## Detailstufe I

### Datenquellen

nach „SEPP-Schema“ in eigener Feldarbeit aufgenommene Daten

Profil- und horizontbezogene Daten der Bodenkarte

Punktdaten aus der Forstlichen Standortskartierung, Bodenzustandsinventur, sonstige (BORIS)

*Grablochbeschriebe der Bodenschätzung (selbständige Umschlüsselung erforderlich!)*

*zusätzlich: Eingabe von Feldaten und Labordaten für folgende Parameter ermöglichen: Lagerungsdichte, Humusgehalt, Skelettgehalt, Bodenart (bzw. Korngrößenverteilung), pH-Wert*

### Anmerkungen allgemein zur Implementierung in SEPP:

-bei boolean (Ja oder Nein) Abfragen wird immer true genommen wenn in der spalte nicht extra f oder false steht

- Bei Projektbeschreibung; wenn Vegetationsperiodentemperatur unbekannt ist, muss man hier -9999 angeben sonst wird der Wert 0 verwendet.

Bewertungsrelevante Parameter

### Px01 - Humusgehalt (Klassenmittelwert)

***Eingangsparameter:***

*Humusgehalt (P168 oder B104)*

Der Humusgehalt eines Horizonts geht in sehr viele Funktionsbewertungen ein, wird aber nicht immer im Labor genau ermittelt, sondern liegt meist nur als Wertbereich (Klasse) vor. Falls der exakte Humusgehalt bekannt ist, gilt: **Px01 = B104**, ansonsten wird der Mittelwert der in P168 angegebenen Klasse verwendet:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Code P168 | Humusgehalt | Wertbereich B104 | Px01 = |
| 0 | humusfrei | 0 % | **0** |
| 10 | sehr schwach humos | <1 % | **0,5** |
| 20 | schwach humos | 1 - <2 % | **1,5** |
| 30 | mittel humos | 2 - <4 % | **3** |
| 40 | stark humos | 4 - <8 % | **6** |
| 50 | sehr stark humos | 8 - <15 % | **11,5** |
| 60 | anmoorig, äußerst humos | 15 - <30 % | **22,5** |
| 70 | Torf | >30 % | **50** |

Falls Angaben aus der Bodenkarte (Einteilung in nur 3 Klassen!) übernommen werden, so sind folgende Werte für **Px01** zu verwenden (siehe Kuderna et al. 2000 und Codierung P115):

schwach humos (<1,5%) = Code 20 = **1,5**

mittelhumos (1,5 bis 4%) = Code 30 = **3**

stark humos (>4%) = Code 40 = **6**

Falls in der Bodenkarte bei Bodenart „Torf“ (in verschiedenen Varianten) angegeben ist: **Px01 = 50**

### Px02 -Skelettgehalt (Klassenmittelwert)

***Eingangsparameter:***

*Skelettgehalt (P116 oder P117)*

Ähnliches gilt für den Skelettgehalt, nur erfolgt hier die Speicherung eines genauen Wertes nicht unter den Messwertparametern (B) sondern im Textfeld P117. Falls der Skelettgehalt genau ermittelt und in Feld P117 gespeichert ist, gilt **Px02 =** (Zahlenwert aus) **P117**, ansonsten wird der Skelettgehalt in Feld P116 (als Klasse) mit folgenden Zahlenwerten angesetzt:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Code P116 | Skelettgehalt | Wertbereich P117 | Px02 = |
| 0 | kein | 0 % | **0** |
| 199 | gering | >0 bis 10 % | **5** |
| 299 | mäßig | >10 bis 20 % | **15** |
| 399 | hoch | >20 bis 40 % | **30** |
| 499 | sehr hoch | >40 bis 80 % | **60** |
| 599 | vorwiegend | >80 % | **90** |

### Px03 und Px03a - Lagerungsdichte

***Eingangsparameter:***

*Lagerungsdichte (P162 oder B210)*

*oder:*

*Primär-Bodenstruktur (P128),*

*Deutlichkeit der Aggregatbildung (P129)*

*Größe der Aggregate (P130)*

Falls Feld **B210** besetzt ist, wird diese Angabe für den in Px03a gespeicherten Zahlenwert direkt übernommen (**Px03a = B210**) und in Px03 in die benötigten Klassen (Ld1-5) zur Ermittlung von nFK, LK, kf-Wert usw. umgesetzt (Eisenhut 1990, Kuderna et al. 2000). Sollte die Bestimmung der Lagerungsdichte nicht im Labor sondern nur näherungsweise im Feld erfolgt sein, so werden Px03 und Px03a anhand folgenden Schlüssels gesetzt:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P162 | Dichtekategorie | Wertbereich B210 | Px03a [g/cm³] = | Px03= |
| 10 | lose / sehr locker | <1,2 g/cm³ | **1,0** | **Ld1** |
| 20 | locker | 1,2 bis <1,4 g/cm³ | **1,3** | **Ld2** |
| 30, 40 | normal / mittel / schwach dicht | 1,4 bis <1,7 g/cm³ | **1,55** | **Ld3** |
| 50 | dicht | 1,7 bis 1,9 g/cm³ | **1,8** | **Ld4** |
| 60 | sehr dicht | >1,9 g/cm³ | **2,0** | **Ld5** |

Falls P162 und B210 nicht besetzt sind, was z.B. bei der Bearbeitung von Profilbeschrieben der Bodenkarte der Fall ist, kann die Lagerungsdichte gemäß Kuderna et al. (2000: 8f.) näherungsweise aus der Struktur abgeleitet werden (Felder P128, P129, P130).

**Diese Variante ist nicht im digitalen Bewertungssystem umgesetzt und muss daher manuell durchgeführt werden!**

### 

### 

### Px04 - Feinbodenmenge

***Eingangsparameter:***

*Horizontmächtigkeit*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Lagerungsdichte (Px03a)*

Berechnung der Gesamtmenge an Feinboden für jeden Horizont:

**Px04 [kg/m²] = Lagerungsdichte [g/cm³] *(Px03a)* \* Mächtigkeit [cm] \* 10 \* (100 - SK% *(Px02))* / 100**

**FBges [kg/m3] (Sx01) = Summe der Px04 für das gesamte Profil**

### Px05 - Tonmenge

***Eingangsparameter:***

*Tongehalt (B200 oder Ableitung aus B209 oder P140)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

Falls der Tongehalt im Labor genau ermittelt wurde, ist dieser Wert heran zu ziehen (**B200**), ansonsten kann der Tongehalt näherungsweise nach folgender Tabelle aus der Bodenart (per Messung im Labor: B209, per Fingerprobe im Gelände: P140) abgeleitet werden:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Kürzel | Ton%= |
| 101 | Sand | S | **2,5** |
| 121 | schluffiger Sand | uS | **2,5** |
| 212 | sandiger Schluff | sU | **7,5** |
| 202 | Schluff | U | **10** |
| 231 | lehmiger Sand | lS | **10** |
| 332 | lehmiger Schluff | lU | **20** |
| 341 | toniger Sand | tS | **20** |
| 313 | sandiger Lehm | sL | **20** |
| 423 | schluffiger Lehm | uL | **30** |
| 403 | Lehm | L | **30** |
| 414 | sandiger Ton | sT | **30** |
| 534 | lehmiger Ton | lT | **45** |
| 504 | Ton | T | **70** |

Quelle: eigene Zuordnung aus Mittelwerten der (analysierten) Korngrößenverteilung aus der Bodenkarte Kufstein (KB 211 und 198) und Körnungsdiagramm Österreich (Geologischer Dienst NRW, http://www.gd.nrw.de/l\_bartaut.htm, 16.7.2009)

Sollten, wie z.B. bei der Bodenkarte möglich, für einen Horizont 2 Bodenarten angegeben sein, wird der Mittelwert berechnet: z.B. lS/SL=15, sU/lU=5 usw.

Berechnung der Gesamtmenge an Ton (=Korngröße <2 µm) für jeden Horizont:

**Px05 [kg/m²] = FB [kg/m²] *(Px04)* \* Tongehalt / 100 [%] (*B200 oder Ton% lt. Tabelle*)**

**TMges [kg/m3] (Sx02) = Summe der Px05 für das gesamte Profil**

### Px06 - Humusmenge

***Eingangsparameter:***

*Humusgehalt (Px01)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

Berechnung der Gesamtmenge an Humus für jeden Horizont:

**Px06 [kg/m²] = FB [kg/m²] *(Px04)* \* Humusgehalt [%] *(Px01) / 100***

**HMges [kg/m3] (Sx03) = Summe der Px06 für das gesamte Profil**

***Erläuterung: Übersicht über die nachfolgend ermittelten Kennwerte im Wasser- und Lufthaus­halt (KA5: 343)***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Kennwerte | Gesamtporenvolumen | | | | |
| Luftkapazität | Feldkapazität | | | |
| nutzbare FK | | | Totwasser |
| Saugspannung (hPa) | <60 | 60 bis <300 | 300 bis <15.000 | 15.000 | |
| pF-Wert | <1,8 | 1,8 bis <2,5 | 2,5 bis <4,2 | 4,2 | |
| Porenäquivalent (µm) | >50 | 50 bis >10 | 10 bis >0,2 | 0,2 | |
| Porenbezeichnung | weite Grobporen | enge Grobporen | Mittelporen | Feinporen | |
| Bodenwasser | Sickerwasser | | Haftwasser | | |
| schnell beweglich | langsam beweglich | pflanzen-verfügbar | nicht pflanzen-verfügbar | |

### Px07 - nutzbare Feldkapazität

***Eingangsparameter:***

*falls bekannt: Mittelporenanteil in % (B222)*

*Horizontmächtigkeit*

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Lagerungsdichte (Px03)*

Falls der relevante Porenanteil bekannt ist (Feld **B222** „Mittelporenanteil %“), so ist dieser Wert ohne weitere Modifikation zu verwenden und in die unten angegebene Formel zur Berechnung von **Px07** einzusetzen.

Ansonsten wird der Anteil von Poren, die Wasser pflanzenverfügbar im Böden halten können (in % bzw. weiterführend absolut in l/m²), nach folgender Tabelle ermittelt:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | nutzbare FK (Poren >0,2 bis 50µm) – nFK%= | | |
| Px03: Ld1+2 *(B210: <1,4 g/cm³)* | Ld3 *(1,4 bis 1,7 g/cm³)* | Ld4+5 *(>1,7 g/cm³)* |
| 101 | S | 16 | 14,5 | 12 |
| 121 | uS | 26 | 23 | 20 |
| 212 | sU | 26 | 23,5 | 21 |
| 202 | U | 26 | 24 | 22,5 |
| 231 | lS | 25 | 21 | 18 |
| 332 | lU | 22 | 19 | 17 |
| 341 | tS | 19 | 15 | 13 |
| 313 | sL | 22 | 17 | 14,5 |
| 423 | uL | 20,5 | 16 | 12,5 |
| 403 | L | 19 | 15,5 | 11,5 |
| 414 | sT | 18 | 15,5 | 11,5 |
| 534 | lT | 21 | 14,5 | 11 |
| 504 | T | 21,5 | 14,5 | 11 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 103ff., VKR 6.1.7), auf österreichische Systematik übertragen nach Kuderna et al. (2000: 9)

*Anm.: Die Angaben aus Müller (2004) werden verwendet, da die Werte für die Lagerungsdichte (Klassen Ld1+2, Ld3 und Ld4+5) ermittelt wurden, während in der KA5 (Ad-hoc-AG Boden 2005: 344) die Trockenrohdichte (Klassen φt1+2, φt3, φt4+5) herangezogen wird. Die durchaus mögliche Umrechnung ist mit weiteren Unsicherheiten behaftet, welche die geringfügigen Abweichungen der Bewertungsergebnisse übersteigen würde.*

*Ein Vergleich zeigt darüber hinaus eine bessere Differenzierung bei Verwendung der Angaben aus Müller (2004) – siehe Komplexe Parameter Ö.xls.*

Die nutzbare Feldkapazität der organischen Substanz (P168 oder B104) ist in Abhängigkeit von der Bodenart zu berücksichtigen, der entsprechende Wert aus folgender Tabelle ist zu **nFK%** zu addieren (Müller 2004: 107, Modifikation auf Basis der BK-Daten von Kufstein angelehnt an Kuderna et al. 2000: 9f.).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Modifikation nach Humusgehalt | | | | |
| P168: 10 *(B104: <1 %)* | 20 *(1-<2 %)* | 30 *(2-<4 %)* | 40 *(4-<8 %)* | 50 *(8-<15 %)* |
| 101, 121 | S, uS | 0 | 0,5 | 1 | 3 | 3,5 |
| 231, 341 | lS, tS | 0 | 0,5 | 1 | 3 | 4 |
| 202, 212 | sU, U | 0 | 0,5 | 1 | 3,5 | 4,5 |
| 313, 332,  403, 423 | lU, sL, uL, L | 0 | 0,5 | 1,5 | 4 | 7 |
| 414, 504,  534 | sT, lT, T | 0 | 1 | 2,5 | 5,5 | 10 |

Grau hinterlegt sind jene Klassen, die angesetzt werden sollen, wenn die Angaben aus der Bodenkarte übernommen werden, in der nur drei Klassen (schwach humos <1,5 %, mittelhumos 1,5-4 % und stark humos >4 % - siehe Kuderna et al. 2000: 10) angegeben sind.

Gemäß Müller (2004: 105) ist bei sehr humusreichen Böden und Anmooren die nutzbare Feldkapazität weitgehend unabhängig von der Bodenart. Für Horizonte mit einem Humusgehalt von >15 % werden daher fixe Werte für das relevante Porenvolumen angenommen:

Torfe (Code 70 in Feld P168 bzw. >30 % in Feld B104): **nFK% = 50 %**

äußerst humose / anmoorige Böden (Code 60 bzw. 15-30 % lt. B104): **nFK% = 37 %**

Berechnung der nutzbaren Feldkapazität in [l/m²] unter Berücksichtigung von Horizontmächtigkeit (Horizontuntergrenze minus Horizontobergrenze), Skelettgehalt (Px02) und relevantem Porenvolumen (nFK%, siehe Tabelle).

**Px07 [l/m²] = Mächtigkeit [cm] \* 10 \* (100 - SK% *(Px02)*) / 100 \* (nFK% / 100)**

**nFKges [l/m²] (Sx04) = Summe der nFK für das gesamte Profil**

**nFKWe [l/m²] (Sx04a) = Summe der nFK für den effektiven Wurzelraum**

Für die Bestimmung von Sx04a werden die nFK-Werte bis zur in Sx12 festgelegten Tiefe für alle Horizonte aufsummiert. Weicht die dort definierte Tiefe von einer Horizontgrenze ab, so wird die nFK des betreffenden Horizontes anteilsmäßig berücksichtigt.

*Beispiel:*

* *Horizontabfolge = A (0-20 cm) – Go (20-40 cm) – Gr (40-100 cm)*
* *lt. Regel in Sx12 beträgt die Durchwurzelungstiefe 30 cm (Obergrenze Gr minus 10 cm)*
* *für die Berechnung der nFKWe geht nun die nFK des A-Horizonts vollständig, die des Go-Horizonts zur Hälfte (Bereich von 20 bis 30 cm Tiefe), die des Gr-Horizonts überhaupt nicht ein*

### Px08 - Feldkapazität

***Eingangsparameter:***

*falls bekannt: Feinporenanteil in % (B223), Mittelporenanteil in % (B222)*

*Horizontmächtigkeit*

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Lagerungsdichte (Px03)*

Falls der relevante Porenanteil bekannt ist (**B223** „Feinporenanteil %“ + **B222** „Mittelporenanteil %“), so ist dieser Wert ohne weitere Modifikation zu verwenden und in die unten angegebene Formel zur Berechnung von **Px08** einzusetzen.

Ansonsten wird der Anteil von Poren, die Wasser pflanzenverfügbar oder als „Totwasser“ im Böden halten können (in % bzw. weiterführend absolut in l/m²), nach folgender Tabelle ermittelt:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | FK (50µm) – FK%= | | |
| Px03: Ld1+2 *(B210: <1,4 g/cm³)* | Ld3 *(1,4 bis 1,7 g/cm³)* | Ld4+5 *(>1,7 g/cm³)* |
| 101 | S | 23 | 20 | 17,5 |
| 121 | uS | 36 | 30 | 28 |
| 212 | sU | 39 | 33,5 | 31 |
| 202 | U | 39 | 35,5 | 33,5 |
| 231 | lS | 35,5 | 30,5 | 27,5 |
| 332 | lU | 41,5 | 36 | 33 |
| 341 | tS | 29 | 26,5 | 26 |
| 313 | sL | 41 | 34 | 30,5 |
| 423 | uL | 47 | 38,5 | 34 |
| 403 | L | 48,5 | 39,5 | 35 |
| 414 | sT | 42 | 36 | 31 |
| 534 | lT | 56,5 | 48 | 42 |
| 504 | T | 58 | 49 | 42,5 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 109ff., VKR 6.1.8), auf österreichische Systematik übertragen nach Kuderna et al. (2000: 9)

Die Feldkapazität der organischen Substanz (P168 oder B104) ist in Abhängigkeit von der Bodenart zu berücksichtigen, der entsprechende Wert aus folgender Tabelle ist zu **FK%** zu addieren (Müller 2004: 113, Modifikation auf Basis der BK-Daten von Kufstein angelehnt an Kuderna et al. 2000: 9f.).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Modifikation nach Humusgehalt | | | | |
| P168: 10 *(B104: <1 %)* | 20 *(1-<2 %)* | 30 *(2-<4 %)* | 40 *(4-<8 %)* | 50 *(8-<15 %)* |
| 101, 121 | S, uS | 0 | 1,5 | 3,5 | 7,5 | 10 |
| 231, 341 | lS, tS | 0 | 1,5 | 3,5 | 8 | 11,5 |
| 202, 212 | sU, U | 0 | 1,5 | 3,5 | 7,5 | 10 |
| 313, 332,  403, 423 | lU, sL, uL, L | 0 | 2,5 | 4 | 10 | 13,5 |
| 414, 504,  534 | sT, lT, T | 0 | 3 | 6 | 11,5 | 17 |

Grau hinterlegt sind jene Klassen, die angesetzt werden sollen, wenn die Angaben aus der Bodenkarte übernommen werden, in der nur drei Klassen (schwach humos <1,5 %, mittelhumos 1,5-4 % und stark humos >4 % – siehe Kuderna et al. 2000: 10) angegeben sind.

Gemäß Müller (2004: 111) ist bei sehr humusreichen Böden und Anmooren die Feldkapazität weitgehend unabhängig von der Bodenart. Für Horizonte mit einem Humusgehalt von >15% werden daher fixe Werte für das relevante Porenvolumen angenommen:

Torfe (Code 70 in Feld P168 bzw. >30 % in Feld B104): **FK% = 76 %**

äußerst humose / anmoorige Böden (Code 60 bzw. 15-30% lt. B104):   
 **FK% = 56 %** (für Bodenarten S, lS, tS – P140: 101, 231, 341)  
 **FK% = 67 %** (für alle anderen Bodenarten)

Berechnung der nutzbaren Feldkapazität in [l/m²] unter Berücksichtigung von Horizontmächtigkeit (Horizontuntergrenze minus Horizontobergrenze), Skelettgehalt (Px02) und relevantem Porenvolumen (FK%, siehe Tabelle).

**Px08 [l/m²] = Mächtigkeit [cm] \* 10 \* (100 - SK% *(Px02)*) / 100 \* (FK% / 100)**

**FKges [l/m²] (Sx05) = Summe der FK für das gesamte Profil**

**FKWe [l/m²] (Sx05a) = Summe der FK für den effektiven Wurzelraum**

Für die Bestimmung von Sx05a werden die FK-Werte bis zur in Sx12 festgelegten Tiefe für alle Horizonte aufsummiert. Weicht die dort definierte Tiefe von einer Horizontgrenze ab, so wird die FK des betreffenden Horizontes anteilsmäßig berücksichtigt (siehe Sx04a - nFKWe)

### Px09 - Luftkapazität

***Eingangsparameter:***

*falls bekannt: Grobporenanteil in % (B221)*

*Horizontmächtigkeit*

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Lagerungsdichte (Px03)*

Falls der relevante Porenanteil bekannt ist (**B221** „Grobporenanteil %“), so ist dieser Wert ohne weitere Modifikation zu verwenden und in die unten angegebene Formel zur Berechnung von **Px09** einzusetzen.

Ansonsten wird der Anteil von Poren, die nur kurzzeitig mit Wasser gefüllt sind (z.B. nach Starknieder­schlägen) und rasch wieder entwässern, nach folgender Tabelle ermittelt:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | LK (>50µm) – LK%= | | |
| Px03: Ld1+2 *(B210: <1,4 g/cm³)* | Ld3 *(1,4 bis 1,7 g/cm³)* | Ld4+5 *(>1,7 g/cm³)* |
| 101 | S | 19 | 16 | 13 |
| 121 | uS | 9,5 | 7 | 4 |
| 212 | sU | 8,5 | 5,5 | 3 |
| 202 | U | 8,5 | 4,5 | 2 |
| 231 | lS | 10 | 7,5 | 5 |
| 332 | lU | 8 | 6 | 3,5 |
| 341 | tS | 15 | 12 | 9 |
| 313 | sL | 8,5 | 6,5 | 5 |
| 423 | uL | 7 | 5,5 | 4 |
| 403 | L | 7 | 5 | 3,5 |
| 414 | sT | 8,5 | 7,5 | 6 |
| 534 | lT | 4,5 | 3 | 2 |
| 504 | T | 4 | 3 | 2 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 115ff., VKR 6.1.9), auf österreichische Systematik übertragen nach Kuderna et al. (2000: 9)

Die Luftkapazität der organischen Substanz (P168 oder B104) ist in Abhängigkeit von der Bodenart zu berücksichtigen, der entsprechende Wert aus folgender Tabelle ist zu **LK%** zu addieren (Müller 2004: 117, Modifikation auf Basis der BK-Daten von Kufstein angelehnt an Kuderna et al. 2000: 9f.).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Modifikation nach Humusgehalt | | | | |
| P168: 10 *(B104: <1 %)* | 20 *(1-<2 %)* | 30 *(2-<4 %)* | 40 *(4-<8 %)* | 50 *(8-<15 %)* |
| 101, 121 | S, uS | 0 | -1,5 | -1 | -1 | 0 |
| 231, 341 | lS, tS | 0 | 0 | 1 | 2 | 2,5 |
| 202, 212 | sU, U | 0 | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 5,5 |
| 313, 332,  403, 423 | lU, sL, uL, L | 0 | 0,5 | 1,5 | 3 | 5 |
| 414, 504,  534 | sT, lT, T | 0 | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 4,5 |

Grau hinterlegt sind jene Klassen, die angesetzt werden sollen, wenn die Angaben aus der Bodenkarte übernommen werden, in der nur drei Klassen (schwach humos <1,5 %, mittelhumos 1,5-4 % und stark humos >4 % – siehe Kuderna et al. 2000: 10) angegeben sind.

Gemäß Müller (2004: 117) ist bei sehr humusreichen oder sehr skelettreichen Böden sowie Anmooren die Luftkapazität weit­gehend unabhängig von der Bodenart. Für Horizonte mit einem Humusgehalt von >15% werden daher fixe Werte für das relevante Porenvolumen angenommen:

Torfe (Code 70 in Feld P168 bzw. >30% in Feld B104): **LK% = 20 %**

äußerst humose / anmoorige Böden (Code 60 bzw. 15-30% lt. B104):   
 **LK% = 11 %** (für Bodenarten S, lS, tS – P140: 101, 231, 341)  
 **LK% = 6 %** (für alle anderen Bodenarten)

für Böden mit einem Skelettgehalt von >60% (in P117 bzw. Code 599 in Feld P116):   
 **LK% = 25 %** (Lehmann 2008: 55)

Berechnung der Luftkapazität in [l/m²] unter Berücksichtigung von Horizontmächtigkeit (Horizontunter­grenze minus Horizontobergrenze), Skelettgehalt (Px02) und relevantem Porenvolumen (LK%, siehe Tabelle).

**Px09 [l/m²] = Mächtigkeit [cm] \* 10 \* (100 - SK% *(Px02)*) / 100 \* (LK% / 100)**

**LKges [l/m²] (Sx06) = Summe der LK für das gesamte Profil**

**LKWe [l/m²] (Sx06a) = Summe der LK für den effektiven Wurzelraum**

**LKoben [l/m²] (Sx07) = Summe der LK für den Bereich oberhalb eines Stauhorizontes**

Für die Bestimmung von Sx06a werden die LK-Werte bis zur in Sx12 festgelegten Tiefe für alle Horizonte aufsummiert. Weicht die dort definierte Tiefe von einer Horizontgrenze ab, so wird die LK des betreffenden Horizontes anteilsmäßig berücksichtigt (siehe Sx04a - nFKWe).

Die Berechung von Sx07 umfasst die LK-Werte aller Horizonte oberhalb (und inklusive) jenem, der die minimale Wasserdurchlässigkeit (siehe Sx10 - kfmin) aufweist.

Anm: Macht es Sinn einen Ah mit kf =11 als Stauhorizont zu bezeichnen, nur weil die Horizonte darunter sehr skelettreich sind und daher einen sehr hohen kf-Wert zugewiesen werden?

### Px10 - Wasserspeichervermögen

***Eingangsparameter:***

*nutzbare Feldkapazität (Px07)*

*Luftkapazität (Px09)*

*Hangneigung (S135)*

Das Wasserspeichervermögen gibt das Volumen jener Poren an, die nicht ständig wassergesättigt sind und somit oberflächlich anfallendes Wasser (z.B. Regenwasser) aufnehmen können (absolut in l/m²). Für Böden in ebener oder abflussträger Lage (Hangneigung <9 %) entspricht das Wasser­speichervermögen der nutzbaren Feldkapazität + Luftkapazität, für Hangbereiche wird nur die nutzbare Feldkapazität herangezogen (BayGLA 2003: 40).

Falls die Hangneigung weniger als 9 % beträgt (Feld S135 = 11, 12, 21 oder 22, d.h. Klassen „eben“ + „schwach geneigt“): **Px10 = LK *(Px09)* + nFK *(Px07)***

Bei größeren Neigungen (andere Ausprägungen von S135): **Px10 = nFK *(Px07)***

**WSVges [l/m²] (Sx08) = Summe der WSV für das gesamte Profil**

**WSVWe [l/m²] (Sx09) = Summe der WSV für den effektiven Wurzelraum**

Für die Bestimmung von Sx09 werden die WSV-Werte bis zur in Sx12 festgelegten Tiefe für alle Horizonte aufsummiert. Weicht die dort definierte Tiefe von einer Horizontgrenze ab, so wird das Wasserspeichervermögen des betreffenden Horizontes anteilsmäßig berücksichtigt (siehe Sx04a - nFKWe).

### Px11 - gesamtes Porenvolumen

***Eingangsparameter:*** *Bodenart (P140 oder B209), Klasse der Lagerungsdichte (Px03), Horizontmächtigkeit, Humusgehalt (Px01), Skelettgehalt (Px02)*

Es wird das gesamte Volumen aller Bodenporen ermittelt. Der Wert setzt sich zusammen aus Luftkapazität (Grobporen), nutzbarer Feldkapazität (Mittelporen) und nicht nutzbarem Bodenwasser oder „Totwasser“ (Feinporen).

Falls der relevante Porenanteil bekannt ist (Summe aus **B223** „Feinporenanteil %“, **B222** „Mittelporen­anteil %“ und **B221** „Grobporenanteil %“), so ist dieser Wert ohne weitere Modifikation zu verwenden und in die unten angegebene Formel zur Berechnung von **Px11** einzusetzen. Ansonsten wird der gesamte Porenanteil (in % bzw. weiterführend absolut in l/m²) nach folgender Tabelle ermittelt:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | gesamtes Porenvolumen – GPV%= | | |
| Px03: Ld1+2 *(B210: <1,4 g/cm³)* | Ld3 *(1,4 bis 1,7 g/cm³)* | Ld4+5 *(>1,7 g/cm³)* |
| 101 | S | 42 | 36 | 30,5 |
| 121 | uS | 45,5 | 37 | 32 |
| 212 | sU | 47,5 | 39 | 34 |
| 202 | U | 47,5 | 40 | 35,5 |
| 231 | lS | 45,5 | 38 | 32,5 |
| 332 | lU | 49,5 | 42 | 36,5 |
| 341 | tS | 44 | 38,5 | 35 |
| 313 | sL | 49,5 | 40,5 | 35,5 |
| 423 | uL | 54 | 44 | 38 |
| 403 | L | 55,5 | 44,5 | 38,5 |
| 414 | sT | 50,5 | 43,5 | 37 |
| 534 | lT | 61 | 51 | 44 |
| 504 | T | 62 | 52 | 44,5 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 119ff., VKR 6.1.10), auf österreichische Systematik übertragen nach Kuderna et al. (2000: 9) [auf Basis der BK-Daten von Kufstein]

Die organische Substanz (P168 oder B104) ist in Abhängigkeit von der Bodenart zu berücksichtigen, der entsprechende Wert aus folgender Tabelle ist zu **GPV%** zu addieren (Müller 2004: 123, Modifikation auf Basis der BK-Daten von Kufstein angelehnt an Kuderna et al. 2000: 9f.).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Modifikation nach Humusgehalt | | | | |
| P168: 10 *(B104: <1 %)* | 20 *(1-<2 %)* | 30 *(2-<4 %)* | 40 *(4-<8 %)* | 50 *(8-<15 %)* |
| 101, 121 | S, uS | 0 | 0 | 2,5 | 6,5 | 10 |
| 231, 341 | lS, tS | 0 | 1,5 | 4,5 | 10 | 14 |
| 202, 212 | sU, U | 0 | 2 | 5 | 11,5 | 17,5 |
| 313, 332,  403, 423 | lU, sL, uL, L | 0 | 3 | 5,5 | 13 | 18,5 |
| 414, 504,  534 | sT, lT, T | 0 | 3 | 6,5 | 13 | 19,5 |

Grau hinterlegt sind jene Klassen, die angesetzt werden sollen, wenn die Angaben aus der Bodenkarte übernommen werden, in der nur drei Klassen (schwach humos <1,5 %, mittelhumos 1,5-4 % und stark humos >4 % – siehe Kuderna et al. 2000: 10) angegeben sind.

Gemäß Müller (2004: 121) ist bei sehr humusreichen Böden sowie Anmooren die Luftkapazität weit­gehend unabhängig von der Bodenart. Für Horizonte mit einem Humusgehalt von >15% werden daher fixe Werte für das relevante Porenvolumen angenommen:

Torfe (Code 70 in Feld P168 bzw. >30 % in Feld B104): **GPV% = 85 %**

äußerst humose / anmoorige Böden (Code 60 bzw. 15-30 % lt. B104):   
 **GPV% = 67 %** (für Bodenarten S, lS, tS – P140: 101, 231, 341)  
 **GPV% = 73 %** (für alle anderen Bodenarten)

Berechnung des Gesamtporenvolumens in [l/m²] unter Berücksichtigung von Horizontmächtigkeit (Horizontunter­grenze minus Horizontobergrenze), Skelettgehalt (Px02) und relevantem Porenvolumen (GPV%, siehe Tabelle).

**Px11 [l/m²] = Mächtigkeit [cm] \* 10 \* (100 - SK% *(Px02)*) / 100 \* GPV% / 100**

### Px12 - gesättigte Wasserleitfähigkeit (kf-Wert)

***Eingangsparameter:***

*Gefügeform (P128)*

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Umlagerung (P171)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Lagerungsdichte (Px03)*

*Zersetzungsgrad von Torfen (S322, S327)*

*Hinweis auf Entwässerung von Mooren (?)*

Ermittlung jener für die Funktionen im Wasserkreislauf maßgeblichen Geschwindigkeit, mit der Wasser durch den Boden / den jeweiligen Horizont gelangt (in cm/d, in der Geologie oftmals auch m/s). Falls der Wert durch Laboranalysen ermittelt wurde und genau bekannt ist, erhält **Px12** den Wert aus Feld **B213** („gesättigte Wasserleitfähigkeit“), der durch Multiplikation mit dem Faktor **8640** von m/s auf cm/d umgerechnet werden muss.

Ansonsten erfolgt eine Annäherung gemäß folgender Tabelle und den anschließend beschriebenen Modifikationen:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Px12 [cm/d] = | | |
| Px03: Ld1+2 *(B210: <1,4 g/cm³)* | Ld3 *(1,4 bis 1,7 g/cm³)* | Ld4+5 *(>1,7 g/cm³)* |
| 101 | S | 196 | 117 | 61 |
| 121 | uS | 40 | 20 | 13 |
| 212 | sU | 32 | 11 | 4 |
| 202 | U | 27 | 8 | 4 |
| 231 | lS | 45 | 20 | 11 |
| 332 | lU | 29 | 14 | 5 |
| 341 | tS | *60* | *48* | *22* |
| 313 | sL | 32 | 16 | 8 |
| 423 | uL | 28 | 19 | 7 |
| 403 | L | 19 | 12 | 5 |
| 414 | sT | *15* | *11* | *4* |
| 534 | lT | 18 | 6 | 2 |
| 504 | T | 20 | 5 | 1 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 125f., VKR 6.1.11), auf österreichische Systematik übertragen nach Kuderna et al. (2000: 9) [auf Basis der BK-Daten von Kufstein]

*Anm.: die Tabelle in Kuderna et al. (2000: 10) ist für die Verhältnisse in Oberösterreich erstellt und beinhaltet nur kf-Klassen 2 bis 6 – für die weitere Bearbeitung, v.a. für die Bestimmung des geringst durchlässigen Horizontes erscheint dies zu wenig differenziert*

Unter bestimmten Bedingungen werden von den Angaben in der Tabelle abweichende kf-Werte angesetzt (vgl. TUSEC-Manual, Lehmann et al. 2008: 28, 53):

Oberboden

Locker gelagerte Horizonte mit Krümel- oder Subpolyederstruktur weisen eine höhere Durchlässigkeit auf, als Horizonte der selben Bodenart ohne derart ausgeprägtes Bodengefüge. Daher gilt: Falls für die Primärgefügeform (Feld P128) der Wert 470 (krümelig) oder 450 (blockig-kantengerundet) angegeben ist UND die Lagerungsdichte (Feld Px02) den Klassen Ld1 oder Ld2 entspricht, wird **Px12 =** **300** (=„äußerst hoch“) angesetzt.

Horizonte mit Skelettgehalt ≥60 %

Analog zum TUSEC-Manual wird für Horizonte mit einem Grobanteil von 60 % und mehr (Feld P117 bzw. Klassen 499 „sehr hoher“ und 599 „vorwiegender“ Grobanteil in Feld P116) **Px12 =** **300** (=„äußerst hoch“) angesetzt.

umgelagerte Böden

Für Horizonte, die künstlich umgelagert wurden (neues Feld P171 = 1 „ja“) UND bei denen die Lagerungsdichte (Feld Px03) den Klassen Ld1 oder Ld2 entspricht, wird **Px12 = 300** (=„äußerst hoch“) angesetzt.

Festgestein

Die Durchlässigkeit von Festgestein unterliegt großen Schwankungen (z.B. in http://www.lfu.bayern.de /geologie/daten/hydrogeologie/teilraum/doc/teilraum\_noerdliche\_kalkalpen.pdf), so dass für die Zwecke von SEPP keine gesicherte Aussage möglich erscheint.

Unter einer „worst case“-Annahme wird vorerst davon ausgegangen, dass bei einem Grobanteil von 100 % (Wert von 100 % oder Anmerkung „Fels“ in Feld P117) der entsprechende C-Horizont als Stauer wirkt und **Px12 = 1** (=„sehr gering“) angesetzt.

Moore

Die Durchlässigkeit für Moorböden (Feld S322 = 2100 bis 2120) ist nach Müller (2004: 126) abhängig von der Zersetzungsstufe des Torfs, der den Grad der fortschreitenden Humifizierung der organischen Substanz beschreibt. Zweiter wesentlicher Faktor ist das Substanzvolumen, das den Anteil der festen Substanz am Gesamtvolumen angibt und in seiner Bedeutung mit der Lagerungsdichte bei Mineralböden vergleichbar ist (Ad-hoc-AG Boden 2005: 127).

In der KA5 werden die Zersetzungsgrade nach von Post in fünf Zersetzungsstufen (z1 bis z5) zusammengefasst (Ad-hoc-AG Boden 2005: 128), denen nun mehr äquivalente Zusatzangaben zum Bodentyp lt. Datenschlüssel Bodenkunde (Feld S327) zugewiesen werden. Von den fünf Klassen des Substanzvolumens (SV1 bis SV5, siehe Ad-hoc-AG Boden 2005: 127) werden 3 in Abhängigkeit vom Entwässerungsgrad des jeweiligen Moores vergeben:

Anm.: In der Sepp-Implementierung dieses Algorithmus wir das Substanzvolumen über die Lagerunsdichte zugeordnet?!

SV1 (sehr gering), falls „nicht entwässert“ (Ld1 oder Ld2)

SV3 (mittel), falls „schwach/mäßig entwässert“ (Ld3)

SV5 (sehr groß), falls „stark entwässert“ (Ld4 oder Ld5)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Code S327 | Zersetzungsstufe | Px12 [cm/d] = | | |
| SV1 (sehr gering)  *nicht entwässert* | SV3 (mittel)  *schwach/mäßig entwässert* | SV5 (sehr groß)  *stark entwässert* |
| 0 | unzersetzt (z1) /  schwach zersetzt (z2) | 300 | 70 | 25 |
| 17 | zersetzt (z3) | 70 | 25 | 5 |
| 18 | stark zersetzt (z4) /  vererdet (z5) | 25 | 5 | 1 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 126, VKR 6.1.11)

*Anm.: Die angebenen Werte sind lediglich Mittelwerte von Durchlässigkeitsklassen, die in Ermangelung exakterer Werte veranschlagt werden*

Ist in Feld S327 keine Angabe vorhanden und/oder der Entwässerungsgrad nicht bekannt, so wird für Torfe (Feld P168 = Code 70) vereinfacht **Px12 =** **25** angenommen.

Die relevanten Kenngrößen auf Profilebene werden im Anschluss an die Berechnung der horizontbezogenen Werte ermittelt:

**kfmin [cm/d] (Sx10) = minimaler kf-Wert im Profil, d.h. kf-Wert des „Stau“-Horizontes**

**kfave [cm/d] (Sx11) = durchschnittlicher kf-Wert des Profils, berechnet nach der Formel:**

**kfave (Sx11) = ges. Profilmächtigkeit / Summe (Horizontmächtigkeit *x* / kf-Wert für Horizont *x*)**

### Sx12 - Physiologische Gründigkeit = Abgrenzung des potenziellen Wurzelraums

***Eingangsparameter:*** *Horizontbezeichnung, Skelettgehalt (Px02)*

Abgrenzung jenes Bereiches, den Pflanzen mit ihren Wurzeln durchdringen können, um daraus Wasser und Nährstoffe zu beziehen. Während die effektive Durchwurzelungstiefe in der Regel rechnerisch über Bodenart und Trockenrohdichte für eine bestimmte Nutzung (idR. Acker mit einjährigen Pflanzen) ermittelt wird, kommt hier eine vereinfachter Ansatz zum Tragen. Dieser Ansatz wird verfolgt, da einerseits verschiedene Nutzungen vorkommen können und die tatsächliche Durchwurzelungstiefe auch von der jeweils betrachteten Pflanze abhängig ist und andererseits die Horizontierung eine große Rolle spielt (Wechsel zwischen locker gelagerten und dichten Horizonten mit unterschiedlicher Textur), diese jedoch in den Vorlagen (z.B. KA5: 356, Müller 2004: 99) nur zum Teil berücksichtigt wird.

Die Abgrenzung des Wurzelraums (We = Sx12; für Berechnung der FKWe, nFKWe und Bewertung einiger Funktionen) erfolgt nun nach folgenden Kriterien:

* bei Grundwassereinfluss: Obergrenze des Gr-Horizonts (oder G2-Horizonts, falls A-G1-G2 o.ä.) minus 10 cm (vgl. Müller 2004: 99)
* bei Moorböden (Bodentyp = Moor / Niedermoor / Hochmoor / Übergangsmoor): 60 cm bei Ackernutzung, 40 cm bei Grünlandnutzung bzw. ohne landwirtschaftliche Nutzung
* bei Böden über anstehendem Gestein: Obergrenze jenes Horizontes, dessen Skelettgehalt 100% beträgt (z.B. in BK: Feld „Grobanteil“ = „Fels“)
* für alle anderen Böden: Sx12 = Profiltiefe = 100 cm (oder mehr)

Der so ermittelte Wert wird im Eingabeformular unter „Gründigkeit“ angegeben.

***Dieser Wert sollte unbedingt vom Kartierer angegeben/geschätzt werden da sonst 100 cm verwendet wird.***

### Px13 - potentielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot)

***Eingangsparameter:***

*Ton- und Schluffgehalt (B200, B201) oder*

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Humusgehalt (Px01)*

Die potentielle Kationenaustauschkapazität (KAKpot) beschreibt die Menge austauschbar gebundener Kationen eines Bodens unter jenen Bedingungen, bei denen die Protonen aller Säuregruppen der Huminstoffe austauschbar sind. Per Definition ist dies bei einem pH-Wert von 8,2, d.h. leicht basischen Bedingungen, der Fall. Die Bestimmung der KAKpot erfolgt in zwei Schritten:

1. KAKpot des Mineralbodenanteils: Dieser ist vom Ton- und Schluffgehalt des Bodens abhängig und kann näherungsweise mit folgender Formel bestimmt werden (Ad-hoc-AG Boden 2005: 369):

KAKpot\_min [cmolc/kg] = 0,5 x Ton% *(B200)* + 0,05 x Schluff% *(B201)*

Falls die exakte Korngrößenverteilung nicht bekannt ist, können die Werte näherungsweise aus der Bodenart (P140) abgeleitet werden:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | KAKpot\_min [cmolc/kg] |
| 101 | S | 3 |
| 121 | uS | 4 |
| 212 | sU | 8 |
| 202 | U | 10 |
| 231 | lS | 7 |
| 332 | lU | 14 |
| 341 | tS | 9 |
| 313 | sL | 13 |
| 423 | uL | 18 |
| 403 | L | 18 |
| 414 | sT | 18 |
| 534 | lT | 27 |
| 504 | T | 30 |

Quelle: Ableitung nach Müller (2004: 147, VKR 6.2.3), Ad-hoc-AG Boden (2005: 369), wie bei den porenbezogenen Kenngrößen modifiziert nach Kuderna et al. (2000: 9)

*Anm.: Ein Versuch, die Werte über die Ton- und Schluffwerte aller Proben in einer Textur-Klasse zu berechnen und einen Mittelwert anzusetzen zeigte sehr geringe Abweichungen (durchgehend im Bereich +/-1) von den hier abgebildeten Werten*

1. KAKpot des Humusanteils: Zur Berücksichtigung der Kationenaustauschkapazität der organi­schen Substanz wird pro Masse-% Humus ein Zuschlag von 2 cmolc/kg vergeben (Ad-hoc-AG Boden 2005: 369):

KAKpot\_hum [cmolc/kg] = 2 x Humus% *(Px01)*

Die gesamte potenzielle Kationenaustauschkapazität ergibt sich schließlich aus der Summe dieser beiden Anteile:

**Px13 [cmolc/kg] = (KAKpot\_min + KAKpot\_hum)**

### Px14 - effektive Kationenaustauschkapazität (KAKeff)

***Eingangsparameter:***

*ph-Wert (B105)*

*KAKpotGes (Px13)*

Auch dieser Kennwert kann durch Laboranalysen ermittelt werden – ist dies der Fall, so erhält **Px14** den Wert aus Feld **B109** („KAK gesamt, gemessen durch Rücktausch“), der durch die Division durch **10** von mmol in die üblichere Einheit cmol umgerechnet werden muss.

Die KAK – vor allem jene der Huminstoffe – nimmt in sauren Böden ab, daher wird die KAKpot (Px13) um einen entsprechenden Faktor modifiziert:

|  |  |
| --- | --- |
| pH-Wert *(CaCl2)* B105 | Umrechnungs-faktor 1 |
| 7,0 | 1 |
| 6,0 bis <7,0 | 0,9 |
| 5,0 bis <6,0 | 0,7 |
| 4,0 bis <5,0 | 0,5 |
| 3,0 bis <4,0 | 0,3 |
| <3,0 | 0,25 |

Quelle: Müller 2004: 151, VKR 6.2.5

*Anm.: in KA5: 370 finden sich andere Werte, allerdings bezieht sich der Faktor dort nur auf den KAKpot-Anteil des Humusanteils, mit der Argumentation, dass die KAK des Mineralbodenanteils vom pH-Wert des Bodens weit­gehend unabhängig ist… Müller weist hingegen darauf hin, dass der Zusammenhang nur bei bzw. nahe dem bodenchemischen Gleichgewicht gegeben ist und die KAKeff z.B. bei akuter Versauerung möglicherweise falsch eingeschätzt wird. Es wird auch angegeben, dass im Al-Pufferbereich (pH-Wert-Bereich 3,0 bis 4,2), die KAKeff des Tons auf die Minimumwerte des Illits (in Mitteleuropa dominierendes Tonmineral) reduziert sind und mit 20 cmolc/kg nur rund ein Drittel des Wertes im Silikatpufferbereich beträgt; auf eine Differenzierung nach Ausgangsgestein mit unterschiedlichen Tonmineralkennwerten (Müller 2004: 148) wird aus Mangel an entsprechenden Inputdaten verzichtet.*

**Px14 [cmolc/kg] = KAKpot *(Px13)* \* Umrechnungsfaktor 1**

Zur Beurteilung des Potenzials des Bodens im Nährstoffhaushalt kann die gesamte, effektive Kationenaustauschkapazität (in absoluten Werten) berechnet werden, indem Px14 mit der Feinbodenmenge (Px04) jedes Horizonts multipliziert wird:

**KAKabsGes [cmolc/m²] (Sx13) = KAKeff [cmolc/kg] *(Px14)* \* Feinbodenmenge [kg/m²] *(Px04)* für das gesamte Profil**

**KAKabsWe [cmolc/m²] (Sx14) = KAKeff [cmolc/kg] *(Px14)* \* Feinbodenmenge [kg/m²] *(Px04)* für den effektiven Wurzelraum**

Alternativ dazu ist in anderen Ansätzen der Vorrat austauschbar gebundener basischer Kationen (z.B. Ca2+, Mg2+, K+, NH4+; Gesamtwert = S-Wert) im effektiven Wurzelraum von Interesse (MbWe), da die basischen Kationen wichtige Pflanzennährstoffe darstellen.

Die Kationenaustauschkapazität setzt sich zusammen aus den Äquivalentwerten der austauschbar gebundenen, basischen Kationen (siehe Px14) und den Äquivalentwerten der austauschbar gebundenen, sauren Kationen (v.a. H+, Al3+, Fe3+; Gesamtwert = H-Wert).

Aus dem S-Wert kann also auf das potenzielle standortspezifische Nährstoffangebot und damit auf die Bodenfruchtbarkeit geschlossen werden. Im von Müller (2004: 150, VKR 6.2.4 und 153f., VKR 6.2.7) beschriebenen Verfahren erfolgt die Berechnung des S-Wertes – analog zur Berechnung der KAKeff – durch die Multiplikation der potenziellen Kationen­austauschkapazität (Px13) mit einem Umrechnungsfaktor und anschließender Multiplikation mit der Feinbodenmenge (Px04) jedes Horizontes im effektiven Wurzelraum.

|  |  |
| --- | --- |
| pH-Wert *(CaCl2)* B105 | Umrechnungs-faktor 2 |
| 7,5 | 1 |
| 7,0 bis <7,5 | 0,95 |
| 6,5 bis <7,0 | 0,9 |
| 6,0 bis <6,5 | 0,75 |
| 5,5 bis <6,0 | 0,6 |
| 5,0 bis <5,5 | 0,45 |
| 4,5 bis <5,0 | 0,3 |
| 4,0 bis <4,5 | 0,2 |
| 3,5 bis <4,0 | 0,1 |
| <3,5 | 0,02 |

Quelle: Müller 2004: 150, VKR 6.2.4

**MbWe [cmolc/m²] (Sx15) = KAKpot [cmolc/kg] *(Px13)* \* Umrechnungsfaktor 2 \* Feinboden­menge [kg/m²] *(Px04)* für den effektiven Wurzelraum**

Für die Bestimmung von Sx15 werden die Mb-Werte bis zur in Sx12 festgelegten Tiefe für alle Horizonte aufsummiert. Weicht die dort definierte Tiefe von einer Horizontgrenze ab, so wird die Feinbodenmenge des betreffenden Horizontes anteilsmäßig berücksichtigt (siehe Sx04a - nFKWe).

### Px15 - Basensättigung

***Eingangsparameter:***

*ph-Wert (B105)*

Die Kationenaustauschkapazität setzt sich zusammen aus den Äquivalentwerten der austauschbar gebundenen, basischen Kationen (siehe Px14) und den Äquivalentwerten der austauschbar gebundenen, sauren Kationen (v.a. H+, Al3+, Fe3+; Gesamtwert = H-Wert).

Der Basensättigungsgrad (V-Wert) gibt den Anteil des S-Wertes an der gesamten, potentiellen Kationenaustauschkapazität (KAKpotGes) an. Da zwischen den Kationen der Bodenlösung und den adsorbierbaren Kationen Gleichgewicht besteht, lässt sich der Basensättigungsgrad näherungsweise aus dem pH-Wert ableiten:

|  |  |
| --- | --- |
| pH-Wert *(CaCl2)* B105 | Px15 [%]= |
| 7,5 | 100 |
| 7,0 | 95 |
| 6,5 | 90 |
| 6,0 | 80 |
| 5,5 | 70 |
| 5,1 | 60 |
| 4,8 | 50 |
| 4,5 | 40 |
| 4,2 | 30 |
| 3,8 | 20 |
| 3,5 | 10 |
| 3,3 | 5 |
| 3,0 | 2 |
| 2,5 | 0 |

Quelle: Müller (2004: 152, VKR 6.2.6)

Lebensraumfunktionen

### 1a.2 – Lebensgrundlage und Lebensraum für Tiere und Pflanzen

***Eingangsparameter:***

*Grundwasserflur­abstand (S153)*

*Bodentyp (S322)*

*nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (Sx05)*

***Methodik:*** *BayGLA (2003: 36f.), Lehmann et al. (2008: 24) – modifiziert*

Beurteilt wird, inwiefern der Boden einer Bewertungseinheit besondere Standorteigenschaften aufweist, um seltenen Tier- und Pflanzenarten als Lebensraum dienen zu können. Im Wesentlichen wird betrachtet, ob aufgrund der Zusammensetzung des Bodens besonders trockene oder besonders feuchte Verhältnisse zu erwarten sind und dadurch eine hohe Biodiversität in einem Untersuchungs­gebiet ermöglicht wird. Die Eignung als Lebensraum für Nutzpflanzen (=land- und forstwirtschaftliche Nutzungseignung) ist auf solchen Böden in der Regel nur sehr eingeschränkt gegeben, diese wird unter 3a.1 gesondert beurteilt.

Es ist zu beachten, dass hier ein Potenzial bewertet wird, das nicht zwangsläufig Rückschlüsse auf den aktuellen Zustand der Flora und Fauna erlaubt. So besitzt z.B. ein entwässertes Moor aufgrund seines ursprünglichen Aufbaus ein sehr hohes Potenzial als Lebensraum für nässeverträgliche Arten, obwohl zur Ausschöpfung dieses Potenzials erst weitere Bedingungen erfüllt sein müssen (konkret: Rückbau der Entwässerungsmaßnahmen; ausreichend Niederschlag bzw. aktuell ausreichend hoher Grundwasserstand, Ansiedelung entsprechender Tier- und Pflanzenarten). Auch für die Ausschöpfung eines grundsätzlichen Potenzials des Bodens als Trockenstandort müssen die jeweiligen klimatischen und topographischen Voraussetzungen gegeben sein.

1a.2.1 – Potenzial als Trockenstandort (=Lebensraum für trockenheitstolerante Arten)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) Nutzung *(S178)* | 2) Bodentyp *(S322)* | 3) nFKWe *(Sx05)* | Bewertung Leben\_Tr |
| Ruderalstandort (870) | Kulturrohboden (1720-1722) | 30 l/m² | **1** |
| - | - | >30 bis 60 l/m² | **2** |
| - | - | >60 bis 90 l/m² | **3** |
| - | Gleye und Pseudogleye (1900-2033): *20 verschiedene Bodentypen* | >90 bis 220 l/m² | **4** |
| Moore, unkultiviert (950) | Moore (2100-2120): Niedermoor (2110), typisches Niedermoor (2111), Übergangsmoor (2112), Anmoor (2120) | >220 l/m² | **5** |

Zuerst erfolgt eine Einteilung nach der Nutzung, anschließend nach dem Bodentyp für jene Bewertungseinheiten, die nicht in die Kategorien „Ruderalstandort“ oder „unkultivierte Moore“ fallen. Die nFKWe wird nur dann als Kriterium herangezogen, wenn der zu bewertende Standort keine der beiden unter 1) genannten Nutzungsformen und keine der unter 2) aufgelisteten Bodentypen aufweist. Falls Gleye oder Pseudogleye eine nFKWe von mehr als 220 mm aufweisen, fallen die entsprechenden Einheiten ebenfalls in Bewertungsstufe 5.

1a.2.2 – Potenzial als Feuchtstandort (=Lebensraum für nässetolerante Arten)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) Bodentyp *(S322)* | 2) GW-Flurabstand *(S153)* | 3) nFKWe *(Sx05)* | Bewertung Leben\_Fe |
| Moore (2100-2120) | <0,2 m | - | **1** |
| Gleye und Pseudogleye (1900-2033) | 0,2 bis <0,5 m | >220 l/m² | **2** |
| Au- und Schwemmböden (1800-1842) | 0,5 bis 1 m | >140 bis 220 l/m² | **3** |
| - | - | >60 bis 140 l/m² | **4** |
| - | - | 60 l/m² | **5** |

Als primäres Einstufungskriterium wird der Bodentyp herangezogen. Sollte dieser nicht bekannt sein, so erfolgt die Bewertung über den mittleren Grundwasserflurabstand, gemessen über einen längeren Zeitraum, oder den leichter und exakter zu ermittelnden aktuellen Grundwasser­flurabstand.

Die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) ist für alle nicht aufgelisteten Bodentypen sowie bei einem Grundwasserflurabstand von >1 m bewertungsrelevant, da sie durch die Speicherung oberflächlich anfallenden Wassers die Lebensbedingungen für nässetolerante Spezies maßgeblich steuert. Au- und Schwemmböden mit einer nFKWe von >220 mm und Bereiche mit einem GW-Flurabstand von 50 bis 100 cm werden dementsprechend auch in Stufe 2 aufgewertet.

### 1a.3) Lebensraum für Bodenorganismen

***Eingangsparameter:***

*Bodenart des Oberbodens (P140 oder B209)*

*pH-Wert des Oberbodens (P149 oder B105)*

*Bodenwasserverhältnisse (S161)*

*Nutzung (S178)*

*Bodentyp (S322)*

***Methodik:*** *Beylich et al. (2004) – modifiziert*

Bodenorganismen haben durch ihre wühlenden, zersetzenden und umwandelnden Tätigkeiten großen Einfluss auf die Entwicklung und Zusammensetzung (Struktur) des Bodens. Umgekehrt begünstigen bestimmte Bodeneigenschaften das Vorkommen von Bodenorganismen, wobei die Artenzahl (Diversität), die Individuenzahl (Abundanz) und das Gesamtgewicht (Biomasse) gebräuchliche Kenngrößen zur Beurteilung der biologischen Aktivität sind. Eine umfassende Bewertung der Lebensraumfunktion wird allerdings durch die Zusammensetzung des Edaphons (Gesamtheit aller Bodenlebewesen) aus einer Vielzahl von Lebensformen mit sehr unterschiedlichen Ansprüchen an ihren Lebensraum erschwert.

In der Regel werden daher bestimmte Gruppen, die auch ohne bodenzoologisches Expertenwissen identifiziert werden können, als Indikatoren für die Zusammensetzung des Bodenlebens herangezogen. Besondere Bedeutung kommt dabei den Regenwürmern (*Lumbricidae*) zu, die in ihrer Gesamtheit bis zu 90 % der Biomasse der Fauna im Oberboden bilden. Dadurch üben sie auch den größten Einfluss auf die physikalische Zusammensetzung (Struktur, Stabilität durch Ton-Humus-Kopplung) und die Durchmischung des Bodens sowie die damit verbundenen Eigenschaften im Wasser- und Nährstoffhaushalt aus. Je größer die Biomasse der Regenwürmer, desto stärker ist die Bioturbation und desto besser kann der Boden in der Regel seine Funktionen in den natürlichen Stoffkreisläufen erfüllen.

In dem von Beylich et al. (2004) entwickelten Verfahren werden bekannte Zusammenhänge zwischen dem Artenspektrum des Edaphons und einzelnen Bodenfaktoren herangezogen und damit ein „Soll-Zustand“, d.h. die aufgrund der Bodeneigenschaften zu erwartende Zusammensetzung des Edaphons ermittelt. Relevante Bodenparameter sind pH-Wert, Bodenart, Humusform und die bodenkundliche Feuchtestufe (ersatzweise die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum). Hinsichtlich des Bodenlebens werden 14 „Bodenlebensgemeinschaftstypen“ (BLGT) auf vier hierarchischen Ebenen unterschieden.

Ebene 1 – Unterscheidung nach pH-Wert

**BLGT A bei pH-Wert 4,2:** anecische und/oder endogäische Regenwurmarten („Bodenwühler“) kommen vor; idR. dominieren Mull-Humusformen

**BLGT B bei pH-Wert <4,2:** anecische und endogäische Regenwurmarten fehlen, epigäische Arten kommen in geringer, Mikroarthropoden in großer Abundanz vor; idR. dominieren Auflage-Humusformen

Ebene 2 – Unterscheidung nach Bodenkundlicher Feuchtestufe (Müller 2004, 211ff.)

**Bodenkundliche Feuchtestufe 2 bis 8** (*mittel trocken bis mittel feucht*)

**=** **BLGT A1:** Bodenbiozönose ohne Besonderheiten

**= BLGT B1:** oft hohe Abundanz von Enchyträen und Hornmilben (BLGT B1), aeromorphe Auflage-Humusformen dominieren

**Bodenkundliche Feuchtestufe 9 oder 10** (*stark feucht bis nass*)

**= BLGT A2**: nässeliebende und Luftmangel tolerierende Bodenbiozönose, anecische Wurm­arten fehlen; aerohydromorphe und hydromorphe Mull-Humusformen dominieren

**= BLGT B2**: Nässe und Säure tolerierende Enchyträen, aerohydromorphe und hydromorphe Auflage-Humusformen dominieren

**Bodenkundliche Feuchtestufe 0 oder 1** (*dürr bis stark trocken*)

**= BLGT A3**: wärmeliebende und Trockenheit tolerierende Bodenbiozönose

**= BLGT B3**: Trockenheit und Säure tolerierende Bodenbiozönose

Ebene 3.1 – Unterscheidung nach der Nutzung (*nur für BLGT A1*)

**BLGT A1.1 bei Wald**: epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer sowie Streubewohner (Hornmilben, Tausendfüßer und Asseln) kommen vor

**BLGT A1.2 bei Grünland** (Feuchtestufe 2-7): epigäische, endogäische und anecische Regenwürmer kommen vor

**BLGT A1.3 bei Feuchtgrünland** (Feuchtestufe 8): epigäische, endogäische und anecische Regen­würmer sowie Feuchte liebende Horn- und Raubmilben kommen vor

**BLGT A1.4 bei Acker**: Auflage fehlt, daher keine Streubewohner

Ebene 3.2 – Unterscheidung nach dem pH-Wert (*nur für BLGT A2*)

**BLGT A2.1 bei pH-Wert 4,2 bis 5,5:** charakteristische Regenwurmart *Eisenella tetraedra*

**BLGT A2.2 bei pH-Wert >5,5:** charakteristische Regenwurmart *Octolasion tyrtaeum*

Ebene 4 – Unterscheidung nach Textur des Oberbodens (*nur für BLGT A1.2 und A1.4*)

**BLGT A1.2.1** **bei S, uS, lS, tS**: mittlere mikrobielle Biomasse, hohe Regenwurmbiomasse

**BLGT A1.2.2 bei sU, U, lU, sL, uL, L**: hohe mikrobielle Biomasse, mittlere bis sehr hohe Regenwurm­biomasse

**BLGT A1.2.3 bei T, lT und Mooren**: sehr hohe mikrobielle Biomasse, hohe Regenwurmbiomasse

**BLGT A1.4.1** **bei S** (*nach österreichischer Systematik einzige Bodenart mit T8% und U50%*): geringe mikrobielle Biomasse, geringe Regenwurmbiomasse, anecische Arten fehlen

**BLGT A1.4.2 bei uS, lS, tS, sU, U, lU, sL, uL, L**: mittlere mikrobielle Biomasse, mittlere bis hohe Regenwurmbiomasse

**BLGT A1.4.3 bei T, lT und Mooren**: hohe mikrobielle Biomasse, mittlere Regenwurmbiomasse

Die Umsetzung des beschriebenen Schemas zur Einteilung in 14 Bodenlebengemeinschaftstypen kann folgendermaßen zusammengefasst werden:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| BLGT | pH-Wert 1) | Feuchtestufe2) *(S161)* | Nutzung *(S178)* | Bodenart 3) | Bewertung Leben\_Org 4) |
| A1.1 | 4,2 | tr bis fe  (220-260,280) | Wald (100-130) | - | **3** |
| A1.2.1 | 4,2 | tr bis mfe (220-250,280) | Grünland (200-290, 2A0, 2A1)  Sonderkultur(2990) | S, uS, lS, tS (101,121,231,341) | **2** |
| A1.2.2 | 4,2 | tr bis mfe (220-250,280) | Grünland (200-290, 2A0, 2A1)  Sonderkultur(2990) | sU, U, lU, sL, uL, L (212,202,332,313,423,403) | **1** |
| A1.2.3 | 4,2 | tr bis mfe (220-250,280) | Grünland (200-290, 2A0, 2A1)  Sonderkultur(2990) | T, lT (504,534) *oder Bodentyp (S322) = Moor (2100-2120)* | **2** |
| A1.3 | 4,2 | fe (260) | Feuchtgrünland (200-290, 2A0, 2A1)  Sonderkultur(2990) | - | **3** |
| A1.4.1 | 4,2 | tr bis fe (220-260,280) | Acker (300, 310) | S (101) | **4** |
| A1.4.2 | 4,2 | tr bis fe (220-260,280) | Acker (300, 310) | uS, lS, tS, sU, U, lU, sL, uL, L (121-423) | **2** |
| A1.4.3 | 4,2 | tr bis fe (220-260,280) | Acker (300, 310) | T, lT (504,534) *oder Bodentyp (S322) = Moor (2100-2120)* | **3** |
| A2.1 | 5,5 | nass (170, 270) | - | - | **4** |
| A2.2 | 4,2 bis <5,5 | nass (170, 270) | - | - | **4** |
| A3 | 4,2 | str (110, 210) | - | - | **4** |
| B1 | <4,2 | tr bis fe  (120-160,  220-260) | - | - | **4** |
| B2 | <4,2 | nass (170, 270) | - | - | **5** |
| B3 | <4,2 | str (110, 210) | - | - | **5** |

Quelle: Beylich et al. (2004: 42), modifiziert

1) pH-Wert (P149 oder B105) des mächtigsten Oberboden-Horizontes (*siehe nachfolgende Anm.*)

2) Die bodenkundliche Feuchtestufe wird direkt aus dem Feld S161 „Bodenwasserverhältnisse“ abgeleitet; da die Klassifizierung von der in Beylich et al. (2004) verwendeten abweicht, sind die äquivalenten Werte gemäß österreichischer Systematik (Schwarz et al. 1999: 27; siehe Blum et al. 1996 und Englisch & Kilian 1999) angegeben: str=sehr trocken, tr=trocken, mfe=mäßig feucht, fe=feucht, nass

3) Bodenart (P140 oder B204) des mächtigsten Oberboden-Horizontes, auch hier werden die Klassen von Beylich et al. (2004) in die österreichische Systematik übersetzt

4)Durch die sehr unterschiedlichen Lebensbedingungen lässt sich aus der Bestimmung eines dominierenden Boden­lebensgemeinschaftstyps (BLGT) nicht per se eine allgemein gültige Bewertung im Sinne von „sehr hohem bis sehr geringem Potenzial“ ableiten. Eine solche Beurteilung erfordert übergeordnete Leitbilder zur Bestimmung der Schutzwürdigkeit („Was soll vor allem erhalten werden?“). Wie eingangs erwähnt ist eine hohe Regenwurmbiomasse ein wichtiger Indikator für einen im Hinblick auf Bodenfruchtbarkeit und Versickerungs­fähigkeit „günstigen“ Aufbau des Bodens. In einer eigenständigen Erweiterung der reinen Klassifizierung nach Beylich et al. (2004) führen im vorliegenden Verfahren also gute Lebensbedingungen für Regenwürmer zu einer guten Bewertung des Potenzials als Lebensraum für Bodenorganismen, um dieses Potenzial in eine quantitative Gesamtbewertung eines Standortes einbeziehen zu können.

*Anm.: Da der Großteil der Bodenfauna in der organischen Auflage und im mineralischen Oberboden beheimatet ist, wird für die Parameter pH-Wert und Bodenart nur der Oberboden berücksichtigt. Die Abgrenzung erfolgt dabei über die Horizontbezeichnung, bewertungsrelevant sind pH-Wert und Bodenart des mächtigsten Oberboden-Horizonts, z.B.:*

* *bei Mooren (S322 mit Code 2100-2120):* ***H1, H2, …, Hn****bzw.* ***T1, …, Tn***
* *bei Schüttungsböden (anthropogene Umlagerung, S322 mit Code 1700-1799):* ***Mxx***
* *bei terrestrischen Böden:* ***Axx***

Falls die Datengrundlagen in ausreichender Qualität vorhanden sind, liefert das Verfahren flächendeckende Aussagen über die zu erwartende Zusammensetzung der Bodenfauna. Idealerweise wird dieser Soll-Zustand im Gelände an ausgewählten Standorten überprüft („Soll-Ist-Vergleich“) und im Rahmen von Prüfverfahren die Auswirkung einer geplanten Maßnahme auf die physikalisch-chemischen Zusammensetzung des Bodens und in Folge auf die Biozönose des Bodens abgeschätzt.

Einschränkend ist zu erwähnen, dass die Zusammenhänge zwischen Bodenorganismen und abiotischen Bodeneigenschaften nicht für alle BLGT gleich gut gesichert sind (Beylich et al. 2004: 40) und bislang nur naturnahe Böden bewertet werden können (z.B. keine Bewertung von Parkanlagen und Gärten). Die in Abhängigkeit von der jeweiligen Höhenlage recht unterschiedlichen klimatischen Rahmenbedingungen werden ebenfalls nicht berücksichtigt und fließen nur indirekt über die bodenkundliche Feuchtestufe in die Bewertung ein.

Hinsichtlich der Bewertung selbst könnte in Anlehnung an das Potenzial als Lebensraum für Tiere und Pflanzen (1a.2) auch umgekehrt argumentiert werden und „extreme“ Verhältnisse hinsichtlich Feuchtigkeit/Trockenheit und Boden­acidität zu einer guten Bewertung führen, da solche Bedingungen die Voraussetzung für das Vorkommen seltener – und dadurch schutzwürdiger – Arten sind (z.B. sehr gute Bewertung von BLGT A2.1, A2.2, A3, B1, B2, B3).

Bis neue Erkenntnisse (z.B. auch aus dem Projekt BIOAK, in dem die Zusammenhänge von Boden- und Standorteigenschaften, aktueller Nutzung und dem Vorkommen von Regenwürmern in einem Testgebiet in den Kitzbüheler Alpen untersucht wurden) zur Ableitung verbesserter Bewertungs­methoden verfügbar sind, wird die hier beschriebene Klassifizierung und Bewertung angewendet.

Beylich et al. (2004: 53) empfehlen aufgrund der genannten Unsicherheiten und der prinzipiellen Eignung aller Böden als Lebensraum für die eine oder andere Lebensform eine verbal-argumentative Bewertung dieses Potenzials. Die quantitative Bewertung im vorliegenden Verfahren erfolgt dennoch, um die Ergebnisse leichter in eine Gesamtbewertung eines Standortes einbinden zu können. Eine ergänzende, textliche Erläuterung der Situation im jeweiligen Untersuchungsgebiet sollte bei der Anwendung der Methode in Planungs- und Genehmigungsverfahren unbedingt zusätzlich erfolgen!

*Anm. Sonderkulturen (etwa Wein- und Obstbau) werden hier wie Grünland bewertet. Ist dies nicht vergleichbar, etwa wenn keine Pflanzendecke zwischen Weinreben vorhanden ist, ist die 'Landnutzung zu ändern, etwa auf Ackerbau.*

### 1a.4) Lebensraum für Kulturpflanzen = Potenzial für landwirtschaftliche Produktion (3a.1)

***Eingangsparameter:***

*Primär-Bodenstruktur (P128)*

*Anteil der Primär-Bodenstruktur (P174)*

*Lagerungsdichte (Px03)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

*potenzielle Durchwurzelungstiefe (Sx12)*

*KAKpot (Px13)*

*Basensättigung (Px15)*

*Hangneigungsklasse (S135)*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (Sx05)*

*Luftkapazität im Oberboden (Sx07)*

*mittlere Temperatur in der Vegetationsperiode (Klimadaten)*

***Methodik:*** *Lehmann et al. (2008: 40ff.) – modifiziert*

Die potenzielle natürliche Ertragsfähigkeit des Bodens ist abhängig von den vorherrschenden Bedingungen für das Pflanzenwachstum, die in diesem Ansatz anhand komplexer Bodenparameter bewertet werden. Dazu kommen noch klimatisch limitierende Faktoren: in Gebirgsräumen ist dies vor allem die mit der Höhe abnehmende Temperatur, in sehr trockenen oder sehr feuchten Gebieten auch der Niederschlag.

Diese Kenngrößen werden auch in der Finanzbodenschätzung berücksichtigt, für die allerdings eine andere Systematik als die in der Bodenkartierung verwendete (KA5 in Deutschland, Systematik nach Kilian 2002 oder Englisch & Kilian 1999 in Österreich) zugrunde gelegt wird (vgl. Wagner 2001). Die „Zustandsstufe“ (4 Stufen für Grünland, 7 für Ackerland) ist ein abstrakter Wert, in welchem die genannten Faktoren integriert und die gemeinsam mit der Bodenart und der Entstehungsart (Ackerland) bzw. Wasserverhältnissen und Klimastufe (Grünland) zur Bonitierung landwirtschaftlich genutzter Böden herangezogen wird. Für Ackerland und Grünland können also die in der Bodenschätzung angegebenen Wertzahlen (Ackerzahl bzw. Grünlandzahl) wie in X.X.X beschrieben zur Beurteilung des Potenzials als Lebensraum für Kulturpflanzen verwendet werden.

Der hier verwendete, im Rahmen von TUSEC-IP entwickelte Ansatz ermöglicht es, zusätzlich zu Grünland und Ackerland auch das landwirtschaftliche Produktionspotenzial auf derzeit anderweitig genutzten Böden zu bewerten. Die Bewertungsergebnisse sind dabei nur als grobe Orientierung zu verstehen, da sich verschiedene Parameter im Zuge einer Nutzungsumstellung ändern können, z.B. Änderung von Bodenstruktur und Lagerungsdichte durch Befahren oder Abnahme des Humusgehalts und Zunahme des pH-Wertes nach der Rodung von Waldstandorten.

Die Bewertung des Potenzials für die landwirtschaftliche Produktion erfolgt durch die Einzelbewertung von fünf Kriterien, die in einem weiteren Schritt zu einer Gesamtbeurteilung verknüpft werden. Abschließend wird dieser Wert noch in Abhängigkeit von der Neigung modifiziert, um die in Hanglagen relevante Erschwernis der Bearbeitung zu berücksichtigen.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Kriterium | Schritt | Parameter |
| allg. Standortbedingungen | A1 | Durchwurzelungstiefe (effektiv oder potenziell) |
| A2 | Bodenaufbau: Struktur und Dichte |
| Wasserversorgung | B1 | nFK im effektiven Wurzelraum |
| B2 | Grund­wasser­flurabstand |
| Luftversorgung | C | Luftkapazität im Oberboden |
| Nährstoffversorgung | D | Vorrat austauschbarer basischer Kationen (Mb) |
| Klima | E | Temperatur |
| Gesamtbewertung | F | - |
| Relief | G | Modifikation nach der Hangneigung |

A – Allgemeine Standortsbedingungen:

Die bodenphysikalischen Bedingungen für das Pflanzenwachstum werden anhand der Durch­wurzelbarkeit und des Bodenaufbaus bestimmt. Falls die effektive Durchwurzelungstiefe bekannt ist, so ist diese heranzuziehen – ansonsten erfolgt die Bewertung dieses Kriteriums über die physiologische Gründigkeit:

|  |  |
| --- | --- |
| Physiologische Gründigkeit *(Sx12)* | Bew. A1= |
| 100 cm | **1** |
| 80 bis <100 cm | **2** |
| 60 bis <80 cm | **3** |
| 40 bis <60 cm | **4** |
| <40 cm | **5** |

Zur Beurteilung des Bodenaufbaus ist in einem ersten Schritt der Oberboden vom Unterboden abzugrenzen, da diese getrennt betrachtet werden. Analog zur Bewertung von 1.a3 Lebensraum für Bodenorganismen erfolgt die Abgrenzung des Oberbodens über die Horizontbezeichnung:

* bei Mooren (S322 mit Code 2100-2120): **H1, H2, …, Hn** bzw. **T1, …, Tn**
* bei Schüttungsböden (anthropogene Umlagerung, S322 mit Code 1700-1799): **Mxx**
* bei terrestrischen Böden: **Axx**

Für den Unterboden werden nur jene verbleibenden Horizonte berücksichtigt, die oberhalb der potenziellen Durchwurzelungstiefe liegen, d.h. bis zur in Sx12angegebenen Tiefe.

Zur Bestimmung der jeweiligen Lagerungsdichte sind jene Horizonte auszuwählen, die innerhalb des Oberbodens bzw. Unterbodens die jeweils höchste Dichte aufweisen und damit potenziell einen limitierenden Faktor für das Pflanzenwachstum darstellen.

Die Bewertung des Kriteriums „Aufbau des Bodens“ (A2) ergibt sich aus der schlechtesten Einzelbewertung von Struktur bzw. Lagerungsdichte und wird folgendermaßen durchgeführt:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1) Struktur des Oberbodens *(P128, P174)* | 2) Lagerungsdichte Oberboden *(Px03)* | 3) Lagerungsdichte Unterboden *(Px03)* | Bew. A2= |
| 50 % Krümel  (*P128 = 470, P174 >= 50*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | **1** |
| 25-50 % Krümel  (*P128 = 470,  P174 >= 25 & <50*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | **2** |
| 50 % subp, brok, einz  (*P128 = 450, 480, 299,  P174 >= 50*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | **3** |
| 50 % subp, brok, einz  (*P128 = 450, 480, 299,  P174 >= 50*) | Ld1, Ld2  (*Px03a: <1,4 g/cm³*) | Ld3  (*Px03a: 1,4 bis 1,7 g/cm³*) | **4** |
| alle anderen | Ld3, Ld4, Ld5  (*Px03a: 1,4 g/cm³*) | Ld4, Ld5  (*Px03a: >1,7 g/cm³*) | **5** |

B – Wasserversorgung:

Zur Bewertung der Wasserverhältnisse wird in erster Linie die potenzielle Menge pflanzenverfügbaren Wassers repräsentiert durch die nutzbare Feldkapazität im Wurzelraum (nFKWe) betrachtet.

|  |  |
| --- | --- |
| nFKWe *(Sx04a)* | Bew. B1= |
| >220 l/m | **1** |
| >140 bis 200 l/m² | **2** |
| >90 bis 140 l/m² | **3** |
| >60 bis 90 l/m² | **4** |
| 60 l/m² | **5** |

Weiters werden Böden ausgeschieden, die aufgrund ihrer Grundwassernähe potenzielle Feuchtstandorte und für die landwirtschaftliche Nutzung nur eingeschränkt geeignet sind (vgl. Bewertung 1a.2.2) bzw. solche, die aufgrund ihrer Grundwasserferne nicht durch kapillaren Aufstieg mit Wasser versorgt werden können. Diese Betrachtung stellt eine Vereinfachung dar, da die Aufstiegshöhe stark von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig ist und z.B. bei sehr skelett­reichem Unterboden generell kein kapillarer Aufstieg stattfindet. Das Kriterium B2 ist nur in Talbereichen relevant und kann in Hanglagen entfallen.

|  |  |
| --- | --- |
| GW-Flurabstand*(S153)* | Bew. B2= |
| 0,5 m | **5** |
| >0,5 bis 1 m | **3** |
| >1 bis 2 m | **1** |
| >2 bis 3 m | **2** |
| >3 m | **3** |

C – Luftversorgung

Die Luftkapazität im Wurzelraum (LKWe) lässt Rückschlüsse auf den Grad der Sauerstoffversorgung von Pflanzen­wurzeln und Boden­organismen zu. Bei fehlenden Grobporen und daraus resultierendem Mangel an Bodenluft ist das Pflanzenwachstum beeinträchtigt.

|  |  |
| --- | --- |
| LKWe *(Sx06a)* | Bew. C= |
| >120 l/m² | **1** |
| >100 bis 120 l/m² | **2** |
| >70 bis 100 l/m² | **3** |
| >40 bis 70 l/m² | **4** |
| 40 l/m² | **5** |

D – Nährstoffversorgung

Das standortspezifische Nährstoffpotenzial wird aus dem so genannten S-Wert, d.h. dem Vorrat austauschbar gebundener, basischer Kationen (z.B. Ca, Mg, K, Na) abgeleitet. Dieser ergibt sich aus der potentiellen Kationenaustauschkapazität (KAKpot), einem pH-abhängigen Umrechnungsfaktor und der Gesamtmenge an Feinboden im Wurzelraum.

|  |  |
| --- | --- |
| S-Wert = MbWe-Vorrat *(Sx15)* | Bew. D= |
| >600 cmolc/m² | **1** |
| >450 bis 600 cmolc/m² | **2** |
| >300 bis 450 cmolc/m² | **3** |
| >150 bis 300 cmolc/m² | **4** |
| 150 cmolc/m² | **5** |

E – Klima

Bei abnehmender Temperatur (z.B. durch zunehmende Höhe) nimmt die biologische Aktivität in Böden und damit die potenzielle Ertragsfähigkeit ab (vgl. Müller 2004: 293, VKR 6.7.1.2).

Die in nachfolgender Tabelle gelisteten Kriterien werden nicht kombiniert, sondern alternativ herangezogen: Falls bekannt, ist die Mitteltemperatur während der Vegetationsperiode („mittlere Sommertemperatur“) zu verwenden, ansonsten die mittlere Jahrestemperatur. Sind beide Werte nicht verfügbar, so kann die Bewertung näherungsweise auch über die klimatische Höhenstufe (S181) erfolgen.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| mittlere Temperatur der Vegetationsperiode [°C] | mittlere Jahres-temperatur [°C] | klimatische Höhenstufe *(S181)* | Bew. E= |
| 18 | 9,5 | Tieflage (10):  submontan (12) | **1** |
| 15 bis <18 | 8 bis <9,5 | Mittellage (20):  tiefmontan (21) | **2** |
| 12 bis <15 | 6,5 bis <8 | Mittel- / Hochlage: mittelmontan (22) | **3** |
| 9 bis <12 | 5 bis <6,5 | Mittel- / Hochlage: hochmontan (23) oder  tief-subalpin (31) | **4** |
| <9 | <5 | Hochlage (30):  hoch-subalpin (32) oder alpin (33) | **5** |

F – Gesamtbewertung A bis E

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kriterien A bis E** | **Bezeichnung** | **Bewertung Leben\_Kult** |
| mind. 2 Bewertungen = 1, max. 1x 3 | extrem produktiv | **1** |
| mind. 2 Bewertungen 2, max. 1x 3 | sehr produktiv | **2** |
| mind. 2 Bewertungen 3, max. 1x 4 | mittelmäßig produktiv | **3** |
| mind. 2 Bewertungen 4 | wenig produktiv | **4** |
| max. 1 Bewertung = 4, sonst alle 5 | sehr wenig produktiv | **5** |

*Anm.: Die Teilkriterien A1 und A2 bzw. B1 und B2 gehen – sofern relevant – als eigene Kriterien in die Gesamtbewertung ein!*

G – Modifikation nach der Hangneigung

Durch die erschwerte Bearbeitbarkeit von Hanglagen werden Abschläge in der Bewertung ab einer bestimmten Hangneigung vergeben.

|  |  |
| --- | --- |
| **Hangneigung** *(S135)* | **Korrektur** |
| bis 10° = eben bis leicht hängig / mäßig geneigt (11-13, 21-23) | **0** |
| >10 bis 20° = hängig / stark geneigt (14, 24) | **+1,0** |
| >20 bis 30° = stark hängig / steil (15, 25) | **+2,0** |
| >30° = (sehr) schroff / (sehr) steilhängig (16, 17, 26, 27) | **Leben\_Kult = 5** |

Bei an sich gut, aufgrund von Hangneigung und Höhenlage jedoch schlechter bewerteten Böden sollte das Potenzial der „Nutzung als Almwiese“ im Kommentar vermerkt werden.

Aufgrund der geringen Bedeutung des Ackerbaus im Untersuchungsgebiet erfolgt die Bewertung im Hinblick auf das Potenzial zur Nutzung als Grünland (Wiese, Weide). Bei einer angestrebten Nutzung als Acker, insbesondere für den Anbau von Futtermais ist die Erosionsgefährdung der bewerteten Fläche zu berücksichtigen.

Funktionen im Naturhaushalt

### 1c.1) Retentionsvermögen für Niederschläge

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Hangneigung (S135)*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*Bodentyp (S322)*

*Wasserspeichervermögen (Px10)*

*gesättigte Wasserleitfähigkeit (Px12)*

*daraus abgeleitet: minimaler kf-Wert (kfmin = Sx10)*

***Methodik:*** *Umweltministerium Baden-Württemberg (1995: 25f.), BayGLA (2003: 40ff.) – modifiziert*

Bewertet wird die Fähigkeit des Bodens Wasser aufzunehmen, das bei lang anhaltenden Nieder­schlägen auf der jeweiligen Fläche anfällt oder von benachbarten (versiegelten) Flächen zufließt. In den Grobporen des Bodens (>50 µm = Luftkapazität) wird das Wasser kurzzeitig aufgenommen und – abhängig von der Durchlässigkeit der unterliegenden Horizonte – mehr oder weniger rasch an das Grundwasser abgegeben, während in den Poren mittlere Größe (0,2 bis 50 µm = nutzbare Feld­kapazität) das infiltrierte Wasser gespeichert und zeitlich verzögert wieder an Pflanzen bzw. durch Evapotranspiration weiter an die Atmosphäre abgegeben wird. Durch diese Prozesse wird die Menge oberflächlich abfließenden Wassers reduziert, der Boden leistet damit einen wichtigen Beitrag zum Hochwasserschutz. Darüber hinaus spielt die Wasserrückhaltefähigkeit auch eine wichtige Rolle bei der Filterung von Schadstoffen (siehe 1c.3), der Regulierung des Mikroklimas und der Versorgung von Pflanzen.

Schritt 1 – Bestimmung der WSV-Berechnungsmethode nach der Hangneigung (vgl. Px10)

Beurteilt wird also einerseits die Eignung des Bodens Wasser aufzunehmen und zwischenzuspeichern und andererseits anfallendes Wasser in den Untergrund weiterzuleiten. Die Bewertung wird dabei nach den Geländeverhältnissen differenziert: In „abflussträgen Lagen“, d.h. auf ebenen oder nur schwach geneigten Flächen sind sowohl die möglichst große Speicherfähigkeit (in den Poren mittlerer Größe) als auch die schnelle Versickerung und rasche Weiterleitung an das Grundwasser (aus den schnell entwässernden Grobporen) wichtig, um Überschwemmungen zu vermeiden.

In Hanglagen (>9%, siehe BayGLA 2003: 40; in Umweltbundesamt Baden-Württemberg 1995: 25 wird ein Grenzwert von 6% angegeben) ist die Rückhaltefähigkeit von zentraler Bedeutung, da Sickerwasser ansonsten entlang von Stauhorizonten oder tiefer gelegenen, stauenden Schichten rasch oberflächennah, hangparallel abflusswirksam werden kann.

Böden auf Flächen mit <9% Neigung (eben bis schwach geneigt, S135 = 11-12 bzw. 21-22):

Wasserspeichervermögen (WSV) = nutzbare Feldkapazität (nFK) + Luftkapazität (LK)

Böden auf Flächen mit 9% Neigung (S135 = 13-17 bzw. 23-27):

Wasserspeichervermögen (WSV) = nutzbare Feldkapazität (nFK)

Schritt 2 – Bestimmung des zu bewertenden Bereiches (BB)

Weiters ist zu beachten, dass für die Bewertung bei Grundwasser beeinflussten Böden (Gleye, Moore) nur der Bereich oberhalb des Gr-Horizonts (=fast durchgehend im Grundwasser) sowie bei Stauwasser beeinflussten Böden (Pseudogleye) oberhalb des Sd-Horizonts (=geringst durchlässiger Stauhorizont) berücksichtigt wird. Bei der Bewertung nicht entwässerter Moore ist der aktuelle Grundwasserstand zur Abgrenzung des bewerteten Bereiches (BB) heranzuziehen.

Es ergibt sich also gemäß dieser Kriterien folgende Abgrenzung des bewerteten Bereiches:

bei Mooren (*S322: Code 2100-2120*):   
BB bis zum Grundwasserspiegel (S153), falls bekannt; ansonsten bis Obergrenze des Gr-Horizonts oder 100 cm

bei Grundwassereinfluss (*S153 <1 m oder S322: Code 1822-1824 oder 2000-2033*):   
BB bis zur Obergrenze des Gr-Horizonts (oder G2-Horizonts, falls Abfolge A-G1-G2 o.ä.)

bei Stauwassereinfluss (*S322: Code 1900-1950*)   
BB bis zur Obergrenze des S- oder Sd-Horizonts

bei Böden über anstehendem Gestein oder Stauhorizont:   
BB bis zur Obergrenze jenes Horizontes, der einen kf-Wert von 1 hat (*Festgestein wird in einer Näherung als „undurchlässig“ angesehen, sofern keine Indizen für einen höheren kf-Wert sprechen – siehe Bestimmung Px12*)

für alle anderen Böden:   
BB = Profiltiefe = 100cm

Schritt 3 – Aufsummieren der WSV-Werte (Px10) für alle Horizonte im bewerteten Bereich

Da dieser Summenwert wie im vorigen Schritt erläutert unter bestimmten Bedingungen von Sx08 (=Wasserspeichervermögen für das gesamte Profil) abweichen kann, ist er für die Bewertung von 1c.1 gesondert zu ermitteln.

Schritt 4 – Ermitteln des minimalen kf-Wertes (Px12) für alle Horizonte im bewerteten Bereich

In einer Anpassung des in BayGLA (2003) beschriebenen Verfahrens wird nicht der über das gesamte Profil gemittelte kf-Wert verwendet sondern der minimale kf-Wert, also jener des geringst durchlässigen Horizonts, der die Versickerung in den Untergrund letztlich limitiert. Auf diese Weise können Böden mit ausgeprägtem Wechsel der Durchlässigkeit (v.a. locker über dicht) besser berücksichtigt werden. Falls ein Horizont einen kf-Wert von 1 aufweist wird dieser als absoluter Stauhorizont betrachtet und nur der darüber liegende Bereich bewertet.

Schritt 5 – Gesamtbewertung **Retention**

Die Tabelle wird zur besseren Differenzierbarkeit weiter aufgegliedert als in BayGLA (2003) vorgegeben (grau hinterlegte Zeilen und Spalten, vgl. Geitner et al. 2007).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **kf-Wert** [cm/d] *(Schritt 4)* | **Wasserspeichervermögen** [mm bzw. l/m²]*(Schritt 3)* | | | | | |
| 60 | >60 - 90 | >90 - 140 | >140 - 220 | >220 - 300 | >300 |
| 7 | **5** | **5** | **5** | **5** | **4** | **4** |
| >7 - 15 | **5** | **5** | **4** | **4** | **3** | **3** |
| >15 - 30 | **5** | **4** | **4** | **3** | **2** | **2** |
| >30 - 40 | **5** | **4** | **3** | **2** | **2** | **2** |
| >40 – 100 | **3** | **3** | **2** | **2** | **2** | **1** |
| >100 | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** |

In BayGLA (2003: 40f.) werden weitere Probleme des Ansatzes beschrieben, die bei der Interpretation der Ergebnisse bedacht werden müssen. So wird das Prozessgeschehen im Boden bei Niederschlägen nur sehr grob abgebildet, insbesondere kann die konkrete Ausprägung und der Einfluss von Porengefüge, Wurzelgängen oder Wurmröhren nicht berücksichtigt werden. In ton- und schluffreichen Böden kann das Retentionsvermögen zusätzlich durch Verschlämmung der Poren negativ beeinflusst aber nicht quantifiziert werden.

Die Durchlässigkeit von Böden (kf-Wert) kann bei sehr hohem Skelettgehalt von 60% und mehr nur grob bestimmt werden – wie in Px12 genauer ausgeführt wird in diesem Fall automatisch ein „sehr hoher“ kf-Wert von 300 cm/d angenommen und nicht weiter differenziert. Die vorgeschlagene anteilsmäßige Reduzierung des kf-Wertes pro %Vol Grobanteil wird nach den Erfahrungen aus dem TUSEC-Verfahren nicht vorgenommen! Ebenso kann bei Festgesteinsböden die tatsächliche Durchlässigkeit je nach Klüftigkeit des Substrates mehr oder weniger stark von der angenommenen äußerst geringen Durchlässigkeit (kf-Wert = 1 cm/d) abweichen.

In Umweltprüfungen (SUP oder UVP) ist zu beachten, dass diese Funktion des Bodens durch Versiegelung vollständig verloren geht bzw. technisch ersetzt werden muss (Sickergräben, Versickerungsschächte), allerdings durch Entsiegelung auch wieder hergestellt werden kann. Als zentrale Funktion des Bodens sollte dieser Bewertungsschritt in einer aggregierten Gesamt­bewertung bzw. bei der Beurteilung der Eignung des Bodens für bestimmte Anforderungen der Raumplanung hohes Gewicht erhalten (vgl. auch Ansatz im Fachplan Boden München, Geitner et al. 2007).

### 1c.2) Kurzfristiges Rückhaltevermögen für Starkniederschläge

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*Bodentyp (S322)*

*Luftkapazität (Px09)*

*daraus abgeleitet: bewertungsrelevante Luftkapazität (LKoben = Sx07)*

*gesättigte Wasserleitfähigkeit (Px12)*

*daraus abgeleitet: minimaler kf-Wert (kfmin = Sx10)*

*Bemessungsniederschlag (Eingabefeld CritRain, z.B. aus HAÖ)*

***Methodik:*** *Lehmann et al. (2008: 51ff.) – modifiziert*

Diese Bewertung wurde im Rahmen von TUSEC-IP entwickelt und stellt eine Erweiterung der unter 1c.1 beschriebenen Bewertung des Retentionsvermögens dar (Lehmann et al. 2007). Im oben genannten Verfahren wird von einem trockenen Boden ausgegangen (d.h. auch die Poren mittlerer Größe sind entleert und können Wasser aufnehmen) und die potenzielle Wasseraufnahme- und Versickerungsleistung unabhängig von konkreten Niederschlagsereignissen beurteilt. In der Realität zeigt sich allerdings, dass hinsichtlich Hochwasserschutz dieser hypothetische Wert insofern wenig aussagekräftig ist, da die größte Gefahr für Überschwemmungen bei Starkniederschlägen auf einen bereits wassergesättigten Boden besteht, wie dies z.B. bei Gewittern nach einer längeren Regenperiode der Fall sein kann. Daher wird hier folgende Grundannahmen getroffen:

Der Boden ist wassergesättigt, d.h. es stehen nur die rasch entwässernden Grobporen (>50 µm = Luftkapazität) für die kurzfristige Aufnahme von Niederschlagswasser zur Verfügung.

Es steht nicht der Grobporenraum des gesamten Profils zur Verfügung, da die rasche Versickerung durch (relative) „Stauhorizonte“, d.h. Horizonte mit einer geringen Wasserleitfähigkeit limititert wird. Zur Bewertung werden daher nur die Horizonte bis zum relativen „Stauer“ herangezogen.

Die Wasseraufnahmefähigkeit kann – natürlich mit den bereits unter 1c.1 erwähnten verfahrensbedingten Einschränkungen – in l/m² berechnet werden. Um abschätzen zu können, ob bei einem Starkniederschlag Oberflächenabfluss entsteht, wird diese Wasseraufnahmefähigkeit mit einem definierten Bemessungsniederschlag verglichen. Dieser kann für das gesamte Bundesgebiet in einer räumlichen Auflösung von rund 6 km x 6 km aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs (BMLFUW 2007) entnommen werden. Für das Untersuchungsgebiet wird als Bemessungsereignis **ein 60-minütiger Starkregen mit einer Wiederkehrdauer von 10 Jahren vorgeschlagen** (*Anm.: Eingabefeld CritRain, auf Untersuchungsgebietsebene abfragen)*.

Schritt 1 – Ermitteln der Tiefe des „Stauers“

Ähnlich zu 1c.1 wird der bewertungsrelevante Bereich (BB) anhand hydrogeologischer Kriterien abgegrenzt:

bei Mooren (*S322: Code 2100-2120*):   
BB bis zum Grundwasserspiegel (S153), falls bekannt; ansonsten bis Obergrenze des Gr-Horizonts oder 100 cm

bei Grundwassereinfluss (*S153 <1 m oder S322: Code 1822-1824 oder 2000-2033*):   
BB bis zur Obergrenze des Gr-Horizonts (oder G2-Horizonts, falls Abfolge A-G1-G2 o.ä.)

bei Stauwassereinfluss (*S322: Code 1900-1950*)   
BB bis zur Obergrenze des S- oder Sd-Horizonts

bei Böden über anstehendem Gestein oder Stauhorizont:   
BB bis zur Obergrenze jenes Horizontes, der einen kf-Wert von 1 hat (*Festgestein wird in einer Näherung als „undurchlässig“ angesehen, sofern keine Indizen für einen höheren kf-Wert sprechen – siehe Bestimmung Px12*)

für alle anderen Böden:   
BB bis zur Untergrenze jenes Horizontes, der den geringsten kf-Wert innerhalb des Profils aufweist (kfmin = Sx10)

Schritt 2 – Berechnen des gesamten Volumens der Grobporen (=Luftkapazität) bis zum „Stauhorizont“

Dieser Schritt entspricht der Berechnung von Sx07 (LKoben) und umfasst das Aufsummieren der Luftkapazität aller Horizonte bis zu der in Schritt 1 bestimmten Tiefe – für Stauwasser beeinflusste Böden oder „normale“ Böden wird die Horizontuntergrenze herangezogen und damit der Porenraum des betreffenden Horizontes noch berücksichtigt.

Schritt 3 – Ermittlung und Korrektur des Bemessungsniederschlags

Anschließend wird abgeschätzt, ob die bei einem Extremereignis anfallende Wassermenge von den zur Verfügung stehenden Grobporen aufgenommen werden kann. Dieser Vergleichswert ergibt sich aus dem Bemessungsniederschlag abzüglich der (durch den kfmin-Wert limitierten) Wassermenge, die im selben Zeitraum (1 Stunde) versickert, d.h. in den Untergrund bzw. in das Grundwasser weitergeleitet wird. Bei Böden auf Festgestein (daher einem Skelettgehalt von 100% und einer Gründigkeit von weniger als 25 cm) oder Grundwasser beeinflussten Böden entfällt diese Korrektur, der Bemessungsniederschlag geht unverändert in den Vergleich ein. Für alle anderen Böden gilt:

korrigierter Bemessungsniederschlag = Bemessungsniederschlag [mm/h] - (kfmin [cm/d] / 2,4)

Schritt 4 – Gesamtbewertung

Die abschließende Gesamtbewertung erfolgt durch den Vergleich der Wasseraufnahmekapazität mit dem korrigierten Bemessungsniederschlag:

|  |  |
| --- | --- |
| Verhältnis **korr. Bemessungsniederschlag** (*Schritt 3*) / **Wasseraufnahmekapazität** *(LKoben = Sx07)* | **Bewertung Ret\_Crit** |
|  0,9 | **1** |
| >0,9 bis 1,2 | **2** |
| >1,2 bis 2,0 | **3** |
| >2,0 bis 3,0 | **4** |
| >3,0 [oder Grundwasserspiegel *(S153)* <1 m unter GOF] | **5** |

Weitere in der Realität wichtige Faktoren wie z.B. die Vegetationsbedeckung oder eventuell vorhandener Wurzelfilz können in diesem Ansatz nicht berücksichtigt werden, weiters gelten die unter 1c.1 bereits andiskutierten Unschärfen und Einschränkungen.

### 1c.3) Qualitative Aspekte der Grundwasserneubildung

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*Bodentyp (S322)*

*Wasserspeichervermögen (Px10)*

*gesättigte Wasserleitfähigkeit (Px12)*

*daraus abgeleitet: minimaler kf-Wert (kfmin = Sx10)*

***Methodik:*** *Lehmann et al. (2008: 26ff.)*

Diese Bewertung wurde ebenfalls im Rahmen von TUSEC-IP entwickelt (Lehmann et al. 2007) und stellt eine Weiterentwicklung des unter 1c.1 beschriebenen Verfahrens für eine zusätzliche Bewertung des hydrologischen Potenzials von Böden dar. In der ursprünglichen Form wird das Retentionspotenzial eines Bodens betrachtet und umso höher bewertet, je mehr Wasser aufgenommen (gesamtes Volumen der Poren mit >0,2 µm Durchmesser = Wasserspeichervermögen WSV) und je schneller Wasser in den Untergrund weitergeleitet werden kann (kf-Wert).

Während ein hohes Wasserspeichervermögen auch für die Grundwasserneubildung eine positive Rolle spielt, ist die Durchlässigkeit des Bodens differenziert zu betrachten. Einerseits ist eine gewisse hydraulische Leitfähigkeit erforderlich, damit Wasser überhaupt erst in tiefere Schichten gelangen und dadurch zur Grundwasserneubildung beitragen kann. Andererseits bewirkt ein zu rasches Versickern jedoch, dass mit dem Niederschlagswasser eingetragene Schadstoffe in das Grundwasser gelangen. Damit nicht abbaubare Stoffe immobilisiert (siehe 1d.1 und 1d.3) bzw. die um- und abbauenden Prozesse im Boden ablaufen können (siehe 1d.2) und somit eine höhere Wasserqualität gewährleistet wird, ist eine gewisse Mindestverweilzeit des Wassers in den „aktiven“ Bodenhorizonten nötig. Lehmann et al. (2008: 26) gehen von einer optimalen Sickerzeit von ein bis zwei Wochen aus.

Für Grundwasser beeinflusste Böden (Gleye, Moore) ist nur der Bereich oberhalb des Gr-Horizonts (=fast durchgehend im Grundwasser) sowie bei Stauwasser beeinflussten Böden (Pseudogleye) oberhalb des Sd-Horizonts (=geringst durchlässiger Stauhorizont) für die Bewertung relevant. Alle Böden auf Standorten mit einem Grundwasserflurabstand von weniger als 1 Meter (incl. Gleye) können hinsichtlich der qualitativen Aspekte der Grundwasserneubildung maximal mit 4 (gering) bewertet werden.

Moorböden erhalten generell die Bewertung „sehr schlecht“, da sie einerseits wegen ihrer Nähe zum Grundwasserkörper, andererseits wegen der möglichen Bildung löslicher organischer Komplexe problematisch sein können (Umweltministerium Baden-Württemberg 1995: 13, BayGLA 2003: 48).

Schritt 1 – Bestimmung des zu bewertenden Bereiches (BB)

Wie in 1c.1 erläutert ergeben sich bei der Bewertung von Böden mit Grund- oder Stauwassereinfluss Einschränkungen, die zu einer Abgrenzung des bewerteten Bereiches führen:

bei Grundwassereinfluss (*S153 <1 m oder S322: Code 1822-1824 oder 2000-2033*):   
BB bis zur Obergrenze des Gr-Horizonts (oder G2-Horizonts, falls Abfolge A-G1-G2 o.ä.)

bei Stauwassereinfluss (*S322: Code 1900-1950*)   
BB bis zur Obergrenze des S- oder Sd-Horizonts

bei Böden über anstehendem Gestein oder Stauhorizont:   
BB bis zur Obergrenze jenes Horizontes, der einen kf-Wert von 1 hat (*Festgestein wird in einer Näherung als „undurchlässig“ angesehen, sofern keine Indizen für einen höheren kf-Wert sprechen – siehe Bestimmung Px12*)

für alle anderen Böden:   
BB = Profiltiefe = 100cm

Schritt 2 – Aufsummieren der WSV-Werte (Px10) für alle Horizonte im bewerteten Bereich

Dieser Wert kann aus dem entsprechenden Bewertungsschritt in 1c.1 übernommen werden.

Schritt 3 – Ermitteln des minimalen kf-Wertes (Px12) für alle Horizonte im bewerteten Bereich

Dieser Wert kann aus dem entsprechenden Bewertungsschritt in 1c.1 bzw. aus Sx10 übernommen werden.

Schritt 4 – Gesamtbewertung

Die Tabelle zur abschließenden Gesamtbewertung des Potenzials zur qualitativ hochwertigen Neubildung von Grundwasser (**GWneu**) wird im Gegensatz zu 1c.1 aufgrund fehlender Erfahrungswerte nicht weiter aufgegliedert und unverändert aus Lehmann et al. (2007) übernommen:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **kf-Wert** [cm/d] *(Schritt 3)* | **Wasserspeichervermögen** [mm bzw. l/m²]*(Schritt 2)* | | | |
| 60 | >60 – 140 | >140 – 220 | >220 |
| 7 | **5** | **4** | **3** | **2** |
| >7 - 15 | **3** | **2** | **1** | **1** |
| >15 - 40 | **5** | **4** | **3** | **2** |
| >40 | **5** | **5** | **5** | **5** |

Schritt 5 – Modifikation bei grundwassernahen Böden (vgl. Schritt 1)

Moore (*S322: Code 2100-2120*): **GWneu = 5**

bei Grundwassereinfluss (*S153 <1 m oder S322: Code 1822-1824 oder 2000-2033*):   
falls Bewertung lt. Schritt 5 = 1 oder 2: **GWneu = 4**falls Bewertung lt. Schritt 5 = 3, 4 oder 5: **GWneu = 5**

Um neben der Sickerwasserverweilzeit im Boden auch die Abbau- und Transformationsfunktion des Bodens zu integrieren, werden z.B. in Gerstenberg & Smettan (2005) zur Bewertung der „Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung“ bodenchemische Prozesse mit berücksichtigt. Daher wird für eine weiter­führende Bewertung in SEPP die kombinierte Betrachtung dieses Potenzial mit der Bewertungsgruppe 1d (Rückhaltevermögen für Schwermetalle, Filter- und Pufferpotenzial bzw. Transformationspotenzial für organische Schadstoffe) empfohlen.

*Anm.: In anderen Verfahren (z.B. Wessolek & Trinks 2002, Bogena et al. 2003 – beide dokumentiert in Müller 2004; Gerstenberg & Smettan 2005) dient die Sickerwasserrate als Kenngröße für die Grundwasserneubildung. In diese fließen neben dem Wasserspeichervermögen auch Niederschlag, Evapotransporation und Oberflächenabfluss (in Abhängigkeit von Nutzung/Vegetation, Bodenart und Reliefparametern) sowie der kapillare Aufstieg ein. Insgesamt lassen sich die Rate der Grundwasserneubildung und in weiterer Folge auch die damit verbundenen qualitativen Aspekte auf diese Weise viel besser quantifizieren, allerdings sind mehrere Probleme damit verbunden:*

* *Die Faktoren der zugrunde liegenden Regressionsgleichungen wurden in verschiedenen Regionen Deutschlands ermittelt, die hinsichtlich der naturräumlichen und klimatischen Verhältnisse nur sehr bedingt mit dem Untersuchungsraum vergleichbar sind.*
* *Einzelne Parameter können aus den üblicherweise vorliegenden Datengrundlagen nicht oder ebenfalls nur mit großen Unsicherheiten behaftet abgeleitet werden (z.B. kapillarer Aufstieg)*
* *Auch diese Verfahren sind nur bis zu einer bestimmten Hangneigung einsetzbar (z.B. Wessolek & Trinks nur bis 3,5 % Neigung; Müller nur bis 18 % Neigung und 1300 mm Jahresniederschlag).*

*Aus den genannten Gründen wird im vorliegenden Bewertungssystem bis auf Weiteres die einfachere Methodik nach Lehmann et al. 2008 verwendet.* *Für eine Übersichtsbewertung größerer Gebiete empfiehlt sich der ebenfalls einfache und hauptsächlich auf Klimadaten sowie der Hauptbodenart des Oberbodens basierende Ansatz zur Ermittlung der Sickerwasserrate aus BayGLA 2003 („Rückhaltevermögen des Bodens für wasserlösliche Stoffe (z.B. Nitrat)“ – siehe Bewertung 1d.4 und DS II).*

### 1c.4) Potenzial des Bodens zur Nährstoffbereitstellung für Pflanzen

***Eingangsparameter:***

*Mb-Wert (Sx15)*

***Methodik:*** *Müller (2004: 153f.) - modifiziert*

Gesunde Böden besitzen die Fähigkeit, anorganische und organische Verbindungen, die für das Wachstum von Pflanzen wichtig sind, aus dem Sickerwasser aufzunehmen und zu binden. In welchem Ausmaß ein Boden Nährstoffe aufnehmen und pflanzenverfügbar bereitstellen kann, hängt hauptsächlich von der Menge basischer Kationen (v.a. Ca2+, Mg2+, K+, Na+ und NH4+) ab, die im effektiven Wurzelraum des Bodens austauschbar gebunden sind bzw. gebunden werden können. Diese als „Kationenaustausch­kapazität (KAK)“ bezeichnete Menge ist durch die wichtige Rolle von Tonmineralen und Huminstoffen als Ionentauscher hauptsächlich abhängig von Textur und Organikgehalt des Bodens (Berechnung siehe Px13). Bei sauren Bodenverhältnissen kann diese „potenzielle“ KAK allerdings nicht vollständig ausgeschöpft werden, da in diesem Falle viele bei neutralen Bedingungen für Nährstoffe zur Verfügung stehende Ionentauscher mit H+-Ionen besetzt sind (Lewandowski et al. 1997).

Das Nährstoffpotenzial an einem Standort ist auch abhängig davon, wie viel Feinboden (=gesamter Boden abzüglich Grobmaterial mit mehr als 2 mm Durchmesser) im Wurzelraum vorhanden ist und welcher Teil der potenziellen KAK beim vorherrschenden pH-Wert von den basischen Kationen Ca2+, Mg2+, K+, Na+ in Anspruch genommen werden kann – die Berechnung des so genannten Mb-Wertes im effektiven Wurzelraums ist im Abschnitt „Komplexe Parameter“ unter Sx15 beschrieben.

Der so ermittelte Wert wird gemäß folgender Tabelle kategorisiert, aufgrund der relativen Unschärfe des Verfahrens wird auf eine stärkere Differenzierung in 5 Klassen verzichtet:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **MbWe-Vorrat** [cmolc/m²] *(Sx15)* | **Bewertung** | **Bewertung Naehr** |
| <3.000 | gering | **5** |
| 3.000 bis 6.000 | mittel | **3** |
| >6.000 | hoch | **1** |

*Anm.: Der tatsächlich im Boden vorhandene Gehalt an Nährelementen kann durch Düngung massiv beeinflusst werden. Übersteigt durch zu intensive oder falsche Düngung die Menge eingetragener Stoffe die Kationenaustausch­kapazität des Bodens besteht die Gefahr der Auswaschung in das Grundwasser, wo bestimmte Stoffe (Bsp. Nitrat NO3) bei entsprechender Nutzung als Trinkwasser potenziell gesundheitsschädigend für Menschen sein können - siehe auch 1c.3 „Qualitative Aspekte der Grundwasserneubildung“.*

### 1c.5) Potenzial des Bodens als CO2-Senke

***Eingangsparameter:***

*Nutzung (S178)*

*Humusmenge im Gesamtprofil (Sx03)*

***Methodik:*** *Gerstenberg & Smettan (2005: 102f.) – modifiziert*

Die Bewertung des Potenzials als CO2-Puffer bzw. CO2-Senke ist mit Vorbehalten zu betrachten. Einerseits rückt der Boden durch seine Rolle im Kohlenstoffkreislauf im Zusammenhang mit der Diskussion um die Auswirkungen des Klimawandels verstärkt in das Interesse der Öffentlichkeit und bietet dadurch eine gute Möglichkeit, Verständnis für Bodenschutzbelange zu wecken („Bodenschutz = Klimaschutz“). Andererseits gibt es jedoch bislang noch keine erprobten Verfahren, um dieses Potenzial im Detail bewerten zu können. Aufgrund derzeit noch mangelnden Prozessverständnisses können keine gesicherten Aussagen darüber getroffen werden, unter welchen Voraussetzungen Boden Kohlenstoffquelle, kurzfristiger Kohlenstoffpuffer oder langfristige Kohlenstoffsenke ist. Als gesichert gilt, dass in der Vegetation große Mengen Kohlenstoff rückgehalten werden, weshalb Bereiche mit einer sehr hohen Biomasseproduktion, sprich Wälder, prinzipiell als Kohlenstoffsenken gelten müssen und hoch zu bewerten sind.

Weiters besteht Konsens darüber, dass das Potenzial unmittelbar vom Humus- bzw. Torfanteil des Bodens abhängig ist und die Freisetzung von CO2 bei Beibehaltung oder Erhöhung dieser Anteile vermieden wird, während beim Abbau von organischer Substanz (z.B. durch Entwässerung von Mooren, Intensivierung der landwirtschaftlichen Nutzung) der Boden als CO2-Quelle fungiert.

In den Erläuterungen zu den Bodenfunktionskarten im Umweltatlas Berlin (Gerstenberg & Smettan 2005) werden zwei Bodenformen erwähnt, denen prinzipiell ein hohes Potenzial als Puffer und Senke für CO2 zukommt:

Rohböden mit einem zukünftigen Potenzial zur Aufnahme von Kohlenstoff bei ungestörter Entwicklung (*Anm.: Es ist dabei noch unklar, inwieweit diese Prämisse auch auf Gebirgsböden übertragen werden kann, die sich unter den aktuellen Bedingungen nicht oder nur sehr langsam weiter entwickeln, jedoch bei geänderten Klimabedingungen sehr wohl als signifikante Kohlenstoffsenke dienen könnten)*

Böden mit aktuell hohem Organikgehalt (z.B. Moore), die aufgrund dieser Eigenschaft schützenswert sind, weil ihre Zerstörung zu einer erheblichen Freisetzung von CO*2* führen würde.

Da die gleiche Menge CO2 sehr viel schneller freigesetzt als gebunden werden kann, wird der Schutz von humusreichen Böden vor der Freisetzung als vorrangig angesehen und entsprechend in der Bewertung berücksichtigt (Gerstenberg & Smettan 2005: 102f.).

Schritt 1 – Bewertung nach der Nutzung

Wälder und Moore erhalten die beste Bewertung, es gilt:

Nutzung Wald (Code in S178: 100), Laubwald (110), Nadelwald (120), Mischwald (130) und unkultivierte Moore (950) **Bewertung CO2\_Senke = 1**

*Anm.: Für hier nicht berücksichtigte Moore, denen jedoch gemäß 1a.2 ein „sehr hohes“ Potenzial als Feuchtstandort bescheinigt wird, ist bei Umweltprüfverfahren textlich zu vermerken, dass sie aufgrund ihres potenziell hohen Humusgehalts ebenfalls eine wichtige Rolle im Kohlenstoffkreislauf spielen könnten, in Unkenntnis der aktuellen Situation (Moor noch natürlich oder aktuell entwässert?) aber keine Rückschlüsse auf ihre Rolle im Kohlenstoffkreislauf möglich sind.*

Schritt 2 – Bewertung nach der Humusmenge (HMges)

Für alle nicht in Schritt 1 berücksichtigen Nutzungen erfolgt die Bewertung anhand folgender Tabelle nach der Humusmenge im gesamten Profil:

|  |  |
| --- | --- |
| **Humusmenge im Gesamtprofil** [kg/m³] *(Sx03)* | **Bewertung**  **CO2\_Senke** |
| 100 | **1** |
| 50 bis <100 | **2** |
| 20 bis <50 | **3** |
| 10 bis <20 | **4** |
| <10 | **5** |

### 1d.1) Rückhaltepotenzial für Schwermetalle

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Horizontmächtigkeit*

*pH-Wert (P149 oder B105)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Tongehalt (B200 oder Ableitung aus P140 oder B209)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*Basenreichtum des Ausgangssubstrats (S165)*

*Bodentyp (S322)*

***Methodik:*** *Hennings (2000), BayGLA (2003: 46ff.) – modifiziert*

Schwermetalle, die in der industriellen Produktion, im Straßenverkehr oder bei landwirtschaftlicher Nutzung (z.B. Klärschlammdüngung) freigesetzt werden, können über die Luft oder mit dem Niederschlagswasser in den Boden gelangen. Werden diese Stoffe weiter in das Grundwasser geleitet oder über den Wirkungspfad Boden-Pflanze in den Nahrungskreislauf von Tieren und Menschen aufgenommen, stellen sie durch ihre toxische Wirkung eine Bedrohung für die menschliche Gesundheit dar.

Tonminerale und organische Bestandteile des Bodens können diese Schadstoffe in Abhängigkeit vom pH-Wert unterschiedlich gut immobilisieren und damit vorübergehend oder - unter unveränderten Rahmenbedingungen - sogar dauerhaft den natürlichen Kreis­läufen entziehen. Besonders in grund­wassernahen Bereichen oder auf landwirtschaftlichen Anbauflächen kommt dieser Funktion eine hohe Bedeutung zu.

Zur Bewertung kommt ein von Hennings (2000) erstmals vorgestelltes Verfahren zur Anwendung, wobei der einfacheren Handhabung wegen die Filter- und Pufferkapazität nicht für alle relevanten Metalle einzeln bewertet wird. Stellvertretend wird das bei Bodenversauerung besonders leicht mobilisierbare Cadmium bewertet und so das „minimale“ Rückhaltevermögen des Bodens beurteilt. Die relativen Bindungsstärken anderer Stoffe (Mn, Ni, Co, Zn, Al, Cu, Cr, Pb, Hg, Fe) können bei Bedarf der Originalarbeit von Hennings (2000) oder der Methodensammlung von Müller (2004: 316f.) entnommen werden.

Weiters ist anzumerken, dass das verwendete Verfahren nur eine ordinal skalierte Einschätzung des relativen Rückhaltevermögens für Schwermetalle gibt, so dass die Böden verschiedener Flächen miteinander verglichen werden können – es ist damit jedoch keine Quantifizierung der Menge rückgehaltener Schwermetalle („mg Cd / kg Feinboden“ o.ä.) möglich.

In einem ersten Schritt wird die grundlegende Bindungsstärke sandiger, humusfreier oder schwach humoser Böden in Abhängigkeit von der Bodenazidität eingeschätzt. Dieser Wert wird anschließend für ton- und humusreiche Böden modifiziert und ein gewichteter Durchschnittswert für das gesamte Profil ermittelt. Moore (*S322: Code 2100-2120*) erhalten generell die Bewertungsstufe 5 (sehr schlecht), da hier die Gefahr der Bildung löslicher organischer Komplexe besteht, die v.a. bei Niedermooren rasch ins Grundwasser gelangen können (vgl. BayGLA 2003: 47).

Schritt 1 – Bestimmung der relativen Bindungsstärke für Cadmium (Cd) bei verschiedenen pH-Werten

Als Ausgangswert der Bewertung wird für jeden Horiznt die relative Bindungsstärke für Cadmium (*Cd\_rel*) anhand folgender Tabelle ermittelt. Für den pH-Wert können dabei entweder exakte Labormesswerte (B105) oder – falls diese nicht verfügbar sind – näherungsweise im Feld erhobene Werte (P149) angesetzt werden.

|  |  |
| --- | --- |
| **pH-Wert (CaCl2)**  *(B105 oder P149)* | **relative Bindungs-stärke** (Cd\_rel) |
| 2,5 – 2,7 | **0,0** |
| 2,8 – 3,2 | **0,5** |
| 3,3 – 3,7 | **1,0** |
| 3,8 – 4,2 | **1,5** |
| 4,3 – 4,7 | **2,0** |
| 4,8 – 5,2 | **2,5** |
| 5,3 – 5,7 | **3,5** |
| 5,8 – 6,2 | **4,0** |
| 6,3 – 6,7 | **4,5** |
| < 6,8 | **5,0** |

Falls für den Cv-Horizont kein pH-Wert angegeben ist, so werden in Abhängigkeit vom Basenreichtum des Ausgangsmaterials (Feld S165) folgende Werte veranschlagt:

|  |  |
| --- | --- |
| **Basenreichtum** *(S165)* | **relative Bindungs­stärke** (Cd\_rel) |
| basenreich (1) | **5,0** |
| basenarm (2) | **1,0** |
| intermediär (3) | **3,0** |
| keine Angabe (9) | **k.A.** |

Schritt 2 – Aufwertung der relativen Bindungsstärke für Cadmium bei humusreichen Böden

Die in Schritt 1 ermittelte relative Bindungsstärke wird in Abhängigkeit vom Humusgehalt gegebenen­falls modifiziert. Fehlt die Angabe zum Humusgehalt, wird der Wert aus Schritt 1 unverändert beibehalten, ansonten ergibt sich der Zuschlag aus der Ausprägung von Parameter Px01 wie folgt:

|  |  |
| --- | --- |
| **Humusgehalt** [%]*(Px01)* | **Zuschlag zu Cd\_rel** |
| <2 | **0** |
| 2 bis <8 | **+0,5** |
| 8 bis <15 | **+1,0** |
| 15 | **+1,5** |

Schritt 3 – Aufwertung der relativen Bindungsstärke für Cadmium bei tonreichen Böden

Für Böden mit einem Tongehalt von mindestens 12 % ist die relative Bindungsstärke ebenfalls zu korrigieren. Bei exakt bestimmtem Tongehalt ist der Wert aus B200 heranzuziehen, falls dieser nicht bekannt ist erfolgt die Kategorisierung anhand der Bodenart (per Messung im Labor: B209, per Fingerprobe im Gelände: P140):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tongehalt** [%] *(B200)* | **Bodenart** | **Code P140 bzw. B209** | **Zuschlag zu Cd\_rel** |
| <12 | S, uS, sU, U, lS | 101 bis 231 | **0** |
| 12 | lU, tS, sL, uL, L, sT, lT, T | 313 bis 534 | **+0,5** |

Schritt 4 – Modifikation der relativen Bindungsstärke für Cadmium nach Grobanteil des Bodens

Da nur der Feinboden als Puffer fungieren kann, wird die relative Bindungsstärke um den prozentuellen Anteil des Bodenskeletts (Px02) reduziert:

Cd\_rel\_mod = Cd\_rel \* (100 - Px02) / 100

Schritt 5 – Bestimmung der relativen Bindungsstärke für Cadmium für das Gesamtprofil

Die Bewertungsschritte 1 bis 4 werden für alle relevanten Horizonte im Profil durchgeführt (idR. bis zur Bewertungstiefe von 100 cm; davon ausgenommen sind grundwasserbeeinflusste Böden, die bis zur Obergrenze des Gr- bzw. G2-Horizontes oder – falls bekannt – bis zur in S153 angegebenen Tiefe des Grundwasserspiegels bewertet werden).

Anschließend werden die horizontbezogenen Werte gewichtet nach der jeweiligen Mächtigkeit der Horizonte 1 bis *n* aufsummiert.

Cd\_rel\_ges = Σ (Cd\_rel\_mod (*n*) \* Mächtigkeit (*n*) [cm] / 100)

Schritt 6 – Gesamtbewertung

Zur Gesamtbewertung des Filter- und Pufferpotenzials für Schwermetalle wird die relative Bindungs­stärke für Cadmium für das Gesamtprofil (Schritt 5) gemäß folgender Tabelle kategorisiert:

|  |  |
| --- | --- |
| **rel. Bindungsstärke** *(Schritt 5)* | **Bewertung**  **FiltPuff** |
| 4,5 | **1** |
| 3,5 bis <4,5 | **2** |
| 2,5 bis <3,5 | **3** |
| 1,5 bis <2,5 | **4** |
| <1,5 | **5** |

### 1d.2) Transformationspotenzial (Abbaupotenzial) für organische Schadstoffe

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*pH-Wert (P149 oder B105)*

*Humusform (P151)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

*Tonmenge (Px05)*

*Humusmenge (Px06)*

***Methodik:*** *Umweltministerium Baden-Württemberg (1995: 27ff.) – modifiziert*

Organische Schadstoffe im Boden werden zu einem geringen Teil von Säuren, zum weitaus größeren Teil jedoch von Mikroorganismen zersetzt und abgebaut. Da das Potenzial für mikrobiellen Abbau mit zunehmender biologischer Aktivität im Oberboden steigt kann die Bewertung des Transformations­potenzials indirekt anhand einer Beurteilung der Lebensbedingungen für Bodenmikroorganismen erfolgen.

Diese Lebensbedingungen hängen von verschiedenen Faktoren wie z.B. Temperatur, Feuchtigkeit, Acidität (pH-Wert) und Humusgehalt sowie Bodenart, Struktur und Porösität im Hinblick auf die Luft- und Wasserversorgung des Bodens ab. Wie in 1a.3 („Lebensraum für Bodenmikroorganismen“) bereits erwähnt gibt es bislang nur erste Ansätze zur Bewertung dieses Potenzials. In einigen, in der Praxis bereits verwendeten Methoden wird als integrierendes Kriterium und Indikator für den bodenbiologischen Zustand die Humusform betrachtet (vgl. Hochfeld et al. 2003: 17, 67f.). Aus der Humusform können Rückschlüsse darauf gezogen werden, wie schnell organische Substanz umgesetzt und eingearbeitet wird. Im vorliegenden Verfahren (vgl. Umweltministerium Baden-Württemberg 1995: 27ff.)wird die Humusform ebenfalls als zentrales Bewertungskriterium verwendet.

Für die Beurteilung in Planungsverfahren spielt diese Potenzialbewertung besonders dann eine Rolle, wenn über Pläne / Projekte entschieden werden soll, von denen eine Emission organischer Schadstoffe zu erwarten ist (z.B. Straßenverkehr, bestimmte Industriezweige). Das hier beschriebene Verfahren ist aufgrund der mangelnden Differenzierung nach Stoffgruppen allerdings nur für eine grobe Einschätzung der grundsätzlichen Fähigkeit eines Bodens, organische Schadstoffe abzubauen, zu verwenden.

*Anm.: Das in Müller (2004: 289ff., VKR 6.7.1.2.) beschriebene, detailliertere Verfahren nach Litz & Blume (1989) wird nicht umgesetzt, da darin zwar nach rund 50 verschiedenen Stoffen unterschieden wird, jedoch keine Differenzierung nach Bodeneigenschaften (Ton- und Humusgehalt bzw. pH-Wert) stattfindet. Für den Abbau wird ein „normaler Ackerboden (lockere, feuchte lehmige Krume mit 2 bis 4 % Humus und pH 5.5 bis 6.5 sowie eine mittlere Lufttemperatur von 11 bis 16 °C)“ betrachtet (Müller 2004: 293). Allerdings wird empfohlen, die dortigen Angaben für eine vergleichende Beurteilung heranzuziehen, falls in einem konkreten Planungsverfahren die potenziell emittierten Stoffgruppen bekannt sind.*

Schritt 1 – Berechnung der Humusmenge im Oberboden (HM\_ges)

Die in Px06 für jeden Horizont ermittelte Humusmenge in kg/m² wird für alle Horizonte aufsummiert, die eines der beiden folgenden Kriterien erfüllen:

* Horizontbezeichnung = „O“, „H“ oder „A“ (mit beliebigem Pre- und Suffix)
* Humusgehalt (Px01) von mehr als 2,0 % (*Einschränkung: bei Grundwassereinfluss werden jedenfalls nur Horizonte oberhalb von Gr/G2, bei Stauwassereinfluss oberhalb von Sd/S berücksichtigt*)

Schritt 2 – Berechnung der Tonmenge im Oberboden (TM\_ges)

Die in Px05 für jeden Horizont ermittelte Tonmenge in kg/m² wird für alle Horizonte aufsummiert, die auch in Schritt 1 berücksichtigt wurden.

Schritt 3 – Berechnung des mittleren pH-Wertes im Oberboden (pH\_mitt)

Für den pH-Wert können entweder exakte Labormesswerte (B105) oder – falls diese nicht verfügbar sind – näherungsweise im Feld erhobene Werte (P149) verwendet werden. Wurde in den Bewertungs­schritten 1 und 2 mehr als ein Oberbodenhorizont berücksichtigt, so ist der pH-Wert für diese *n* Horizonte gewichtet nach ihrer Feinbodenmenge (Px04) zu mitteln:

pH\_mitt = Σ (FB (*n*) / FB\_Oberboden \* pH (*n*))

pH\_mitt = Σ (Px04 (*n*) / Σ (Px04) \* B105 bzw. P149 (*n*))

Schritt 4 – Einstufung der mikrobiellen Abbauleistung nach Humusform und pH-Wert

Die mikrobielle Abbauleistung wird gemäß folgender Tabelle in drei Kategorien eingestuft, wobei für einzelne Humusformen saure Bodenverhältnisse (pH-Wert <5,0) eine schlechtere Beurteilung ergibt.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Humusform** *(P151)* | **mittlerer pH-Wert** *(Schritt 3)* | **mikro\_abbau** |
| Rohhumus (430) | - | **Gering** |
| Feuchtmoder (520) | <5,0 |
| Feuchtrohhumus (530) | - |
| Hochmoortorf (540)  *Tangelhumus (KA5: 308)* | - |
| Anmoorhumus (550) | <5,0 |
| Mull (410) | - | **Mittel** |
| Modermull / mullartiger Humus (411) | - |
| Anmoormull (412) | <5,0 |
| Moder (420) | - |
| Feuchtmoder (520) | 5,0 |
| Anmoorhumus (550) | 5,0 |
| Niedermoortorf (610) | 5,0 |
| Anmoormull (412) | 5,0 | **hoch** |
| Feuchtmull (510) | - |
| Niedermoortorf (610) | 5,0 |

*Anm.: Die Angabe von „-“ bedeutet, dass der pH-Wert bei dieser Humusform für die Bewertung irrelevant ist.*

Schritt 5 – Gesamtbewertung

Die Gesamtbewertung des Transformationspotenzials für organische Schadstoffe (**TransOrg**) ergibt sich aus der Zusammenschau von Humusmenge, Tonmenge und mikrobieller Abbauleistung auf Basis von Humusform und pH-Wert (Bewertungsschritte 1 bis 4):

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **mikrobielles Abbauvermögen** *(mikro\_abbau, Schritt 4)* | | |
| **Humusmenge** [kg/m²] *(HM\_ges, Schritt 1)* | **Tonmenge** [kg/m²] *(TM\_ges, Schritt 2)* | gering | mittel | hoch |
| <13 | <100 | **5** | **5** | **5** |
| 100-300 | **5** | **4** | **3** |
| >300-450 | **5** | **3** | **3** |
| >450 | **4** | **3** | **2** |
| 13 - 25 | <100 | **5** | **5** | **4** |
| 100-300 | **4** | **3** | **3** |
| >300-450 | **3** | **3** | **2** |
| >450 | **3** | **2** | **1** |
| >25 - 40 | <100 | **5** | **4** | **3** |
| 100-300 | **3** | **3** | **2** |
| >300-450 | **3** | **2** | **1** |
| >450 | **2** | **1** | **1** |
| >40 | <100 | **4** | **3** | **2** |
| 100-300 | **2** | **2** | **1** |
| >300-450 | **2** | **1** | **1** |
| >450 | **1** | **1** | **1** |

### 1d.3) Filter- und Pufferpotenzial (Rückhaltepotenzial) für organische Schadstoffe

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Horizontmächtigkeit*

*pH-Wert (P149 oder B105)*

*Tongehalt (B200 oder Ableitung aus P140 oder B209)*

*Grundwasserflurabstand (S153)*

*Bodentyp (S322)*

*Torfzersetzungsstufe (aus S327)*

*Humusgehalt (Px01)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

***Methodik:*** *Müller (2004: 283ff.) - modifiziert*

Die worst-case-Betrachtung von „Leitelementen“, die in besonders geringem Maße gebunden werden können (vgl. Cadmium in 1.d1), ist hier schwierig, da die Bewertungsspannen sehr weit auseinander gehen und z.B. Benzol oder Dichlormethan nur in extrem humosen (>15 % Humusgehalt) und/oder sehr tonigen Böden gefiltert und gepuffert werden.

Daher wird als alternativer, vereinfachter Ansatz sowohl für den Ton- als auch den Humusanteil ein „mittleres“ Bindungsvermögen für organische Schadstoffe angenommen.

Schritt 1 – Bestimmung der „mittleren“ Bindungsstärke für organische Schadstoffe durch den Humus­anteil (*Org\_rel\_hum*)

Für Mineralböden wird die „mittlere“ relative Bindungsstärke in Abhängigkeit vom Humusgehalt (Px01) nach folgender Tabelle für jeden Horizont festgelegt:

|  |  |
| --- | --- |
| **Humusgehalt** [%]*(Px01)* | **Org\_rel\_hum** |
| <1 | **1,0** |
| 1 bis <2 | **1,5** |
| 2 bis <4 | **2,0** |
| 4 bis <8 | **2,0** |
| 8 bis <15 | **2,5** |
| 15 bis <30 | **3,0** |

Für Auflagehorizonte und Moorböden (Torfe, Px01 30) wird für den ersten Bewertungsschritt folgende Tabelle herangezogen:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Torfzersetzungsstufe** *(S327)* | **Auflagehorizont** | **Org\_rel\_hum** |
| Vererdet (18)  stark, sehr stark | Oh | **3,0** |
| Zersetzt (17)  mittel | Of | **2,5** |
| unzersetzt (<>17 UND <>18 UND *S322 = 2100 – 2120)*  *sehr schwach, schwach* | Ol / L | **2,0** |

Schritt 2 – Bestimmung der „mittleren“ Bindungsstärke für organische Schadstoffe durch den Tonanteil (*Org\_rel\_ton*)

Bei exakt im Labor bestimmtem Tongehalt ist der Wert aus B200 heranzuziehen. Ansonsten kann der Tongehalt näherungsweise nach folgender Tabelle aus der Bodenart (per Messung im Labor: B209, per Fingerprobe im Gelände: P140) abgeleitet werden (vgl. Bestimmung Px05):

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Kürzel | Ton%= |
| 101 | Sand | S | **2,5** |
| 121 | schluffiger Sand | uS | **2,5** |
| 212 | sandiger Schluff | sU | **7,5** |
| 202 | Schluff | U | **10** |
| 231 | lehmiger Sand | lS | **10** |
| 332 | lehmiger Schluff | lU | **20** |
| 341 | toniger Sand | tS | **20** |
| 313 | sandiger Lehm | sL | **20** |
| 423 | schluffiger Lehm | uL | **30** |
| 403 | Lehm | L | **30** |
| 414 | sandiger Ton | sT | **30** |
| 534 | lehmiger Ton | lT | **45** |
| 504 | Ton | T | **70** |

Quelle: eigene Zuordnung aus Mittelwerten der (analysierten) Korngrößenverteilung aus der Bodenkarte Kufstein (KB 211 und 198) und Körnungsdiagramm Österreich (Geologischer Dienst NRW, http://www.gd.nrw.de/l\_bartaut.htm, 16.7.2009)

Anschließend erfolgt die Zuweisung der „mittleren“ relativen Bindungsstärke nach folgender Tabelle (Müller 2004: 288, modifziert):

|  |  |
| --- | --- |
| **Tongehalt** [%] | **Org\_rel\_ton** |
| <5 | **1,0** |
| 5 bis <15 | **1,5** |
| 15 bis <25 | **2,0** |
| 25 bis <50 | **2,5** |
| 50 | **3,0** |

Schritt 3 – Bestimmung der „mittleren“ Bindungsstärke für organische Schadstoffe für jeden Horizont

In diesem Schritt werden die Teilergebnisse aus Schritt 1 und 2 aufsummiert:

Org\_rel\_ges = Org\_rel\_hum + Org\_rel\_ton

*Anm.: Der pH-Wert hat zwar ebenso Auswirkungen auf die Bindungsfähigkeit für organische Schadstoffe (vgl. 1d.1 Potenzial als Filter und Puffer für Schwermetalle), allerdings besteht kein „einfacher“ Zusammenhang: bei manchen Stoffen steigt die Bindungsfähigkeit mit zunehmendem pH-Wert, während sie bei anderen abnimmt und vice versa – für eine Beurteilung der „mittleren“ Bindungsfähigkeit kann der pH-Wert daher nicht berücksichtigt werden.*

Schritt 4 – Modifikation der „mittleren“ Bindungsstärke für organische Schadstoffe nach Grobanteil des Bodens

Da nur der Feinboden als Puffer fungieren kann, wird die relative Bindungsstärke um den prozentuellen Anteil des Bodenskeletts (Px02) reduziert:

Org\_rel\_mod = Org\_rel\_ges \* (100 - Px02) / 100

Schritt 5 – Bestimmung der „mittleren“ Bindungsstärke für organische Schadstoffe für das Gesamt­profil

Die Bewertungsschritte 1 bis 4 werden für alle relevanten Horizonte im Profil durchgeführt. Bewertungsrelevant sind dabei **alle Auflagehorizonte** sowie mineralische Oberbodenhorizonte, die wie folgt definiert werden:

* Horizontbezeichnung = „O“, „H“ oder „A“ (mit beliebigem Pre- und Suffix)
* Humusgehalt (Px01) von mehr als 2,0 % (*Einschränkung: bei Grundwassereinfluss werden jedenfalls nur Horizonte oberhalb von Gr/G2, bei Stauwassereinfluss oberhalb von Sd/S berücksichtigt*)

Anschließend werden die horizontbezogenen Werte gewichtet nach der jeweiligen Mächtigkeit der Horizonte 1 bis *n* aufsummiert, wobei die Auflagehorizonte in die Gesamtmächtigkeit des bewerteten Profils mit einbezogen werden.

Org\_rel\_Profil = Σ (Org\_rel\_mod (*n*) \* Mächtigkeit (*n*) [cm] / 100)

für die Vergleichbarkeit wird hier 100 cm anstatt der Gesamtmächtigkeit genommen aufgrund gewisser Unklarheit in Anleitung

Schritt 6 – Gesamtbewertung

Zur Gesamtbewertung des Filter- und Pufferpotenzials für organische Schadstoffe wird die relative Bindungs­stärke für das Gesamtprofil (Schritt 5) gemäß folgender Tabelle kategorisiert:

|  |  |
| --- | --- |
| **rel. Bindungsstärke** *(Org\_rel\_Proifil, Schritt 5)* | **Bewertung**  **FiltPuffOrg** |
| 5,0 | **1** |
| 4,3 bis <5,0 | **2** |
| 3,7 bis <4,3 | **3** |
| 3,0 bis <3,7 | **4** |
| <3,0 | **5** |

Bei der Betrachtung der Bewertungsergebnisse ist zu beachten, dass es sich nur um eine sehr grobe Einschätzung der grundsätzlichen Fähigkeit eines Bodens handelt, organische Schadstoffe zu filtern und zu puffern. Da sich das Verhaltenen verschiedener organischer Schadstoffe im Boden stark unterscheidet, können die tatsächlichen Verhältnisse für einzelne Stoffe stark von dieser Beurteilung abweichen.

**In noch größerem Maße als bei 1c.1 und 1c.2 gilt daher, dass für konkrete Planungsfälle die relevanten Stoffgruppen eruiert und eine vergleichende Bewertung gemäß den Angaben in Müller (2004: 283ff., VKR 6.7.1.1) durchgeführt werden muss.**

### 1d.4) Rückhaltepotenzial für wasserlösliche Schadstoffe (z.B. Nitrat)

***Eingangsparameter:***

*Bodenart (P140 oder B209)*

*Feldkapazität (Sx05a)*

*Jahresniederschlag (aus Hydrologischem Atlas Österreichs)*

*mittlere jährliche Verdunstung (aus Hydrologischem Atlas Österreichs)*

***Methodik:*** *BayGLA (2003: 44f.) nach DIN 19732 (vgl. Müller 2004: 325, VKR 6.7.3.2)*

Durch die Stickstoffdüngung landwirtschaftlicher Flächen, aber auch auf natürlichem Wege gelangt Nitrat (NO3-) in den Boden bzw. wird dort im Zuge der so genannten Nitrifikation durch Bakterien aus anderen Verbindungen gebildet. Nitrat ist wasserlöslich und somit besteht die Gefahr einer Auswaschung ins Grundwasser, falls der Nitratgehalt des Bodens jene Menge überschreitet, die von Pflanzen als Nährstoff aufgenommen werden kann. Risiko für die menschliche Gesundheit besteht bei der Nutzung des Grundwassers als Trinkwasser, da das Nitrat im menschlichen Darm zu Nitrit reduziert wird und krebserregende Nitrosamine bildet.

Neben der ausgebrachten Menge an Düngemitteln in Abhängigkeit vom Stickstoffbedarf der Vegetation ist das Rückhaltevermögen des Bodens für das wasserlösliche Nitrat also der wichtigste Faktor zur Beurteilung, inwieweit die Gefahr eines Eintrags ins Grundwasser besteht. Konkret wird gemäß DIN 19732 beurteilt, wie lange Sickerwasser (mit den darin gelösten Stoffen, neben Nitrat z.B. auch Salze) im effektiven Wurzelraum verbleibt und dort von Pflanzen aufgenommen werden kann bevor es in tiefere Schichten versickert und zur Grundwasser­neubildung beiträgt. Dabei werden auch hydrologische Kenngrößen (Niederschlag, Verdunstung, Abfluss) berücksichtigt und in Kombination mit der Feldkapazität des Wurzelraums die jährliche Austauschhäufigkeit des Bodenwassers [1/a] berechnet.

*Der in Wessolek & Trinks (2002) sowie in Wessolek et al. (2004) beschriebene Algorithmus berücksichtigt zur Ermittlung der Sickerwasserrate auch den kapillaren Aufstieg und liefert somit bessere Ergebnisse. Allerdings wurden die zugrunde liegenden Regressionsgleichungen mit Daten aus Nord- und Mitteldeutschland ermittelt und es ist davon auszugehen, dass die klimatischen Verhältnisse im Alpenraum deutlich davon abweichen. Auf eine Anwendung dieser Methode wird daher verzichtet.*

Schritt 1 – Bestimmung der Menge jährlichen Sickerwassers

Die Menge jährlich anfallenden Sickerwassers lässt sich vereinfacht aus der jährlichen Niederschlags­summe (*JNS*) abzüglich der mittleren jährlichen Verdunstung (*MJV*) abzüglich der Menge oberflächlich abfließenden Wassers ermitteln.

Die Werte für den mittleren jährlichen Niederschlag sowie der mittleren jährlichen Verdunstung im Untersuchungsgebiet können aus dem Hydrologischen Atlas Österreichs entnommen werden.

Für den Anteil des Oberflächenabflusses am Gesamtabfluss bei landwirtschaftlicher Nutzung unter Berücksichtigung der dominierenden Bodenart des Oberbodens werden in Ermangelung besserer Daten Näherungswerte verwendet, die aus den Messreihen von 7 Klimastationen in Bayern abgeleitet wurden (BayGLA 2003: 46). Eine weitgehende Übertragbarkeit auf den Tiroler Alpenraum wird dabei angenommen.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Code P140 | Bodenart | Kürzel | Anteil Oberflächen- am Gesamtabfluss [%] *(OFA)* |
| 101 | Sand | S | **1,5** |
| 121 | schluffiger Sand | uS |
| 231 | lehmiger Sand | LS |
| 341 | toniger Sand | tS |
| 202 | Schluff | U | **4,5** |
| 212 | sandiger Schluff | sU |
| 313 | sandiger Lehm | sL |
| 332 | lehmiger Schluff | lU |
| 341 | toniger Sand | tS |
| 403 | Lehm | L |
| 423 | schluffiger Lehm | uL |
| 414 | sandiger Ton | sT | **8** |
| 534 | lehmiger Ton | lT |
| 504 | Ton | T |

Die jährliche Sickerwasserrate ergibt sich dementsprechend aus der Formel:

SW [mm/a] = (JNS - MJV) \* (1 - OFA/100)

Schritt 2 – Berechnung der jährlichen Austauschhäufigkeit des Bodenwassers

Dazu werden die in Schritt 1 ermittelte Sickerwasserrate (*SW*) und die Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (*Sx05a*) in Beziehung gesetzt. Es wird also beurteilt, wie oft im Jahr das pflanzenverfügbar in den Klein- und Mittelporen rückgehaltene Wasser getauscht wird bzw. in weiterer Folge welcher Teil des jährlich anfallenden Sickerwassers in den Grundwasserkörper gelangt.

SW\_aus [1/a] = SW / FKWe (*Sx05a*)

Schritt 3 – Gesamtbewertung

|  |  |
| --- | --- |
| **Austauschhäufigkeit** *(SW\_aus, Schritt 2)* | **Bewertung**  **FiltPuffOrg** |
| <0,7 | **1** |
| 0,7 bis <1,0 | **2** |
| 1,0 bis <1,5 | **3** |
| 1,5 bis <2,5 | **4** |
| 2,5 | **5** |

### 1d.5) Puffer für versauernd wirkende Einträge

***Eingangsparameter:***

*Horizontbezeichnung*

*Horizontmächtigkeit*

*Carbonatgehalt (B100)*

*textliche Ergänzungen zur organischen Auflage (S343)*

*Skelettgehalt (Px02)*

*Feinbodenmenge (Px04)*

*KAKpot (Px13)*

*Basensättigung (Px15)*

***Methodik:*** *BayGLA (2003: 50ff.)*

Die Pufferkapazität für Säuren (Pufferung von H+-Protonen) ist neben dem Basengehalt hauptsächlich vom Carbonatgehalt abhängig. Das CaCO3-Äquivalent des Feinbodens ist allerdings mit herkömm­lichen Geländemethoden („HCl-Probe“, d.h. Beträufeln der Probe mit 10%-iger Salzsäure und Beobachten der Reaktion, siehe z.B. Ad-hoc-AG Boden 2005: 169) nur sehr ungenau zu bestimmen. Die Zugabe von HCl bewirkt bereits bei einem Carbonatgehalt von >10% ein „starkes, anhaltendes Schäumen“, das keine weitere Unterteilung zulässt.

**Aus diesem Grund darf Bewertung 1d.5 nur durchgeführt werden, wenn die CaCO3-Werte nach Scheibler (gasvolumetrische Methode) bestimmt wurden und Parameter B100 verfügbar ist!**

Schritt 1 – Berechnung der carbonatabhängigen Pufferkapazität für jeden (Mineralboden-)Horizont

Gemäß BayGLA (2003: 50) wird eine Pufferkapazität von 2 mol Protonen pro 1 mol Carbonat im Boden angenommen. Daraus ergibt sich:

Carb\_Puff [mol H+/m²]= Feinbodenmenge (Px04) \* Carbonatgehalt (B100) / 100 \* 20 [mol H+/kg CaCO3]

Schritt 2 – Berechnung des Vorrates austauschbarer basischer Kationen an der KAKpot für jeden (Mineralboden-)Horizont

Analog zu Bewertung 1a.4 (Potenzial als Lebensraum für Kulturpflanzen = Potenzial für landwirt­schaftliche Produktion), Schritt D - Nährstoffversorgung wird der so genannte S-Wert aus der potentiellen Kationenaustauschkapazität (KAKpot), einem pH-abhängigen Umrechnungsfaktor und der Gesamtmenge an Feinboden bestimmt:

Mb [cmolc/m²] = Feinbodenmenge (Px04) \* (KAKpot (Px13) \* Basensättigung (Px15) / 100)

Schritt 3 – Berechnung der Pufferkapazität des gesamten Mineralbodens

Aufsummieren der carbonatabhängigen Pufferkapazität und der austauschbaren basischen Kationen für alle *n* Mineralbodenhorizonte:

Miner\_Puff [cmolc/m²] =  (Carb\_Puff *(n)* \* 100 + Mb *(n)*)

Schritt 4 – Bestimmung von Basengehalt *(Ob)* und Trockenrohdichte *(TRD)* für jeden Auflagehorizont

In Abhängigkeit von der Humusform werden folgende Werte angesetzt (siehe BayGLA 2003: 61):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Humusform** | **Basengehalte** [cmolc/kg] *(Ob)* | **Trockenrohdichte** [g/cm³] *(TRD)* |
| Mull | 61 | 0,07 |
| Moder | 39 | 0,13 |
| Rohhumus | 32 | 0,20 |

Schritt 5 – Berechnung der Pufferkapazität der gesamten Humusauflage

Aufsummieren der Pufferkapazität für alle *n* Auflagehorizonte (Ol, Of, Oh, M)

Org\_Puff [cmolc/m²] =  (Ob *(n)* \* TRD *(n)* \* Mächtigkeit *(n)* \* 10)

Anm. Laut BayGLA wird puffer Auflage nur berechnet wenn cmol\_min (abh. Von Carbonatgehalt und KAKpot) < 3000 cmolc/m².

Schritt 6 – Berechnung der Pufferkapazität des Gesamtprofils

Ges\_Puff [cmolc/m²] = Miner\_Puff *(Schritt 3)* + Org\_Puff *(Schritt 5)*

Schritt 7 – Gesamtbewertung

|  |  |
| --- | --- |
| **Gesamte Pufferkapazität** *(Ges\_Puff* [cmolc/m²]*, Schritt 6)* | **Bewertung**  **PuffSauer** |
| 30.000 | **1** |
| 10.000 bis <30.000 | **2** |
| 3.000 bis <10.000 | **3** |
| 1.000 bis <3.000 | **4** |
| <1.000 | **5** |