

BUNDESANSTALT für GEOWISSENSCHAFTEN und ROHSTOFFE

Hannover

**Flächenrepräsentative Hintergrundwerte für
Arsen, Antimon, Beryllium, Molybdän, Kobalt, Selen, Thallium,
Uran und Vanadium
in Böden Deutschlands aus länderübergreifender Sicht**

Sachbearbeiter:

**Dr. J. Utermann
Dr. M. Fuchs
Dr. O. Düwel**

Auftraggeber:

**Bundesministerium für Umwelt,
Naturschutz und Reaktor-
sicherheit**

Datum:

15. Januar 2008

Archiv-Nr:

0127492

Tagebuch-Nr:

10040/08

Vorwort

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse einer länderübergreifenden Datenauswertung zu Hintergrundwerten von Spurenelementen (Arsen, Antimon, Beryllium, Kobalt, Molybdän, Selen, Thallium, Uran, Vanadium) in Böden zusammen, die die BGR auf Veranlassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Vorfeld der Aktualisierung der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) durchgeführt hat. Die Auswertungen fußen neben den im Fachinformationssystem Boden der BGR verfügbaren Punkt- und Flächendaten ganz wesentlich auf umfangreichen Punktinformationen zu den entsprechenden Stoffgehalten in Böden, die der BGR von den Daten haltenden Institutionen der Länder für diese Auswertung zur Verfügung gestellt wurden. Folgende Institutionen der Länder und des Bundes haben dankenswerter Weise Daten für die Ableitung von Hintergrundwerten für die oben genannten Spurenelemente zur Verfügung gestellt:

- ▶ Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
- ▶ Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg
- ▶ Bayrisches Landesamt für Umwelt
- ▶ Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg
- ▶ Hessisches Landesamt für Geologie und Umwelt
- ▶ Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
- ▶ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen
- ▶ Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen
- ▶ Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
- ▶ Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz
- ▶ Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein
- ▶ Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
- ▶ Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt
- ▶ Thüringer Landesamt für Umwelt und Geologie
- ▶ Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Im Zuge der für die Ableitung von Hintergrundwerten erforderlichen Homogenisierung und Harmonisierung der bereitgestellten Datensätze und der sich anschließenden Repräsentanzprüfung wurde der Gesamtdatensatz erheblich ausgedünnt. Die Nichtberücksichtigung von Teildatensätzen in der bundesweiten Auswertung ist ursächlich weniger durch unterschiedliche Datenqualitäten als vielmehr mit

spezifischen Erfordernissen zu Mindestdateninhalten und maßstabsbedingten Verteilungen der Punktinformationen im Raum begründet.

Den Verantwortlichen sei an dieser Stelle ausdrücklich für die problemlose und zeitnahe Bereitstellung der umfangreichen Datensätze gedankt.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	I
Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VII
1 Einleitung und Veranlassung	1
2 Definitionen und Begriffsbestimmungen	3
3 Datengrundlagen	5
4 Datenharmonisierung und Repräsentanzprüfung	10
5 Ergebnisse	17
5.1 Statistische Maßzahlen und Hintergrundwerte für die Elemente in Ober-, Unterböden und Untergrund	17
5.1.1 Arsen	19
5.1.2 Antimon	24
5.1.3 Beryllium	29
5.1.4 Kobalt	34
5.1.5 Molybdän	39
5.1.6 Selen	43
5.1.7 Thallium	48
5.1.8 Uran	52
5.1.9 Vanadium	56
5.2 Vergleich der Ergebnisse mit Auswertungen in einzelnen Bundesländern	61
5.3 Referenzierung der Hintergrundwerte auf Bodenartenhaupt- gruppen	64
6 Zusammenfassung	69
7 Literatur	70

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1: Anzahl der von den Institutionen der Länder und des Bundes bereitgestellten Punktinformationen	7
Tab. 2: Verfügbarkeit von Analysenwerten in den einzelnen Bundesländern bzw. in der Datenbank der BGR	8
Tab. 3: Verfügbare Information zur Einordnung der Profile in die Gruppen der Bodenausgangsgesteine der BAGK 1000, Informationsverlust als Folge der Datenharmonisierung und der inhaltlichen & räumlichen Repräsentanzprüfung	12
Tab. 4: Anzahl der Profile für die Ableitung von Hintergrundwerten in Ober- (ohne Nutzungsdifferenzierung) und Unterböden	18
Tab. 5: Statistik Arsengehalte	20
Tab. 6: Statistik Antimongehalte	25
Tab. 7: Statistik Berylliumgehalte	30
Tab. 8: Statistik Kobaltgehalte	35
Tab. 9: Statistik Molybdängehalte	40
Tab. 10: Statistik Selengehalte	44
Tab. 11: Statistik Thalliumgehalte	49
Tab. 12: Statistik Urangehalte	53
Tab. 13: Statistik Vanadiumgehalte	57
Tab. 14: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen (LABO 2003) für Arsen [mg/kg], BAG Löss- und Lössderivate	61
Tab. 15: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen (LABO 2003) für Arsen [mg/kg], BAG Geschiebemergel	62
Tab. 16: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen für Vanadium [mg/kg], BAG Löss- und Lössderivate	62
Tab. 17: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen für Vanadium [mg/kg], BAG Geschiebemergel	63

Tab. 18:	Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen für Thallium [mg/kg], BAG Lössse und Lössderivate	63
Tab. 19:	Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundesland-spezifischen Listen für Thallium [mg/kg], BAG Geschiebemergel	64
Tab. 20:	Häufigkeiten der Feinbodenarten (nach Ad-hoc-AG Boden (KA5)) bezogen auf die Bodenarten – Hauptgruppen von Böden aus verschiedenen Bodenausgangsgesteinsgruppen (Düwel et al. 2007)	65
Tab. 21:	Spannen der Hintergrundwerte (50. & 90. Perzentilwerte) für As, Sb, Be, Co, Mo, Se, Tl, U & V in Oberböden, Unterböden und Unteground bezogen auf die Bodenartenhauptgruppen Sande, Schluffe/Lehme und Tone	66

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1: Horizont- und tiefenbezogene Differenzierung der Auswertegruppen (Symbole nach AG Boden 2005)	4
Abb. 2: Karte der Gruppen Bodenausgangsgesteine in Deutschland (BAGK 1000)	6
Abb. 3: Räumliche Verteilung der verfügbaren Punktinformationen. Die Bundesländer sind farblich voneinander abgesetzt, die Farben der Punkte symbolisieren die unterschiedlichen Datensätze, die Verdichtungsräume sind transparent geplottet	9
Abb. 4: Räumliche Verteilung der Oberbodenproben im Raum Freiberg/Erzgebirge für die Gruppe der Sauren Magmatite und Metamorphite vor (oben) und nach (unten) der räumlichen Ausdünnung	14
Abb. 5: Boxplotanalyse zur Identifizierung von Extremwerten für das Beispiel As-Gehalte in Oberböden aus Löss und Lössderivaten	15
Abb. 6: Anpassung der Stichproben „As-Gehalte in Oberböden aus Löss und Lössderivaten“ für die Nutzungsklasse Acker und Grünland an eine theoretische Verteilungsform (Gamma-Verteilung)	16
Abb. 7: Boxplots für Königswasser-extrahierbare As -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	19
Abb. 8: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Sb -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	24
Abb. 9: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Be -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	29
Abb. 10: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Co -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	34
Abb. 11: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Mo -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	39
Abb. 12: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Se -Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen	43

- Abb. 13:** Boxplots für Königswasser-extrahierbare **TI**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen 48
- Abb. 14:** Boxplots für Königswasser-extrahierbare **U**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen 52
- Abb. 15:** Boxplots für Königswasser-extrahierbare **V**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen 56

1. Einleitung und Veranlassung

Mit dem Inkrafttreten des Gesetzes zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz – BBodSchG) (BGBl. I 1998) werden in Deutschland auch Aspekte des vorsorgenden Bodenschutzes geregelt. Die Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) (BGBl. I 1999) schreibt die Vorsorge gegen das Entstehen schädlicher Bodenveränderungen fest. In Anhang 2 der BBodSchV sind für ausgewählte anorganische und organische Schadstoffe **Vorsorgewerte** als materielle Maßstäbe des vorsorgenden stofflichen Bodenschutzes genannt. Die Vorsorgewerte sind grundsätzlich unter ökotoxikologischen Gesichtspunkten abgeleitet und mit **Hintergrundwerten (HGW)** für diffus-ubiquitär belastete Böden abgeglichen. Im Falle der anorganischen Schadstoffe liegen zurzeit Vorsorgewerte für die Elemente Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb und Zn vor. Auch unter Bezug auf die im Zusammenhang mit der Zustimmung zur BBodSchV formulierten EntschlieÙung des Bundesrates (BR. Drs. 244/99) wurden die Vorsorgewerte in den zurückliegenden Jahren aufgrund der bisherigen Erfahrungen und des fortgeschrittenen wissenschaftlichen Kenntnisstandes überprüft (LABO 2003). Im Rahmen eines UBA-geförderten F&E-Vorhabens wurden aus bundesweiter Sicht ergänzend Hintergrundwerte auch für Unterböden und den Untergrund abgeleitet und mit den Vorsorgewerten abgeglichen (Utermann et al. 2003).

Im Vorfeld der anstehenden Aktualisierung der BBodSchV hat das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) mit Schreiben vom 13.07.2006 die BGR gebeten, für weitere Spurenelemente (Arsen, Antimon, Beryllium, Kobalt, Molybdän, Selen, Thallium, Uran, Vanadium) aus länderübergreifender Sicht Hintergrundwerte abzuleiten. Das methodische Vorgehen sollte sich an den in mehreren F&E-Vorhaben erarbeiteten und erprobten Eckpunkten zur Ableitung von flächenrepräsentativen Hintergrundwerten im bundesweiten Maßstab orientieren (Utermann et al. 1999, 2003). Da Hintergrundwerte für Spurenelemente in erster Priorität auf Bodenausgangsgesteine bezogen (LABO 2003) und Vorsorgewerte nach Bodenarten (-hauptgruppen) differenziert werden, sollte zudem ein Zuweisungsschlüssel erarbeitet werden, der den Bezug der HGW auf Bodenarten und somit einen direkten Vergleich zu Vorsorgewerten ermöglicht.

Zur Umsetzung dieser Vorgaben hat die BGR sich mit Schreiben vom 11.08.2006 über die Verteiler der Ad-hoc-AG Boden der Staatlichen Geologischen Diensten (SGD) und der BGR sowie des ständigen Ausschusses Vorsorgender Bodenschutz (BOVA) der LABO an die Daten haltenden Institutionen der Länder mit der Bitte um Unterstützung durch zeitnahe Bereitstellung geeigneter Daten gewandt.

Die Datenaufbereitung und anschließende Ableitung von HGW erfolgte auf der Grundlage der bis zum 15.11.2006 durch die Länder bereitgestellten Daten. Die erzielten Auswertungsergebnisse wurden dem BMU am 1.02.2007 in Form tabellierter HGW zur Verwendung in den bodenbezogenen Gesetzesvorhaben übergeben.

Dieser Bericht fasst die Datengrundlagen, das methodische Vorgehen und die abgeleiteten Hintergrundwerte zusammen. Im ersten Teil werden die Hintergrundwerte bezogen auf die Gruppen von Bodenausgangsgesteinen (*BAG*) in Deutschland dargestellt; im zweiten Teil werden die Spannen der Hintergrundwerte bezogen auf die in der jeweiligen *BAG*-Einheit vorherrschenden Bodenartenhauptgruppe vorgestellt.

2. Definitionen und Begriffsbestimmungen

Hier sind in knapper Form die wesentlichen Begriffsbestimmungen zusammengetragen, welche notwendig sind, um die Arbeitsschritte zur Bildung der Auswertungsgruppen bzw. –kategorien nachvollziehen zu können. Die umfassenden Definitionen und weiterführenden Betrachtungen erschließen sich über die einschlägigen Regelwerke und Berichte (AG Boden 2005, LABO 2003).

Die **Hintergrundwerte** geben den Ist-Zustand der diffus-ubiquitär belasteten Böden an und beinhalten den geogenen Grundgehalt und die ubiquitäre Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden (LABO 2003). Der **geogene Grundgehalt** ist der Stoffbestand des Bodens, der sich aus dem Ausgangsgestein und der durch pedologische Prozesse beeinflussten Umverteilung von Stoffen im Boden ergibt.

Vorsorgewerte sind Bodenwerte, bei deren Überschreitung unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (BBodSchG, BGBl. I 1998).

Der **Oberboden** umfasst den Bereich aller vollständig erfassten A- und H-Horizonte oberhalb einer nutzungsabhängigen Tiefenstufe. Es gilt für die Nutzungen Grünland und Wald eine Tiefe von 10 cm. Für Ackerland werden die oberen 30 cm einbezogen.

Der **Unterboden** wird durch Horizontabfolgen bestimmt, die durch die wesentlichen pedogenetischen Prozesse der Stoffab- und -anreicherung geprägt sind. Das sind Ae-, Al-, B-, P-, E- R-, M-, S- und G-Horizonte.

Ober- und Unterboden bilden zusammen das Solum. Der darunter liegende **Untergrund** ist durch Gesteine gekennzeichnet, die in einem Einschichtprofil die Ausgangsgesteine der Bodenbildung sind. Es handelt sich um nahezu unverwitterte und nur gering durch Pedogenese beeinflusste Bereiche. Entsprechend KA 5 werden hierunter alle C-Horizonte subsummiert. Soweit bei Stau- und Grundwasserböden keine C-Horizonte ausgewiesen sind, werden G- und S-Horizonte dem Untergrund zugewiesen, wenn mehr als die Hälfte der Horizontmächtigkeit unterhalb einer Tiefe von 120 cm liegt.

Für Moore (> 30 % organische Substanz) und Mudden werden keine Tiefendifferenzierungen zwischen Unterboden und Untergrund vorgenommen, da diese keiner mineralischen Verwitterung unterliegen.

In **Abbildung 1** ist das Vorgehen zur Tiefendifferenzierung schematisch skizziert. Es stimmt in den wesentlichen Zügen mit dem von der LABO (2003) vorgeschlagenen Vorgehen zur tiefenbezogenen Stratifizierung von Hintergrundwerten überein.

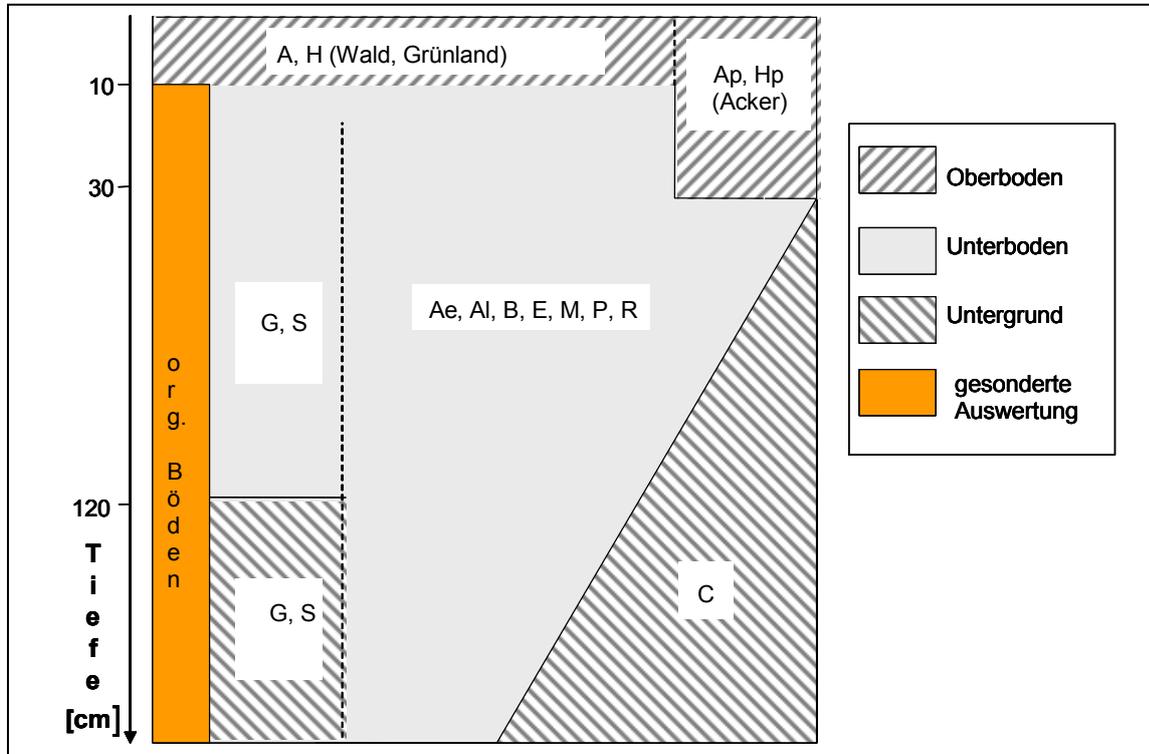


Abb. 1: Horizont- und tiefenbezogene Differenzierung der Auswertegruppen (Symbole nach AG Boden 2005).

Das **Substrat** ist das Material, aus dem die Festsubstanz des Bodens besteht. Substrate charakterisieren die bodenbildenden **Ausgangsgesteine** und deren Zustand (AG Boden 2005). Der Begriff **Bodenausgangsgestein** ist nach LABO (2003) ein vereinfachter Substratbegriff. Er steht hier für Art & Zusammensetzung der bodenbildenden Ausgangsgesteine (Fest- oder Lockergesteinszersatz) sowie der eingemischten oder überlagerten Fremdkomponenten, wie dem Löss und der Mischung durch periglaziale Umlagerung. Die LABO (2003) führt eine Prioritätenliste für Bodenausgangsgesteine, die sich im Wesentlichen mit den Ausgangsgesteinsgruppen der Karte der Bodenausgangsgesteine (*BAGK 1000*) (**Abb. 2**) deckt.

Zur Erfassung von Spurenelementgehalten werden unterschiedliche Extraktions- und Aufschlussverfahren eingesetzt. Der Begriff **Totalgehalt** steht für den Aufschluss mittels Flusssäure – Salzsäure – Perchlorsäure Gemisch unter Druck (*HF-Druckaufschluss*) bzw. mittels Röntgenfluoreszenzanalyse nach Schmelzaufschluss (*RFA*). Gehalte, die im Königswasser-auszug (DIN ISO 11466) gemessen wurden, werden als **KW- extrahierbare Gehalte** bezeichnet.

3. Datengrundlagen

Zwei Kategorien von Daten bilden die Grundlage der Auswertung. Zum einen handelt es sich um die Karte der Gruppen von Bodenausgangsgesteinen im Maßstab 1:1 Mio. (BAGK 1000) (Utermann et al. 1999), die die 15 wichtigsten Gruppen von Bodenausgangsgesteinen in Deutschland flächenhaft darstellt (**Abb. 2**). Diese Karte ist aus der Bodenübersichtskarte Deutschlands im Maßstab 1:1 Mio. (BÜK 1000) (Hartwich et al. 1995) abgeleitet und bildete bereits in den Vorgängerprojekten die Grundlage zur räumlichen Verortung und zum inhaltlichen Abgleich der bodenkundlichen Punktinformationen. Die zweite Kategorie beinhaltet die von den verschiedenen Institutionen bereitgestellten punktbezogenen Informationen (**Tab.1, Abb. 3**).

Grundlage der Datenabfrage bei den Daten haltenden Institutionen der Länder war ein Mindestdatensatz, der aufbauend auf den Erfahrungen aus den Vorläuferprojekten (1999 – 2003) für die in Rede stehende Auswertung die folgenden Anforderungen umfasste:

Angaben zur Standort- und Profilkennzeichnung:

- Koordinaten (Genauigkeit ≤ 1000 m)
- Pedologische / lithologische bzw. geogenetische Kennzeichnung (Bodentyp, Bodenausgangsgestein)
- Hauptlandnutzung (Acker, Grünland, Wald, Sonst.)

Angaben zur Horizont- und Probenkennzeichnung :

- Probenentnahmetiefen
- Horizontbezeichnung
- Feinbodenart (mind. Bodenartengruppe) oder Körnungsanalysen
- Grobbodenanteil – fakultativ (Unterboden)

Analysenergebnisse

- mindestens eines der aufgeführten Elemente (As, Sb, Be, Mo, Co, Se, Tl, U, V) inkl. Aufschlussmethode (vorzugsweise Königswasser (KW-) Aufschluss, alternativ Totalgehalt (z.B. HF-Druckaufschluss))

Insgesamt wurden 45.000 Punktinformationen geliefert, von denen 21.000 einen interpretierbaren Bezug zu den Bodenausgangsgesteinen im Datensatz führten. Die Angaben zur

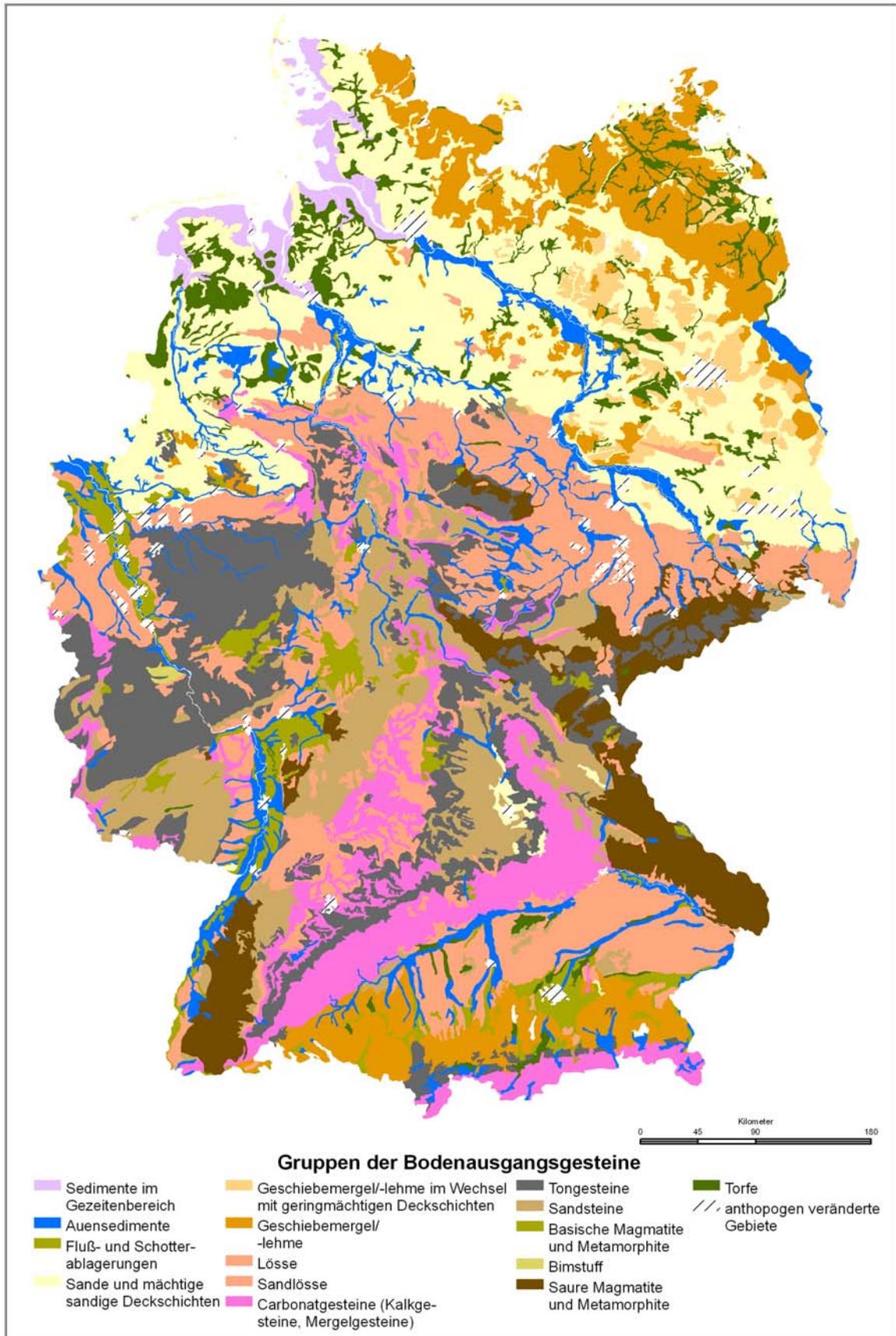


Abb. 2: Karte der Gruppen der Bodenausgangsgesteine in Deutschland (BAGK 1000)

Tab. 1: Anzahl der von den Institutionen der Länder und des Bundes bereitgestellten Punktinformationen

Datenlieferant	Anzahl Profile	Anteil [%]
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg*	3833	8,8
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg	66	
Bayerisches Landesamt für Umwelt	968	2,2
Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg	725	1,6
Hessisches Landesamt für Geologie und Umwelt	211	0,5
Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern	294	0,7
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen	3802	8,6
Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen	2454	40,6
Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen**	15598	
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz	3762	8,5
Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein	303	0,7
Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	10637	23,9
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt	264	0,6
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	53	0,1
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe	1447	3,3

* Nur wenige dieser Datensätze führen Information mit Relevanz für die Zuordnung zu Bodenausgangsgesteinen (~ 10%).

** Diese Datensätze führen keine Informationen über Geogenese oder Substrat mit.

Standort-/Profilkennzeichnung und Horizont-/Probenkennzeichnung lagen in verschiedenen bodenkundlich relevanten Nomenklaturen vor: KA3 - KA5, Symbolschlüssel Geologie, weitere landesspezifische Schlüssel, Klartext.

Der Lieferumfang an elementspezifischen Analysen reichte von einem Element bis hin zu allen neun Elementen, wobei der umfangreichste Datensatz für Arsen vorliegt. **Tabelle 2** gibt Auskunft über die Verfügbarkeit von Analysenwerten für die gesamte Palette der Elemente.

Abbildung 3 gibt Auskunft über die räumliche Verteilung der Punktinformationen. Die Punkte sind nach ihrer Zugehörigkeit zu den spezifischen Datensätzen voneinander abgesetzt. Die

Darstellung zeigt deutliche Unterschiede in der den Datensätzen zugrunde liegenden Probenahme-strategie (u.a. Beprobung im gleichmäßigen Raster vs. ungleichmäßiger, zufälliger Probenahme, Schwerpunktuntersuchung ausgewählter urbaner Räume und Auensedimente sowie einzelner Kartenblätter).

Tab 2: Verfügbarkeit von Analysenwerten in den einzelnen Bundesländern bzw. in der Datenbank der BGR

Element/ Bundesland	As	Be	Mo	Co	Tl	Sb	U	V	Se
BB	x	x	x	x			x?	o	
BW	x			x	x	x	x		
BY	x		x	x	x	x		x	X
HE	x	x	x	x	x	x		x	X
MVP	x				x??	x			x??
NI	x	o	x	x	x	x o	x	o	X
NRW	x	o		x o				x o	
RLP	x	x		x				x	
SH	x								
SN	x	x o	x o	x	x	x	x	x	x?
ST	x	x	x?	x	x	x?	x?	x	X
TH	x		x		x	x			X
BGR	x	o	x	x o	x	x	o	x	o

x – Königswasser-Aufschluss

o – andere Aufschlussart

? - größter Teil der Werte als unter Nachweisgrenze gekennzeichnet

?? - alle Werte unter Nachweisgrenze -> daher nicht in Auswertung einbezogen

Die Abstände zwischen den Profilen betragen teilweise nur wenige Meter in den Transekten der Auenuntersuchungen, während die Abstände zwischen den Profilen der regelmäßigen Netze im Kilometerbereich liegen. Die vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen gelieferten ~15.600 Profile sind hier nicht dargestellt, da sie aufgrund fehlender Information zur Geogenese bzw. zum Substrat nicht in die Auswertung einbezogen wurden.

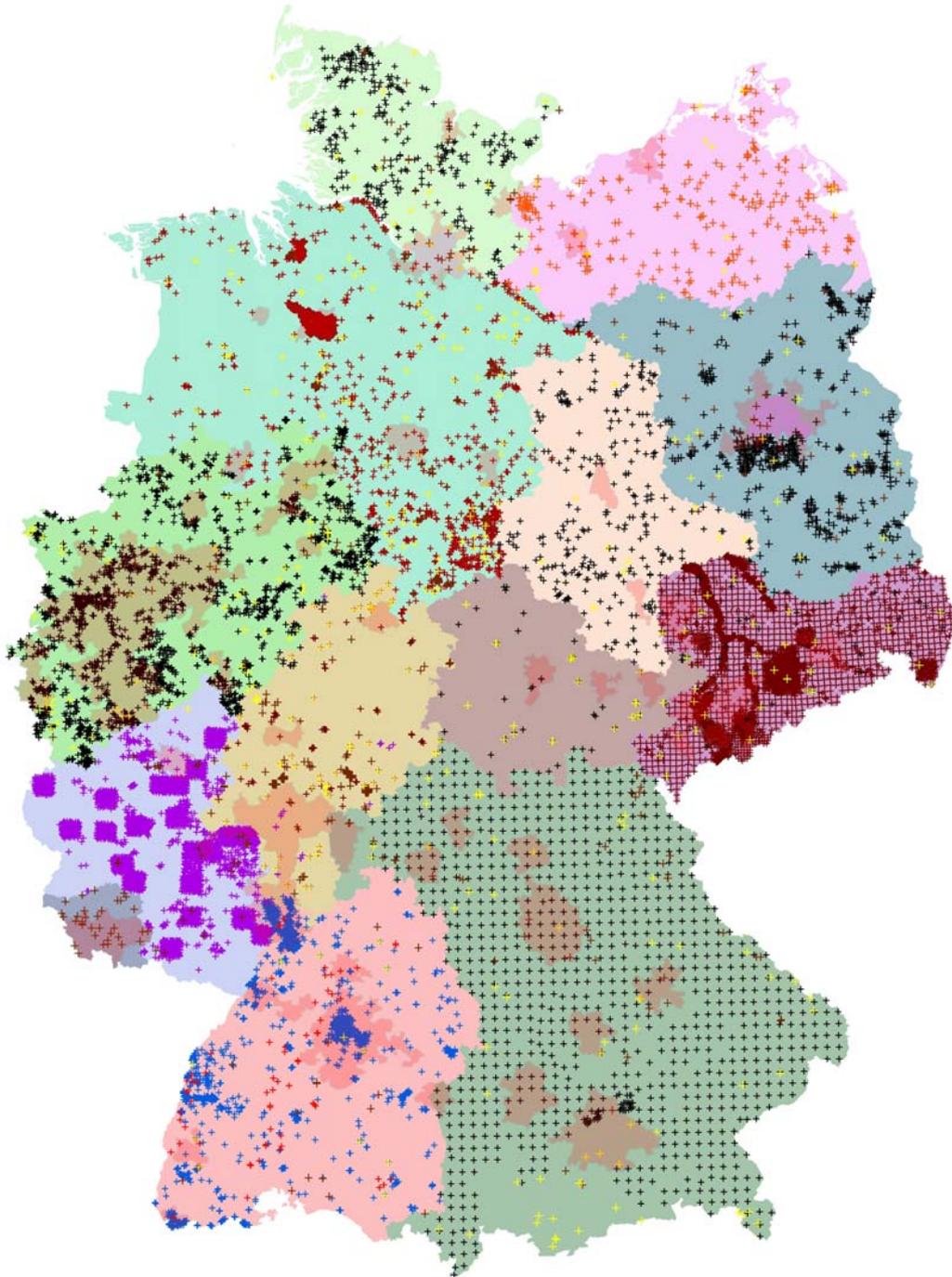


Abb. 3: Räumliche Verteilung der verfügbaren Punktinformationen. Die Bundesländer sind farblich voneinander abgesetzt, die Farben der Punkte symbolisieren die unterschiedlichen Datensätze, die Verdichtungsräume sind transparent geplottet, (Quelle BBR. http://www.bbr.bund.de/cln_005/nn_21262/DE/Home/homepage_node.html?_nnn=true)

4. Datenharmonisierung und Repräsentanzprüfung

Die Kriterien zur Ableitung robuster Datenkollektive, die die Grundlage der Ableitung der statistischen Kennwerte bilden, wurden bereits mehrfach getestet und eingesetzt (Utermann et al. 1999, 2003). Die Empfehlungen zur Vorgehensweise bei der Datenharmonisierung und Repräsentanzprüfung sind im LABO-Bericht zu Hintergrundwerten (LABO 2003) festgehalten. Es handelt sich um Schritte

- ▶ der inhaltlichen Harmonisierung und Repräsentanzprüfung,
- ▶ der räumlichen Repräsentanzprüfung und Ausdünnung,
- ▶ der räumlichen und statistischen Ausreißerbereinigung

im Datenkollektiv.

Die inhaltliche Harmonisierung dient der Schaffung eines einheitlichen Datensatzes. Die Vereinheitlichung zielt auf eine standardisierte Profilabfolge, einen einheitlichen analytischen Bezug, generalisierte Nutzungsinformation und auf die Einordnung der Profile in die Gruppen der Bodenausgangsgesteine.

Die Profilabfolge wurde in die Stufen - Auflage, Oberboden, Unterboden, Untergrund - (Utermann et al. 2003) kategorisiert (**Abb. 1**). Die Nutzungsinformation der Punktdaten wurde in die Klassen Acker, Grünland und Forst generalisiert. Mit Bezug auf die Festlegungen zu Vorsorgewerten in Anhang 2 BBodSchV wurden alle Analysenwerte auf den Königswasser-aufschluss referenziert. Für die Umrechnung von Vanadium-Analysen (HF nach KW) wurde folgende Formel (Ad-hoc-AG Boden 2005) genutzt:

$$\log V \text{ (KW)} = -0,067 + 0,896 \cdot \log V \text{ (HF)} \quad (1)$$

Für alle anderen Elemente wurden in Ermangelung allgemeingültiger Umrechnungsfunktionen die Analysenwerte aus dem Totalaufschluss pauschal mit 0,9 multipliziert.

Die Einordnung der Profile in die Gruppen der Bodenausgangsgesteine erfolgte mit der in **Tabelle 3** gelisteten Informationen. Die Profilinformation zum Substrat und Bodenausgangsgestein (s. **Tab. 3**) wurde genutzt, um eine Zuordnung zu einer der folgenden 14 Gruppen¹ von Bodenausgangsgesteinen der BAGK 1000 vorzunehmen:

¹ Für die Auensedimente wurden keine Hintergrundwerte abgeleitet, da diese regional sehr unterschiedliche Stoffgehalte und Belastungsmuster aufweisen und sich aus bundesweiter Sicht mit dem gegebenen Stichprobenumfang nicht repräsentativ auswerten lassen.

1. Sedimente im Gezeitenbereich
2. Terrassen-/Schotterablagerungen
3. Sande
4. Geschiebemergel/-lehme mit sandiger Deckschicht
5. Geschiebelehme/-mergel
6. Lössse und Lössderivate
7. Sandlössse
8. Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)
9. Tongesteine
10. Sandsteine
11. Basische Magmatite & Metamorphite
12. Bimstuff
13. Saure Magmatite & Metamorphite
14. Torfe einschließlich kultivierter Moore

Die Profile, die sich aufgrund ihrer Information zu Substrat oder Bodenausgangsgestein eindeutig einer der 14 Gruppen von Bodenausgangsgesteinen der BAGK 1000 zuordnen ließen, wurden in einem weiteren Schritt räumlich mit der BAGK 1000 verortet, um sie im Hinblick auf die inhaltliche Übereinstimmung mit dem dominierenden Bodenausgangsgestein der Legeneinheit der BAGK 1000 zu überprüfen. Profile, deren Information zu Bodenausgangsgestein nicht mit der Legeneinheit der BAGK 1000, der sie aufgrund ihres Lagebezuges zugeordnet wurden, übereinstimmten, wurden von der weiteren Auswertung ausgeschlossen. Bei diesem Arbeitsschritt wurde mit einem Pufferradius von einem Kilometer gearbeitet. Diese Distanz entspricht näherungsweise der Genauigkeit der Konturenführung in der Karte im Maßstab 1:1 Mio..

Die bisher beschriebenen Schritte der Datenharmonisierung und dem inhaltlich-/räumlichen Abgleich mit BAGK 1000 als Flächenbezug führten zu einem Informationsverlust (s. **Tab. 3**), der vor allem dadurch auftritt, dass viele Profile in den Festgesteinsgebieten ausschließlich durch die Gliederung nach positionsgebundenen periglaziären Lagen beschrieben sind. Im Ergebnis liegen 13.106 Profile vor, von denen jedoch ein beträchtlicher Anteil aus den Auenuntersuchungsprogrammen in Sachsen stammt und nach inhaltlichem und räumlichem Abgleich als Auenstandorte klassifiziert wurden.

Die statistische und die räumliche Ausdünnung sind die letzten vorbereitenden Schritte zur Schaffung des robusten Datenkollektivs. In den Kategorien Nutzung + Oberboden + Boden-

Tab. 3: Verfügbare Informationen zur Einordnung der Profile in die Gruppen der Bodenausgangsgesteine der BAGK 1000, Informationsverlust als Folge der Datenharmonisierung und der inhaltlichen & räumlichen Repräsentanzprüfung

Datenherkunft	für Einstufung vorhandene relevante Informationen	Profile geliefert	Profile mit interpretierbarem BAG-Bezug	Profile nach Repräsentanzprüfung
BGR, bundesweit	Ausgangsmaterial + Substratabfolge	1447	848	668
Baden-Württemberg LUA+Landratsämter** / LGRB	Bodenausgangsgestein Geotyp + Untergrund	3833 / 66	373 / 66	255 / 50
Bayern	Geogenese + Substratsymbol	968	480	258
Brandenburg	Substrat + Substrat-Ausgangsgestein	725	725	506
Hessen	Bodenform	211	203	175
Mecklenburg-Vorpommern	Bodenart + Horizontsymbol*	294	262	152
Niedersachsen	Stratigraphie + Herkunft	3802	3695	1799
Nordrhein-Westfalen	Geologie	2454 (15598)***	1753	655
Rheinland-Pfalz	Substrat + Genese + Stratigraphie	3762	1082	413
Schleswig-Holstein	Ausgangsgestein	303	303	303
Sachsen	Leitbodengesellschaft/ Substratabfolge	10637	10614	7670 (4348)****
Sachsen-Anhalt	Substratabfolge	264	253	163
Thüringen	Bodenausgangsgestein	53	50	39
Summe		28819	20707	13106

* Im eigentlichen Sinne nicht nutzbar. Zuweisung erfolgte über Analogieschluss: gekappte oder lessivierte Profile interpretiert als Geschiebemergel, lessivierte Profile mit markanten Bodenartenunterschieden -> Geschiebemergel mit Deckschicht, Gleye -> Urstromtalsande, Sandbraunerden -> Schmelzwasser- und Geschiebesande, Torfe -> Niedermoor

** ~10% der Profilbeschreibungen enthalten Informationen zu Bodenausgangsgesteinen

**** Datensatz des LUA NRW (> 15.000 Punkte) konnte wegen fehlender Information zum Bodenausgangsgestein bzw. Geogenese oder Substrat nicht berücksichtigt werden

**** Auenstandorte

ausgangsgestein, Unterboden + Bodenausgangsgestein und Untergrund + Bodenausgangsgestein wurden die statistischen und räumlichen Verteilungen für jedes analysierte Element betrachtet. Die räumliche Ausdünnung erfolgte für jede Kategorie separat und zielt vor allem darauf, eine Überbetonung einzelner Regionen zu mindern und die räumliche Unabhängigkeit der Punktdaten zu erreichen. Die räumliche Ausdünnung wurde mit einem Mindestabstand von zwei Kilometern für jede Kategorie und jedes Element vorgenommen. Für Kategorien mit < 40 Punktdaten wurde auf eine räumliche Ausdünnung zugunsten der Sicherstellung einer hinreichend großen Stichprobe verzichtet.

In **Abbildung 4** sind das Vorgehen und das Ergebnis der räumlichen Ausdünnung von Punktinformationen für das Gebiet Freiberg/Erzgebirge am Beispiel der Oberbodenproben der Ausgangsgesteinsgruppe Saure Magmatite und Metamorphite visualisiert. Im ersten Schritt wurden alle Profile des Lagerstättenreviers (regionalspezifische Schadstoffbelastung) aus der weiteren Betrachtung entfernt, danach folgte die Ausdünnung mit einem Mindestabstand von 2 km, separat für jede Nutzungsklasse. In der Darstellung lässt sich auch der Effekt der Pufferung mit 1 km Radius erkennen. Profile, die innerhalb dieser Distanz in einer anderen Einheit liegen, aber inhaltlich den Sauren Magmatiten und Metamorphiten zuzuordnen sind, bleiben für die weitere Analyse erhalten.

Gemäß der Definition von Hintergrundgehalten als Summe des geogenen Grundgehaltes und diffus-ubiquitärer Stoffeinträge sind für die Ableitung von Hintergrundwerten Proben, deren Elementgehalte auch auf weitere, spezifische Quellen (z.B. lokale, geogen bedingte Vererzungen, Kontaminationen infolge von Bergbauaktivitäten) zurückzuführen sind, als Proben mit untypischen Gehalten aus den Auswertekollektiven auszugrenzen. Die räumliche Visualisierung der Werteverteilungen in den einzelnen Kategorien zeigte vor allem für Arsen und Uran, untergeordnet auch für Antimon bekannte regionale Belastungsmuster. Deutlich erhöhte Werte für Arsen finden sich in den Sauren Magmatiten und Metamorphiten des Erzgebirges. Die als Extremwerte in der statistischen Verteilung gekennzeichneten Werte dominieren räumlich im Freiburger Lagerstättenbezirk und im Gebiet Ehrenfriedersdorf mit seinen Arsenkies führenden Sn-W Vererzungen. Der Jahrhunderte währende Bergbau und die Verhüttung von Erzen im Freiburger Revier – Abbau der jüngeren arsenidische BiCoNi-Formation – führten zu einer Arsenanomalie. Die Gehalte liegen mit einer Zehnerpotenz über denen der anderen Regionen. Ähnlich verhält es sich für Antimon, dessen erhöhte Gehalte in den Profilen aus der Aufbereitung und Verhüttung von Erzen der älteren polymetallischen Formation stammen.

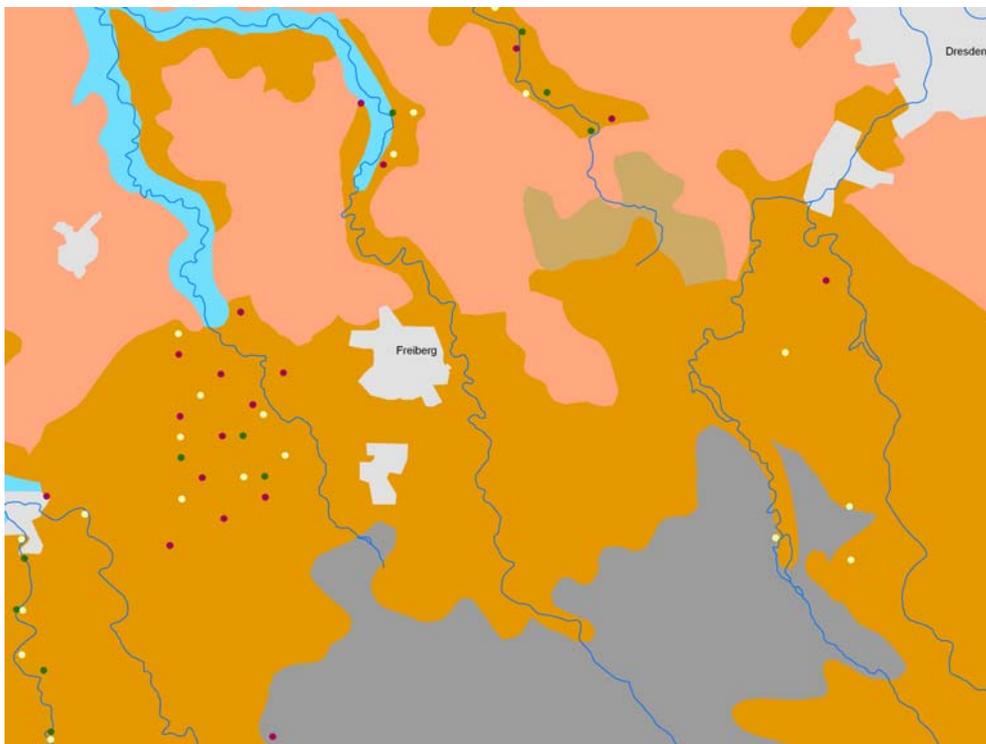
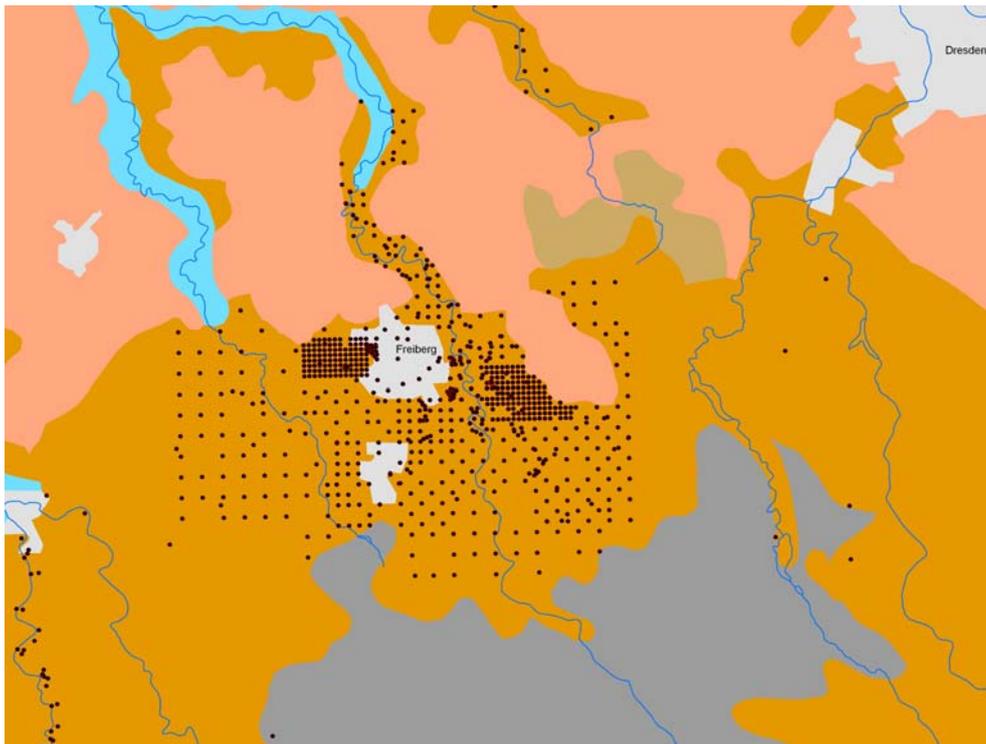


Abb. 4: Räumliche Verteilung der Oberbodenproben im Raum Freiberg/Erzgebirge für die Gruppe der Sauren Magmatite und Metamorphite vor (oben) und nach (unten) der räumlichen Ausdünnung (Punkte in unterer Abb.: gelb → Grünland, grün → Wald, rot → Ackerland)

Weitere in ihrer Kategorie durch deutlich höhere Arsengehalte auffallende Gebiete sind das nördlich Freiberg gelegene lößbedeckte Hügelland, der Tharandter Wald mit Böden auf Kreidesandsteinen (Emissionen der Freiburger Muldenhütte) und die Auen der Mulde. Die Profile aus diesen Gebieten wurden bei der weiteren statistischen Betrachtung ausgespart.

Nach Ausschluss der genannten Gebiete mit regionalen Anomalien wurden für alle Stichproben element- und strattenspezifisch Ausreißer identifiziert und eliminiert. Hierzu wurde eine Boxplotanalyse durchgeführt. Als Ausreißer wurden die Extremwerte angesehen, die über dem dreifachen Interquartilabstand liegen. In **Abbildung 5** wird das Vorgehen am Beispiel der As-Gehalte in Oberböden aus Löss und Lössderivaten differenziert nach den Hauptlandnutzungsarten visualisiert. In einem weiteren Schritt wurde für die verbleibende Erhebungsgesamtheit die Verteilungsform ermittelt. Die Ausreißer-bereinigten Stichproben erweisen sich in den überwiegenden Fällen als Log-normal- bzw. Gamma-verteilt, in wenigen Fällen auch als normalverteilt.

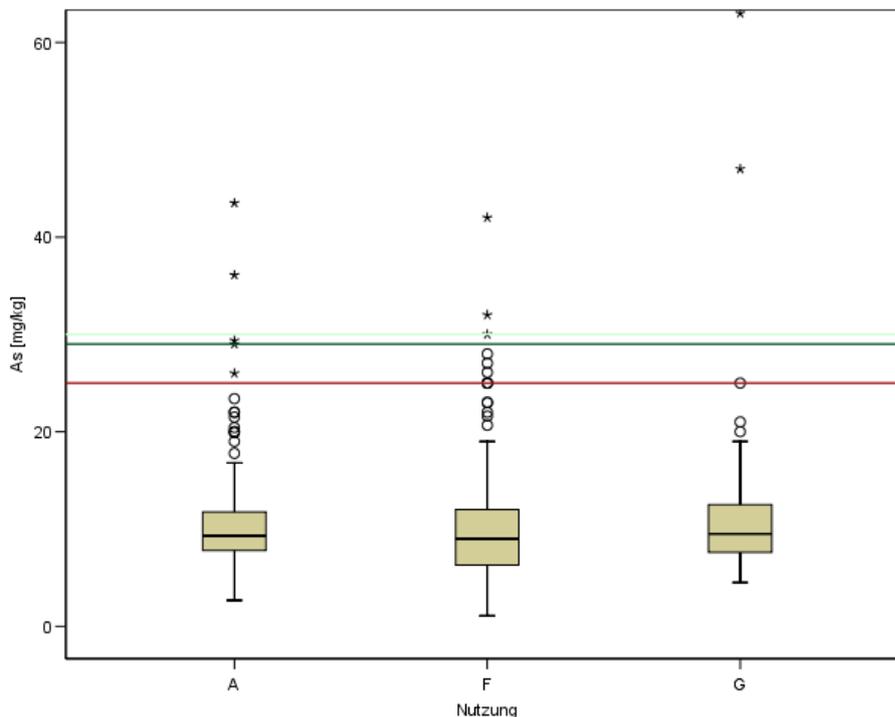


Abb. 5: Boxplotanalyse zur Identifizierung von Extremwerten für das Beispiel As-Gehalte in Oberböden aus Löss und Lössderivaten (Kappungslinie: Hellgrün: Grünland, Dunkelgrün: Wald, Rot: Ackerland)

In **Abbildung 6** wird beispielhaft die Anpassung der Ausreißer-bereinigten Stichproben für die As-Gehalte in Oberböden aus Löss unter Acker- und Grünlandnutzung an die Gamma-Verteilung gezeigt.

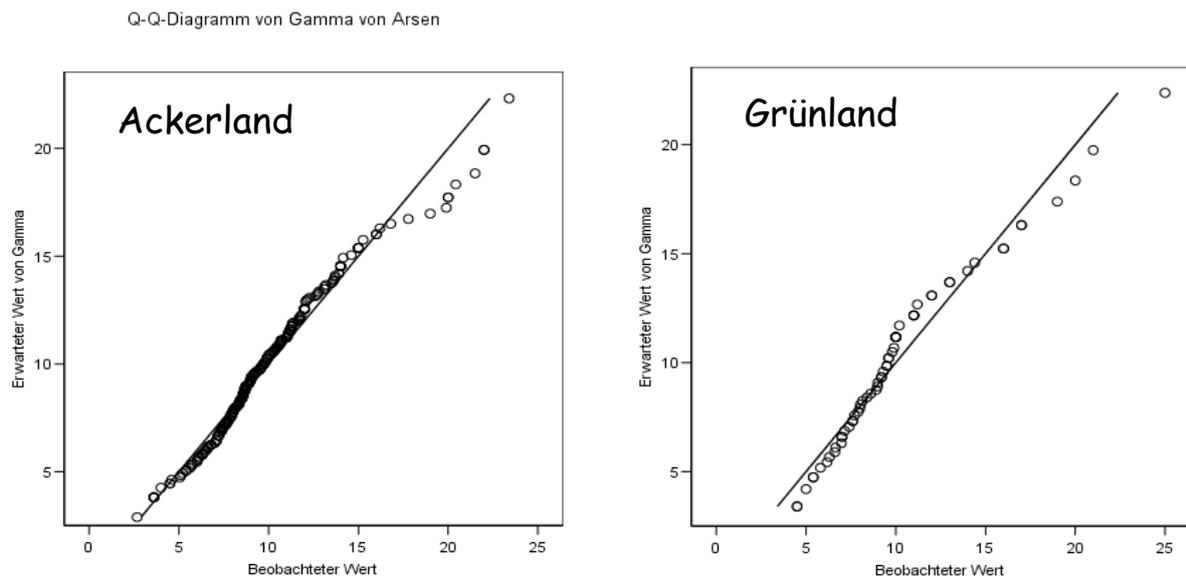


Abb. 6: Anpassung der Stichproben „As-Gehalte in Oberböden aus Löss und Lössderivaten“ für die Nutzungsklasse Acker und Grünland an eine theoretische Verteilungsform (Gamma-Verteilung).

5. Ergebnisse

5.1 Statistische Maßzahlen und Hintergrundwerte für die Elemente in Ober-, Unterböden und Untergrund

Die Werte der Elementanalysen liegen nach den beschriebenen Arbeitsschritten bereinigt von Extremwerten und regionaler Anomalien vor. Die Daten sind durch theoretische Verteilungen beschreibbar und erfüllen die Voraussetzungen um die Hintergrundwerte zu berechnen. Als statistische Maßzahlen für Hintergrundwerte werden üblicherweise der 50. und 90. Perzentilwert angegeben. In Anlehnung an die bundesweit getroffenen Vereinbarungen zur Ableitung von Hintergrundwerten (LABO 2003) werden für Stichprobenumfänge von $10 < n < 20$ keine 90. Perzentilwerte angegeben (bzw. diese in Klammern gesetzt), für Stichprobenumfänge von $n < 10$ wird auch kein 50. Perzentilwert ausgewiesen (bzw. dieser in Klammern gesetzt).

Aus **Tabelle 4** geht der Stichprobenumfang für die Ableitung von Hintergrundwerten in Ober- und Unterböden differenziert nach Bodenausgangsgesteinsgruppen hervor. Demnach sind die aus bundesweiter Sicht flächenmäßig bedeutsamen Gruppen von Bodenausgangsgesteinen für die meisten Elemente mit einer ausreichend großen Anzahl an Bodenprofilen belegt. Je nach Element bzw. Stichprobenumfang können für $< 60\%$ bis zu 95% der zu belegenden Fläche Deutschlands repräsentative Hintergrundwerte ausgewiesen werden. Der umfangreichste Datensatz unter allen betrachteten Elementen liegt für Arsen vor.

In den Listen der Kapitel 5.1.1 – 5.1.9 sind die Hintergrundwerte als 50. und 90. Perzentilwerte sowie weitere statistische Maßzahlen elementspezifisch für die Gruppen der Bodenausgangsgesteine in der Reihenfolge

- ▶ nutzungsuntergliederte Oberböden
- ▶ Unterböden und
- ▶ Untergrund

gelistet.

Boxplots geben eine schnelle Übersicht zur Werteverteilung in den Gruppen der Bodenausgangsgesteine, wobei hier auf eine Differenzierung der Oberbodengehalte nach Hauptlandnutzungsklassen verzichtet wurde. Bei den Darstellungen der Verteilungen in den Boxplots handelt es sich um die Ausreißer-bereinigten Stichproben.

Tab. 4: Anzahl der Profile für die Ableitung von Hintergrundwerten in Ober- (ohne Nutzungsdifferenzierung) und Unterböden.

Bodenausgangs- gesteinsgruppe	Fläche [km ²]	Fläche [%]	As Profile [n]		Be Profile [n]		Co Profile [n]		Mo Profile [n]		Sb Profile [n]		Se Profile [n]		Tl Profile [n]		U Profile [n]		V Profile [n]	
			OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB	OB	UB
Sedimente im Gezeitenbereich	5926	1,7	115	26	13	18	32	23	-	-	25	18	12	22	-	-	10	20	13	23
Auensedimente	23320	6,6	473	302	117	191	197	95	55	40	179	141	100	94	280	165	134	112	265	232
Terrassen- und Schotterablage- rungen	9786	2,7	61	53	4	33	32	8	18	16	15	22	9	3	20	16	-	-	68	71
Sande und mäch- tige sandige Deckschichten	64732	17,9	367	271	306	213	271	273	58	51	86	107	69	117	24	22	170	222	418	359
Geschiebe-lehm/- mergel	39700	10,8	166	165	27	77	208	97	31	66	84	100	50	52	62	62	23	26	74	148
Lösse und Löss- derivate	56225	15,5	423	415	304	347	338	296	85	98	164	163	154	161	165	148	257	279	468	470
Sandlössse	4722	1,3	44	42	99	34	59	73	20	40	18	88	24	33	22	38	93	135	100	92
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergel- gesteine)	27939	7,7	101	96	18	116	103	86	64	58	72	69	63	56	127	114	86	89	70	83
Tongesteine	42319	11,7	160	142	99	134	119	82	13	14	59	36	45	36	40	44	86	81	222	164
Sandsteine	31539	8,7	79	74	63	67	73	66	29	28	48	37	25	19	103	101	26	28	91	84
Basische Magma- tite und Meta- morphite	4152	1,2	41	37	11	16	15	10	5	5	13	14	6	6	20	19	3	2	19	17
Bimstuff	218	0,1	11	20	12	12	19	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	19
Saure Magmatite und Metamorphite	19358	5,4	163	131	210	81	59	190	54	51	136	94	49	49	186	132	337	328	304	265
Torfe/kultivierte Moore	18102	5,0	68	68	25	26	40	37	7	10	31	38	4	3	-	-	-	-	27	42

5.1.1 Arsen

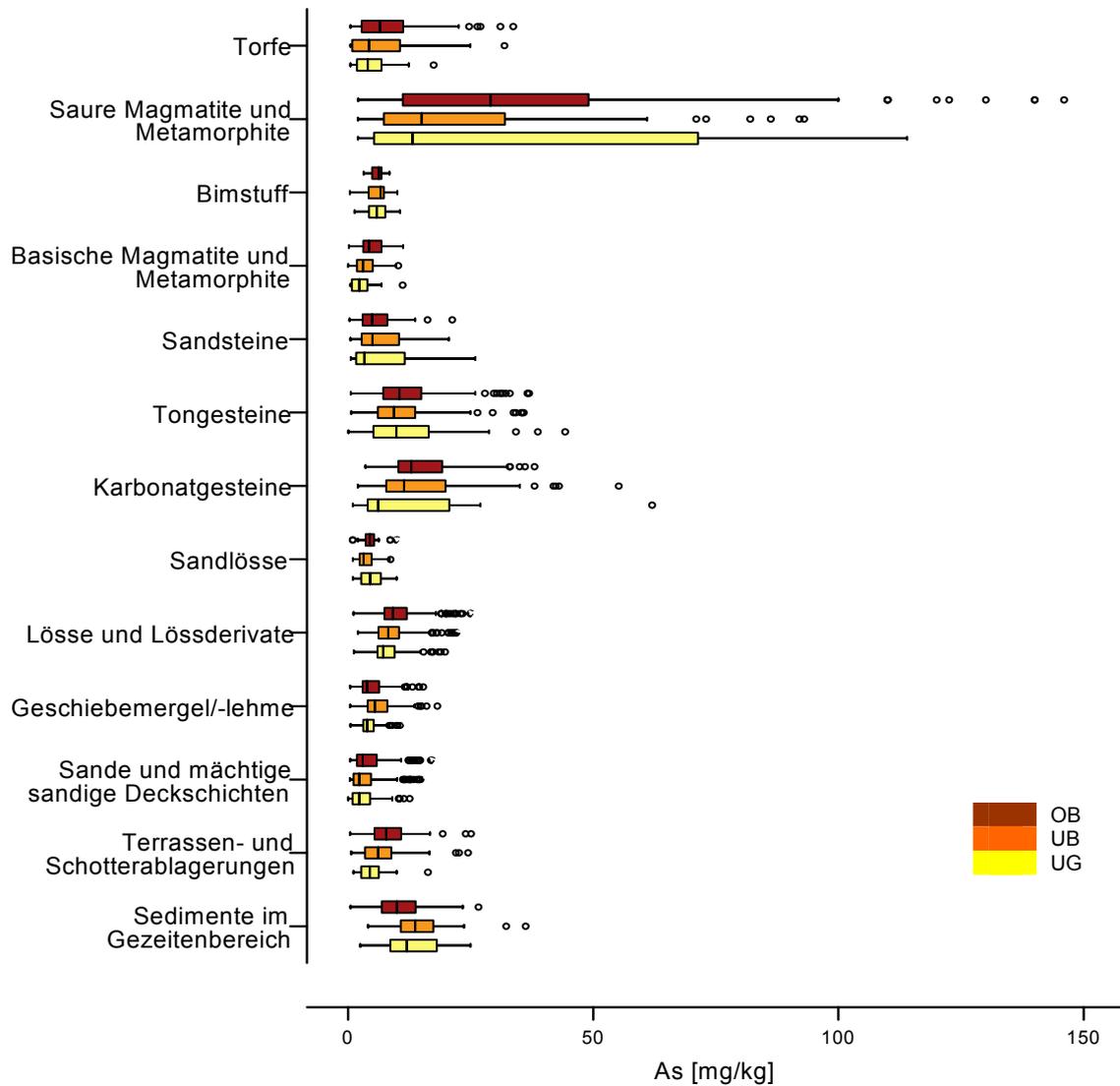


Abb. 7: Boxplots für Königswasser-extrahierbare **As**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 5: Statistik Arsengehalte [mg/kg]

As [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	Lognormal		Lognormal	Lognormal
N	44	71		26	11
Minimum	0,5	0,9		4,1	2,5
Median	8,8	10,7		13,5	12,0
Perzentil 90	13,4	20,4		26,2	(24,8)
Perzentil 95	15,3	23,3		34,8	
Maximum	17,4	26,6		36,2	25,0

As [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Lognormal	Lognormal	Gamma	Gamma
N	28	11	12	53	37
Minimum	3,6	0,5	4,5	0,6	1,1
Median	7,3	6,3	8,8	6,1	4,4
Perzentil 90	16,5	(44,9)	(14,9)	13,0	9,2
Perzentil 95	22,5			22,2	10,5
Maximum	25,1	49,1	16,7	24,4	16,3

As [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	140	102	125	271	115
Minimum	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0
Median	2,7	3,0	3,2	2,3	2,2
Perzentil 90	8,9	10,0	8,0	7,2	8,0
Perzentil 95	12,3	12,6	9,8	11,2	9,3
Maximum	14,7	16,9	13,0	14,8	12,6

Fortsetzung Tab. 5: Statistik Arsengehalte [mg/kg]

As [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Halbnormal	Gamma	Gamma	Gamma
N	101	44	21	165	84
Minimum	0,5	0,8	2,7	0,4	0,5
Median	3,4	4,9	6,0	5,0	3,8
Perzentil 90	7,4	11,7	13,7	11,1	8,3
Perzentil 95	9,4	12,9	14,5	13,1	9,7
Maximum	10,5	14,4	14,5	18,2	11,0

As [mg/kg]					
Löse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	244	59	120	415	186
Minimum	2,7	4,5	1,1	2,0	1,2
Median	9,2	9,3	8,8	8,2	7,1
Perzentil 90	14,0	17,0	19,0	13,0	12,3
Perzentil 95	16,2	20,0	24,9	14,4	14,6
Maximum	23,4	25,0	28,0	21,7	19,8

As [mg/kg]					
Sandlöse					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	-	-	Gamma	Lognormal
N	26	8	10	42	20
Minimum	2,0	1,0	2,7	1,0	1,0
Median	4,4	(3,1)	4,5	3,1	4,5
Perzentil 90	7,0		(11,3)	5,9	8,9
Perzentil 95	8,6			8,2	9,9
Maximum	8,6	5,1	11,4	8,7	9,9

As [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	23	19	59	96	42
Minimum	6,6	7,0	3,6	2,0	1,0
Median	13,0	11,5	12,2	10,6	5,3
Perzentil 90	24,6	(19,4)	32,5	25,0	23,7
Perzentil 95	27,0	25,8	36,1	38,6	26,7
Maximum	27,0	25,8	62,8	55,2	62,0

Fortsetzung Tab. 5: Statistik Arsengehalte [mg/kg]

As [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	Normal	Gamma	Gamma	Gamma
N	36	31	93	142	95
Minimum	4,7	1,6	0,6	0,6	0,1
Median	8,8	9,0	12,0	9,2	9,6
Perzentil 90	14,8	14,4	24,8	20,0	22,5
Perzentil 95	16,6	15,8	30,1	26,2	28,7
Maximum	16,6	17,1	39,3	35,8	44,2

As [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	-	Gamma	Gamma	Gamma
N	29	9	41	74	45
Minimum	1,9	3,0	0,3	0,5	0,6
Median	5,5	(4,3)	4,5	4,5	3,3
Perzentil 90	12,4		8,2	12,7	15,8
Perzentil 95	17,5		9,6	15,4	22,4
Maximum	21,2	16,2	12,4	20,6	25,9

As [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	-	Normal	Gamma	Lognormal	Lognormal
N	8	17	16	37	16
Minimum	3,3	0,2	1,2	0,0	0,5
Median	(4,0)	4,6	3,8	3,0	2,3
Perzentil 90		(7,4)	(27,8)	7,2	(8,1)
Perzentil 95		7,6		9,8	
Maximum	6,1	7,7	32,0	10,2	11,1

As [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	-			Gamma	Lognormal
N	11			20	14
Minimum	3,2			0,4	1,3
Median	6,3			6,6	5,9
Perzentil 90	(8,0)			7,6	(9,5)
Perzentil 95				9,9	
Maximum	8,2			10,1	10,6

Fortsetzung Tab. 5: Statistik Arsengehalte [mg/kg]

As [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Lognormal	Lognormal	Gamma	Gamma
N	52	42	69	131	21
Minimum	2,1	7,8	3,2	2,0	2,0
Median	17,0	32,5	32,0	14,1	10,7
Perzentil 90	45,7	57,5	110,0	45,8	87,6
Perzentil 95	62,0	80,4	140,0	65,0	111,8
Maximum	70,0	120,0	248,5	93,0	114,0

As [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Gamma		Gamma	Gamma
N		68		68	23
Minimum		0,5		0,5	0,5
Median		5,9		3,9	3,6
Perzentil 90		19,6		16,7	11,7
Perzentil 95		24,7		24,4	16,5
Maximum		31,0		31,9	17,5

5.1.2 Antimon

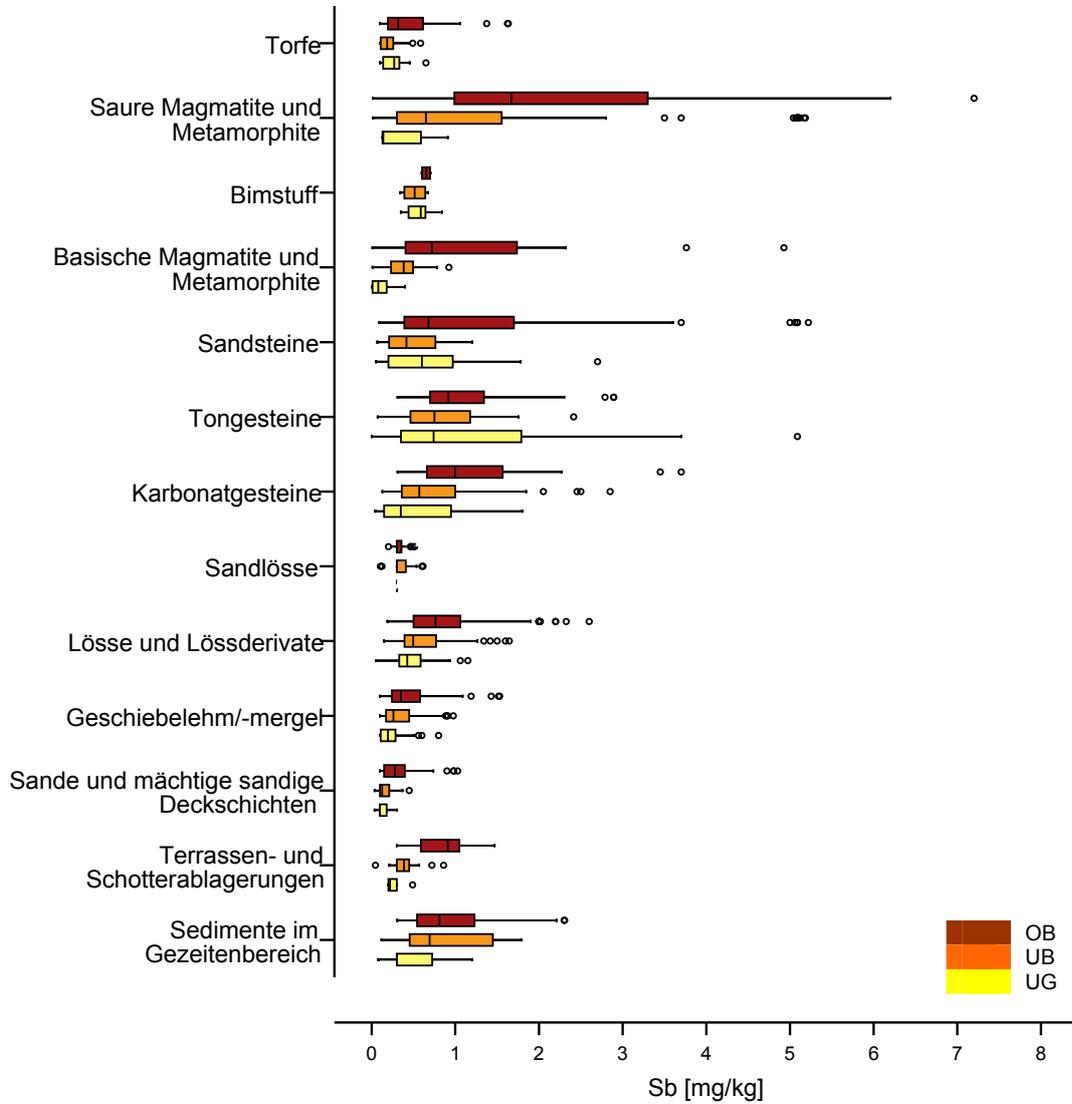


Abb. 8: Boxplots für Königswasser-extrahierbare Sb-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 6: Statistik Antimonergehalte [mg/kg]

Sb [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Lognormal		Lognormal	Lognormal
N		25		18	9
Minimum		0,30		0,10	0,10
Median		0,70		0,70	(0,30)
Perzentil 90		1,70		(1,70)	
Perzentil 95		2,10			
Maximum		2,20		1,80	1,20

Sb [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal			Gamma	Lognormal
N	15			22	8
Minimum	0,30			0,10	0,20
Median	0,80			0,40	(0,20)
Perzentil 90	(1,00)			0,70	
Perzentil 95				0,80	
Maximum	1,10			0,90	0,50

Sb [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	Lognormal	Lognormal	Gamma	Gamma
N	35	23	28	107	107
Minimum	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05
Median	0,20	0,30	0,30	0,10	0,10
Perzentil 90	0,40	0,80	0,80	0,30	0,30
Perzentil 95	0,45	0,96	1,00	0,33	0,33
Maximum	0,60	1,00	1,05	0,45	0,45

Fortsetzung Tab. 6: Statistik Antimongehalte [mg/kg]

Sb [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Lognormal	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	60	22	11	100	63
Minimum	0,10	0,10	0,30	0,10	0,10
Median	0,30	0,50	0,60	0,20	0,19
Perzentil 90	0,44	1,05	(2,10)	0,60	0,45
Perzentil 95	0,50	1,08		0,90	0,55
Maximum	0,70	1,10	2,20	1,00	0,80

Sb [mg/kg]					
Lösse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	(Gamma)	Gamma	Gamma	Gamma
N	98	19	48	163	68
Minimum	0,20	0,30	0,20	0,20	0,05
Median	0,60	1,30	0,80	0,50	0,40
Perzentil 90	1,50	(2,00)	1,30	1,00	0,70
Perzentil 95	1,80		2,00	1,10	0,80
Maximum	2,20	2,20	2,30	1,60	1,20

Sb [mg/kg]					
Sandlösse					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	
N			18	88	
Minimum			0,30	0,10	
Median			0,30	0,30	
Perzentil 90			(0,60)	0,50	
Perzentil 95				0,51	
Maximum			0,80	0,60	

Sb [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	-	(Gamma)	Lognormal	Gamma	Gamma
N	12	16	44	69	30
Minimum	0,30	0,50	0,40	0,10	0,04
Median	0,70	1,20	1,00	0,50	0,30
Perzentil 90	(0,90)	(5,30)	1,90	1,80	1,00
Perzentil 95			3,20	2,20	1,40
Maximum	1,00	5,40	3,70	2,80	1,80

Fortsetzung Tab. 6: Statistik Antimongehalte [mg/kg]

Sb [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	(Lognormal)	(Lognormal)	Lognormal	Gamma	Lognormal
N	17	14	28	36	18
Minimum	0,40	0,30	0,40	0,10	0,01
Median	0,90	0,90	1,10	0,70	0,70
Perzentil 90	(1,50)	(1,40)	2,30	1,40	(3,80)
Perzentil 95				1,80	
Maximum	1,90	1,44	2,90	2,40	5,10

Sb [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	(Gamma)	-	Lognormal	Gamma	Lognormal
N	18	6	24	37	15
Minimum	0,20	0,40	0,10	0,10	0,05
Median	0,70	(0,40)	0,60	0,40	0,50
Perzentil 90	(2,00)		2,80	0,80	(2,10)
Perzentil 95			3,50	1,10	
Maximum	2,10	0,60	3,60	1,20	2,70

Sb [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		7	6	14	5
Minimum		0,10	0,10	0,01	0,01
Median		(0,50)	(2,30)	0,40	
Perzentil 90				(0,80)	
Perzentil 95					
Maximum		0,90	7,20	0,90	0,40

Sb [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N	4			9	7
Minimum	0,60			0,30	0,35
Median				(0,50)	
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	0,70			0,70	0,84

Fortsetzung Tab. 6: Statistik Antimongehalte [mg/kg]

Sb [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Normal	Gamma	Gamma	Lognormal
N	64	33	39	94	11
Minimum	0,20	0,10	0,30	0,02	0,13
Median	1,60	1,90	2,50	0,60	0,13
Perzentil 90	4,80	3,60	7,20	1,60	(0,84)
Perzentil 95	5,10	4,80	16,00	2,30	
Maximum	5,20	5,20	17,00	3,70	0,91

Sb [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Lognormal		Gamma	Lognormal
N		31		38	20
Minimum		0,10		0,10	0,10
Median		0,30		0,18	0,27
Perzentil 90		0,80		0,40	0,45
Perzentil 95		1,10		0,50	0,64
Maximum		1,40		0,60	0,65

5.1.3 Beryllium

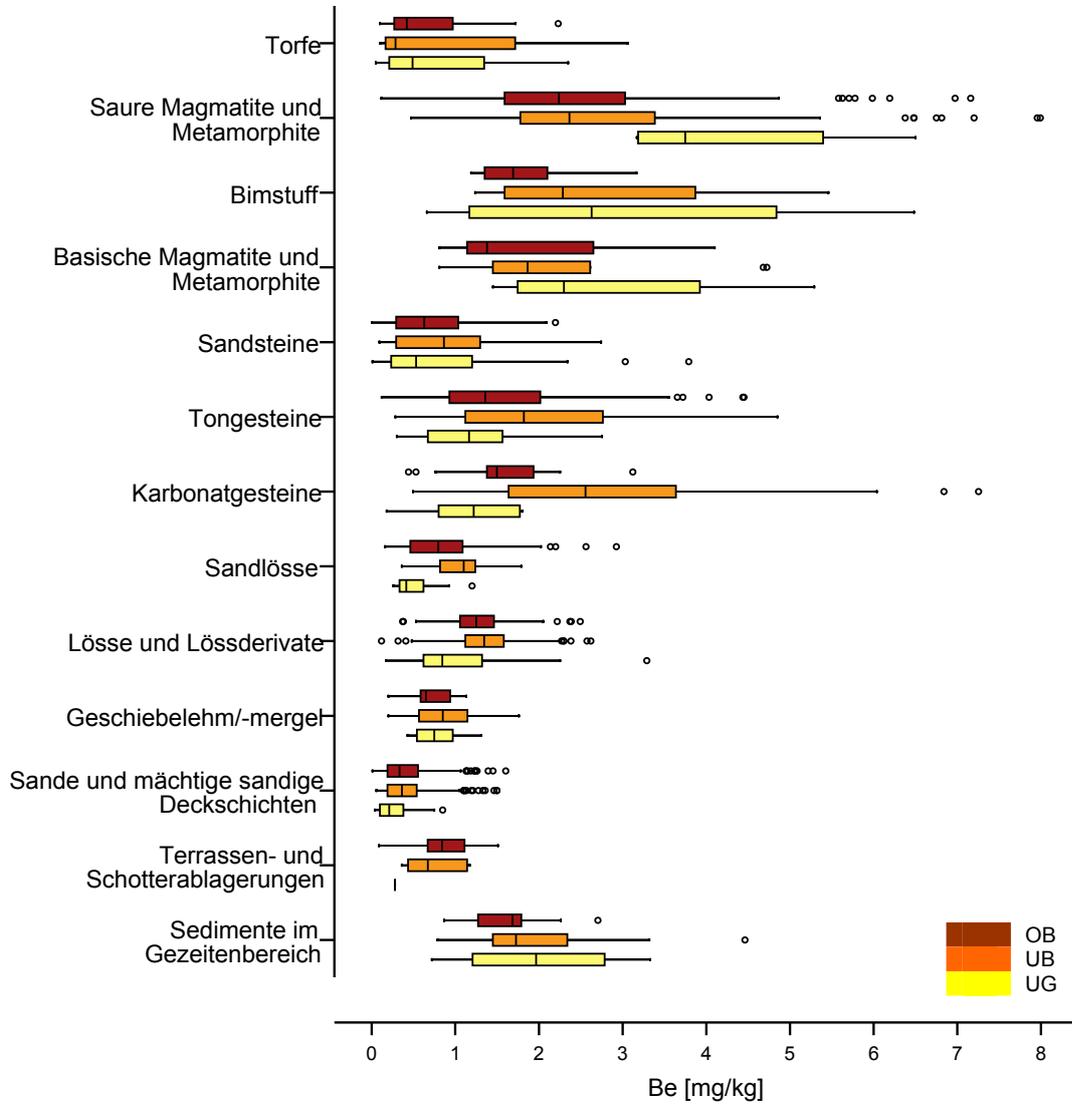


Abb. 9: Boxplots für Königswasser-extrahierbare **Be**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 7: Statistik Berylliumgehalte [mg/kg]

Be [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		13		23	4
Minimum		0,90		0,80	0,70
Median		1,70		1,70	
Perzentil 90		(2,50)		3,00	
Perzentil 95				4,20	
Maximum		2,70		4,50	3,30

Be [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	
N	4			8	
Minimum	0,8			0,40	
Median				(0,70)	
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	1,5			1,20	

Be [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	89	43	174	273	72
Minimum	0,10	0,10	0,01	0,10	0,04
Median	0,30	0,50	0,20	0,40	0,20
Perzentil 90	0,70	1,00	0,70	0,80	0,50
Perzentil 95	0,90	1,40	0,90	1,00	0,60
Maximum	1,40	1,60	1,30	1,50	0,85

Fortsetzung Tab. 7: Statistik Berylliumgehalte [mg/kg]

Be [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Gamma
N	27			97	59
Minimum	0,24			0,10	0,10
Median	0,67			0,40	0,30
Perzentil 90	1,06			1,10	1,00
Perzentil 95	1,13			1,50	1,20
Maximum	1,13			1,80	1,30

Be [mg/kg]					
Löss- und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	201	52	50	296	65
Minimum	0,50	0,60	0,40	0,10	0,20
Median	1,20	1,30	1,20	1,30	0,80
Perzentil 90	1,60	1,60	1,80	1,90	1,80
Perzentil 95	1,70	1,80	2,40	2,10	2,10
Maximum	2,00	2,20	2,70	2,60	3,30

Be [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	-	Gamma	Gamma	Lognormal
N	64	11	24	73	11
Minimum	0,30	0,20	0,20	0,40	0,30
Median	1,00	1,10	0,40	1,10	0,40
Perzentil 90	1,30	(2,80)	0,90	1,40	(1,10)
Perzentil 95	1,70		0,97	1,60	
Maximum	2,10	2,90	1,00	1,80	1,20

Be [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	
N		3	15	86	5
Minimum		1,30	0,40	0,50	0,20
Median			1,50	2,60	
Perzentil 90			(2,60)	5,30	
Perzentil 95				6,00	
Maximum		1,80	3,10	8,50	1,80

Fortsetzung Tab. 7: Statistik Berylliumgehalte [mg/kg]

Be [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	28	27	54	82	41
Minimum	0,70	0,30	0,10	0,30	0,30
Median	1,60	1,60	1,10	1,60	1,10
Perzentil 90	3,60	3,30	2,40	3,30	2,00
Perzentil 95	3,90	4,10	3,10	4,20	2,40
Maximum	4,00	4,40	4,40	4,80	2,80

Be [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Gamma
N	11	9	43	66	30
Minimum	0,60	0,10	0,01	0,10	0,01
Median	1,00	(1,00)	0,40	0,90	0,50
Perzentil 90	(2,00)		1,10	2,00	2,30
Perzentil 95			1,20	2,20	3,40
Maximum	2,10	2,20	1,40	2,70	3,80

Be [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		6	5	10	4
Minimum		1,40	0,80	0,80	1,40
Median				1,90	
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum		4,10	1,20	4,70	5,30

Be [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	12			20	14
Minimum	1,3			1,20	0,70
Median	1,8			2,30	2,60
Perzentil 90	(3,0)			4,50	(5,80)
Perzentil 95				5,40	
Maximum	3,2			5,50	6,50

Fortsetzung Tab. 7: Statistik Berylliumgehalte [mg/kg]

Be [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	59	60	91	190	4
Minimum	0,20	0,80	0,10	0,50	3,20
Median	2,30	2,40	1,90	2,30	
Perzentil 90	3,60	4,50	3,40	4,20	
Perzentil 95	4,00	5,60	4,00	5,30	
Maximum	5,60	5,80	7,20	8,00	6,50

Be [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	-	Gamma	-	Gamma	Lognormal
N	2	25	2	37	7
Minimum	0,20	0,10	0,30	0,10	0,05
Median		0,40		0,30	(0,50)
Perzentil 90		1,70		2,00	
Perzentil 95		2,10		2,40	
Maximum	0,60	2,20	4,00	3,00	2,40

5.1.4 Kobalt

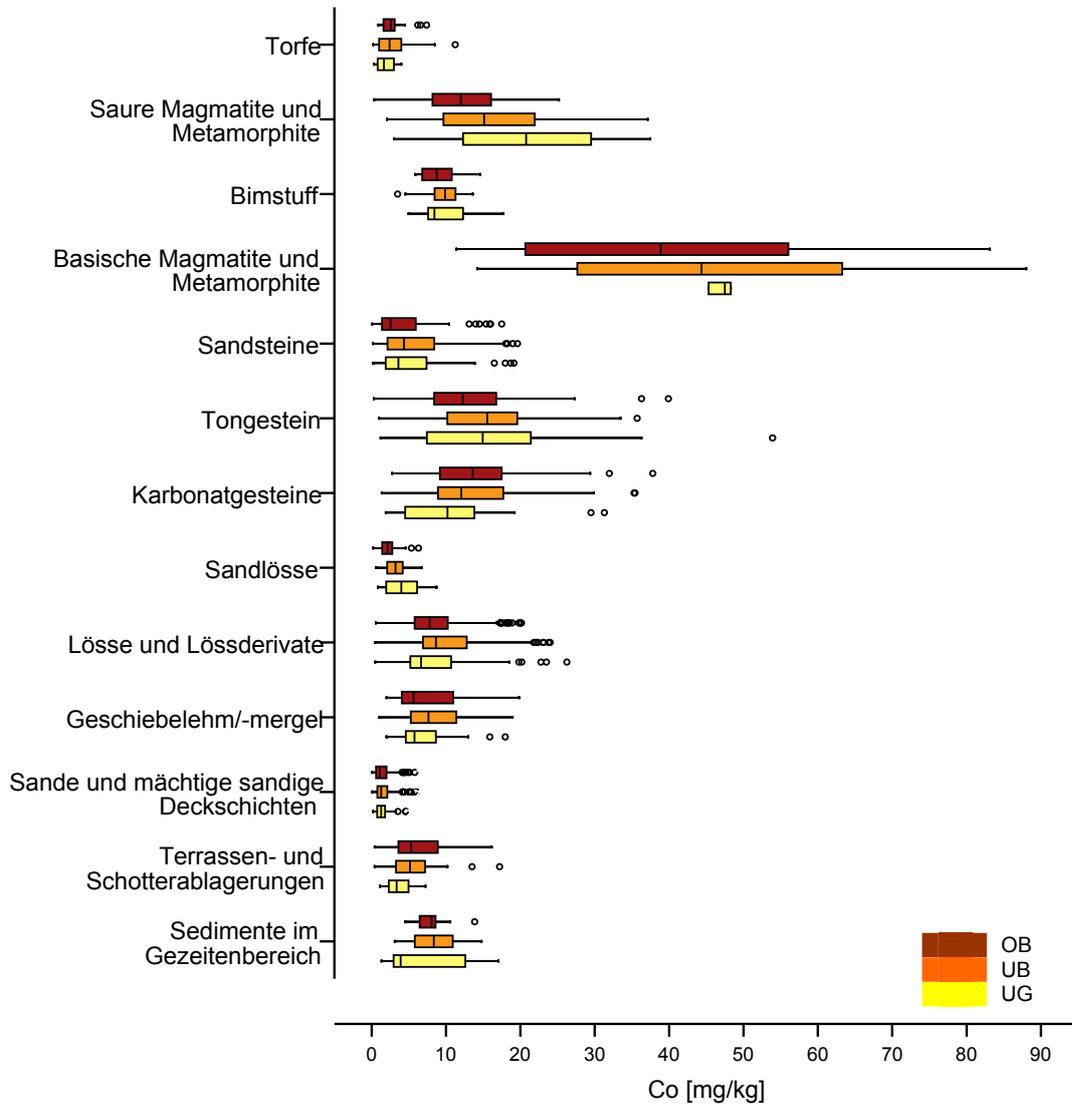


Abb. 10: Boxplots für Königswasser-extrahierbare **Co**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 8: Statistik Kobaltgehalte [mg/kg]

Co [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Normal		Lognormal	Lognormal
N	3	18		32	5
Minimum	7,4	4,6		3,1	1,3
Median		8,1		8,4	(3,9)
Perzentil 90		(10,9)		13,2	
Perzentil 95				14,5	
Maximum	10,4	13,8		14,8	17,1

Co [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	20	5	8	32	13
Minimum	3,0	1,5	0,4	0,4	1,1
Median	5,6		(3,5)	5,0	3,3
Perzentil 90	12,7			9,8	(6,4)
Perzentil 95	16,0			14,8	
Maximum	16,2	9,0	9,1	17,2	7,2

Co [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	69	31	113	271	98
Minimum	0,2	0,5	0,1	0,1	0,2
Median	1,9	2,0	0,8	1,3	1,2
Perzentil 90	3,7	4,2	2,0	3,2	2,4
Perzentil 95	4,5	4,6	2,2	4,0	3,0
Maximum	6,8	5,1	3,3	6,1	4,6

Fortsetzung Tab. 8: Statistik Kobaltgehalte [mg/kg]

Co [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma		Gamma	Gamma
N	47	17	13	208	66
Minimum	2,2	2,0	2,1	0,6	0,5
Median	4,9	11,4	10,6	4,5	4,7
Perzentil 90	9,6	(14,5)	(14,5)	11,5	10,4
Perzentil 95	11,3			14,9	12,6
Maximum	13,0	15,8	16,4	19,0	18,0

Co [mg/kg]					
Lösse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	(Gamma)	Gamma	Gamma	Gamma
N	230	21	96	338	150
Minimum	0,5	5,2	0,8	0,5	0,5
Median	8,6	9,3	6,1	8,6	6,6
Perzentil 90	14,8	12,7	13,7	15,9	15,1
Perzentil 95	17,0	17,0	16,9	18,4	17,0
Maximum	20,1	17,4	18,4	24,0	26,2

Co [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	22		12	59	9
Minimum	0,2		0,6	0,6	0,8
Median	1,8		1,4	3,2	(4,0)
Perzentil 90	5,0		(3,7)	5,0	
Perzentil 95	6,2			5,8	
Maximum	6,3		4,2	6,7	8,7

Co [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Gamma
N	12	16	82	103	29
Minimum	8,2	6,4	2,8	1,4	1,9
Median	17,9	14,5	12,2	12,0	7,9
Perzentil 90	(26,9)	(23,8)	22,7	24,3	19,2
Perzentil 95			27,8	27,8	30,4
Maximum	27,9	26,0	37,8	35,4	31,3

Fortsetzung Tab. 8: Statistik Kobaltgehalte [mg/kg]

Co [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	30	26	78	119	59
Minimum	4,8	6,3	0,3	1,0	1,2
Median	16,0	13,1	10,0	15,5	14,9
Perzentil 90	24,1	20,1	18,7	22,5	28,8
Perzentil 95	30,3	22,0	22,6	28,1	30,2
Maximum	36,3	22,3	27,3	35,7	53,9

Co [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Gamma
N	17	8	43	73	41
Minimum	2,6	1,4	0,1	0,2	0,2
Median	7,5	(2,9)	1,6	4,4	3,3
Perzentil 90	(18,0)		3,7	14,6	16,0
Perzentil 95			5,2	18,1	18,6
Maximum	19,8	8,3	7,1	19,6	19,1

Co [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N	16			15	3
Minimum	11,4			14,2	45,3
Median	38,8			44,4	
Perzentil 90	(75,5)			(83,3)	
Perzentil 95					
Maximum	83,1			88,0	48,3

Co [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	12			19	13
Minimum	5,9			3,5	5,0
Median	8,8			9,8	8,3
Perzentil 90	(11,6)			(12,4)	(16,3)
Perzentil 95					
Maximum	11,7			13,6	17,7

Fortsetzung Tab. 8: Statistik Kobaltgehalte [mg/kg]

Co [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Lognormal
N	41	12	28	59	13
Minimum	6,1	2,5	0,3	2,0	3,0
Median	13,2	13,5	5,9	15,1	20,8
Perzentil 90	21,5	(21,9)	15,3	27,5	(36,2)
Perzentil 95	22,9		18,8	30,3	
Maximum	25,2	22,6	19,1	37,1	37,5

Co [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Gamma		Gamma	Lognormal
N		26		40	4
Minimum		0,9		0,2	0,3
Median		2,5		2,2	
Perzentil 90		4,2		6,8	
Perzentil 95		5,9		8,4	
Maximum		6,6		11,2	4,0

5.1.5 Molybdän

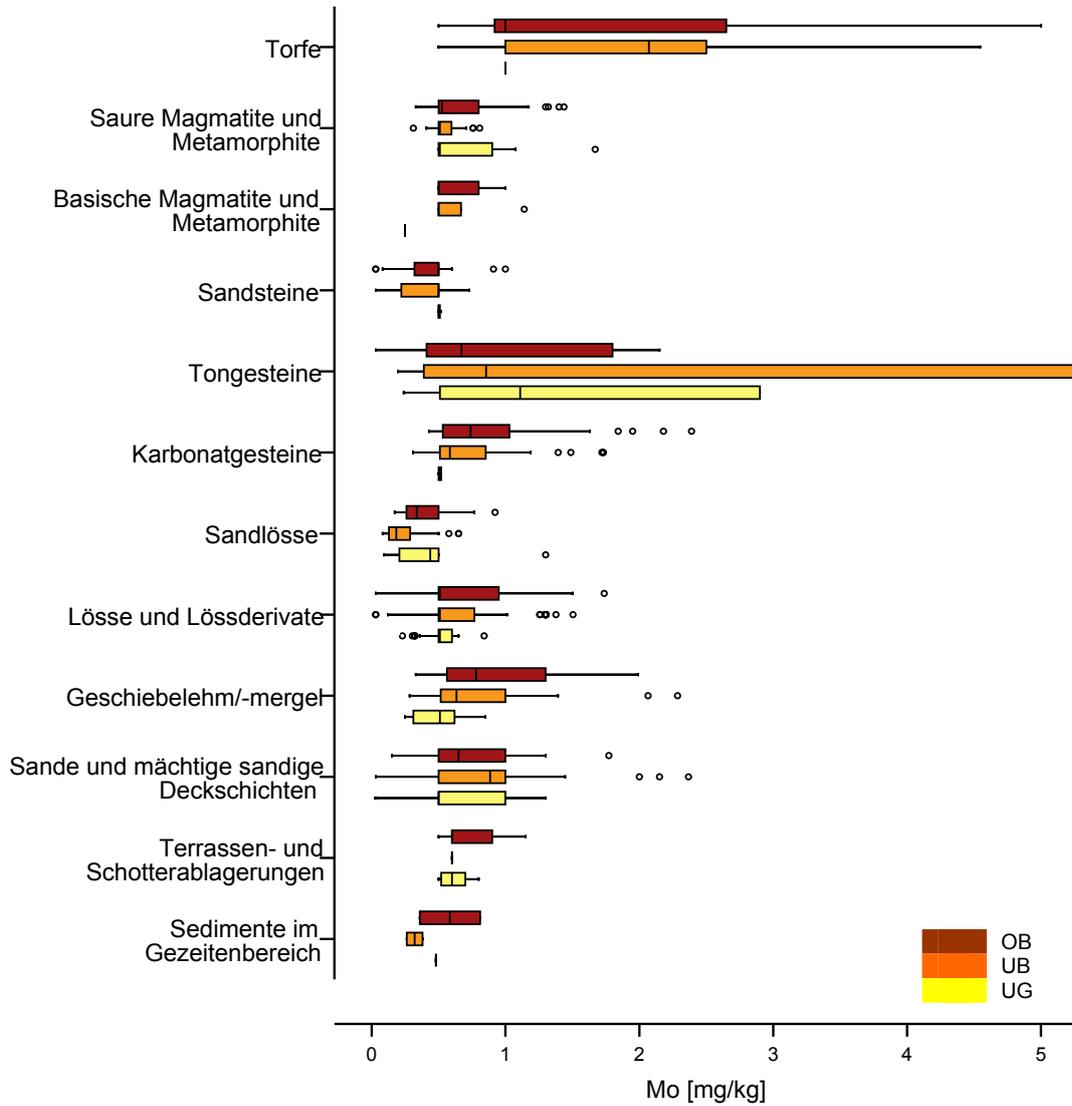


Abb. 11: Boxplots für Königswasser-extrahierbare **Mo**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 9: Statistik Molybdängehalte [mg/kg]

Mo [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		2		2	1
Minimum		0,36		0,20	
Median					0,50
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum		0,81		0,40	

Mo [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	14	4		16	6
Minimum	0,50	0,60		0,50	0,50
Median	0,60			0,60	(0,60)
Perzentil 90	(1,60)			(0,80)	
Perzentil 95					
Maximum	2,20	0,80		1,00	0,80

Mo [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma		Gamma	Gamma
N	29	28	5	51	23
Minimum	0,15	0,50	0,50	0,03	0,03
Median	0,50	1,00		0,60	0,50
Perzentil 90	1,00	1,20		1,00	1,00
Perzentil 95	2,70	1,20		2,00	1,00
Maximum	3,40	1,20	3,00	2,40	1,00

Mo [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma		Gamma	Lognormal
N	11	16	5	66	15
Minimum	0,33	0,49	0,78	0,20	0,20
Median	0,62	0,74		0,60	0,50
Perzentil 90	(3,51)	(1,75)		1,10	(1,00)
Perzentil 95				1,90	
Maximum	4,00	1,76	2,00	2,30	1,00

Fortsetzung Tab. 9: Statistik Molybdängehalte [mg/kg]

Mo [mg/kg]					
Lösse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Laplace	Gamma	Gamma	Gamma
N	51	6	28	98	42
Minimum	0,30	0,50	0,03	0,03	0,30
Median	0,51	(0,70)	0,51	0,50	0,50
Perzentil 90	0,60		0,80	0,52	0,58
Perzentil 95	0,60		0,80	0,64	0,60
Maximum	0,60	1,42	0,90	1,00	0,60

Mo [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	15		5	40	7
Minimum	0,17		0,19	0,10	0,10
Median	0,27			0,20	(0,40)
Perzentil 90	0,55			0,40	
Perzentil 95	(0,55)			0,50	
Maximum	0,67		1,26	0,60	0,50

Mo [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Lognormal
N	6	10	48	58	19
Minimum	0,50	0,40	0,47	0,30	0,50
Median	(0,60)	(0,57)	0,75	0,60	0,50
Perzentil 90			1,23	1,20	(0,52)
Perzentil 95			1,75	1,72	
Maximum	0,96	4,93	1,95	1,70	0,52

Mo [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	6	5	5	14	5
Minimum	0,41	0,03	0,35	0,20	0,20
Median	0,70)			0,70	
Perzentil 90				(3,90)	
Perzentil 95				5,60	
Maximum	2,15	1,80	10,40	5,70	2,90

Fortsetzung Tab. 9: Statistik Molybdängehalte [mg/kg]

Mo [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Lognormal
N	14	2	13	28	8
Minimum	0,03	0,23	0,08	0,03	0,50
Median	0,50		0,50	0,50	(0,50)
Perzentil 90	(0,80)		(0,75)	0,53	
Perzentil 95				0,64	
Maximum	1,00	0,32	0,91	0,70	0,52

Mo [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N	5			5	1
Minimum	0,50			0,50	
Median					0,25
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	1,00			1,10	

Mo [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Lognormal
N	27	4	23	51	14
Minimum	0,33	0,50	0,49	0,20	0,50
Median	0,51		0,53	0,50	0,50
Perzentil 90	1,06		1,25	0,80	1,40
Perzentil 95	1,36		1,41	0,90	1,60
Maximum	1,40	1,17	1,44	1,00	1,70

Mo [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	1
N		7		10	
Minimum		0,50		0,50	1,00
Median		(1,00)		2,10	
Perzentil 90				(5,50)	
Perzentil 95					
Maximum		5,00		5,60	

5.1.6 Selen

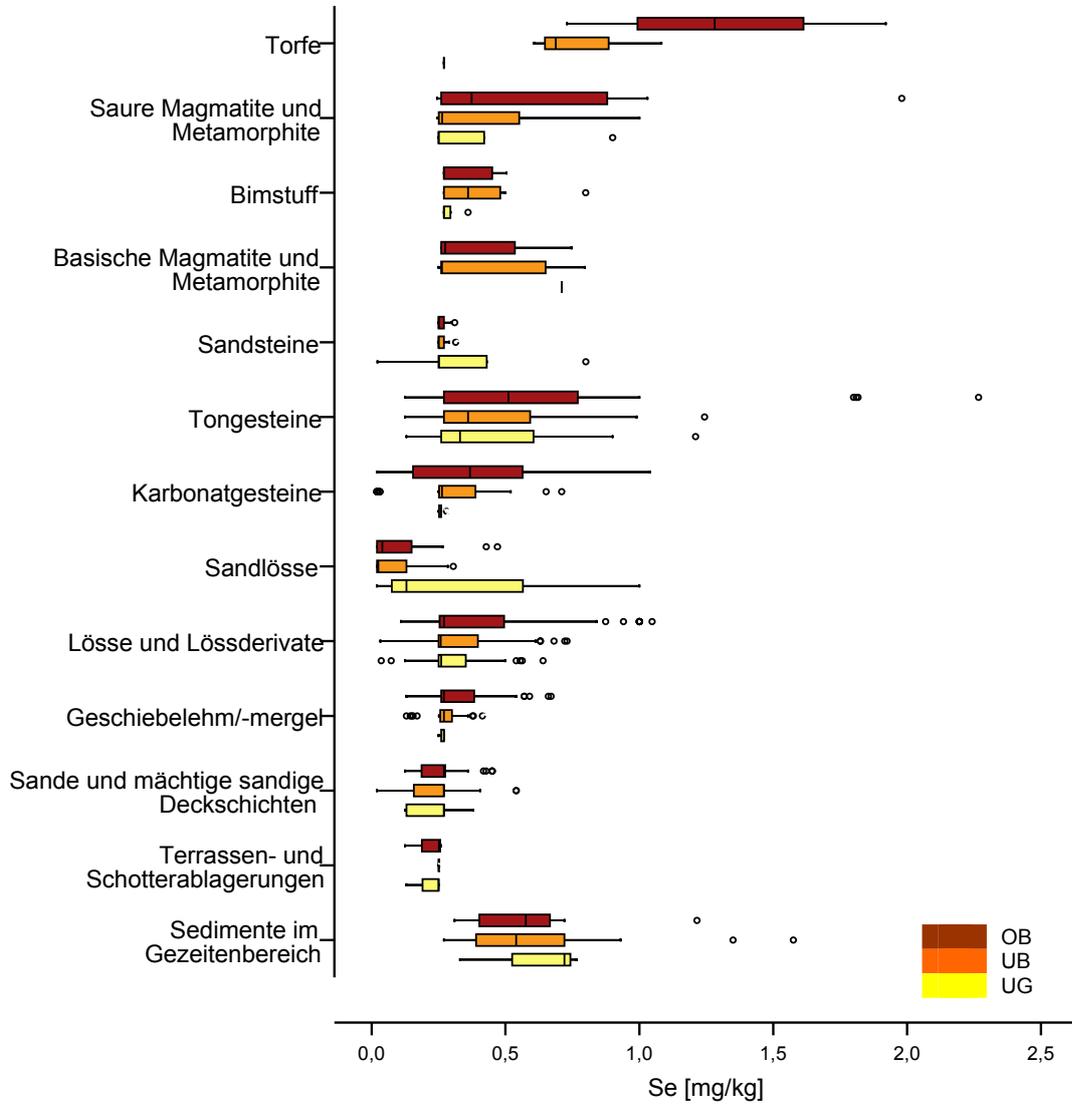


Abb. 12: Boxplots für Königswasser-extrahierbare **Se**-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 10: Statistik Selengehalte [mg/kg]

Se [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		12		22	3
Minimum		0,30		0,30	0,33
Median		0,60		0,50	
Perzentil 90		(1,00)		1,20	
Perzentil 95				1,50	
Maximum		1,20		1,60	0,76

Se [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	4			5	3
Minimum	0,13			0,10	0,13
Median					
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	0,26			0,30	0,25

Se [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Gamma
N	33	6	30	117	35
Minimum	0,10	0,10	0,20	0,02	0,13
Median	0,20	(0,60)	0,27	0,27	0,27
Perzentil 90	0,40		0,29	0,28	0,27
Perzentil 95	0,50		0,36	0,36	0,27
Maximum	0,60	1,00	0,40	0,54	0,38

Fortsetzung Tab. 10: Statistik Selengehalte [mg/kg]

Se [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma		Gamma	Lognormal
N	28	14	8	52	19
Minimum	0,10	0,20	0,26	0,13	0,25
Median	0,30	0,30	(0,30)	0,30	0,27
Perzentil 90	0,46	(0,70)		0,36	(0,36)
Perzentil 95	0,54			0,39	
Maximum	0,54	0,80	0,59	0,44	0,36

Se [mg/kg]					
Lösse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Gamma
N	113	4	37	161	71
Minimum	0,10	0,30	0,20	0,03	0,04
Median	0,30		0,30	0,30	0,26
Perzentil 90	0,80		0,70	0,52	0,44
Perzentil 95	1,00		0,80	0,60	0,55
Maximum	1,00	1,30	0,90	0,73	0,64

Se [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	(Gamma)			Gamma	Lognormal
N	17		8	33	4
Minimum	0,02		0,02	0,02	0,02
Median	0,03		(0,07)	0,02	
Perzentil 90	(0,30)			0,18	
Perzentil 95				0,29	
Maximum	0,47		1,00	0,31	1,00

Se [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Gamma
N	7	10	46	56	22
Minimum	0,30	0,30	0,02	0,02	0,25
Median	(0,30)	0,40	0,40	0,30	0,30
Perzentil 90			0,80	0,46	0,29
Perzentil 95			0,90	0,54	
Maximum	0,40	0,60	1,00	0,71	0,30

Fortsetzung Tab. 10: Statistik Selengehalte [mg/kg]

Se [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	14	13	18	36	12
Minimum	0,10	0,30	0,30	0,13	0,13
Median	0,30	0,50	0,60	0,40	0,30
Perzentil 90	(0,70)	(1,50)	(1,90)	0,95	1,10
Perzentil 95				1,03	
Maximum	0,80	1,80	2,30	1,24	1,21

Se [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	8	4	13	19	12
Minimum	0,25	0,10	0,25	0,25	0,02
Median	(0,20)		(0,20)	0,25	0,20
Perzentil 90				(0,29)	(0,70)
Perzentil 95					
Maximum	0,28	0,80	0,37	0,31	0,80

Se [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	
N	6			6	
Minimum	0,26			0,25	
Median	(0,28)			(0,26)	
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	0,75			0,80	

Se [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N				9	7
Minimum				0,27	0,27
Median				(0,40)	(0,30)
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum				0,80	0,36

Fortsetzung Tab. 10: Statistik Selengehalte [mg/kg]

Se [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	28	28	21	49	12
Minimum	0,25	0,25	0,24	0,20	0,25
Median	0,30	0,30	0,40	0,30	0,20
Perzentil 90	1,00	1,00	0,83	1,00	(0,76)
Perzentil 95	1,54	1,54	1,01	1,00	
Maximum	1,98	1,98	1,03	1,00	0,90

Se [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	
N		4		3	
Minimum		0,70		0,61	
Median					
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum		1,90		1,08	

5.1.7 Thallium

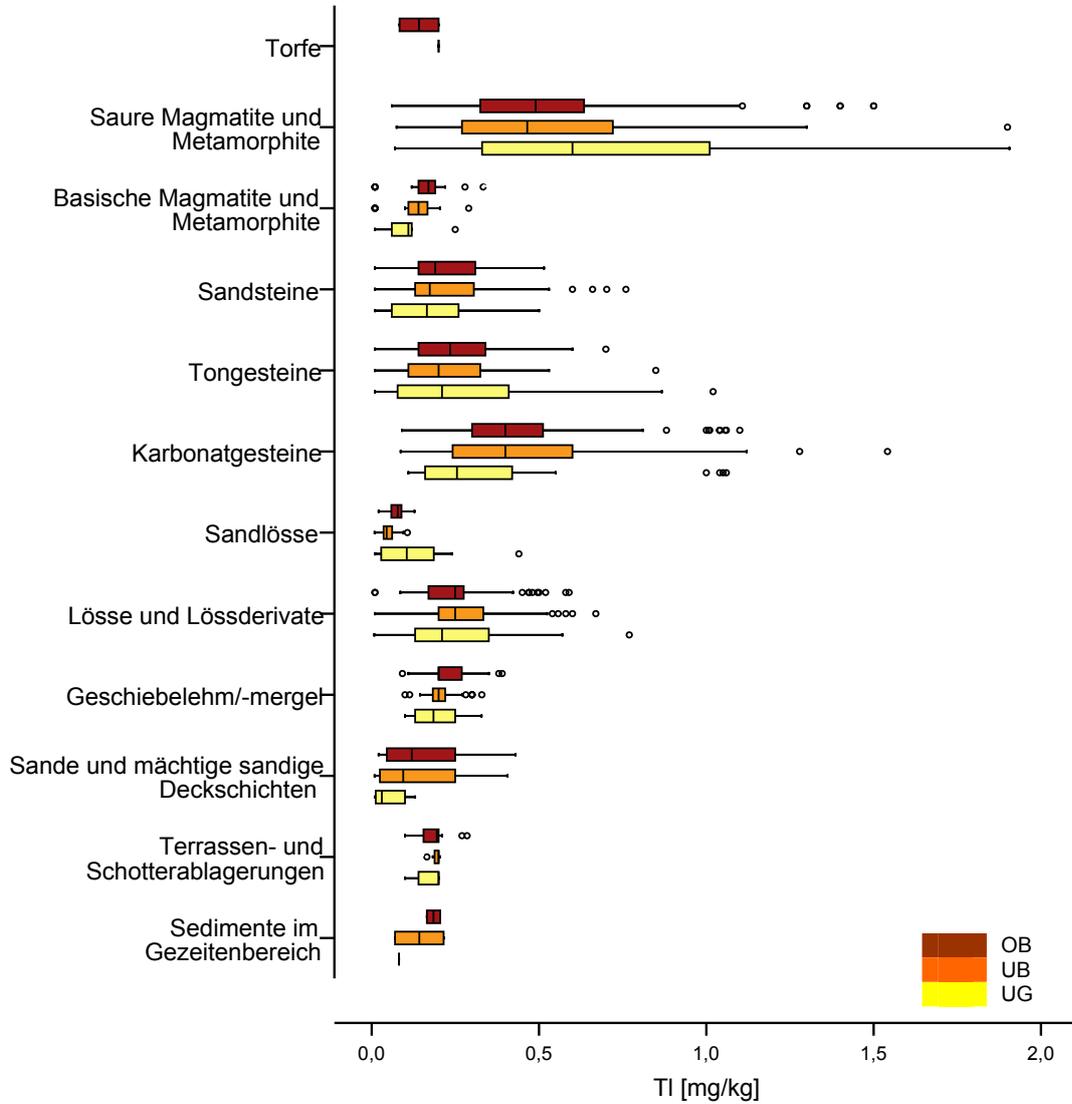


Abb. 13: Boxplots für Königswasser-extrahierbare TI-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 11: Statistik Thalliumgehalte [mg/kg]

TI [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	
N		2		2	
Minimum		0,17		0,07	
Median					
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum		0,20		0,22	

TI [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	15	4		16	8
Minimum	0,1	0,16		0,17	0,10
Median	0,18			0,20	0,17
Perzentil 90	0,28)			(0,20)	
Perzentil 95					
Maximum	0,29	0,20		0,20	0,20

TI [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	24			22	10
Minimum	0,02			0,01	0,01
Median	0,12			0,09	0,02
Perzentil 90	0,3			0,25	(0,13)
Perzentil 95	0,4			0,38	
Maximum	0,43			0,41	0,13

Fortsetzung Tab. 11: Statistik Thalliumgehalte [mg/kg]

TI [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	17	23	22	62	17
Minimum	0,09	0,11	0,17	0,08	0,05
Median	0,20	0,20	0,20	0,20	0,18
Perzentil 90	(0,38)	0,32	0,29	0,27	(0,31)
Perzentil 95		0,35	0,29	0,30	
Maximum	0,39	0,35	0,30	0,33	0,33

TI [mg/kg]					
Löse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	93	34	38	148	54
Minimum	0,01	0,10	0,01	0,01	0,01
Median	0,22	0,25	0,20	0,25	0,21
Perzentil 90	0,36	0,54	0,40	0,42	0,39
Perzentil 95	0,48	0,89	0,42	0,50	0,56
Maximum	0,62	0,95	0,47	0,67	0,77

TI [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	17		5	38	7
Minimum	0,02		0,07	0,01	0,01
Median	0,06			0,04	(0,10)
Perzentil 90	(0,45)			0,08	
Perzentil 95				0,10	
Maximum	0,45		0,22	0,11	0,44

TI [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	33	29	65	114	33
Minimum	0,20	0,14	0,09	0,09	0,11
Median	0,40	0,40	0,39	0,40	0,25
Perzentil 90	0,54	1,04	0,84	0,94	1,02
Perzentil 95	0,61	1,05	1,01	1,06	1,05
Maximum	0,64	1,06	1,10	1,54	1,06

Fortsetzung Tab. 11: Statistik Thalliumgehalte [mg/kg]

TI [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	19	11	10	44	19
Minimum	0,01	0,01	0,19	0,01	0,01
Median	0,31	0,12	0,22	0,20	0,21
Perzentil 90	(0,60)	(0,64)	(0,30)	0,37	(0,87)
Perzentil 95	1,02			0,50	
Maximum	1,02	0,70	0,30	0,85	1,02

TI [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Lognormal
N	24	9	70	101	20
Minimum	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01
Median	0,14	(0,10)	0,19	0,17	0,13
Perzentil 90	0,30		0,40	0,44	0,33
Perzentil 95	0,31		0,48	0,52	0,49
Maximum	0,31	0,23	0,52	0,76	0,50

TI [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N	7	11	3	19	7
Minimum	0,14	0,01	0,14	0,01	0,01
Median	(0,17)	0,15		0,14	(0,11)
Perzentil 90		(0,32)		(0,29)	
Perzentil 95					
Maximum	0,20	0,35	0,33	0,29	0,25

TI [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	80	48	58	132	16
Minimum	0,10	0,10	0,06	0,07	0,07
Median	0,46	0,49	0,52	0,46	0,52
Perzentil 90	0,97	1,00	1,12	1,02	(1,31)
Perzentil 95	1,02	1,10	1,40	1,10	
Maximum	1,30	1,50	1,70	1,90	1,91

5.1.8 Uran

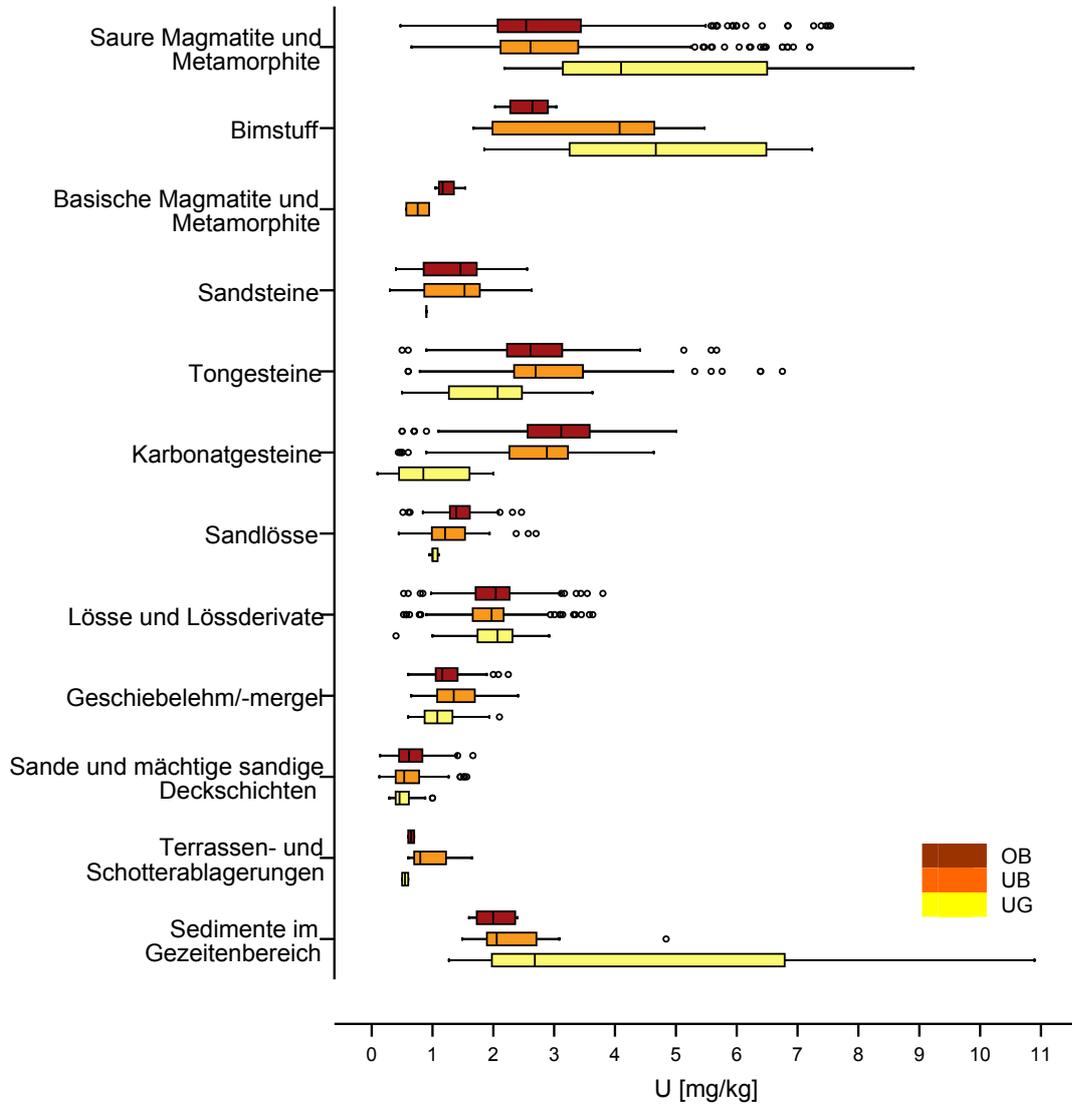


Abb. 14: Boxplots für Königswasser-extrahierbare U-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 12: Statistik Urangelhalte [mg/kg]

U [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		10		20	3
Minimum		1,6		1,5	1,3
Median		1,9		2,0	
Perzentil 90				3,1	
Perzentil 95				4,8	
Maximum		2,4		4,8	10,9

U [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	41	25	104	222	26
Minimum	0,4	0,3	0,1	0,1	0,3
Median	0,8	0,7	0,5	0,5	0,4
Perzentil 90	1,4	1,2	0,9	1,0	0,9
Perzentil 95	1,4	1,5	1,1	1,1	1,0
Maximum	1,4	1,7	1,3	1,6	1,0

U [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma			Gamma	Lognormal
N	16		6	26	17
Minimum	0,9		0,6	0,6	0,6
Median	1,2		(1,5)	1,3	1,1
Perzentil 90	(1,8)			2,2	(2,0)
Perzentil 95				2,4	
Maximum	2,2		2,1	2,4	2,1

Fortsetzung Tab. 12: Statistik Urangelhalte [mg/kg]

U [mg/kg]					
Löss- und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	179	42	36	279	31
Minimum	0,5	1,0	0,6	0,5	0,4
Median	2,0	2,0	2,3	2,0	2,1
Perzentil 90	2,6	2,5	2,9	2,6	2,8
Perzentil 95	2,8	2,8	3,0	2,9	2,9
Maximum	3,5	3,1	3,1	3,6	2,9

U [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	62	10	22	135	5
Minimum	0,6	0,5	1,1	0,4	1,0
Median	1,4	1,5	1,3	1,2	1,0
Perzentil 90	1,8		1,6	1,7	
Perzentil 95	1,9		2,0	1,9	
Maximum	2,5	3,4	2,1	2,7	1,1

U [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden		Forst	Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland / Grünland		Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Lognormal
N	10		76	89	8
Minimum	0,7		0,7	0,4	0,1
Median	1,3		3,2	2,9	(0,8)
Perzentil 90			4,0	3,6	
Perzentil 95			4,3	3,7	
Maximum	3,0		5,0	4,6	2,0

U [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	30	27	29	81	7
Minimum	1,4	0,9	0,5	0,6	0,5
Median	2,5	3,1	2,3	2,7	(2,1)
Perzentil 90	3,2	6,2	3,2	4,8	
Perzentil 95	3,6	6,9	3,8	5,7	
Maximum	4,0	7,2	4,1	6,8	3,6

Fortsetzung Tab. 12: Statistik Urangelhalte [mg/kg]

U [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Lognormal
N	3		22	28	7
Minimum	1,5		0,4	0,3	1,8
Median			1,4	1,5	(4,7)
Perzentil 90			2,0	2,4	
Perzentil 95			2,0	2,6	
Maximum	2,6		2,0	2,6	7,2

U [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	
N			3	2	
Minimum			1,0	0,6	
Median					
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum			1,5	0,9	

U [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	4,0			9	7
Minimum	2,0			1,7	1,8
Median				(4,1)	(4,7)
Perzentil 90					
Perzentil 95					
Maximum	3,0			5,5	7,2

U [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	77	100	160	328	3
Minimum	0,5	1,3	0,6	0,7	2,2
Median	2,4	2,6	2,4	2,6	
Perzentil 90	4,2	5,7	4,4	4,6	
Perzentil 95	4,9	6,8	5,3	5,7	
Maximum	6,0	8,3	7,5	7,2	8,9

5.1.9 Vanadium

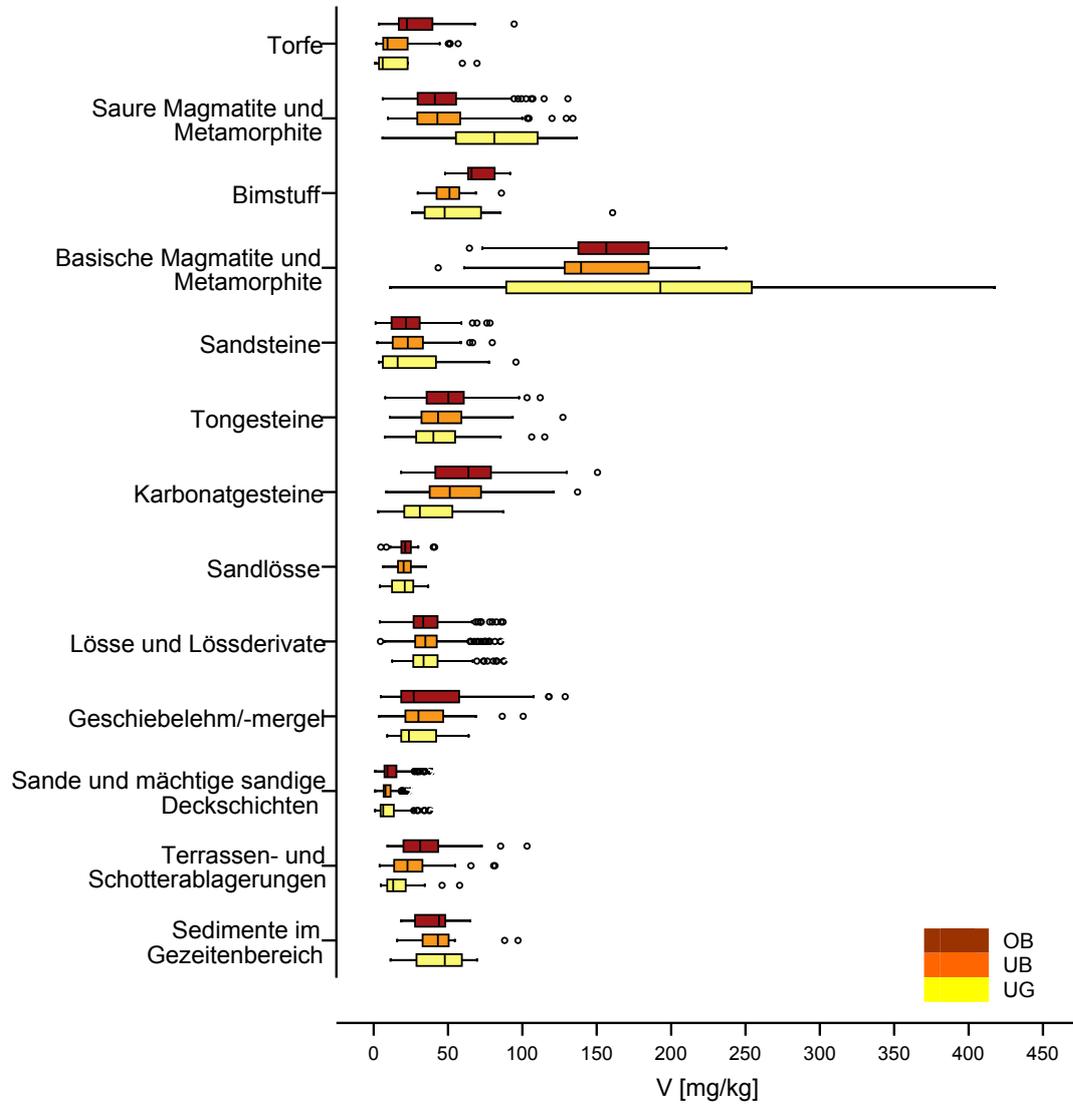


Abb. 15: Boxplots für Königswasser-extrahierbare V-Gehalte [mg/kg] in Oberböden (OB), Unterböden (UB) und Untergrund (UG) differenziert nach Gruppen von Bodenausgangsgesteinen

Tab. 13: Statistik Vanadiumgehalte [mg/kg]

V [mg/kg]					
Sedimente im Gezeitenbereich					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N		13		23	4
Minimum		19		16	11
Median		41		43	
Perzentil 90		(63)		75	
Perzentil 95				95	
Maximum		65		97	69

V [mg/kg]					
Terrassen- und Schotterablagerungen					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Gamma
N	33	14	19	71	37
Minimum	19	16	9	4	5
Median	37	26	18	23	13
Perzentil 90	64	(94)	(48)	44	32
Perzentil 95	70			59	47
Maximum	72	103	67	82	58

V [mg/kg]					
Sande und mächtige sandige Deckschichten + Geschiebemergel/-lehm im Wechsel mit geringmächtigen Deckschichten					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	139	56	223	359	119
Minimum	4	4	1	1	1
Median	13	15	8	8	6
Perzentil 90	25	36	13	16	22
Perzentil 95	30	47	15	19	29
Maximum	39	50	20	25	38

Fortsetzung Tab. 13: Statistik Vanadiumgehalte [mg/kg]

V [mg/kg]					
Geschiebelehm/-mergel					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	45	15	14	148	74
Minimum	14	5	6	4	4
Median	23	64	28	21	17
Perzentil 90	55	(117)	(66)	56	47
Perzentil 95	64			66	53
Maximum	68	118	74	101	64

V [mg/kg]					
Lösse und Lössderivate					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	301	58	109	470	167
Minimum	12	15	4	5	12
Median	36	33	28	35	34
Perzentil 90	56	44	46	55	61
Perzentil 95	63	46	53	62	72
Maximum	87	57	70	85	88

V [mg/kg]					
Sandlöss					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	68	13	19	92	20
Minimum	13	11	5	6	4
Median	22	23	17	20	21
Perzentil 90	26	(41)	(25)	28	32
Perzentil 95	28			32	36
Maximum	30	41	28	35	37

V [mg/kg]					
Karbonatgesteine (Kalk- und Mergelgesteine)					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform			Gamma	Gamma	Gamma
N	10	10	50	83	41
Minimum	39	32	19	9	3
Median	66	71	52	51	31
Perzentil 90	(93)	(147)	92	90	67
Perzentil 95			100	111	85
Maximum	94	150	130	137	87

Fortsetzung Tab. 13: Statistik Vanadiumgehalte [mg/kg]

V [mg/kg]					
Tongesteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma
N	52	59	111	164	90
Minimum	29	23	8	11	8
Median	60	57	38	43	40
Perzentil 90	83	91	59	71	76
Perzentil 95	88	96	70	80	84
Maximum	98	112	103	127	115

V [mg/kg]					
Sandsteine					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma		Gamma	Gamma	Gamma
N	18	13	60	84	44
Minimum	23	12	1	3	4
Median	32	29	16	23	16
Perzentil 90	(70)	(83)	28	50	58
Perzentil 95			49	58	77
Maximum	78	88	57	80	96

V [mg/kg]					
Basische Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Lognormal	Lognormal
N	3	8	8	17	8
Minimum	146	7,3	64	43	11
Median		(185)	(141)	139	(193)
Perzentil 90				(216)	
Perzentil 95					
Maximum	182	237	196	219	417

V [mg/kg]					
Bimstuff					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform				Gamma	Lognormal
N	13			19	14
Minimum	48			30	26
Median	66			48	48
Perzentil 90	(90)			69	(123)
Perzentil 95					
Maximum	92			86	161

Fortsetzung Tab. 13: Statistik Vanadiumgehalte [mg/kg]

V [mg/kg]					
Saure Magmatite und Metamorphite					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform	Gamma	Gamma	Gamma	Gamma	Lognormal
N	85	76	143	265	15
Minimum	7	13	6	10	6
Median	43	42	38	43	81
Perzentil 90	73	70	68	79	(123)
Perzentil 95	89	76	82	89	
Maximum	107	115	102	134	137

V [mg/kg]					
Moore					
	Oberboden			Unterboden	Untergrund
Nutzung	Ackerland	Grünland	Forst		
Verteilungsform		Gamma		Gamma	
N	3	27	3	42	9
Minimum	9	4	22	2	1
Median		21		9	(6)
Perzentil 90		55		48	
Perzentil 95		60		51	
Maximum	48	68	117	57	69

5.2 Vergleich der Ergebnisse mit Auswertungen in einzelnen Bundesländern

Hintergrundwerte für die einzelnen Bundesländer liegen nicht für alle in dieser Arbeit betrachteten Elemente vor. So können ausschließlich stichprobenartig Vergleiche für Arsen, Vanadium und Thallium geführt werden.

Für Arsen liegen Listen der HGW für viele Bundesländer vor (LABO 2003). Allerdings existieren hierin unter anderem bundeslandspezifische Untergliederungen nach Bodenausgangsgesteinen oder es werden Werte ohne weitere Untergliederung nach Bodenausgangsgesteinen gelistet. Die Bodenausgangsgesteinsgruppe der Löss- und Lössderivate eignet sich zum unmittelbaren Wertevergleich. In **Tabelle 14** sind die bundesweit abgeleiteten HGW für Arsen als 50. und 90. Perzentil den landesspezifischen Werten gegenübergestellt. Die Werte aus Sachsen müssen jedoch gesondert betrachtet werden. Hier pausen sich die besonderen geochemisch-metallogenetischen Bedingungen der Fichtelgebirgisch-Erzgebirgischen Antiklinalzone auch in den Böden aus Lössen und sogar in den Böden aus Geschiebemergeln (**Tab. 15**) mit höheren HGW durch (Rank et al. 1999). Für einen direkten Vergleich mit den bundesweiten Auswertungen müssten die als Totalgehalte angegebenen Werte (Bayern, Sachsen) um einen Faktor von ca. 0,9 korrigiert werden.

Tab. 14: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen (LABO 2003) für **Arsen** [mg/kg], BAG Löss- und Lössderivate

	bundesweit	Bayern*	Hessen	Niedersachsen	Rheinland-Pfalz	Sachsen*	Thüringen
Oberboden							
50. P Acker	9,2	11,0	9,5 – 9,8	7,0	9,0	9,0	7,6
90. P Acker	14,0	15,0	13,6 – 14,1	14,0	12,0	19,0	9,8
50. P Grünland	9,3	13,0	5,0 - 8,9			10,0	
90. P Grünland	17,0	21,0	10,0 - 14,7			29,0	
50. P Forst	8,8	11,0			8,0	16,0	
90. P Forst	19,0	19,0			21,0	28,0	
Unterboden							
50. P	8,2		10,0		10,0	7,0 – 8,0	
90. P	13,0		14,0		14,0	12 – 26	
Untergrund							
50. P	7,1		8,0		8,0		
90. P	12,3		11,0		12 - 14		

*Totalgehalte

Tab. 15: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen (LABO 2003) für **Arsen** [mg/kg], BAG Geschiebemergel

	bundesweit	Bayern*	Berlin- Brandenburg	Mecklen- burg- Vorpom- mern	Nieder- sachsen	Sachsen*
Oberboden						
50. P Acker	3,4		5,0	2,7	2,0	5,0
90. P Acker	7,4		7,0	3,5	3,0	12,0
50. P Grünland	4,9					
90. P Grünland	11,7					
50. P Forst	6,0	12,0				4,5
90. P Forst	13,7	18,0				22,0
Unterboden						
50. P	5,0					3,3 – 4,5
90. P	11,1					13 – 14

*Totalgehalte

Für Vanadium und Thallium sind Vergleiche mit Listenwerten aus Bundesländern ebenfalls in den BAG der Löss- und Geschiebemergel möglich (s. **Tab. 16, 17, 18, 19**). Auch hier liegen die HGW abgeleitet als Totalgehalte vor und sind für den direkten Vergleich mit einem Faktor

Tab. 16: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen für **Vanadium** [mg/kg], BAG Löss- und Lössderivate

	bundesweit	Bayern*	Sachsen*
Oberboden			
50. P Acker	36	78 (42)	52 (30)
90. P Acker	56	110 (58)	65 (36)
50. P Grünland	33	92 (49)	57 (32)
90. P Grünland	44	150 (76)	71 (39)
50. P Forst	28	56 (32)	45 (26)
90. P Forst	46	96 (51)	50 (29)
Unterboden			
50. P	35		48 – 58 (28 – 33)
90. P	55		59 – 74 (33 – 41)

*Totalgehalte; Werte in Klammer umgerechnet auf KW-extrahierbaren Anteil: $\log V (KW) = -0,067 + 0,896 \cdot \log V (HF)$, Ad-hoc-AG Boden (2005)

von 0,9 zu verrechnen. Auf die Interpretation der regional auftretenden Unterschiede - höhere Vanadium-HGW in Bayern, geringere in Sachsen; höhere Thallium-HGW in festgesteinsdominierten Gebieten – wird verzichtet, da ursächlich der Chemismus der Gesteine in den Liefergebieten und die anthropogen-ubiquitäre Überprägung in Betracht kommen.

Tab. 17: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen für Vanadium [mg/kg], BAG Geschiebemergel

	bundesweit	Bayern*	Sachsen*	Mecklenburg-Vorpommern*
Oberboden				
50. P Acker	23		26 (16)	54 (31)
90. P Acker	55		45 (26)	68 (38)
50. P Grünland	64			51 (29)
90. P Grünland	117			66 (37)
50. P Forst	28	55 (31)	14 (9)	
90. P Forst	66	86 (46)	30 (18)	
Unterboden				
50. P	21		14 – 28 (9 – 17)	
90. P	56		30 – 61 (18 – 34)	

*Totalgehalte; Werte in Klammer umgerechnet auf KW-extrahierbaren Anteil: $\log V (KW) = -0,067 + 0,896 \cdot \log V (HF)$, Ad-hoc- AG Boden (2005)

Tab. 18: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen für Thallium [mg/kg], BAG Löss und Lössderivate

	bundesweit	Bayern*	Nordrhein-Westfalen	Sachsen*
Oberboden				
50. P Acker	0,22	0,54	0,29	0,55
90. P Acker	0,36	0,64	0,39	0,66
50. P Grünland	0,25	0,61		0,56
90. P Grünland	0,54	0,87		0,68
50. P Forst	0,20	0,55		0,54
90. P Forst	0,40	0,77		0,72
Unterboden				
50. P	0,25			0,52 – 0,55
90. P	0,42			0,62 – 0,64
Untergrund				
50. P	0,21			
90. P	0,39			

*Totalgehalte

Tab. 19: Vergleich von bundesweit abgeleiteten HGW mit bundeslandspezifischen Listen für Thallium [mg/kg], BAG Geschiebemergel

	bundesweit	Bayern*	Sachsen*
Oberboden			
50. P Acker	0,20		0,44
90. P Acker	0,38		0,54
50. P Grünland	0,20		
90. P Grünland	0,32		
50. P Forst	0,20	0,38	0,43
90. P Forst	0,29	0,54	0,66
Unterboden			
50. P	0,20		0,35 – 0,44
90. P	0,27		0,49 – 0,54

*Totalgehalte

5.3 Referenzierung der Hintergrundwerte auf Bodenartenhauptgruppen

Hintergrundwerte für anorganische Spurenstoffe werden wegen ihres dominierenden geogenen Ursprungs in erster Priorität nach Bodenausgangsgesteinen differenziert. Die zunächst ökotoxikologisch begründeten Vorsorgewerte werden hingegen im Falle der anorganischen Schadstoffe nach Bodenarten (und pH-Wert) unterschieden. Um die Hintergrundwerte mit Vorsorgewerten abgleichen zu können, ist es erforderlich, die Hintergrundwerte auch auf Bodenarten zu referenzieren.

Auf der Datengrundlage von ca. 22.000 Punktinformationen zu Bodenarten wurden die Verteilungen der Bodenarten-Hauptgruppen in den Gebieten der Verbreitung der Bodenausgangsgesteine ermittelt (Düwel et al. 2007). Für den Vergleich von Hintergrundwerten mit Vorsorgewerten wurde die Bodenartenhauptgruppe herangezogen, die in der jeweiligen Gruppe von Bodenausgangsgesteinen (BAG) am häufigsten anzutreffen ist. Aus **Tabelle 20** ist die jeweils vorherrschende Bodenartenhauptgruppe in den Legendeneinheiten der BAGK 1000 zu entnehmen. Insbesondere im Festgesteinsbereich wird offensichtlich, dass als Folge der Lössbeimengen mit wenigen Ausnahmen die Bodenartenhauptgruppe Lehme/Schluffe vorherrschen. Die Bodenartenhauptgruppe Ton tritt nur in Unterböden der Karbonatgesteine (T-Horizonte der Terra Fuscen) und bei den Sedimenten im Gezeitenbereich dominierend auf.

Tab. 20: Häufigkeiten der Feinbodenarten (nach Ad-hoc-AG Boden (KA5)) bezogen auf die Bodenarten – Hauptgruppen von Böden aus verschiedenen Bodenausgangsgesteinsgruppen (Düwel et al. 2007)

Boden- ausgangs- gesteins- gruppe (BAG)	Profil- bereich	n	Anteil der Bodenarten (%) der Einzelproben an den Bodenarten - Hauptgruppen			Dominierende Bodenarten – Haupt- gruppe(n)
			Tone	∑ Schluffe & Lehme	Sande	
Sedimente im Gezeiten- bereich	Oberboden	642	49	47	4	t
	Unterboden	89	51	34	16	t
	Untergrund	3	nb	nb	nb	--
Auen- sedimente	Oberboden	1246	16	60	25	u/l
	Unterboden	837	15	51	34	u/l
	Untergrund	230	5	44	51	s
Fluss- und Schotterab- lagerungen	Oberboden	527	5	59	36	u/l
	Unterboden	446	11	39	51	s
	Untergrund	177	8	21	71	s
Sande (und sandige Deck- schichten)	Oberboden	2001	2	18	80	s
	Unterboden	1306	5	21	75	s
	Untergrund	197	8	10	82	s
Geschiebe- mergel/-lehm mit Decksch.	Oberboden	127	0	10	90	s
	Unterboden	35	6	23	71	s
	Untergrund	21	0	24	76	s
Geschiebe- mergel/-lehm	Oberboden	699	7	58	35	u/l
	Unterboden	278	17	63	21	u/l
	Untergrund	93	18	41	41	u/l
Lösse	Oberboden	4026	10	82	8	u/l
	Unterboden	1660	23	65	12	u/l
	Untergrund	616	22	61	18	u/l
Sandlösse	Oberboden	337	1	76	23	u/l
	Unterboden	227	0	59	41	u/l
	Untergrund	74	5	12	82	s
Carbonat- gesteine	Oberboden	1283	28	59	13	u/l
	Unterboden	661	49	41	10	t
	Untergrund	460	34	51	15	u/l
Ton- gesteine	Oberboden	2513	9	83	8	u/l
	Unterboden	2160	18	74	8	u/l
	Untergrund	995	16	67	17	u/l
Sand- steine	Oberboden	1039	7	47	46	u/l
	Unterboden	698	9	47	44	u/l
	Untergrund	433	5	39	56	s
Basische Mag- matite und Metamorphite	Oberboden	184	15	81	4	u/l
	Unterboden	98	20	72	7	u/l
	Untergrund	47	6	64	30	u/l

Da die Hintergrundwerte wegen ihres dominierenden geogenen Ursprungs in den BAG-Einheiten unterschiedliche Wertenniveaus zeigen, ist bei einem Bezug zu Bodenartenhauptgruppen insbesondere im Festgesteinsbereich mit mehrgipfligen Werteverteilungen zu rechnen. Die Zuordnung von HGW zu Bodenartenhauptgruppen in **Tabelle 21** erfolgt deshalb in Form einer Angabe der Spannen der 50. und 90. Perzentilwerte, die aus der Zusammenfassung der HGW aller BAG-Einheiten mit der gleichen vorherrschenden Bodenartenhauptgruppe resultieren. Ausgangsgesteinsbedingt stark von den sonst üblichen Wertespannen abweichende HGW werden separat angezeigt. Das trifft für die Elemente Kobalt und Vanadium zu, die für basische und ultrabasische Magmatite charakteristisch sind und es betrifft die Elemente Arsen und Antimon, deren höherer Grundgehalt in Böden auf Sauren Magmatiten und Metamorphiten auch diffus ubiquitär in den Oberböden angereichert ist.

Tab. 21: Spannen der Hintergrundwerte (50. & 90. Perzentilwerte) für **As, Sb, Be, Co, Mo, Se, Tl, U & V** in Oberböden, Unterböden und Untegrund bezogen auf die Bodenartenhauptgruppen Sande, Schluffe/Lehme und Tone

Arsen [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	140	2,7	8,9	489 (52)	3,4 – 13,0 (17,0)	7,0 – 24,0 (45,7)	44	8,8	13,4
	G	102	3,0	10,0	188 (42)	3,1 – 11,5 (32,5)	11,7 – 19,4 (57,5)	71	10,7	20,4
	F	125	3,2	8,0	350 (69)	3,8 – 12,2 (32,0)	11,3 – 32,5 (110,0)			
Unterboden		271	2,3	7,2	843 (131)	3,0 – 10,6 (14,1)	7,2 – 25,0 (45,8)	122	10,6 – 13,5	25,0 – 26,2
Untergrund		115	2,2	8,0	405	2,3 – 9,6 (10,7)	8,1 – 23,7 (87,6)			

In Klammern angegebene Werte gelten für bindige Böden auf Sauren Magmatiten und Metamorphiten.

Antimon [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	35	0,2	0,4	220 (64)	0,3 – 0,9 (1,6)	0,5 – 2,0 (4,8)			
	G	23	0,3	0,8	71 (33) [16]	0,4 – 1,3 (1,9)	1,0 – 2,0 (3,6) [5,3]	25	0,7	1,7
	F	28	0,3	0,8	155 (39)	0,6 – 1,1 (2,5)	1,3 – 2,8 (7,2)			
Unterboden		107	0,1	0,3	553	0,2 – 0,7	0,6 – 1,6	69	0,5	1,8
Untergrund		53	0,1	0,2	121 [18]	0,3 – 0,7	0,7 – 2,1 [3,8]			

In runden Klammern angegebene Werte gelten für bindige Böden auf Sauren Magmatiten und Metamorphiten.
[] – auf Kalk- und Mergelgesteinen

Fortsetzung Tab. 21:

Beryllium [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	89	0,3	0,7	294	0,7 – 2,3	1,1 – 3,6			
	G	43	0,5	0,7	169	1,0 – 2,6	1,6 – 4,5	13	1,7	(2,5)
	F	175	0,2	0,7	182	0,4 – 1,9	0,9 – 3,4			
Unterboden		280	0,4	1,1	741	0,4 – 2,3	1,1 – 4,2	119	1,7 – 2,6	3,0 – 5,3
Untergrund		72	0,2	0,5	136	0,8 – 1,1	1,8 – 2,3			

Kobalt [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	69	1,9	3,7	391 (16)	5 – 18 (40)	5 – 27 (75)			
	G	31	2,0	4,2	100 (16)	9 – 14 (40)	13 – 24 (75)			
	F	113	0,8	2,0	337 (16)	6 – 12 (40)	14 – 23 (75)			
Unterboden		271	1-3	3,2	888 (15)	4 – 15 (45)	12 – 28 (83)	135	8 – 12	13 – 24
Untergrund		98	1,2	2,4	304 (3)	4 – 21 (48)	15 - 36			

In Klammern angegebene Werte gelten für bindige Böden auf Basischen Magmatiten und Metamorphiten.

Molybdän [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden		58	0,5	1,0	176 (13)	0,5 – 0,8 (0,3)	1,2 – 1,7 (1,8)	-		
Unterboden		51	0,6	1,0	291 (14)	0,2 – 0,7	0,4 – 1,1 (3,9)	58	0,6	1,2
Untergrund		23	0,5	1,0	90 (5)	0,4 – 1,0	0,4 – 1,4 (2,9)			

In Klammern angegebene Werte gelten für die bindigen Böden aus Tongesteinen

Selen [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	33	0,2	0,4	197	0,3	0,5 – 1,0			
	G				65	0,3 – 0,5	0,7 – 1,5	12	0,6	(1,0)
	F	43	0,2	0,3	84	0,3 – 0,6	0,7 – 1,9			
Unterboden		136	0,2	0,3	298	0,3 – 0,4	0,4 – 1,0	56	0,3	0,5
Untergrund		35	0,2	0,3	118	0,2 – 0,3	0,3 – 1,1			

Fortsetzung Tab. 21:

Thallium [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	24	0,12	0,30	282	0,20 – 0,46	0,36 – 0,97			
	G				175	0,12 – 0,49	0,54 – 1,04	-		
	F				277	0,20 – 0,52	0,40 – 1,12			
Unterboden		22	0,09	0,25	522	0,14 – 0,46	0,27 – 1,02	114	0,40	0,94
Untergrund		-	-	-	167	0,11 – 0,52	0,39 – 1,31			

Uran [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	160	0,5	1,4	359	1,2 – 2,5	2,0 – 4,2			
	G				220	1,2 – 3,1	2,0 – 6,7	10	(1,9)	
	F				334	1,2 – 3,2	2,0 – 4,4			
Unterboden		222	0,5	1,0	774	1,3 – 2,7	2,2 – 4,8	89	2,9	3,6
Untergrund		26	0,4	0,9						

Vanadium [mg/kg]

Profilbereich		Sande			Schluffe/Lehme			Tone		
		N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.	N	50. P.	90. P.
Oberboden	A	139	13	25	536 (19)	23 – 66 (156)	55 – 93 (231)			
	G	56	15	36	255 (19)	26 – 71 (156)	44 – 147 (231)	13	41	(63)
	F	223	8	13	496 (19)	16 – 52 (156)	28 – 92 (231)			
Unterboden		359	8	16	1197 (17)	21 – 43 (139)	50 – 79 (216)	106	43 - 51	75 – 90
Untergrund		119	6	22	377 (8)	16 – 81 (193)	58 – 123 (400)			

In Klammern angegebene Werte gelten für bindige Böden auf Basischen Magmatiten und Metamorphiten.

6. Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund der anstehenden Aktualisierung der BBodSchV wurden auf Veranlassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit aus bundesweiter Sicht erstmalig Hintergrundwerte in Böden für die Elemente Arsen, Antimon, Beryllium, Thallium, Molybdän, Selen, Uran, Kobalt und Vanadium abgeleitet. Die Auswertung beruht auf Daten der Bundesländer (Geologische Dienste, Landesumweltämter) sowie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Methodisch orientiert sich die Auswertung an den Eckpunkten, die auch der Ableitung von Hintergrundwerten für die bisher in der BBodSchV mit Vorsorgewerten belegten Elemente Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb & Zn zugrunde liegen. Die seitens der Bundesländer und der BGR bereitgestellten Datensätze (> 20.000 Punktinformationen) wurden in mehreren Arbeitsschritten harmonisiert und auf die im bundesweiten Maßstab für Hintergrundwerte relevanten Bodenausgangsgesteine und Landnutzungsklassen referenziert. Nach der Verschneidung der Punktdaten mit der Karte der Bodenausgangsgesteine im Maßstab 1:1 Mio. wurden die Daten auf ihre inhaltliche und räumliche Repräsentanz geprüft und Ausreißer bereinigt. Gebiete mit bekannten regionalen Anomalien wurden von der Auswertung ausgeschlossen.

Für die homogenen Stichproben der Elementgehalte in den gebildeten Auswertekategorien wurden statistische Kennwerte, wie das 50. und 90. Perzentil als Hintergrundwerte getrennt für Oberböden, Unterböden und Untergrund abgeleitet. Je nach Element bzw. Stichprobenumfang können für < 60 % bis zu 95 % der zu belegenden Fläche Deutschlands repräsentative Hintergrundwerte ausgewiesen werden. Die umfangreichsten Auswertungen liegen für Arsen vor, während die Datenlage für seltener gemessene Elemente, wie z.B. Antimon, Molybdän oder Uran, aus länderübergreifender Sicht verbesserungsbedürftig ist. Dennoch lassen sich für die in Deutschland flächenhaft vorherrschenden Gruppen von Bodenausgangsgesteinen in den meisten Fällen Hintergrundwerte ableiten.

Um einen direkten Vergleich mit den nach Bodenarten differenzierten Vorsorgewerte zu ermöglichen, wurden die prioritär auf Bodenausgangsgesteine referenzierten Hintergrundwerte mit Hilfe eines Zuweisungsschlüssels auch auf Bodenartenhauptgruppen bezogen. Dem Zuweisungsschlüssel liegt die in der jeweiligen Bodenausgangsgesteinseinheit vorherrschende Bodenart zugrunde. Als Ergebnis konnten Spannen der 50. und 90. Perzentilwerte für die Bodenartenhauptgruppen Sande, Schluffe/Lehme und Tone ausgewiesen werden.

7. Literatur

AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. verbesserte und erweiterte Auflage. 438 pp., Hannover

BGBL. I (1998): Bundesgesetzblatt Teil 1: Gesetz zum Schutz des Bodens; BGBL. I S. 502 ff.

BGBL. I (1999): Bundesgesetzblatt Teil 1: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung; BGBL. I S. 1554 ff..

Düwel, O., Utermann, J. & F. Krone (2007): Zuordnung von Bodenarten zu den in Deutschland vorherrschenden Gruppen von Bodenausgangsgesteinen - Auswertungen vor dem Hintergrund der Verknüpfung von Vorsorgewerten nach Anhang 2 BBodSchV mit Hintergrundwerten für anorganische Schadstoffe in Böden. BGR-Bericht, 25 pp., Hannover, Archiv Nr.: 0126616

Ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (2005): Leitfaden zum Umrechnungsprogramm – Methodenvergleich Gesamtgehalte Haupt- und Spurenelemente, 18 pp.

Hartwich, R., Behrens, J., Eckelmann, W., Haase, G.; Richter, A., Roeschmann, G. & R. Schmidt (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 1.000.000. – Erläuterungen, Textlegende und Leitprofile – Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

LABO (2003): Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz: Hintergrundwerte für organische und anorganische Stoffe in Böden. 3. überarbeitete und ergänzte Auflage. In Rosenkranz, D.; Einsele, G.; Harreß, H.-M. & G. Bachmann [Hrsg.]: Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 9006, Erich Schmidt Verlag, Berlin.

Mederer, J., Hindel, R., Rosenberg, F., Linhard, E. & M. Martin (1998): UAG „Hintergrundwerte“ der Ad-hoc-AG Geochemie - Statusbericht Dezember 1996, Geol Jb Reihe G, H. 6.

Rank, G., Kardel, K., Pälchen, W. & H. Weidensdörfer (1999): Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3 Bodenmessprogramm, Landesamt für Geologie und Umwelt.

Reimann, C., Siewers, U., Tarvainen, T., Bityukova, L., Eriksson, J., Gilucis, A.; Gregorauskiene, V., Lukashev, V. K., Matinian, N. & A. Pasieczna (2003): Agricultural soils in northern Europe – a geochemical atlas Geol. Jb. Sonderhefte Reihe D, 279 pp.

Utermann, J., Düwel, O., Fuchs, M., Gäbler, H.-E., Gehrt, E., Hindel, R. & J. Schneider (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundgehalten in Oberböden. Forschungsbericht 29771010, UBA-FB 99-066, 141 pp. UBA Texte 95/99.

Utermann, J., Raber, B., Düwel, O., Möller, A. & C. S. Siebner (2003): Überprüfung und Fortschreibung der Vorsorgewerte für Böden nach BBodSchV – Teilvorhaben I: Ableitung flächenrepräsentativer Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Unterböden und Untergrund. UBA Forschungsvorhaben 201 71 242, 126 pp.