2)	HUM
8% und darüber	1
zwischen 4% und weniger als 8%	2
weniger als 4%	3

(iii)

Humusgehalt (bezüglich Schlüssel 7 in Tabelle 1.4.3-2)	HUM
8% und darüber	1
zwischen 4% und weniger als 8%	2
weniger als 4%	5

(iv)

Humusgehalt (bezüglich Schlüssel 7 in Tabelle 1.4.3-2)	HUM
15% und darüber	1
zwischen 8% und weniger als 15%	2
weniger als 8%	5

STOFIT3'B'Step03 - REAC-Wert zur Klassifikation des pH-Wertes

pH-Wert (bezüglich Schlüssel 8 in Tabelle 1.4.3-2)	REAC
über 6	1
zwischen 5 und 6	3
unter 5	5

STOFIT3'B'Step04 - SUM-Wert

$SUM = CLY\text{-Wert} / 3 + HUM\text{-Wert} / 3 + REAC\text{-Wert} / 3$
--

STOFIT3'B'Step05 – Bewertung

falls Böden mit einem durchschnittlichen Grundwasserspiegel von weniger als 1 Meter unter GOK überwiegen, wird mit (i) fortgefahren in allen anderen Fällen wird mit (ii) fortgefahren

(i)

$STOFIT3'B = SUM + 1$

(ii)

$STOFIT3'B = SUM$

1.5.2.3 Boden als Stoffumwandlungsmedium (STOFIT4'B)

- Das Vermögen zum mikrobiellen Abbau ist für die Bewertung des Bodens hinsichtlich seiner Funktion als Medium bei der Umwandlung von organischen Schadstoffen ausschlaggebend (BUF2'B-Funktion). Diese Bewertung ist auf den Oberboden beschränkt.

Eingabeparameter¹⁶

- Humusgehalt und Oberbodenmächtigkeit [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2, Zeile 7]

Verfahrensweise

STOFIT4'B'Step01 – Bewertung

falls Böden mit einer durchschnittlichen Oberbodenmächtigkeit von 30 cm (Acker) dominieren → (i)
 falls Böden mit einer durchschnittlichen Oberbodenmächtigkeit von 10 cm (Grünland, Forst / Wald) dominieren → (ii)

(i)

Humusgehalt (bezüglich Zeile 7 in Tabelle 1.4.3-2)	STOFIT4'B
8% und darüber	1
zwischen 4% und weniger als 8%	2
weniger als 4%	5

(ii)

Humusgehalt (bezüglich Zeile 7 in Tabelle 1.4.3-2)	STOFIT4'B
15% und darüber	1
zwischen 8% und weniger als 15%	2
weniger als 8%	5

¹⁶ falls Unsicherheit bezüglich der Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.3

1.5.3 Boden als Stätte der Produktion von Nahrungsmitteln und anderer Biomasse (PROD'B)

1.5.3.1 Boden als Stätte der Nahrungsmittelproduktion (PROD1'B)

- Die Bewertung des Bodens in seiner Funktion als Stätte der landwirtschaftlichen Produktion zielt auf die Beurteilung seiner natürlichen Ertragsfähigkeit ab.
- Damit bewertet die PROD1'B-Funktion auch die Fähigkeit des Bodens zur Biomasseproduktion. Infolgedessen kann die PROD1'B-Funktion für eine grobe Abschätzung der Eignung von Stadtböden als Baumstandort verwendet werden. Die Daten für die Bewertung des klimatischen Einflusses müssen externen Quellen entnommen werden.

Eingabeparamter¹⁷

- Humusgehalt [In situ-Methoden, Versch., siehe auch Tabelle 1.4.3-2]
- Jahresdurchschnittstemperatur [Klimadaten]

Verfahrensweise

PROD1'B'Step01 - TAV-Wert zur Klassifikation der Jahresdurchschnittstemperatur

Jahresdurchschnittstemperatur	TAV
über 8°C	1
zwischen 7,5 und 8°C	2
zwischen 7 und 7,5°C	3
zwischen 6,5 und 7°C	4
unter 6,5°C	5

PROD1'B'Step01 - Bewertung

Siehe 4.4.1 für Anweisungen zur Ableitung des WP'B-Wertes.

falls der Humusgehalt im Oberboden überwiegend größer als 4% ist → (i)
falls der Humusgehalt im Oberboden überwiegend kleiner oder gleich 4% ist → (ii)

(i)

$$\text{PROD1'B} = (\text{TAV} / 2 + \text{WC'B-Wert} / 2) - 1$$

(ii)

$$\text{PROD1'B} = (\text{TAV} / 2 + \text{WC'B-Wert} / 2)$$

¹⁷ falls Unsicherheit bezüglich der Qualität der Eingabeparameter besteht, siehe 1.4.3

1.5.4 Boden als Archiv (ARC'B)

Das Bewertungsverfahren für die Archivfunktion des Bodens auf A- und B-Ebene ist identisch. Siehe daher die betreffenden Abschnitte im Kapitel über die A-Funktion (Abschnitt 2.4 f). Da dort keine Aussagen über einzelne Teilflächen möglich sind, wird diese Bewertung auf der B-Ebene vorgenommen.

1.6 Anhang für das A-Verfahren

1.6.1 Anhang Porenvolumen (PorVol)

Die Abschätzung der Luftkapazität (AC), der nutzbaren Feldkapazität (AFC) und der Feldkapazität (FC) basiert auf den Parametern Kornfraktionen, Lagerungsdichte und dem Humusgehalt. Die dargestellten Tabellen sind JAHN, 2003 entnommen. Die Berechnungen der verschiedenen Poren-Fraktionen bei weniger als 1% organischer Substanz basieren auf Methoden von BACHMANN und HARTGE (1992), die Korrekturen für höhere Gehalte an organischer Substanz entsprechen der Vorgehensweise in der KA5 (2005). Zunächst wird das Verfahren für Mineralböden vorgestellt, gefolgt von dem für die organischen Böden.

Vorgehensweise bei Mineralböden

Böden enthalten Poren mit unterschiedlichen Durchmessern, die durch die Körnung, den Humusgehalt und der Lagerungsdichte eines Bodens verursacht werden. Diese drei Faktoren bestimmen das Vorkommen und auch die Größe der Poren. Je nach Größe und vorherrschendem Bodenwassergehalt können sie mit Luft oder Wasser gefüllt sein.

Zur Bestimmung der Luftkapazität (AC), nutzbarer Feldkapazität (AFC) oder Feldkapazität (FC) müssen unter Verwendung der untenstehenden Tabelle die folgenden Schritte ausgeführt werden:

- 1) Wahl der Kornfraktionsklasse des Horizonts
- 2) Wahl der Lagerungsdichte des Horizonts
- 3) Wahl des gesuchten Parameters (Luftkapazität (AC), nutzbare Feldkapazität (aFC) oder Feldkapazität (FC))
- 4) Wahl des in der Spalte der gewählten Kornfraktionsklasse angegebenen Humusgehaltes
- 5) Ablesen des vom Humusgehalt abhängigen Ergänzungswertes

Der gesuchte Wert ergibt sich aus der Summe des Ergänzungswertes (5) und dem Porenvolumenanteil des gewählten Parameters (3) der gewünschten Kornfraktionsklasse (1).

Tabelle zur Bestimmung der unterschiedlichen Porenvolumenanteile in Mineralböden, 1. Teil

Kornfraktionsklasse	AC (Poren > 50µm pF < 1,8)	AFC (Poren 50 - 0,2µm pF 1,8 - 4.2)	FC (Poren < 0,2µm pF > 1.8)
	mit einer Lagerungsdichte [g cm⁻³] von		
bei Ss, SI3, St2, Ts4 u. Ts3:	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8
bei allen anderen:	1,0 k.A. 1,5 1,8	1,0 k.A. 1,5 1,8	1,0 k.A. 1,5 1,8
	[Vol. %]	[Vol. %]	[Vol. %]
reiner Sand (Ss)	43 33 22 12 6	7 11 17 21 21	10 15 20 24 25
Zuschlag bei 1-2% Humus	-2	+1	+2
dt. bei > 2-4%	-1	+1	+4
dt. bei > 4-8%	+1	+3	+8
dt. bei > 8-15%	+1	+4	+10
schwach schluffiger Sand (Su2)	24 k.A. 21 15	20 k.A. 18 17	26 k.A. 23 21
schwach lehmiger Sand (SI2)	23 k.A. 18 13	20 k.A. 18 17	28 k.A. 25 23
mittel lehm. Sand (SI3)	36 26 17 9 5	12 17 20 22 21	17 22 26 27 26
schwach toniger Sand (St2)	29 20 13 8 4	19 21 23 22 20	25 28 30 29 27
Zuschlag bei 1-2% Humus	0	+1	+2
dt. bei > 2-4%	+1	+1	+4
dt. bei > 4-8%	+2	+3	+8
dt. bei > 8-15%	+3	+4	+12
mittel schluffiger Sand (Su3)	17 k.A. 14 10	25 k.A. 21 20	35 k.A. 29 26
stark schluffiger Sand (Su4)	14 k.A. 11 8	27 k.A. 23 21	39 k.A. 32 28
schluffig lehmiger Sand (Slu)	14 k.A. 10 7	23 k.A. 21 19	38 k.A. 33 30
stark lehmiger Sand (SI4)	18 k.A. 12 8	22 k.A. 18 15	36 k.A. 30 26
mittel toniger Sand (St3)	18 k.A. 15 10	22 k.A. 18 17	34 k.A. 27 25
schwach sandiger Lehm (Ls2)	13 k.A. 9 6	21 k.A. 16 14	40 k.A. 34 31
mittel sandiger Lehm (Ls3)	15 k.A. 9 6	21 k.A. 16 14	39 k.A. 33 30
stark sandiger Lehm (Ls4)	15 k.A. 11 7	20 k.A. 16 13	39 k.A. 32 28
schwach toniger Lehm (Lts)	11 9 6 5	21 17 14 11	47 42 37 31
stark sand. Ton (Ts4)	19 13 9 5 3	20 20 19 17 13	36 36 35 33 30
mittel sand. Ton (Ts3)	14 9 6 4 2	22 20 17 14 10	42 41 39 35 31
Zuschlag bei 1-2% Humus	+1	+1	+3
dt. bei > 2-4%	+2	+2	+5
dt. bei > 4-8%	+3	+5	+10
dt. bei > 8-15%	+5	+9	+15

Bei den Kornfraktionen bei denen keine Humuszuschläge angegeben werden, sind diese durch mitteln der Zuschläge der ähnlichen Kornfraktionen mit entsprechenden Angaben zu berechnen.

Die Werte sind Jahn (2003) entnommen und mit Angaben der KA5 (2005) sowie eigenen Berechnungen ergänzt.

Tabelle zur Bestimmung der unterschiedlichen Porenvolumenanteile in Mineralböden, fortgesetzt, 2. Teil

Kornfraktionsklasse	AC (Poren > 50µm pF < 1,8)	AFC (Poren 50 - 0,2µm pF 1,8 - 4.2)	FC (Poren < 0,2µm pF > 1.8)
	mit einer Lagerungsdichte [g cm⁻³] von		
bei Uu, Lu, Tu3, Tu2 u. Tt:	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8	1,0 1,2 1,4 1,6 1,8
bei allen anderen:	1,0 1,3 1,5 1,8	1,0 1,3 1,5 1,8	1,0 1,3 1,5 1,8
	[Vol. %]	[Vol. %]	[Vol. %]
reiner Schluff (Uu)	14 9 5 3 1	34 33 31 27 22	39 39 37 34 29
Zuschlag bei 1-2% Humus	+1	+1	+2
dt. bei > 2-4%	+2	+1	+4
dt. bei > 4-8%	+3	+4	+9
dt. bei > 8-15%	+6	+5	+12
schw. toniger Schluff (Ut2)	10 k.A. 6 3	28 k.A. 26 23	40 k.A. 37 35
mittel toniger Schluff (Ut3)	11 k.A. 6 3	26 k.A. 25 23	39 k.A. 37 35
sandig lehm. Schluff (Uls)	13 k.A. 8 5	24 k.A. 22 21	39 k.A. 35 33
stark toniger Schluff (Ut4)	12 k.A. 7 3	23 k.A. 21 19	39 k.A. 37 35
schluffiger Lehm (Lu)	17 11 7 4 2	28 28 26 23 18	38 37 36 33 29
Zuschlag bei 1-2% Humus	+1	+1	+2
dt. bei > 2-4%	+2	+1	+4
dt. bei > 4-8%	+3	+4	+9
dt. bei > 8-15%	+6	+5	+12
mittel toniger Lehm (Lt3)	10 6 5 3	20 14 12 10	49 43 39 35
mittel schluff. Ton (Tu3)	11 7 5 3 1	24 22 18 15 10	45 43 40 36 32
stark schluff. Ton (Tu4)	10 k.A. 6 3	19 k.A. 17 16	41 k.A. 37 35
schw. sandiger Ton (Ts2)	10 5 4 3	18 15 13 12	51 46 39 34
lehmiger Ton (Tl)	9 5 4 3	19 14 13 11	54 47 41 35
schw. schluff. Ton (Tu2)	8 5 3 2 1	20 17 13 17 13	49 46 43 39 34
reiner Ton (Tt)	9 6 4 2 1	14 11 8 14 10	50 47 44 40 35
Zuschlag bei 1-2% Humus	0	+2	+4
dt. bei > 2-4%	0	+5	+8
dt. bei > 4-8%	+1	+11	+13
dt. bei > 8-15%	+2	+16	+18

Bei den Kornfraktionen bei denen keine Humuszuschläge angegeben werden, sind diese durch mitteln der Zuschläge der ähnlichen Kornfraktionen mit entsprechenden Angaben zu berechnen.

Die Werte sind Jahn (2003) entnommen und mit Angaben der KA5 (2005) sowie eigenen Berechnungen ergänzt.

Weitere, ggf. aktuelle Informationen, sind abrufbar unter:

http://www.bgr.bund.de/cln_011/nn_334066/DE/Themen/Boden/Zusammenarbeit/Adhocag/adhocag_node.html? nnn=true

Die Abschätzung der Luftkapazität (AC), der nutzbaren Feldkapazität (aFC) und der Feldkapazität (FC) hängt auch von der Zersetzungsstufe und dem Substanzvolumen des Humus bei Torfböden und organischen Horizonten ab (JAHN, 2003).

Vorgehensweise bei organischen Böden

Böden mit einem hohen Humusgehalt können einen sehr hohen Porenanteil aufweisen. Deshalb bedürfen sie einer separaten Betrachtung bezüglich ihrer Luftkapazität, nutzbarer Feldkapazität und Feldkapazität.

Dieser Bestimmungsschlüssel verlangt nach dem jeweiligen Humustyp. Anschließend kann der gesuchte Wert unter Einbezug des Wasserregimes des Standortes gefunden werden (nicht entwässert, leicht entwässert oder entwässert). Da keine Daten für Böden aus organischen Schlämmen und für Böden aus transportierten organischen Substraten vorliegen, sind hier keine Abschätzungen möglich, weshalb Laborbestimmungen erforderlich sind.

Tabelle zur Bestimmung der verschiedenen Porenvolumenanteile bei organischen Böden

Humustyp	AC			aFC			FC		
	(pF < 1,8)			(pF 1,8 - 4,2)			(pF > 1,8)		
	)¹	)²	)³	)¹	)²	)³	)¹	)²	)³
normalerweise nicht entwässertes Hochmoor									
schwach zersetzte Pflanzengewebsstrukturen erkennbar	30	25	20	55	58	60	65	69	72
mäßig zersetzt, Pflanzengewebsstrukturen schwach erkennbar	25	20	15	60	60	60	70	73	75
stark zersetzt, Pflanzengewebsstrukturen nicht erkennbar	10	10	5	60	65	55	85	82	83
normalerweise entwässertes Niedermoor aus stark zersetztem Bodenmaterialien mit Aschegehalten von 25-50 %									
schwach vererdetes, überwiegend krümeliges Bodengefüge	-	-	16	-	-	32	-	-	62
mäßig vererdetes, krümelig-subpolyedrisches Bodengefüge	-	-	18	-	-	29	-	-	59
stark vererdetes, polyedrisches Bodengefüge	-	-	20	-	-	29	-	-	63
O-Horizonte, zersetztes organisches Material	-	-	18	-	-	29	-	-	59

Basierend auf AG-Boden, 2005

¹: nicht entwässert, ² leicht entwässert, ³ entwässert

1.6.2 Anhang hydraulische Leitfähigkeit (kf)

Der kf-Wert permanent vernässter organischer Böden wird gleich „0“ gesetzt, wenn die Vernässung infolge von undurchlässigen Schichten, z.B. Tonmudden auftritt. Keine Abschätzung des kf-Wertes ist bei entwässerten organischen Böden sowie bei Böden aus transportierten, anthropogenen organischen Material möglich. Hier sind individuelle Bestimmungen nötig, da noch zu wenig Erfahrung für diese Fälle vorliegt. Der kf-Wert beschreibt die Geschwindigkeit mit der Wasser unter gesättigten Bedingungen und einem hydraulischen Gradienten von 1 durch einen Boden perkoliert. Der kf-Wert eines Bodens wird durch die Lagerungsdichte und die Bodenart bestimmt.

Eine spezielle Tabelle zur Bestimmung des kf-Wertes verschiedener Mineralböden findet sich weiter unten. Darin sind auch sehr hohe Lagerungsdichten aufgeführt, so wie sie in maschinell verdichteten, anthropogen überprägten Böden oft vorkommen.

Die Zahlenwerte der untenstehenden Tabelle wurden mit einer von SCHAAP (1999) entwickelten Software zur Abschätzung bodenhydraulischer Parameter unter Verwendung von Basis-Bodendaten (Rosetta) errechnet.

Vorgehensweise

Der kf-Wert wird unter Verwendung der untenstehenden Tabelle anhand der folgenden Schritte bestimmt:

- 1) Abschätzung oder Bestimmung der Bodenart des Horizonts
- 2) Abschätzung oder Bestimmung der Lagerungsdichte
- 3) Ablesen des kf-Wertes des Horizonts entsprechend der Bodenart und Lagerungsdichte

kf-Tabelle – kf-Werte von Mineralböden - Körnungsklassen nach KA5 (2005), Teil 1/3

Sand	Schluff	Ton	Körnungsklasse KA5	kf [cm/Tag] bei Lagerungsdichte				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Gewichts-% (bestimmt oder abgeschätzt)				[g/cm ³]				
			Ss	542	691	653	447	237
			Su2	361	277	181	100	48
			SI2	272	182	106	53	23
			SI3	215	118	59	28	12
			St2	235	194	126	65	26
			Su3	272	147	75	38	18
			Su4	216	105	52	27	14
			Slu	141	55	23	11	6
			SI4	165	85	41	19	8
			St3	164	108	56	24	8
			Ls2	106	36	13	6	3
			Ls3	90	35	15	7	3
			Ls4	120	60	28	12	5
			Lt2	85	29	10	4	2
			Lts	83	35	14	5	2
			Ts4	115	74	37	14	5
			Ts3	85	48	24	11	4
			Uu	153	87	45	22	10
			Us	235	120	57	26	12
			Ut2	169	81	36	16	7
			Ut3	118	56	25	11	4
			Uls	159	64	26	11	5
			Ut4	93	42	18	7	3
			Lu	105	38	13	5	2
			Lt3	91	30	9	3	1
			Tu3	66	24	8	3	1
			Tu4	50	21	8	3	1
			Ts2	61	32	16	8	4
			TI	73	29	12	5	2
			Tu2	68	24	8	3	1
			Tt	34	16	7	3	2

s: sandig, U: Schluff, u: schluffig, T: Ton, t: tonig, 2: schwach, 3: mittel, 4: stark, KA5: AG Boden (2005)

kf-Tabelle – kf-Werte von Mineralböden - metrische Körnungsklassen, Teil 2/3

Sand	Schluff	Ton	Körnungs- klasse KA5	kf [cm/Tag] bei Lagerungsdichte				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Gewichts-% (bestimmt oder abgeschätzt)				[g/cm ³]				
100	0	0		616	1311	1636	1357	853
90	10	0		572	627	541	356	190
90	0	10		308	382	331	205	95
80	20	0		400	304	200	113	57
80	10	10		267	206	132	68	29
80	0	20		165	144	89	41	15
70	30	0		347	207	115	60	30
70	20	10		232	139	74	35	15
70	10	20		167	105	53	23	8
70	0	30		111	85	48	20	7
60	40	0		311	165	86	45	22
60	30	10		196	101	49	24	11
60	20	20		137	72	34	14	6
60	10	30		110	68	33	13	4
60	0	40		76	54	32	15	5
50	50	0		273	137	70	37	19
50	40	10		155	71	34	17	8
50	30	20		101	46	20	9	4
50	20	30		89	41	18	7	3
50	10	40		86	46	22	9	3
50	0	50		61	39	22	11	5
40	60	0		305	149	70	34	16
40	50	10		169	70	29	14	7
40	40	20		101	36	14	6	3
40	30	30		79	29	11	4	2
40	20	40		85	37	15	5	2
40	10	50		70	36	18	8	3
40	0	60		47	29	17	10	5

kf-Tabelle – kf-Werte von Mineralböden - metrische Körnungsklassen, Teil 3/3

Sand	Schluff	Ton	Körnungsklasse KA5	kf [cm/Tag] bei Lagerungsdichte				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
Gewichts-% (bestimmt oder abgeschätzt)				[g/cm ³]				
30	70	0		303	160	78	36	17
30	60	10		181	77	32	15	7
30	50	20		114	40	14	6	3
30	40	30		90	30	10	4	1
30	30	40		91	33	11	4	1
30	20	50		79	34	14	6	2
30	10	60		58	29	14	7	3
30	0	70		39	24	14	8	4
20	80	0		276	151	76	37	17
20	70	10		177	82	36	15	7
20	60	20		118	45	16	6	3
20	50	30		92	31	10	4	1
20	40	40		91	30	9	3	1
20	30	50		85	31	11	4	2
20	20	60		63	26	11	5	2
20	10	70		45	23	12	6	3
20	0	80		33	21	13	7	4
10	90	0		213	124	66	32	15
10	80	10		146	73	34	15	7
10	70	20		100	43	17	7	3
10	60	30		80	30	10	4	1
10	50	40		77	27	9	3	1
10	40	50		78	27	9	3	1
10	30	60		62	23	9	4	2
10	20	70		47	20	9	4	2
10	10	80		37	20	10	5	2
10	0	90		31	19	11	6	3
0	100	0		125	69	37	18	9
0	90	10		85	44	22	10	5
0	80	20		59	28	12	5	2
0	70	30		50	21	8	3	1
0	60	40		51	20	7	2	1
0	50	50		55	20	6	2	1
0	40	60		49	17	6	2	1
0	30	70		40	15	6	3	1
0	20	80		34	16	7	3	1
0	10	90		31	17	8	4	2
0	0	100		25	15	5	3	2

1.6.3 Anhang Kationenaustauschkapazität (CEC)

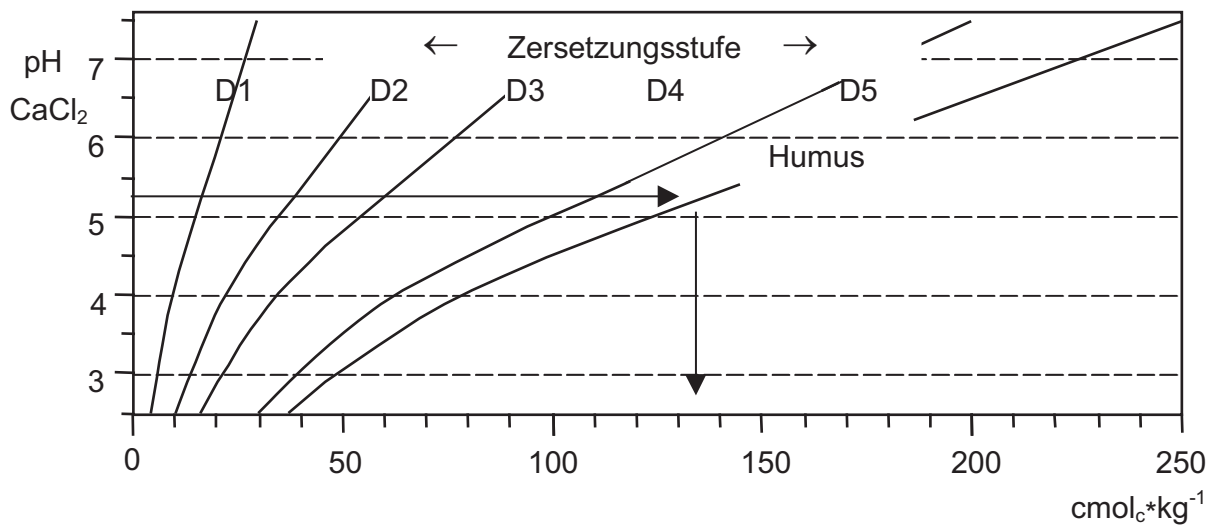
Die sehr feinen Bodenpartikel (Kolloide), hauptsächlich Ton und organische Substanz, besitzen negative Ladungen auf ihren Oberflächen, womit sie kationische Nährstoffe und Schadstoffe adsorbieren können. Diese Kationen können gegen äquivalente Mengen anderer Kationen ausgetauscht werden. Die Summe der austauschbaren Kationen stellen die Kationenaustauschkapazität (CEC) dar, welche in $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ausgedrückt wird. Die Höhe der CEC hängt in erster Linie von der Menge und Art an Tonmineralien und dem Gehalt an organischer Substanz ab. Tonmineralien weisen eine CEC von < 10 to $> 200 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ auf. In gering bis mäßig verwitterten Böden liegt gewöhnlich eine Mischung von Tonmineralien vor, hier kann in der Tonfraktion eine CEC von etwa $50 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ gemessen werden. Bei illitischen Böden kann die CEC durch Verwendung der folgenden Tabelle und unter Einbezug der Bodenart und des Humusgehaltes abgeschätzt werden. Bei smektitischen Böden (z.B. die smektitreiche FAO/ WRB Bodengruppe der Vertisole) sollten die so ermittelten Werte mit einem Faktor von 2,5 multipliziert werden, bei kaolinitischen Böden (z.B. die kaolinitreichen FAO/ WRB Bodengruppen der Acrisols und Ferralsols) mit 0,3 und im Falle von geric-Eigenschaften (geringe CEC, siehe auch FAO et al. 2006) mit 0,03 (FAO und JAHN, 2006).

CEC_{eff}'-Tabelle 1 – CEC_{miner} der mineralischen Fraktion von Bodenhorizonten

Kornfraktion	CEC _{miner} [$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$]	Kornfraktion	CEC _{miner} [$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$]	Kornfraktionsklasse	CEC _{miner} [$\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$]
Ss	2	St2, Us	8	Tu2	20
Su2	3	Uu	10	Tl	27
Sl3, Sl4	4	L, Ut2, Ut3,		Tt	35
Su3	6	Ut4, Uls, Lu	12		
		Tu4, Tu3	15		
		Lt2, Lt3, Lts,	18		

CEC_{eff}'Tabelle 2 – Zersetzungsstufen der Torfe

Zustand der Torfe	Klassen
sehr schwach zersetzt, strukturierte Pflanzenreste sichtbar	D1
schwach zersetzt, Struktur von Pflanzen, Pflanzenresten sichtbar	D2
mäßig zersetzt, strukturierte Pflanzenrest schwach erkennbar	D3
stark zersetzt, keine strukturierten Pflanzenreste erkennbar	D4
sehr stark zersetzt, keine strukturierten Pflanzenreste erkennbar	D5

**CEC_{eff}'Abbildung – effektive CEC [cmol_c*kg⁻¹] der organischen Fraktion eines Horizonts**

1.6.4 Anhang Klima

Zur Abschätzung der Verdunstung bzw. Abkühlungsleistung eines konkreten Ortes mit Hilfe der nachfolgenden Tabellen ist die Station mit ähnlichstem Temperatur- und Niederschlagsregime zu bestimmen sowie die Einstufung des konkreten Ortes entsprechend der dort verfügbaren Feldkapazität und des dortigen kapillaren Aufstiegs vorzunehmen.

Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens in Abhängigkeit vom Standort - Standortparameter

Stationsname	Datenjahre	m ü. NN	geogr. Breite	geogr. Länge	Mittel- T [°C]	mittl. N [mm]
--------------	------------	------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------

Orte mit < 7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Fichtelberg	1987-2007	1213	50°26'	12°13'	3,7	1185
Wasserkuppe	1987-2007	921	50°30'	9°57'	5,7	1194
Großer Arber	1987-2007	1436	19°07'	13°08'	3,5	1588
Feldberg/ Schwarzwald	1987-2007	1486	47°53'	8°00'	4,1	1704
Oberstdorf	1987-2007	806	47°24'	10°17'	6,7	1848
Wendelstein	1987-2007	1832	47°42'	12°01'	2,8	1851
Brocken	1987-2007	1142	51°48'	10°37'	3,7	1970
Zugspitze	1987-2007	2964	47°25'	10°59'	-4,1	2206
Kahler Asten	1987-2007	839	51°11'	8°29'	5,6	3286

Orte mit N=7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Hof-Hohensaas	1987-2007	567	50°19'	11°53'	7,3	798
Stötten	1987-2007	734	48°40'	9°52'	7,7	1140
Hohenpeissenberg	1987-2007	977	47°48'	11°01'	7,4	1245
Kempton	1987-2007	705	47°43'	10°20'	7,7	1322
Freudenstadt	1987-2007	797	48°27'	8°25'	7,4	1777

Orte mit N=8°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Arkona	1987-2007	42	54°41'	13°26'	8,7	571
Erfurt-Bindersleben	1987-2007	316	50°59'	10°58'	8,7	572
Nürburg-Barweiler	1996-2007	485	50°22'	6°52'	8,7	622
Greifswald	1987-2007	2	54°06'	13°24'	8,9	622
Gera-Leumnitz	1987-2007	311	50°53'	12°08'	8,8	631
Görlitz	1987-2007	238	51°10'	14°57'	8,9	673
Meiningen	1987-2007	450	50°34'	10°23'	8,0	698
Weiden/ Oberpfalz	1987-2007	440	49°10'	12°11'	8,3	753
Straubing	1995-2007	351	48°50'	12°34'	8,8	761
Augsburg-Mühlheim	1987-2007	461	48°26'	10°57'	8,7	811
Schleswig	1987-2007	43	54°32'	9°33'	8,8	915
Hahn	1999-2007	491	49°57'	7°16'	8,7	925
Fürstencell	1997-2007	476	48°33'	13°21'	8,7	1009

N: natürliche Zahl, T.: Temperatur, N.: Niederschlag

Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens - Standortparameter, fortgesetzt

Stationsname	Datenjahre	m ü. NN	geogr. Breite	geogr. Länge	Mittel- T [°C]	mittl. N [mm]
--------------	------------	------------	------------------	-----------------	-------------------	------------------

Orte mit N=9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Magdeburg	1987-2007	76	52°06'	11°35'	9,6	537
Angermünde	1987-2007	54	53°02'	14°00'	9,1	548
Neuruppin	1987-2007	38	52°54'	12°49'	9,4	558
Leipzig-Schkeuditz	1987-2007	131	51°26'	12°14'	9,6	563
Cottbus	1987-2007	69	51°47'	14°19'	9,8	586
Lindenberg	1987-2007	98	52°13'	14°07'	9,4	589
Fehmann	1997-2007	3	54°32'	11°04'	9,5	596
Potsdam	1987-2007	81	52°23'	13°04'	9,4	615
Würzburg	1987-2007	268	49°46'	9°58'	9,8	626
Nürnberg-Kraftshof	1987-2007	314	49°30'	11°03'	9,5	648
Rostock-Warnemünde	1987-2007	4	54°11'	12°05'	9,5	657
Schwerin	1987-2007	59	53°39'	11°23'	9,2	674
Hannover-Langenhagen	1987-2007	55	52°28'	9°41'	9,8	676
Dresden-Klotzsche	1987-2007	227	51°08'	13°45'	9,5	679
Bamberg	1987-2007	239	49°53'	10°55'	9,4	679
Gießen-Wettenberg	1987-2007	203	50°36'	8°39'	9,9	685
Fritzlar	2001-2007	174	51°07'	9°17'	9,7	692
Regensburg	1987-2007	365	19°03'	12°06'	9,0	698
Marnitz	1992-2007	81	53°19'	11°56'	9,0	701
List auf Sylt	1987-2007	26	55°01'	8°25'	9,2	734
Bremen	1987-2007	4	53°03'	8°48'	9,6	745
Stuttgart-Echterdingen	1987-2007	371	48°41'	9°14'	9,6	746
Helgoland	1987-2007	4	54°11'	7°54'	9,9	779
Nordeney	1987-2007	11	53°43'	7°09'	9,8	785
Kiel-Holtenau	1987-2007	27	54°23'	10°09'	9,1	801
Erdinger Moos	1993-2007	444	48°22'	11°49'	9,0	832
Hamburg-Fuhlsbüttel	1987-2007	11	53°38'	9°59'	9,5	838
Cuxhaven	1987-2007	5	53°52'	8°42'	9,8	875
Saarbrücken-Ensheim	1987-2007	320	49°13'	7°07'	9,6	920
Emden	1998-2007	0	53°23'	7°14'	9,9	930
Bad Lippspringe	1987-2007	157	51°47'	8°50'	9,6	1011

Orte mit > 9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Berlin-Temperhof	1987-2007	48	52°28'	13°24'	10,1	606
Frankfurt/Main	1987-2007	112	50°03'	8°36'	10,8	646
Lahr	1995-2007	155	48°22'	7°50'	10,9	692
Mannheim	1987-2007	96	49°31'	8°33'	11,1	694
Karlsruhe	1987-2007	112	49°02'	8°22'	11,3	803
Trier-Petrisberg	1987-2007	265	49°45'	6°40'	10,0	814
Düsseldorf	1987-2007	37	51°18'	6°46'	10,9	825
Greven	1990-2007	48	52°08'	7°42'	10,1	827
Öhringen	1987-2007	276	49°12'	9°31'	10,0	861
Aachen	1987-2007	202	50°47'	6°06'	10,6	863
Köln-Wahn	1987-2007	92	50°52'	7°10'	10,5	875
Konstanz	1987-2007	443	47°41'	9°11'	10,0	886

**Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens in Abhängigkeit vom Standort -
Angaben in l/m²**

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC + 100 mm k.A./ a	±aFC	>aFC
--------------	-------	------	------	------	-------	--------------------------	------	------

Orte mit < 7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Fichtelberg	509	577	610	636	656	636	652	667
Wasserkuppe	514	582	615	641	661	641	657	672
Großer Arber	583	651	684	710	730	710	726	741
Feldberg/ Schwarzwald	631	699	732	758	778	758	774	789
Oberstdorf	721	790	822	848	869	848	864	879
Wendelstein	667	735	768	794	814	794	810	825
Brocken	638	707	740	765	786	765	781	796
Zugspitze	719	788	821	847	867	847	862	877
Kahler Asten	552	620	653	679	699	679	695	710

Orte mit N=7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Hof-Hohensaas	442	510	543	569	589	569	585	600
Stötten	527	595	628	654	674	654	670	685
Hohenpeissenberg	589	658	691	717	737	717	732	747
Kempten	590	658	691	717	737	717	733	748
Freudenstadt	606	674	707	733	753	733	749	764

Orte mit N=8°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Arkona	388	457	490	516	536	516	531	546
Erfurt-Bindersleben	418	487	520	546	566	546	561	576
Nürnberg-Barweiler	490	558	591	617	638	617	633	648
Greifswald	418	486	519	545	565	545	561	576
Gera-Leumnitz	431	499	532	558	578	558	574	589
Görlitz	442	510	543	569	589	569	585	600
Meiningen	426	494	527	553	573	553	569	584
Weiden/ Oberpfalz	448	516	549	575	595	575	591	606
Straubing	446	514	547	573	593	573	589	604
Augsburg-Mühlheim	476	544	577	603	623	603	619	634
Schleswig	463	532	565	591	611	591	606	621
Hahn	448	516	549	575	595	575	590	606
Fürstenzell	582	650	683	709	729	709	725	740

N: natürliche Zahl, **T.:** Temperatur, **N.:** Niederschlag

<<aFC, <aFC, ±aFC>aFC, >>aFC:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden bei den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität Werte von 25, 70, 115, 170 bzw. 230 mm eingesetzt

<aFC+ 100 mm k.A./ a, ±aFC100 mm k.A./ a, >aFC100 mm k.A./ a:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden jeweils zu den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität von 70, 115 bzw. 170 mm noch 100 mm für Wasser aus kapillarem Aufstieg von Grundwasser addiert. Bei berechneten Böden können ebenfalls die Werte für Böden mit kapillarem Aufstieg aus dem Grundwasser verwendet werden.

Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens - l/m², fortgesetzt

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC + 100 mm k.A./ a	±aFC	>aFC
--------------	-------	------	------	------	-------	--------------------------	------	------

Orte mit N=9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Magdeburg	410	478	511	537	557	537	553	568
Angermünde	413	481	514	540	561	540	556	571
Neuruppin	406	475	508	534	554	534	549	564
Leipzig-Schkeuditz	422	490	523	549	570	549	565	580
Cottbus	427	496	529	555	575	555	570	585
Lindenberg	419	487	520	546	566	546	562	577
Fehmanrn	418	486	519	545	565	545	561	576
Potsdam	426	495	528	554	574	554	569	584
Würzburg	428	496	529	555	575	555	571	586
Nürnberg-Kraftshof	430	499	532	558	578	558	573	589
Rostock-Warnemünde	423	491	524	550	570	550	566	581
Schwerin	427	496	529	555	575	555	570	586
Hannover-Langenhagen	427	495	528	554	574	554	570	585
Dresden-Klotzsche	446	514	547	573	593	573	589	604
Bamberg	432	500	533	559	579	559	575	590
Gießen-Wettenberg	439	507	540	566	586	566	582	597
Fritzlar	493	561	594	620	640	620	636	651
Regensburg	440	509	542	568	588	568	583	598
Marnitz	430	498	531	557	577	557	573	588
List auf Sylt	414	483	516	542	562	542	557	572
Bremen	443	512	545	570	591	570	586	601
Stuttgart-Echterdingen	460	529	562	588	608	588	603	619
Helgoland	420	488	521	547	567	547	563	578
Nordeney	429	498	531	557	577	557	572	588
Kiel-Holtenau	446	515	548	574	594	574	589	605
Erdinger Moos	513	581	614	640	660	640	655	671
Hamburg-Fuhlsbüttel	464	532	565	591	611	591	607	622
Cuxhaven	458	526	559	585	605	585	601	616
Saarbrücken-Ensheim	462	531	564	590	610	590	605	620
Emden	446	515	548	574	594	574	589	604
Bad Lippspringe	497	565	598	624	644	624	639	655

Orte mit > 9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Berlin-Temperhof	427	496	529	555	575	555	570	585
Frankfurt/Main	438	506	539	565	585	565	581	596
Lahr	479	548	581	607	627	607	622	637
Mannheim	448	516	549	575	595	575	591	606
Karlsruhe	461	530	563	589	609	589	604	620
Trier-Petrisberg	458	527	560	586	606	586	601	616
Düsseldorf	466	535	568	594	614	594	609	625
Greven	462	530	563	589	609	589	605	620
Öhringen	467	535	568	594	614	594	610	625
Aachen	469	538	571	597	617	597	612	627
Köln-Wahn	486	555	588	614	634	614	629	645
Konstanz	497	565	598	624	644	624	640	655

**Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens in Abhängigkeit vom Standort -
Angaben in MJ/ m²**

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC + 100 mm k.A./ a	±aFC	>aFC
--------------	-------	------	------	------	-------	--------------------------	------	------

Orte mit < 7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Fichtelberg	1256	1425	1507	1571	1620	1571	1609	1647
Wasserkuppe	1270	1439	1520	1584	1634	1584	1623	1660
Großer Arber	1440	1609	1690	1754	1804	1754	1793	1830
Feldberg/ Schwarzwald	1557	1726	1808	1872	1922	1872	1911	1948
Oberstdorf	1781	1950	2032	2096	2145	2096	2134	2172
Wendelstein	1647	1816	1897	1962	2011	1962	2000	2038
Brocken	1576	1745	1827	1891	1940	1891	1929	1967
Zugspitze	1777	1946	2027	2091	2141	2091	2130	2167
Kahler Asten	1363	1532	1613	1677	1727	1677	1716	1753

Orte mit N=7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Hof-Hohensaas	1091	1260	1342	1406	1455	1406	1444	1482
Stötten	1302	1471	1552	1616	1666	1616	1655	1692
Hohenpeissenberg	1456	1625	1706	1770	1820	1770	1809	1846
Kempten	1457	1626	1707	1772	1821	1772	1810	1848
Freudenstadt	1496	1665	1746	1810	1860	1810	1849	1886

Orte mit N=8°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Arkona	959	1128	1209	1273	1323	1273	1312	1349
Erfurt-Bindersleben	1033	1202	1283	1348	1397	1348	1386	1423
Nürnberg-Barweiler	1210	1379	1461	1525	1575	1525	1564	1601
Greifswald	1032	1201	1282	1346	1396	1346	1385	1422
Gera-Leumnitz	1064	1233	1315	1379	1429	1379	1418	1455
Görlitz	1091	1260	1341	1406	1455	1406	1444	1481
Meiningen	1051	1220	1302	1366	1416	1366	1404	1442
Weiden/ Oberpfalz	1106	1275	1356	1421	1470	1421	1459	1496
Straubing	1101	1270	1352	1416	1465	1416	1454	1492
Augsburg-Mühlheim	1176	1344	1426	1490	1540	1490	1529	1566
Schleswig	1144	1313	1395	1459	1508	1459	1497	1535
Hahn	1105	1274	1356	1420	1470	1420	1458	1496
Fürstzell	1437	1606	1687	1752	1801	1752	1790	1828

MJ: Megajoule, **N:** natürliche Zahl, **T.:** Temperatur, **N.:** Niederschlag

<<aFC, <aFC, ±aFC>aFC, >>aFC:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden bei den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität Werte von 25, 70, 115, 170 bzw. 230 mm eingesetzt

<aFC+ 100 mm k.A./ a, ±aFC100 mm k.A./ a, >aFC100 mm k.A./ a:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden jeweils zu den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität von 70, 115 bzw. 170 mm noch 100 mm für Wasser aus kapillarem Aufstieg von Grundwasser addiert. Bei berechneten Böden können ebenfalls die Werte für Böden mit kapillarem Aufstieg aus dem Grundwasser verwendet werden.

Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens - MJ/ m², fortgesetzt

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC	±aFC	>aFC
	+ 100 mm k.A./ a							

Orte mit N=9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Magdeburg	1012	1181	1262	1326	1376	1326	1365	1402
Angermünde	1020	1189	1271	1335	1384	1335	1373	1411
Neuruppin	1003	1172	1254	1318	1368	1318	1357	1394
Leipzig-Schkeuditz	1043	1212	1293	1357	1407	1357	1396	1433
Cottbus	1056	1225	1306	1370	1420	1370	1409	1446
Lindenberg	1034	1203	1285	1349	1398	1349	1387	1425
Fehmanrn	1032	1201	1282	1346	1396	1346	1385	1422
Potsdam	1053	1222	1304	1368	1417	1368	1406	1444
Würzburg	1057	1226	1307	1371	1421	1371	1410	1447
Nürnberg-Kraftshof	1063	1232	1314	1378	1428	1378	1416	1454
Rostock-Warnemünde	1045	1214	1295	1359	1409	1359	1398	1435
Schwerin	1056	1225	1306	1371	1420	1371	1409	1446
Hannover-Langenhagen	1055	1224	1305	1369	1419	1369	1408	1445
Dresden-Klotzsche	1101	1270	1351	1415	1465	1415	1454	1491
Bamberg	1067	1236	1317	1381	1431	1381	1420	1457
Gießen-Wettenberg	1083	1252	1334	1398	1448	1398	1437	1474
Fritzlar	1218	1387	1468	1532	1582	1532	1571	1608
Regensburg	1088	1257	1338	1402	1452	1402	1441	1478
Marnitz	1062	1230	1312	1376	1426	1376	1415	1452
List auf Sylt	1024	1193	1274	1338	1388	1338	1377	1414
Bremen	1095	1263	1345	1409	1459	1409	1448	1485
Stuttgart-Echterdingen	1137	1306	1388	1452	1502	1452	1491	1528
Helgoland	1036	1205	1287	1351	1401	1351	1390	1427
Nordeney	1061	1230	1311	1375	1425	1375	1414	1451
Kiel-Holtenau	1103	1272	1353	1417	1467	1417	1456	1493
Erdinger Moos	1266	1435	1516	1581	1630	1581	1619	1656
Hamburg-Fuhlsbüttel	1145	1314	1396	1460	1510	1460	1499	1536
Cuxhaven	1131	1300	1382	1446	1496	1446	1484	1522
Saarbrücken-Ensheim	1142	1311	1392	1456	1506	1456	1495	1532
Emden	1103	1272	1353	1417	1467	1417	1456	1493
Bad Lippspringe	1226	1395	1477	1541	1591	1541	1580	1617

Orte mit > 9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Berlin-Temperhof	1055	1224	1306	1370	1419	1370	1408	1446
Frankfurt/Main	1082	1251	1332	1397	1446	1397	1435	1472
Lahr	1184	1353	1434	1498	1548	1498	1537	1574
Mannheim	1106	1275	1357	1421	1470	1421	1459	1497
Karlsruhe	1140	1309	1390	1454	1504	1454	1493	1530
Trier-Petrisberg	1132	1301	1383	1447	1496	1447	1485	1523
Düsseldorf	1152	1321	1403	1467	1516	1467	1505	1543
Greven	1141	1310	1391	1455	1505	1455	1494	1531
Öhringen	1153	1322	1403	1468	1517	1468	1506	1544
Aachen	1159	1328	1410	1474	1523	1474	1512	1550
Köln-Wahn	1202	1371	1452	1516	1566	1516	1555	1592
Konstanz	1227	1396	1478	1542	1592	1542	1580	1618

**Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens in Abhängigkeit vom Standort -
Angaben in kW*h/ m²**

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC + 100 mm k.A./ a	±aFC	>aFC
--------------	-------	------	------	------	-------	--------------------------	------	------

Orte mit < 7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Fichtelberg	349	396	419	436	450	436	447	457
Wasserkuppe	353	400	422	440	454	440	451	461
Großer Arber	400	447	469	487	501	487	498	508
Feldberg/ Schwarzwald	433	480	502	520	534	520	531	541
Oberstdorf	495	542	564	582	596	582	593	603
Wendelstein	457	504	527	545	559	545	556	566
Brocken	438	485	507	525	539	525	536	546
Zugspitze	493	540	563	581	595	581	592	602
Kahler Asten	379	425	448	466	480	466	477	487

Orte mit N=7°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Hof-Hohensaas	303	350	373	391	404	391	401	412
Stötten	362	408	431	449	463	449	460	470
Hohenpeissenberg	404	451	474	492	505	492	502	513
Kempten	405	452	474	492	506	492	503	513
Freudenstadt	415	462	485	503	517	503	514	524

Orte mit N=8°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Arkona	266	313	336	354	368	354	364	375
Erfurt-Bindersleben	287	334	357	374	388	374	385	395
Nürnberg-Barweiler	336	383	406	424	437	424	434	445
Greifswald	287	334	356	374	388	374	385	395
Gera-Leumnitz	296	343	365	383	397	383	394	404
Görlitz	303	350	373	390	404	390	401	412
Meiningen	292	339	362	379	393	379	390	401
Weiden/ Oberpfalz	307	354	377	395	408	395	405	416
Straubing	306	353	375	393	407	393	404	414
Augsburg-Mühlheim	327	373	396	414	428	414	425	435
Schleswig	318	365	387	405	419	405	416	426
Hahn	307	354	377	394	408	394	405	416
Fürstzell	399	446	469	487	500	487	497	508

kW*h: Kilowatt-Stunden, **N:** natürliche Zahl, **T.:** Temperatur, **N.:** Niederschlag

<<aFC, <aFC, ±aFC>aFC, >>aFC:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden bei den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität Werte von 25, 70, 115, 170 bzw. 230 mm eingesetzt

<aFC+ 100 mm k.A./ a, ±aFC100 mm k.A./ a, >aFC100 mm k.A./ a:

zur Berechnung der angegebenen Werte wurden jeweils zu den Angaben zur verfügbaren Feldkapazität von 70, 115 bzw. 170 mm noch 100 mm für Wasser aus kapillarem Aufstieg von Grundwasser addiert. Bei berechneten Böden können ebenfalls die Werte für Böden mit kapillarem Aufstieg aus dem Grundwasser verwendet werden.

Verdunstung und Abkühlungsleistung des Bodens - kW*h/ m², fortgesetzt

Stationsname	<<aFC	<aFC	±aFC	>aFC	>>aFC	<aFC + 100 mm k.A./ a	±aFC	>aFC
--------------	-------	------	------	------	-------	--------------------------	------	------

Orte mit N=9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Magdeburg	281	328	351	368	382	368	379	390
Angermünde	283	330	353	371	385	371	382	392
Neuruppin	279	326	348	366	380	366	377	387
Leipzig-Schkeuditz	290	337	359	377	391	377	388	398
Cottbus	293	340	363	381	394	381	391	402
Lindenberg	287	334	357	375	388	375	385	396
Fehmanrn	287	334	356	374	388	374	385	395
Potsdam	293	339	362	380	394	380	391	401
Würzburg	293	340	363	381	395	381	392	402
Nürnberg-Kraftshof	295	342	365	383	397	383	393	404
Rostock-Warnemünde	290	337	360	378	391	378	388	399
Schwerin	293	340	363	381	394	381	391	402
Hannover-Langenhagen	293	340	363	380	394	380	391	401
Dresden-Klotzsche	306	353	375	393	407	393	404	414
Bamberg	296	343	366	384	397	384	394	405
Gießen-Wettenberg	301	348	371	388	402	388	399	409
Fritzlar	338	385	408	426	439	426	436	447
Regensburg	302	349	372	390	403	390	400	411
Marnitz	295	342	364	382	396	382	393	403
List auf Sylt	284	331	354	372	385	372	382	393
Bremen	304	351	374	391	405	391	402	413
Stuttgart-Echterdingen	316	363	386	403	417	403	414	424
Helgoland	288	335	357	375	389	375	386	396
Nordeney	295	342	364	382	396	382	393	403
Kiel-Holtenau	306	353	376	394	407	394	404	415
Erdinger Moos	352	399	421	439	453	439	450	460
Hamburg-Fuhlsbüttel	318	365	388	406	419	406	416	427
Cuxhaven	314	361	384	402	415	402	412	423
Saarbrücken-Ensheim	317	364	387	404	418	404	415	426
Emden	306	353	376	394	407	394	404	415
Bad Lippspringe	341	388	410	428	442	428	439	449

Orte mit > 9°C Jahresmittel-T., nach ansteigender Jahres-N.-Summe sortiert

Berlin-Temperhof	293	340	363	381	394	381	391	402
Frankfurt/Main	301	347	370	388	402	388	399	409
Lahr	329	376	398	416	430	416	427	437
Mannheim	307	354	377	395	408	395	405	416
Karlsruhe	317	364	386	404	418	404	415	425
Trier-Petrisberg	315	361	384	402	416	402	413	423
Düsseldorf	320	367	390	407	421	407	418	429
Greven	317	364	386	404	418	404	415	425
Öhringen	320	367	390	408	421	408	418	429
Aachen	322	369	392	409	423	409	420	430
Köln-Wahn	334	381	403	421	435	421	432	442
Konstanz	341	388	410	428	442	428	439	449

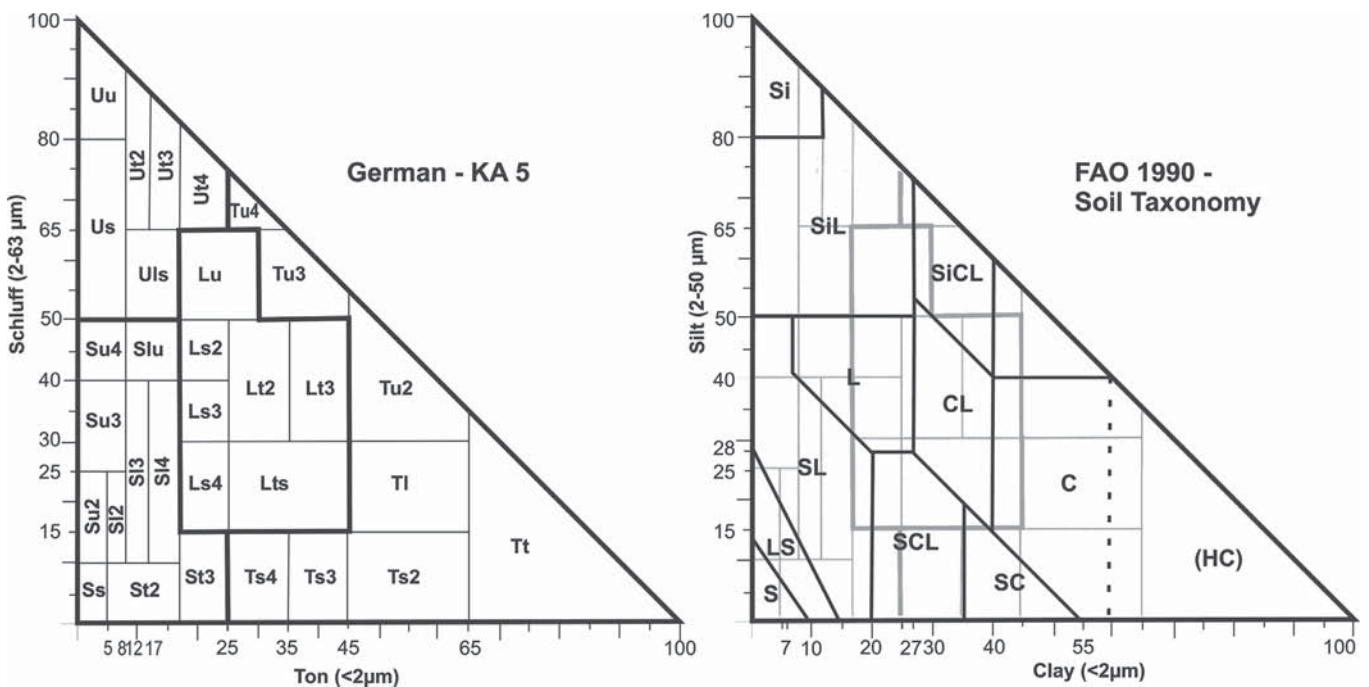
1.6.5 Anhang Bodenart

Die beiden folgenden Dreiecksdiagramme zeigen die Korngrößenverteilung zusammen mit den Kornfraktionsklassen der Deutschen Klassifikation (KA5, linke Abbildung) und der FAO Klassifikation (rechte Abbildung).

Auf der Abszisse ist von links nach rechts der zunehmende Tongehalt, auf der Ordinate ist von unten nach oben der zunehmende Schluffgehalt aufgetragen.

Beide Dreiecksdiagramme enthalten viele unterschiedliche Kornfraktionsklassen, jedoch sind innerhalb der Deutschen Klassifikation mehr Klassen definiert. Deshalb sind die Grenzen der Kornfraktionsklassen beider Systeme unterschiedlich.

Die Dreiecksdiagramme ermöglichen einen Vergleich und eine Übersetzung zwischen dem Deutschen und dem FAO Klassifikationssystem. Dies ist besonders von Bedeutung da sich die meisten der hier beschriebenen Bewertungsschritte auf das FAO-System beziehen. Die WRB Boden-Klassifikation verwendet die FAO-Texturklassen.



Körnungsdiagramme

mittelste Anteile der Kornfraktionen (Gewichts-%) nach KA5

Bodenart	Kurzzeichen	Sand	Ton	Schluff
reiner Sand	Ss	93	5	3
schwach schluffiger Sand	Su2	80	18	3
schwach lehmiger Sand	Sl2	76	18	7
mittel lehmiger Sand	Sl3	65	25	10
schwach toniger Sand	St2	84	5	11
mittel schluffiger Sand	Su3	64	33	4
stark schluffiger Sand	Su4	51	45	4
schluffig lehmiger Sand	Slu	43	45	13
stark lehmiger Sand	Sl4	61	25	15
mittel toniger Sand	St3	72	8	21
schwach sandiger Lehm	Ls2	34	45	21
mittel sandiger Lehm	Ls3	44	35	21
stark sandiger Lehm	Ls4	57	23	21
schwach toniger Lehm	Lt2	30	40	30
sandig-toniger Lehm	Lts	43	23	35
stark sandiger Ton	Ts4	63	8	30
mittel sandiger Ton	Ts3	53	8	40
reiner Schluff	Uu	10	90	4
sandiger Schluff	Us	31	65	4
schwach toniger Schluff	Ut2	14	79	10
mittel toniger Schluff	Ut3	12	77	15
sandig lehmiger Schluff	Uls	30	58	13
stark toniger Schluff	Ut4	9	74	21
schluffiger Lehm	Lu	19	58	24
mittel toniger Lehm	Lt3	20	40	40
mittel schluffiger Ton	Tu3	10	58	38
stark schluffiger Ton	Tu4	5	70	30
schwach sandiger Ton	Ts2	38	8	55
lehmiger Ton	Tl	23	23	55
schwach schluffiger Ton	Tu2	13	43	55
reiner Ton	Tt	18	18	83

1.6.6 Anhang Gefüegegröße

Die folgende Klassifikation ist dem „Field book for describing and sampling soils“ entnommen (SCHOENEGER et al. 1998, p. 2-40)

Größenklasse	Größe einer Gefügeeinheit [mm]	
	Krümelfüge	Subpolyedergefüge
sehr fein	< 1	< 5
fein	1 bis < 2	5 bis < 10
mittel	2 bis < 5	10 bis < 20
grob	5 bis < 10	20 bis < 50
sehr grob	≥ 10	≥ 50

1.7 Beispiel der Bewertung eines Bodens auf A-Ebene

1.7.1 Erforderliche und ergänzende Parameter

Profilnummer: 1

Gauß Krüger (R, H): 35 00 000, 53 70 000

Jahresmitteltemperatur: 10,9°C,

Mittlerer Jahresniederschlagssumme: 890 mm,

Mittlere Niederschlagssummen für April bis Sept. sowie von Jan. bis März und von Okt. bis Dez. (1985-2007 in mm, Daten der Klimastation "Unterer Lindenhof" der Universität Hohenheim):

April bis Sept.	Jan. bis März und Okt. bis Dez.
556	334

Mittlere Temperaturen um 13 Uhr MEZ (1985-2007, in °C, Daten der Klimastation "Unterer Lindenhof" der Universität Hohenheim):

Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
5,0	6,5	10,5	14,5	19,6	22,1	23,8	23,9	19,4	14,7	8,6	5,9

Bemessungsniederschlag: 22,1 mm in 15 min mit einer Jährlichkeit von 10 Jahren

Landnutzung zum Zeitpunkt der Bodenkartierung: Senf zur Zwischenfrucht

Bodentyp: Kolluvisol

Für die Bewertung relevante Eingangsdaten der standardmäßigen Bodenbeschreibung (s. KA5, 2005)

Haupt-sym-bol	Hori-zont-unter-grenze [cm]	Farbe	Grob-material [%]	Lage-rungs-dichte (LD) [g/cm ³]	Textur KA5	Gefüge	Humus-gehalt [%]	Car-bo-nat-gehalt [%]	Redox-merk-male	pH
Ap	26	10YR5/4	0	1,3	Lu	Bröckel	3	10	-	7,5
M	48	10YR5/4	0	1,4	Lu	Sub-polyeder, Polyeder	2	2	Mn-Konkre-tionen	7,5
M/Bv	66	10YR5/6	0	1,4	Lt3	kohärent	1	0	-	7,5
Sdw	100	10YR5/6	1	1,6	Lt3	kohärent	0	0	Marmo-rierung	7,5

1.7.2 Bodenbewertung (A-Verfahren) - Beispiel

Bewertung von LIFE1'A (Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen) - Beispiel

Abwägung (s. S. 19)

Es haben sich keine Hinweise auf diffuse oder punktuelle Bodenkontamination ergeben. Das heißt es liegen keine entsprechende Vornutzung und keine nahe gelegene viel befahrene Straße liegen vor. Dann folgt unmittelbar die Bewertung mit der Klasse 1 in LIFE1'A'Step01 (S. 20), es besteht also keine Notwendigkeit für Laboranalysen auf Schadstoffe und es erübrigt sich die Bewertung mit LIFE1'A'Step02.

Bewertungsergebnis für LIFE1'A: Klasse 1

Bewertung von LIFE2'A (Lebensgrundlage und Lebensraum für wildlebende Tiere und Pflanzen, ohne Berücksichtigung von Mikroorganismen) - Beispiel

LIFE2'A'Step01, S. 23 – aFC-Bestimmung (Eingangsdaten und **Ergebnisse**)

Horizont	Horizont- untergrenze [cm]	Mächtigkeit [dm]	Textur KA5	Grob- material [%vol]	Humus [% Gew]	Lagerungs- dichte [g/cm ³]	aFC [l/m ²]	aFC/ Horizont [l/m ²]
Ap	26	2,6	Lu	0	3	1,3	29	72,8
M	48	2,2	Lu	0	2	1,4	28	61,6
M/Bv	66	1,8	Lt3	0	1	1,4	15	27,0
Sdw	100	3,4	Lt3	1	0	1,6	11	37,4
Summe								199

Berechnungsbeispiel aFC (verfügbare Feldkapazität, siehe Glossar und 1.6.1 im Anhang) für LIFE2'A'Step01:

$$\begin{aligned} \text{Ap-Horizont} &= (2,6 \quad * \quad 100 * (1-(0 \quad /100)) * 29/ \quad 100 \\ &= (\text{Horizontmächtigkeit} * 100 * (1-(\text{Steingehalt} /100)) * aFC/ 100 \\ &= 72,8 \text{ l/m}^2 \text{ aFC l/m}^2 \text{ des Ap} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= (2,2 \quad * \quad 100 * (1-(0 \quad /100)) * 28/ \quad 100 \\ &= 61,6 \text{ l/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M/Bv &= (1,8 \quad * \quad 100 * (1-(0 \quad /100)) * 15/ \quad 100 \\ &= 27,0 \text{ l/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sdw &= (3,4 \quad * \quad 100 * (1-(0 \quad /100)) * 11/ \quad 100 \\ &= 37,4 \text{ l/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Summe} = 199 \text{ l/m}^2$$

LIFE2'A'Step02, S. 24 – Extremstandort (Kriterien und **Zwischen-Ergebnis**)

Nutzbare Feldkapazität des Gesamtprofils [l/m ²]/ LIFE2'A'Step01 und Jahresniederschlag	Höchster Grund- oder Stauwasserspiegel über einen mehrmonatigen Zeitraum [m]	Versalzung im Oberboden [dS/m] in 1: 2,5 Boden-Wasser Suspension und pH	Zwischen-Ergebnis LIFE2'A'Step02
(aFC > 100 und Jahresniederschlag < 1000 mm) andere	(> 1) keine Relevanz für Klassifizierung	(elekt. Leitfähigkeit < 16 und pH < 8) keine Relevanz für Klassifizierung	5

Die Einstufung in die geringstwertige Klasse 5 im 1. Teil der Bewertung Lebensraum für wildlebende Tiere und Pflanzen (LIFE2'A) beruht also ausschließlich auf das relative hohe Speichervermögen des Bodens für pflanzenverfügbares Wasser und die nicht extrem hohen Niederschläge vor Ort. Dadurch werden sich dort keine seltene, an trockene (und meist auch nährstoffarme) oder nasse Standorte angepasste Pflanzengesellschaften und deren Begleitfauna entwickeln.

LIFE2'A'Step03 und LIFE2'A'Step04, S. S. 25 - Natürlichkeit und Gesamtbewertung

Aufgrund der Nutzung als Acker wird der Boden aktuell regelmäßig bearbeitet. Demnach ergibt sich keine Veränderung der Zwischen-Bewertung durch eine besondere Natürlichkeit des Bodens.

Bewertungsergebnis für LIFE2'A: Klasse 5**Bewertung von STOFIT1'A (Boden als Bestandteil des Wasserkreislaufs) - Beispiel**STOFIT1'A'Step03, S. 23 – kf-Bestimmung (Eingangsdaten und **Ergebnisse**)

Horizont	Textur KA5	Grobmaterial [%vol]	Lagerungsdichte [g/cm ³]	kf-Wert [cm/d]
Ap	Lu	0	1,3	26
M	Lu	0	1,4	13
M/Bv	Lt3	0	1,4	9
Sdw	Lt3	1	1,6	3

Da für den mineralischen Boden die Körnungsklassen nach KA5 vorliegen, wird der kf-Wert nach kf-Tabelle 1/3 (S. 85) vorgenommen. Da für die Lagerungsdichte 1,3 g/cm³ in

Tabelle kf'Tabelle 1/3 keine Angaben vorliegen, ist der Wert durch Mitteln zu berechnen. Die verfügbare Feldkapazität (aFC) ist bereits durch die Bewertung von LIFE2'A bekannt. Laut STOFIT1'A'Step01 (S. 28) ist der niedrigster kf-Wert von 1 cm/d ausschlaggebend, die Summe der aFC über alle Horizont beträgt 199 l/m². Diese Kennzahlen führen laut STOFIT1'A'step03 (S.29) zur Eingruppierung in Klasse 3.

Bewertungsergebnis für STOFIT1'A: Klasse **4**

Die Bewertung von STOFIT1.1'A erfolgt analog.

Bewertung von STOFIT2'A (Boden als Bestandteil des Nährstoffkreislaufs) - Beispiel

STOFIT2'A'Step07 – CEC-Klassifikation (S. 34, Eingangsdaten und Ergebnisse)

Horizont	Mächtigkeit [dm]	Textur KA5	Humus- gehalt [%]	Lage- rungs- dichte [g/cm ³]	Grob- ma- terial [vol%]	CEC _{eff} mineral.	CEC _{eff} org	Fein- boden [kg/m ²]	CEC _{eff} mineral.	CEC _{eff} org	CEC
						[cmol/kg]				[mol/kg/m ²]	
Ap	2,6	Lu	3	1,3	0	12	250	338	41	25	65
M	2,2	Lu	2	1,4	0	12	250	308	37	15	52
M/Bv	1,8	Lt3	1	1,4	0	18	250	252	45	6	51
Sdw	3,4	Lt3	0	1,6	1	18	250	539	97	0	97
Summe											265

Nach STOFIT2'A'Step01 (S. 32) und laut CEC_{eff}Tab. 1 (1.6.2, S. 88) ergeben sich folgende Werte für die effektive Kationenaustauschkapazität der mineralischen Fraktion im Ap und M von 12 cmol_ckg⁻¹ sowie im M/Bv und Sdw von 18 cmol_ckg⁻¹.

Nach STOFIT2'A'Step02 und laut CEC_{eff}Tab. 2 ergibt sich bei pH 7,5 der Wert von 250 cmol_ckg⁻¹ für die effektive Kationenaustauschkapazität des Humusanteils für alle Horizonte.

Nach STOFIT2'A'Step03 wird der Feinerdenanteil mittels des Volumens der Horizonte (Horizontmächtigkeit bezogen auf die Fläche eines m²) und die Dichte des Horizonts ermittelt, dieses Ergebnis ggf. um den Steinanteil vermindert. Die Resultate dieser Berechnung sind in der Tabelle oben dargestellt.

Mit STOFIT4'A'Step04 wird die CEC_{eff} des mineralische Anteils auf den gesamten bewerteten Boden bis 1 m Tiefe und unter einer Fläche von 1m² Fläche bezogen. Dies erfolgt durch einfache Multiplikation des Werts für die Feinerde mit dem für CEC_{eff}mineral., wobei die in cmol_c/kg gemachten Angaben durch Multiplikation mit 0,01 in mol_c/kg umgerechnet werden. Dieses Vorgehen erfolgt horizontweise.

Entsprechend wird mit STOFIT4'A'Step05 für die CEC_{eff} des organischen Anteils verfahren, wobei hier bei der Multiplikation natürlich zudem der Humusanteil in % berücksichtigt werden muss. Mit STOFIT4'A'Step06 werden die auf einen m² bezogene Werte für CEC_{eff} der mineralischen und organischen Fraktion addiert.

Laut der Klassifizierung mit STOFIT2'A'Step07 (S. 34) ergibt sich eine Eingruppierung in Klasse 1. Diese Eingruppierung wird durch STOFIT2'A'Step08 nicht modifiziert, da nur der obere Teil des Profils kolluvial beeinflusst ist.

Bewertungsergebnis für STOFIT2'A: Klasse 1

Bewertung von STOFIT3'A (Boden als Filter und Puffer für Schwermetalle) - Beispiel

STOFIT3'A (Eingangsdaten)

Horizont	Mächtigkeit [dm]	Textur KA5	Grobmaterial [%]	pH	Gefüge	Tongehalt [% Gew.]	Humus [% Gew.]
Ap	2,6	Lu	0	7,5	Bröckel	58	3
M	2,2	Lu	0	7,5	Subpolyeder, Polyeder	58	2
M/Bv	1,8	Lt3	0	7,5	kohärent	40	1
Sdw	3,4	Lt3	1	7,5	kohärent	40	0

Berechnungsschritte gemäß STOFIT3'A'Step01 bis STOFIT3'A'Step03 (S. 36ff) und analog zur Beispielsberechnung bei LIFE2'A'Step01 (S. 102). Bewertung gemäß STOFIT3'A'Step04 (S. 38): $CLY\text{-Wert} * 0,5 + HU\text{-Wert} * 0,5 = 3 * 0,5 + 1 * 0,5 = 2$

Bewertungsergebnis für STOFIT3'A: Klasse 2

Bewertung von STOFIT4'A (Boden als Umwandlungsmedium für organische Schadstoffe) - Beispiel

Aufgrund Bodenstruktur, Humusgehalt und pH-Wert im Oberboden erfolgt die Einstufung in STOFIT1'A'Step01 (S. 39) in Klasse 4.

Bewertungsergebnis für STOFIT4'A: Klasse 4

Bewertung PROD1'A (Boden als Standort zur Nahrungsmittelproduktion und andere Biomasse-Erzeugnissen) - Beispiel

In PROD1'A'Step01 (S. 42) wird die nutzbare Feldkapazität (aFC) berechnet, dies ist bei der Beispielrechnung für LIFE2'A (S. 102) bereits dargestellt. Die Berechnung der Luftkapazität in PROD1'A'Step02 ist analog, aber mit den Werten der Spalte "AC" durchzuführen. Die Kalkulation der effektiven Kationenaustauschkapazität (CEC_{eff}, PROD1'A'Step03 bis PROD1'A' Step08, S. 43ff) ist bereits beim Berechnungsbeispiel für STOFIT2'A'Step07 (S. 105) erläutert.

Für PROD1'A'Step09 und PROD1'A'Step10 relevante Eingangsdaten

Haupt-symbol	Horizont- unter- grenze [cm]	Farbe	Lage- rungs- dichte (LD) [g/cm ³]	Gefüge	Carbo- natgehalt [%]	Redox- merk- male	pH
Ap	26	10YR5/4	1,3	Bröckel	2	-	7,5
M	48	10YR5/4	1,4	Sub- polyeder, Polyeder	2	Mn- Konkre- tionen	7,5
M/Bv	66	10YR5/6	1,4	kohärent	0	-	7,5
Sdw	100	10YR5/6	1,6	kohärent	0	Marmo- rierung	7,5

Die Bestimmung der Durchwurzelbarkeit ist bei PROD1'A'Step09 (S. 45) detailliert erläutert und beträgt demnach 48 cm, reicht also bis zum Reduktionshorizont.

Zur Klassifizierung der Bodenstruktur muss auf PROD1'A'Step10 zurückgegriffen werden, da keine Angaben zur Aggregatgröße vorliegen. Da im Oberboden Bröckel vorliegen und die Lagerungsdichte bis in 40 cm Tiefe 1,4 g/cm³ nicht übersteigt, wird bei PROD1'A'Step10 die Klasse 3 erreicht

Der für die Klassifikation nach PROD1'A'Step12 zusätzlich erforderlicher Parameter ist die Jahresmitteltemperatur, die beim gezeigten Beispiel 10,9°C beträgt und damit das Bewertungsergebnis nicht verändert.

Die Klassifikation nach PROD1'A'Step12 und nach PROD1'A'Step13 ergibt die Bewertungsstufe 3.

Bewertungsergebnis für PROD1'A: Klasse 3

Bewertung von ARC1'A (Boden als Archiv der Naturgeschichte) - Beispiel

In einem benachbarten Bodenprofil wurde Kalksinter ausfällt. Diese Ausfällungen können Hinweise auf frühere Umweltbedingungen liefern. Dies lässt den gesamten Standort als herausragendes Dokument der Naturgeschichte erscheinen. Ein besonderen Schutz des Standorts als Archiv der Naturgeschichte ist erforderlich.

Bewertungsergebnis für ARC1'A: Klasse 1

Bewertung von ARC2'A (Boden als Archiv der Kulturgeschichte) - Beispiel

Da keine Hinweise gefunden wurden, die den Standort als herausragendes Dokument der Kulturgeschichte erscheinen lassen, ist kein besonderen Schutz des Standorts als Archiv der Kulturgeschichte erforderlich.

Bewertungsergebnis für ARC2'A: Klasse 5

Bewertung von LEACH!A - Beispiel

Analog zur Vorgehensweise bei der Bewertung von STOFIT1'A im Beispiel (S. 103) wird die hydraulische Leitfähigkeit des geringsten kf-Wert des Bodenprofils mit einem "rst'kf" von 1 cm/d (LEACH!A'step02, S. 54) ermittelt. Der Bodenhorizont mit dem kf von 1 cm/d beginnt in 66 cm Tiefe, dies ist demnach auch der Wert für "rst'HOR".

Für die Ermittlung des auf eine Niederschlagsdauer von einer Stunde bezogenen Bemessungsniederschlags (rlv'CritRain in mm) mit LEACH!A'Step04 bis LEACH!A'Step06 sind Daten des Deutschen Wetterdienstes erforderlich. Demnach beträgt der Bemessungsniederschlag für den Bereich des Testgebietes 22,1 mm und regnet innerhalb von 15 min (0,25 Dezimalstunden) ab, zu erwarten ist ein solches Niederschlagsereignis alle 10 Jahre.

Der relevante Bemessungsniederschlag errechnet sich mit: $22,1 * 1 / 0,25 = 88,4 \text{ l/m}^2$.

Die Berechnung der Luftkapazität (AC, S. 55) erfolgt analog zu der in diesem Beispiel weiter oben dargestellten Methode (LIFE2'A'Step01, S. 102) zum Ermitteln der verfügbaren Feldkapazität. Die Ergebnisse der Luftkapazitätsberechnung sind in folgender Tabelle dargestellt.

Zwischenergebnisse bei der Bewertung von LEACH!A

Horizont	Horizontuntergrenze [cm]	Kf-Wert [cm/d]	AC [%]	AC/Horizont [l/m ²]
Ap	26	20	13	33,8
M	48	20	13	28,6
M/Bv	66	10	11	19,8
Summe der AC bis zum rst'HOR:				82
Sdw	100	1	2	6,7

Gemäß der bei LEACH!A'Step07 (S. 55) beschriebenen Vorgehensweise beläuft sich die Summe der Luftkapazität bis zur Tiefe mit der begrenzenden hydraulischen Leitfähigkeit ("rst'HOR" mit 66 cm) auf 82 l/m².

Der Quotient zwischen des auf eine Niederschlagsdauer von einer Stunde bezogenen Bemessungsniederschlags (rlv'CritRain mit 100 mm) und der Aufnahmekapazität des Bodens für Starkniederschläge (rlv'AC mit 82 l/m²) ergibt 1,1 und wird dementsprechend der Klasse 3 zugeordnet. Dabei wird die hangparallele Sickerung nicht berücksichtigt. Dies erfolgte im Beispiel verbal argumentativ.

Bewertungsergebnis für LEACH!A: Klasse **3**

Bewertung von COOL!A - Beispiel

Da die Vorgehensweise bei der Beschreibung der Prozedur sehr ausführlich geschildert ist und der Umfang der Rechenschritte umfangreich ist wird hier auf eine detaillierte Darstellung verzichtet.

Der Eingangsparameter aFC beträgt $199 \text{ l} / \text{m}^2$.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung ist beispielhaft bei PROD1'A'Step01 (S. 42) dargestellt.

Klimatische Eingangsdaten

Mittlere Temperaturen in °C (1985-2007) um 13 Uhr MEZ

Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
5,0	6,5	10,5	14,5	19,6	22,1	23,8	23,9	19,4	14,7	8,6	5,9

Mittlere Niederschlagssummen (1985-2007) von April bis Sept.: 556 mm,

Mittlere Niederschlagssummen (1985-2007) von Jan bis März und Okt bis Dez.: 334 mm

Zwischenergebnisse bei der Bewertung von COOL!

COOL!A'Step01 - Monatsmittel des Sättigungsdampfdruck (E in hPa)

Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
8,7	9,7	12,7	16,5	22,7	26,5	29,4	29,6	22,5	16,7	11,2	9,3

COOL!A'Step02 – Monatsmittel des Dampfdrucks um 13 Uhr MEZ (e in hPa)

Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
7,2	8,3	10,1	13,8	18,3	22,1	22,7	23,9	16,6	12,9	9,1	8,2

COOL!A'Step03 – Die mittlere potenzielle Verdunstungen nach Haude beträgt 281 mm im Jahr, bezogen auf 1 m^2 .

COOL!A'Step05 - Die Jahresverdunstungen (Eta) berechnet sich beim Einsetzen der ermittelten Werte in die gegebene Formel 629 l/m^2 . Demnach ist der Abkühlungseffekt des Bodens als sehr stark einzustufen.

Bewertungsergebnis für COOL!A: Klasse 1

1.8 Literaturverzeichnis

- AG BODEN (BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG, 2005). 5. Auflage, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- ATV-DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall, 2002): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. ATV-DVWK Regelwerk.
- BARTELS, H., MALITZ, G., ASMUS, S., ALBRECHT, F.M., DIETZER, B., GÜNTHER, T., ERTEL, H. (1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland (KOSTRA). Selbstverlag des DWD, Offenbach.
- BLUM, W.E.H., BÜSING, J. L'ESCAILLE (2004): European Soil Thematic Strategy Working Group Research – Summary Report. Commission européenne Bruxelles.
- BÖCKER, R., GRENZIUS, R. (Red.) BLUME, H.-P., HORBERT, M., KIRCHGEORG, A., RIPL, W., SUKOPP, H., STÜLPNAGEL, A.V. (1987): Stadtökologische Raumeinheiten. Umweltatlas Berlin, Karte M 1:50 000. u. Erl. Nr. 05.01.
- BODENSCHUTZKONZEPT STUTTGART (BOKS): s. WOLFF.
- BRÜMMER, G. (1978): Funktionen des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. Deutscher Rat für Landespflege: Zum ökologischen Landbau 31: 13-20/ 1978.
- BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG. Bundesgesetzblatt I. Bonn.
- COMMISSION of EUROPEAN COMMUNITIES (2000): Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the Common Agricultural Policy. Communication from the Council and the European Parliament.
- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (2002): Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a thematic strategy for soil protection. Brussels COM(2002) 179 final. Internet:
http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/de/com/2002/com2002_0179de01.pdf
http://eusoiils.jrc.it/ESDB_Archive/pesera/pesera_cd/pdf/053AdoptedSoilCommEN.pdf
- DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V., 1991): Starkniederschläge in der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Internet:
http://www.itwh.de/S_KOSTRA.htm
- DVWK: (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. [Eds.] 1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft.
- EUROPÄISCHE UNION (1991): Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz. Amtsblatt der Europäischen Union, L 337: 29-35. Internet:
http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/de/oj/2005/l_337/l_33720051222de00430049.pdf
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976): A framework for land evaluation Soil Bulletin 32. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Jahn (red, 2006). Guidelines for soil description. 4. ed. Rome, Italy.

Internet: ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), IUSS (International Union of Soil Science), ISRIC (International Soil Reference and Information Centre, 2006): World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 103, Rome, Italy.

Internet: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf>

Jahn R, Blume H.-P., Asio V. B. (2003). Field Guide for Soil Description, Soil Classification and Soil Evaluation. Halle, Selbstverlag.

GRÖNGRÖFT, A.; HOCHFELD, B. & G. MIEHLICH (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden. Verfahrensbeschreibung und Begründung. Auftrag der Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg, Bodenschutz und Altlasten.

HEFT 31 (1995): s. LEHLE et al. (1995).

HOLLAND (1996): Stadtböden im Keuperland am Beispiel Stuttgarts. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 39, Stuttgart.

KA 5: siehe AG Boden.

KARLEN, D. L., M. J. MAUSBACH, J. W. DORAN, R. G. CLINE, R. F. HARRIS and G.E. SCHUMAN (1997): Soil quality, definition and framework for evaluation. Soil Sc. Soc. Am. J. 61: 4-10.

LEHLE, M.; J. BLEY, MAYER, E.; VEIT-MEYA, R. & R. VOGL [Eds.] (1995): Heft 31: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfähigkeit für Planung und Gestaltungsverfahren. Umweltministerium Baden-Württemberg, Luft, Boden, Abfall, Heft 31, 1995.

LÖPMEIER, F.-J., 1994. Berechnung der Bodenfeuchte und Verdunstung mittels agrarmeteorologischer Modelle. Zeitschrift für Bewässerungswirtschaft 29, 157–167.

SCHAAP, M. (1999): Rosetta Version 1.0. - A program to predict soil hydraulic parameters from basic soil data.

Internet: http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/53102000/pdf_pubs/P1765.pdf

SCHNEIDER, J. (2000): Concept soil map - small Investigation – A lot of information. Proceedings of the "First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA)" from 12. - 18.7.2000 in Essen, Germany, p. 137-140.

SCHOENEBERGER, P.J., WYSOCKI, D.A., BENHAM, E.C. & W.D. BRODERSON (1998): Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Centre, Lincoln, NE.

SML (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE [Eds.] 1995): Bodenbewertungsinstrument Sachsen. Internet: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Bodenbewertungsinstrument2011_Sachsen.pdf, abgerufen am 7.3.2013.

STAHR, K. (1984): Wie lassen sich Bodenfunktionen erhalten? In: K.-H. Hübler (Hrsg.): Bodenschutz als Gegenstand der Umweltpolitik, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 27, Berlin.

UMWELTMINISTERIUM VON BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Bodenschutzgesetz von Baden-Württemberg (BodSchG). GBl. 434-440.

WELLER et al. (1975): Ökologische Standorteignungskarte des ehemaligen Landkreises Aalen. Ed.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, Baden-Württemberg, Stuttgart.

WESSOLEK, G., W.H.M. DUIJNISVELD and S. TRINKS: Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale. *Journal of Hydrology*, v. 356, iss. 1-2, p. 17-27.

WOLFF, G. (ed., 2004): Bodenschutzkonzept Stuttgart, Amt für Umweltschutz.

WRB: s. FAO; ISSS, ISRIC (2006).

Andreas Lehmann, Susanne David und Karl Stahr

**TUSEC - Bilingual-Edition
Part II**

**Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural
and Anthropogenic Soils (English Version)**

From the Institute for Soil Science and Land Evaluation

TUSEC was developed in cooperation with

Werner Gruban – City of Munich, Department of Health and Environment (D)

Franco Ajmone, Laura Poggio, Borut Vrscaj – University of Torino, Faculty for Agriculture (Di.Va.P.R.A, I)

Andreas Bartel, Sigbert Huber - Federal Environment Agency (Au)

Clemens Geitner, Markus Tusch - University of Innsbruck Innsbruck, Institute for Geography (Au)

Alex Borer – Association Project TUSEC-IP Coordination of Switzerland (CH)

Reto Jenny – IG Soil Switzerland (CH)

Waltraud Pustal – Waltraud Pustal Landscape Ecology und Planning (D)

Christine Schimpfermann – Municipality of Reutlingen (D)



This project has received
European Regional
Development Funding through
the INTERREG III B Community
initiative



Landeshauptstadt
München
**Referat für Gesundheit
und Umwelt**

*This project was supported by the EU community initiative INTERREG III B Alpine Space.
The publication was sponsored by the City of Munich - Department of Health and Environment*

Contents (English Version)

2.1.1	Introduction	116
2.1.2	Methodology of TUSEC	123
2.1.3	Structure of Chapters about Evaluation Procedures.....	126
2.1.4	Integration of TUSEC.....	126
2.1.5	Abbreviations and Glossary	128
2.2	Soil Evaluation Using the A-Procedure.....	131
2.2.1.1	Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'A).....	132
2.2.1.2	Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'A)	135
2.2.2	Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'A)	139
2.2.2.1	Soil as Component of the Water Cycle - the Qualitative as well as Quantitative Aspect (STOFIT1'A and STOFIT1.1'A).....	139
2.2.2.2	Soil as Component of the Nutrient Cycle (STOFIT2'A).....	144
2.2.2.3	Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'A)	148
2.2.2.4	Soil as Transformation Medium (STOFIT4'A).....	152
2.2.3	Soil as Production Site of Food and other Biomass (PROD)	153
2.2.3.1	Soil as Site for Grassland Use (PROD1'A) and Wheat Production (PROD1.1'A).....	153
2.2.4	Soil as Archive (ARC'A).....	162
2.2.4.1	Soil as Archive of Natural History (ARC1'A)	163
2.2.4.2	Soil as Archive of Cultural History (ARC2'A)	163
2.3	Soil Performances	164
2.3.1	Soil as Medium of Infiltration and Seepage – the Infiltration Performance (LEACH'A).....	164
2.3.2	Soil as Factor in Climate Regulation – the Cooling Performance (COOL'A).....	169

2.4	Explanations to the B-Procedure (beta-Version)	174
2.4.1	Introduction	174
2.4.2	B-Procedure (beta-version) - Principles	175
2.4.3	Steps in Preparation of the B-Procedure	175
2.4.4	Deduction of Complex Soil Parameters	180
2.4.4.1	Evaluation of the Hydraulic Permeability (WP'B-Value)	180
2.4.4.2	Evaluation of the Field Capacity (Available Field Capacity, WC'B-Value).....	181
2.4.5	Determination of the Number of Evaluation Classes	181
2.5.	Evaluation Procedure for the B-Level	182
2.5.1	Soil as Habitat and Gene Pool	182
2.5.1.1	Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'B)	182
2.5.1.2	Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'B)	184
2.5.2	Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'B)	187
2.5.2.1	Soil as Component of the Water Cycle (STOFIT1'B)	187
2.5.2.2	Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'B)	188
5.2.3	Soil as Transformation Medium (STOFIT4'B)	190
2.5.3	Soil as Production Site of Food and other Biomass (PROD'B)	191
2.5.3.1	Soil as Site of Food Production (PROD1'B)	191
2.5.4	Soil as Archive (ARC'B)	192
2.6	Appendix for the A-Procedure	193
2.6.1	Appendix Pore Volume (PorVol).....	193
2.6.2	Appendix Hydraulic Conductivity (kf)	196
2.6.3	Appendix Cation Exchange Capacity (CEC).....	200
2.6.4	Appendix Soil Texture.....	202
2.6.5	Appendix Size of Soil Aggregates (Structural Unit Size).....	204
2.7	Example for the Evaluation of a soil on the A-Level.....	205
2.7.1	Required and additional Parameters	205
2.7.2	Soil Evaluation (A-Level)	206
2.8	References	215

2.1.1 Introduction

Evaluation of Functions of anthropogenic and natural soils with TUSEC (Technique for Soil Evaluation and Categorization)

With the evaluation scheme “TUSEC” a well-tried approach for the schematic assessment of soil functions for soils under temperate climate is now at hand. By means of a soil evaluation scheme this approach for the first time takes into account the specific properties of anthropogenic soils. This enables the best possible evaluation of natural and anthropogenic soils. TUSEC (**T**echnique for **S**oil **E**valuation and **C**ategorization) provides an effective and efficient basis for soil protection. TUSEC is based on the idea to enable soil evaluation for Central Europe independently of specific pedological methodologies. Furthermore, the framework of natural space and legal environment enables TUSEC to be implemented in the whole of Central Europe. Alongside the assessment of soil functions TUSEC also offers the potential to evaluate so-called soil performances. Soil performances are aspects of soil functionalities, which are of special interest for urban planning. Apart from the soil evaluation, which, based on pedological characteristics of the area allows detailed statements (A-Level, see chapter 2.2), TUSEC also includes a less elaborate method as a beta-version. This method allows oriented evaluations based on secondary data (e.g. hydrological maps, local development plans, see chapter 2.4).

The objective of TUSEC-IP (**T**echnique of **U**rban **S**oil **E**valuation in **C**ity **R**egions - **I**mplementation in **P**lanning **P**rocedures, see also <http://www.tusec-ip.org>), an Interreg III B project of the EU-Initiative for the Alpine Space (project period from 7/2003 to 6/2006) was the development of a universally applicable procedure for soil evaluation within the scope of spatial planning. In the same way as the acronym “TUSEC” is the integral constituent of the abbreviation “TUSEC-IP”, the evaluation procedure TUSEC is a key element within the TUSEC-IP project.

TUSEC-IP was a joint project of cities and towns, of a regional authority (München, Reutlingen, Zürich, Linz, Maribor, Autonomous Province of Bozen), and of the Universities of Hohenheim, Innsbruck and Torino as well as the Federal Environment Agency Ltd. in Vienna participated

Facing the possibilities of schematic and automated soil evaluation it has to be stressed: “soil evaluation requires pedological expertise”.

Any additional information about TUSEC will be published on <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm>. Please feel to send any information for publication on this site to as@uni-hohenheim.de. It is intended to develop <https://www.uni-hohenheim.de/soil/TUSEC.htm> as a platform for the user of TUSEC. Especially automated evaluation tools for TUSEC (e.g. tolls based on MS-Excel) are welcome there.

Fundamentals of soil evaluation

Chronological summary of the history of functional soil evaluation

Members of the first agricultural societies were already able to successfully rate soils according to the functional values of their interest. The oldest records about soil evaluation are scripts written in Sanskrit, which were discovered in India and dated to about 1000 BC. These made the distinction between fertile and infertile soils. Already in the last century BC the roman poet Virgil specified a method for the determination of the clay-content from which he derived predictions about the fertility of soils. In central Europe soil evaluation can be traced back to Hildegard von Bingen (1098 - 1179). Relating soil colour and locally used definitions of soil types to soil functionality, she expanded ancient knowledge about soils with local experience of her own. Until the 1970s the validity of methods used for soil evaluation were improved progressively. However, this was done only to assess soils for their agricultural, horticultural and silvicultural value. The Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO) introduced the "Framework for Land Evaluation" (FAO, 1976), which extended the focus of soil evaluation to features like "accessibility of markets for the sale of respective agricultural products" and "requirements on mechanization". In Germany the academic lecturer G. Brümmer in 1978 (BRÜMMER, 1978) introduced the concept of multifunctionality of soils. In this notion agricultural productivity was for the first time taken into consideration together with ecological aspects like filtration, buffering and degradation of pollutants. This concept of soil management was first introduced into German legislation by the Federal State of Baden-Württemberg (Umweltministerium BADEN-WÜRTTEMBERG, 1991) and later adopted nationwide as the German soil protection act (BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ, 1998). In all, the multifunctional approach of soil evaluation received a wide acceptance (see "The Soil Science Society of America Ad Hoc Committee on Soil Health" in KARLEN et al., 1997; BLUM et al., 2004).

Concerning the evaluation of soil functions and its objective of soil protection, the range of functions taken into account is limited to ecological soil functions (STAHR, 1984). Consequently functions associated with the destruction of soil are not taken into account. Therefore the suitability of soil as building ground and the loss of soil value due to the exploitation of raw materials are also not taken into account by means of an ecologically focused soil evaluation.

In an announcement regarding the strategy of soil protection, the European Commission (Commission of the EC, 2004) comments on the subject of soil: "Soil performs a multitude of ecological, economical, social and cultural functions of vital significance." Subsequently, binding statements of ecological soil functions as well as the function of soil as source of raw materials, which is difficult to get into accordance with soil protection, are defined.

Production of food and biomass

The production of food and other agricultural products as well as silviculture, which are vital for man, are entirely dependent on soil. Almost all kind of vegetation, including grassland, cultivated plants and trees require soil for the supply with water and nutrients and as support for root growth.

Storage, filtration and transformation

Soil stores minerals, organic matter, water and energy as well as several other chemical substances, which are also partly transformed. Soil fulfils the function of a natural filter for groundwater as the main source of drinking water. It also releases carbon dioxide (CO₂), Methane (CH₄) and other gasses into the atmosphere.

Habitat and gene pool

Soil serves as habitat of numerous organisms of a wide variety of species living above and below ground, each with its own unique genome. Hence soil fulfils an integral ecological function.

Physical and cultural environment of man

Soil forms the base for human activities, furthermore it is part of the landscape and cultural heritage.

Source of raw materials

Soil supplies raw materials like clay, sand, minerals and peat.

Already the sub-section of the Transaction Protocol of the Alpine Convention of 1991 dealing with soil protection (EU, 1991) extensively and obligatory defined soil functions and the requirement of their protection.

Practical soil evaluation

The objective to describe soil performance based on clusters of its potential use became clearly recognizable by the definition of soil functions given above. These clusters to a high degree reflect the connective structure of official bodies dealing with environmental protection. Regarding the according definitions of soil functions it is inevitable to separately evaluate contrasting and almost preclusive constituent functions (as "Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna as soil (LIFE2'A)" and "Soil as Site of Agricultural Production in General as well as Grassland Use (PROD1'A)"). Hence constituent functions are distinguished in all approaches dealing with the evaluation of soil functions. Already since 1995 respectively since 1999 two procedures exist which are exhaustively implemented into practical planning (from the German federal state Baden Württemberg: LEHLE et al. 1995, from Hamburg: GRÖNGRÖFT et al., second edition was printed in 2003). Based on these models numerous other procedures were developed. Likewise, methods are available

covering only a detail of the full spectrum of the evaluation of functions or especially emphasizing local circumstances. TUSEC now follows these preparations¹.

As an example, constituent functions are differentiated within the general soil function "Habitat and gene pool" (briefly "habitat function"). This is unavoidable as this function covers the demand of a very diverse range of organisms like humans (*Homo sapiens*), or the expansion potential of the common hamster (*Cricetus cricetus*), daisies (*Bellis perennis*) and microorganisms like *Nitrobacter*.

Additionally, TUSEC introduces sub-functions (see the chapter "Utilization-specific soil evaluation" on page 120).

It is also system immanent for the performance of several soil functions to substantially depend on one and the same soil parameter. For this reason, but not only, soil functions show mutual dependencies (intercorrelations). As an example the soil porosity within the range of \varnothing 0.2 to 10 μm increases a) the amount of water available to plants during dry periods; at the same time b) pores in this range are habitat of pollutant decomposing microorganisms. Hence a high proportion of pores in this range not only enhance the function of soil to "produce food and biomass" but also to "store, filter and transform". Moreover the quantity of individual soil organisms and hence the value of soil as "habitat and gene pool" is increased by a high proportion of pores in the specified range.

The contrasting character of constituent functions and the intercorrelations of a pair of soil functions as demonstrated by the aforementioned example functions already inhibit a full evaluation yielding a single evaluation result. This demonstrates that no total evaluation of the whole range of soil functions can be performed by means of unified arithmetic calculations.

Overall, the harmonization of procedures for the evaluation of soil functions cannot be fully achieved without constraints.

¹ In addition, important contributions for the development of TUSEC originate from the work of K. Holland, A. Lehmann, K. Stahr, D. Stasch, R. Jahn and others from the University of Hohenheim, they are also based on contributions of R. Veit-Meya R. (AG-Boden), Horn and H. Taubner (Christian-Albrechts-University Kiel), W. Hornig, F. Waldmann and F. Zwölfer (Landesamt für Geologie , Rohstoffe und Bergbau, Baden-Württemberg), F. Weller (Fachhochschule Nürtingen), G. Wessolek and M. Renger (Technical University of Berlin) and G. Wolff (City of Stuttgart). Organisations and groups named in the following contributed important information: AKS (Arbeitsgruppe Stadtböden in der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft), BGR (Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoff, Hannover), FAO (Food and Agricultural Organisation of the United Nations), Institut für Bodenkunde und Standortslehre (University of Hohenheim) and ISRIC (International Soil Reference Information Centre in Wageningen, The Netherlands).

Elements of TUSEC

Evaluation of functions

As known from other approaches for the evaluation of ecological soil functions TUSEC evaluates general soil functions by their subdivision into constituent functions. Thus the evaluation of a soil function is achieved by a step-by-step approach. As an example, the habitat function is divided into two constituent functions (LIFE1'A: Soil as Basis and Habitat of Human Life and LIF2'A: Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna). In the procedure "LIFE1'A" (see chapter 2.2.1.1) TUSEC uses the absence of soil pollutants as a criterion to evaluate soil as basis for human existence. The procedure LIFE2'A (see chapter 2.2.1.2) identifies soils with extremely low water storage capacity or high salinity as valuable habitats of plant and animal species worth of protection.

Total evaluation

A procedure to totally evaluate soils beyond the scope of coverage of its respective soil functions was abandoned. A reason for this decision was the experience that attempts originally carried out in Baden-Württemberg and Hamburg proved to be of low practicability. Nevertheless a relevant group of planners sustain the demand for a procedure to completely evaluate soil functions. Application of the test stage of TUSEC-IP to an ongoing planning procedure generated an informational basis, which now allows an investigation aiming to further develop the total evaluation of soil functions based on pedological and statistical principles. The database generated within the scope of TUSEC-IP allows the determination of the coefficients of determination between soil parameters and soil functions by means of multivariate methods. Simultaneously the degree of intercorrelation between the derived soil functions can be estimated. Based on the respective results, cluster of dependencies between soil parameters and constituent functions as well as in-between sub-functions can be eliminated. Evaluation of these clusters of soil functions then provides a path to evaluate their whole coverage. This approach can be followed if appropriate funding is available.

Utilization-specific soil evaluation

Utilization-specific soil evaluation contradicts the concept of multifunctionality of soils. Thus it is in contrast to the following central statement of the Soil Strategy: "Soil fulfils a multitude of ecological, economical, social and cultural functions of vital significance". An example: Within a planning process only the use of soil as agricultural area and as residential development zone are set in contrast to each other, but the soils significance within the water cycle is disregarded. This approach would be in contradiction to the multifunctional approach of the Soil Strategy and to

the German soil protection act. In fact, in the past the multifunctionality of soils often was not recognized. For instance soils were also destroyed because of marginal settlement pressure, even if they exhibited an exceptional functionality within the water circulation; thereby not even the extent of the damage did get recognized. Yet after the assessment of soil protection within hierarchically prioritized planning processes, situations are conceivable which require the evaluation of a soil, which is based on only two alternative utilizations. Such kind of limited judging is possible on planning levels of lower hierarchical rank (more detailed level). For such situations TUSEC provides two procedures (STOFIT1.1 and PROD1.1) for the evaluation of two sub-functions, specified for certain kinds of land uses.

Consequently, a hierarchically structured soil evaluation offers the possibility to meet all requirements in terms of soil functionality and on the other hand allows an utilization-specific soil evaluation.

Complementary TUSEC offers the possibility to evaluate aspects of soil functionality, which are of special interest for urban planning. Corresponding "soil performances" are the contribution of diffuse infiltration (LEACH!A) and of climate regulation in urban areas (COOL!A). Thus, soil performances obviously imply a cost saving potential. The loss of respective soils requires expensive technical substitute measures to ensure a minimum of environmental quality.

Hierarchical structuring of soil functions

For every decision of planning, where a soil evaluation is necessary, a hierarchical approach at first requires to take into account the functionality of soils on a superior level. Subsequent questions can then be dealt with on the hierarchically subordinate levels of evaluation procedures (see also respective sub-chapters in 2.2.2.1). The following levels are distinguished:

- Level of soil functions or of the "general function" as defined in the announcement of the EU-Commission about the Soil Strategy or in the German soil protection act - for example appropriate for spatial planning on the international and national level.
- Level of constituent functions referring to aspects of soil functionality which can be assigned to a general function (see above) - for example appropriate for spatial planning on the regional and communal level.
- Level of sub-functions only for the evaluation of the functionality of soils, limited to their relevance in respect to certain utilization - for example appropriate for detail planning on level of zoning plans or on the level of land parcel.
- Level of soil performances for the evaluation of aspects of soil functionality which are of special interest for urban planning - for example appropriate for the optimization of detailed planning, also for rehabilitation.

Data input, levels of soil evaluation and internationality of TUSEC

In spatial planning generally two standards are distinguished: These are the standard of preliminary planning and the implementation-oriented standard. Accordingly, in regard of soil protection, orienting (exploratory) and binding statements are required respectively. The level of preliminary planning (scales of 1: 20,000 to 1: 50,000) for which orienting statements about the functionality of soils are sufficient, allows the development of a low-effort approach. This alternative is in contrast to the conventional pedological evaluation, which is based on pedological descriptions of the site. Using field methods, a conventional soil evaluation is based on horizon-related soil surveys in a scale or grid network as demanded for binding planning. A scale of 1: 5,000 or grid network with 50 m grid size)² respectively are standards commonly used. In this manual soil evaluations based on this level of detail are referred to as A-Procedure and the working level as A-Level respectively. The B-Procedure (B-Level) follows the approach of a conceptual soil map; however, in this manual it is available as incompletely tested beta-version only)³. Here, secondary data are used to indirectly derive information about soils and their properties. For instance, based only on the time, mode, amount and composition of a deposit, parameters necessary for soil evaluation can be derived. A detailed explanation of the A- as well as the B-Procedure can be found in this manual in chapters 2.2 and 2.4 to 2.4.3 respectively.

As explained in the beginning, an evaluation procedure intended for international use has to be tailored to the whole spectrum of relevant jurisdiction and pedological methodology. In TUSEC the particular references are designed to refer to all legal texts of interest or to aim to the common nominator of all approved national and international methods.

Table 2.1.1-1 contains a summary of demands TUSEC is designed to, and demands it is not designed to fulfil and remarks, where methods refer to other documentations, manuals and methodologies.

² The size of a mapping grid often is independent of the type of soil to be mapped, natural or anthropogenic as increasing variability due to anthropogenic activities causes an increase in sealing, accordingly on the remaining, unsealed areas the density of observations can be increased. Further information about the planning and realisation of soil mapping jobs can be found in nationally and internationally approved method collections.

³ http://www.nlfb.de/boden/downloads/concept_soil_map.pdf

Table 2.1.1-1: List of functions supported and unsupported by TUSEC (Technique for Soil Evaluation and Categorization, the evaluation procedure for natural and anthropogenic soils at hand).

What TUSEC provides	<i>What TUSEC could not provide</i>
<p>Combination rules for experts to evaluate soils by means of data from pedological surveys (no laboratory analyses necessary)</p> <p>Explanations regarding soil functions</p> <p>Beta-version of a soil evaluation based on data capable of supporting a conceptual soil map (secondary data)</p>	<p><i>Manual for soil evaluation by laymen</i></p> <p><i>Schematic procedure for the ranking of soil functions</i></p> <p><i>Manual for pedological mapping</i></p> <p><i>Methods of soil analysis</i></p> <p><i>Manual about abandoned hazardous sites / collection of legally binding values of soil contamination</i></p> <p><i>Guide for the use of pedological data</i></p> <p><i>Guide to summarize, delimit and assess results of evaluation</i></p> <p><i>Directives on how to present evaluation results</i></p> <p><i>Routinely applicable soil evaluation based on data capable of supporting a conceptual soil map (secondary data)</i></p>

2.1.2 Methodology of TUSEC

Depth of evaluation

A question of general methodological interest in soil evaluation is about the depth till the soil is evaluated. Concerning TUSEC, this depth is commonly set to one meter, which is in accordance to common urban soil mapping. Regarding natural soils, the evaluated soil depth is usually the depth to which a soil is developed. Accordingly, in many cases an evaluation of soils composed of restructured soil material would have to be limited to the top soil because a natural soil development only lasting a short period of time cannot yet have progressed to further depth. This approach would grossly underestimate the functionality of urban soils. On the other hand, properties of soils below one meter of depth may well be of interest in regard of soil evaluation - even in anthropogenic soils. This for example is the case if the soil consists from a thick layer of humous material. On the other hand sealed subsurface or a high groundwater level can restrict the relevant evaluation depth. Such particularities, as well as partial sealing are not taken into account by means of a schematic evaluation

procedure. However, they are to be taken into account in an expert evaluation (see below), the evaluation results have to be corrected accordingly. Regarding TUSEC, soil evaluation has to be limited to a depth of less than one meter if:

- In anthropogenic soils an extensive subsurface sealing is detected which mostly cannot be penetrated by plant roots or by seepage water.
- Parent material is detected with properties equivalent to a subsurface sealing.

In principle, overlying soil horizons predominantly from organic matter could be evaluated with TUSEC. Nevertheless, there are no suitable methods in the annex for the estimation of available field capacity, air capacity, cation exchange capacity and hydraulic conductivity. Therefore, other pedocological sources have to be identified for the estimation of these parameters.

Range of evaluation

In practical terms generally five categories are defined which are easy to discern and sufficiently differentiated in regard of planning. Thus the evaluation ranges from “very low”, “low”, “intermediate” to “high” and “very high”. A different classification may be used in the B-Procedure where appropriate (see 2.4.3). The delimiters of the five-stage classification are set for about 12.5 % of soils to be distributed into the lowest and highest category respectively. The remaining categories shall each comprise of 25 % of alpine soils. In this quantification soils of high mountain regions (beyond 1500 meter above mean sea level) are not taken into account as they are rarely considered in regard of soil protection. Nevertheless, TUSEC can be used to evaluate soils of high mountain regions. As the distribution of evaluation results could not yet be verified, its presets only represent a crude outline.

Missing data

Missing data from acquisitions of pedological data or missing information about former types of land use or of evidence about soil damage are to be substituted by analogy based on expert-based logical reasoning, by conclusions based on available data or by re-examination (see 2.43).

If it becomes necessary to round numbers in evaluation procedures, regulations of commercial rounding apply (2.1349 becomes 2.13. 2.1350 becomes 2.14. -2.1349 becomes -2.13. -2.1350 becomes -2.14).

Deduction of simple and complex parameters

Chapter 2.6.1 to 2.6.3 contain tables offering a simple way to determine complex parameters. A complex parameter for example is the rate at which water can move in soil saturated with water (“saturated hydraulic conductivity” or “ k_f ”, see 2.6.2). Such a parameter depends from the value of several simple parameters (e.g. texture, bulk density, thickness of the regarded soil horizon). Other complex soil parameters TUSEC relies on are the amount of pore volume filled with air or water at specified

conditions (“air capacity” or “AC” and “available field capacity” or “aFC”). The complex chemical parameter “effective cation exchange capacity” describes the amount of nutrients like potassium and magnesium, which can be adsorbed by soil and from where they later can be taken up by plant roots. The estimation of these complex parameters is largely based on the input of simple or basic parameters like texture, specific weight (bulk density) and humus content. The complex parameters and hence the simple parameters they are derived from play a central role in the estimation of soil functionality. These surprisingly simple methods are based on a vast quantity of measurements, where the basic and complex parameters have been directly determined by means of elaborate techniques. Using correlation analysis both types of parameters were combined to successfully yield pedotransfer functions. These allow to directly deriving complex parameters based on simple parameters. Data in chapter 2.6.2 are based on evaluations using the Rosetta-software⁴, data in 2.6.1 and 2.6.3 are based on the evaluation of extensive datasets from the German Geological Services.

A particular advantage of these methods is the quick and easy way to determine the input of simple parameters required to derive complex soil parameters. However, experience is necessary to reliably estimate texture, bulk density and humus content. Where appropriate, the reliability of these estimates has to be cross-checked with laboratory analysis and soil scientists with local pedological expertise (methods of estimation can be found in pertinent pedological literature).

Regarding a single planning decision: Problems arising from estimations deviating from the true value (e.g. texture or humus content) as well as differences resulting from the application of different pedological methods are put into perspective if data are derived by only one person or if only one type of method is used.

The extent of pedological data to be determined on-site is described in relevant pedological methodologies. It is generally not advisable to reduce the amount of soil parameters to be determined on-site as this hardly reduces the overall effort. In relation to that however, the unavoidable effort of visiting the field-site and of taking soil samples is much higher than the effort to determine soil parameters. Finally, parameters not directly required as input for evaluation procedures may still be of value to check for plausibility and reasoning based on analogy.

Expressing units as quantity per unit area (e.g. g/m⁻²) is a pedological speciality, which also has been introduced into some evaluation procedures. Expressing data in this way is a necessity if quantities in soils with less than one meter of developed depth or with varying bulk densities are to be compared.

⁴ Internet: <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8953>

Expert inspection of a soil evaluation

Generally it has to be mentioned that results of a schematised soil evaluation, such as TUSEC will be subjected to a check of plausibility by soil experts, during which corrections may have to be made in order for the evaluation to reach binding status. For instance, TUSEC cannot evaluate the effects arising from relationships of neighbouring soils (like lateral flow), which may lead to incorrect results. An example can be found in 2.2.2.1.

If in doubt, soil scientists are also to be consulted for a qualified total evaluation.

During the cooperation of soil experts and planning specialists within the framework of TUSEC-IP a high demand for skilled soil scientist became clearly evident. Currently, the tasks under consideration are carried out by persons lacking the required skills or they are not carried out at all. This approach results in serious misjudgements, avoidable expenditures, and unnecessary environmental damage and finally the planning may come under attack.

2.1.3 Structure of Chapters about Evaluation Procedures

- This manual about soil evaluation introduces the chapters elucidating the evaluation procedures with a brief overview about the significance of the respective soil performance.
- It is followed by a short, yet detailed description of the evaluation procedure to demonstrate the principle of the evaluation strategy.

The intermediate headings of the single steps, their coding as well as the abbreviations of functions and parameters are intended to ease orientation by acting as a guide. As TUSEC was developed in English the abbreviations in use are based on English terminology. The list of abbreviations provides the expanded terms whereas the glossary acts as an addendum that is especially of use for non-pedologists. The chapter about the B-Procedure contains very concise explanations only.

2.1.4 Integration of TUSEC

The development of the evaluation procedure received important contributions from assignments formulated by the TUSEC-IP project (see 2.1.1). The project TUSEC-IP included a total of 10 work packages. Two of these are directly connected with the development of the soil evaluation procedure:

- Demands on the soil evaluation (USER)
- Test stage in partner communities (TEST)

The objectives of USER were to investigate the status quo of soil protection in alpine settlements, to find out about deficiencies and to clearly outline the demands on soil evaluation procedures. The outcomes of USER thereby provided important

conceptual and developmental contributions for soil evaluation. Regarding its applications this was of special importance for the alignment with actual possibilities and demands from the user. Based on the outcome of extensive surveys in municipalities of Austria, Germany, Italy, Slovenia and Switzerland (http://www.tusec-ip.org/publ/publ_getreso.asp?PRES_ID=35841 checked on April 15, 2008) the following, mainly unison conclusion can be drawn:

- Soil protection is regarded as subject of rising importance largely due to the increase in sealing and overbuilding of open space.
- Planning processes generally lack an implementation of soil protection. Amongst others this is attributed to the lack of pedological data and procedures for soil evaluation.
- The function of soil within the hydrological cycle (e.g. regarding diffuse infiltration and groundwater recharge) and the current soil damage caused by pollution were addressed as most important soil information.
- In addition it is of importance to perform an application specific evaluation; allotments and children's playgrounds are amongst others of special interest.
- The possibility to integrate existing GIS, lowest possible personal and financial effort and the representation of results, as clusters of variable complexity are formal demands on the procedure.
- The pedological expertise of people responsible for planning is judged as rather low, this often requires the service of external experts.

The present evaluation procedure tries to fulfil these practical requirements as far as possible; this is demonstrated by the representation of single operation steps and functions. It also shows where these demands experience the limits of feasibility.

TEST "Test phase in partner municipalities" examined to what degree the developed procedure fulfils the elicited demands and where improvements are necessary or common limits of the procedure have to be found to increase the likelihood of practical application of soil evaluation. Results of the test phase mainly provided a basis to validate the evaluation procedures and are subject of further evaluation (see subsection "Total evaluation" in 2.1.1).

2.1.5 Abbreviations and Glossary

Abbreviations and special terms used in evaluation procedures

Structured abbreviations

Systematically assembled abbreviations are introduced with the aim to make the combination procedures easy to follow. Structure of abbreviations:

LIFE1.1'A'step01 is composed of

LIFE contraction of the respective soil function

1 number of the first constituent function

.1 number of the first sub-function

A contraction of the respective procedure, in this case the A-Procedure

step01: contraction of the respective module of the combination procedure

The meaning of the abbreviations can be derived from the chapter headings or it is explained in the following section and the glossary. As the evaluation procedure was developed in English, the abbreviations are based on English terminology.

AC air capacity, see glossary and 2.6.1

aFC available field capacity (also available water capacity), see glossary and 2.6.1

BD bulk density, see glossary

CEC cation exchange capacity, see glossary and 2.6.3 in the appendix

CLY auxiliary variable for calculations involving the clay content

CR auxiliary variable for calculations involving the content of coarse material

dm decimetre or 10 cm

Est data to be derived by methods of estimation as documented in chapter 2.6

FC field capacity, see glossary

in situ methods data of on-site descriptions, i.e. data obtained by documentation of visual and sensory observations

HU auxiliary variable for calculations involving the humus content

kf saturated hydraulic conductivity, see glossary and 2.6.2

various data from various sources

WRB World Reference Base for Soil Resources, see glossary

Glossary

The following link connecting to a pedological glossary may be used for further inquiries: <https://www.soils.org/sssagloss/>

Air capacity, is defined as the proportion of air filled porosity in relation to the bulk soil volume at →field capacity. At the same time the air capacity denotes the proportion of macropores (transmission pores) in relation to the bulk soil volume, see also 2.6.1 in the appendix.

Anthropogenic parent materials/ substrates, technically processed materials like stones, demolition wastes, ashes, slags, wastes, sewage sludges, mining spoil and alike.

Anthropogenic soils, →urban soils.

Artifacts, technically processed liquid and solid materials, e.g. bricks, ashes, coals and heavy oils.

Available field capacity (aFC), amount of water held at →field capacity, decreased by the →residual pore water.

Bog, acidic, exclusively rainwater fed (ombrotrophic) wetland soils, poor in nutrients, consisting of and accumulating organic matter (peat).

Bulk density (BD), density of naturally structured dry soil material (including voids), measured in $[g/cm^{-3}]$.

Cation exchange capacity (CEC), ability of soils or soil components to reversibly bind (and store) positively charged ions from soil solution and hence making them plant available. To determine CEC_{pot} the soil reaction is adjusted to pH 7, CEC_{eff} is analysed at natural soil pH.

Coarse material, stones or artifacts with more than 2 mm in diameter.

Colluvial origin, transported and deposited by erosion caused by e.g. agricultural activity.

Conceptual soil map, soil map mainly based on non-pedological →secondary data, see chapter 2.4.

Fen, wetland soil fed by water which has been in contact with mineral soil (minerotroph) and hence is mainly nutrient rich, consisting of and accumulation organic matter (peat), usually of about neutral pH.

Field capacity, maximum amount of water a soil can hold against the gravitational pull. In most cases soil reaches field capacity within 2 to 3 days of free drainage following inundation, i.e. after a prolonged period of flood e.g. due to precipitation or snowmelt.

Fine earth, soil material with diameter of 2 mm and below.

Fluvial origin, transported and deposited by flowing water (streams, rivers, creeks).

Groundwater, subterranean water contained in interconnected soil pores, its movement determined only by gravitation.

Histosol, →bog, →fen.

pH, measure of the acidity or alkalinity of a solution. pH is defined as the negative decadic logarithm of the hydrogen ion activity.

Redoximorphic features, bluish, grey or greenish soil colour due to lack of oxygen, caused by long-lasting or repeated water logging.

Residual pore water, water held in the soil so strongly that it is not available to plants.

Saturated hydraulic conductivity, speed at which water can move in the saturated zone of an aquifer at unit gradient of hydraulic potential due to gravitation.

Secondary soil information, information allowing indirect conclusions about soils and soil properties. For instance information about the groundwater level allows drawing conclusions about the presence of Stagnosols and about the hydraulic conductivity of soils.

Soil functions, clustered (grouped) aspects of soil performances. These clusters are defined by the required soil applications, see also 2.1.1.

Soil performance, aspects of soil functionality which can be evaluated by TUSEC and which are of special interest to urban planning, see also 2.1.1.

Soil Structure, spatial arrangement of primary soil particles, characterized by their size, shape and grade (structural stability).

Stagnant water, non-flowing water collecting periodically or episodically at or close to the soil surface. Stagnating water can be found in areas with underground of very low permeability (clayey or loamy layers: impermeable pans, impeding layers).

Urban soils, strictly speaking, these are soils of urban areas altered by anthropogenic activities. In general terms these also include soils altered by urban, industrial, trade, transportation or mining activities. Besides man-made or man-affected artificial soils sometimes also unaltered, natural soils within a settlement area are classified as urban soils. Urban soils are often mixed, calcareous due to building material and have a high content of coarse material made from artifacts and natural stone. The often centuries lasting input of organic wastes resulted in a very high humus content. These soils are defined as Technosols in the →WRB (7/2006).

WRB, in 1998 the Internationale Bodenkundliche Union (IBU) based on the FAO Map of World Soil Resources of 1994 released and approved the **World Reference Base for Soils** as framework for international soil classification. The WRB is an approximation between the various national classifications. Its aim is to simplify the identification, characterization and denomination of the major soil groups of the world. A new edition was released in July 2006. This edition focuses more anthropogenic soils (Technosols and Anthrosols). See also <http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/default.stm> (Website of the WRB) and <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf> (Documentation of the WRB-soil classification).

2.2 Soil Evaluation Using the A-Procedure

The A-Procedure is appropriate for small-scaled spatial planning of binding status. Applied scales range from 1:10,000 to 1:1,000. Accordingly, demands for the quality of input data are high. Taking into account that data of anthropogenic soils are rarely available, in most of the cases soils of urban areas have to be mapped prior to their evaluation on the A-Level.

The evaluation on the A-Level utilizes data, which were acquired in recent soil mappings by means of visual and sensory methods, thereby taking into account distinctive features of anthropogenic soils as extensively as possible. If available, data archives as provided by geological services ought to be used.

Generally, soil evaluation on the A-Level requires data of every single horizon, i.e. about every pedological defined stratum. Horizonated information is collected for the whole profile and recorded in a dedicated datasheet.

It is advisable to separately conduct the soil evaluation of every soil profile description, after that, similar evaluation results within sub-areas can be merged. Additionally, secondary data like topographical maps or local development plans can be used to delineate sub-areas or to outline the mapping.

The results of the evaluation, ranging from “very low” (5), “low” (4), “intermediate” (3), “high” (2), to “very high” (1) shall be indicated without decimals.

2.2.1.1 Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'A)

- Currently the “habitat function” of soils is put on one level with soils posing no health risk. This has to be viewed in contrast to the background of past soil protection, which then was mainly understood as restoration of already contaminated soil. It is of common human awareness that contaminated soil can pose a serious health risk. For example food grown on contaminated soil is of insufficient quality and hence is hazardous to health. In a wider perspective such soil damage potentially reduces the vitality of all species within a food chain.

As the health of children is especially vulnerable to effects of contaminated soil their protection is of special importance. Furthermore, children often tend to orally ingest soil. Adult's health is more likely to be affected by the inhalation of dust originating from contaminated soils. Elderly and sick people show a higher disposition or susceptibility in regard of soil contamination.

TUSEC does not take into account soil damage originating from the geogenic background concentration of heavy metals, i.e. higher than average concentration due to certain, native soil parent materials. It should be mentioned that soils with a low value of their habitat function are primarily intended to be used for construction purposes.

- Evaluation of LIFE1'A is connected to soil contamination levels which are legally binding on a national and international level. The process of evaluation is divided into two parts. The first part is based on information from visual and sensory soil description. The second part is optional and based on analytical data. The soil function LIFE1'A will be rated into the lowest category if analytical data would be required but are not available.

If uncertainties about evidence of contamination exist, the results of soil evaluation have to be completed by a comment. This comment should ask for further investigation into the area if the current or intended type of use is sensitive to any type of soil damage.

Criterion

undamaged soil

Input parameters

- Note about soil damage [data source: in situ methods, various]
- Analytical data – if analyses are legally binding, if available

Evaluation Procedure - Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'A)

At first, the evaluation of the function LIFE1'A queries for evidence of diffuse source or point source contamination. Evidence of diffuse source contamination are activities causing air- or waterborne substance inputs through emissions spread over a large area (more than 1 km², thereby penetrating into a depth of less than 1 m). Common contaminations like large-scale nitrogen inputs resulting from nitrogen oxides of anthropogenic origin are not rated as diffuse source contaminations. Also, regarding soil evaluation, residential development zones or road traffic with less than 1000 vehicles per day are not acknowledged as sources of diffuse contamination. Nevertheless, such sources can cause point source contamination within their close vicinity.

Polluted artifacts mapped in the field are indicative of point source contamination. Besides, information about activities related to the production of contaminating substances with the potential to enter the soil is rated as evidence of point source contamination⁵.

Knowledge about emitting activities can be obtained from a range of available historical and current records about the land use of the area under investigation. Also, a conversation, e.g. with residents may yield useful information.

⁵ These criteria comply with the definition of "potentially contaminated site" as "site, where an activity is or has been operated that may have caused soil contamination", in: Blum et al., 2004. *Final reports of the Thematic working groups. Volume IV Contamination* (page 1, 1.), Internet: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/library>

LIFE1'A'Step01

Classification of contaminations based on specific evidence⁶	intermediate result/ evaluation LIFE1'A
Without evidence of diffuse source or point-source soil contamination and no necessity of further investigation according to pertinent national or international legislation.	1
With evidence of diffuse source contamination by one source but no evidence of point-source soil contamination and no necessity of further investigation according to pertinent national or international legislation.	2
With evidence of diffuse source contamination by more than one source but no evidence of point-source soil contamination no necessity of further investigation according to pertinent national or international legislation.	3
With evidence of point-source contamination and, if analytical data are available and, if further investigation by national or international legislation are required, proceed with LIFE1'A-evaluation part 2, otherwise continue with this part,	
Evidence of point-source contamination	5

LIFE1'A'Step02 (only relevant, if the result of Step01 is class 4)

Classification of contaminations based on analytical data	evaluation LIFE1'A
Proof of contaminations, which do not require intervention or remedial actions according to national or international legislation.	4
Proof of contamination requiring intervention or remedial actions according to national or international legislation.	5

⁶ See communication of the "European Commission" *Towards a Thematic Strategy of Soil Protection* (p. 12 ff, 3.3) Internet http://www.eu.int/eur-lex/en/com/pdf/2002/com2002_0179en01.pdf

2.2.1.2 Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'A)

- This function targets the protection of soil as habitat of native plant and animal species. Soils, which are or have the potential to be a habitat of specialized and rare organisms, are ranked high. The function of soil as basis and habitat (habitat function or potential for biotopes to develop) is of significance for the protection and improvement of biodiversity. The determination of the habitat function of soils is an important supplement in connection with floristic and faunal mapping. Often such surveys only represent snapshots, whereas soil evaluation also considers the potential of a site to support the development of biotopes.

The evaluation procedure LIFE2'A not only considers organisms living at the surface but also life forms within the soil. However, microorganisms are excluded. In compensation, the STOFIT4'A-evaluation assesses the microbial potential of soils in combination with relevant pedological parameters.

- The classification of soils as habitat for specialized organisms rates extreme values of selected soil parameters as favourable and also takes into account the naturalness of a location. The principle of this method is based on GRÖNGRÖFT, HOCHFELD and MIEHLICH (2003). The classification of naturalness, or conversely of hemeroby focuses on the type and intensity of anthropogenic alterations.

Soils with low water supply and with water surplus are rated best. Soils with such kind of opposite attributes receive the same attention as they have the potential to support habitats of similar importance. The significance of high salinity of soil water and of high pH-values respectively is also taken into account as such sites represent habitats of rare halophytes. This approach not only appreciates maritime sites and sites with upward flowing saline waters but also sites shaped by mining and industrial activities and their potential to support the development of biotopes. By comparison, soils with higher contents of heavy metals, habitable by specialized organisms, are not taken into account, as the protection of these contaminated areas can only be based on expert advice.

Soils, which experienced a particular small anthropogenic impact, are rated as valuable. Thus, productive areas of low hemeroby are rated most valuable even if they are of low significance for specialized organisms. This approach aims to protect the few productive locations, which never have been altered by agricultural activity.

Soil pH is not taken into consideration as acid tolerant, rare plants often also prefer habitats that are arid, wet or poor in nutrients.

Criteria

Rarity of relevant soil parameter and naturalness

Input parameters

- Groundwater level below surface [in situ methods, various]
- Electrical conductivity [in situ methods, analytical data]
- Available field capacity [estimation according to chap. 2.6.1 based on bulk density, texture, humus content; analytical data]
- Evidence of soil alterations [in situ methods, various]
Thickness of horizon [in situ methods]

Evaluation procedure - Soil as basis for life and habitat of flora and fauna – disregarding microorganisms (LIFE2'A)

The process of evaluation is divided into two parts: The first part is focused on the rarity of the soil; the second part takes into account the naturalness.

LIFE2'A'Step01 - Available field capacity (aFC in l/m²)

The thickness of soil horizons is recorded in the soil profile description. The amount of coarse material can be either estimated in the field or determined in the lab.

The values of the available field capacity will be determined by means of the tables in the 2.6.1 (PorVol). Data of bulk density, texture and content of organic matter is required for this estimation. If plausible lab data are available, these are to be used.

Available field capacity in % (aFC-Values)

<p>aFC1 = aFC of 1st horizon aFC2 = aFC of 2nd horizon aFC3 = aFC of 3rd horizon ...</p>
--

Thickness of horizon in dm (TH-Value)

<p>TH1 = Thickness of 1st horizon TH2 = ...</p>

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments of artifacts in %vol (CR-Value)

<p>CR1 = Content of coarse material of 1st horizon CR2 = ...</p>
--

Available field capacity (aFC) of the complete soil profile [l/m²]

<p>LIFE2'A'Step01 = ((TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (aFC1/ 100)) + ((TH2 * 100) * (1 - (CR2/ 100)) * (aFC2/ 100)) + ...</p>
--

LIFE2'A'Step02 – Extreme location

The result of LIFE2'A'Step02 is equal to the lowest value of the LIFE2'A'step02-column, of which row a value (available field capacity, groundwater level or salinity) can be assigned, originating from the soil profile to be evaluated. Consequently the result of the evaluation LIFE2'A'Step02 is the best classification of any of the three parameters in consideration.

To estimate the highest groundwater level present over an extended period of at least two month, the redoximorphic features recorded during soil mapping can be used. Examples for redoximorphic features are mainly bluish to greenish colours within a soil horizon. This horizon has to be located below another horizon with reddish patches, covering at least 5 % of the surface. Such pigmentations cannot be recognized in a horizon tinted by humous substances. Hydrological maps are also suited as they contain information about the groundwater level.

Available field capacity of the complete soil profile [l/m ²] LIFE2'A'Step01	Highest groundwater level within a period of several month [m]	Salinization [dS/m] in 1: 2.5 soil: water suspension	Intermediary result LIFE2'A'Step02
< 25 and annual precipitation below 1000 mm	< 0.2	$\geq 16 < 50$ or $\text{pH} > 8$	1
25 < 50 and annual precipitation below 1000 mm	0.2 < 0.4	$\geq 8 < 16$ or $\text{pH} > 8$	2
50 < 75 and annual precipitation below 1000 mm	0.4 < 0.8		3
75 < 100 and annual precipitation below 1000 mm			4
other cases			5

LIFE2'A'Step03 - Naturalness

Concerning the second part of the evaluation of LIFE2'A the naturalness of a location and of the soil profile are of importance; here site and soil characteristics are evaluated. The types of land use expressed in degrees of naturalness are explained in the table below. Poor nutrient conditions for instance are indicated by a low biomass production of shoots and roots as well as gaps in plant cover – as long as these characteristics are not caused by cold or dry weather conditions or systematic mistakes in land management practices.

Characteristics of soil profile	Types of land use (examples)	intermediary result LIFE2'A' Step03
<ul style="list-style-type: none"> naturally developed soil profile without visible anthropogenic alterations and without artificial drainage 	natural wood, wet and sub-humid grassland, dry grasslands, costal areas and peat areas / wetlands	1
<ul style="list-style-type: none"> naturally developed soil profile with topsoil which in the past was altered by tillage to a maximal depth of 30 cm and which currently is not subjected to tillage and which did experience only little drainage by ditches if at all, or soils with poor to moderate supply of plant nutrients 	extensively farmed pastures and meadows, forests, gardens	2
all other cases	-	of no relevancy

LIFE2'A'Step04 – Evaluation

if LIFE2'A'Step02 =1, than LIFE2'A	=	1
if LIFE2'A'Step02 = 5 and LIFE2'A'Step03 = 1 or 2, than LIFE2'A	=	2
else, than LIFE2'A	=	LIFE2'A'Step02

2.2.2 Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'A)

The functions of soils to store, filter and transform (**STOreFilterTransformation**) as termed in the Soil Strategy (see 2.1.1) comprises of the soil functions as defined in the German soil protection act (BBodSchG) “component of the ecosystem, especially of the water and nutrient cycles” as well as the functions protected by the BBodSchG “medium for decomposition, balance and production of substances based on filtration-, buffer- and transformation-properties, especially regarding groundwater protection“.

2.2.2.1 Soil as Component of the Water Cycle - the Qualitative as well as Quantitative Aspect (STOFIT1'A and STOFIT1.1'A)

- The evaluation of soil as component of the hydrological cycle with emphasis on groundwater recharge and the ability of soils to infiltrate rainwater and dew.

The quality of water and soil share a close relationship. This is based on soil acting as filter due to its extensive adsorption and desorption capacity as well as facilitating microbial degradation of solute pollutants during infiltration and percolation. The aspect of groundwater quality is of special importance if the groundwater represents a resource of drinking water or if the infiltration water gets in contact with groundwater of drinking water quality. In certain, accurately defined cases the quantitative aspect of infiltration is of main interest, aiming to prevent erosion, landslides and flooding. Generally, aspects of quality as well as quantity are considered in soil evaluation.

Digression - hierarchy of (general) soil functions, constituent functions and sub-functions

Regarding planning processes, soil functions on principle have to be considered collectively and independent of certain utilizations. This is laid down in the concept of multifunctionality of soils as recognized by the European Union. Consequently, before designating the purpose of a particular soil, its range of potential applications should be contemplated. A favourable evaluation of e.g. the function of agricultural production (PROD1) or the preservation of nature as expressed in the habitat function (LIFE2) allows deducing utilizations, which are both sensible and supportive in regard of soil protection. During planning, nevertheless, regularly situations arise, where the concept of multifunctionality of soils can only be applied with restrictions. Such restrictions can originate from the natural environment (STOFIT1.1A), urban planning, or from technical or economical (PROD1.1A) circumstances. In addition, results of soil evaluation can be requested in the course of detailed planning, even after general planning decisions have been finalized – with or without soil evaluation.

Such situations can be found in soils of the steep slopes of higher altitude alpine valleys with a very high risk of erosion and landslides. There however, land use is limited to extensive grassland or forest. In such cases the threat of pollutants entering the groundwater can be neglected. Considering such circumstances, a procedure to evaluate a sub-function was developed. Hierarchically, a sub-function is subordinate in relation to a constituent function and a (general) soil function. Regarding soil protection and the concept of multifunctionality, evaluation by means of a sub-function is only possible, if the constituent functions, and hence the soil functions are taken into consideration in a preceding (i.e. hierarchically superior) planning process (see also the respective sub-chapters in 2.1.1).

In the case of the evaluation of STOFIT1.1'A, only the infiltration rate is decisive. This means that only the quantitative aspects of the function of soils in the hydrologic cycle is taken into account. Only experts can judge to what degree other constituent functions (e.g. PROD1'A and LIFE2'A for the planning of a cable car station) should be considered. The development of evaluation procedures concerning sub-functions should be continued beyond the current TUSEC.

- The evaluation of STOFIT1'A is based on the k_f -value, air capacity and available field capacity, whereas STOFIT1.1'A only involves the k_f -value and air capacity.

It has to be pointed out strongly that lateral flow (i.e. percolation parallel to the hill slope) cannot be taken into account by means of the hereby presented evaluation procedure. In this case only expert advice can avoid gross misjudgement. As an example, drainage of sloping soils with permeable upper horizons above impermeable lower horizons can only be properly assessed, if fast, hillslope-parallel percolation into and out of adjacent soils or surface waters is taken into account. Otherwise very well drained soils might be wrongly identified as poorly drained soils.

Criteria

Quality and quantity of groundwater recharge and amount of infiltration

Input parameters

- Redoximorphic features [in situ methods]
- Saturated hydraulic conductivity (kf-value) [estimation according to 2.6.2, based on bulk density and texture; analytical data]
- High clay content, high content of coarse material [in situ methods, various]
- Available field capacity (aFC) [estimation according to 2.6.1, based on bulk density, texture and humus content, analytical data]
- Air capacity (AC) respectively macropores [estimation according to 2.6.1, based on bulk density, texture and humus content; analytical data]
- Thickness of horizons [in situ methods]

Evaluation Procedure - Soil as Component of the Water Cycle - The Aspect of Quality (STOFIT1'A)

STOFIT1'A'Step01 - Saturated hydraulic conductivity (kf in cm/day)

The determination of the hydraulic conductivity is based on texture and bulk density by means of the tables provided in the appendix 2.6.2 (kf). If plausible lab data are available, these are to be used.

Two-category classification of kf-values for every horizon for the determination of the kf-value of the whole (hydraulic conductivity in cm/day)

this query is necessary for every horizon, results have to be recorded

Content of coarse material ≥ 60 %vol	→	continue with (i)
the horizon is composed of mixed material		
with bulk density $> 1.6 \text{ g/cm}^3$	→	continue with (i)
the horizon is of granular or subangular blocky structure		
with bulk density $> 1.5 \text{ g/cm}^3$	→	continue with (i)
in all other cases	→	continue with (ii)
(i)	→	kf > 100
(ii)	=	kf according to appendix 2.6.2

STOFIT1'A'Step01

→ the lowest value is decisive

STOFIT1'A'Step02 - Available field capacity (aFC in l/m²)

Further explanations can be found in LIFE2'A'Step01.

Available field capacity in % (aFC-Values)

aFC1 = aFC of 1st horizon
 aFC2 = aFC of 2nd horizon
 aFC3 = aFC of 3rd horizon

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1 = Thickness of 1st horizon
 TH2 = ...

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1 = Content of coarse material of 1st horizon
 CR2 = ...

Available field capacity (aFC) of the whole soil profile [l/m²]

$$\text{STOFIT1'A'Step02} = ((\text{TH1} * 100) * (1 - (\text{CR1}/ 100)) * (\text{aFC1}/ 100)) + ((\text{TH2} * 100) * (1 - (\text{CR2}/ 100)) * (\text{aFC2}/ 100)) + \dots$$

STOFIT1'A'Step03 - Evaluation

Suitable in most cases, see also beginning of 2.2.2.1

Allocation of kf-value and available field capacity

kf [cm/day] from STOFIT1'A'Step01	aFC [l/m ²] from STOFIT1'A'Step02			
	< 50	50 - < 140	140 - < 200	> 200
< 5	5	5	4	3
5 - < 10	5	4	3	2
10 - < 20	4	3	2	1
20 - ≤ 50	5	4	3	2
> 50	5	5	4	3

Evaluation Procedure of a Sub-Function – Soil as Component of the Water Cycle; the Aspect of Quantity (STOFIT1.1'A)

STOFIT1.1'A'Step01 – Air capacity (AC in l/m²)

The determination of the air capacity is based on bulk density, texture and content of organic material as explained in appendix 2.6.1 (PorVol). If data from lab analysis are available, these are to be used.

To determine the AC of the whole profile, the thickness of horizon and the content of coarse material as recorded in the profile description of every horizon are necessary.

Air capacity in % (AC -Values)

AC1	= AC of 1 st horizon
AC2	= AC of 2 nd horizon
AC3	= AC of 3 rd horizon
....	

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1	= Thickness of 1 st horizon
TH2	= ...

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1	= Content of coarse material of 1 st horizon
CR2	= ...

Air capacity (AC) of the whole profile [l/m²]

STOFIT1'A'Step03	= (TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (AC1/ 100) + ...
-------------------------	--

STOFIT1.1'A'Step02 - Evaluation

This evaluation procedure is designed for individual cases; introductory explanations in chapter 2.2.2.1 have to be considered.

Allocation of kf-Value and air capacity

kf [cm/day] from STOFIT1'A'Step01	AC [l/m ²] from STOFIT1.1'A'Step01			
	< 50	50 - < 140	140 - < 200	> 200
< 5	5	4	2	2
5 - < 20	4	3	1	1
20 - < 40	3	2	1	1
40 - ≤ 100	2	1	1	1
> 100	1	1	1	1

2.2.2.2 Soil as Component of the Nutrient Cycle (STOFIT2'A)

- This procedure to evaluate the nutrient cycle of soils focuses on their natural fertility. Accordingly, the evaluation is tailored for forestry and agriculture with economical exploitation of resources. Soils with best possible nutrient cycling are those with the lowest risk of losing nutrients like nitrate and other substances by leaching. Besides, soils reaching very high scores in the STOFIT2'A function are also well suited as parks, lawns and as habitat for trees.

Generally, soils are capable to retain nutrients from infiltrating water and subsequently to make them available to organisms. This means soil buffers nutrient inputs from the atmosphere, from fertilizers and also from adjacent soils. Conversely, soil will release higher amounts of nutrients in conditions of high plant uptake. After adding additional nutrients by means of fertilization, the soil will take up cations like calcium, magnesium, potassium and sodium from the soil solution. This capability of soils to retain or release nutrients depending on supply and demand within the nutrient cycles is evaluated by the STOFIT2'A function.

- This method aims to evaluate the capability of soils to supply nutrients. Accordingly, this evaluation is based on the amount of fine earth and its capacity to bind exchangeable cations. Equally, soil structure is of great importance for nutrient supply. In soils with clayey texture only nutrients located at the surface of soil aggregates are available to plants. In comparison, plant roots cannot extract nutrients embedded into the interior of clayey aggregates.

Criterion

Nutrient supply

Input parameters

- Content of coarse material [in situ methods]
- Thickness of horizon [in situ methods]
- Bulk density [in situ methods, analytical data]
- Texture [in situ methods, analytical data]
- Type of soil structure [in situ methods]
- Sorbed exchangeable cations [estimation according to 2.6.3, based on texture, humus content, degree of humification of organic matter; analytical data]
- Fluvial or colluvial origin of substrate [in situ methods]

Evaluation Procedure - Soils as Component of the Nutrient Cycle (STOFIT2'A)

CEC_{eff} can be estimated according to the method explained in the manual. If available, data from laboratory analysis are to be used.

STOFIT2'A'Step01 – Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the mineral fraction of the fine earth in mol/m^2

CEC_{miner} -values can be found in the table “ CEC_{eff} 'Table1” in the appendix 2.6.3 (CEC_{eff}).

Exchange capacity of the mineral fraction in $cmol/kg$ (CEC_{miner} -Values)

CEC_{miner1}	= $cmol/kg$ of 1 st horizon
CEC_{miner2}	= ...

STOFIT2'A'Step02 – Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the organic fraction of the fine earth in mol/m^2

CEC_{org} -values of the content of organic matter are derived using “ CEC_{eff} 'Table2” and the diagram “ CEC_{eff} 'Figure” as explained in the appendix 2.6.2 (CEC_{eff}).

Exchange capacity of the organic fraction in $cmol/kg$ (CEC_{org} -Values)

CEC_{org1}	= $cmol/kg$ of 1 st horizon
CEC_{org2}	= ...

STOFIT2'A'Step03 – Fine earth (FE) in kg/m^2

The calculation of the amount of fine earth of the whole profile requires the thickness and content of coarse material of every horizon as recorded in the profile description. If available, laboratory data of parameters named above can be used instead.

Bulk density in g/cm^3 (BD-Values)

BD1	= Bulk density of 1 st horizon
BD2	= Bulk density of 2 nd horizon
BD3	= Bulk density of 3 rd horizon
...	

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1	= Thickness of 1 st horizon
TH2	= ...

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1	= Content of coarse material of 1 st horizon
CR2	= ...

Determination of amount of fine earth for every horizon in kg/m² (FE-Values)

$$\begin{aligned} \text{FE1} &= \text{BD1} * 100 * \text{TH1} * (100 - (\text{CR1} / 100)) \\ \text{FE2} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step04 – CEC_{eff} of the mineral fraction

CEC_{eff} of mineral soil per unit surface area of horizon (mol/ m²)

$$\begin{aligned} \text{CEC}_{\text{minerHor1}} &= \text{FE1} * 0.01 * \text{CEC}_{\text{miner1}} \\ \text{CEC}_{\text{minerHor2}} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step05 – CEC_{eff} of the organic fraction

Mass of organic matter of horizon

$$\begin{aligned} \text{OrgHor1} &= \text{FE1} * \text{content of organic matter of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} * 0.01 \\ \text{OrgHor2} &= \dots \end{aligned}$$

CEC_{eff} of organic matter per unit surface area of horizon (mol/ m²)

$$\begin{aligned} \text{CEC}_{\text{orgHor1}} &= \text{CEC}_{\text{org1}} * 0.01 * \text{OrgHor1} \\ \text{CEC}_{\text{orgHor2}} &= \dots \end{aligned}$$

STOFIT2'A'Step06 - Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the whole soil profile in mol/m²

STOFIT2'A'Step06 =

$$\text{CEC}_{\text{minerHor1}} * (1 - (\text{content of organic matter of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} / 100)) + \text{CEC}_{\text{orgHor1}} + \dots$$

STOFIT2'A'Step04 – Classification of the effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) in mol/m²

	STOFIT2'A'Step03 (amount of exchangeable sorbed cations [mol/m ²])				
	< 25	25 - 50	51 - 100	101 – 200	> 200
STOFIT2'A'Step04	5	4	3	2	1

STOFIT2'A'Step05 – Evaluation

Correction of CEC_{eff} [mol/m²] in dependence of the origin, texture, structure and bulk density of the substrate

if the whole soil profile is of fluvial or colluvial origin and STOFIT2'A'Step04 >1	→	(i)
if the texture of the top 50 cm \geq 40% clay in average and the structure is not mainly granular or subangular blocky →		(ii)
in all other cases	→	(iii)
(i) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04 - 1
(ii) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04 + 2
(iii) STOFIT2'A	=	STOFIT2'A'Step04

2.2.2.3 Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'A)

- The role of soils as filter and buffer for heavy metals represents the first definition of a soil function not based on forestry or agricultural reasoning (see BRÜMMER 1978). In urban areas this soil function is of special importance as there heavy metals originating from sources like industry or road traffic intensively enter the soil. Simultaneously, urban areas are agglomerates of sensitive organisms like humans, whose health may be impaired by heavy metals not absorbed by soils. Especially airborne, heavy metal laden dust poses a great risk when entering the respiratory tract.

It has to be considered that soils will be incorrectly evaluated by means of the STOFIT3'A procedure, if their filter and buffer capacities are reduced due to high heavy metal inputs in the past or by high contents of geogenic heavy metals.

- Clay minerals and organic matter can retain and bind heavy metals, a process that is pH-dependent. With decreasing pH the binding intensity of clay minerals for heavy metals is decreasing. The amount of dissolved organic matter is increased at more alkaline pH-values. These dynamic interactions have to be taken into account for the evaluation of soils as filter and buffer medium for heavy metals. Highly aggregated soils, which are often of clayey texture, tend to impede the exchange of solutes between the buffering, solid and the liquid, moving soil components within aggregates.

Hence, the evaluation of STOFIT3'A is based on contents of clay and humus, weight by the pH-value and grade of aggregation (intra-aggregate cohesion).

Criterion

Retention capacity for heavy metals

Input parameters

- Thickness of horizon [in situ methods]
- Aggregation [in situ methods]
- Clay content [estimation according to 2.6.4)]
- Humus content [in situ methods, analytical data]
- pH-value [in situ methods, analytical data]
- Content of coarse material [in situ methods, analytical data]

Evaluation Procedure - Soils as Filter and Buffer of Heavy Metals (STOFIT3'A)**STOFIT3'A'step01 – pH factor**

pH (CaCl ₂)	pH-factor
≥ 6.5	1
5.5 – < 6.5	0.8
5.0 – < 5.5	0.5
4.0 – < 5.0	0.3
< 4	0.1

STOFIT3'A'step02 – Clay factor

The calculation requires the respective thickness of horizon, content of coarse material and prevailing soil structure as recorded in the profile description. Alternatively, laboratory data of bulk density and clay content can be used. The appendix 2.6.4 (texture) can be used to estimate clay contents based on the textural classes as determined in the field.

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1	= Thickness of 1 st horizon
TH2	= ...

Content of coarse material,
e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1	= Content of coarse material of 1 st horizon
CR2	= ...

Aggregation (AGG-Values)

predominant soil structure	AGG1, AGG2, ...
angular blocky structure	0,5
platy, prismatic or columnar structure	0,25
others	1

CLY-Values

$\text{CLY1} = (\text{clay content in \%vol of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} / 100) * \text{AGG1}$ $\text{CLY2} = \dots$

CLY-Value of the whole soil profile

$\Sigma \text{CLY} = \text{TH1} * (1 - \text{CR1}/100) * (\text{CLY1}) * \text{pH1} \dots$
--

Classification of ΣCLY

ΣCLY	Intermediary result STOFIT3'A'step02
$\geq 2,5$	1
$2 < 2,5$	2
$1,5 - < 2$	3
$1 < 1,5$	4
< 1	5

STOFIT3'A'Step03 – Humus factor

The soil profile description provides the required data of thickness of horizons, content of coarse material and humus content.

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

$\text{TH1} = \text{Thickness of 1}^{\text{st}} \text{ horizon}$ $\text{TH2} = \dots$

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments of artifacts in %vol (CR-Values)

$\text{CR1} = \text{Content of coarse material of 1}^{\text{st}} \text{ horizon}$ $\text{CR2} = \dots$
--

Humus content (HU-Values) in percentage by mass

HU1 = Humus content of 1st horizon / 100
 HU2 = ...

Determination of the HU-Value of the whole soil profile

$$\Sigma HU = TH1 * 10 * (1 - CR1/100) * (HU1) * pH1 + \dots$$

Classification of ΣHU

ΣHU	Intermediary result STOFIT3'A'step03
> 3	1
> 2 – 3	2
> 1 – 2	3
> 0.5 – 1	4
< 0.5	5

STOFIT3'A'Step04 – Evaluation

if intermediary result of STOFIT3'A'Step02 < STOFIT3'A'Step03	→	(i)
if intermediary result of STOFIT3'A'Step03 < STOFIT3'A'Step02	→	(ii)
(i) STOFIT3'A	=	STOFIT3'A'Step02
(ii) STOFIT3'A	=	STOFIT3'A'Step03

2.2.2.4 Soil as Transformation Medium (STOFIT4'A)

- The capability to produce and decompose or more comprehensive to transform chemical substances is of central importance for the evaluation of STOFIT4'A. Here the activity of microorganisms or rather their environmental conditions are paramount. Once the amount of water, nutrients, temperature and further conditions are optimal, a high rate of metabolic activity or turnover of chemical substances can be observed. High microbial activity is mainly limited to the topsoil, hence the evaluation of soil as transformation medium only takes the topsoil into consideration.
- This evaluation is focused on soil parameters like humus content, soil structure and pH-value as these intensively influence the microbial activity.

Criterion

Capability of microbes to transform organic pollutants.

Input parameters

- Humus content [in situ methods, analytical data]
- Type of soil structure [in situ methods, analytical data]
- pH-value [in situ methods, analytical data]
- Groundwater level [in situ methods, various]

Evaluation Procedure - Soils as Transformation Medium (STOFIT4'A)

STOFIT4'A'Step01 – Evaluation

Classification of top soil	Evaluation STOFIT4'A
at least 10 % humus to a depth of 30 cm and with prevailing granular structure (if corresponding information is available: with granules of at least 2 mm diameter) and pH 5.5 – 7.5 (CaCl ₂), groundwater level below 0.4 m	1
at least 10 % Humus and with prevailing granular structure to a depth of 10 cm (a depth of 3 cm is also sufficient, if the soil was used only for silviculture and was never tilled) and pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), groundwater level below 0.4 m	2
more than 5 % humus and with prevailing granular structure to a depth of 10 cm and pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), groundwater level below 0.4 m	3
more than 5 % humus and prevailing subangular blocky structure to a depth of 10 cm and pH 5.0 – 8.0 (CaCl ₂), groundwater level below 0.4 m	4
all other top soils	5

2.2.3 Soil as Production Site for Food and other Biomass (PROD)

Without doubt the productivity of soils plays a central role for life on earth. However, the fact that highly productive soils are not only of importance to grow food and fibre but also have the potential to improve the quality of urban environments often escapes notice. Soils increase air humidity and considerably reduce the amount of dust, including fine dust in the air. Plants filtering dust out of the air achieve this; dust which then is washed into the soil, where it partly will be decomposed and mineralized.

2.2.3.1 Soil as Site for Grassland Use (PROD1'A) and Wheat Production (PROD1.1'A)

- The assessment of soils as site of biomass production in general is based on their potential to be used as grassland. Thereby the average fertilization intensity in countries of the alpine neighbourhood is used as basis.

The productivity of grassland was selected as a means to evaluate PROD1'A as grasses and other plant species inhabiting grasslands and pastures comprise of a vast ecological amplitude and hence can be grown in all types of agricultural areas in the alpine region.

The evaluation of the constituent function PROD1.A is complemented by the procedure to evaluate the sub-function "soil as area for wheat production" (PROD1.1'A). The reason is that wheat is the main agricultural product of the alpine region.

- The method to evaluate the general suitability of soil for agricultural production as explained in this text is based on the main components of natural soil fertility. Amongst these the potential rooting depth is of importance, as plants require ground able to sufficiently fulfil nutrient demands of their roots. Additionally, the amounts of soil water and soil air are important factors to maximize plant growth. The supply with cations is represented by the cation exchange capacity. Soil structure and humus content enter into the evaluation procedure as well structured soil of sufficient humus content allow easy germination, higher water storage and better nutrient supply in contrast to soils with lower humus content but otherwise comparable properties. In addition, the risk of erosion is reduced by a soil structure stabilized by humus.

Only the PROD1.1 procedure involves geomorphologic features. High inclination does not allow sustainable arable farming, even if measures to reduce soil erosion are taken. The mean annual temperature is an important local parameter for arable farming as soil productivity is limited below a minimum average air as well as soil temperature.

Overall, it is important to take into account that parameters like soil structure, humus content and topsoil bulk density are dependent on tillage practices. Hence, a soil of estimated low productivity does not necessarily point towards a general

limitation of its soil functionality. It also can be reduced by unsuitable tillage methods; consequently changes in these methods can improve soil quality. Suitable measures to improve soil quality are for instance reduction of soil compaction, less intense tillage methods and application of solid organic fertilizers.

The evaluation method described is partly based on BOKS (WOLFF, 2004) which itself partially adopted methods of HOLLAND (1996). The temperature factor is based on suggestions by WELLER et al. (1975). The potential rooting depth is explained in accordance to KA5 (2005).

Criteria

Sufficient nutrient supply, suitable soil conditions and temperature for plant growth.

Input parameters

- Potential rooting depth [estimation as described in PROD1'A'Step09]
- Available field capacity (aFC) [estimation according to 2.6.1, based on bulk density, texture and humus content; analytical data]
- Air capacity (AC) [estimation according to 2.6.1, based on bulk density, texture and humus content]; analytical data]
- Effective cation exchange capacity (CEC) [estimations according to appendix 2.6.3 based on texture, humus content; degree of humification of organic matter; analytical data]
- Average annual temperature [climate]

Evaluation Procedure - Soils as Site of Grassland Use (PROD1'A)

PROD1'A'Step01 – Available field capacity (aFC in l/m²)

Further elucidations can be found at LIFE2'A'Step01.

Available field capacity in % (aFC-Values)

<p>aFC1 = aFC of 1st horizon aFC2 = aFC of 2nd horizon aFC3 = aFC of 3rd horizon ...</p>
--

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

<p>TH1 = Thickness of 1st horizon TH2 = ...</p>

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

<p>CR1 = Content of coarse material of 1st horizon CR2 = ...</p>
--

Available field capacity of the whole soil profile in % (aFC-Value)

<p>PROD1'A'Step01 = ((TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (aFC1/ 100)) + ((TH2 * 100) * (1 - (CR2/ 100)) * (aFC2/ 100)) + ...</p>
--

PROD1'A'Step02 - Air capacity (AC in l/m²)

Further elucidations can be found at STOFIT1.1'A'Step01.

Air capacity in % (AC-Values)

AC1	= AC of 1 st horizon
AC2	= AC of 2 nd horizon
AC3	= AC of 3 rd horizon
....	

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1	= Thickness of 1 st horizon
TH2	= ...

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1	= Content of coarse material of 1 st horizon
CR2	= ...

Air capacity (AC) of the whole soil profile [l/m²]

STOFIT1'A'Step02	= (TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (AC1/ 100) + ...
-------------------------	--

PROD1'A'Step03 – Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the mineral fraction of the fine earth in mol/m²

CEC_{miner}-values can be found in the table “CEC_{eff}Table1” in the appendix 2.6.3 (CEC_{eff}).

Exchange capacity of the mineral fraction in cmol/kg (CEC_{miner}-Values)

CEC _{miner1}	= cmol/kg of 1 st horizon
CEC _{miner2}	= ...

PROD1'A'Step04 – Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the organic fraction of the fine earth in mol/m²

CEC_{org}-values of the content of organic matter are derived using the table “CEC_{eff}Table2” and the diagram “CEC_{eff}Figure” as explained in the appendix 2.6.2 (CEC_{eff}).

Exchange capacity of the organic fraction in cmol/kg (CEC_{org}-Values)

CEC _{org1}	= cmol/kg of 1 st horizon
CEC _{org2}	= ...

PROD1'A'Step05 – Fine earth (FE) in kg/m²

The calculation of the fine earth content of the whole profile requires the thickness and content of coarse material for every horizon as recorded in the profile description. If available, data of bulk density and coarse material from laboratory analysis can be used instead.

Bulk density in g/cm³ (BD-Values)

BD1 = Bulk density of 1st horizon
 BD2 = Bulk density of 2nd horizon
 BD3 = Bulk density of 3rd horizon
 ...

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1 = Thickness of 1st horizon
 TH2 = ...

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

CR1 = Content of coarse material of 1st horizon
 CR2 = ...

Determination of amount of fine earth for every horizon in kg/m² (FE-Values)

FE1 = $BD1 * 100 * TH1 * (100 - (CR1 / 100))$
 FE2 = ...

PROD1'A'Step06 – CEC_{eff} of the mineral fraction

CEC_{eff} of mineral soil per unit surface area of horizon in mol/m²

CEC_{minerHor1} = $FE1 * 0,01 * CEC_{miner1}$
 CEC_{minerHor2} = ...

PROD1'A'Step07 – CEC_{eff} of the organic fraction

Mass or organic matter of horizon

OrgHor1 = $FE1 * \text{content or organic matter or } 1^{\text{st}} \text{ horizon} * 0.01$
 OrgHor2 = ...

CEC_{eff} of organic matter per unit surface area of horizon in mol/m²

$$\begin{aligned} \text{CEC}_{\text{orgHor1}} &= \text{CEC}_{\text{org1}} * 0.01 * \text{OrgHor1} \\ \text{CEC}_{\text{orgHor2}} &= \dots \end{aligned}$$

PROD1'A'Step08 - Effective cation exchange capacity (CEC_{eff}) of the whole soil profile in mol/m²

$$\text{PROD1'A'Step08} = \text{CEC}_{\text{minerHor1}} + \text{CEC}_{\text{orgHor1}} + \text{CEC}_{\text{minerHor2}} + \dots$$

PROD1'A'Step09 – Potential Rooting Depth in cm

The potential rooting depth is the depth (in cm) down to which plant roots are capable to penetrate at given circumstances. Besides solid bedrock, concretions and solidified strata, reduction horizons (layers showing redoximorphic features) or – especially in urban soils – strata with abrupt change of chemical properties, which therefore are hardly penetrable, will restrict root growth.

PROD1'A'Step10 – Soil structure without details of aggregate size

	1	2	3	4	5
Topsoil structure and	Predominantly granular	≥ 25% granules	Predominantly sub-angular blocky or single grain	Predominantly sub-angular blocky or single grain	Others
bulk density (BD) [g/cm ³]	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	
Subsoil to a depth of at least 40 cm	BD ≤ 1.5	BD ≤ 1.5	BD ≤ 1.5	BD > 1.5 and ≤ 1.7	Others

PROD1'A'Step11 – Soil structure with details of aggregate size⁷

	1	2	3	4	5
Topsoil structure and	Medium sized to coarse granules	Medium sized to coarse granules or predominantly granules	Predominantly sub-angular blocky or single grain	Predominantly sub-angular blocky or single grain	Others
bulk density (BD) [g/cm ³]	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	+ BD ≤ 1.5	
Subsoil to a depth of at least 40 cm	BD ≤ 1.5	BD ≤ 1.5	BD ≤ 1.5	BD > 1.5 and ≤ 1.7	Others

⁷ see 2.6.5 for the determination of the structure size

PROD1'A'Step12 – Classification of six parameters

	Classification				
	1	2	3	4	5
PROD1'A'Step01/ Available field capacity (aFC) [l/m²]	> 200	200 - > 140	140 > 90	90 - > 50	≤ 50
PROD1'A'Step02/ Air capacity (AC) [l/m²]	> 120	120 - > 100	100 - > 70	70 - > 40	≤ 40
PROD1'A'Step08/ CEC_{eff} [mol_c/kg * m²]	> 200	200 - > 100	100 - > 50	50 - > 25	≤ 25
PROD1'A'Step09 Potential rooting depth [cm]	> 100	100 - > 75	75 - > 50	50 - > 30	≤ 30
PROD1'A'Step10 or PROD1'A'Step11 Soil structure	1	2	3	4	5
Average annual temperature [°C]					< 6.5

PROD1'A'Step13 – Evaluation

	Requirements	Description	Evaluation PROD1'A
1.)	evaluated by PROD1'A'Step12 at least twice with 1, maximal once with 3 or better, else to 2.)	extreme productive	1
2.)	evaluated by PROD1'A'Step12 at least twice with 2 or better, maximal once with 3, else to 3.)	very productive	2
3.)	evaluated by PROD1'A'Step12 twice with 3 or better, maximal once with 4, else to 4.)	average productive	3
4.)	evaluated by PROD1'A'Step12 maximal twice with 4 as worthiest evaluation, else to 5.)	low productive	4
5.)	all others	very low productive	5

Evaluation Procedure of a Sub-Function – Soil as Site of Wheat Production (PROD1.1'A)

PROD1.1'A'Step01 – Humus content

Humus contents for various annual mean temperatures and textures	Classification				
	1	2	3	4	5

< 10°C mean annual temperature

Humus content in % at > 50% clay content in topsoil	4,5 (> 4,2)	4 (4,2 > 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (≤ 2,7)
Humus content in % at ≥ 20 and < 50% clay content in topsoil	4 (> 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (≤ 2,2)
Humus content in % at < 20% clay in topsoil	3,5 (> 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (2,2 > 1,7)	1,5 (≤ 1,7)

> 10°C mean annual temperature

Humus content in % at > 50% clay content in topsoil	4 (> 3,7)	3,5 (3,7 > 3,2)	3 (3,2 > 2,7)		2,5 (≤ 2,7)
Humus content in % at ≥ 20 and < 50% clay content in topsoil	3,5 (> 3,2)	3 (3,2 > 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)		2 (≤ 2,2)
Humus content in % at < 20% clay in topsoil	3 (> 2,7)	2,5 (2,7 > 2,2)	2 (2,2 > 1,7)		1,5 (≤ 1,7)

PROD1.1'A'Step02 – Slope gradient

	Classification				
	1	2	3	4	5
Slope gradient - without erosion protective measures like minimum tillage, ploughing across slope, mulching, growing of go-between crops	< 2%	2 < 5%	5 < 9%	9 < 12%	> 12%
Slope gradient - with erosion protective measures like minimum tillage, ploughing across slope, mulching, growing of go-between crops	< 5%	5 < 9%	9 < 12%	12 < 15%	> 15%

PROD1.1'A'Step03 – Classification of seven parameters

	Classification				
	1	2	3	4	5

PROD1'A-Steps

PROD1'A'Step01/ Available field capacity (aFC) [l/m²]	> 200	200 - > 140	140 - > 90	90 - > 50	≤ 50
PROD1'A'Step02/ Air capacity (AC) [l/m²]	> 180	180 - > 130	130 - > 80	80 - > 40	≤ 40
PROD1'A'Step08/ CEC_{eff} [mol_c/kg * m²]	> 200	200 - > 100	100 - > 50	50 - > 25	≤ 25
PROD1'A'Step09 Potential rooting depth [cm]	>100	100 - > 75	75 - > 50	50 - > 30	≤ 30

PROD1.1'A-Steps

PROD1.1'A'Step01 Humus content	1	2	3	4	5
PROD1.1'A'Step02 Slope gradient	1	2	3	4	5
Average annual temperature [°C]	> 8	8 - > 7.5	7.5 - > 7	7 - > 6.5	≤ 6.5

PROD1.1'A'Step04 – Evaluation

	Requirements	Description	Evaluation PROD1'A
1.)	evaluated by PROD1'A'Step12 at least twice with 1, maximal once with 3 or better, else to 2.)	extreme productive	1
2.)	evaluated by PROD1'A'Step12 at least twice with 2 or better, maximal once with 3, else to 3.)	very productive	2
3.)	evaluated by PROD1'A'Step12 twice with 3 or better, maximal once with 4, else to 4.)	average productive	3
4.)	evaluated by PROD1'A'Step12 maximal twice with 4 as worthiest evaluation, else to 5.)	low productive	4
5.)	all others	very low productive	5

2.2.4 Soil as Archive (ARC'A)

- The evaluation of the archive function aims on soils with specific anomalies in order to classify and rate them as worthy of protection. Specific anomalies in this sense are for instance indications of historic land use, former soil formations or former environmental conditions preserved within the soil. This historical information contributes to the understanding and prognosis of current and future processes. The ARC'A function should also support the safeguarding of soils containing historical information, which cannot be read by means of current methods.

This function differentiates between soils representing an archive of landscape history (ARC1'A) and those containing information about cultural history (ARC2'A). The remaining natural soils in urban areas are worth of being protected as such as they are very scarce and contain very valuable information.

It proved to be impracticable to develop an algorithm dedicated to the evaluation of the archive function. This is explained by the high variability of soil attributes, which may have different or even opposing meaning, depending on the context and environment in which they are discovered. Therefore the evaluation of the archive function has to be based on expert knowledge.

- Typical examples of soils with possible archival value can be found below. Nevertheless, the evaluation of the archive function of soils requires local and scientific expert knowledge. This subject requires further input of pedologists, geographers, geoscientist, archaeologists and historian, especially to harmonize the evaluation and to connect the pedological and archaeological issues.

The method is based on a procedure, which is used in Saxony (SMUL, 2009), Hamburg (GRÖNGRÖFT et al., 2003) and Baden-Württemberg (LEHLE et al. 1995.) If one or more of the listed attributes can be found on a particular site, it should be protected. Features of local significance of course cannot be found on the list.

2.2.4.1 Soil as Archive of Natural History (ARC1'A)

Criterion

Rarity – Soils with specific features, comprising of 0.1 % or less of the total area under investigation [various].

Exemplary characteristics to estimate the significance of features of landscape-historical value

- Fossil and relict soils
- Soils with periglacial or other palaeoclimatic attributes
- Soils with very pronounced gleyic attributes
- Peats
- Soils from rare parent materials

Evaluation Procedure

In accordance with current good practice of the respective profession.

2.2.4.2 Soil as Archive of Cultural History (ARC2'A)

Examples of soils representing a high value of this function

- Soils developed from rare, anthropogenic altered substrates (e.g. strata with evidence of urban blazes during the course of history)
- Soils containing outstanding artifacts of cultural history (of prehistoric nature or of significance due to its local distinctiveness regarding handicraft, housing, mining etc.)
- Soils, which were subjected to a specific (historical) use during the past.

Evaluation Procedure

To be carried out in accordance with current standards of good practice of the respective profession.

2.3 Soil Performances

The evaluation of soil performances complements the results of the evaluation of soil functions by adding aspects, which are of special importance for urban planners. These are also soil performances of immediate advantage for urban planning. Soil performances have to be replaced by technical substitutes if the abundance of respective soils is insufficiently low due to a high amount of soil sealing. The expression 'soil performance' in the above context was coined during the creation of TUSEC-IP.

2.3.1 Soil as Medium of Infiltration and Seepage – the Infiltration Performance (LEACH!A)

Explanation

Drainage and flood protection have become important issues of urban planning and therefore information about these soil performances are in demand. Conventional evaluation methods to estimate the infiltration capacity are not taking into account the water holding capacity of soils (as e.g. "ATV-DWK-A-138", the method used in Germany, see ATV-DWK, 2002). Additionally, the evaluation method explained in this document includes the water holding capacity of soils. It is proposed to incorporate this approach into future models developed for the wastewater management.

As for all evaluation procedures of TUSEC, LEACH!A does not take into account the influence of soils adjacent to the soil / area under investigation. Hence, drainage to and influx from soils located up- and downhill respectively are not taken into account. Usually, water in hilly terrain prefers to percolate parallel to the hill slope (= lateral flow). Therefore lateral flow has to be assessed by an expert in order to allow predictions of the infiltration performance of a soil. Only then the suitability of a soil for diffuse infiltration can be properly accounted for.

Description of the Procedure

The uppermost boundary of the horizon with the lowest hydraulic conductivity of the soil profile to be evaluated often limits the infiltration into a water-saturated soil. In terms of infiltration, this horizon represents the limiting factor (the "bottle neck"). Hence, the volume of transmission pores (= macropores) from the surface to the depth of the "bottle neck" is decisive. Water infiltrating exclusively into fully water-saturated soil only last for relatively short periods of time, as macropores are fast draining. These macropores (which total volume represents the air capacity) allow the so-called fast flow. The fast flow is also responsible for the uptake of intense rainfall until the complete volume of the transmission pores is saturated.

Besides the infiltration capacity of a soil, the amount of the maximal precipitation to be expected is of importance to evaluate the infiltration performance of soils. The critical precipitation represents a hydrological parameter, defining the precipitation

rate a soil is able to take up within a certain period of time. In Germany, the critical precipitation is determined by civil engineers routinely with the KOSTRA-Method (DVWK, 1991). There are analogous methods in other countries. As an example, according to KOSTRA, a critical precipitation may be an event of precipitation yielding 20 mm within 15 minutes and which is to be expected once every 10 years. Other national or international critical rain-concepts are not identified here and have to be found individually.

Naturally, the time base of the critical precipitation exerts a proportional influence on the critical precipitation itself. In addition, it cannot be assumed that there will be no precipitation before or after an event of precipitation of about the intensity of the critical precipitation. This is accounted for by introducing a multiplication factor into the calculation of the critical precipitation.

For the evaluation using LEACH!A the critical precipitation is converted to a time base of 1 hour. The duration of one hour is selected as on the one hand events of intense precipitation often only last for some minutes and on the other hand they mostly occur during rain events lasting for days. This coarse evaluation still has to be verified by the evaluation of real flood events.

Criterion

Ability of a soil to be infiltrated by water

Input parameters

- Critical precipitation (CritRain) [various]
- Saturated hydraulic conductivity (kf) [estimation according to 2.6.2 based on bulk density and texture; analytical data]
- Air capacity (AC) [estimation (according to 2.6.2 based on bulk density, texture and humus content); analytical data]
- Coarse material [in situ methods]
Depth of horizon [in situ methods]
- Groundwater level [in situ methods, various]

Evaluation procedure of the Soil Performance - Soil as Medium of Infiltration and Seepage – the Infiltration Performance (LEACH!'A)

LEACH!'A' Step01 – Determination of limiting kf-values

Further elucidations can be found at STOFIT1'A' Step01.

this procedure has to be executed for every horizon throughout the whole evaluated soil profile, results are to be recorded

Stone content ≥ 60 %vol.	→	(i)
if horizon is composed of layered soil material and the bulk density is below 1.6 g/cm^3	→	(i)
if horizon is of granular or subangular blocky structure and if it is of a bulk density of less than 1.5 g/cm^3	→	(i)
in all other cases	→	(ii)
(i)	→	kf = 300 if another horizon is to be evaluated, continue with LEACH!'A' Step01 , otherwise continue with LEACH!'A' Step02
(ii)	→	kf1 = kf of 1 st horizon kf2 = kf of 2 nd horizon kf3 = kf of 3 rd horizon

LEACH!'A' Step02 - Limiting kf-value (cm/day)

rst'kf = LEACH!'A-Step01 (requesting lowest kf of LEACH!'A-Step01)

LEACH!'A' Step03 -

Lower boundary of the horizon selected in LEACH!'A-Step02

rst'HOR = Upper boundary of rst'kf-Horizon (horizon of lowest kf-value)

LEACH!A'Step04 – Critical precipitation (CritRain) in mm

The so-called critical precipitation can be found in pertinent literature. The critical rain is defined for a relevant time of precipitation and for relevant frequency of repetition (annuality)

CritRain = Amount of critical precipitation in mm according to pertinent literature.

LEACH!A'Step05 – h'Crit Precipitation

The time base of critical precipitation is to be taken from pertinent literature. If this value refers to portions of 60-min hours, it is to be recalculated for decimal hours.

$h'CritRain = CritRain * 60 * 100/60 =$ time base of CritRain in decimal hours

LEACH!A'Step06 – Relevant Critical Precipitation (rlv'CritRain in mm)

For subsequent calculations the critical precipitation is transformed to a time base of 1 hour.

$rlv'CritRain = CritRain * 1 / h'CritRain$

LEACH!A'Step07 – Air capacity (AC in l/m²)

Further elucidations can be found at STOFIT1.1'A'Step01.

Air capacity in %vol (AC-Values)

this procedure has to be executed for every horizon throughout the whole evaluated soil profile, results are to be recorded

Stone content \geq 60 %vol
in all other cases

→ (i)
→ (ii)

(i) → AC = 25
(ii) → AC1 = AC of rst'HRZ1
AC2 = AC of rst'HRZ2
AC3 = AC of rst'HRZ3
....

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

TH1 = Thickness of rst'HRZ1
TH2 = ...

Content of coarse material, e.g.
stones, rock fragments or artefacts in %vol (CR-Values)

CR1 = Content of coarse material of rst'HRZ1
CR2 = ...

Air capacity of the part of the profile which is of high importance to infiltration (rlv'AC)

LEACH!'A'Step07 = $(TH1 * 100) * (1 - (CR1 / 100)) * (AC1 / 100) + \dots$

LEACH!'A'Step08 – Evaluation

Comparison of LEACH!'A'Step06 (rlv'CritRain) with LEACH!'A'Step07 (rlv'AC)	Evaluation LEACH!'A
rlv'CritRain / rlv'AC: < 0.9	1
rlv'CritRain / rlv'AC: > 0.9 and < 1.1	2
rlv'CritRain / rlv'AC: > 1.1 and < 1.4	3
rlv'CritRain / rlv'AC: > 1.4 and < 2	4
rlv'CritRain / rlv'AC: ≥ 2 or groundwater level at less than 1 meter depth	5

2.3.2 Soil as Factor in Climate Regulation – the Cooling Performance (COOL!’A)

- This soil performance aims for the enhancement of urban climate, and hence, to improve urban life conditions. Hereby, the effect of cooling down by evaporation of soil water is evaluated. In the temperate zone, this soil function is only relevant in summer.
- The evaluation of the cooling effect is closely related to the amount of precipitation, the air temperature and the amount of water kept by the soil. Additionally, capillary ascension of ground water could be relevant.

In fact, shading, heat storage by buildings, vegetation, wind speed and surface roughness are influencing the climate regulation by the soil. Because of its high heterogeneity, these factors could not be inquired for each site for TUSEC with an adequate expense. Therefore this evaluation procedure is based on known and well-introduced procedures. Urban and natural environments are differentiated therefor.

Criterion

Amount of evaporated water originally contained in soil and connected uptake of energy.

Input parameters

- aFC: Available field capacity, based on bulk density, texture and humus content, according to appendix 2.6.1
- CR: Content of coarse material [in situ methods, various]
- TH: Thickness of horizon [in situ methods]
- Long term averages (best for the past 20 years) of monthly rain sums in mm [climate data]
- E Long term averages (best for the past 20 years) of monthly means of air temperature at 13 o'clock MEZ in °C [climate data]
- RH Long term averages (best for the past 20 years) of monthly means of relative humidity at 13 o'clock MEZ in % [climate data]
- a-f: Constants [given in the context]
- additional constants given in the context

Evaluation Procedure - Soil as a Factor in Climate Regulation – the Cooling Performance (COOL!'A)

A method of Renger and Wessolek (DVWK, 1996) was modified for the estimation of site-specific averages of the yearly evaporation. The method of Renger and Wessolek fits not perfectly for COOL!, because it was developed to calculate the evaporation of the whole year whereas only the summer evaporation is relevant for COOL!. Therefore maize (Löpmeier, 1994) is taken as reference vegetation. This, as the yearly course of the transpiration of maize fields fits better to the requirements for COOL!.

Despite the mentioned restriction in points of exactness of this estimation, the use of partially unspecific constants and other methodological restrictions (see DVWK, 1996), the application of COOL! is recommended for Central Europe. This, because only five evaluation classes are differentiated in COOL!.

A more exact calculation of the climatic regulation by cooling, also by partially sealed soils is possible with hydro-pedotransfer functions as proposed by Wessolek et al. (Wessolek et al., 2008).

See chapter 1.6.4 in the German Version for tables for 70 sites and different water regimes for a fast and easy estimation of COOL!.

COOL!A'Step01 – Long term average of the monthly saturation vapor pressure (E in hPa)

$$E \text{ for Jan.} = 6,11^{(17.62 * \text{mean 13 o'clock-temp. for Jan.}) / (243.12 + \text{mean 13 o'clock-temp. for Jan.})}$$

$$E \text{ for Feb.} = 6,11^{(17.62 * \text{mean 13 o'clock-temp. for Feb.}) / (243.12 + \text{mean 13 o'clock-temp. for Feb.})}$$

$$E \text{ for March} = 6,11^{(17.62 * \text{mean 13 o'clock-temp. for March}) / (243.12 + \text{mean 13 o'clock-temp. for March})}$$

...

13 o'clock temp.: Long term means of temperature in °C at 13 o'clock MEZ. For substitute, the according maximum temperature could be used

COOL!A'Step02 – Long term averages of monthly means of vapor pressure (e in hPa)

$$e \text{ for the long term average of the Jan.-mean} = RH * E \text{ for Jan.} / 100$$

$$e \text{ for the long term average of the Feb.-mean} = RH * E \text{ for Feb.} / 100$$

$$e \text{ for the long term average of the March-mean} = RH * E \text{ for March} / 100$$

...

COOL!A'Step03 – Long term averages of monthly means of evaporation according to Haude (ET_{pHAUDE} in mm/month)

$$\begin{aligned} ET_{pHAUDE}Jan. &= f_{\top}Jan * (E-e) * \text{number of January-days} + \\ ET_{pHAUDE}Feb. &= f_{\top}Feb * (E-e) * \text{number of the mean of February-days} + \\ ET_{pHAUDE}March &= f_{\top}March * (E-e) * \text{number of March-days} + \\ &\dots \end{aligned}$$

f_{\top} - Haude-factors for the calculation of daily average or transpiration of maize according to Löpmeier (Löpmeier, 1994)

$f_{\top}Jan.$	$f_{\top}Feb.$	$f_{\top}March$	$f_{\top}April$	$f_{\top}May$	$f_{\top}June$	$f_{\top}July$	$f_{\top}Aug.$	$f_{\top}Sept.$	$f_{\top}Oct.$	$f_{\top}Nov.$	$f_{\top}Dec.$
0.15	0.15	0.18	0.18	0.18	0.26	0.26	0.26	0.24	0.21	0.14	0.14

$$\begin{aligned} \text{COOL!A'Step03} &= ET_{pHAUDE}Jan. + \\ &ET_{pHAUDE}Feb. + \\ &ET_{pHAUDE}March + \\ &\dots \end{aligned}$$

COOL!A'Step04 - Available field capacity (aFC in l/m²)

Further explanations can be found in LIFE2'A'Step01.

Available field capacity in % (aFC-Values)

$$\begin{aligned} aFC1 &= \text{aFC of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} \\ aFC2 &= \text{aFC of 2}^{\text{nd}} \text{ horizon} \\ aFC3 &= \text{aFC of 3}^{\text{rd}} \text{ horizon} \\ &\dots \end{aligned}$$

Thickness of horizon in dm (TH-Values)

$$\begin{aligned} TH1 &= \text{Thickness of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} \\ TH2 &= \dots \end{aligned}$$

Content of coarse material, e.g. stones, rock fragments or artifacts in %vol (CR-Values)

$$\begin{aligned} CR1 &= \text{Content of coarse material of 1}^{\text{st}} \text{ horizon} \\ CR2 &= \dots \end{aligned}$$

Available field capacity (aFC) of the whole soil profile [l/m²]

$$\begin{aligned} \text{COOL!A'Step04} &= ((TH1 * 100) * (1 - (CR1/ 100)) * (aFC1/ 100)) + \\ &((TH2 * 100) * (1 - (CR2/ 100)) * (aFC2/ 100)) + \\ &\dots \end{aligned}$$

COOL!A'Step05 - Average annual evaporation (ETa in l/m²) according to Wessolek and Renger, changed

$$\text{COOL!A'Step06} = 0,39 * \text{average sum of the precipitation from April to Sept.} + 0,08 * \text{average sum of the precipitation of Jan., Feb., March, Oct., Nov, Dec.} + 153 * \log \text{COOL!A'Step04} + 0,12 * \text{COOL!A'Step03} - 109$$

The average of the annual evaporation could be easily transferred to physical units for cooling work, if it is assumed that the latent heat is released constantly at 10°C. Than the factor for the conversion of the unit liter to Mega-Joules is 2.47. The conversion of the unit liter to Kilowatt-hours is possible by the multiplication with 0.6861.

COOL!A'Step06 - Evaluation

COOL!A'Step05 [l/m ²]	COOL!A'Step05 [MJ/m ²]	COOL!A'Step05 [kW*h/m ²]	Cooling effect	Evaluation COOL!A
< 450	< 1112	< 309	very low	5
450 - < 500	1112 - < 1235	309 - < 343	low	4
500 - < 550	1235 - < 1359	343 - < 377	medium	3
550 - ≤ 600	1359 - ≤ 1482	377 - ≤ 412	strong	2
> 600	> 1482	> 412	very strong	1

2.4 Explantions to the B-Procedure (beta-Version)

2.4.1 Introduction

The following explanations about the orienting soil evaluation (the B-Procedure, which does not allow statements at the resolution of single plots) could only be developed to the experimental stage. Besides other reasons, this was caused by the abundance and diversity of pedological data from the respective communities preventing a comprehensive test run of a B-Evaluation.

Here, the principles of the B-Procedure are briefly explained. Generally speaking, the B-Procedure is based on a similar approach as the preparation of a conceptual soil map. It is a novelty of the B-procedure that not only soil types can be determined, but also a comprehensive soil evaluation can be accomplished based on secondary data. On-site soil descriptions for the B-Procedure are limited to visits of the site in order to validate the statements, which are based on secondary information. The low effort of the B-Procedure is also a consequence of the evaluation, which disregards horizon-oriented information. Owing to the high requirements in regard of the ability to interpret, the specialist background necessary to derive the required input parameter as well as the low amount of practical experience, the B-Procedure should remain the domain of experts experienced in soil evaluation. Taking into account these prerequisites, the B-Procedure is very appropriate to evaluate areas spanning the size of large cities including their outskirts. This task can be achieved with a comparably small effort.

The principle of the conceptual soil map and of the B-Procedure is illustrated in figure 2.4-1.

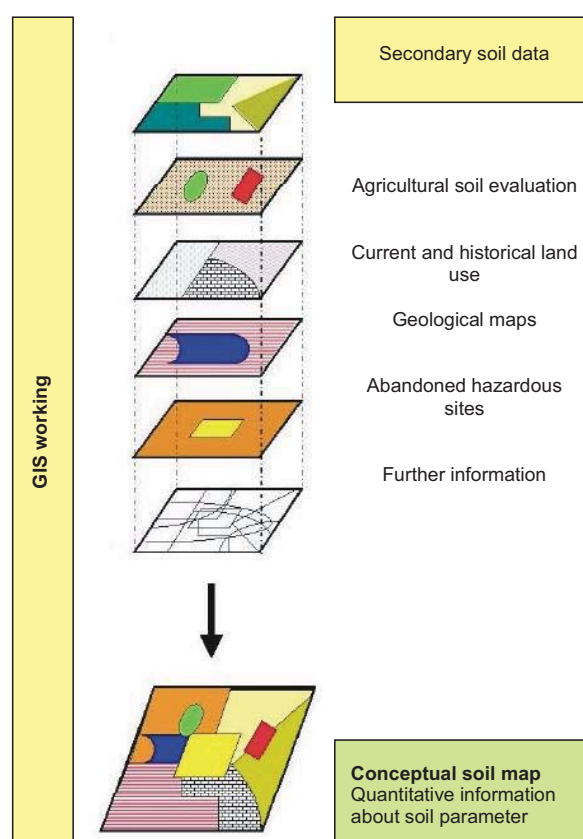


Fig. 2.4-1:

The principle of the conceptual soil map and process steps to determine the input parameters for the B-procedure (adapted from Schneider, 2000).

2.4.2 B-Procedure (beta-version) - Principles

The B-Procedure is designed for soil evaluations on the small scale (1:25,000 and smaller). Therefore its results can be used for orienting evaluation. It is advisable to use the B-Procedure as a tool to select the areas where the A-Procedure should preferably be applied. Generally, the B-Procedure is based on soil data averaged to a depth of one meter (see 1.2), but does not take into account individual soil horizons. Only data about the humus content refer to the topsoil - this is explained in more detail in the respective paragraphs. This manual also elucidates some aspects about the interpretation of secondary data. Generally it has to be mentioned, that secondary data at large only allow coarse conclusions regarding soils and their properties.

In contrast to the A-Procedure, there are up to now no standardized methods of data collection for the B-Procedure. In addition, the preparation of the input data is an integral part of the evaluation at B-Level. Therefore, pedological expert knowledge is paramount to accomplish the B-Evaluation. This procedure will be the target of future revisions, with the objective to further develop and optimize the functional evaluation.

2.4.3 Steps in Preparation of the B-Procedure

Preparative steps for the B-Procedure as explained in this section are necessary for the soil evaluation on B-Level; however, they are not part of the evaluation itself. These preparative steps are achieved in a manner analogous to a mapping on the A-Level.

Demarcation of sealed areas within the area of investigation

Prior to the data evaluation a decision has to be made whether solely open space or additionally sealed areas should be included in the evaluation.

Table 2.4.3-1 offers a selection of types of partial areas within the area of investigation.

Table 2.4.3-1: Classification of partial areas for subsequent soil evaluation

A	B	C	D
open space	open space and	open space and	open space and
	partially sealed areas	partially sealed areas and	partially sealed areas and
		completely sealed areas	completely sealed areas and
			built-up areas

Exploratory investigation

To obtain a general impression, an exploratory investigation of the area performed by the evaluator is imperative. Thereby valuable information can be acquired at low cost and extreme misjudgements can be avoided. An additional on-site visit to verify the evaluation results is optional.

Demarcation of partial areas for subsequent evaluation

At first, the partial areas to be evaluated at B-Level have to be defined. Therefore the demarcation of these areas demands a high level of attention. As an example, partial areas with natural soils should be distinguished from areas with anthropogenic soils. Within these areas additional subdivisions based on the duration of anthropogenic impact can be created.

The boundaries of the partial areas should be modified, if subsequently evidence emerges, which suggests that the present delineation is erroneous.

The Geographical Information System (GIS) can be a very valuable tool for the delineation of partial areas. Especially the subdivision of digital maps into layers proves to be very useful.

Possible sources of information include data about current and historical land use, topographical maps or digitized spatial data, current or historical aerial photographs, preliminary and exploratory investigations, questionnaires and information about diffuse source substance input and contaminated sites. The number of demarcated soil units has to be based on the size of the area under investigation. The conceptual soil map of Berlin, for instance, consists of 70 soil units (BÖCKER et al., 1998).

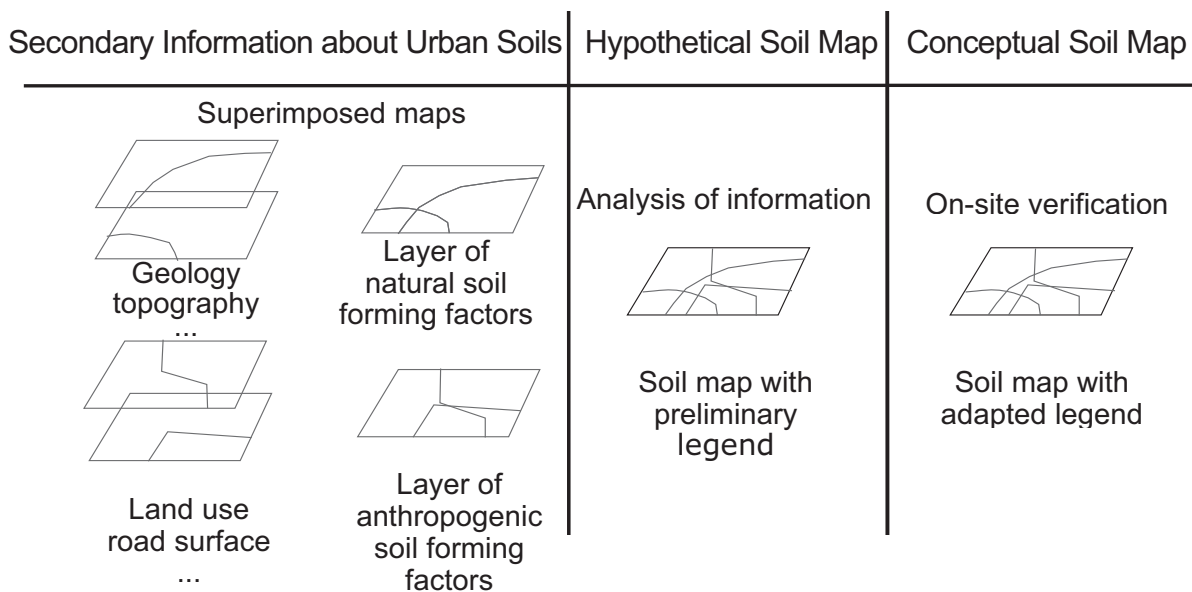


Fig. 4-3.1: Scheme for the development of a conceptual soil map for anthropogenic soils (see also Fig. 4.1.1).

Definition of the aspects to be evaluated

Prior to the evaluation a decision has to be made concerning which of the soil functions and soil performances are obligatory or optional in terms of their assessment. This decision has to be based on the amount, quality and availability of information as well as on the expected expenditure of data collection.

Input parameter for the B-Evaluation – suitability of data sources

Table 2.4.3-2 explains the evaluation of the quality of secondary data. The quality is rated on a scale from 1 to 5. In contrast to other chapters of this manual, here a rating of “5” indicates a very good quality of the respective secondary data. In other words, at a rating of “5” the secondary data allow a quality of interpretation, which is comparable to the interpretation achieved by a soil scientist using a pedological map. A rating of “5” yields a Q-sum of 50, equivalent to the highest possible quality. A rating of “0” means, no information of any value for the soil evaluation can be obtained. The Q-sum represents the probability to find the predicted soil parameters at an arbitrary location within the site of investigation (or partial area).

Verification of results of the B-Evaluation by on-site spot sampling of a soil profile

It is a principle of the B-Procedure to have its results verified by comparing on-site spot samples with the outcome of the evaluation on B-Level.

Table 2.4.3-2: Suitability of data sources for their use as secondary data in the evaluation on B-Level (5: very high suitability, 0: no significance)

Code	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
of rows and columns	historical and current topographic maps or similar information	historical and current topographic maps or similar information	Exploratory investigation	historical and current building ground map	written documents about historical and current land use	special maps (e.g. about geology, hydrology, or agricultural/silvicultural soil evaluation)	map of war damage	official information about contaminated sites	personal communications	on-site verification	information about soil/substrate management (e.g. at landfills)	Q-SUM (cumulative points of row A to K)
PARAMETERS												
Primary soil parameters of the whole profile (disregarding horizons)												
1	5	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	50
2	1	1	2	3	3	0	0	0	1	3	2	18
3	1	1	1	3	1	4	0	0	2	2	1	19
4	0	0	2	4	2	1	2	2	1	3	3	24
5	0	0	2	4	3	2	2	3	4	4	4	33
6	1	1	3	4	3	4	0	0	1	4	3	31
7	1	1	2	4	4	0	0	1	1	4	3	28
8	1	1	2	0	3	2	4	2	1	4	3	31
Evidence of anthropogenic impact												
9	2	5	2	0	2	0	0	2	2	2	1	50
10	0	0	2	3	3	1	2	1	2	4	3	31
11	0	0	2	3	3	0	2	1	2	4	3	31
12	0	0	2	3	3	0	2	1	2	4	3	32
13	0	0	1	0	3	1	1	1	3	4	2	29
14	1	1	2	4	2	0	1	4	3	4	2	38
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L

continued on the following page

Table 2.4.3-2: Suitability of data sources for their use as secondary data in the evaluation on B-Level; continuation

Complex soil parameters:		Code of rows	Remarks
Hydraulic Permeability	101		this parameter requires calculation, therefore the primary soil parameters no. 6, 4, 5 and 11 are necessary ⁸
Field capacity (available field capacity)	102		this parameter requires calculation, therefore the primary soil parameters no. 6, 7 and 10 are necessary ⁸

⁸ the calculation technique is explained below

2.4.4 Deduction of Complex Soil Parameters

This estimation is based on parameters from table 2.4.3-2. These are soil texture (row 6), humus content (row 7), content of stones and similar material as well as information about a possible anthropogenic origin (rows 4 and 5) and information about compaction and layering (row 11).

2.4.4.1 Evaluation of the Hydraulic Permeability (WP'B-Value) - beta

Input parameters are texture (row 6, especially column F may be of importance, even if soils were locally transported), content of stones and similar material as well as information about a possible anthropogenic origin (rows 4, 5), depth of profile development (row 2) and information about compaction and layering (rows 10, 11).

Information	WP'B
predominantly clayey soils without voids to a depth of 50 cm for some period of time during the year, or all predominantly clayey and loamy soils with evidence of percolation, inhibiting layering or compaction	1
predominantly loamy soils without evidence of percolation, inhibiting layering or compaction, or all predominantly silty soils with evidence of percolation, inhibiting layering or compaction	2
predominantly silty soils without evidence of percolation, inhibiting layering or compaction	3
predominantly soils with more than 50% and less than 80% of sand in the fine earth, or predominantly clayey soils with voids to a depth of 50 cm for some period of time during the year	4
predominantly soils with at least 80% sand in the fine earth, or soils with a stone or artifact content of more than 60 %vol, or relocated soils without evidence of compaction	5

2.4.4.2 Evaluation of the Field Capacity (Available Field Capacity, WC'B-Value)

Input parameters are soil texture (6), humus content (7) and information about soil compaction (10, 11).

Information	WC'B
predominantly loamy soils	1
predominantly loamy soils with evidence of compaction	2
predominantly soils from sand fractions and evidence of high humus content	3
predominantly soils from sand fractions or predominantly soils with sand content of more than 50% and less than 80% and evidence of high humus content (these are soils with a humus content of 10% or more in a topsoil of at least 40 cm thickness)	4
predominantly soils with a sand content of at least 80% or soils from clay	5

2.4.5 Determination of the Number of Evaluation Classes

The number of evaluation classes depends on the quality of information of each individual evaluation procedure. The criterion for the determination of the number of evaluation classes is the Q-sum as detailed in table 2.4.3-2. The numbers there have to be adapted to the individual circumstances of each evaluation. The parameter, which estimation was based on information of the lowest ranking quality class, is decisive. The following table defines the number of evaluation classes as a function of the Q-sum.

Q-Sum	below 10	10-15	16-24	25-50
number of evaluation classes	no evaluation possible	2 classes: + and -	3 classes: I, II und III	5 classes
grouping of evaluation classes		5 and 4 group into + 1, 2 and 3 group into -	1 and 2 group into I 3 becomes II, 4 and 5 group into III	no grouping

2.5. Evaluation Procedure for the B-Level

2.5.1 Soil as Habitat and Gene Pool

2.5.1.1 Soil as Basis and Habitat of Human Life (LIFE1'B)

- The evaluation of soil as basis of life (LIFE1'B-function) on the B-Level is generally identical to the evaluation on the A-Level. In more detail, the evaluation on B-Level is higher resolved, as it is based on a smaller scale in comparison to the A-Procedure. In addition, the evaluation on B-Level has to be carried out only once per demarcated area. See LIFE1'A for more detailed information.
- Information about diffuse source contamination and contaminated sites are essential (see table 2.4.3-2, code 13 and 14).

Input parameters⁹

- Information about current and historical land use [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2 column A, B, D, E, H, I, K]
- analytical data - if available

⁹ in case of uncertainty concerning the quality of input parameters, see 2.4.5

Procedure

LIFE1'B'Step01 - Evaluation part 1

Classification of soil pollution based on specific evidence as derived from sampling sites within the area specified for evaluation (see 4.3) ¹⁰	LIFE1'B
without evidence of diffuse or point-source contamination and no necessity for further investigations according to national or international legislation	1
with evidence of diffuse source contamination by one source, but without evidence of point-source contamination and no necessity for further investigations according to national or international legislation	2
with evidence of diffuse source contamination by multiple sources, but without evidence of point-source contamination no necessity for further investigations according to national or international legislation	3
with evidence of point-source contamination and, if analytical data are available and, if further investigations are demanded by national or international legislation, continue with LIFE1'B-Eva. part 2, otherwise proceed with this key.	
with evidence of point-source contamination	5

LIFE1'B'Step02 - Evaluation part 2

Classification of soil pollution based on analytical data	LIFE1'B
evidence of pollution, which requires no remedial action according to national legislation	4
evidence of pollution, which requires remedial action according to national legislation	5

¹⁰ Such areas are defined as "potentially contaminated sites". These are "sites, which past or current use leads to a suspicion that its soil may be contaminated", see European Commission, 2004. *Final reports of the Thematic working groups. Volume IV Contamination* (page 1, 1.),
Internet: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/soil/library>

2.5.1.2 Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms (LIFE2'B)

- The extent of anthropogenic impact and evidence of extreme local conditions are the decisive inputs for the evaluation of a soil in its function as basis for life and habitat of meso- and macroorganisms (LIFE2'B-function). Refer to LIFE2'A (2.1.2) for further information.
- The codes referring to table 2.4.3-2 can be found in the heading of the evaluation table.

Input parameters¹¹

- Information about the groundwater level [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, column B, H, I]
- Information about the available field capacity (WC'B-value, see 2.4.4.2,). Information about current and historical land use [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, column A, B, D, E, H, I, K]
- Information about the soil quality [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, column F]

¹¹ in case of uncertainty about the quality of the input parameters, see 2.4.5

Procedure

LIFE2'B'Step01 - MAN-value based on evidence of human impact

The evaluation of the anthropogenic impact (MAN-value) can be significantly improved by consulting an expert with adequate local knowledge.

Anthropogenic impact (in regard to row 9 to 14 in table 2.4.3-2)	MAN
no evidence of detrimental soil disturbance, beyond that of sustainable cultivation and tillage methods ¹²)	1
with evidence of anthropogenic soils, but no evidence of soils with artifacts, or with evidence of deep ploughing, more than fivefold increase in soil erosion, or with evidence of anthropogenic soils on less than 10% of the area with less than 10 % artifacts in the topsoil	2
with evidence of anthropogenic soils on less than 10% of the area with more than 10% artifacts in the topsoil or with evidences of anthropogenic soils on more than 10% of the area with less than 10% artifacts in the topsoil	3
with evidence of anthropogenic soils on less than 10% of the area with less than 10% artifacts in the subsoil	4
with evidence of anthropogenic soils on less than 10% of the area with more than 10% artifacts in the subsoil or all others	5

¹² defined as “good agricultural practise” by the European Union, see also page 24 in http://europa.eu.int/eur-lex/en/com/cnc/2000/com2000_0020en01.pdf

LIFE2'B'Step02 - EXT-Value based on extreme local conditions

The best evaluation out of the three parameters in the columns to the left is used as result of the EXT-evaluation. The results of the EXT-values can be found in the column furthest to the right in the table below.

See 4.4.2 for instructions about the derivation of the WC'B-value.

available field capacity [l/m ²]/ WC'B-value	predominantly highest groundwater level within a period of several month, e.g. as it can be read off hydrological maps [m]	other attributes	EXT
5	< 0.2	moderately saline soils or soils poor in plant nutrients	1
4	0.2 < 0.4	soils of very low value in regard of productive agriculture and silviculture	2
3	0.4 < 0.8		3

LIFE2'B'Step03 - Evaluation

if MAN < EXT, LIFE2'B	=	MAN
else		
LIFE2'B	=	EXT

2.5.2 Soil as Storage-, Filtration- and Transformation-Medium (STOFIT'B)

2.5.2.1 Soil as Component of the Water Cycle (STOFIT1'B)

- The ability to recharge groundwater and to infiltrate rainwater and dew are the main criteria for the evaluation of a soil as component of the hydrological cycle (BAL1'B-function). See 2.2.1 for more detailed information.
- Refer to 2.4.2.1 and 2.4.2.2 for instructions about the derivation of the WP'B- and WC'B-values.

Input parameters¹³

See 2.4.2.1 and 2.4.2.2

Procedure

STOFIT1'B'Step01 - Evaluation

if WP'B = 5 continue with (i),
in all other cases continue with (ii)

(i)

$$\text{BAL1'B} = 5$$

(ii)

$$\text{BAL1'B} = \text{WP'B-value} / 2 + \text{WC'B-} / 2$$

¹³ in case of uncertainty about the quality of the input parameters, see 2.4.5

2.5.2.2 Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals (STOFIT3'B)

- The ability of a soil to bind heavy metals is paramount for the evaluation of its function to act as filter and buffer (BAL1'B-function). See STOFIT1'A, 2.2.3 for additional information.

Input parameters¹⁴

- Soil texture [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, row 6]
- Topsoil humus content and signs of humus content in the subsoil. This estimation is largely based on the soil type. [in situ methods, various (map of soil types is required), see also table 2.4.3-2, row 7]
- pH-value [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, row 8]

Procedure

STOFIT3'B'Step01 - CLY-value for the classification of the clay content

Clay content (referring to table 2.4.3-2, row 6)	CLY
above 25% and less than 50% ¹⁵	1
between 17 and 25%	2
below 17%	5
equal or above 50%	5

STOFIT3'B'Step02 - HUM-value for the classification of the humus content

if organic soils with a topsoil that is not permanently waterlogged or soils primarily from ashes (WRB: e.g. Histosols, Hortisols, KA5: e.g. humified fen (vererdetes Niedermoor), Erd-/ Mull-Hochmoor, Hortisol) are predominant → **(i)**

if mineral soils with a subsoil of high humus content (WRB: Cumulic Anthrosols, Fluvisols, Chernosems, Kastanozems, Phaeosems, KA5: Kolluvisol, Vega, Tschernitza, Schwarzerden) are predominant → **(ii)**

if soils with an average topsoil thickness of 30 cm (arable field) are predominant → **(iii)**

if soils with an average topsoil thickness of 10 cm (grassland, forest) are predominant → **(iv)**

¹⁴ in case of uncertainty about the quality of the input parameters, see 2.4.5

¹⁵ mass percent, 2% Humus is equal to 1% carbon

(i)

HUM = 1

(ii)

Humus content (referring to row 7 in table 2.4.3-2)	HUM
8% and above	1
between 4% and less than 8%	2
below 4%	3

(iii)

Humus content (referring to row 7 in table 2.4.3-2)	HUM
8% and above	1
between 4% and less than 8%	2
below 4%	5

(iv)

Humus content (referring to row 7 in table 2.4.3-2)	HUM
15% and above	1
between 8% and less than 15%	2
below 8%	5

STOFIT3'B'Step03 - REAC-value for the classification of the pH-value

pH-value (referring to row 8 in table 2.4.3-2)	REAC
above 6	1
between 5 and 6	3
below 5	5

STOFIT3'B'Step04 - SUM-value

$SUM = CLY\text{-value} / 3 + HUM\text{-value} / 3 + REAC\text{-value} / 3$

STOFIT3'B'Step05 - Evaluation

if soils with an average groundwater level of less than 1 meter below ground surface are prevailing, continue with → (i)
in all other cases continue with → (ii)

(i)

STOFIT3'B = SUM + 1

(ii)

STOFIT3'B = SUM

5.2.3 Soil as Transformation Medium (STOFIT4'B)

- The capability of a soil to microbially decompose organic pollutants is of central importance for the evaluation of its function as transformation medium (BUF2'B-function). This evaluation is limited to the topsoil only.

Input parameters¹⁶

- Humus content and thickness of topsoil [in situ methods, various, see also table 2.4.3-2, row 7]

Procedure

STOFIT4'B'Step01 - Evaluation

if soils with average topsoil thickness of 30 cm (arable field) are prevailing → (i)
if soils with average topsoil thickness of 10 cm (grassland, forest) are prevailing → (ii)

(i)

Humus content (referring to row 7 in table 2.4.3-2)	STOFIT4'B
8% and above	1
between 4% and less than 8%	2
below 4%	5

(ii)

Humus content (referring to row 7 in table 2.4.3-2)	STOFIT4'B
15% and above	1
between 8% and less than 15%	2
below 8%	5

¹⁶ in case of uncertainty about the quality of the input parameters, see 2.4.5

2.5.3 Soil as Production Site of Food and other Biomass (PROD'B)

2.5.3.1 Soil as Site of Food Production (PROD1'B)

- The function to evaluate soil as site of agricultural production aims to assess its natural productivity. Consequently the function PROD1'B also evaluates the general ability of soil to produce biomass and to crudely estimate the suitability of urban soils as ground for the growth of trees. Data about the evaluation of the climatic influence have to be obtained from external sources.

Input parameters¹⁷

- Humus content [in situ methods, various, also see table 2.4.3-2]
- Mean annual temperature [climate]

Procedure

PROD1'B'Step01 - TAV-value for the classification of the mean annual temperature

Mean annual temperature	TAV
above 8°C	1
between 7.5 and 8°C	2
between 7 and 7.5°C	3
between 6.5 and 7°C	4
below 6.5°C	5

PROD1'B'Step01 - Evaluation

Refer to 4.4.1 for instructions about the derivation of the WP'B-value.

if the humus content of the topsoil is predominantly higher than 4% → (i)
if the humus content of the topsoil is predominantly equal or smaller than 4% → (ii)

(i)

$$\text{PROD1'B} = (\text{TAV} / 2 + \text{WC'B-value} / 2) - 1$$

(ii)

$$\text{PROD1'B} = (\text{TAV} / 2 + \text{WC'B-value} / 2)$$

¹⁷ in case of uncertainty about the quality of the input parameters, see 4.5

2.5.4 Soil as Archive (ARC'B)

The evaluation procedure of the archive function of soils on the A-Level is identical to the B-Level. Please refer to the according sections explaining this soil function on the A-Level (chapter 2.4 following). As it is not possible to derive statements about individual sub-areas on the A-Level, the evaluation is carried out on the B-Level.

2.6 Appendix for the A-Procedure

2.6.1 Appendix Pore Volume (PorVol)

The Estimation of air capacity (AC), available field capacity (aFC) and field capacity (FC) is based on textural classes, bulk densities and humus contents of soils (JAHN, 2003). First, the procedure for mineral soils is explained, followed by the procedure for organic soils.

Procedure for mineral soils

Soils contain pores of various diameters, these are dictated by the texture, the humus content and the bulk density of a soil. These three factors also determine the occurrence as well as the size of pores. Depending on size and prevailing soil water content they may be filled with water or air.

The determination of the air capacity (AC), available field capacity (aFC) or field capacity (FC) is based on the table on the next page and follows the steps described below:

- 1) Select the textural class of horizon
- 2) Select the desired parameter (air capacity (AC), available field capacity (aFC) or field capacity (FC))
- 3) Select the bulk density of horizon / soil
- 4) Select the humus content from the choices available within the column of the selected textural class
- 5) Read off the modification factor corresponding to the humus content selected in 4)

The desired value is calculated as the sum of the modification factor (5) and the pore volume content of the selected parameter (3) of the textural class (1).

Table for the determination of pore volume contents of mineral soils

Textural class	AC (pores > 50µm pF < 1.8)					AFC (pores 50 - 0.2µm pF 1.8 - 4.2)					FC (pores < 0.2µm pF > 1.8)				
	with bulk density [g cm ⁻³] of														
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
	[Vol. %]					[Vol. %]					[Vol. %]				
Sand (S)	43	33	22	12	6	7	11	17	21	21	10	15	20	24	25
addition if 1-2% org. substance			-2					+1					+2		
do. if > 2-4%			-1					+1					+4		
do. if > 4-8%			+1					+3					+8		
do. if > 8-15%			+1					+4					+10		
Loamy sand (LS)	36	26	17	9	5	12	17	20	22	21	17	22	26	27	26
Sandy loam (SL)	29	20	13	8	4	19	21	23	22	20	25	28	30	29	27
addition if 1-2% org. substance			0					+1					+2		
do. if > 2-4%			+1					+1					+4		
do. if > 4-8%			+2					+3					+8		
do. if > 8-15%			+3					+4					+12		
Sandy clayey loam (SCL)	19	13	9	5	3	20	20	19	17	13	36	36	35	33	30
Clayey loam (CL)	14	9	6	4	2	22	20	17	14	10	42	41	39	35	31
Silty clayey loam (SiCL)	11	7	5	3	1	24	22	18	15	10	45	43	40	36	32
addition if 1-2% org. substance			+1					+1					+3		
do. if > 2-4%			+2					+2					+5		
do. if > 4-8%			+3					+5					+10		
do. if > 8-15%			+5					+9					+15		
Sandy clay (SC)	14	9	5	3	1	34	33	31	27	22	39	39	37	34	29
addition if 1-2% org. substance			+1					+1					+2		
do. if > 2-4%			+2					+1					+4		
do. if > 4-8%			+3					+4					+9		
do. if > 8-15%			+6					+5					+12		
Silt (Si)	14	9	5	3	1	34	33	31	27	22	39	39	37	34	29
addition if 1-2% org. substance			-1					+1					+1		
do. if > 2-4%			+1					+1					+4		
do. if > 4-8%			+1					+3					+8		
do. if > 8-15%			+2					+4					+11		
Silt loam (SiL)	17	11	7	4	2	28	28	26	23	18	38	37	36	33	29
addition if 1-2% org. substance			+1					+1					+2		
do. if > 2-4%			+2					+1					+4		
do. if > 4-8%			+3					+4					+9		
do. if > 8-15%			+6					+5					+12		
Loam (L)	19	13	9	5	3	24	24	23	20	16	35	36	35	32	29
addition if 1-2% org. substance			+1					+1					+3		
do. if > 2-4%			+2					+2					+4		
do. if > 4-8%			+3					+4					+10		
do. if > 8-15%			+5					+7					+11		

Table for the determination of pore volume ..., continued

Textural class	AC (pores > 50µm pF < 1.8)					AFC (pores 50 - 0.2µm pF 1.8 - 4.2)					FC (pores < 0.2µm pF > 1.8)				
	with bulk density [g cm ⁻³] of														
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
	[Vol. %]					[Vol. %]					[Vol. %]				
Silty clay (SiC)	8	5	3	2	1	20	17	13	9	6	49	46	43	39	34
Clay (C)	9	6	4	2	1	14	11	8	5	2	50	47	44	40	35
addition if 1-2% org. substance			0					+2					+4		
do. if > 2-4%			0					+5					+8		
do. if > 4-8%			+1					+11					+13		
do. if > 8-15%			+2					+16					+18		

The estimation of air capacity (AC), available field capacity (aFC) and field capacity (FC) also depends on the degree of humification and particle density of the organic matter of peat soils and organic layers (JAHN, 2003).

Procedure for organic soils

Soils of high humus content may comprise of a very high pore volume. Thus, they deserve a separate treatment regarding their air capacity, available field capacity and field capacity.

Table for the determination of pore volume contents of organic soils

Type of organic matter	AC (pF < 1.8)			aFC (pF 1.8 - 4.2)			FC (pF > 1.8)		
	)¹	)²	)³	)¹	)²	)³	)¹	)²	)³
typically undrained bogs									
slightly decomposed, plant structure visible (fibric soil material)	30	25	20	55	58	60	65	69	72
moderately decomposed, plant structure slightly visible (fibric to sapric soil material)	25	20	15	60	60	60	70	73	75
highly decomposed, no plant tissue visible (sapric soil material)	10	10	5	60	65	55	85	82	83
typically drained fens from sapric soil material with ash content of 25-50 %									
slightly humified, mainly granular soil structure	-	-	16	-	-	32	-	-	62
moderately humified, granular to subangular blocky soil structure	-	-	18	-	-	29	-	-	59
highly humified, angular blocky soil structure	-	-	20	-	-	29	-	-	63
O-horizons, decomposed organic matter	-	-	18	-	-	29	-	-	59

Adapted from AG-Boden, 2005,)¹: undrained,)² slightly drained,)³ drained

This procedure requires information about the type of humus and the prevailing water regime (undrained, slightly drained, or drained) of the site under investigation. These data in combination with the following table yield the desired data. As insufficient data

of soils from organic sludges and from transported organic substances are available, no estimations for such materials are possible. In these cases laboratory analysis are necessary.

2.6.2 Appendix Hydraulic Conductivity (kf)

The kf-value of permanently waterlogged organic soils is set to "0" if the water logging is caused by impervious layers, e.g. peat clay. Due to insufficient amount of data, no estimation of the kf-value is possible for drained organic soils and soils of anthropogenic transported organic soil material. Hence, laboratory measurements are necessary.

The kf-value describes the velocity of water percolating in completely saturated soil per unit gradient of hydraulic potential. The kf-value of a soil depends on its bulk density and texture.

A table to specifically determine the kf-values of various mineral soils can be found further down. This table also accounts for very high bulk densities as they can be frequently observed in anthropogenic soils, which are highly compacted by technical means.

The data of the table below was calculated by a software (Rosetta), which is able to estimate soil hydraulic parameters based on data of standard soil properties. This software was developed by SCHAAP (1999).

Approach for the estimation of the hydraulic conductivity:

The determination of the kf-value follows the three steps below and is based on the data in the following table:

- 1) Estimation or determination of the texture of horizon.
- 2) Estimation or determination of bulk density.
- 3) Read off the kf-value of the horizon corresponding to the texture and bulk density of soil.

kf'table – kf-values of mineral soils - texture classes according to WRB, part 1/3

Sand	Silt	Ton	Texture class FAO	kf [cm/day] at bulk density				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
mass % (analyzed or estimated)				[g/cm ³]				
			S	402	408	327	199	96
			LS	287	212	132	69	30
			SL	186	99	48	22	10
			SCL	118	68	32	12	4
			SC	271	217	142	75	32
			SiL	123	52	20	8	3
			SiCL	82	29	10	3	1
			SiC	68	24	8	3	1
			Si	134	73	37	17	8
			CL	87	30	10	4	1
			L	97	35	14	7	3
			C	114	40	14	6	3
			HC	52	25	12	6	3

S: sand, Si: silt, L: loam, C: -clay, HC: heavy clay
FAO: Food and Agricultural Organization

kf'table – kf-values of mineral soils - metric classes, part 2/3

Sand	Silt	Ton	Texture class FAO	kf [cm/day] at bulk density				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
mass % (analyzed or estimated)				[g/cm ³]				
100	0	0		616	1311	1636	1357	853
90	10	0		572	627	541	356	190
90	0	10		308	382	331	205	95
80	20	0		400	304	200	113	57
80	10	10		267	206	132	68	29
80	0	20		165	144	89	41	15
70	30	0		347	207	115	60	30
70	20	10		232	139	74	35	15
70	10	20		167	105	53	23	8
70	0	30		111	85	48	20	7
60	40	0		311	165	86	45	22
60	30	10		196	101	49	24	11
60	20	20		137	72	34	14	6
60	10	30		110	68	33	13	4
60	0	40		76	54	32	15	5
50	50	0		273	137	70	37	19
50	40	10		155	71	34	17	8
50	30	20		101	46	20	9	4
50	20	30		89	41	18	7	3
50	10	40		86	46	22	9	3
50	0	50		61	39	22	11	5
40	60	0		305	149	70	34	16
40	50	10		169	70	29	14	7
40	40	20		101	36	14	6	3
40	30	30		79	29	11	4	2
40	20	40		85	37	15	5	2
40	10	50		70	36	18	8	3
40	0	60		47	29	17	10	5
30	70	0		303	160	78	36	17
30	60	10		181	77	32	15	7
30	50	20		114	40	14	6	3
30	40	30		90	30	10	4	1
30	30	40		91	33	11	4	1
30	20	50		79	34	14	6	2
30	10	60		58	29	14	7	3
30	0	70		39	24	14	8	4

kf'table – kf-values of mineral soils - metric classes, part 3/3

Sand	Silt	Ton	Texture class FAO	kf [cm/day] at bulk density				
				1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
mass % (analyzed or estimated)				[g/cm ³]				
20	80	0		276	151	76	37	17
20	70	10		177	82	36	15	7
20	60	20		118	45	16	6	3
20	50	30		92	31	10	4	1
20	40	40		91	30	9	3	1
20	30	50		85	31	11	4	2
20	20	60		63	26	11	5	2
20	10	70		45	23	12	6	3
20	0	80		33	21	13	7	4
10	90	0		213	124	66	32	15
10	80	10		146	73	34	15	7
10	70	20		100	43	17	7	3
10	60	30		80	30	10	4	1
10	50	40		77	27	9	3	1
10	40	50		78	27	9	3	1
10	30	60		62	23	9	4	2
10	20	70		47	20	9	4	2
10	10	80		37	20	10	5	2
10	0	90		31	19	11	6	3
0	100	0		125	69	37	18	9
0	90	10		85	44	22	10	5
0	80	20		59	28	12	5	2
0	70	30		50	21	8	3	1
0	60	40		51	20	7	2	1
0	50	50		55	20	6	2	1
0	40	60		49	17	6	2	1
0	30	70		40	15	6	3	1
0	20	80		34	16	7	3	1
0	10	90		31	17	8	4	2
0	0	100		25	15	5	3	2

2.6.3 Appendix Cation Exchange Capacity (CEC)

The very fine soil particles (colloids), mainly clay and organic matter, have negative charges associated with their surfaces; thus enabling them to adsorb cationic nutrients and contaminants. These cations can be exchanged with other cations of equivalent amount of charge. The sum of exchangeable cations is termed cation exchange capacity (CEC); its amount is expressed in $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (centimole of charge per kg). The amount of CEC of a soil is essentially a function of the amount and type of clay minerals and the content of soil organic matter (SOM or humous substances). Clay minerals have a CEC of < 10 to $> 200 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$. Slightly to moderately weathered soils contain a mixture of clay minerals, their CEC reaches about $50 \text{ cmol}_c \text{kg}^{-1}$ in the clay fraction. Based on soil texture and humus content, the CEC of illitic soils can be estimated using the table below. In the case of smectitic soils (e.g. the smectite-rich FAO/WRB soil group of Vertisols) this value should be multiplied by a factor of 2.5, kaolinitic soils (e.g. the kaolinite-rich FAO/WRB soil groups of Acrisols and Ferralsols) require a factor of 0.3 and soils with geric properties (low CEC, see also FAO et al. 2006) require a factor of 0.03 (JAHN, 2006).

CEC_{eff}'Table1 – CEC_{eff} of the mineral fraction of soil horizons

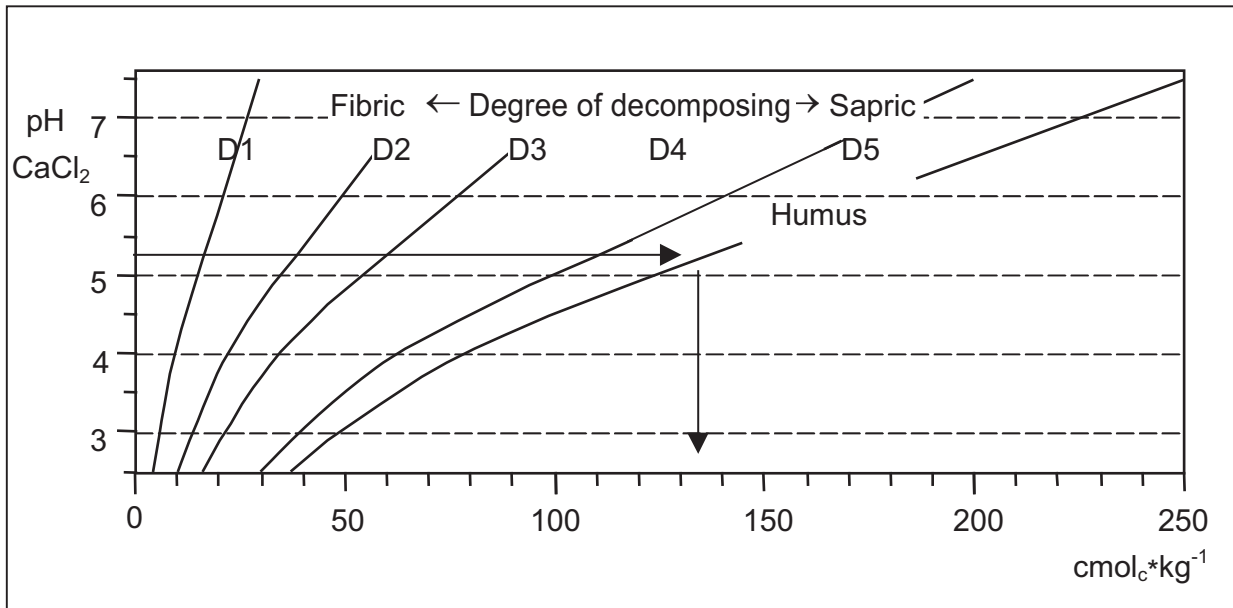
Textural class	CEC _{pot} [$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$]	Textural class	CEC _{pot} [$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$]	Textural class	CEC _{pot} [$\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$]
S	2	SiL<10% clay	8	SiCL, SC	20
LS	3	Si	10	C 40-60% clay	27
SL<10% clay	4	L, SiL>10% clay	12	HC > 60% clay	35
	6	SCL	15		
SL>10% clay		CL	18		

S: sand, Si: silt, L: loam, C: clay, HC: heavy clay

CEC_{eff}'Table2 – Degree of humification of peats

Visual and physical condition of peats	Classes
very slightly decomposed, structures of plant tissue visible (fibric soil material)	D1
slightly decomposed, structure of plants, plant tissue visible (fibric soil material)	D2
moderately decomposed, structures of plant tissue slightly visible (fibric to sapric soil material)	D3
highly decomposed, no structures of plant tissue visible (sapric soil material)	D4
very highly decomposed, no structures of plant tissue visible (sapric soil material)	D5

CEC_{eff} Figure – effective CEC [$\text{cmol}_c \cdot \text{kg}^{-1}$] of the organic fraction of soil horizons

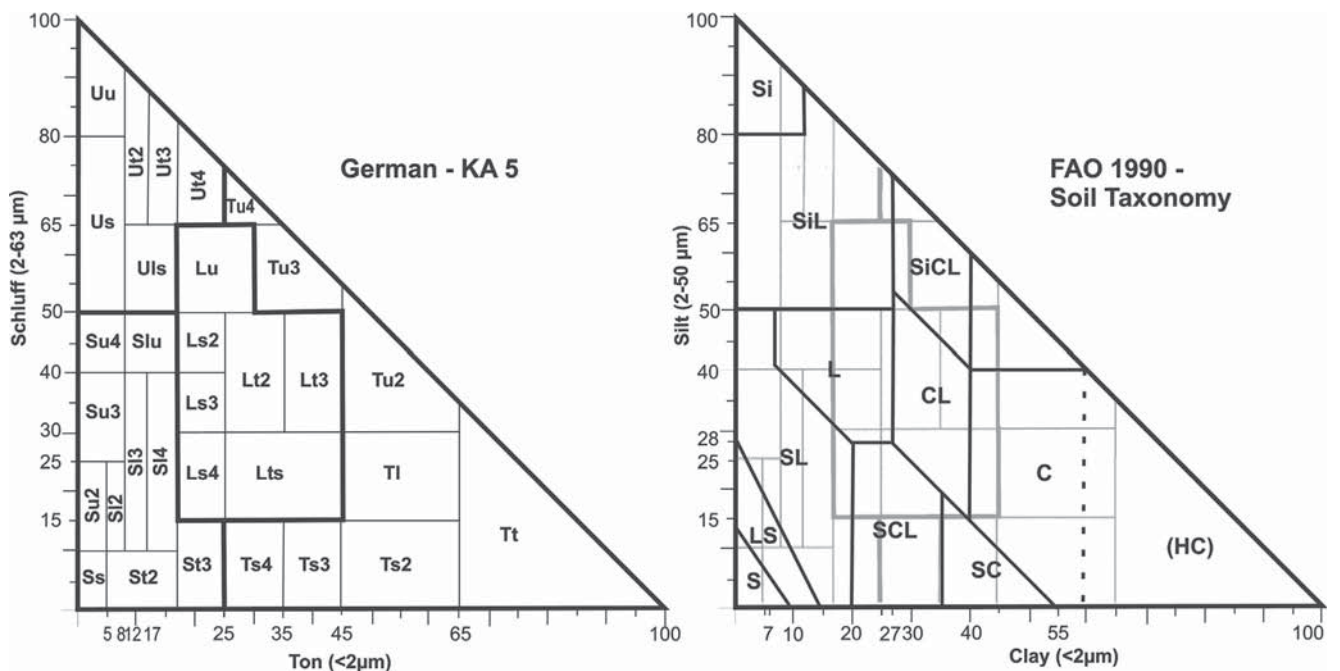


2.6.4 Appendix Soil Texture

The following two triangular diagrams show the particle distribution of all textural classes of both the German (KA5, left figure) and the FAO system (right figure). From left to right the increasing clay content is plotted as the abscissa and from bottom to top the increasing silt content is plotted as the ordinate.

Both triangular diagrams are divided into a number of different textural classes. However, the German classification consists of more classes, which is why the boundaries between the textural classes of both systems are different.

The triangular diagrams allow a comparison and a conversion between the German and the FAO classification system. This is of importance as most of the evaluation procedures of this manual refer to the FAO-texture classes which are the same like the WRB texture classes.



Texture triangles

Average content of sand, silt and clay (mass %) of the FAO Textural Classes

	Sand	Clay	Silt
Sand (S)	92	6	2
Loamy Sand (LS)	82	8	10
Sandy clayey loam (SCL)	60	30	10
Sandy clay (SC)	50	45	5
Clay (C)	15	70	15
Loam (L)	40	20	40
Clayey loam (CL)	33	33	33
Silty loam (SiL)	20	15	65
Silty clayey loam (SiCL)	10	35	55
Silty clay (SiC)	5	50	45
Silt (Si)	7	7	85

2.6.5 Appendix Size of Soil Aggregates (Structural Unit Size)

The classification below is adopted from “Field book for describing and sampling soils” (SCHOENEGER et al. 1998, p. 2-40)

Size class	Size of soil aggregates (size of structural unit) [mm]	
	Granular structure	Subangular blocky structure
very fine	< 1	< 5
fine	1 to < 2	5 to < 10
medium	2 to < 5	10 to < 20
coarse	5 to < 10	20 to < 50
very coarse	≥ 10	≥ 50

2.7 Example for the Evaluation of a soil on the A-Level

2.7.1 Required and additional Parameters

Easting: 350988 (Gauß-Krüger-coordinates)

Northing: 537371 (Gauß-Krüger-coordinates)

Long term average of annual temperature: 10.9°C

Long term average of sums of yearly precipitation: 890 mm,

Long term average of sums of precipitation for April to Sept. as well as from Jan. to March and Oct. to Dec.:

Average sums of precipitation (from 1985-2007, in mm, Data of the meteorological station at the "Unterer Lindenhof", Hohenheim University):

April to Sept.	Jan. to March and Oct. to Dec.
556	334

Long term average of monthly temperature Mean at 13 o'clock MEZ (from 1985-2007, in °C, Data of the meteorological station at the "Unterer Lindenhof", Hohenheim University):

Jan.	Feb.	March	Apr.	Mai	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
5.0	6.5	10.5	14.5	19.6	22.1	23.8	23.9	19.4	14.7	8.6	5.9

The critical rain is 22.1 mm in 15 min with an annuality of 10 years.

Soil type: Stagnic Luvisol

Land use at time of soil mapping: Cultivation of mustard as go-between crop.

For the evaluation relevant data of the soil description

Master Horizon	Lower horizon boundary [cm]	Colour	Coarse material [%]	BD ¹⁸ [g/cm ³]	Texture WRB	Soil structure	Humus content [%]	Carbonte content [%]	Redoximorphic features	pH
Ap	26	10YR5/4	0	1.3	SiL ¹⁹	cloddy	3	10	-	7.5
Bw	48	10YR5/4	0	1.4	SiL ¹⁸	subangular – angular blocky	2	2	Mn-concretions	7.5
Bht	66	10YR5/6	0	1.4	CL	massive	1	0	-	7.5
Bg	100	10YR5/6	1	1.6	CL	massive	0	0	mottling	7.5

¹⁸ Bulk Density

¹⁹ with a clay content of approx. 25%

2.7.2 Soil Evaluation (A-Level)

Evaluation of LIFE1'A - Basis and Habitat of Human Life - Example

There are no hints for diffuse or punctual soil contamination. That means no contaminating land use was ever practiced there, no road with heavy traffic is nearby. This guides directly to the evaluation with class 1 for LIFE1'A'Step01. Accordingly, there is no need for analytical data on contaminants and the evaluation with LIFE1'A'Step02 is superfluous.

Evaluation result for LIFE1'A: Class 1

Evaluation of LIFE2'A (Soil as Basis for Life and Habitat of Flora and Fauna – Disregarding Microorganisms) - Example

LIFE2'A'Step01 – determination of aFC (input data and **results**)

Horizon	Lower horizon boundary [cm]	Depth of horizon [dm]	Texture WRB	Coarse Material [%vol]	Humus [mass %]	Bulk Density [g/cm ³]	aFC [l/m ²]	aFC/horizon [l/m ²]
Ap	26	2.6	SiL	0	3	1.3	31	80.6
Bw	48	2.2	SiL	0	2	1.4	31	68.2
Bht	66	1.8	CL	0	1	1.4	26	46.8
Bg	100	3.4	CL	0	0	1.6	10	33.7
Sum								229

Calculation of aFC (available field capacity, see glossary and 2.6.1 in the annex) for LIFE2'A'Step01:

$$\begin{aligned}
 Ap &= (2.6 \text{ dm} * 100 * (1 - (0 \% / 100))) * 31 / 100 \\
 &= (\text{depth of horizon} * 100 * (1 - (\text{stone content} / 100))) * aFC / 100 \\
 &= 80.6 \text{ l/m}^2 \text{ aFC l/m}^2 \text{ of the Ap (ploughed horizon)} \\
 M &= (2.2 \text{ dm} * 100 * (1 - (0 \% / 100))) * 31 / 100 \\
 &= 68.2 \text{ l/m}^2 \\
 M/Bt &= (1.8 \text{ dm} * 100 * (1 - (0 \% / 100))) * 26 / 100 \\
 &= 46.8 \text{ l/m}^2 \\
 Bt &= (3.4 \text{ dm} * 100 * (1 - (0 \% / 100))) * 11 / 100 \\
 &= 33.7 \text{ l/m}^2 \\
 \text{Sum} &= 229 \text{ l/m}^2
 \end{aligned}$$

LIFE2'A'Step02 – extreme location (criteria and **intermediary-result**)

Available field capacity of the complete soil profile [l/m ²] LIFE2'A'Step01	Highest groundwater level within a period of several month [m]	Salinization [dS/m] in 1: 2.5 soil: water suspension	Intermediary result LIFE2'A'Step02
(aFC > 100 and annual precipitation < 1000 mm) other	(> 1) no relevance for classification	(electrical conductivity < 16 and pH < 8) no relevance for classification	5

The classification in the low-value class 5 in the first part of the evaluation habitat wild animals and plants (LIFE2'A) depends solely on the high capacity of the soil to store plant available water and the not extreme high rainfall at the site. This is the reason why no rare vegetation could develop. Such vegetation and their fauna would be also adapted to dry sites (which are mostly also low in nutrients) or to wet sites.

LIFE2'A'Step03 and LIFE2'A'Step04 – naturalness and evaluation

The soil is used as field and worked periodically. Therefore, the intermediary result is not changed in regard to a special naturalness of the soil.

Evaluation result for LIFE2'A: Class 5

Evaluation of STOFIT1'A (Soil as Component of the Water Cycle) - Example

STOFIT1'A'Step03 – Determination of kf (input data and **results**)

Horizon	Texture WRB	Coarse Material [%vol]	Bulk Density [g/cm ³]	kf-Value [cm/d]
Ap	SiL	0	1.3	36
Bw	SiL	0	1.4	20
Bht	CL	0	1.4	10
Bg	CL	1	1.6	4

As the texture is given in WRB-classes, the kf-values are determined with kf'table part 1/3 in chapter 2.62 in the annex. As long as no bulk density of 1.3 g/cm are given there, the kf has to be calculated by averaging. The available field capacity (aFC) is already determined for LIFE2'A.

According to STOFIT1'A'Step01, the lowest kf-value of 4 cm/d is deciding, the all-horizon total for aFC is 199 l/m². According to STOFIT1'A'step03, the evaluation result is class 4.

Evaluation result for STOFIT1'A: Class 4

The evaluation for STOFIT1.1'A has to be carried out in an analogous way.

Evaluation of STOFIT2'A (Soil as Component of the Nutrient Cycle) - Example

STOFIT2'A'Step07 – CEC-Classifikation (input data and results)

Horizon	Depth [dm]	Texture WRB	Humus Content [%]	Bulk Density [g/cm ³]	Coarse material [% vol]	CEC _{eff} mineral. [cmol/kg]	CEC _{eff} org	Fine Earth [kg/m ²]	CEC _{eff} mineral. [mol/kg/m ²]	CEC _{eff} org	CEC
Ap	2.6	SiL	3	1.3	0	12	250	338	41	25	65
Bw	2.2	SiL	2	1.4	0	12	250	308	37	15	52
Bht	1.8	CL	1	1.4	0	18	250	252	45	6	51
Bg	3.4	CL	0	1.6	1	18	250	539	97	0	97
Sum											265

According to STOFIT2'A'Step01 and to CEC_{eff}Tab. 1 (2.6.2) the values given in column "CEC_{eff} mineral." are resulting. Thereby, it has to be mentioned that the clay content of the SiL was determined to approx. 25% (see page 205).

According to a pH of 7.5 an according to STOFIT2'A'Step01 as well as to CEC_{eff}Tab. 2 (2.6.2) the effective cation exchange capacity of the humus is 250 cmol_ckg⁻¹ for all horizons.

According to STOFIT2'A'Step03 the amount of fine earth is calculated by multiplication of the volume of the horizon (for clear description: the volume measures like a box with depth of the horizon and the side lengths of a square meter), if applicable shortened by the portion of coarse material. The results are given in the column "Fine Earth".

The calculation in STOFIT4'A'Step03 result in a CEC_{eff} value corresponding to the total volume of the evaluated soil down to 1 m depth and under the surface area of 1 m². This is calculated by multiplication of the value for fine earth with the value for the CEC_{eff}mineral., whereas the data given in cmol_c/kg has to be transferred by multiplication with 0.01 to mol_c/kg.

The same procedure is executed with STOFIT4'A'Step05 for the CEC_{eff} of the humous material. The CEC_{eff} values of the mineral and organic portions (related to the area of 1m²) are added in STOFIT4'A'Step06

The classification in STOFIT2'A'Step07 results in class 1. This classification ist not modified in STOFIT2'A'Step08, because only the upper part of the profile shows hints for colluvial influence by an humus content of at least 1%.

Evaluation result for STOFIT2'A: Class 1

Evaluation of STOFIT2'A (Soil as Filter and Buffer for Heavy Metals) - Example

STOFIT3'A – input data

Horizon	Depth [dm]	Texture WRB	Coarse Material [% vol]	pH	Structure	Clay-Content [mass %]	Humus [%]
Ap	2.6	Lu	0	7.5	cloddy	58	3
Bw	2.2	Lu	0	7.5	subangular – angular blocky	58	2
Bht	1.8	Lt3	0	7.5	massive	40	1
Bg	3.4	Lt3	1	7.5	massive	40	0

The calculations has to be carried according to STOFIT3'A'Step01 to STOFIT3'A'Step03 and analogous to the example für LIFE2'A'Step01 (see page 206). The evaluation has to be carried according to STOFIT3'A'Step04: $CLY\text{-value} * 0,5 + HU\text{-value} * 0,5 = 3 * 0,5 + 1 * 0,5 = 2$

Evaluation result for STOFIT3'A: Class 2

Evaluation of STOFIT4'A (Soil as Transformation Medium) - Example

According to soil structure, the humus content and the pH-value in the top soil the ability of this soil to transform and degrade organic contaminants is evaluated to class 4.

Evaluation result for STOFIT4'A: Class 4

Evaluation of PROD1'A (Soil as Production Site of Food and other Biomass) - Example

The available field capacity (aFC) is calculated with PROD1'A'Step01. This is shown as example for LIFE2'A on page 206. The calculation of the air capacity in PROD1'A'Step02 has to be carried out analogous, but by reading out values from column "AC". The determination of the effective cation exchange capacity (CEC_{eff}, in PROD1'A'Step03 to PROD1'A' Step08) is already explained for STOFIT2'A'Step07 on page 209.

Input data, relevante for PROD1'A'Step09 and PROD1'A'Step10

Horizon	Lower horizon boundary [cm]	Colour	Bulk Density [g/cm ³]	Structure	Carbo-nate content [%]	Redoximorphic features	pH
Ap	26	10YR5/4	1.3	cloddy	10	-	7.5
Bw	48	10YR5/4	1.4	subangular – angular blocky	2	Mn-concre-tions	7.5
Bht	66	10YR5/6	1.4	massive	0	-	7.5
Bg	100	10YR5/6	1.6	massive	0	mottling	7.5

The method for the determination of the potential rooting depth is explained in detail at PROD1'A'Step09. Accordingly, the potential rooting depth in the example is 48 cm, stretching down do the horizon with signs for reduction.

PROD1'A'Step10 has to be used for the classification of the soil structure, because no information about the size of aggregates is available. As the top soil shows cloddy structure an the bulk density does not exceed 1,4 g/cm³, down to the depth of 40 cm, class 3 is keys out with PROD1'A'Step10.

The additional parameter for the classification according to PROD1'A'Step12 is the annual mean temperature of 10,9°C. This does not change the evaluation result of PROD1'A'Step10.

Accordingly, the classification with PROD1'A'Step12 and with PROD1'A'Step13 results in class 3.

Evaluation result for PROD1'A: Class 3

Evaluation of ARC1'A (Soil as Archive of Natural History) - Example

A soil with precipitated calc-sinter was found 50 m west of the evaluated profile. The calc-sinter can bear important information about natural history. As the calc-sinter can provide facts about former environments, the whole site needs to be protected as archive of natural history.

Evaluation result for ARC1'A: Class 1

Evaluation of ARC2'A (Soil as Archive of Cultural History) - Example

No artifacts or any hints allowing conclusions on the cultural history were found. Therefore, the sites requires no protection as archive of cultural history.

Evaluation result for ARC2'A: Class 5

Evaluation of LEACH!A - Example

Analogous to the explained method for the evaluation of the kf-value with STOFIT1A on page 208, the hydraulic conductivity of the horizon with lowest kf-value ("rst'kf" in LEACH!A'step02) is determined to 4 cm/d. The according Bg-horizon starts in 66 cm depth. Than, the value for "rst'HOR" is 66.

Information about the critical rain could be requested from literature for civil engineers. For the example data from the German meteorological service was taken, which is 22,1 mm in 15 min (0.25 decimal hours) with an annuality of 10 years.

The relevant critical rain has to be calculated as $22,1 * 1 / 0,25 = 88,4 \text{ l/m}^2$.

The determination of the air capacity (AC) has to be calculated with the tables in chapter 2.6.1 in the annex, analogous to the determination of the aFC (explained for LIFE2'A on page 206) but with values from the column "AC". The results of the determination of the air capacity are given in subsequent table.

Intermediary results while evaluating LEACH!A

Horizon	Lower horizon boundary [cm]	Kf-Value [cm/d]	AC [%]	AC/ horizon [l/m^2]
Ap	26	36	11	28.6
Bw	48	20	9	19.8
Bht	66	10	6	10.8
Sum of AC till the rst'HOR:				59.2
Bg	100	4	4	13.6

According to the method described for LEACH!A'Step07, the sum of the relevant air capacity (down to the depth with the restricting hydraulic conductivity (rst'HOR" with 66 cm)) is 59.2 l/m^2 .

The quotient between the critical rainfall with a duration of 1 hour (rlv'CritRain with $88,4 \text{ l/m}^2$) and the capacity of the soil for the infiltration of heavy rainfalls (rlv'AC with 59.2 l/m^2) results in the value of 1.5 and is accordingly directed to class 4. Thereby, the lateral flow is not respected. This has to be done by additional evaluation by an pedological expert.

Evaluation result for LEACH!A: Class 4

Evaluation of COOL!A - Example

According to the extensive description of the procedure for COOL!A and according to the extend of the calculation, no detailed description is given here.

The input parameter aFC is 229 l/m².

The method for the calculation of the aFC is explained in PROD1'A'Step01.

Meteorological input data

Long term average of monthly temperature mean at 13 o'clock MEZ (from 1985-2007, in °C):

Jan.	Feb.	March	Apr.	Mai	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
5.0	6.5	10.5	14.5	19.6	22.1	23.8	23.9	19.4	14.7	8.6	5.9

Long term average of sums of precipitation for April to Sept.: 556 mm

Long term average of sums of precipitation (1985-2007) for April to Sept (the metrological summer): 556 mm,

for Jan., Feb. March and Oct., Nov. Dec. (the meterological winter): 334 mm.

Intermediary results of COOL!A

COOL!A'Step01 - Long term average of the monthly saturation vapor pressure (E in hPa)

Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
8.7	9.7	12.7	16.5	22.8	26.5	29.4	29.6	22.5	16.7	11.1	9.3

COOL!A'Step02 – Long term averages of monthly means of vapor pressure (e in hPa)

Jan.	Feb.	March	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
7.2	8.3	10.1	13.8	18.3	22.1	22.7	23.9	16.6	12.9	9.1	8.2

COOL!A'Step03 – The long term averages of monthly means of evaporation according to Haude (ET_{pHAUDE}) is 281 mm per year and m².

COOL!A'Step05 – The average annual evaporation (ET_a) is 638 mm/m². Accordingly, the cooling effect of this soil is very strong.

Evaluation result for COOL!A: Class 1

2.8 References

AG BODEN (BODENKUNDLICHE KARTIERANLEITUNG, 2005). 5th edition, Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

ATV-DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft und Abfall, 2002): Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. ATV-DVWK Regelwerk.

BLUM, W.E.H., BÜSING, J. L'ESCAILLE (2004): European Soil Thematic Strategy Working Group Research – Summary Report. Commission européenne Bruxelles.

BÖCKER, R., GRENIUS, R. (Red.) BLUME, H.-P., HORBERT, M., KIRCHGEORG, A., RIPL, W., SUCOPP, H., STÜLPNAGEL, A.V. (1987): Stadtökologische Raumeinheiten. Umweltatlas Berlin, Karte M 1:50 000. u. Erl. Nr. 05.01.

BODENSCHUTZKONZEPT STUTTGART (BOKS): s. WOLFF.

BRÜMMER, G. (1978): Funktionen des Bodens im Stoffhaushalt der Ökosphäre. Deutscher Rat für Landespflege: Zum ökologischen Landbau 31: 13-20/ 1978

BUNDESMINISTERIUM DER JUSTIZ (1998): Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG. Bundesgesetzblatt I. Bonn, 502 p.

BVB (Bundesverband Boden): s. JESSEN-HESSE.

COMMISSION of EUROPEAN COMMUNITIES (2000): Indicators for the Integration of Environmental Concerns into the Common Agricultural Policy. Communication from the Council and the European Parliament.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITY (2002): Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Towards a thematic strategy for soil protection. Brussels COM(2002) 179 final, 36 p. Internet:

http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/de/com/2002/com2002_0179de01.pdf
http://eusoiils.jrc.it/ESDB Archive/pesera/pesera_cd/pdf/053AdoptedSoilCommEN.pdf

DVWK (DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU E.V., 1991): Starkniederschläge in der Bundesrepublik Deutschland. Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Internet:

http://www.itwh.de/S_KOSTRA.htm

DVWK: (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. [Eds.] 1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft.

EUROPÄISCHE UNION (1991): Protokoll zur Durchführung der Alpenkonvention von 1991 im Bereich Bodenschutz. Amtsblatt der Europäischen Union, L 337: 29-35. Internet:
http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/de/oj/2005/l_337/l_33720051222de00430049.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1976): A framework for land evaluation Soil Bulletin 32. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), Jahn (red, 2006). Guidelines for soil description. 4. ed. Rome, Italy.

Internet: ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/guidel_soil_descr.pdf

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), IUSS (International Union of Soil Science), ISRIC (International Soil Reference and Information Centre, 2006): World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 103, Rome, Italy.

Internet: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsrr103e.pdf>

Jahn R, Blume H.-P., Asio V. B. (2003). Field Guide for Soil Description, Soil Classification and Soil Evaluation. Halle, Selbstverlag.

GRÖNGRÖFT, A.; HOCHFELD, B. & G. MIEHLICH (2003): Großmaßstäbige Bodenfunktionsbewertung für Hamburger Böden. Verfahrensbeschreibung und Begründung. Auftrag der Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg, Bodenschutz und Altlasten.

HEFT 31 (1995): s. LEHLE et al.

HOLLAND (1996): Stadtböden im Keuperland am Beispiel Stuttgarts. Hohenheimer Bodenkundliche Hefte 39, Stuttgart.

KA 5: see AG Boden.

KARLEN, D. L., M. J. MAUSBACH, J. W. DORAN, R. G. CLINE, R. F. HARRIS and G.E. SCHUMAN (1997): Soil quality, definition and framework for evaluation. Soil Sc. Soc. Am. J. 61: 4-10.

LEHLE, M.; BLEY, J.; MAYER, E.; VEIT-MEYA, R. & R. VOGL [Eds.] (1995): Heft 31: Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit – Leitfähigkeit für Planung und Gestaltungsverfahren. Umweltministerium Baden-Württemberg, Luft, Boden, Abfall, Heft 31, 1995

SCHAAP, M. (1999): Rosetta Version 1.0. - A program to predict soil hydraulic parameters from basic soil data.

Internet: http://www.ars.usda.gov/sp2UserFiles/Place/53102000/pdf_pubs/P1765.pdf

SCHNEIDER, J. (2000): Concept soil map - small Investigation – A lot of information. Proceedings of the "First International Conference on Soils of Urban, Industrial, Traffic and Mining Areas (SUITMA)" from 12. - 18.7.2000 in Essen, Germany, p. 137-140.

SCHOENEBERGER, P.J., WYSOCKI, D.A., BENHAM, E.C. & W.D. BRODERSON (1998): Field book for describing and sampling soils. Natural Resources Conservation Service, USDA, National Soil Survey Centre, Lincoln, NE.

SML (SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE [Eds.] 1995): Bodenbewertungsinstrument Sachsen. Internet: http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Bodenbewertungsinstrument2011_Sachsen.pdf, accessed 7.March.2013.

STAHR, K. (1984): Wie lassen sich Bodenfunktionen erhalten? In: K.-H. Hübler (Hrsg.): Bodenschutz als Gegenstand der Umweltpolitik, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung 27, Berlin.

UMWELTMINISTERIUM VON BADEN-WÜRTTEMBERG (1991): Bodenschutzgesetz von Baden-Württemberg (BodSchG). GBl. 434-440.

WELLER et al. (1975): Ökologische Standorteignungskarte des ehemaligen Landkreises Aalen.- Ed.: Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, Baden-Württemberg, Stuttgart.

WOLFF, G. (Hrsg., 2004): Bodenschutzkonzept Stuttgart, Amt für Umweltschutz.

WRB: see FAO; ISSS, ISRIC.

HOHENHEIMER BODENKUNDLICHE HEFTE

- 1 LORENZ, G.: Stickstoff-Dynamik in Catenen einer erosionsgeprägten Lößlandschaft. Univ. Hohenheim (1992).
- 2 ITANNA, F.: Micro- and Macronutrient Distributions in Ethiopian Vertisol Landscapes. Univ. Hohenheim (1992).
- 3 RÜCKERT, E.: Naßbleichung und Tonzerstörung durch Ferrollysis in Stauwasserböden Baden-Württembergs? Univ. Hohenheim (1992).
- 4 SOMMER, M.: Musterbildung und Stofftransporte in Bodengesellschaften Baden-Württembergs. Univ. Hohenheim (1992).
- 5 REINFELDER, H.: Vergleichende Untersuchungen zur Prognose des Stickstoff-Düngebedarfs verschiedener Böden Baden-Württembergs. Univ. Hohenheim (1992).
- 6 BÜHLER, I.: Einfluß von Erdgas auf die mikrobielle Aktivität und Pflanzennährstoffe in Böden. Univ. Hohenheim (1992).
- 7 AQUINO-MOSCOSO, O.: Bodenwasserhaushalt unter Grünland in Oberschwaben. Univ. Hohenheim (1993).
- 8 GONG, Y.: Abschätzung des Bewässerungsbedarfs für landwirtschaftliche Nutzflächen in der Huabei-Ebene der VR China. Univ. Hohenheim (1993).
- 9 REBAFKA, F.-P.: Deficiency of phosphorus and molybdenum as major growth limiting factors of pearl millet and groundnut on an acid sandy soil in Niger, West Africa. Univ. Hohenheim (1993).
- 10 FECHTER, J.: The simulation of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) growth under the environmental conditions of Southwest Niger, West Africa. Univ. Hohenheim (1993).
- 11 FRIEDEL, J.: Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf mikrobielle Eigenschaften im C- und N-Kreislauf von Ackerböden. Univ. Hohenheim (1993).
- 12 GAISER, Th.: Bedeutung der organischen Bodensubstanz für Eigenschaften und Ertragfähigkeit von Vertisolen und Acrisolen in Süd-Benin. Univ. Hohenheim (1993).
- 13 KÜHNE, R. F.: Wasser- und Nährstoffhaushalt in Mais-Maniok-Anbausystemen mit und ohne Integration von Alleekulturen ("Alley cropping") in Süd-Benin. Univ. Hohenheim (1993).
- 14 HAMMEL, K.: Spannungsverteilung und Bodenverdichtung unter profilierten Reifen am Beispiel zweier Böden unter Grünland. Univ. Hohenheim (1993).
- 15 RÜCK, F.: Standortspezifische Stickstoffmineralisierung, jahreszeitlicher Verlauf des Mineralstickstoffvorrates und der Nitratauswaschung in Böden des Wasserschutzgebietes Donauried. Univ. Hohenheim (1993).

- 16 BRAUN, Ch.: Denitrifikationsbedingte Stickstoffverluste einer Acker-Catena im Kraichgau (Baden-Württemberg). Univ. Hohenheim (1994).
- 17 SIEBE GRABACH, Ch.: Akkumulation, Mobilität und Verfügbarkeit von Schwermetallen in langjährig mit städtischen Abwässern bewässerten Böden in Zentralmexiko. Univ. Hohenheim (1994).
- 18 VOGEL, H.-J.: Mikromorphologische Untersuchungen von Anschliff-Präparaten zur räumlichen Porengeometrie in Böden im Hinblick auf Transportprozesse. Univ. Hohenheim (1994).
- 19 MADER, Th.: Auswirkungen einer praxisüblichen Anwendung von Gardoprim (Terbuthylazin) auf mikrobielle und biochemische Stoffumsetzungen sowie sein Abbauverhalten im Feld- und Laborversuch. Univ. Hohenheim (1994).
- 20 STAHR, K., M. KLEBER, F. RÜCK, F. HÄDRICH und R. JAHN: - Böden puffern Umwelteinflüsse - Beispiele zum Stickstoffhaushalt und zur Verwitterungsintensität in Bodenlandschaften Baden-Württembergs. Univ. Hohenheim (1994).
- 21 HEGARNINGSIH, N.: Einfluß von VA-Mykorrhiza-Impfung, Gründüngung und Kalk auf die Ertragsleistung von Trockenreis (*Oryza sativa L.*) auf Acrisolen Indonesiens. Univ. Hohenheim (1994).
- 22 HAMMER, R.: Bodensequenzen und Standortseigenschaften im Südwest-Niger/ Westafrika. Univ. Hohenheim (1994).
- 23 JAHN, R.: Ausmaß äolischer Einträge in circumsaharischen Böden und ihre Auswirkungen auf Bodenentwicklung und Standortseigenschaften. Univ. Hohenheim (1995).
- 24 HEBEL, A.: Einfluß der organischen Substanz auf die räumliche und zeitliche Variabilität des Perlhirse-Wachstums auf Luvic Arenosolen des Sahel (Sadoré/Niger). Univ. Hohenheim (1995).
- 25 AKONDE, T. P.: Potential of Alley Cropping with *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit and *Cajanus cajan* (L.) Millsp. for Maize (*Zea mays L.*) and Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Production on an Acrisol in Benin Republic (West Africa). Univ. Hohenheim (1995).
- 26 KREBS, M.: Biogene Bodengefüge: Pflanzenartspezifische Oberboden-Mikrogefüge und Aspekte ihrer Entstehung. Univ. Hohenheim (1995).
- 27 WANG, S.: Verhalten von Schwermetallen in Böden unter besonderer Berücksichtigung der Mobilität in Abhängigkeit von ihren Konzentrationen. Univ. Hohenheim (1995).
- 28 CRAM, S.: Reduktion von Chromat (VI) in humosen Böden. Univ. Hohenheim (1995).
- 29 FRITZ, Chr.: Boden- und Standortsmuster in geomorphen Einheiten Süd-Benins (Westafrika). Univ. Tübingen und Univ. Hohenheim (1996).
- 30 STASCH, D.: Umweltverträglichkeit der Bodennutzung im Langenauer Ried. Univ. Hohenheim (1996).

- 31 ZAUNER, G.: Schwermetallgehalte und -bindungsformen in Gesteinen und Böden aus südwestdeutschem Jura und Keuper. Univ. Hohenheim (1996).
- 32 LAHM, B.: Untersuchung der Sorption und Verlagerung von Terbutylazin an verschiedenen Böden. Univ. Hohenheim (1996).
- 33 ASIO, V.B.: Characteristics, Weathering, Formation and Degradation of Soils from Volcanic Rocks in Leyte, Philippines. Univ. Hohenheim (1996).
- 34 LEHMANN, A.E.H.: Charakterisierung von Wasser- und Stofftransport in verschieden strukturierten Böden Südwestdeutschlands. Univ. Hohenheim (1996).
- 35 EHRMANN, O.: Regenwürmer in einigen südwestdeutschen Agrarlandschaften - Vorkommen, Entwicklung bei Nutzungsänderungen und Auswirkungen auf das Bodengefüge. Univ. Hohenheim (1996).
- 36 HERRMANN, L.: Staubdeposition auf Böden West-Afrikas - Eigenschaften und Herkunftsgebiete der Stäube und ihr Einfluß auf Boden- und Standortseigenschaften. Univ. Hohenheim (1996).
- 37 BILLEN, N.: Standortsabhängigkeit der Bodenveränderungen durch Brachlegung (Flächenstilllegung) von Äckern in Südwestdeutschland. Univ. Hohenheim (1996).
- 38 HONISCH, M.: Abhängigkeit des Wasser- und Stoffhaushalts einer Lößlandschaft von Standorten und Bewirtschaftungsintensität. Univ. Hohenheim (1996).
- 39 HOLLAND, K.: Stadtböden im Keuperbergland am Beispiel Stuttgarts. Univ. Hohenheim (1996).
- 40 STAHR, K. (Red.): Mikromorphologische Methoden in der Bodenkunde. Ergebnisse eines Workshops der DBG, Kommission VII, 9. - 11. Okt. 1995 an der Universität Hohenheim. Univ. Hohenheim (1997).
- 41 KLEBER, M.: Carbon exchange in humid grassland soils (Kohlenstoffumsatz in Böden eines feuchten Grünlandstandortes). Univ. Hohenheim (1997).
- 42 FIEDLER, S.: In-situ-Langzeitmessungen des Redoxpotentials in hydromorphen Böden einer Endmoränenlandschaft im württembergischen Alpenvorland. Univ. Hohenheim (1997).
- 43 HOMEVO-AGOSSA, A.C.: Bodenstickstoffumsatz und -N₂O-Freisetzung unter Grünland in Catenen des württembergischen Allgäus. Univ. Hohenheim (1997).
- 44 HARTMANN, I.: Die Ermittlung der Stickstoffdynamik nach Grünlandumbrüchen mit inversen numerischen Verfahren. Univ. Hohenheim (1998).
- 45 SCHMIDT, U.: Einfluß von Bewirtschaftungsmaßnahmen und Umweltfaktoren auf Lachgas (N₂O)-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Lößböden. Univ. Hohenheim (1998).

- 46 YILMAZ, G.: Prognose und Regionalisierung des Stickstoffhaushaltes von Pararendzinen der Lößlandschaft des Kraichgaus. Univ. Hohenheim (1998).
- 47 HERRMANN, L. & K. STAHR (eds.): Environment and Soils of South-West Germany - Tour Guide Excursion B 6. 16th World Congress of Soil Science. Univ. Hohenheim (1998).
- 48 RAMSPERGER, B.: Einfluß von Staubdepositionen auf die ökologischen Eigenschaften der Böden in der semiariden bis subhumiden Pampa Argentiniens. Univ. Hohenheim (1999).
- 49 SCHNEIDER, K.: Verfügbarkeit von Phosphor in Waldböden und Bedeutung für die Ernährung von *Quercus pyrenaica* Willd. in der Sierra de Gata, W-Spanien. Univ. Hohenheim (1999).
- 50 HACK, J.: N₂O-Emissionen und denitrifikationsbedingte Stickstoffverluste landwirtschaftlich genutzter Böden im Elsaß unter Berücksichtigung von Boden- und Witterungsfaktoren sowie der nitratreduzierenden und nitrifizierenden Mikroflora. Univ. Hohenheim (1999).
- 51 MICKLEY, W.: Stoffhaushalt - insbesondere Stickstoffumsatz in Boden-Catenen des Westallgäuer Jungmoränen-Hügellandes unter Grünlandnutzung. Univ. Hohenheim (1999).
- 52 GLATZEL, S.: The greenhouse gas exchange of grassland agroecosystems (Umsatz klimarelevanter Gase in Agrar-Ökosystemen unter Grünland). Univ. Hohenheim (1999).
- 53 TURABAHKA, F. R.: Regionalisierung der Stickstoffmineralisierung - dargestellt am Beispiel einer Lößlandschaft des Kraichgaus unter besonderer Berücksichtigung der Abhängigkeit von der Bewirtschaftung. Univ. Berlin und Univ. Hohenheim (1999).
- 54 GRAEF, F.: Evaluation of agricultural potentials in Semi-arid SW-Niger - a soil and terrain (NiSOTER) study. Bewertung landwirtschaftlicher Potentiale im semi-ariden SW-Niger - eine standortkundliche Untersuchung (NiSOTER). Univ. Hohenheim (1999).
- 55 HALM, D.: Soil water balance in the semiarid Northeast of Brazil – characterisation, simulation, evaluation, and comparison of hydrological properties and processes in representative soils of the Picos region, Piauí. Univ. Tübingen und Univ. Hohenheim (2000).
- 56 BARETH, G.: Emissionen klimarelevanter Gase aus der Landwirtschaft – Regionale Darstellung und Abschätzung unter Nutzung von GIS am Beispiel des württembergischen Allgäus. Univ. Hohenheim (2000).
- 57 LANG, F.: Molybdän-Mobilität und –Mobilisierbarkeit auf sauren Waldstandorten: Prozesse und Einflussfaktoren. Univ. Hohenheim (2000).
- 58 IGUÉ, A. M.: The Use of a Soil and Terrain Database for Land Evaluation Procedures – Case Study of Central Benin. Univ. Hohenheim (2000).

- 59 HEINCKE, M.: Effects of Soil Solution on Nitrous Oxide Emissions. Univ. Hohenheim (2001).
- 60 KALLIS, P.: Tertiäre Bodenbildung am nördlichen Rand des südwestdeutschen Molassebeckens (Schwäbische Ostalb). Univ. Hohenheim (2001).
- 61 GABEL, D.: Einfluß der Bodenbewirtschaftung des Ökologischen Landbaus auf die Stickstoff-Dynamik während der Umstellungsphase. Univ. Hohenheim (2001).
- 62 LORENZ, K.: The role of microorganisms and organic matter quality for nutrient mineralization and carbon composition of organic layers in forests as influenced by site properties and soil management. Univ. Hohenheim (2001).
- 63 SOMMER, M.; O. EHRMANN; J. K. FRIEDEL; K. MARTIN; T. VOLLMER & G. TURIAN: Böden als Lebensraum für Organismen – Regenwürmer, Gehäuselandschnecken und Bodenmikroorganismen in Wäldern Baden-Württembergs. Univ. Hohenheim (2002).
- 64 DE BARROS, I.: Soil related limitation to crop production in the semiarid northeast of Brazil: Identification and Modeling. Univ. Hohenheim (2002).
- 65 KUZYAKOV, Y.: Kreislauf niedermolekularer organischer Substanzen in Böden – Tracerstudien und Theorie. Univ. Hohenheim (2002).
- 66 SOMMER, M: Biogeochemie bewaldeter Einzugsgebiete und ihr pedogenetischer Kontext. Univ. Hohenheim (2002).
- 67 WELLER, U.: Land Evaluation and Land Use Planning for Southern Benin (West Africa) – BENSOTER. Univ. Hohenheim (2002).
- 68 LANGE, F-M.: Wasserbilanzen natürlicher und landwirtschaftlich genutzter Standorte in der Region Picos/Piauí (Brasilien). Univ. Hohenheim (2003).
- 69 DOMANSKI, G.: The Contribution of Different Sources to the Total CO₂ Emission from Soils. Univ. Hohenheim (2003)
- 70 THIERFELDER, C.: Soil Crusting and Sealing in Cropping Systems of the Colombian Andes. Univ. Hohenheim (2003)
- 71 ADAM-SCHUMM, K.: Bodenatmung im regionalen Zusammenhang am Beispiel des Westallgäuer Hügellands – Erfassung, Steuerung und Bewertung. Univ. Hohenheim (2004)
- 72 JUNGKUNST, H.: Black Forest Soils – Sources and Sinks of CH₄ and N₂O. Univ. Hohenheim (2004)

- 73 USMAN, A. R. A.: Soil Reclamation and Conservation: Evaluation of Several Additives for Remediation and Quality Improvement of Soil. Univ. Hohenheim (2005)
- 74 SCHOLICH, G.: Regionalisierung von Bodenvariablen auf Landschaftsebene (Mesoskala) (am Beispiel von Pararendzina aus Löß in der Oberrheinischen Vorbergzone). Univ. Hohenheim (2005)
- 75 MACK, U. D.: Bodenwasserhaushalt und Nitratauswaschung unter bewässertem Getreide- und Gemüseanbau in der Nordchinesischen Tiefebene. Univ. Hohenheim (2005)
- 76 JIJO, T. E.: Land Preparation Methods and Soil Quality of a Vertisol Area in the Central Highlands of Ethiopia. Univ. Hohenheim (2005)
- 77 INTHASAN, J.: Responses of Litchi Trees (*Litchi chinensis* Sonn.) to Chemical and Organic Fertilizers Including Soil Amendments Such as Fly Ash and Dolomite in the Northern Thai Highlands. Univ. Hohenheim (2006)
- 78 MOUNKAILA, M.: Spectral and Mineralogical Properties of Potential Dust Sources on a Transect from the Bodélé Depression (Central Sahara) to the Lake Chad in the Sahel. Univ. Hohenheim (2006)
- 79 HOELL, B.: Die Rolle des Porenraums im Kohlenstoffhaushalt anthropogen beeinflusster Niedermoore des Donaurieds. Univ. Hohenheim (2007)
- 80 SPOHRER, K.: The Water Regime in a Lychee Orchard of Northern Thailand. Identification of Model Parameters for Water Balance Modelling. Univ. Hohenheim (2007)
- 81 MAURER, T.: Wind erosion and mineral dust emission potentials of Sahelian soil surfaces. Univ. Hohenheim (2007)
- 82 CHEN, H.: Evaluation of Carbon Sequestration Potential in Agricultural Soils in Baden-Württemberg, South West Germany. Univ. Hohenheim (2007)
- 83 BLUME, H.-P., STAHR, K.: Zur Geschichte der Bodenkunde. Univ. Hohenheim (2007)
- 84 WERTH, M.: Contributions of roots, rhizodesposits, and soil organic matter to CO₂ efflux from maize rhizosphere as revealed by ¹³C and ¹⁴C tracer methods. Univ. Hohenheim (2007)
- 85 NYAGATARE, G.: Effects of Soil Water Regime on Spatial and Temporal Distribution of CO₂, NH₄, N₂O and DOC in the Soil Pore Volume. Case Study of a Calcaric Gleysol in the Southwest of Germany. Univ. Hohenheim (2008)
- 86 LEHMANN, A., DAVID, S., Stahr, K.: TUSEC-Bilingual-Edition: Eine Methode zur Bewertung natürlicher und anthropogener Böden. Univ. Hohenheim (2008)