

Abgleich von tiefenstufen- und horizontbezogenen Bodeninformationen aus der BZE I-Studie für die Ableitung von Hintergrundwerten für Schwermetalle in Unterböden und Untergrund

Utermann, J. & Nagel, I.

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

1. Einleitung und Fragestellung

In den Jahren 1987 bis 1993 wurde eine bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE I) durchgeführt, um die Rolle des Bodens im Zusammenhang mit den Immissionsbelastungen der Waldökosysteme regional differenziert beurteilen zu können. Eine BZE-Folgeinventur (BZE II) ist derzeit in Vorbereitung. Die Zielsetzung der BZE I wird dabei um verschiedene Aspekte erweitert.

Vor dem Hintergrund der zukünftigen Verwendung von BZE-Daten auch für Fragen des Bodenschutzes ist angedacht, zusätzlich zum bisherigen Untersuchungsprogramm Schwermetallgehalte im Mineralboden zu bestimmen. Die Schwermetallgehalte sollen u.a. zur Ableitung von Hintergrundwerten (HGW) für anorganische Spurenelemente in Unterböden und Untergrund nach einem bei der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) entwickelten Konzept (Utermann et al., 2003) herangezogen werden.

Die Ermittlung von HGW beruht generell auf horizontbezogenen Daten. Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird das Probenahmedesign der BZE II weitgehend identisch zur BZE I sein. In den meisten Bundesländern wird daher die Beprobung der Standorte erneut tiefenstufenbezogen durchgeführt werden.

Nach einem Beschluss der Bund-Länder-Sitzung zur Vorbereitung der BZE II am 22./23.01.03. wurde die BGR deshalb gebeten, im Rahmen einer Vorstudie zu prüfen, ob und gegebenenfalls in welchen Fällen die tiefenstufenbezogenen beprobten BZE II-Daten zur Ableitung von HGW verwendet werden könnten. Der vorliegende Bericht stellt das Ergebnis dieses Prüfauftrages dar.

2. Begriffe

Zum allgemeinen Verständnis werden vorab wesentliche Begriffe definiert.

Hintergrundgehalt

„Der Hintergrundgehalt eines Bodens setzt sich zusammen aus dem geogenen Grundgehalt und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden.“ (LABO 2003, S. 5).

Hintergrundwert (HGW)

„Hintergrundwerte sind repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden“ (LABO, 2003, S.5)

Unterboden

„Der Bereich des Unterbodens umfasst alle Horizonte, die nicht den Bereichen Oberboden und Untergrund zugewiesen werden. Dies sind im Wesentlichen alle B-, P-, E-, R- und M-

Horizonte sowie alle S- und Go-Horizonte, die nicht dem Untergrund zugewiesen werden.“ (Utermann et al., 2003)

Untergrund

„Der Bereich des Untergrundes umfasst, entsprechender der KA 4, alle C-Horizonte. Soweit bei Stau-, Grundwasserböden keine C-Horizonte ausgewiesen sind, werden Go- und S-Horizonte dem Untergrund zugewiesen, sofern mehr als die Hälfte der Horizontmächtigkeit unterhalb 120 cm liegen.“ (Utermann et al., 2003)

3. Vorgehensweise

Das Konzept zur Ableitung von HGW für anorganische Spurenelemente in Unterböden und Untergrund beruht auf horizontbezogenen Daten. Die Profile werden dabei mit Hilfe der Informationen zum Ausgangssubstrat, Bodentyp, Horizontbezeichnung sowie zur Feinbodenart und zum Grobbodenanteil in Unterboden- und Untergrundbereiche untergliedert, für die getrennte HGW ermittelt werden. Eine Kurzbeschreibung des Vorgehens befindet sich im Anhang.

Für die Vorstudie wurde von den Bundesländern ein entsprechender Mindestdatensatz bezüglich der BZE-Standorte angefordert. Zusätzlich wurden Angaben zur Probenahme bei der BZE I und der vorgesehenen Probenahme für die BZE II erbeten. Der Abgleich erfolgte für die Bundesländer, die bei der geplanten BZE II-Studie voraussichtlich eine tiefenstufenbezogene Beprobung durchführen werden (vgl. Tab. 1). Es wurde überprüft, an welchen Standorten die entsprechend dem Konzept zusammengefassten Tiefenbereiche mit den Tiefenstufen der Probenahme übereinstimmen. Die Auswertungen konzentrierten sich dabei auf die Tiefenstufen ≥ 10 cm (10-30cm, 30-60cm, ...).

Mit Bezug auf die Ergebnisse aus einem F&E-Vorhaben zur Ableitung von HGW für Schwermetalle in Unterböden und Untergrund und aus Gründen der Praktikabilität wurden für die Auswertungen im Rahmen der Vorstudie folgende Festlegungen und Vereinfachungen getroffen:

- Bei Lockergesteinen wird nur nach Unterboden und –grund unterschieden. Auf die Angabe der Schwankungsbreiten wird verzichtet. Schichtgrenzen (z.B. Geschiebedecksand über Geschiebelehm) müssen jedoch berücksichtigt werden.
- Sofern keine zusätzlichen Angaben verfügbar sind, wird angenommen, dass die Profile so tief beprobt wurden, wie Profilinformatoren vorhanden sind.
- Auenböden und Kultusole werden bei der Auswertung nicht berücksichtigt.
- Es werden nur solche Profile berücksichtigt, bei denen alle Tiefenstufen genau zugeordnet werden können. Findet beispielsweise innerhalb einer Tiefenstufe ein Wechsel zwischen Unterboden und Untergrund statt, so wird das gesamte Profil als nicht geeignet klassifiziert.
- Bei Übergangshorizonten zählt gemäß KA 4 der letzte Symbolteil, d.h. Cv-Bv - Horizonte werden dem Unterboden, Bv-Cv - Horizonte dem Untergrund zugeordnet.
- Die BZE I-Anleitung basiert auf der KA 3, der Lössklassenschlüssel zur Unterteilung der Unterböden über Festgestein (Utermann et al. 2003) auf der KA 4. Dies ist v.a. im Hinblick auf die Einteilung der Feinbodenarten von Bedeutung. Sofern keine Korngrößenverteilungen zur Verfügung stehen, die eine korrekte Umrechnung auf KA 4 ermöglichen, werden die Angaben ohne Korrektur angewendet.

- Die Gruppierung der Profile zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen erfolgt prioritär anhand der Profilbeschreibungen. Wenn eine eindeutige Zuweisung nicht möglich ist, wird sofern Koordinaten zur Verfügung stehen eine Verschneidung mit der BAGK 1000 durchgeführt und diese Informationen mit verwendet.
- Tief reichende Ah-Horizonte nehmen hinsichtlich ihrer Elementgehalte eine Zwischenstellung zwischen Ober- und Unterboden ein. Das Konzept zur Ableitung von Hintergrundwerten schlägt bei einem ausreichenden Stichprobenumfang eine gesonderte Erfassung dieser Horizonte vor (vgl. Utermann et al. 2003). Eine getrennte Erfassung ist i.d.R. durch die Tiefenstufen nicht zu erreichen. Profile mit tief reichendem Ah-Horizont (>10cm) werden daher nicht berücksichtigt (Ausnahme: die Horizontgrenzen stimmen mit den Tiefenstufen überein).

4. Ergebnisse

Der Abgleich von tiefenstufen- und horizontbezogenen Bodeninformationen wurde für die Bundesländer Baden-Württemberg, Bayern, Hessen, Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen durchgeführt. Eine Prüfung der Datensätze von Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Thüringen war nicht nötig, weil in diesen Bundesländern in der BZE II voraussichtlich erneut horizontbezogen beprobt wird.

Gleiches gilt für Schleswig-Holstein. Hier wird, sofern die Haushaltsmittel ausreichen, sowohl horizont- als auch tiefenstufenbezogen beprobt. Sollten allerdings finanzielle Engpässe entstehen, wird gegebenenfalls nur eine tiefenstufenbezogene Beprobung durchgeführt. Eine nachträgliche Überprüfung würde dann erforderlich werden. Von Hamburg, Bremen, Berlin und dem Saarland standen keine Datensätze zur Verfügung. Insgesamt wurden 1772 Profile überprüft. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Die Auswertungen führen zu dem Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der vorgenannten Festlegungen 480 der 1772 tiefenstufenbezogenen beprobten BZE-Profile (27%) zur Ableitung von Hintergrundwerten herangezogen werden könnten. In den Bundesländern variiert der Anteil dabei zwischen 12% (Hessen) und 37% (Bayern). Der weitaus größere Teil der Standorte kann hingegen nicht verwendet werden. Nimmt man die Profile aus den Bundesländern hinzu, die erneut eine horizontbezogene Probenahme durchführen werden, erhöht sich die Anzahl der Profile auf 912 (41%).

Nachfolgend werden die länderbezogenen Auswertungen sowie einige aufgetretene Besonderheiten und Probleme kurz erläutert.

Baden-Württemberg

Die Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg stellte ein länder-spezifisch verdichtetes Probenahmeraster mit 308 Standorten zur Verfügung. In die bundesweiten BZE I-Auswertung wurden 177 Standorte einbezogen. Der Abgleich erfolgte für das gesamte Datenkollektiv.

86 der 308 überprüften Profile wurden im Sinne der Fragestellung vollständig erfasst („Treff-fer“). Der Anteil von Profilen aus Fest- und Lockergestein ist dabei ungefähr gleich (43 / 41). Bei 74 Profilen reicht die Beschreibung/Probenahme nicht bis zum Untergrund. Bei 10 Profilen wird der Bereich des Untergrundes miterfasst. 2 Profile sind Moorstandorte.

Vereinzelte traten Probleme bei der Zuweisung zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen auf, z.B. bei Profilen mit dem Ausgangssubstrat Löss/Lösslehm über Festgestein (BAG Löss

oder Festgestein?) oder auch im Bereich der heterogenen Keuperschichten (BAG Sandsteine oder Tongestein?).

Tab.1: Ergebnisse des Abgleichs von Tiefenstufen und Horizont bezogenen Bodeninformationen aus der BZE I-Studie.

Bundesland	Probenahme		Anzahl der Untersuchungsstandorte				
	BZE I	BZE II	Gesamt	HGW-Konzept anwendbar			Gesamt
				Festgestein	Lockergestein	Moore	
Baden-Württemberg*	T	T	308	43	41	2	86
Bayern	T	T	424	107	47	3	157
Hessen	T	T	139	14	3	-	17
Nordrhein-Westfalen *	T	T	498	99	39	1	139
Niedersachsen	T	T	192	9	15	2	26
Rheinland-Pfalz	T	T	143	42	1	-	43
Sachsen	T	T	68	3	9	-	12
Brandenburg	H	H	144	n.a.	n.a.	n.a.	144
Mecklenburg-Vorpommern	H	H	84	n.a.	n.a.	n.a.	84
Sachsen-Anhalt	H	H	66	n.a.	n.a.	n.a.	66
Schleswig-Holstein	T + H	T + H	43	n.a.	n.a.	n.a.	43
Thüringen	H	H	95	n.a.	n.a.	n.a.	95
Summe			2204				912

* Länderspezifisch verdichtetes Probenahmeraster

T: Tiefenstufen; H: Horizont

n.a.: nicht ausgewertet

Bayern

Die Angaben zum Ausgangssubstrat und Bodentyp waren nicht nach der BZE-Anleitung verschlüsselt. Eine eindeutige Zuweisung zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen gestaltete sich zuweilen schwierig. Bei strittigen Fällen erfolgte die Zuweisung unter Verwendung der Zusatzinformationen aus der Punkt-/Flächenverschnidung mit der BAGK 1000.

Für den überwiegenden Teil der Profile lagen Informationen bis in eine Tiefe von 1m vor. In einer größeren Anzahl von Fällen wird dabei der Untergrund nicht erreicht.

157 der 424 Profile wurden im Sinne der Fragestellung vollständig erfasst („Treffer“). Ca. 66% der Profile (107) liegen über Festgestein. 22 Profile reichen bis in den Untergrund. Bei 132 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst. 3 Profile sind Moorstandorte.

Für 48 BZE-Standorte existierten keine ausreichenden Profilbeschreibungen. Die Profile liegen nach Angaben der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft ausnahmslos in den Alpen. Die Profile konnten aufgrund der fehlenden Mindestinformationen nicht ausgewertet werden.

Bei 45 Profilen konnte aufgrund des fehlenden Skelettgehalts keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Hessen

Die Zuweisung zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen erfolgte ausschließlich anhand der Profilbeschreibungen. Eine Punkt-/Flächenverschneidung mit der BAGK 1000 wurde aufgrund fehlender Koordinaten nicht durchgeführt.

Die Standorte wurden bis auf wenige Ausnahmen bis max. 90cm Tiefe beprobt.

17 der 139 Profile wurden vollständig erfasst („Treffer“). 3 Profile reichen dabei bis in den Untergrund. Bei 14 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst.

Nordrhein-Westfalen

Die von der Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten zur Verfügung gestellten Daten beinhalten das vollständige 4 x 4 km Raster der BZE I Inventur in Nordrhein-Westfalen. In die bundesweite BZE I-Auswertung sind 140 Standorte eingeflossen. An einer Unterstichprobe der BZE I wurde zusätzlich eine horizontbezogene Beprobung durchgeführt. Der Abgleich erfolgte für das gesamte Datenkollektiv.

An einem Teil der Standorte wurden unter Berücksichtigung der Horizontgrenzen die Tiefenstufen weiter untergliedert.

Die Profile wiesen häufig mehrfach geschichtete Ausgangsgesteine auf, die eine eindeutige Zuweisung zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen erschwerte. Kennzeichnend war in der Regel das letztgenannte Ausgangssubstrat. Die Zuweisungen wurden mit den Ergebnissen der Punkt-/Flächenverschneidung verglichen.

139 der 498 Profile wurden vollständig erfasst („Treffer“). 99 Profile liegen dabei über Festgestein und 39 über Lockergestein. Weiterhin befindet sich ein Moorstandort darunter. 98 Profile reichen bis in den Untergrund. Bei 40 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst.

Niedersachsen

26 der 192 Profile wurden vollständig erfasst („Treffer“). Neben 2 Moorstandorten befinden sich 15 Profile über Lockergestein und 9 über Festgestein. 12 Profile reichen bis in den Untergrund. Bei 12 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst.

In vielen Fällen lag die Grenze zwischen Unterboden und Untergrund innerhalb einer Tiefenstufe, was zum Ausschluss der Profile führte.

Rheinland-Pfalz

Die Zuweisungen zu den Bodenausgangsgesteinsgruppen wurde durch einen diversifizierteren BZE-Schlüssel zur Kennzeichnung der Ausgangsgesteine erleichtert.

43 der 143 Profile wurden vollständig erfasst („Treffer“). Mit einer Ausnahme befinden sich dabei alle Profile über Festgestein. 26 Profile reichen bis in den Untergrund. Bei 17 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst.

Bei einigen Profilen waren die zur Verfügung stehenden Angaben zur Bodenartengruppe nicht ausreichend zur Zuordnung der Lössklassen.

Sachsen

Profilinformationen standen zum Teil in digitaler Form, zum Teil in dem Bericht *Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992-1997)* (Raben et al., 2000) zur Verfügung. Angaben zum Ausgangsgestein wurden dem Bericht entnommen.

In wenigen Fällen stimmten die Horizontgrenzen und -bezeichnungen der Profilbeschreibungen in dem Bericht nicht mit den digital übersandten Angaben überein (z.B. Bv2 statt Bv-Cv). Als Entscheidungsgrundlage dienten in diesen Fällen die digitalen Angaben.

12 der 68 Profile wurden vollständig erfasst („Treffer“). 9 Profile liegen über Lockergestein, 3 über Festgestein. 1 Profil reicht bis in den Untergrund. Bei 11 Profilen wird nur der Bereich des Unterbodens erfasst.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Daten eines überwiegenden Teils der tiefenstufenbezogenen Profile nicht zur Ableitung von HGW für anorganische Spurenelemente in Unterböden und Untergrund verwendet werden können. Die zur Erfassung der Elementgehalte im Tiefenverlauf vorgeschlagene Untergliederung des Unterbodens und Untergrundes in Horizontgruppen wird durch die Tiefenstufen meist nicht ausreichend erfasst.

5. Schlussfolgerungen

Aus Sicht des Bodenschutzes ist es wünschenswert, den bestehenden länderübergreifenden Datenbestand zur Ableitung von HGW durch die Einbeziehung von BZE II-Daten zu ergänzen. Die Auswertungen zur Nutzbarkeit der Daten haben jedoch gezeigt, dass dies ohne eine erweiterte Probenahmestrategie nur für einen kleinen Teil der tiefenstufenbezogenen beprobten BZE-Standorte möglich sein wird.

Mit Bezug auf den ohnehin nur geringen Anteil von BZE-Standorten mit tiefenstufenbezogener Probenahme, die sich nach den vorliegenden Ergebnissen in das Konzept zur Ableitung von HGW einbeziehen lassen, erscheint es wenig sinnvoll, unterschiedliche Probenahmestrategien für die in Rede stehende Fragestellung anzuwenden und somit die Aussageunsicherheit der Auswertungen deutlich zu vergrößern. Stattdessen wird vorgeschlagen, den Probennahme- und Untersuchungsaufwand zu reduzieren, indem die Untersuchungen nicht an allen BZE-Standorten sondern an einer gezielten Stichprobe durchgeführt werden. Die konkrete Standortauswahl sollte dabei die räumliche Verbreitung der Bodenausgangsgesteine und Bodentypen im bundesweiten Maßstab berücksichtigen.

Nach derzeitiger Einschätzung ließen sich länderübergreifende HGW für Spurenelemente in Unterböden und Untergrund der BZE-Standorte auf der Basis etwa der Hälfte der BZE-Standorte ableiten. Der zusätzliche Beprobungsaufwand ließe sich weiter reduzieren, wenn möglichst solche Standorte ausgewählt werden, an denen ohnehin horizontbezogen beprobt wird oder zumindest eine Profilgrube aufgeschlossen wird. Alternativ bietet sich die Probenahme an einem flachen Schürf (bis ca. 60 cm Tiefe) mit ergänzender großvolumiger Tiefenbohrung an.

Neben dem Problem der für die Ableitung von Hintergrundwerten im Grundsatz ungeeigneten tiefenstufenbezogenen Probenahme erweist sich auch die Zuordnung der geologischen Haupt- und Untergruppen des BZE-Schüssel zu den Gruppen der Bodenausgangsgesteine, die dem HGW-Konzept zugrunde liegen, als teilweise problematisch (z.B. Geologische Untergruppe "Umgelagertes karbonatfreies Material unterschiedlicher Herkunft", Nr. 82). Eine eindeutige Zuweisung aller Profile auf der Basis eines (zu erarbeitenden) Zuweisungsschlüssels ist anzustreben. Hierzu ist in einigen Fällen eine Präzisierung der Ausgangssubstrate erforderlich.

Literatur

- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (1997): *Deutscher Waldbodenbericht 1996*. Band 1; Bonn
- Hartwich, R., Behrens, J., Eckelmann, W., Haase, G., Richter, A., Roeschmann, G. & Schmidt, R. (1995): *Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000*. Karte mit Erläuterungen, Textlegende und Leitprofil, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover
- LABO - Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (2003): *Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden*. 3. überarbeitete und ergänzte Auflage; im Druck
- Raben, G., Andreae, H., Karst, H., Symosseck, F. & Leube F. (2000): *Bodenzustandserhebung (BZE) in den sächsischen Wäldern (1992-1997)*. Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Forsten, Heft 20; Dresden
- Utermann, J., Düwel, O., Fuchs, M., Gäbler, H.-E., Gehrt, E., Hindel, R. & Schneider, J. (1999): *Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden*. UBA Texte 95/99; Berlin
- Utermann, J., Düwel, O., Raber, B. (2003): *Flächenrepräsentative Hintergrundwerte für anorganische Spurenstoffe in Unterböden und Untergrund*. UBA F&E-Bericht in Vorbereitung

Anhang

Kurzbeschreibung des Konzeptes zur Ableitung von HGW für anorganische Spurenelemente in Unterböden und Untergrund

Das Konzept wurde im Rahmen des derzeit noch laufenden F&E-Vorhabens „Überprüfung und Fortschreibung der Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV“ entwickelt (Utermann et al., 2003). Ein Hauptaugenmerk lag auf der Erfassung der Elementgehalte für sieben in der BBodSchV aufgelistete Schwermetalle im Tiefenverlauf. Dem Ansatz liegt die Vorstellung zugrunde, dass die Elementgehalte im Unterboden und Untergrund prioritär durch geogene und pedogene Faktoren beeinflusst werden.

Das Konzept beruht auf einem hierarchischen Vorgehen (Abb. I).

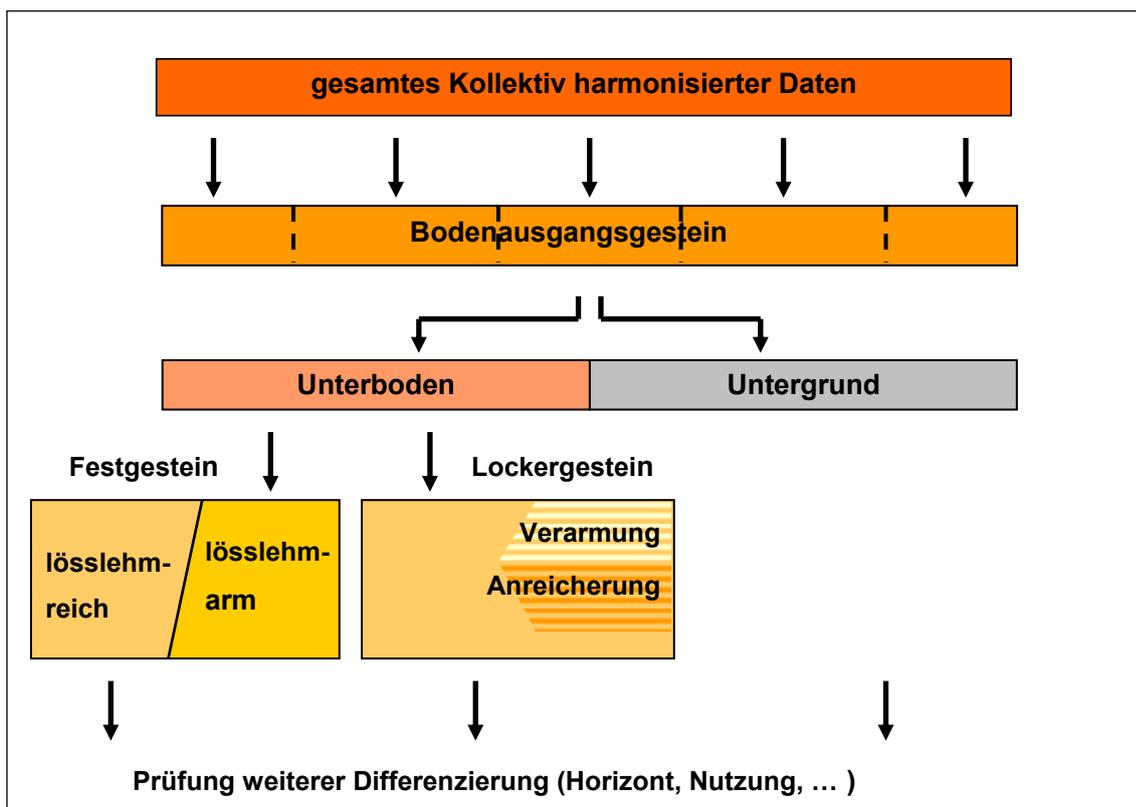


Abb. I: Vorgehen zur Tiefen- und Substrat bezogenen Differenzierung (Utermann et al., 2003)

Prioritäres Differenzierungskriterium bildet das Ausgangsgestein der Bodenbildung. Die Ausgangssubstrate sind in Gruppen zusammengefasst (Tab. I). Die Gruppierung orientiert sich an den Legendeneinheiten (LE) der Karte der Bodenausgangsgesteine 1:1.000.000 (BAGK 1000; Utermann et al., 1999), die wiederum auf einer Zusammenfassung der 72 Legendeneinheiten (LE) der Bodenübersichtskarte 1: 1.000.000 (BÜK 1000, Hartwich et al., 1995 nach pedo-lithologischen Merkmalen) zu 16 LE beruht.

Tab. I: Gruppierung der Bodenausgangsgesteine

Bodenausgangsgestein (BAG)		
LE-Nr.	Legendeneinheit der BAGK 1000	Untergruppierung
Ohne	ohne Bezeichnung (Watt, Gewässer)	
1	Sedimente im Gezeitenbereich	
2	Auensedimente	
3	Terrassen- und Schotterablagerungen	
4	Sande	
6	Geschiebemergel / -lehme	
7	Lösse	
8	Sandlössse	
9	Karbonatgesteine:	Kalk- und Mergelsteine
		Terra fusca
10	Tongesteine	Tonstein, Tonschiefer, Schluffstein, Tonmergelstein
		Tongesteine des Lias (β - ϵ)
11	Sandsteine	
12	Basische Magmatite / Metamorphite	Basische Magmatite und Metamorphite
		Intermediäre Magmatite und Metamorphite
13	Bimstuff	
14	Saure Magmatite / Metamorphite	Saure Magmatite
		Saure Metamorphite
		Glimmerschiefer
15	Moore (einschl. kultivierter Moore)	
(16)	ohne Bezeichnung (anthropogen veränderte Gesteine)	

In einem ersten Schritt werden die Standorte entsprechend ihres Ausgangssubstrates den LE zugewiesen. Bei den LE 9 (Karbonatgesteine), 10 (Tongesteine), 12 und 14 (Basische bzw. Saure Magmatite und Metamorphite) hat sich in den Auswertungen gezeigt, dass aufgrund der Elementgehalte eine weitergehende Differenzierung notwendig ist. Die Ableitung von HGW erfolgt daher in diesen LE auf dem Niveau der Untergruppierungen.

Die LE 1, 2, 13 und 16 werden in den weiteren Auswertungen nicht berücksichtigt. Die Stoffgehalte der Böden der Gezeiten- und Auenbereiche wie auch der urbanen Böden (LE 16) werden in erheblichem Maße von lokalen bzw. regionalen Einflussgrößen bestimmt. Eine Ableitung von HGW in bundesweiten Maßstab erscheint daher wenig sinnvoll. Für die Böden der LE 13 (Bimstoffe) wurde aufgrund der geringen Flächenrelevanz keine Auswertung durchgeführt.

Eine erste Tiefendifferenzierung der Profile erfolgt durch die Trennung zwischen den Tiefenbereichen Unterboden und Untergrund (s. Kap. 2). Einzige Ausnahme bilden hierbei Moore (LE 15), die einer zu den Mineralböden unterschiedlichen Prozessdynamik unterliegen. In diesen Böden konnten keine signifikanten Unterschiede der Elementgehalte im Tiefenverlauf festgestellt werden konnten. Eine Tiefendifferenzierung wird daher nicht vorgenommen.

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Genese war für das weitere Vorgehen eine Differenzierung zwischen den Gruppen der Böden über Festgestein (LE 9-12,14) und denen der Böden über Lockergestein (LE 3-8) erforderlich.

Böden über Festgestein

Bei Böden über Festgestein haben vorangegangene Untersuchungen gezeigt, dass neben dem Ausgangsgestein, der Lössanteil die wesentliche Einflussgröße auf den Stoffbestand im Tiefenverlauf ist. Diese Profilinformatio n steht jedoch häufig nur in qualitativer Form oder auch gar nicht zur Verfügung. Um eine differenziertere Bewertung dieser Einflüsse zu ermöglichen, wurde ein einfacher Zuweisungsschlüssel zur indirekten Quantifizierung des Lössgehaltes entwickelt. Die Zuweisung beruht auf der Auswertung folgender Parameter:

- Ausgangsgestein
- Bodentyp
- Horizontbezeichnung mit Angaben zum Schichtungswechsel
- Feinbodenart
- Grobbodenanteil /-klasse

Der Schlüssel weist zwei Lössklassen aus. Die Zuweisung erlaubt eine Differenzierung des Unterbodens in lösslehmarme bzw. -freie (< 25%, LK 1) und lösslehmreiche Bereiche (> 25%, LK 2). Der Untergrund wird grundsätzlich als lösslehmfrei eingestuft. Für die resultierenden Bereiche werden jeweils eigene HGW ermittelt.

Böden über Lockergestein

Bei Böden über Lockergestein sind sich ändernde Elementgehalte im Tiefenverlauf vor allem auf pedogenetische Prozesse zurückzuführen. Es lassen sich Zonen der Elementanreicherung und –verarmung erkennen:

- Tiefenbereich der Stoffverarmung: Ae-, A(e)l-, Sw-Horizonte
- Tiefenbereich der Stoffanreicherung: Bs,h-, Bt-, Sd-Horizonte
- Tiefenbereich ohne Transformation: alle verbleibenden Horizonte, v.a. Bv, M, Go, Gr (wenn nicht dem Untergrund zugewiesen)

Für den Unterboden wird ein Gesamtwert für alle Tiefenbereiche bestimmt. Zusätzlich werden die Minima und Maxima der Elementgehalte innerhalb des Unterbodens bestimmt. Hierzu werden die Tiefenbereiche der Stoffverarmung bzw. der Stoffanreicherung (s.o.) gesondert ausgewertet. Soweit mit einem Schichtwechsel auch ein Wechsel des Ausgangsgesteins verbunden ist, ist eine Zusammenfassung über Schichtgrenzen hinweg nicht erlaubt. Die Schichten werden entsprechend ihrem Ausgangsgestein zugewiesen und ausgewertet.

Die Bestimmung der Hintergrundgehalte des Unterbodens und des Untergrundes erfolgt generell durch die Berechnung eines gewichteten Mittels der entsprechenden Tiefenbereiche.