



Das Lebensministerium



Bodenbewertungsinstrument Sachsen

Stand 03/2009

Impressum

Bodenbewertungsinstrument Sachsen

Titelbild

Basenreiche Braunerde aus Gruslehm über Lehmgrus aus Diabastuff, Vogtland

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Zur Wetterwarte 11, 01109 Dresden

Redaktion:

Bernd Siemer
Referat Bodenschutz
Abteilung Natur, Landschaft, Boden

Bearbeitung:

Ad hoc AG „Bodenschutzplanung“
Bernd Siemer, Obmann (LfULG), Ute Hinrichs (LD Chemnitz), Dr. Olaf Penndorf (LD Chemnitz), Michael Pohl (LD Dresden), Steffen Schürer (LD Chemnitz), Peter Schulze (LD Dresden), Dr. Stefan Seiffert (SMUL)

Redaktionsschluss: März 2009, Aktualisierung: Januar 2010, Oktober 2014 Anhang 7

Inhalt

1.	Einleitung	6
2.	Datengrundlagen	6
3.	Erfassung und Bewertung des Bodens	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Formulierung der grundsätzlichen Schutzwürdigkeit für die Bodenteilfunktionen bzw. für die Bodenempfindlichkeiten	10
3.3	Gesamtbewertung und Darstellung der Ergebnisse	10
4.	Bewertung von Vorbelastung, Bodenteilfunktionen und Bodenempfindlichkeiten	14
4.1	Einschätzung der Vorbelastung	14
4.2	Bewertung der Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte	14
4.3	Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen	17
4.3.1	Bodenteilfunktion: „Lebensraum“ <i>Kriterien: „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“</i>	17
4.3.1.1	Bewertung auf Grundlage der Bodenschätzung	17
4.3.1.2	Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme	18
4.3.2	Bodenteilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“ <i>Kriterium: „Wasserspeichervermögen des Bodens“</i>	20
4.3.2.1	Bewertung auf Grundlage der Bodenschätzung	20
4.3.2.2	Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme	21
4.3.3	Bodenteilfunktion: „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“ <i>Kriterium: „Filter und Puffer für Schadstoffe“</i>	21
4.3.3.1	Bewertung auf Grundlage der Bodenschätzung	22
4.3.3.2	Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme	23

4.4	Einschätzung der Empfindlichkeit	24
4.4.1	Erosion durch Wasser	24
4.4.2	Änderungen der Wasserverhältnisse	27
4.4.3	Stoffeinträge	27
Literatur		28
Anhang		30

Abkürzungen und Symbole

Al, D, Lö, V, Vg, Mo	Entstehungsarten (siehe Anhang 3)
c (Index)	charge (Ladung)
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
K-Faktor	Bodenerodierbarkeitsfaktor, Maß für die bodenspezifische Ero- dierbarkeit
KAK _{pot}	potenzielle Kationenaustauschkapazität
KA 4 / 5	Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Auflage / 5. Auflage
KR	kapillare Aufstiegsrate
KRWe	kapillare Aufstiegsrate im effektiven Wurzelraum
Ld	Lagerungsdichte des Bodens
LK	Luftkapazität
MMK	Mittelmaßstäbige landwirtschaftliche Standortkartierung
nFK	nutzbare Feldkapazität
nFKWe	nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes
R-Faktor	Regenerositätsfaktor, Maß für die Erosionswirksamkeit des Niederschlags gegenüber dem Boden
RSU	Rat von Sachverständigen für Umweltfragen
S-Faktor	Hangneigungsfaktor, beschreibt das Verhältnis des Abtrages eines Hanges mit beliebiger Neigung
Vol.-%	Volumenprozent
We	effektive Durchwurzelungstiefe
Wpfl	pflanzenverfügbares Bodenwasser
F_Stufe	Natürliche Bodenfruchtbarkeit
W_Stufe	Wasserspeichervermögen
S_Stufe	extreme Standorteigenschaft
D_Stufe	detaillierte Standorteigenschaft
P_Stufe	Filter und Puffer für Schadstoffe
E_Stufe	natürliche Erosionsgefährdung

Abbildungen

Abb. 1:	Ablaufschema der Bewertung	9
Abb. 2:	Schematische Übersicht der Bewertung	11
Abb. 3:	Vorschlag einer kartographischen Darstellung der Bodenbewertung	13

Tabellen

Tabelle 1:	Offene Liste von Böden mit hoher landschafts- oder kulturgeschichtlicher Bedeutung	16
Tabelle 2:	Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit anhand der Acker- bzw. Grünlandzahl	18
Tabelle 3:	Bewertung von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ nach Angaben aus dem Klassenzeichen	18
Tabelle 4:	Bewertung der „natürlichen Bodenfruchtbarkeit“ sowie von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ für grundwasserferne Böden anhand des Parameters nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)	19
Tabelle 5:	Bewertung von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ für Grundwasserböden	20
Tabelle 6:	Bewertung des „Wasserspeichervermögens des Bodens“ anhand der Bodenzahl	21
Tabelle 7:	Bewertung der Teilfunktion „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“ auf Grundlage des Klassenzeichens der Bodenschätzung	22
Tabelle 8:	Bewertung der Gesamtfilterwirkung einheitlicher Bodenhorizonte bzw. -schichten für mobile chemische Stoffgruppen	24
Tabelle 9:	Bewertung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wasser in Abhängigkeit von der Bodenart	25
Tabelle 10:	Bewertung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wasser in Abhängigkeit von der Bodenart nach Bodenschätzung	26
Tabelle 11:	Übersicht der betrachteten Bodenteilfunktionen mit Zuordnung zu den Bodenfunktionen nach BBodSchG sowie für die Bewertung verwendete Parameter	31
Tabelle 12:	Übersicht der betrachteten Bodenempfindlichkeiten mit Zuordnung der für die Bewertung verwendeten Parameter	33
Tabelle 13:	Bodenkundliche Datengrundlagen	34
Tabelle 14:	Gliederung der Bodenart	38
Tabelle 15:	Gliederung der Zustandstufe	38
Tabelle 16:	Gliederung der Entstehungsart	39
Tabelle 17:	Gliederung der Klimastufe (Jahreswärme)	39
Tabelle 18:	Gliederung der Wasserstufe	39
Tabelle 19:	Ackerschätzungsrahmen (Bodenzahlen)	40
Tabelle 20:	Grünlandschätzungsrahmen (Grünlandgrundzahlen)	41
Tabelle 21:	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Bodenart und der Trockenrohdichte (ρ_t) bei Humusgehalten < 15% bzw. Humusstufe <h6	42
Tabelle 22:	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte (Ld) bei Humusgehalten <15% bzw. Humusstufe <h6	43
Tabelle 23:	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Torfartengruppe und Zersetzungsstufe, Mulde bzw. Horizont und Substanzvolumen (SV)	44
Tabelle 24:	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Lagerungsdichte bei Humusgehalten zwischen 15 und 30%	44
Tabelle 25:	Untergliederung und Kornfraktionen des Grobbodens	45

Tabelle 26:	Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Grobbodenart	45
Tabelle 27:	Zuschläge zur nutzbaren Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] In Abhängigkeit von der Bodenart und organischer Substanz	46
Tabelle 28:	Abschläge [%] von der nFK aufgrund erhöhten Grobbodenanteils	47
Tabelle 29:	Mittlere effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) in Abhängigkeit von Hauptbodenart und mittlerer effektiver Lagerungsdichte (ρ_{t3}) für Ackerkulturen und Wald	48
Tabelle 30:	Bewertung der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFK W_e)	48
Tabelle 31:	Berechnungsbeispiel für nFK W_e , Pseudogley aus grusführendem Löß	49
Tabelle 32:	Berechnungsbeispiel für nFK W_e , Gley aus Fluvischluff	50
Tabelle 33:	Mittlere kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in Abhängigkeit von der Bodenart	51
Tabelle 34:	Mittlere kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in Abhängigkeit von der Torfart und dem Substanzvolumen	52
Tabelle 35:	Potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK $_{pot}$ -Bodenart) in Abhängigkeit von der Bodenart	53
Tabelle 36:	Potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK $_{pot}$ -Bodenart) in Abhängigkeit vom Humusgehalt	53
Tabelle 37:	Abschläge [%] von der „Potenziellen Kationenaustauschkapazität“ aufgrund erhöhten Grobbodenanteils	54
Tabelle 38:	Einstufung der „Potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK $_{pot}$)“	55
Tabelle 39:	Luftkapazität bei Rohdichte, trocken, Stufe 3	56
Tabelle 40:	Zuschläge und Abschläge zur Luftkapazität zur Berücksichtigung des Humusgehaltes	57
Tabelle 41:	Abschläge [%] von der „Luftkapazität (LK)“ aufgrund erhöhtem Grobbodenanteils	58
Tabelle 42:	Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Grobbodenart	58
Tabelle 43:	Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen	58
Tabelle 44:	Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart Und Lagerungsdichte bei Humusgehalt zwischen 15 und 30%	59
Tabelle 45:	Einstufung der Luftkapazität (LK)	59
Tabelle 46:	Bodenbedingter Anteil K_b am K-Faktor	61
Tabelle 47:	Humusgehaltsbedingter Anteil K_h am K-Faktor	61
Tabelle 48:	Grobbodenbedeckungsabhängiger Anteil K_s am K-Faktor	62
Tabelle 49:	R-Faktor berechnet auf Grundlage hochauflösender Regenschreiber	64
Tabelle 50:	Einstufung der natürlichen Erosionsgefährdung durch Wasser	65

1. Einleitung

Derzeit werden in Sachsen >12% der Landesfläche als Siedlungs- und Verkehrsflächen genutzt. Täglich werden durchschnittlich ca. 8 Hektar Bodenfläche (Stand 2006-2009) in Sachsen neu in Anspruch genommen. Steigende Flächenansprüche für Siedlungs- und Verkehrszwecke sind die wesentlichen Ursachen für den anhaltenden Flächenverbrauch. Die Folgen sind der Verlust wertvoller Böden im Naturhaushalt durch die Beeinträchtigung natürlicher Bodenfunktionen sowie eine Zerschneidung der Landschaft. Vor diesem Hintergrund ist es erforderlich, die Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes in Planungs- und Genehmigungsverfahren zu stärken.

Der Materialienband "Leitfaden Bodenschutz bei Planungs- und Genehmigungsverfahren" (LfULG, 2008) enthält für unterschiedliche Verfahren eine Darstellung der bodenschutzfachlichen Anforderungen. Danach ist es notwendig, den Zustand und die Ausprägung der betreffenden Böden im Untersuchungsraum zu kennen, hinsichtlich der Funktionserfüllung im Naturhaushalt zu bewerten und als Planungs- und Entscheidungsgrundlage heranzuziehen. Insbesondere für planerische Fragestellungen, so z.B. zur Standortwahl von flächenbeanspruchenden Nutzungen, sind die Erfassung und Bewertung des Zustandes von Böden erforderlich. Auch das Bundesbodenschutzgesetz fordert in seiner Zweckbestimmung die nachhaltige Sicherung oder Wiederherstellung der Funktionen des Bodens. Die Kenntnis der Fähigkeiten verschiedener Böden zur Erfüllung ihrer natürlichen Funktionen ist ein wesentlicher Schritt in Richtung des vorsorgenden Bodenschutzes und kann zur Umsetzung einer „nachhaltigen Entwicklung“ einen wichtigen Beitrag leisten.

Die folgenden Ausführungen enthalten methodische Vorschläge für die Beschreibung und Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit und Vorbelastung der Böden. Sie sind in erster Linie für Anwendungen in Fachplanungen wie der Landschaftsplanung oder der Flurneuordnung anwendbar. Für Verfahren der Eingriffs- und Ausgleichsregelung ist eine Erweiterung des Instrumentes erforderlich.

Die empfohlenen Bewertungskriterien orientieren sich an dem derzeitigen fachlichen Diskussionsstand sowie der in Sachsen verfügbaren Datengrundlagen und sollen durch die quantitative und z. T. qualitative Bewertung auf der Basis bodenkundlicher Kennwerte Aufschluss über den Erfüllungsgrad der natürlichen Bodenfunktionen geben. Des Weiteren fließen Aspekte wie die Seltenheit, die Naturnähe und die Empfindlichkeit von Böden in die Betrachtungen mit ein. Damit sollen ausgewählte Bewertungsansätze für verschiedene Planungs- und Genehmigungsverfahren im Freistaat Sachsen dargestellt werden und ermöglichen, dass zukünftig in stärkerem Maße bodenschutzrelevante Aspekte in Abwägungs- und Entscheidungsprozesse einfließen, damit Bodenbeeinträchtigungen vermieden bzw. Eingriffe in den Boden auf Flächen mit geringerer Funktionserfüllung gelenkt werden.

2. Datengrundlagen

Voraussetzung für eine Beschreibung des Zustands von Böden ist eine ausreichende Daten- und Informationsbasis, die eine Beurteilung der Verbreitung, der Eigenschaften, der Funktionen und der Vorbelastung ermöglicht. Des Weiteren müssen die Daten flächendeckend und in einem geeigneten Maßstab vorliegen.

Bei der Entwicklung des Instrumentes wurde besonderes Augenmerk auf die Nutzung bereits vorhandener Karten- und Datengrundlagen gelegt. Dies sind z.B. topographische, geologische und bodenkundliche Karten oder Gelände- und Vegetationskartierungen sowie die Daten der Bodenschätzung. Im **Anhang 2** ist eine Auswahl möglicher Informationsgrundlagen zusammengestellt. Neben den Unterlagen zur naturkundlichen Gliederung und Naturgeschichte spielen in zunehmendem Maße auch Informationen zur Nutzung und Nutzungseignung sowie Nutzungsgeschichte eine Rolle (ARBEITSKREIS STADTBÖDEN, 1989). Zeitliche und finanzielle Ressourcen für die Anwendung von Bewertungsverfahren sind begrenzt, so dass aus der Vielzahl möglicher Beschreibungs- und Bewertungskriterien nur solche in Frage kommen, die

- eine Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen (s.o.) ermöglichen,
- fachlich fundiert sind,
- kostengünstig sind, d. h. aus vorhandenen Karten und Daten ableitbar sind und keine teure Laborarbeit erfordern.

Für die Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen werden in Abhängigkeit der vorliegenden und zur Verfügung stehenden Datengrundlage im Freistaat Sachsen hier die folgenden Varianten unterschieden:

- **Anwendung von Daten der Bodenschätzung (BOSCHAE),
s. a. Anhang 2**

Für großmaßstäbige Bodenbewertungen (z.B. im Maßstabsbereich 1:10.000), wenn keine und/oder nicht ausreichende Kartierdaten für den Untersuchungsraum vorliegen. Die Bewertung erfolgt zurzeit anhand der „Ursprungsdaten“ der Bodenschätzung.

Aufgrund des Alters der Bodendaten (insbesondere der Bodenschätzungsdaten) wird ggf. eine Überprüfung durch andere Quellen wie z. B. Karten zur Erosion, topographischer Karten, Nutzungskartierungen angeraten; Geländebegehungen mit stichprobenhaften Untersuchungen werden empfohlen.

- **Anwendung von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme (KA 5),
s.a. Anhang 2**

Für den Fall des Vorliegens hinreichender Eingangsdaten (maßstabsbezogene Bodendaten aus aktuellen Kartierungen bzw. Erhebungen) werden Bodenbewertungen auf Grundlage der Datenbestände des Fachinformationssystems Boden (Nomenklatur Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Auflage) empfohlen.

Aus Nutzungskartierungen oder Luftbildern lassen sich Hinweise auf entwässerte bzw. vernässte Böden, Grenzertragsflächen und Fruchtwechsel finden; Erosionskartierungen geben Aufschluss über möglicherweise nicht mehr vorhandene bzw. neu entstandene Bodenhorizonte und -schichtungen (z.B. Erosionsabtrag am Hang, Kolluvien in der Senke).

3. Erfassung und Bewertung des Bodens

3.1 Allgemeines

Der erste Schritt bei der Erfassung und Bewertung des Bodenzustandes besteht in der Abgrenzung des Bewertungsraumes. Zur Bewertung der Böden im Plangebiet sollen verschiedene Parameter herangezogen werden, die die jeweilige Bodenfunktion bzw. deren Teilfunktionen charakterisieren. Für eine abschließende Gesamtbewertung sollen daraus die folgenden Aussagen ableitbar sein:

- Vorhaben, die zur Beeinträchtigung von Bodenfunktionen führen, sollen so gelenkt werden, dass Böden mit hoher Schutzwürdigkeit/-bedürftigkeit möglichst erhalten bleiben.
- Führen Vorhaben zur Beeinträchtigung von Böden / Bodenfunktionen, so muss der Eingriff in den Boden quantifiziert werden, um diesen bei der Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung gemäß naturschutz- oder baurechtlicher Eingriffsregelung berücksichtigen zu können.
- Bereits stark anthropogen beeinträchtigte Böden erfüllen natürliche Funktionen oft nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr. Hier muss der Bodenschutzgedanke in zweifacher Hinsicht ansetzen: Bereits beeinflusste Böden sind bei der Standortwahl vorrangig in Betracht zu ziehen, um so noch unbebaute und leistungsfähige Flächen vor Inanspruchnahme zu schützen. Zum anderen ist es wichtig, die noch vorhandenen Restfunktionen bereits beeinträchtigter Böden zu erhalten, so beispielsweise durch Versiegelungsminimierung, standortgerechte Bepflanzung oder Schutz vor Schadstoffverlagerungen.
- Vorhaben, die einen Boden zukünftig in einer Weise beanspruchen, dass die am geringsten bewertete (also die am „schlechtesten erfüllbare“) Bodenfunktion genutzt wird, sollen im Sinne des vorsorgenden Bodenschutzes nochmals überprüft werden. Da es Ziel ist, Böden entsprechend ihrer natürlichen Potenziale zu nutzen, ist zu überdenken, ob bei der Standortwahl andere Flächen in Betracht kommen, die besser geeignet sind.

In Abbildung 1 auf Seite 9 ist die beschriebene Vorgehensweise bei der Bewertung noch einmal schematisch veranschaulicht.

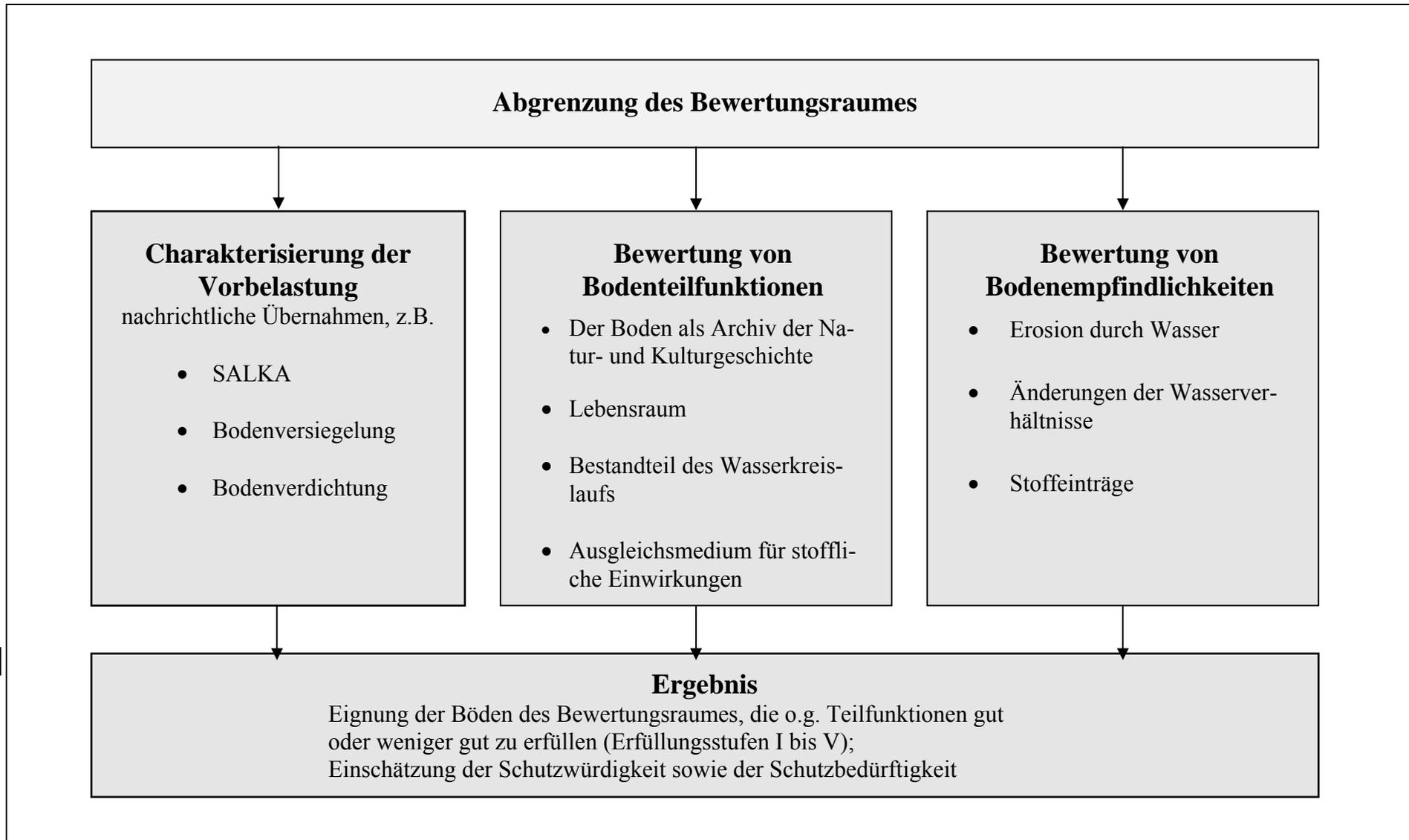


Abbildung 1: Ablaufschema der Bewertung

3.2 Formulierung der grundsätzlichen Schutzwürdigkeit für die Bodenteilfunktionen bzw. für die Bodenempfindlichkeiten

- Die Bewertung erfolgt in Stufen I-V. Die Stufen IV und V charakterisieren eine hohe bis sehr hohe Funktionserfüllung hinsichtlich der jeweils betrachteten Teilfunktion. Es gelten diejenigen Böden als besonders wertvoll, die mit den Stufen V und IV bewertet wurden.
- Böden, die die Bewertungsstufen III und II erhielten, sind in einer möglichst schonenden Art und Weise zu nutzen (z.B. zur Erholung, als Puffer- und Rückzugsflächen zum Schutz von Extremstandorten).
- Bei Böden, die mit der Stufe I bewertet wurden, sind zusätzlich die Erfüllungsgrade der weiteren natürlichen Bodenfunktionen mit zu beachten. Erst dann kann abgewogen werden, für welche Nutzungsart der Boden geeignet ist und in Anspruch genommen werden kann.
- Die Bewertung der Schutzwürdigkeit im Hinblick auf die Archivfunktionen findet verbalargumentativ statt. Eine Bewertung allein aufgrund formaler Ableitungen ist häufig nicht zielführend.
- Die Bewertung der Empfindlichkeit der Böden erfolgt parallel zur Bewertung der Bodenteilfunktionen. Im Fall der „Bodenerosion durch Wasser“ erfolgt die Bewertung in Stufen I-V (von Stufe I sehr gering bis Stufe V sehr hoch empfindlich gegenüber Wassererosion). Die Bewertung der Bodenempfindlichkeiten „Änderung der Wasserverhältnisse“ und „Stoffeinträge“ erfordern neben den jeweiligen Teilfunktionsbewertungen zusätzliche verbalargumentative Einschätzungen.

3.3 Gesamtbewertung und Darstellung der Ergebnisse

Die Gesamtbewertung beinhaltet die Beurteilung und Inwertsetzung der Ergebnisse aus der Bestandsaufnahme. Der Leitgedanke ist die nachhaltige Sicherung der natürlichen Leistungsfähigkeit von Böden. Ziel der Gesamtbewertung ist es,

- Böden relativ zueinander zu ordnen, gemäß ihrer Schutzwürdigkeit bzw. Schutzbedürftigkeit,
- besonders schutzwürdige Böden herauszufiltern, um sie vor Degradation und Zerstörung zu schützen,
- Böden gemäß ihrer funktionalen Leistungsfähigkeit einzustufen, um eine optimale Nutzungszuweisung, z.B. im Rahmen der Flächennutzungsplanerstellung erreichen zu können,
- die Schwere eines Eingriffs für die Abschätzung von Kompensationsmaßnahmen zu ermitteln (Bundesverband Boden 2001).

Die Einzelbewertungen der natürlichen Boden(teil-)funktionen, der Archivfunktion, Vorbelastung und Empfindlichkeit bilden die Grundlage für die Gesamtbewertung. Dabei wird jeweils die bei den einzelnen Boden(teil-)funktionen höchste Wertigkeit herangezogen. Unter Berücksichtigung von Vorbelastung und Empfindlichkeit kann so die Wertigkeit der verschiedenen Böden eines Plangebietes herausgearbeitet werden (vgl. Abb. 2, S. 11).

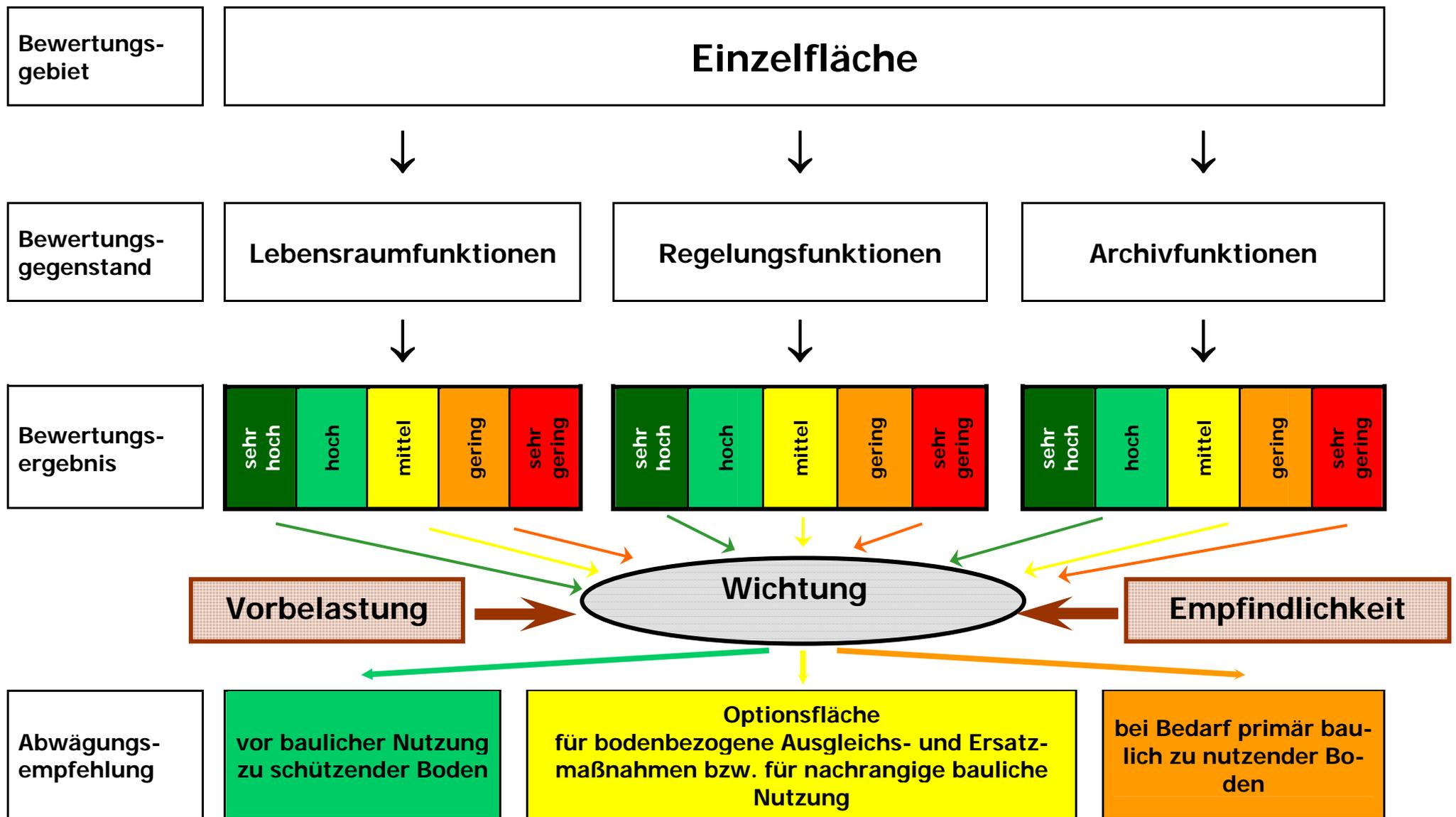


Abbildung 2: Schematische Übersicht der Bewertung (Erläuterung im Text)

In erster Linie sind die Böden zu ermitteln, die als besonders wertvoll einzustufen sind. Dazu zählen Böden mit mindestens einer hohen Funktionsausprägung. Flächen mit besonders wertvollen Böden sollen als Flächen ausgewiesen werden, die vor baulicher Nutzung geschützt werden sollen. Damit die wertvollen Böden geschont werden können, kann es gleichsam wichtig sein, auch Flächen auszuweisen, die vorrangig für eine bauliche Nutzung in Betracht gezogen werden sollen. Unter diese Kategorie können Böden mit sehr geringer Funktionserfüllung fallen und/oder (stark) vorbelastete Böden, deren Funktionsfähigkeit eingeschränkt ist. Diese Flächen sollen dann als primär für bauliche Nutzung in Betracht zu ziehende Flächen ausgewiesen werden. Darunter können aber auch Flächen fallen, deren Böden über eine potenziell hohe Funktionserfüllung verfügen, diese aber durch eine starke Vorbelastung eingeschränkt ist.

Eine mittlere Stellung haben Flächen, deren Böden Funktionen aufweisen, die weder als besonders hoch noch als besonders gering eingestuft werden. Es handelt sich hierbei um Flächen, die aus bodenschutzfachlicher Sicht bei überwiegenden anderen privaten oder öffentlichen Belangen im Rahmen der Abwägung für bauliche Nutzungen in Frage kommen können oder auch für bodenbezogene Kompensationsmaßnahmen (Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen) genutzt werden können, sofern dafür eine Eignung vorliegt, z. B. Erosionsschutzmaßnahmen bei Böden, die gegenüber Wassererosion besonders empfindlich sind.

Die Darstellung der Bewertungsergebnisse und der abgeleiteten Abwägungsempfehlungen wird vorzugsweise in thematischen Karten erfolgen, und zwar möglichst als Gesamtdarstellung in einer Karte, vgl. Abbildung 3. Um diese Karte herstellen zu können, muss das Untersuchungsgebiet zuerst in Teilflächen gleicher, in sich einheitlich aufgebauter, Bodenflächen unterteilt werden. Diese Einteilung basiert auf der Grundlage von Bodengrenzen. Die auf diese Weise ausgewiesenen einheitlichen Bodenflächen müssen weiter unterteilt werden, wenn innerhalb einer Bodenfläche Bereiche unterschiedlicher Vorbelastung existieren (Schraffur).

Innerhalb jeder Bodenfläche befindet sich ein Fünfeck, das sich aus fünf verschiedenen Dreiecken zusammensetzt. In den Dreiecken sind die Ergebnisse der Einstufung der Archivfunktion und der vier zu bewertenden natürlichen Boden(teil-)funktionen dargestellt. Anhand der Buchstaben kann in der Legende die jeweilige Zugehörigkeit herausgefunden werden. Die Wertigkeit der einzelnen Bodenfunktionen wird anhand der Farbgebung unterschieden. Damit bleiben für den Betrachter die einzelnen Bewertungsergebnisse der Boden(teil-)funktionen und der Vorbelastung sichtbar und für die Abwägung verfügbar.

Ergibt sich aus der Bewertung der Bodenempfindlichkeit eine Notwendigkeit ihrer Berücksichtigung wird eine gesonderte kartographische Darstellung/Ausweisung empfohlen.

Um die Gesamtwertigkeit der Bodenflächen zu veranschaulichen wird nach erfolgter Wichtung (vgl. Abb. 2) den verschiedenen Bodenflächen jeweils die Farbe Hellgrün, Gelb oder Orange zugeordnet. Diese Farbgebung zeigt dem Betrachter das Gesamtergebnis der bodenschutzfachlichen Bewertung und gleichzeitig die Abwägungsempfehlung aus bodenschutzfachlicher Sicht. Werden Teilfunktionen als hoch oder sehr hoch bewertet, ist die Fläche insgesamt grundsätzlich in die Kategorie "vor baulicher Nutzung zu schützende Fläche" einzustufen. Werden Teilfunktionen als gering oder sehr gering bewertet, erfolgt die Zuordnung zur Kategorie „bei Bedarf primär baulich zu nutzende Fläche“. Die mittlere Funktionsbewertung führt zur Einstufung als Optionsfläche. Die Vorbelastung (Naturnähe) kann im Rahmen der Wichtung zu einer Ab- bzw. Aufstufung führen. Wird z.B. eine Funktion als hoch bewertet, so führt die insgesamt geringe Vorbelastung zu einer Aufwertung, die Fläche ist in die

Kategorie "vor baulicher Nutzung zu schützende Fläche" einzustufen⁽¹⁾. Trotz hoher Bewertung einer Teilfunktion resultiert aus der mittleren Vorbelastung die Einstufung als Optionsfläche⁽²⁾.

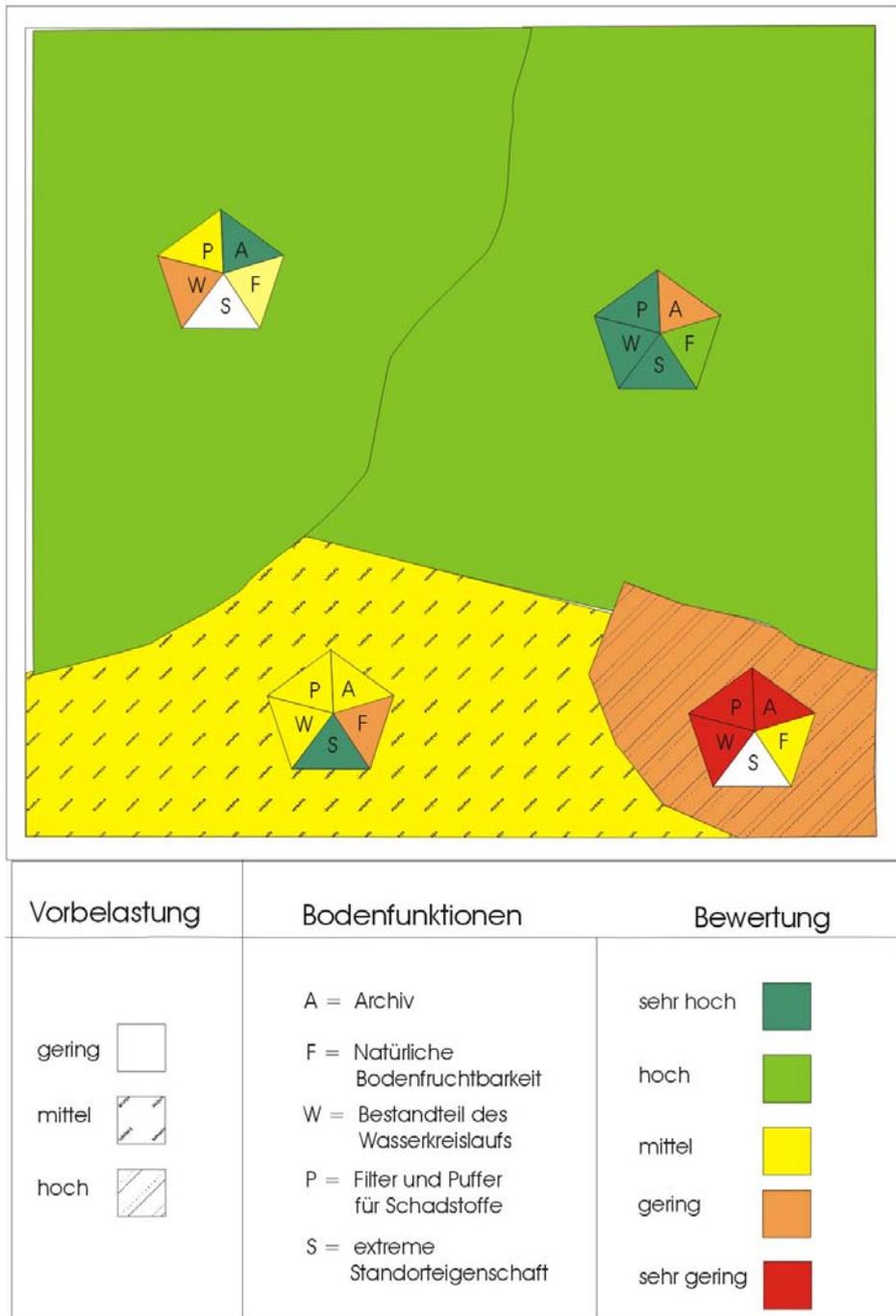


Abbildung 3: Vorschlag einer kartographischen Darstellung der Bodenbewertung

⁽¹⁾ siehe Abb. 3 links oben

⁽²⁾ siehe Abb. 3 links unten

Grundsätzlich ist es aufgrund der hohen Komplexität des Schutzgutes Boden, seiner Wechselwirkungen mit anderen Schutzgütern sowie der Vielzahl von Bodentypen und -formen schwierig, differenzierte und nachvollziehbare Bewertungskriterien festzulegen (BERGER, 1995). Die Auswahl der hier verwendeten Kriterien erfolgte nach eigenem Ermessen und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ein planungs- und verfahrensabhängiger „Zuschnitt“ des hier vorgestellten Instrumentes in Form von Weiterentwicklung, Kürzung oder Ergänzung ist in jedem Falle möglich und wünschenswert.

4. Bewertung von Vorbelastung, Bodenteilfunktionen und Bodenempfindlichkeiten

4.1 Einschätzung der Vorbelastung

Aussagen zur Vorbelastung der Böden im entsprechenden Untersuchungsgebiet sind bei fehlender Informationsgrundlage im Allgemeinen recht schwierig zu treffen, da Bodenschäden und -belastungen zumeist nicht auf den ersten Blick wahrnehmbar sind. Liegen Bodenbelastungen - stofflich und/oder mechanisch-physikalisch - vor, so ist davon auszugehen, dass der Boden seine natürlichen Funktionen nicht mehr oder nur noch unzureichend erfüllt. Folglich gelten diejenigen Böden als „vorbelastet“, die in ihren Eigenschaften in solchen Maßen verändert sind, dass natürliche Funktionen nicht mehr ausreichend erfüllt werden können.

Beispiele: Durch unangepasste Bodenbearbeitung (z.B. Befahren mit zu schweren Geräten oder bei Nässe) wird das Bodengefüge geschädigt. Insbesondere das Porenvolumen wird negativ beeinflusst; es kommt u. a. zur Bodenverdichtung. Dies wiederum hat Auswirkungen auf die Regelungsfunktionen des Bodens und folglich auf die natürliche Ertragsfähigkeit, denn Böden mit eingeschränkter Wasser- und Luftspeicherkapazität bieten schlechte Standortvoraussetzungen, insbesondere für die meisten Kulturpflanzen.

Sind Böden in stofflicher Hinsicht vorbelastet (z.B. durch übermäßigen Einsatz von Pflanzenschutzmitteln; Havarien), so ist davon auszugehen, dass der Boden in seinem natürlichen Filter-, Puffer- und Transformationsvermögen überbeansprucht wurde und möglicherweise sogar eine Schadstoffquelle darstellt.

Informationen zu Bodenbelastungen können näherungsweise aus evtl. vorliegenden Kartierungen (z.B. Altlastenkataster, Karten zu Bodenschäden wie Erosion, Verdichtung; Versiegelungserhebungen etc.) abgeleitet werden. Sind Bodenbelastungen in den für die folgenden Bewertungen herangezogenen Datengrundlagen nicht berücksichtigt, sind ggf. Abschläge oder Anmerkungen in der Bewertung vorzunehmen, z. B. bei Überschreitung von Schadstoffgrenzwerten oder bei stark erodierten Böden im Hinblick auf die Lebensraumfunktion.

Nach der Abgrenzung des Bewertungsraumes und der Klassifizierung der Bodennutzungstypen werden die zu betrachtenden Bodenflächen im folgenden Bewertungsschritt auf die Kriterien Seltenheit, Naturnähe und landschaftsgeschichtliche Bedeutung überprüft (vgl. Abb. 1).

4.2 Bewertung der Funktion des Bodens als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte

Bei einer Bewertung von Böden ist es nicht ausreichend, eine ausschließlich auf die natürlichen Bodenfunktionen bezogene Bestandserfassung durchzuführen. Besondere Schutzwürdigkeit können Böden auch als Archiv der Natur- und Kulturgeschichte haben. Da das Kriterium der Seltenheit keiner Bodenfunktion direkt zuordenbar ist, es aber doch berücksichtigt werden sollte, wird es hier mit der Archivfunktion behandelt.

Als Naturkörper sind Böden Bestandteil der Landschaft und in sogenannten Bodengesellschaften assoziiert. Die Bodendecke weist eine für die Landschaft charakteristische Struktur auf (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL, 1998).

Der Begriff der **Seltenheit** beschreibt einen insgesamt bzw. regional selten oder nicht großflächig vorkommenden Boden. Gründe für die Seltenheit eines Bodens sind zum einen natürliche Ursachen, aber auch anthropogene Einwirkungen können ausschlaggebend sein. Ein Boden kann landesweit selten, aber regional häufig vorkommen; ebenso gibt es Böden, die regional eine Seltenheit darstellen, aber landesweit zahlreich vorkommen (FOKUHL, 1994). Zur Bewertung der Seltenheit wird empfohlen, den prozentualen Anteil der Bodeneinheit an der Fläche des Untersuchungsgebietes abzuschätzen und ab einem Flächenanteil von $\leq 1\%$ von einem schutzwürdigen Boden auszugehen. Allgemein definierte Grenzen des Flächenanteils, bis zu dem eine Bodenform bzw. ein Bodentyp als „selten“ bezeichnet wird, gibt es jedoch nicht.

Die **landschaftsgeschichtliche Bedeutung** von Böden bzw. Bodenformen setzt sich aus *natur- und kulturhistorischen Aspekten* zusammen. Alle bodenbildenden Faktoren hinterlassen im Laufe der Bodenentwicklung charakteristische Merkmale im Profilbild eines Bodens (ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 1995).

Die **Naturnähe** bezeichnet die ursprüngliche natürliche Standorteigenschaft und -dynamik eines Bodens, die nicht durch menschliche Aktivitäten oder Einflüsse verändert wurden (GRIMM & SOMMER, 1993). Je größer die Beeinflussung durch den Menschen, umso geringer ist der Natürlichkeitsgrad (siehe Kapitel 'Vorbelastung'). Das Vorkommen natürlicher Böden geht in Mitteleuropa gegen Null; selbst (bedingt) naturnahe Böden sind nur noch selten anzutreffen. Zu bedingt naturnahen Böden zählen Bereiche unter hauptsächlich extensiv genutztem Grünland, Heiden und naturnahen Forsten, die nicht horizontübergreifend tiefgepflügt, entwässert, abgegraben oder aufgeschüttet wurden (EBERHARDT, 1991). Je höher der Natürlichkeitsgrad, desto schutzwürdiger ist der Boden und umso größer sind Schäden durch einen Eingriff (GRIMM & SOMMER, 1993). Hilfreich zur Einschätzung der Naturnähe sind beispielsweise Nutzungs- bzw. Biotoptypenkartierungen, aber auch Bodenkarten sowie Topographische Karten einschließlich ihrer Ergänzungen und Berichtigungen.

Zusammenfassend sollen *Seltenheit* sowie *landschaftsgeschichtliche Bedeutung* und *Naturnähe* eines Bodens anhand der nachfolgenden Kriterien abgeleitet werden. Die Kriterien zur Ableitung der naturgeschichtlichen Archivfunktion sind aus unterschiedlichen Quellen zusammengestellt worden (EBERHARDT, 1991; FOKUHL, 1994; ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 1995; UMWELTBUNDESAMT, 2001). Die Kriterien sind als Empfehlung zu verstehen. Die gesonderte Betrachtung von Naturnähe und Seltenheit wird im übrigen deshalb vorgenommen, da beide Begriffe nicht unmittelbar gleichzusetzen sind: Natürliche/naturnahe Böden sind generell als selten einzustufen, währenddessen seltene Böden nicht in jedem Falle natürlich sein müssen (z.B. alte Bewirtschaftungsformen).

Böden geben nicht nur Aufschluss über naturgeschichtliche Ereignisse. Natur und Landschaft einschließlich der Böden wurden durch die vielfältigen Nutzungsformen im Laufe der menschlichen Geschichte kulturell beeinflusst. Somit sind Böden wichtige Zeitzeugen früherer Bewirtschaftungsweisen und Beweisstück menschlicher Tätigkeit. Bestimmende Elemente für den Wert eines Bodens als *kulturgeschichtliche Urkunde* sind z.B. Zeugnisse spezieller Kultur- und Bewirtschaftungsformen.

Welche kulturhistorischen Böden in einer Region zu erwarten sind, ist vor allem von der Art der ehemaligen Bodennutzung abhängig.

1) Kriterien zur Bestimmung der Seltenheit der Bodeneinheit

Flächenanteil der Bodenformen und Bodenausprägungen $\leq 1\%$ an der Gesamtfläche des Untersuchungsgebietes unter Berücksichtigung verfügbarer Informationen zum **regionalen Vorkommen**

2) Anhaltspunkte zur Bestimmung der landschafts- oder kulturgeschichtlichen Bedeutung

Tabelle 1: Offene Liste von Böden mit hoher landschafts- oder kulturgeschichtlicher Bedeutung

<ul style="list-style-type: none"> • Bildungen des Periglazials, z.B. krypturbate Frostmusterböden, Brodelböden, Eiskeilpseudomorphosen, Steinringböden
<ul style="list-style-type: none"> • Initiale - und Rohböden aus natürlichen Substraten, z.B. Felshumusböden (FF), Skeletthumusböden (FS), Syroseme (OO), Lockersyroseme (OL)
<ul style="list-style-type: none"> • Seltene Bodensubstrate, z.B. aus Flugsand (Sa), besonders basenreiche oder basenarme Verwitterungssubstrate (Basensättigung $< 5\%$ (Stufe I) oder $> 80\%$ (Stufe V))
<ul style="list-style-type: none"> • Fossile Böden und Reliktböden, allgemein z.B. Tschernoseme (TT), Terrae fuscae (CF), Fersiallite (VV)
<ul style="list-style-type: none"> • Böden besonderer Nutzungsgeschichte, z.B. Plaggenesche (YE)
<ul style="list-style-type: none"> • Böden der Hochlagen der Mittelgebirge, z.B. Felshumusboden (FF), Skeletthumusboden (FS), Hanggley - Podsol (GGg-PP), Hangpseudogley - Podsol (SSg-PP)
<ul style="list-style-type: none"> • Podsole extremer Ausprägung, z.B. Stagnogley-Podsol (SG-PP), Podsole mit Ortstein- bzw. Orteisenbildung oder mit sehr großer Entwicklungstiefe, • begrabene Podsole (* /PP)
<ul style="list-style-type: none"> • Intensiv stauernässte Böden, z.B. Anmoorpseudogley (SSm), Stagnogley (SG)
<ul style="list-style-type: none"> • Auenrohböden, z.B. Rambla (AO), Paternia (AQ) sowie schwarzerdeähnliche Auenböden, Tschernitza (AT)
<ul style="list-style-type: none"> • Grundwasserböden mit hoher Humusakkumulation, z.B. Anmoorgley (GM), Moorgley (GH)
<ul style="list-style-type: none"> • Gleye extremer Ausprägung, z.B. Bleichgley (GGi), Oxigley (GGx), Hang- (GGg) oder Quellengley (GGq)
<ul style="list-style-type: none"> • Nieder-(HN), Übergangs-(HNu) und Hochmoor (HH) in Normausbildung

3) Anhaltspunkte zur Bestimmung der Naturnähe

- Böden mit nahezu natürlichem weitgehend unverändertem Profilaufbau ohne neuzeitliche ackerbauliche Nutzung
- Böden unter naturnahem Wald
- Böden unter natürlichen Trockenrasen und Heiden
- intakte Hoch- und Niedermoore
- stark extensive Bodennutzungen (z.B. Grünland)

4.3 Bewertung der natürlichen Bodenfunktionen

4.3.1 Die Bodenteilfunktion: „Lebensraum“;

Kriterien: „Natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“

Für die Bewertung der Bodenteilfunktion „Lebensraum“ werden die Kriterien „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ herangezogen.

Unter „*Natürliche Bodenfruchtbarkeit*“ wird die natürliche Produktionsfähigkeit (Ertragsfähigkeit) des Bodens in seiner Funktion für höhere Pflanzen verstanden. Hierbei bleibt unberücksichtigt inwieweit die Ertragsleistung von der Bewirtschaftung und Pflanzenart abhängt. Bei der Bewertung der natürlichen Bodenfruchtbarkeit werden auch die Geländedeposition und die klimatischen Standortbedingungen nicht direkt bewertet, obwohl diese für die Ertragsleistung relevant sind. „*Böden mit besonderen Standorteigenschaften*“ sind besonders nasse, trockene oder nährstoffarme Standorte. Diese kennzeichnen die Funktion der Böden für hoch spezialisierte natürliche bzw. naturnahe Ökosysteme.

Für die Bewertung der Bodenteilfunktion „Lebensraum“ sind beide Ableitungen nebeneinander durchzuführen.

4.3.1.1 Bewertung auf der Grundlage der Bodenschätzung

Gewinnung der erforderlichen Eingangsdaten

Die Bewertung wird auf der Basis der Bodenschätzung durchgeführt. Über das Klassenzeichen und den Acker- bzw. Grünland schätzungsrahmen (ANHANG 3) wird die Acker- bzw. Grünlandzahl ermittelt.

⇒ *Ableitung der „Natürlichen Bodenfruchtbarkeit“*

Es werden Klassen der Acker- und Grünlandzahlen gebildet und die „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ mit Punktwerten von I bis V bewertet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Bewertung der „natürlichen Bodenfruchtbarkeit“ anhand der Acker- bzw. Grünlandzahl

Ackerzahl/Grünlandzahl	Bewertung Natürliche Bodenfruchtbarkeit
< 20	I
20 bis 35	II
36 bis 50	III
51 bis 70	IV
> 70	V

⇒ Ableitung von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“

„Böden mit besonderen Standorteigenschaften“, die in der Bodenschätzungskarte mit Wasserverhältnissen von 5 oder 5⁻ ausgewiesen sind, oder deren Klassenzeichen die in Tabelle 3 aufgeführten Zeichen aufweisen, werden nach Tabelle 3 bewertet.

Tabelle 3: Bewertung von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ nach Angaben aus dem Klassenzeichen

Wasserverhältnisse (Grünland)	Bewertung	Klassenzeichen	Bewertung
5-	V*	Mo III (Grünland)	V**
5	V**	Mo 6 und Mo 7 (Acker)	V**

*Bewertungsstufe V aufgrund extremer Trockenheit

**Bewertungsstufe V aufgrund extremer Nässe

4.3.1.2 Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme (KA 5)

Gewinnung der erforderlichen Eingangsdaten

Für das Untersuchungsgebiet sind Kartierungsdaten, z. B. die Flächen- und ggf. Punktdaten des FIS Boden des Freistaates Sachsen im verfügbaren Maßstab, für die Bewertung heranzuziehen.

⇒ Ableitung der „Natürlichen Bodenfruchtbarkeit“ und von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“

Für die Ableitung der Kriterien „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ und „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ werden die Bodenparameter

- effektive Durchwurzelungstiefe (We) und
- nutzbare Feldkapazität (nFK)

herangezogen.

Die Parameter „nFK“ und „We“ werden zum Parameter „Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe)“ verknüpft und nach Tabelle 4 abgeleitet. Die für die Ableitung erforderlichen Kenndaten sind unter ANHANG 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Bewertung der „natürlichen Bodenfruchtbarkeit“ sowie von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ für grundwasserferne Böden anhand des Parameters nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)

nFKWe in mm	Bewertung Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Bewertung Böden mit besonderen Stan- dorteigenschaften
< 50	I	V*
50 bis < 90	II	
90 bis < 140	III	
140 bis < 200	IV	
>= 200	V	

*Bewertungsstufe V aufgrund extremer Trockenheit

Anmerkung

- Natürliche Bodenfruchtbarkeit: Böden mit $\geq 18\%$ Hangneigung (= stark geneigt) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsstufe.
- Böden mit besonderen Standorteigenschaften sind auch sehr nährstoffarme Böden. Als Bodenparameter für die Kennzeichnung von sehr nährstoffarmen Böden kann die Kationen-austauschkapazität (KAK_{pot}) herangezogen werden (s. Anhang 6 Tabelle 35). Böden mit einer KAK_{pot} von < 4 cmol_c/kg Boden werden als sehr nährstoffarm eingestuft und mit der Stufe V bewertet.
- Bei grundwasserfernen Böden (reduzierender Bodenhorizont „Gr“ OTIEF ≥ 10 dm) wird zur nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum der **kapillare Aufstieg** hinzugerechnet. Dabei wird die **kapillare Aufstiegsrate (KR)** bis zur Untergrenze von We nach Anhang 5 abgeleitet und zur nFKWe addiert, indem erst mit den Tagen der Hauptwachstumszeit (kann mit 3 Monaten (90 Tage) angenommen werden) multipliziert und anschließend zur nFKWe in mm addiert wird.
- Bei grundwassernahen Böden (reduzierender Bodenhorizont „Gr“ OTIEF > 4 dm bis < 10 dm) wird die „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ mit der Stufe II bewertet.
- Bei Grundwasserböden (reduzierender Bodenhorizont „Gr“ OTIEF ≤ 4 dm) wird die „natürliche Bodenfruchtbarkeit“ mit der Stufe I bewertet.
- Tabelle 4 enthält die Bewertung für grundwasserferne Böden. Für die Bodenklasse Stauwasserböden, Gleye und Moore wird Tabelle 5 herangezogen. Böden mit besonderen Standorteigenschaften erhalten die Bewertungsstufe V.

Tabelle 5: Bewertung von „Böden mit besonderen Standorteigenschaften“ für Grundwasserböden

Bodenklasse	Bodentyp (Beispiele)	Bewertung
Stauwasserböden	• Extreme Pseudogleye (SS) (Humusstufe ≥ 3 und Ökologischer Feuchtegrad $\leq III$)	V*
	• Stagnogleye (SG)	V*
Gleye	• Moorgleye (GH)	V*
	• Anmoorgleye (GM)	V*
	• Hanggleye (GGg)	V*
	• Quellgleye (GGq)	V*
	• Nassgleye (GN)	V*
Moore	• Niedermoore (HN)	V*
	• Hochmoore (HH)	V*

*Bewertungsstufe V aufgrund extremer Nässe

4.3.2 Bodenteilfunktion: „Bestandteil des Wasserkreislaufs“ Kriterium: „Wasserspeichervermögen des Bodens“

4.3.2.1 Bewertung auf Grundlage der Bodenschätzung

Gewinnung der erforderlichen Parameter

Die Bewertung wird auf der Basis der Bodenschätzung durchgeführt. Unter Auswahl der Bodenzahl werden die Böden nach Tabelle 6 eingestuft.

⇒ *Ableitung der Bodenteilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“*

Die Bewertung der Bodenteilfunktion erfolgt nach den Bewertungsstufen von Tabelle 6.

Tabelle 6: Bewertung des „Wasserspeichervermögens des Bodens“ anhand der Bodenzahl

Bodenzahl	Bewertung Wasserspeichervermögen des Bodens
< 20	I
20 bis 35	II
36 bis 50	III
51 bis 70	IV
> 70 (und Moore)	V

4.3.2.2 Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme (KA 5)

Gewinnung der erforderlichen Parameter

Es sind die Stufen zur Bewertung der nutzbaren Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFKWe, siehe Anhang 4) für die Ableitung zu übernehmen.

⇒ *Ableitung der Bodenteilfunktion „Bestandteil des Wasserkreislaufs“*

Anmerkung

- Böden mit $\geq 18\%$ Hangneigung (= stark geneigt) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsstufe.
- Bei der Beurteilung der Teilfunktionen „Bestandteil im Wasserkreislauf“ wird der kapillare Aufstieg nicht berücksichtigt. Die ermittelte Wertstufe ist ggf. bei Kenntnissen über Beeinträchtigungen der Infiltrationseigenschaften, z.B. infolge von Bodenverdichtungen und/oder Flächennutzungen, herabzusetzen.

4.3.3 Bodenteilfunktion: „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“

Kriterium: „Filter und Puffer für Schadstoffe“

Unter „Filter und Puffer für Schadstoffe“ wird die Fähigkeit des Bodens verstanden, gelöste oder suspendierte Stoffe von ihrem Transportmittel zu trennen. Die Fähigkeit kann aus mechanischen oder physikalisch-chemischen Filtereigenschaften abgeleitet werden.

In Gebieten mit großflächigen Schadstoffbelastungen sind zusätzliche Verfahren zur Bewertung der Funktionalität von mit Schadstoffen belasteten Böden heranzuziehen. Siehe dazu z. B. den „Leitfaden Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten zur flächenhaften Darstellung und Beurteilung von Schadstoffen in sächsischen Böden“ (Stand 05/2007) und die „Handlungsempfehlungen für die Umsetzung des Bodenschutzrechtes in Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten“, (Stand 04/2006). <http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/12276.htm>

4.3.3.1 Bewertung auf Grundlage der Bodenschätzung

Gewinnung der erforderlichen Eingangsdaten

Die Bewertung wird auf Grundlage der Bodenschätzung durchgeführt. Eingangsgrößen sind die Bodenart in Verbindung mit der Entstehungsart und der Zustandsstufe (bei Ackerflächen) bzw. die Bodenart in Verbindung mit der Zustandsstufe und Wasserverhältnissen (bei Grünland).

⇒ Ableitung der Bodenteilfunktion „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“

Die Bewertung des Kriteriums „Filter und Puffer für Schadstoffe“ wird anhand Tabelle 7 durchgeführt.

Tabelle 7: Bewertung der Teilfunktion „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“ auf Grundlage des Klassenzeichens der Bodenschätzung (Quelle: ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ des Umweltministeriums Baden-Württemberg, 1995)

Ackerflächen								
Bodenart	Entstehung	Wertstufen bei Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S	D	-	II	II	II	I	I	I
	Al	-	II	II	I	I	I	I
	V	-	II	II	1	I	I	I
SI	D	-	III	III	II	II	I	I
	Al	-	III	III	II	II	I	I
	V	-	III	III	II	I	I	I
IS	D	IV	III	III	III	II	II	I
	Lö	IV	IV	III	III	III	II	I
	Al	IV	III	III	III	II	II	I
	V	-	III	III	III	II	I	I
	Vg	-	-	II	II	II	I	I
SL	D	V	IV	IV	III	II	II	II
	Lö	V	V	V	IV	IV	III	II
	Al	V	V	IV	IV	III	III	III
	V	-	IV	III	III	II	I	I
	Vg	-	-	III	II	II	I	I
sL	D	V	V	IV	IV	III	III	II
	Lö	V	V	IV	IV	IV	III	III
	Al	V	V	IV	IV	IV	III	III
	V	V	V	IV	III	III	II	II
	Vg	-	-	III	III	II	II	I
L	D	V	V	IV	IV	III	III	II
	Lö	V	V	IV	IV	IV	III	III
	Al	V	V	IV	IV	III	III	III
	V	IV	IV	IV	III	III	II	II
	Vg	-	-	IV	III	III	II	I
LT	D	V	V	IV	IV	III	III	III
	Al	V	V	V	V	IV	IV	III
	V	V	V	V	IV	IV	IV	III
	Vg	-	-	V	IV	IV	II	II
T	D	-	V	V	V	V	IV	IV
	Al	-	V	V	V	V	IV	IV
	V	-	V	V	V	IV	III	III
	Vg	-	-	IV	IV	IV	III	III

Fortsetzung **Tabelle 7**

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

Anmerkung:

- Tabelle 7 enthält eine grobe Abschätzung der Bodenteilfunktion „Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen“. Die Unterscheidung nach einzelnen Schadstoffgruppen (anorganische Schadstoffe, organische Schadstoffe, Säuren) kann nicht erfolgen.
- Moore werden grundsätzlich wegen der möglichen Bildung löslicher Komplexe von Schad- und Huminstoffen sowie unter dem Gesichtspunkt der Stoffsenken mit der Stufe I bewertet (= Böden sehr geringer Filter- und Pufferkapazität).
- Wenn im Klassenzeichen mehrere Entstehungsarten angegeben sind, wird jeweils nur die erstgenannte berücksichtigt (z.B. bei Klassenzeichen „L4LoV“ wird für die Entstehung „Lo“ angenommen).

4.3.3.2 Bewertung auf Grundlage von Daten der Bodenkundlichen Landesaufnahme (KA 5)

Gewinnung der erforderlichen Eingangsdaten

Für das Untersuchungsgebiet sind Kartierungsdaten, z. B. die Flächen- und ggf. Punktdaten des FIS Boden des Freistaates Sachsen im verfügbaren Maßstab für die Bewertung heranzuziehen.

⇒ *Ableitung der Bodenteilfunktion „Filter und Puffer für Schadstoffe“*

Aus den Daten ist mittels der Ableitungstabellen (ANHANG 6) die Luftkapazität (LK) und die Kationenaustauschkapazität (KAK) abzuleiten.

Anmerkung

- Böden mit $\geq 18\%$ Hangneigung (= stark geneigt) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsstufe.
- Als Luftkapazität (LK) wird der mit Luft gefüllte Anteil des Porenraumes (in Vol.-% des Gesamtbodens) bei Feldkapazität betrachtet (Porendurchmesser $> 50 \mu\text{m}$).
- Die Kationenaustauschkapazität (KAK) stellt die Menge der austauschbar gebundenen Kationen eines Bodens dar (cmol_c/kg Boden).

Tabelle 8: Bewertung der GesamtfILTERWIRKUNG einheitlicher Bodenhorizonte bzw. -schichten für mobile chemische Stoffgruppen (AG Boden, 2005)

(Poren > 50µm) Luftkapazität in Stufen	Stufen der physikochemischen Filterwirkung				
	KAK 1	KAK 2	KAK 3	KAK 4	KAK 5
	Wertstufen der Filterwirkung				
LK 1	III	IV	IV	V	V
LK 2	III	III	IV	IV	V
LK 3	II	III	III	IV	IV
LK 4	II	II	III	III	IV
LK 5	I	II	II	III	III

Anmerkung:

- Böden mit >18% Hangneigung (= stark geneigt) erhalten einen Abschlag um eine Bewertungsstufe.
- Neben der Luftkapazität und der Kationenaustauschkapazität ist die Mächtigkeit des Bodenprofils für die Filterwirkung von Bedeutung. Bei geringmächtigen Böden ist gegebenenfalls die ermittelte Bewertungsstufe zu verringern.
- Bei grundwassernahen Böden (reduzierender Bodenhorizont „Gr“, „Hr“ OTIEF > 4 dm bis < 10 dm) wird die „Filterwirkung“ mit der Stufe II bewertet.
- Bei Grundwasserböden (reduzierender Bodenhorizont „Gr“, „Hr“ OTIEF ≤ 4 dm) wird die „Filterwirkung“ mit der Stufe I bewertet.
- Böden und Gesteine vermögen Nitrate weder mechanisch noch chemisch zu filtern bzw. zu trennen (Für die spezielle Betrachtung der Nitratverlagerung - z. B. bei der Wasserschutzgebietsplanung - enthält die Fachliteratur entsprechende Verfahrensvorschläge (z. B. SEIFFERT & TENHOLTERN, 1998)).
- Die Mobilität der einzelnen Schwermetalle ist von weiteren unterschiedlichen Bodenparametern abhängig.

4.4 Einschätzung der Empfindlichkeit

Hier ist zu klären, gegenüber welchen Beeinträchtigungsfaktoren die Böden empfindlich reagieren. Diese sind z.B. Versiegelung, Bodenauf- und -abtrag, Änderungen der Wasserverhältnisse, Erosion durch Wind und Wasser sowie (Schad)Stoffeinträge. Die Empfindlichkeit eines Bodens ist abhängig von seinen biologischen, physikalischen, chemischen und mineralogischen Eigenschaften. Auf Faktoren wie Versiegelung und Bodenauf- bzw. -abträge reagiert jeder Boden empfindlich; bei den anderen Beeinträchtigungsfaktoren kann zwischen Empfindlichkeitsstufen differenziert werden.

4.4.1 Erosionsgefährdung durch Wasser

Der Bodenabtrag durch Erosion spielt im Rahmen des Bodenschutzes eine zentrale Rolle, denn der Bodenverlust überschreitet die Bodenreubildung bei weitem. Für eine genaue Beurteilung der Erosionsgefährdung sind neben Angaben zur Niederschlagsmenge und -intensität,

zum Relief und zur Bewirtschaftungsart auch geeignete Bodenparameter erforderlich. Erosionsgefährdet sind Böden mit geringem Humusgehalt sowie Böden mit hohem Schluff- oder Feinsandanteilen, geringem Skelettgehalt, ungünstigem Bodengefüge sowie schlechter Wasserdurchlässigkeit.

Im Rahmen des Bewertungsverfahrens kann der sogenannte *K-Faktor* zur ersten Abschätzung der Erodierbarkeit in Abhängigkeit von der Bodenart herangezogen werden. Der K-Faktor enthält Bodeneigenschaften wie z.B. Durchlässigkeit, Infiltration, Körnung, Humusgehalt und Aggregatstabilität. Die Abschätzung mittels des K-Faktors liefert grobe Aussagen bezüglich der Erodierbarkeit des Bodens (siehe Tabelle 9 bzw. Tabelle 10). Bei der Durchführung der Bewertung wird jeweils die Bodenart des obersten Bodenhorizontes berücksichtigt.

Tabelle 9: Bewertung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wasser in Abhängigkeit von der Bodenart nach KA 5 (AG BODEN, 2005)

Bodenart	K-Faktor	Erodierbarkeit durch Wasser	Bewertung
gS, mS, Ts2, Ts3, Ts4, Tl, Tt	< 0,1	sehr gering	I
Ss, St2, St3, Lts, Tu2	0,1 – 0,2	gering	II
Su2, Sl2, Sl3, Sl4, Lt2, Lt3, Ls3, Ls4, Tu3	0,2 - 0,3	mittel	III
fS, Su3, Su4, Slu, Lu, Ls2, Tu4	0,3 - 0,5	hoch	IV
ffS, Uu, Us, Uls, Ut2, Ut3, Ut4	> 0,5	sehr hoch	V

Tabelle 10: Bewertung der Erodierbarkeit des Bodens durch Wasser in Abhängigkeit von der Bodenart nach Bodenschätzung (SCHWERTMANN, U. VOGEL, W. UND M. KAINZ, 1990)

Bodenart	Entstehung	K-Faktor Zustandsstufe ≤ 4 ≥ 5	Bewertung
S	D, Al, V	0,10	I
SI	D, Al, V	0,15	II
IS	D, Al, V	0,20	II
	Lö	0,25	III
	Vg	0,15	II
SL	D, Al, V	0,30 – 0,25	III
	Lö	0,35	IV
	Vg	0,15	II
sL	D, Al, V	0,40	IV
	Lö	0,50	IV
	V	0,30	III
	Vg	0,20	II
L	D, Al	0,50	IV
	Lö	0,55	V
	V	0,40 – 0,35	IV
	Vg	0,25 – 0,20	III
LT	D, Al	0,40 – 0,35	IV
	V	0,30 – 0,25	III
	Vg	0,20	II
T	D, Al	0,30	III
	V	0,25	III
	Vg	0,15	II

Für eine weiterführende Bewertung der „Natürlichen Erosionsgefährdung durch Wasser“ sind zusätzliche Eingangsdaten erforderlich. Eine wichtige Größe ist z.B. die Hangneigung (S-Faktor). Mit zunehmender Hangneigung kann der Bodenabtrag steigen, denn je schneller das Wasser hangabwärts fließen kann, umso so stärker wirken auch die Transportkräfte des Wassers. Der K-Faktor wird mit dem S-Faktor und R-Faktor (Erosivität durch Starkregen) zum Ergebniswert „Natürliche Erosionsgefährdung durch Wasser“ kombiniert und in 5 Stufen dargestellt (siehe Tabelle 48). Eine Ableitung der Berechnung der „Erosionsgefährdung durch Wasser“ ist in Anhang 7 erläutert.

4.4.2 Änderungen der Wasserverhältnisse

Änderungen des Grundwasserstandes können mit z.T. irreversiblen Schäden für Böden und Ökosysteme verbunden sein. Gegenüber Grundwasserabsenkungen sind besonders solche Böden empfindlich, deren Charakter und Aufbau von einem hohen Grundwasserstand abhängen, so z.B. Moore, Nass- und Auengleye, sowie grundwasserbeeinflusste Böden, z.B. Gleye und vergleyte Böden. Andererseits können Grundwasseranstau bzw. Bewässerungsmaßnahmen zur Vernässung von staunässeempfindlichen und natürlicherweise trockenen Standorten führen.

Ausgehend von diesen Überlegungen kann die Empfindlichkeit von Böden gegenüber Veränderungen der Wasserverhältnisse aus bereits durchgeführten Bewertungsschritten abgeleitet werden. Hierzu können beispielsweise Böden mit besonderen Standorteigenschaften herangezogen werden, die bereits bei der Charakterisierung der Lebensraumfunktion zum Einsatz kamen. Es wurden Böden bewertet, die durch extreme Verhältnisse (extrem trocken, extrem nass) gekennzeichnet sind. Diese Böden sind durch das Fehlen bzw. das Vorhandensein von Grund- und Stauwasser geprägt. Folglich reagieren natürlicherweise trockene Böden empfindlich auf Vernässung; nasse Böden werden durch Grundwasserabsenkung und Trockenlegung stark beeinträchtigt. Die Einschätzung der Empfindlichkeit soll nicht über eine Stufenbewertung erfolgen, sondern besser in der Form „empfindlich“ bzw. „unempfindlich“ ausgewiesen werden.

4.4.3 Stoffeinträge

Auf der Grundlage der Bewertungsergebnisse zum Filter- und Puffervermögen von Böden lassen sich analog zu Punkt 4.4.2 Aussagen zur Empfindlichkeit gegenüber möglichen (Schad-) Stoffeinträgen ableiten. Böden mit den Wertstufen I bis III (siehe Tabellen 7 und 8) sollten dabei generell als empfindlich eingestuft werden; Böden, die die Wertstufen IV und V erhielten, gelten als weniger empfindlich, dürfen aber - wie bereits erwähnt - in ihrer Regelungsfunktion keinesfalls überbeansprucht werden.

Literatur

- ARBEITSGRUPPE BODEN der Staatlichen geologischen Dienste und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. verbesserte und erweiterte Auflage. (KA 5), Hannover (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- ARBEITSGRUPPE BODEN der Geologischen Landesämter und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2005): *Bodenkundliche Kartieranleitung*, 5. verbesserte und erweiterte Auflage (KA 5), Hannover, Stuttgart (Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- ARBEITSKREIS BODENSCHUTZ beim Umweltministerium Baden-Württemberg (1995): *Bewertung von Böden nach ihrer Leistungsfähigkeit - Leitfaden für Planungen und Gestattungsverfahren (Heft 31)*, Umweltministerium Baden-Württemberg [Hrsg.].
- ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1989): *Kartierung von Stadtböden. Empfehlungen des Arbeitskreises Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartieranleitung urban, gewerblich und industriell überformter Flächen (Stadtböden)*, Büro für Bodenbewertung Kiel, im Auftrag des Umweltbundesamtes, UBA-Texte 18/89, Forschungsbericht 107 03 007/03, Berlin.
- ARBEITSKREIS STADTBÖDEN (1996): *Kartieranleitung Stadtböden - 4. Entwurf*, Sekretariat Büro für Bodenbewertung Kiel, unveröffentlicht.
- ARGUMENT GmbH (1996): *Operationalisierung der potenziellen und aktuellen Bodenfunktionen in den Landkreisen Potsdam-Mittelmark und Teltow-Fläming*, im Auftrag der ÖKOTEC und des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Ref. A 6 Bodenschutz, unveröffentlicht.
- BERGER, C. (1995): *Planungsrelevante Bodenbewertungskriterien: Anforderungen und Möglichkeiten*, *Mitteilungen der DBG*, 76, 1257-1260.
- BUNDESVERBAND BODEN e. V. Fachausschuss 3.1 Bewertung von Böden in der Bauleitplanung (2001): *Bodenschutz in der Bauleitplanung – Vorsorgeorientierte Bodenbewertung*, BVB-Materialien Band 6, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- DIN 19708 (2005): *Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG*, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- EBERHARDT, C. (1991): *Naturnähe als Schutzkriterium für Böden*, Diplomarbeit Hannover (Institut für Landschaftspflege und Naturschutz), unveröffentlicht.
- FOKUH, C. (1994): *Der Beitrag des Landschaftsplans zum Schutz der Böden*, Diplomarbeit Hannover (Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung), Arbeitsmaterialien Bd. 26.
- GRIMM, B.; SOMMER, B. (1993): *Bewertung von Boden und Bodenverlust im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung*, *UVP-report 4/93*, 211-213.
- KLEIN, M.; RIECKEN, U.; SCHRÖDER, E. (1997): *Begriffsdefinitionen im Spannungsfeld zwischen Naturschutz und Landwirtschaft*, *Naturschutz und Landschaftsplanung* 29, (8), 1997, 229-237.
- KUNTZE, H. [Hrsg.]; ROESCHMANN, G. [Hrsg.]; SCHWERDTFEGER, G. [Hrsg.] (1994): *Bodenkunde*, Stuttgart (Ulmer).
- LYNAR, W.; SCHNEIDER, U.; BRAHMS, E.; HÜBLER, K.-H. [Hrsg.] (1989): *Bodenschutz in Stadt- und Industrielandschaften*, Taunusstein (Blottnner).
- RÖSCH, A.; KURANDT, F. (1950): *Bodenschätzung*, 3. Aufl., Fotomechanischer Nachdruck 1991 (nur Teil „Bodenschätzung“) der Ausgabe 1950, Berlin (Carl-Heymann).
- RSU (RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN) (1987): *Umweltgutachten 1987*, Stuttgart, Mainz (Kohlhammer).
- SAUER, S. (1999): *Nutzung der Bodenschätzung zur Erstellung von Bodenfunktionskarten, dargestellt am Beispiel der nutzbaren Feldkapazität*, *DBG-Mitteilungen* 1991, S, 1076-1079

- SCHEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1992): *Lehrbuch der Bodenkunde*, Stuttgart (Enke).
- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P. (1995): *Bodenkundliches Praktikum*, Hamburg (Parey).
- SCHMIDT, J.; v. WERNER, M.; MICHAEL, A.; SCHMIDT, W. (1996): *Erosion 2D/3D - Ein Computermodell zur Simulation der Bodenerosion durch Wasser*, Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie [Hrsg.].
- SCHWERTMANN, U.; KOGL, W.; KAINZ, M (1990): *Bodenerosion durch Wasser*, Stuttgart (Ulmer)
- SEIFFERT, S.; TENHOLTERN R. (1998): *Anwendungsbeispiele für das Fachkonzept der DBG zur Beurteilung des standörtlichen Nitratverlagerungsrisikos in Sachsen*. Wasser und Boden 50/9, S. 41-46, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT [Hrsg.] (2001): *Zu den Böden Deutschlands*. 1. Auflage, Berlin

ANHANG

ANHANG 1

Tabelle 11: Übersicht der betrachteten Bodenteilfunktionen mit Zuordnung zu den Bodenfunktionen nach BBodSchG sowie für die Bewertung verwendete Parameter

Bodenfunktion nach BBodSchG	Bodenteilfunktion	Kriterium	Parameter	Datengrundlage	Maßstab / Planungsgebiet	Quellen
					Bemerkungen	
Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen	Lebensraum	Natürliche Bodenfruchtbarkeit	Ackerzahl/Grünlandzahl	Bodenschätzung	Parzellenscharf >= 1:10.000 Einfaches Verfahren auf Grundlage der Bodenschätzung.	Schmidt u. Heinze (1998) (-geänd.-)
			„Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum“ und ggf. „pflanzenverfügbares Bodenwasser“	Bodenkartierung nach KA 5	alle Maßstäbe Das Verfahren berücksichtigt alle Zu- und Abschläge zur nFKWe infolge Humus- und Grobskelettgehalt.	AG Boden (205)
			Böden mit besonderen Standorteigenschaften	Ackerzahl/Grünlandzahl Klassenzeichen	Bodenschätzung	Parzellenscharf >= 1:10.000 Einfaches Verfahren auf Grundlage der Bodenschätzung.
		„Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum“, Kationenaustauschkapazität	Bodenkartierung nach KA 5	alle Maßstäbe Die Basensättigung wird auf den amtlichen Bodenkarten des LfULG für jede Legendeneinheit geführt.	AG Boden (2005)	

Fortsetzung **Tabelle 11**

Bodenfunktion nach BBodSchG	Bodenteilfunktion	Kriterium	Parameter	Datengrundlage	Maßstab / Planungsgebiet	Quellen
					Bemerkungen	
Bestandteil des Naturhaushalts, insbesondere mit seinen Wasser- und Nährstoffkreisläufen	Bestandteil des Wasserkreislaufs	Wasserspeichervermögen des Bodens	Bodenzahl	Bodenschätzung	Parzellenscharf >= 1:10.000 Geringe Aussageschärfe, da wesentliche Einflussfaktoren aus der Bodenschätzung nicht abgeleitet werden können.	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995)
			„Nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum“	Bodenkartierung nach KA 4/5	alle Maßstäbe Das Verfahren berücksichtigt alle Zu- und Abschläge zur nFKWe infolge Humus- und Grobskelettgehalt. Die ermittelte Wertstufe ist durch vorhandene, die Wasserleitfähigkeit beeinträchtigende Flächennutzungen ggf. herabzusetzen.	
Abbau-, Ausgleichs- u. Aufbaumedium für stoffliche Einwirkungen auf Grund der Filter-, Puffer- und Stoffumwandlungseigenschaften, insbesondere auch zum Schutz des Grundwassers	Ausgleichsmedium für stoffliche Einwirkungen	Filter und Puffer für Schadstoffe	Klassenzeichen	Bodenschätzung	Parzellenscharf >= 1:10.000 Geringe Aussageschärfe, da wesentliche Einflussfaktoren aus der Bodenschätzung nicht abgeleitet werden können.	Umweltministerium Baden-Württemberg (1995)
			Kationenaustauschkapazität und Luftkapazität	Bodenkartierung nach KA 5	alle Maßstäbe Ermittlung ausschließlich ordinal skalierten Kennwerte, verbunden mit einem begrenzten Aussagewert des Ergebnisses, vereinfachte Bewertung des Prozessgeschehens.	

Tabelle 12: Übersicht der betrachteten Bodenempfindlichkeiten mit Zuordnung der für die Bewertung verwendeten Parameter

Bodenempfindlichkeit	Kriterium	Parameter	Datengrundlage	Maßstab / Planungsgebiet	Quellen
Bodenerosion	Bodenerosion durch Wasser	K-Faktor bzw. E2D/E3D – Parameter	Bodenkartierung, Bodenschätzung	K-Faktor: Übersichtsdarstellungen, E2D/E3D: große Maßstäbe	AG BODEN, (2005) LFL/LFUG, (1998) KUNTZE, H. ET AL. (1994)
Änderungen der Wasserverhältnisse	extrem nasse oder trockene Böden	Wertstufen	Bodenkartierung / Bodenschätzung	alle Maßstäbe	AG Boden (2005) Umweltministerium Baden-Württemberg (1995)
Stoffeinträge	Filter- und Puffervermögen von Böden	Wertstufen	Bodenkartierung / Bodenschätzung	alle Maßstäbe	AG Boden (2005) Umweltministerium Baden-Württemberg (1995)

ANHANG 2: Auswahl möglicher Informationsgrundlagen

1. Bodenkundliche Informationen

Tabelle 13: Bodenkundliche Datengrundlagen

		Flächenabdeckung in 2008
Bodenübersichtskarte 1:200.000 (BÜK 200), KA 4/KA 5	generalisierte Altdatenbasis ergänzt durch Realprofile	100%
Bodenkarte 1:50.000 (BK50), KA 5	Systematische bodenkundliche Landesaufnahme	Ca. 70 - 80%
Konzeptbodenkarte 1:25.000 (BKKonz), KA 4/KA 5	für natürliche Böden auf Alt- datenbasis	100% (ohne Siedlungs- und Ver- kehrsfläche)
Stadtbodenkarten	für anthropogene Böden	einzelne kreisfreie Städte
Punkt- daten KA 5	Realprofile mit Punkt- und Ortsbezug	Analog systematische bodenkundliche Landesaufnahme
Bodenmessprogramm Totalgehalte / Königswasser- extrakte (BBodSchV)	Messnetze (Flächen- und Punktbezug)	Messraster 4*4 km, in Teilen 1*1km oder dichter
Bodenschätzung • Validierte Altdaten • Übersetzte Altdaten • Originaldaten	Altdaten Reichsbodenschät- zung - parzellenscharf -	Umfang validierte und z.T. übersetzte Altdaten: 10% (LfULG) Alle anderen Bodenschätzungsdaten in Originalform sind bei den Finanz- ämtern Freistaat Sachsen verfügbar.

2. Sonstige Kartenwerke

- Topographische Karten
 - zur Erfassung der Flächennutzung, der Höhenlage, der Hangneigungsstufen, der Relief-
formen (z.B. zur Beurteilung der Erosionsgefährdung durch Wasser), sämtliche verän-
derte Auflagen.
- Ergänzungen und Berichtigungen der Topographischen Karten
- Historische Karten
 - Die Nutzungsarten früherer Zeiten geben Hinweise auf natürliche Standort-
eigenschaften, z.B. auf Ackerstandorte (in der Regel nicht vernässte Flächen) oder pod-
soliierte Böden (häufig ehemalige Heideflächen). Alte Ackerflächen deuten in Nord-
west-Deutschland oft auf das Vorkommen von Plaggeneschen hin, Dauergrünland auf
Moor und Anmoorgley. Heute nicht mehr vorhandene Gewässer können auf Aufschüt-
tungen, wilde Deponien usw. hinweisen. Eine Überlagerung der Karten ergibt ein Bild
der Nutzungsgeschichte. Folgende Informationen lassen sich beispielsweise ableiten:
 - * Ein wiederholter Wechsel von Wald- und Ackernutzung lässt auf Grenzertragsflächen
schließen und eventuell auf bestimmte Böden bzw. Bodeneigenschaften.
 - * Durch den Vergleich von Karteninhalten lässt sich das ungefähre Alter der Nutzungs-
typen (Siedlungen, Gärten, Parks), anthropogene Einflüsse und die Bodenentwicklung
abschätzen; z.B. ist in alten, intensiv genutzten Gärten (Schloss- und Klostergärten) ei-
ne Entwicklung bis hin zu Hortisolen zu erwarten.
 - * Ap-Horizonte von Grünanlagen heutiger Siedlungen lassen sich durch eine frühere
land-wirtschaftliche Nutzung erklären.

- Geologische Karten
 - Erfassung der Substrate, insbesondere ihrer Petrographie; häufig sind auch geogenetische und stratigraphische Angaben von Bedeutung. Dadurch können Zusammenhänge über Eigenschaften, Verbreitung, Variationsbreite und Vergesellschaftung unterschiedlicher Böden besser erfasst werden. Die Karten liefern Angaben über Substrate (natürliche und z.T. künstliche) der Bodenbildung und dienen zur Abgrenzung von Böden und Bodengesellschaften. Zum Zeitpunkt der Kartenerstellung bekannte starke Bodenveränderungen und Aufschüttungen (Halden) ermöglichen die Abgrenzung junger Bodenbildungen.
- Grundwasserkarten
 - Aus Grundwasserpegelstandmessungen können die mittleren Grundwasserstände über den vorliegenden Zeitraum ermittelt werden. Durch Interpolation zwischen den Pegeln lässt sich unter Hinzuziehung von topographischen Karten der mittlere Grundwasserflurabstand abschätzen. Benötigt werden die Informationen, um grundwasserbeeinflusste Böden und Moore sowie Bereiche, in denen die Vegetation Anschluss an das Grundwasser hat, auszuweisen.
- Gewässerkarten
 - Lage der Gewässer und Ableitung von Grundwasserverhältnissen unter Beachtung von Geländehöhen.
- Pflanzensoziologische Karten
 - Die Standortansprüche der pflanzensoziologischen Einheiten geben Hinweise auf Bodeneigenschaften und zur Abgrenzung von Böden.
- Klimakarten
 - Verwendung finden die Angaben zur Temperatur- und Niederschlagsverteilung bei großräumigen Gliederungen der Bodenentwicklung, z.B. Schwarzerden in trockenwarmen, podsolige Böden in feuchtkühlen Bereichen.
- Agrargeognostische Karten
 - Ableiten lässt sich die Verbreitung von Bodenarten, Bodenartenschichtungen und Bodentypen.
- Biotoptypen
 - Karten der Biotoptypen sind gegenüber denen der Realnutzung im land- und forstwirtschaftlichen Bereich detaillierter und gehen z.B. auf die Bestandszusammensetzung in den Forsten ein. Dadurch lassen sich anthropogen bedingte Veränderungen innerhalb und zwischen den Nutzungstypen abschätzen.

3. Kartenwerke der Bodennutzung und der Bodennutzungseignung

- Baugrunderkarten
 - Sie geben Hinweise auf Körnung, Humosität, Vorhandensein von Kalk und Grundwasser von Bodenlagen der oberen 1 bis 4 Meter sowie Auskunft über Aufschüttungen (> 2 m); für bodenökologische Interpretationen manchmal ungenügend.
- Landschaftspläne
 - Landschaftspläne liefern Hinweise auf ökologische Raumeinheiten und mögliche Typisierungen (Siedlung, Siedlungsentwicklung, Gewässer, Freiflächennutzung).

4. Karten der Bodennutzung

- ALK/ATKIS
- Nutzungstypenkarten
- Kanalisations- und Entsorgungsflächen
 - Beispielsweise trägt die Angabe zu klärschlammbeschickten Flächen zur Erfassung von Bodenverunreinigungen bei (Erhöhung des Gehalts an organischer Substanz, Schwermetallgehalte).
- Versorgungsleitungskarten
- Karten der Hochwasserentlastungsflächen, Überschwemmungsgebiete
 - Aus alten Erhebungen lassen sich ursprüngliche Auenbereiche/Auenböden abgrenzen, die heute zum Großteil verändert (überschüttet) sind.
- Karten zur Straßennutzungsfrequenz
- Bebauungspläne
- Fernerkundungspläne wie Luftbildpläne, Luftbilder (Infrarot, Schwarz-Weiß, usw.), Satelliten- und Radaraufnahmen
 - Unterschiedliche Feuchtezustände und wechselnde Bodenarten sind auf Luftbildern, die zu Beginn der Vegetationsperiode gemacht wurden, häufig gut erkennbar. Eine multitemporale Auswertung ist möglich, da für einzelne Regionen bereits Schwarzweißbilder in den 20er Jahren angefertigt wurden und heute in Abständen von 2 bis 3 Jahren flächendeckend für das gesamte westliche Bundesgebiet in Auftrag gegeben werden (teilweise als Ortho-Luftbildpläne, d.h. vollkommen entzerrt).
 - Schwarzweißbilder der Alliierten werden zur Lokalisation von Bombentrümmern, Panzergräben, Bunkern und Flakstellungen von Kampfmittelräumdiensten ausgewertet. Trichter und Gräben wurden nach dem Krieg häufig mit Trümmerschutt und Müll verfüllt. Dann haben sich Böden aus einer Mischung von natürlichem und technogenem Substrat entwickelt, die nicht älter als 50 Jahre sind.
 - Infrarotbilder liegen für Städte vor, um den Schädigungsgrad von Straßenbäumen erfassen zu können. Aus ihnen lassen sich teilweise Versiegelungsgrade abschätzen.

5. Karten zur Bodenbelastung und Bodenempfindlichkeit

- Karten zu stofflichen Untersuchungen
 - Die Karten kennzeichnen Gehalte und Konzentrationen verschiedener Elemente (BBodSchV) in unterschiedlichen Bodentiefen und geben Aufschluss über die stoffliche Bodenbelastung im Freistaat Sachsen.
- Versiegelungskarten
 - Versiegelungskarten geben Aufschluss über den Versiegelungsgrad, evtl. auch über Versiegelungsarten sowie über freie Bodenoberflächen. Der Versiegelungsgrad dient

zur Abschätzung des Anteils anthropogen veränderter Böden an der betrachteten Fläche (z.B. Baublock).

- Bodenerosionskarten
 - Sie geben Aufschluss über die Empfindlichkeit des Bodens gegenüber Bodenerosion. Informationen hierzu liegen vor als Übersichtskarten mit Kennzeichnung der Substratempfindlichkeit sowie einzelner Karten als Ergebnis einer Erosionsmodellierung mit hoher räumlicher Auflösung.
- Kriegsschadenskarten (2. Weltkrieg)
 - Die Karten finden Verwendung bei der Gliederung von städtischen Bereichen über das Ausmaß der Zerstörung von Gebäuden, insbesondere bei Innenstädten. Sie lassen Schlüsse auf oberflächennahe Anreicherungen von Trümmerschutt zu. Dies bedeutet eine anthropogene Kalkanreicherung der Böden über den Mörtelschutt und das Bodenskelett und somit eine Anhebung der pH-Werte auf schwach alkalisches Niveau. Die Karten gestatten eine weitere Differenzierung der Stadt; z.B. sind Unterschiede im Bodenaufbau und in den Bodeneigenschaften der Freiflächen der Wohnbebauung zwischen wenig und nicht zerstörten Bereichen einerseits und stark zerstörten Bereichen andererseits zu erwarten.
- Belastungskataster
 - Sie ermöglichen die Berücksichtigung der aktuellen Belastung zur regionalen Bewertung von Böden (z.B. Bergbaualtlastenkataster, Schwermetallbelastungen, Klärschlamm beschickte Flächen).
- Altlastenverdachtskataster
 - Die Karten geben potenziell kontaminierte Bereiche wieder. Über die angegebene aktuelle Nutzung sowie über die Nutzungsgeschichte lässt sich abschätzen, in welchem Umfang der Bodenaufbau verändert worden ist und welche Böden sich seit den Eingriffen gebildet haben können. Aus den Altlastenverdachtsflächen können weiterhin über die branchentypische Inventarisierung Bodenkontaminationen und die von ihnen ausgehenden Gefahren abgeleitet werden.

6. Sonstige Quellen

- Regionale Fachliteratur
- Gutachten, Stellungnahmen, Nutzungspläne, Berichte
- Punktuelle Messergebnisse von Versuchsflächen, Beweissicherungsflächen, Grundwasser-, Klima- und Immissionsmessstellen u.a.

ANHANG 3: Bodenschätzungsdaten

Die Durchführung der landwirtschaftlichen Bodenschätzung erfolgt ab 1934 nach wissenschaftlichen und praktischen Erkenntnissen jeweils für Acker- und Grünland. Die Bodenschätzung wird durch Geländebegehungen mit Bohrungen bis 1 m Tiefe im 50 m × 50 m - Gitternetz durchgeführt. Die Grablöcher werden in Schätzungsbüchern beschrieben und die abgegrenzten Klassenflächen in Schätzungskarten (ca. M. 1:2.000) eingetragen.

Die **Klassenzeichen** für Ackerland führen Informationen zur Bodenart, Zustandsstufe und Entstehungsart (z.B. L3Lö, S4D).

Die Klassenzeichen für Grünland führen Informationen zur Bodenart, Zustandsstufe, Klima- und Wasserstufe (z.B. SIIb3, LIa2).

Neben dem Klassenzeichen sind im Schätzungsbuch und der Schätzungskarte die **Wertzahlen** der Bodenschätzung aufgeführt.

Der Boden mit dem höchsten Reinertrag, eine Löß-Schwarzerde in der Magdeburger Börde, wurde mit dem Höchstwert 100 eingestuft. Alle übrigen Böden sind zu diesem Standort ins Verhältnis gesetzt.

Zum Ackerland gibt es die Bodenzahl (Wertzahl 1) und die Ackerzahl (Wertzahl 2). Die Bodenzahl bewertet den Boden ohne besondere Berücksichtigung von Klima, Relief etc. Die Ackerzahl berücksichtigt hingegen diese Standortfaktoren, indem Zu- und Abschläge auf die Bodenzahl vergeben werden.

Zum Grünland gibt es die Grünlandgrundzahl (Wertzahl 1) und die Grünlandzahl (Wertzahl 2). Die beiden Wertzahlen unterscheiden sich selten, weil für Grünland nur in Ausnahmen Zu- und Abschläge vergeben werden.

Tabelle 14: Gliederung der Bodenart

Ackerland	Grünland	Bedeutung	abschlämmbare M.-% KornØ<0,01 mm
S	S=S+SI	Sand	< 10
SI		anlehmiger Sand	10-13
IS	IS=IS+SL	lehmiger Sand	14-18
SL		stark lehmiger Sand	19-23
sL	L=sL+L	sandiger Lehm	24-29
L		Lehm	30-44
LT	T=LT+T	lehmiger Ton, schwerer Lehm	45-60
T		Ton	> 60
Mo	Mo	Moor	> 15-20% Humus

Tabelle 15: Gliederung der Zustandsstufe

1	Ackerland Zustandsstufe 1, sehr hohe Leistungsfähigkeit
2	Übergang 1/3
3	Ackerland Zustandsstufe 3, hohe Leistungsfähigkeit
4	Übergang 3/5, mittlere Leistungsfähigkeit
5	Ackerland Zustandsstufe 5, geringe Leistungsfähigkeit
6	Übergang 5/7
7	Ackerland Zustandsstufe 7, sehr geringe Leistungsfähigkeit
I	Grünland Zustandsstufe I, hohe Leistungsfähigkeit (≅ Acker Zustandsstufe 2-3)
II	Grünland Zustandsstufe II, mittlere Leistungsfähigkeit (≅ Acker Zustandsstufe 4-5)
III	Grünland Zustandsstufe III, geringe Leistungsfähigkeit (≅ Acker Zustandsstufe 6-7)

Tabelle 16: Gliederung der Entstehungsart

Al	Schwemmland-, Alluvialboden (meist Holozän)
Alg	Schwemmland-, Alluvialboden, stark steinig
D	Diluvialboden (Pleistozän, Tertiär)
Dg	Diluvialboden, stark steinig
Lö	Lössboden (Lo)
V	Verwitterungsboden
Vg	Verwitterungsboden, stark steinig
Mo	Moorboden

Tabelle 17: Gliederung der Klimastufe (Jahreswärme)

A	≥ 8 °C Jahresmitteltemperatur
B	7,9 – 7 °C Jahresmitteltemperatur
C	6,9 – 5,7 °C Jahresmitteltemperatur
D	$\leq 5,6$ °C Jahresmitteltemperatur

Tabelle 18: Gliederung der Wasserstufe

1	besonders günstig: frisch (Süßgräser)
2	günstig: Übergang 1 zu 3
3	gut: feucht (Süßgräser vereinzelt Sauergräser) oder gut: mäßig trocken (vereinzelt Trockengräser)
4	ungünstig: nass, Übergang 3 zu 5
$\bar{4}$	ungünstig: trocken, Übergang 3 zu 5
5	besonders ungünstig: sehr nass (Sauergräserbestand, Sumpfwiese)
$\bar{5}$	besonders ungünstig: sehr trocken (harte Trockengräser)

Weiterführende Literatur:

Einen Überblick über die Entstehung und Durchführung der (Reichs)Bodenschätzung gibt das Buch von „RÖSCH, A. und KURANDT, F. (1991): Bodenschätzung: Gesetze mit amtlicher Begründung. Durchführungsbestimmungen und Verwaltungsvorschriften (ISBN 3-452-22086-9)“.

Demnächst erscheint von der Arbeitsgruppe Bodenschätzung und Bodenbewertung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG) eine Publikation zur Nutzung der Bodenschätzung zur Bewertung von Böden.

Tabelle 19: Ackerschätzungsrahmen (Bodenzahlen)

Bodenart	Entstehung	Zustandsstufe						
		1	2	3	4	5	6	7
S Sand	D	41 - 34	33 - 27	26 - 21	20 - 16	15 - 12	11 - 7	
	Al	44 - 37	36 - 30	29 - 24	23 - 19	18 - 14	13 - 9	
	V	41 - 34	33 - 27	26 - 21	20 - 16	15 - 12	11 - 7	
SI (S/IS) anlehmiger Sand	D	51 - 43	42 - 35	34 - 28	27 - 22	21 - 17	16 - 11	
	Al	53 - 46	45 - 38	37 - 31	30 - 24	23 - 19	18 - 13	
	V	49 - 43	42 - 36	35 - 29	28 - 23	22 - 18	17 - 12	
IS lehmiger Sand	D	68 - 60	59 - 51	50 - 44	43 - 37	36 - 30	29 - 23	22 - 16
	Lö	71 - 63	62 - 54	53 - 46	45 - 39	38 - 32	31 - 25	24 - 18
	Al	71 - 63	62 - 54	53 - 46	45 - 39	38 - 32	31 - 25	24 - 18
	V		57 - 51	50 - 44	43 - 37	36 - 30	29 - 24	23 - 17
	Vg			47 - 41	40 - 34	33 - 27	26 - 20	19 - 12
SL (IS/sL) stark lehmiger Sand	D	75 - 68	67 - 60	59 - 52	51 - 45	41 - 38	37 - 31	30 - 23
	Lö	81 - 73	72 - 64	63 - 55	54 - 47	46 - 40	39 - 33	32 - 25
	Al	80 - 72	71 - 63	62 - 55	54 - 47	46 - 40	39 - 33	32 - 25
	V	75 - 68	67 - 60	59 - 52	51 - 44	43 - 37	36 - 30	29 - 22
	Vg			55 - 48	47 - 40	39 - 32	31 - 24	23 - 16
sL sandiger Lehm	D	84 - 76	75 - 68	67 - 60	59 - 53	52 - 46	45 - 39	38 - 30
	Lö	92 - 83	82 - 74	73 - 65	64 - 56	55 - 48	47 - 41	40 - 32
	Al	90 - 81	80 - 72	71 - 64	63 - 56	55 - 48	47 - 41	40 - 32
	V	85 - 77	76 - 68	67 - 59	58 - 51	50 - 44	43 - 36	35 - 27
	Vg			64 - 55	54 - 45	44 - 36	35 - 27	26 - 18
L Lehm	D	90 - 82	81 - 74	73 - 66	65 - 58	57 - 50	49 - 43	42 - 34
	Lö	100 - 92	91 - 83	82 - 74	73 - 65	64 - 56	55 - 46	45 - 36
	Al	100 - 90	89 - 90	79 - 71	70 - 62	61 - 54	53 - 45	44 - 35
	V	91 - 83	82 - 74	73 - 65	64 - 56	55 - 47	46 - 39	38 - 30
	Vg			70 - 61	60 - 51	50 - 41	40 - 30	29 - 19
LT schwerer Lehm	D	87 - 79	78 - 70	69 - 62	61 - 54	53 - 46	45 - 38	37 - 28
	Al	91 - 83	82 - 74	73 - 65	64 - 57	56 - 49	48 - 40	39 - 29
	V	87 - 79	78 - 70	69 - 61	60 - 52	51 - 43	42 - 34	33 - 24
	Vg			67 - 58	57 - 48	47 - 38	37 - 28	27 - 17
T Ton	D		71 - 64	63 - 56	55 - 48	47 - 40	39 - 30	29 - 18
	Al		74 - 66	65 - 58	57 - 50	49 - 41	40 - 31	30 - 18
	V		71 - 63	62 - 54	53 - 45	44 - 36	35 - 26	25 - 14
	Vg			59 - 51	50 - 42	41 - 33	32 - 24	23 - 14
Mo Moor		54 - 46	45 - 37	36 - 29	28 - 22	21 - 16	15 - 10	

Al = Alluvium (Holozän); D = Diluvium (Pleistozän), z.T. Tertiär; Lö = Löß; V = Verwitterungsboden; g = Gestein, steinig

Tabelle 20: Grünlandschätzungsrahmen (Grünlandgrundzahlen)

Bodenart	Bodenstufe	Klima	Wasserverhältnisse				
			1	2	3	4	5
S Sand	I (45 - 40)	a	60 - 51	50 - 43	42 - 35	34 - 28	27 - 20
		b	52 - 44	43 - 36	35 - 29	28 - 23	22 - 16
		c	45 - 38	37 - 30	29 - 24	23 - 19	18 - 13
	II (30 - 25)	a	50 - 43	42 - 36	35 - 29	28 - 23	22 - 16
		b	43 - 37	36 - 30	29 - 24	23 - 19	18 - 13
		c	37 - 32	31 - 26	25 - 21	20 - 16	15 - 10
	III (20 - 15)	a	41 - 34	33 - 28	27 - 23	22 - 18	17 - 12
		b	36 - 30	29 - 24	23 - 19	18 - 15	14 - 10
		c	31 - 26	25 - 21	20 - 16	15 - 12	11 - 7
IS lehmiger Sand	I (60 - 55)	a	73 - 64	63 - 54	53 - 45	44 - 37	36 - 28
		b	65 - 56	55 - 47	46 - 39	38 - 31	30 - 23
		c	57 - 49	48 - 41	40 - 34	33 - 27	26 - 19
	II (45 - 40)	a	62 - 54	53 - 45	44 - 37	36 - 30	29 - 22
		b	55 - 47	46 - 39	38 - 32	31 - 26	25 - 19
		c	48 - 41	40 - 34	33 - 28	27 - 23	22 - 16
	III (30 - 25)	a	52 - 45	44 - 37	36 - 30	29 - 24	23 - 17
		b	46 - 39	38 - 32	31 - 26	25 - 21	20 - 14
		c	40 - 34	33 - 28	27 - 23	22 - 18	17 - 11
L Lehm	I (75 - 70)	a	88 - 77	76 - 66	65 - 55	54 - 44	43 - 33
		b	80 - 70	69 - 59	58 - 49	48 - 40	39 - 30
		c	70 - 61	60 - 52	51 - 43	42 - 35	34 - 26
	II (60 - 55)	a	75 - 65	64 - 55	54 - 46	45 - 38	37 - 28
		b	68 - 59	58 - 50	49 - 41	40 - 33	32 - 24
		c	60 - 52	51 - 44	43 - 36	35 - 29	28 - 20
	III (45 - 40)	a	64 - 55	54 - 46	45 - 38	37 - 30	29 - 22
		b	58 - 50	49 - 42	41 - 34	33 - 27	26 - 18
		c	51 - 44	43 - 37	36 - 30	29 - 23	22 - 14
T Ton	I (70 - 65)	a	88 - 77	76 - 66	65 - 55	54 - 44	43 - 33
		b	80 - 70	69 - 59	58 - 48	47 - 39	38 - 28
		c	70 - 61	60 - 52	51 - 43	42 - 34	33 - 23
	II (55 - 60)	a	74 - 64	63 - 54	53 - 45	44 - 36	35 - 26
		b	66 - 57	56 - 48	47 - 39	38 - 30	29 - 21
		c	57 - 49	48 - 41	40 - 33	32 - 25	24 - 17
	III (40 - 35)	a	61 - 52	51 - 43	42 - 35	34 - 38	27 - 20
		b	54 - 46	45 - 38	37 - 31	30 - 24	23 - 16
		c	46 - 39	38 - 32	31 - 25	24 - 19	18 - 12
Mo Moor	I (45 - 40)	a	60 - 51	50 - 42	41 - 34	33 - 27	26 - 19
		b	57 - 49	48 - 40	39 - 32	31 - 25	24 - 17
		c	54 - 46	45 - 38	37 - 30	29 - 23	22 - 15
	II (30 - 25)	a	53 - 45	44 - 37	36 - 30	29 - 23	22 - 16
		b	50 - 43	42 - 35	34 - 28	27 - 21	20 - 14
		c	47 - 40	39 - 33	32 - 26	25 - 19	18 - 12
	III (20 - 15)	a	45 - 38	37 - 31	30 - 25	24 - 19	18 - 13
		b	41 - 35	34 - 28	27 - 22	21 - 16	15 - 10
		c	37 - 31	30 - 25	24 - 19	18 - 13	12 - 7

ANHANG 4

1. Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität [mm/dm bzw. Vol.-%]

Für die Berechnung der Natürlichen Bodenfruchtbarkeit werden die Eingangsdaten (siehe Kap. 4.3.1.2) über die nachfolgenden Tabellen miteinander verknüpft.

1. Aus den Tabellen 21 bis 26 wird der nFK-Wert abgelesen.
2. Zu diesem Wert wird der nFK-Zuschlag aufgrund der Humusstufe nach Tabelle 27 addiert.
3. Von dieser Summe wird bei erhöhtem Grobbodenanteil der aus Tabelle 28 ermittelte Prozentsatz abgezogen.
4. Ergebnis: „endgültiger“ nFK-Wert in mm/dm bzw. Vol.-%

Tabelle 21: Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Bodenart und der Trockenrohdichte (ρ_t) bei Humusgehalten < 15% bzw. Humusstufe < h6

Bodenart des Feinbodens		nutzbare Feldkapazität Poren \varnothing 0,2 – 50 μ m; pF 4,2 – 1,8	
Gruppe	Untergruppe		pt3
Bodenartenhauptgruppe Sand			
Reinsande			
	reiner Sand	Ss	7
Schluffsande			
	mittel schluffiger Sand	Su3	21
	stark schluffiger Sand	Su4	23
Lehmsande			
	schwach schluffiger Sand	Su2	18
	schwach toniger Sand	St2	16
	schwach lehmiger Sand	Sl2	18
	mittel lehmiger Sand	Sl3	18
Bodenartenhauptgruppe Schluff			
Sandschluffe			
	reiner Schluff	Uu	26
	sandiger Schluff	Us	25
Lehmschluffe			
	sandig-lehmiger Schluff	Uls	22
	schwach toniger Schluff	Ut2	26
	mittel toniger Schluff	Ut3	25
Tonschluffe			
	stark toniger Schluff	Ut4	21
	schluffiger Lehm	Lu	17

Fortsetzung **Tabelle 21**

Bodenartenhauptgruppe Lehm			
Sandlehme			
	schluffig lehmiger Sand	Slu	21
	stark lehmiger Sand	Sl4	18
	mittel toniger Sand	St3	15
Normallehme			
	schwach sandiger Lehm	Ls2	16
	mittel sandiger Lehm	Ls3	16
	stark sandiger Lehm	Ls4	16
	schwach toniger Lehm	Lt2	14
Tonlehme			
	sandig toniger Lehm	Lts	14
	mittel sandiger Ton	Ts3	13
	stark sandiger Ton	Ts4	14
Bodenartenhauptgruppe Ton			
Schlufftone			
	mittel toniger Lehm	Lt3	12
	mittel schluffiger Ton	Tu3	13
	stark schluffiger Ton	Tu4	17
Lehmtone			
	schwach sandiger Ton	Ts2	13
	schwach schluffiger Ton	Tu2	12
	lehmiger Ton	Tl	13
	Ton	Tt	13

Tabelle 22: Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Trockenrohdichte (ρ_t) bei Humusgehalten < 15% bzw. Humusstufe < h6

Bodenart des Feinbodens		nutzbare Feldkapazität Poren \varnothing 0,2 – 50 μm; pF 4,2 – 1,8		
Gruppe	Unterfraktion		pt3	
Unterfraktionen der Bodenartenhauptgruppe Sand				
Reinsande				
	Feinsand	fS		9
	mittelsandiger Feinsand	fSms		9
	grob sandiger Feinsand	fSgs		9
	Mittelsand	mS		6
	feinsandiger Mittelsand	mSfs		6
	Grob sandiger Mittelsand	mSgs		6
	Grob sand	gS		5
	feinsandiger Grob sand	gSfs		5
	mittelsandiger Grob sand	gSms		5

Tabelle 23: Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Torfartengruppe und Zersetzungsstufe, Mude bzw. Horizont und Substanzvolumen (SV)

bodenkundliche Torfartengruppe, organische Horizonte		nutzbare Feldkapazität Poren Ø 0,2 – 50 µm; pF 4,2 – 1,8	
		SV 1-5	
Hochmoortorf Hh Alle Torfarten	hHz1	60	
	hHz2		
	hHz3		
	hHz4		
	hHz5		
Übergangsmoortorf Hu Alle Torfarten	uHz1	55	
	uHz2		
	uHz3		
	uHz4		
	uHz5		
Niedermoortorf Hn Alle Torfarten	nHp	50	
	nHv		
	nHm		
	nHa		
	nHt		
	nHr		
	nHw		
a-Horizonte Anmoorböden		30	
O-Horizonte		40	
Mudden F-Horizonte (organo - mineralische Mudden, werden nicht berücksichtigt)		60	

Tabelle 24: Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Lagerungsdichte bei Humusgehalten zwischen 15 und 30%

Bodenart des Feinbodens		nutzbare Feldkapazität Poren Ø 0,2 – 50 µm; pF 4,2 – 1,8	
Hauptgruppe		Lagerungsdichte pt3	
Sand s	extrem humose Profile (15- <30% organische Substanz)	40	
Schluff u			
Lehm l			
Ton t			

Tabelle 25: Untergliederung und Kornfraktionen des Grobbodens

kantige Grobbodenfraktionen		gerundete Grobbodenfraktionen		Durchmesser in mm
Bezeichnung	Kurzzeichen	Bezeichnung	Kurzzeichen	
Grus	Gr	Kies	G	2 bis < 63
Feingrus	fGR	Feinkies	fG	2 bis < 6,3
Mittelgrus	mGr	Mittelkies	mG	6,3 bis < 20
Grobgrus	gGR	Grobkies	gG	20 bis < 63
kantige Steine und Blöcke	X	gerundete Steine und Blöcke	O	>= 63
kantige Steine	fX	gerundete Steine	fO	63 bis < 200
kantige Blöcke	mX	gerundete Blöcke	mO	200 bis < 630
kantige Großblöcke	gX	gerundete Großblöcke	gO	>= 630

Tabelle 26: Nutzbare Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Grobbodenart

Bodenart des Grobbodens		nutzbare Feldkapazität Poren Ø 0,2 – 50 µm; pF 4,2 – 1,8	
Hauptgruppe			
Kies	G	Reiner Grobboden	6
Grus	Gr		8
Geröll	O		5
Steine	X		7

Tabelle 27: Zuschläge zur nutzbaren Feldkapazität (nFK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und organischer Substanz

Bodenart	h2	h3	h4	≥ h5
Ss	1	3	4	5
SI2	2	3	4	6
SI3	1	3	4	6
SI4	2	4	5	6
Slu	1	2	4	6
St2	3	4	5	7
St3	2	4	6	9
Su2	2	3	4	6
Su3	1	3	3	4
Su4	1	2	3	4
Ls2	1	3	5	8
Ls3	1	3	5	8
Ls4	2	4	6	8
Lt2	3	5	8	10
Lt3	2	4	8	11
Lts	3	5	7	9
Lu	3	5	7	8
Uu	1	2	3	4
Uls	3	4	4	7
Us	1	2	3	4
Ut2	1	1	2	4
Ut3	1	1	2	4
Ut4	2	3	4	6
Tt	2	4	5	7
TI	2	4	6	8
Tu2	1	3	5	8
Tu3	2	4	7	9
Tu4	3	5	6	8
Ts2	2	4	6	8
Ts3	2	5	7	9
Ts4	2	4	7	9

Tabelle 28: Abschläge [%] von der nFK aufgrund erhöhten Grobbodenanteils

Grobbodenanteil [Vol.-%]	Abschlag [%]
G1, Gr1, O1, X1 ≤ 1	–
G2, Gr2, O2, X2 $> 1 – 10$	10
G3, Gr3, O3, X3 $> 10 – 25$	20
G4, Gr4, O4, X4 $> 25 – 50$	40
G5, Gr5, O5, X5 $> 50 – 75$	60
G6, Gr6, O6, X6 $> 75 – 100$	90

Anmerkung:

Die Feinskelett- (G, Gr) und Grobskelettanteile (O, X) sind für die Abschlagsberechnung zu addieren. Beispiel: Gr, 15 bedeutet 15 Vol.-% Kiesgrus; X, 10 bedeutet 10 Vol.-% Steine. Daraus ergibt sich ein Gesamtabschlag von 20% (15% Gr + 10% X). Achtung: Der maximale Abschlag aus der Addition von Feinskelett und Grobskelett beträgt 90%!

Ist FS und GS bereits in Stufen angegeben, so berechnet sich der Abschlag aus den addierten Mittelwerten der jeweiligen Stufen von FS und GS. Beispiel: Gr4; X3: Der Mittelwert von Stufe 4 liegt bei 37,5%, der Mittelwert von Stufe 3 liegt bei 17,5%.

Der Abschlag beträgt danach 60% ($37,5 + 17,5 = 55 = 60\%$ Abschlag)

2. Ermittlung der effektiven Durchwurzelungstiefe (We) [dm]

Die Grundwerte der effektiven Durchwurzelungstiefe We sind horizont- und schichtbezogen auf der Basis der vorherrschenden Hauptboden- und Torfart festgesetzt. Sie können der Tabelle 29 entnommen werden. Bodentypologische Besonderheiten, die das Wurzelwachstum positiv oder negativ beeinflussen, werden durch folgende Modifikationen berücksichtigt:

- Bei **Grundwasserböden** endet We spätestens 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes.
- Bei **Auenböden** endet We spätestens 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes.
- Bei **Podsolen** gilt:
 - Verfestigungsgrad 4-5 (Ortstein): We = Obergrenze Ortsteinhorizont
- **Geschichtete Profile**
 - Mächtigkeit von Schicht I (≥ 4 dm): We = Ableitung von Schicht I
 - Mächtigkeit von Schicht I (< 4 dm): We = Ableitung von Schicht II
- Übersteigt die obere Schichtmächtigkeit 11 dm, so wird die Schichtung nicht mehr berücksichtigt.
- Bei **Forstböden** erhöht sich die We um 20%, bei **Grünlandböden** reduziert sich die We um 10%.
- Bei **Grobböden** (Bodenarten G, Gr, O, X) wird We pauschal mit
 - Gr, G: 7 dm
 - O, X: 5 dm
 angenommen.

Tabelle 29: Mittlere effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) in Abhängigkeit von Hauptbodenart und mittlerer effektiver Lagerungsdichte (ρ_{t3}) für Ackerkulturen und Wald

Bodenart	Effektiver Wurzelraum (W_e) in dm
gS, gSmS, gSfS	5
Ss, mS, fS, mSgs, mSfs, fSms	6
Sl2, Su2, Su3, Su4	7
Sl3, St2	8
Sl4, St3, Slu	9
Ls2, Ls3, Ls4, Lt2, Lt3, Lts, Uu, Tu2, Tl, Tt, Ts2, Us	10
Uls, Ut2, Ut3, Ut4, Lu, Tu3, Tu4, Ts3, Ts4	11
Hh (naturnah)	2
Hu (naturnah)	3
Hn (naturnah), F	4

Anmerkung

Bei Hochmoor unter Grünlandnutzung sind zum Tabellenwert 2 dm, bei Ackernutzung 4 dm und bei Niedermoor unter Acker 2 dm zu addieren

3. Bewertung der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)

Die nFK-Werte der Horizonte gehen entsprechend der Horizontmächtigkeit in die Berechnung von nFKWe ein. Die Berechnung wird bis zur effektiven Durchwurzelungstiefe (W_e) durchgeführt (Beispielrechnungen s. Punkt 4).

Tabelle 30: Bewertung der nutzbaren Feldkapazität des effektiven Wurzelraumes (nFKWe)

nFKWe in mm	Bewertung
< 50	nFKWe I
50 bis < 90	nFKWe II
90 bis < 140	nFKWe III
140 bis < 200	nFKWe IV
>= 200	nFKWe V

4. Beispielrechnungen

Tabelle 31: Berechnungsbeispiel für nFKWe, Pseudogley aus grusführendem Löß

Horizont/ Schicht	UTIEF (m)	MAE (m)	BOART	Nutzbare Feldkapazität [mm/dm] Poren Ø0,2- 50µm; pF 4,2-1,8	HUMUS- Stufen	Zuschläge zur nFK zur Berücksichtigung des Humusgehalt [mm/dm]	Abschläge [%] von der nFK aufgrund erhöhter Grobbo- denanteils
Sw-Ah	0,15	0,15	Ut3	25	3	1	
Sw	0,50	0,35	Ut3	25	1	-	
Go-Sd	0,75	0,25	Ut3-4	23	-	-	
II Go	>1,10	0,35	Sl3, Gr3- 4, X3-4	18	-	-	40

Berechnung:

	nFK (Bodenart) (s. Tab. 21)		Humuszuschlag (s. Tab. 27)		Grobodenabschlag (s. Tab. 28)		nFK Ergebnis
Sw-Ah	25 mm/dm	+	1 mm/dm	-		=	26 mm/dm
Sw	25 mm/dm						25 mm/dm
Go-Sd	23 mm/dm						23 mm/dm
II Go	18 mm/dm				40%		10,8 mm/dm

Das nFK-Ergebnis ist mit der jeweiligen Horizontmächtigkeit (MAE) zu multiplizieren.

	nFK Ergebnis		Mächtigkeit (MAE)		Ergebnis nFK (HORIZ)
Sw-Ah	26 mm/dm	*	1,5 dm	=	39,0 mm
Sw	25 mm/dm		3,5 dm		87,5 mm
Go-Sd	23 mm/dm		2,5 dm		57,5 mm
II Go	10,8 mm/dm		3,5 dm		37,8 mm

Die effektive Durchwurzelungstiefe (W_e) beträgt 11 dm (s. Tabelle 29). Das entspricht in diesem Fall der unteren Tiefe (UTIEF) des untersten Horizontes. Deshalb gehen alle Horizonte (s. Tabelle 31) mit ihrer vollen Mächtigkeit in die Berechnung ein.

Ergebnis:

nFKWe = 221,8 mm = sehr hoch (Bewertungsstufe V)

Tabelle 32: Berechnungsbeispiel für nFKWe, Gley aus Fluvischluff

Horizonte	Utief (m)	MAE (m)	BOART	Nutzbare Feldkapazität [mm/dm] Poren Ø0,2-50µm; pF 4,2-1,8	HUMUS-Stufen	Zuschläge zur nFK zur Berücksichtigung des Humusgehalt [mm/dm]	Abschläge [%] von der nFK aufgrund erhöhten Grobbodenanteils
aAh	0.15	0,15	Uls,G1	30	6(15-30%)	-	
aM	0.30	0,15	Uls, G1	22	5	7	
II aGo	0.45	0,15	Su3, Gr2-3,G2-3	21	-	-	20
III aGr	0.65	0,2	Su2, Gr3-4, G3-4	18	-	-	40
IV Gr	>1.00	0,35	Sl4, Gr4, X4	18	-	-	60

Berechnung:

	nFK(Bodenart) (s. Tab. 21, 26)		Humuszuschlag (s. Tab. 27)		Grobbodenabschlag (s. Tab. 28)		nFK Ergebnis
aAh	30 mm/dm	+	- (Anmoor)	-	-	=	30 mm/dm
aM	22 mm/dm		7 mm/dm		-		29 mm/dm
IIa Go	21 mm/dm		-		20%		16,8 mm/dm
III aGr	18 mm/dm		-		40%		10,2 mm/dm
IV Gr	18 mm/dm		-		60%		7,2 mm/dm

Das nFK-Ergebnis ist mit der jeweiligen Horizontmächtigkeit (MAE) zu multiplizieren.

	nFK Ergebnis		Mächtigkeit (MAE)		Ergebnis nFK (HORIZ)
aAh	30 mm/dm	*	1,5 dm	=	45 mm
aM	29 mm/dm		1,5 dm		44,4 mm
II aGo	16,8 mm/dm		1,5 dm		25,2 mm
III aGr	10,2 mm/dm		2 dm		20,4 mm
IV Gr	7,2 mm/dm		3,5 dm		25,2 mm

Die effektive Durchwurzelungstiefe (We) beträgt 3,5 dm (s. Tabelle 29), weil We 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr-Horizontes endet. Deshalb geht der Horizont II aGo (s. Tabelle 32) nur mit einer Mächtigkeit von 0,5 dm in die Berechnung ein. Die Horizonte III aGr und IV Gr müssen für die nFKWe-Berechnung nicht berücksichtigt werden.

Ergebnis

nFKWe = 97,8 mm = mittel (Bewertungsstufe III, s.u.)

Achtung: hier Festlegung auf Bewertungsstufe II = gering

Da sich um einen grundwassernahen Boden (OTIEF des Gr-Horizontes zwischen 4 und 10 dm) handelt, wird die natürliche Bodenfruchtbarkeit mit der Bewertungsstufe II bewertet (s. Seite 19).

Anmerkung

Für grundwassernahe Standorte mit stark überwiegendem Anteil des Kapillarwassers sollte die Bewertung der Bodenteilfunktionen unter Berücksichtigung einer geeigneten Nutzung erfolgen (z.B. Grünland).

Tabelle 34: Mittlere kapillare Aufstiegsrate aus dem Grundwasser bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in Abhängigkeit von der Torfart (Zersetzungsstufe) und dem Substanzvolumen (Quelle: AG BODEN, 2005, verändert)

Torfart (Zersetzungsstufe) Kurzzeichen	Substanzvolumen in Stufen	kapillare Aufstiegsrate in mm/d											
		Abstand zwischen der Grundwasseroberfläche und der Untergrenze des effektiven Wurzelraumes in dm											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	17
Hh (z1+z2)	1 bis 2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	2,0	1	0,5	0,2	0,1
Hh (z1+z2)	3	5,0	5,0	5,0	4,5	2,5	1,5	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	-
Hh (z1+z2)	4 bis 5	4,0	2,0	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-
Hh (z3)	3	5,0	3,0	2,0	1,3	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	-	-
Hh (z3)	5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-
Hu (z1+z2)	1 bis 2	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	2,0	1	0,5	0,2	0,1
Hu (z1+z2)	3	5,0	5,0	5,0	4,5	2,5	1,5	1,0	0,5	0,3	0,1	0,1	-
Hu (z1+z2)	4 bis 5	4,0	2,0	1,0	0,7	0,5	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-
Hu (z3)	3	5,0	3,0	2,0	1,3	0,8	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	-	-
Hu (z3)	5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-	-
Hu (z4+z5)	3	5,0	3,0	2,0	1,2	0,7	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-
Hn (z1+z2)	4	5,0	5,0	5,0	2,5	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-
Hn (z3)	3	5,0	5,0	3,0	1,5	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	-	-	-
Hn (z3)	4	5,0	3,0	1,5	1,0	0,7	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-
Hn (z3)	5	3,5	2,0	1,0	0,5	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-
Hn (z4+z5)	4 bis 5	4,0	2,2	1,1	0,6	0,3	0,2	0,1	0,1	-	-	-	-

ANHANG 6

Ableitung der Gesamtfilterwirkung des Bodens für mobile chemische Stoffgruppen auf Grundlage von Daten der bodenkundlichen Landesaufnahme (BK 50, Neukartierung)

1. Ermittlung der Potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot} -Bodenart) aus der Bodenart nach Tabelle 35.

Tabelle 35: Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) in Abhängigkeit von der Bodenart (AG BODEN, 2005)

Bodenart bzw. Grobboden	KAK_{pot} -Bodenart [cmol _c /kg]
Festgesteinszersatz	1
G, Ss, Su2	2
Su3, Su4, Sl2	4
Us	5
Sl3, St2, Uu	6
Uls, Slu, Sl4, Ut2	9
St3, Ut3	11
Ls3, Ls4	12
Ls2	13
Ut4	14
Lu, Ts4	15
Lt2, Tu4	17
Lts	19
Ts3	20
Tu3	21
Lt3	22
Ts2, Tu2	28
Tl	29
Tt	38

2. Ermittlung der *Potenziellen Kationenaustauschkapazität aus dem Humusgehalt* (KAK_{pot} -Humus) nach Tabelle 36.

Tabelle 36: Potenzielle Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot}) in Abhängigkeit vom Humusgehalt (AG BODEN, 2005, verändert)

Humus [Stufen]	KAK_{pot} -Humus [cmol _c /kg]
h1	1
h2	3
h3	7
h4	15
h5	25
h6, h7	60

3. Ermittlung der (Gesamt-) potenziellen Kationenaustauschkapazität ($KAK_{pot-gesamt}$) durch Verknüpfung aus den Ergebnissen aus Tabelle 35 und 36.

Die potenzielle Kationenaustauschkapazität eines Mineralbodens ergibt sich aus der Summe der KAK_{pot} der Bodenart und der KAK_{pot} des Humusanteils. Die Berechnungen sind für jeden Horizont bzw. jede Schicht durchzuführen bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes (We).

Der $KAK_{pot-gesamt}$ -Wert eines Horizontes geht entsprechend der jeweiligen Horizontmächtigkeit in den $KAK_{pot-gesamt}$ -Wert des Bodenprofils ein.

- Die heran zu ziehende Profiltiefe endet spätestens 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes.
- Bei stark grobbodenhaltigen Böden wird die „Potenzielle Kationenaustauschkapazität“ mit der Stufe II bewertet.

Tabelle 37: Abschläge [%] von der „Potenziellen Kationenaustauschkapazität“ aufgrund erhöhten Grobbodenanteils

Grobbodenanteil [Vol. %]	Abschlag [%]
G1, Gr1, O1, X1 ≤ 1	–
G2, Gr2, O2, X2 > 1 – 10	10
G3, Gr3, O3, X3 > 10 – 25	20
G4, Gr4, O4, X4 > 25 – 50	40
G5, Gr5, O5, X5 > 50 – 75	60
G6, Gr6, O6, X6 > 75 – 100	90

Anmerkung

Die Feinskelett- (G, Gr) und Grobskelettanteile (O, X) sind für die Abschlagsberechnung zu addieren. Beispiel: Gr, 2; X, 2 bedeutet 2 - < 10% Gr + 2 - < 10% X. Daraus ergibt sich ein Abschlag von $2 * 5\% = 10\%$. Achtung: Der maximale Abschlag aus der Addition von Feinskelett und Grobskelett beträgt 90%!

Verknüpfungsregel: $KAK_{pot-Bodenart} + KAK_{pot-Humus} = KAK_{pot-gesamt}$

Berechnung (We = 11 dm)

Horizont 1; 3 dm: KAKpot-ges = 12 cmol_e/kg

Horizont 2; 1 dm: KAKpot-ges = 9 cmol_e/kg

Horizont 3; 2 dm: KAKpot-ges = 9 cmol_e/kg

Horizont 4; 5 dm: KAKpot-ges = 15 cmol_e/kg

$$\text{KAKpot-gesamt} = \frac{(12*3) + (9*1) + (9*2) + (15*5)}{11 (\text{We})} = 12,5 = \text{hoch}$$

Im Anschluss an die Berechnung werden die KAK-Stufen aus Tabelle 38 abgelesen.

Tabelle 38: Einstufung der „Potenziellen Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot})“

KAKpot-gesamt [cmol _e /kg Boden]	Bezeichnung	KAK Stufe
< 4	Sehr gering	KAK I
4 - <8	gering	KAK II
8 - <12	mittel	KAK III
12 - <20	hoch	KAK IV
≥ 20	sehr hoch	KAK V

4. Ableitung der Luftkapazität (LK) in Vol-%

Tabelle 39: Luftkapazität bei Rohdichte, trocken, Stufe 3 (Quelle: AG BODEN, 2005)

Bodenart	Luftkapazität LK in Vol.-%, (Poren > 50 µm) bei Rohdichte, trocken, Stufe 3
Ss	32
Sl2	18
Sl3	15
Sl4	12
Slu	10
St2	20
St3	14
Su2	21
Su3	14
Su4	11
Ls2	9
Ls3	9
Ls4	11
Lt2	7
Lt3	5
Lts	6
Lu	7
Uu	7
Uls	8
Us	9
Ut2	6
Ut3	6
Ut4	7
Tt	3
TI	4
Tu2	4
Tu3	6
Tu4	6
Ts2	4
Ts3	6
Ts4	10
Fm	10
Sande	
gS, gSms, gSfs	33
mS, mSgs, mSfs	32
fS, fSms, fSgs	31

Tabelle 40: Zuschläge und Abschläge zur Luftkapazität zur Berücksichtigung des Humusgehaltes

Bodenart	h2	h3	h4	h5
Ss	0	-1	-2	-3
Sl2	0	1	2	3
Sl3	1	2	3	4
Sl4	2	2	3	4
Slu	2	3	4	6
St2	0	0	1	1
St3	1	2	3	4
Su2	0	0	-1	-2
Su3	1	1	2	2
Su4	2	3	4	6
Ls2	2	3	4	5
Ls3	1	2	3	4
Ls4	1	2	3	3
Lt2	2	3	5	6
Lt3	1	2	4	7
Lts	1	2	5	6
Lu	2	3	6	7
Uu	2	3	5	9
Uls	2	3	4	8
Us	2	3	5	8
Ut2	2	4	6	8
Ut3	2	4	6	8
Ut4	2	4	6	7
Tt	1	2	4	8
Tl	1	2	3	7
Tu2	1	2	3	7
Tu3	2	2	3	6
Tu4	1	2	3	6
Ts2	1	2	4	7
Ts3	2	3	3	5
Ts4	2	3	4	5

Tabelle 41: Abschläge [%] von der „Luftkapazität (LK)“ aufgrund erhöhten Grobbodenanteils

Grobbodenanteil [Vol.-%]	Abschlag [%]
G1, Gr1, O1, X1 ≤ 1	–
G2, Gr2, O2, X2 > 1 – 10	10
G3, Gr3, O3, X3 > 10 – 25	20
G4, Gr4, O4, X4 > 25 – 50	40
G5, Gr5, O5, X5 > 50 – 75	60
G6, Gr6, O6, X6 > 75 – 100	90

Anmerkung: Die Feinskelett- (G, Gr) und Grobskelettanteile (O, X) sind für die Abschlagsberechnung zu addieren. Beispiel: Gr, 2; X, 2 bedeutet 2 - < 10% Gr + 2 - < 10% X. Daraus ergibt sich ein Abschlag von 2 * 5% = 10%. Achtung: Der maximale Abschlag aus der Addition von Feinskelett und Grobskelett beträgt 90%!

Tabelle 42: Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von der Grobbodenart

Bodenart des Grobbodens		Luftkapazität Poren > 50 µm; pF < 1,8
Hauptgruppe		
Kies G	Reiner Grobboden	40
Grus Gr		40
Geröll O		40
Steine X		40

Tabelle 43: Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Substanzvolumen (SV), Torfartengruppe und Zersetzungsstufe, Mude bzw. Horizont

bodenkundliche Torfartengruppe, Mude bzw. Horizont		Luftkapazität Poren Ø > 50 µm; pF < 1,8					
		SV 1-2		SV 3		SV 4-5	
Hochmoortorf Hh	Hh (z1+z2)	30	30	25	20	20	15
	Hh (z3)	25		20		15	
	Hh (z4+z5)	10		10		5	
Übergangsmoortorf	Hu (alle Torfarten)	25		20		15	
Niedermoortorf Hn	nHv	25	10	20	15	15	20
	nHm	10		10		5	
	nHa	-		-		20	
	nHt	-		14		10	
	nHr, nHw			12		8	
alle Mudden (mineralische Beimengungen werden nicht berücksichtigt)		10		10		10	

Tabelle 44: Luftkapazität (LK) [mm/dm bzw. Vol.-%] in Abhängigkeit von Bodenart und Lagerungsdichte bei Humusgehalten zwischen 15 und 30% nach AG Boden, 2005

Bodenart des Feinbodens			Luftkapazität Poren $\varnothing > 50 \mu\text{m}$; pF < 1,8
Hauptgruppe			bei Ld 3 (mittlere Lagerungsdichtenstufe)
Sand	s	extrem humose Profile (15-30% organische Substanz)	11
Schluff	u		
Lehm	l		6
Ton	t		

Die Berechnung erfolgt horizont- bzw. schichtweise bis zur Untergrenze des effektiven Wurzelraumes unter Beachtung der folgenden Hinweise:

- Die heran zu ziehende Profiltiefe endet spätestens 1 dm oberhalb der Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes.
- Bei **Stagnogleyen** endet LK spätestens an der Obergrenze des Sd-Horizontes.
- Bei **Auenböden** endet LK spätestens an Obergrenze des Gr- bzw. Hr-Horizontes.
- Bei **Grobböden** (Bodenarten G, Gr, O, X) wird die Profiltiefe pauschal mit
 - O, X: 5 dm
 - Gr, G: 7 dm angenommen.

Die Berechnung der LK für das gesamte Bodenprofil erfolgt analog der KAKpot-Berechnung. Anschließend wird in Tabelle 45 die LK-Stufe abgelesen.

Tabelle 45: Einstufung der Luftkapazität (LK) nach AG Boden, 2005

Grobporenanteil in Vol.-% (Poren > 50 μm)	Bezeichnung	LK Stufe
< 2	sehr gering	LK I
2 – < 5	gering	LK II
5 – < 13	mittel	LK III
13 – < 26	hoch	LK IV
≥ 26	sehr hoch	LK V

ANHANG 7

Ermittlung der natürlichen Erosionsgefährdung durch Wasser

(vgl. DIN 19708)

K-Faktor: Für die Ermittlung des *K*-Faktors wird der oberste Mineralbodenhorizont bzw. die oberste Mineralbodenschicht herangezogen.

1. Ermittlung des bodenartabhängigen Anteils am *K*-Faktor aus Tabelle 46.

Tabelle 46: Bodenartbedingter Anteil *K_b* am *K*-Faktor

Bodenart	<i>K_b</i>	Bodenart	<i>K_b</i>	Bodenart	<i>K_b</i>	Bodenart	<i>K_b</i>
Ss	0,13	Uu	0,71	Lt2	0,26	Tu2	0,14
Su2	0,23	Us	0,63	Lt3	0,21	Tu3	0,32
Su3	0,35	Uls	0,50	Tu3	0,32	ffS	0,74
Su4	0,45	Ut2	0,61	Lts	0,15	fS	0,34
Slu	0,40	Ut3	0,56	Ts2	0,04	fSms	0,25
Sl2	0,21	Ut4	0,53	Ts3	0,06	fSgs	0,25
Sl3	0,26	Ls2	0,35	Ts4	0,08	mS	0,07
Sl4	0,24	Ls3	0,28	Tl	0,09	mSfs	0,16
St2	0,11	Ls4	0,19	Tt	0,02	mSgs	0,07
St3	0,10	Lu	0,41	Tu4	0,45	gS	0,07

(*K_b* für *H_n*, *H_h*, *H_u* = 0,1)

2. Ermittlung des humusgehaltsbedingter Anteil *K_h* am *K*-Faktor aus Tabelle 47

Tabelle 47: Humusgehaltsbedingter Anteil *K_h* am *K*-Faktor

Humusgehalt Massenanteil	Humusstufe Kurzzeichen	<i>K_h</i>
< 1	h1	1,15
1 bis < 2	h2	1,05
2 bis < 4	h3	0,90
4 bis < 15	h4 - h5	0,80
>= 15	h6 - h7	0,70

Anmerkung

K_h ist nicht definiert für Humusgehalte von > 15% (h6 und h7)

3. Ermittlung des grobbodenbedeckungsabhängigen Anteils K_s am K -Faktor**Tabelle 48:** Grobbodenbedeckungsabhängiger Anteil K_s am K -Faktor

Grobbodenanteil des Oberbodens		K_s
Volumenanteil, Flächenanteil Bedeckung in %	Kurzzeichen	
< 2	X1, G1, Gr1, O1	1,00
2 bis < 10	X2, G2,, Gr2, O2	0,87
10 bis < 25	X3, G3, Gr3, O3	0,64
25 bis < 50	X4, G4, Gr4, O4	0,39
50 bis < 75	X5, G5, Gr5, O5	0,19
≥75	X, G, Gr, O	0,10

Anmerkung

Grobbodenanteil des Oberbodens und Flächenanteil der Bedeckung müssen nicht übereinstimmen. Für den K -Faktor ist strenggenommen der Flächenanteil der Grobbodenbedeckung relevant.

4. Berechnung des K -Faktors

Die Berechnung des K -Faktors erfolgt aus der Gleichung

$$K = K_b * K_h * K_s$$

Beispiel 1:

Der Oberboden einer zu bewertenden Fläche besteht aus schluffigem Lehm (Lu), schwach steinig, schwach humos (Lu, X2, h2).

Bodenart		K_b nach Tab. 46	K_h nach Tab. 47	K_s nach Tab. 48	K -Faktor
Kurzzeichen	Flächenanteil in %				
Lu, X2, h2	100	0,41	1,05	0,87	0,37

Beispiel 2:

Der Oberboden einer zu bewertenden Fläche besteht zu 30% Flächenanteil aus schluffigem Lehm (Lu), schwach steinig, schwach humos (Lu, X2, h2) und zu 70% Flächenanteil aus mittel toniger Schluff, schwach steinig, schwach humos (Ut3, X2, h2).

Bodenart		K_b nach Tab. 46	K_h nach Tab. 47	K_s nach Tab. 48	K -Faktor
Kurzzeichen	Flächenanteil in %				
Lu, X2, h2	30	0,41	1,05	0,87	0,11
Ut3, X2, h2	70	0,56	1,05	0,87	0,36
Ergebnis					0,47

S-Faktor: Der S-Faktor beschreibt den Zusammenhang zwischen steigendem Bodenabtrag bei zunehmender Hangneigung.

5. Der S-Faktor wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$S = -1,5 + \{17 / (1 + e^{2,3-6,1 \sin \alpha})\}$$

S = Hangneigungsfaktor

α = Hangneigung, in Grad (berechnet z.B. aus digitalem Höhenmodell ATKIS DGM 25)

Neigung in %	S-Faktor	Neigung in %	S-Faktor	Neigung in %	S-Faktor
1	0,14	11	1,28	21	2,92
2	0,23	12	1,42	22	3,11
3	0,33	13	1,57	23	3,30
4	0,43	14	1,72	24	3,50
5	0,54	15	1,88	25	3,70
6	0,65	16	2,04	26	3,90
7	0,76	17	2,21	27	4,10
8	0,88	18	2,38	28	4,31
9	1,01	19	2,55	29	4,52
10	1,14	20	2,73	30	4,73

Anmerkung

Hänge sind häufig nicht gleichmäßig geneigt. Die Hangneigung kann von oben nach unten zunehmen (konvex) oder abnehmen (konkav). Eine mittlere Hangneigung unterschätzt den Bodenabtrag konvexer Hänge und überschätzt den Bodenabtrag konkaver Hänge.

R-Faktor: R-Faktoren beschreiben den Zusammenhang zwischen der Höhe des Bodenabtrags und der kinetischen Energie des Niederschlags (z.B. Starkregenereignisse). Durch die Energie und die Menge des Niederschlags wird die Bodenerosion durch Wasser ausgelöst. Vom unbedeckten Bodengefüge können durch die Aufprallenergie der Regentropfen Bodenteilchen so abgelöst werden, dass das Bodengefüge zerstört wird. Das oberflächlich abfließende Wasser transportiert das lose Bodenmaterial hangabwärts, wodurch weiteres Bodenmaterial mobilisiert und abgetragen wird. Eine genaue Berechnung des R-Faktors ist nur auf der Grundlage von langjährigen hochauflösenden Regenschreibern möglich. In Sachsen konnten zu den DWD-Aufzeichnungen ab den 60er Jahren die folgenden R-Faktoren (siehe Tabelle 49) berechnet werden.

6. Ableitung der Erosivität von Starkregen – R-Faktor

Tabelle 49: R-Faktoren berechnet auf Grundlage hochauflösender Regenschreiber (Zeitreihe 1993-2012)

DWD STATION	R-Faktor	DWD STATION	R-Faktor
Carlsfeld	140	Lichtenhain-Mittelndorf	113
Chemnitz	104	Marienberg	105
Dresden-Klotzsche	76	Boxberg	79
Fichtelberg	113	Oschatz	62
Gera-Leumnitz	74	Plauen	77
Görlitz	76	Schönwölkau-Brinnis	59
Leipzig-Schkeuditz	81	Zinnwald-Georgenfeld	146

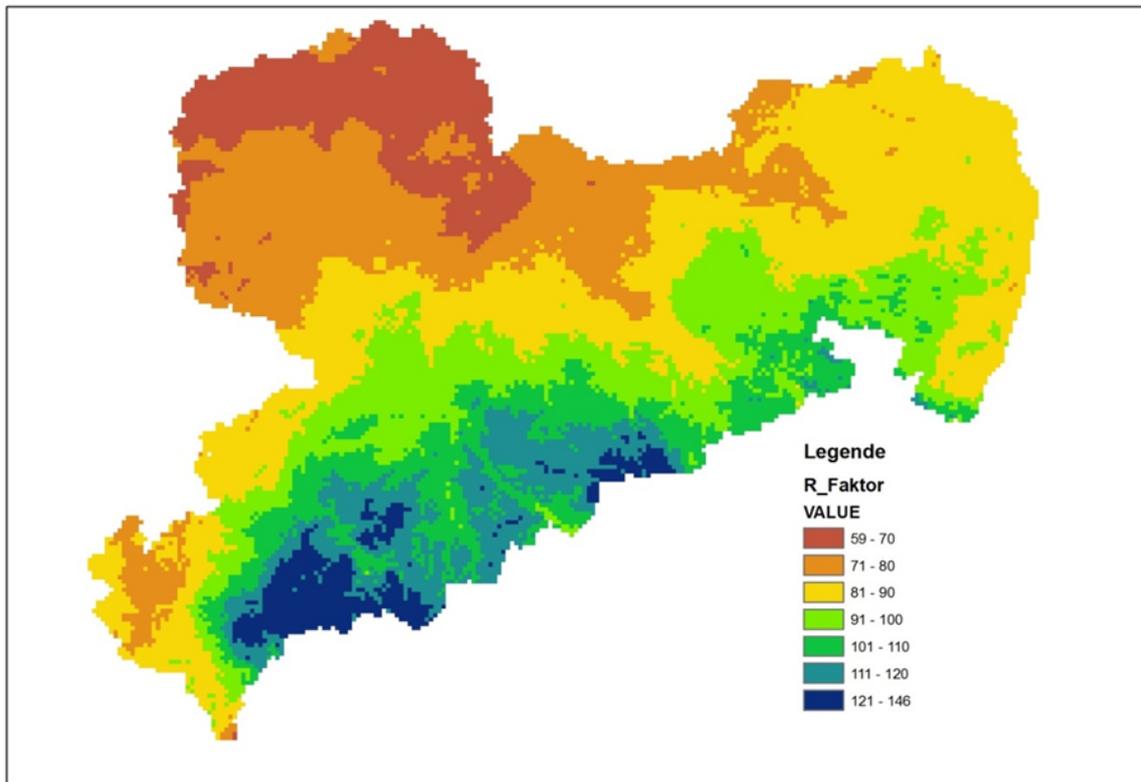
Behelfsweise kann der R-Faktor aufgrund der Korrelation zum langjährigen mittleren Sommerniederschlag auch aus der folgenden Regressionsgleichung ermittelt werden.

$$\text{R-Faktor (Jahr)} = 0,285 * \text{Niederschlagssumme}_{05-09} - 21$$

Anmerkung

Regressionsgleichung R-Faktor Sachsen, gültig für langjährige mittlere Niederschlagssummen von Mai bis September von 250-600 mm; mit einem Bestimmtheitsmaß von 85% ($r=0,92$).

In Abbildung 4 sind die berechneten Werte der Regionalisierung des R-Faktors flächenhaft dargestellt.

**Abb. 4:** Flächenhafte Verteilung des R-Faktors auf Grundlage hochaufgelöster Regenschreiber

7. Berechnung der natürlichen Erosionsgefährdung

Die natürliche Erosionsgefährdung (E_{nat}) berechnet sich aus den Faktoren $K * S * R$.

$$E_{\text{nat}} = K * S * R$$

E = Erosionsgefährdung durch Wasser (mittlerer Bodenabtrag in t/ha*a)

K = K-Faktor

S = S-Faktor

R = R-Faktor

8. Einstufung der Erosionsgefährdung durch Wasser

Die Einstufung der natürlichen Erosionsgefährdung erfolgt nach Tabelle 50

Tabelle 50: Einstufung der natürlichen Erosionsgefährdung durch Wasser (nach DIN 19708)

Stufen der natürlichen Erosionsgefährdung		Bodenabtrag in t/(ha*a)
Kurzzeichen	Benennung	
E1	keine - sehr geringe Erosionsgefährdung	< 2,5
E2	geringe Erosionsgefährdung	2,5 bis < 5,0
E3	mittlere Erosionsgefährdung	5,0 bis < 7,5
E4	hohe Erosionsgefährdung	7,5 bis < 15,0
E5	sehr hohe Erosionsgefährdung	≥ 15,0

Anmerkung

Für eine Bewertung der tatsächlichen Erosionsgefährdung (DIN 19708) sind zusätzlich die erosive Hanglänge (L-Faktor) sowie aus der Fruchtfolge und der ackerbaulichen Bodenbearbeitung der C-Faktor abzuleiten.

Weitere Informationen:

- Zur „Gefahrenabwehr bei Bodenerosion“ siehe Arbeitshilfe §8 BBodSchV.
www.boden.sachsen.de/erosion
- Zu verfügbaren Erosionsgefährdungskarten:
<http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/boden/33144.htm>