

*Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz,  
LABO*

**Hintergrundwerte  
für anorganische und organische Stoffe in Böden**

3. überarbeitete und ergänzte Auflage, 2003

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Veranlassung</b> .....	<b>3</b>
<b>2 Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Erhebung von Hintergrundgehalten und Ableitung von Hintergrundwerten ..</b>	<b>6</b>
3.1 Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten .....	6
3.1.1 Standortauswahl und Probenentnahme .....	6
3.1.1.1 Standortauswahl.....	6
3.1.1.2 Standortbeschreibung .....	7
3.1.1.3 Probenentnahme .....	7
3.1.2 Stoffauswahl .....	7
3.1.3 Analytik.....	8
3.1.3.1 Analytik anorganischer Stoffe .....	8
3.1.3.2 Analytik organischer Stoffe / Stoffgruppen .....	10
3.1.4 Bestimmung weiterer Bodenkenngrößen.....	10
3.2 Anforderungen an die Ableitung von Hintergrundwerten .....	12
3.2.1 Differenzierung nach Bezugsgrößen.....	12
3.2.1.1 Bodenausgangsgesteine.....	12
3.2.1.2 Nutzungsdifferenzierung .....	14
3.2.1.3 Horizontdifferenzierung.....	15
3.2.1.4 Gebietsdifferenzierung .....	18
3.2.2 Datenauswertung .....	19
3.2.2.1 Harmonisierung der Daten.....	19
3.2.2.2 Statistische Auswertung.....	20
<b>4 Anwendung von Hintergrundwerten</b> .....	<b>23</b>
4.1 Anwendungsbereiche .....	23
4.2 Natur- oder siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundwerte .....	25
4.3 Flächenhafte Darstellung von Hintergrundwerten .....	27
<b>5 Bundesweite und länderspezifische Hintergrundwerte.....</b>	<b>28</b>
5.1 Bundesweite Hintergrundwerte .....	28
5.2 Länderspezifische Hintergrundwerte.....	31
<b>6 Ausblick</b> .....	<b>32</b>
6.1 Fortschreibungsbedarf .....	32
6.2 Empfehlung zur Ableitung von Hintergrundwerten für weitere Stoffe.....	33
6.3 Empfehlung zur Gebietsdifferenzierung auf Gemeinde-Ebene.....	34
<b>Literatur</b> .....	<b>48</b>
<b>Anhang: Tabellen der Hintergrundwerte für Böden</b> .....	<b>59</b>

# 1 Veranlassung

Die Notwendigkeit zur Aufstellung von Hintergrundwerten hat die Bund / Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) gemeinsam mit den für Abfall und Wasser zuständigen Länderarbeitsgemeinschaften (LAGA, LAWA) in den 1993 erarbeiteten „Einheitlichen Bewertungsgrundsätzen zu vorhandenen Bodenverunreinigungen / Altlasten“ (LABO / LAGA / LAWA, 1993) begründet.

Die LABO hat daraufhin am 25./26.02.1993 den Ständigen Ausschuss 4 „Bodenbelastung“ (StÄA 4) mit der Einrichtung einer ad-hoc-AG „Referenz- bzw. Hintergrundwerte für Böden“ beauftragt, um

- eine eingehende Bestandsaufnahme der repräsentativen Untersuchungen von Stoffgehalten in Böden vorzunehmen,
- die Vergleichbarkeit und Aussagefähigkeit der Daten zu bewerten,
- Anforderungen an die Ermittlung von Hintergrundgehalten zu benennen,
- ein Konzept zur Aufstellung von Hintergrundwerten für Oberböden zu erarbeiten und
- bundesweite und länderspezifische Hintergrundwerte für Oberböden abzuleiten.

Im Ergebnis wurden 1995 erstmals bundesweite und länderspezifische Hintergrundwerte für Böden vorgelegt, die einen Überblick über ubiquitäre Gehalte an Schwermetallen und persistenten organischen Schadstoffen in Böden geben.

Mit LABO-Beschluss vom 28./29. März 1996 wurde das Umweltbundesamt (UBA) gebeten, eine Aktualisierung der Hintergrundwerte auf der Grundlage der von den Ländern sowie der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) und des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung / Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben fortgeschriebenen Hintergrundwerte vorzunehmen.

Mit den 1995 und 1998 veröffentlichten Berichten wurden Hintergrundwerte zunächst für den Oberboden und die organische Auflage von Waldböden angegeben. Verschiedene Fragestellungen des Bodenschutzes, u.a. hinsichtlich des Einbaus von Materialien in den Boden, begründen die Notwendigkeit der Ableitung von Hintergrundwerten auch für Unterböden.

Die LABO hat auf ihrer 18. Sitzung diesen Fortschreibungsbedarf aufgegriffen und den StÄA 4 „Bodenbelastung“ federführend unter Beteiligung des StÄA 2 „Bodeninformationssysteme“ damit beauftragt, den LABO-Bericht „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ (2. Auflage, 1998) erneut zu überarbeiten und erstmals Hintergrundwerte für Unterböden einzubeziehen. Der vorgelegte Bericht enthält folgende inhaltliche Schwerpunkte:

- Aktualisierung der Hintergrundwerte für Oberböden
- Ableitung von Hintergrundwerten für Unterböden und Untergrund
- Empfehlungen zur Harmonisierung der zukünftigen Datenerhebung, Analyse und Datenauswertung

Die LABO legt hiermit den aktualisierten und erweiterten Bericht vor und bedankt sich bei allen, die durch Datenerhebung und Diskussion zum Gelingen der 3. Auflage des Berichts beigetragen haben.

An der Erstellung des LABO-Berichts „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ (1. bis 3. Auflage) wirkten maßgeblich mit:

- Dr. Bachmann, Umweltbundesamt (1995, 1998)
- Dr. Böttcher, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg (2003)
- Dr. Dinkelberg, Umweltbundesamt (1995)
- Dr. Düwel, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2003)
- Dr. Emmerich, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003)
- Dr. Feldhaus, Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (2003)
- Dr. Glante, Umweltbundesamt (2003)
- Fr. Dr. Gras, Umweltbehörde Hamburg (1995)
- Hr. Hauenstein, Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz (2003)
- Fr. Heidbrink, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (2003)
- Dr. Hindel, Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben (1995)
- Dr. Lichtfuß, Umweltbehörde Hamburg (1995)
- Dr. Martin, Bayerisches Geologisches Landesamt (2003)
- Dr. Merkel, LUFA Hameln (1995)
- Dr. Neite, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (1995)
- Dr. Nöltner, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1995, 2003)
- Dr. Pälchen, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (1995)
- Dr. Raber, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2003)
- Hr. Rank, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2003)
- Prof. Rück, Umweltbundesamt (2003)
- Dr. Schmidt, Landesumweltamt Brandenburg (1995)
- Fr. Schmidt, Umweltbundesamt (1995, 1998, 2003)
- Dr. Schneider, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (2003)
- Dr. Schramm, Thüringer Landesanstalt für Geologie (1995)
- Prof. Schultz-Sternberg, Landesumweltamt Brandenburg (2003)
- Hr. Siem, Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein (1995, 2003)
- Dr. Steinert, Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (2003)
- Dr. Suttner, Bayerisches Geologisches Landesamt (1995)
- Dr. Utermann, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2003)

## 2 Begriffsbestimmungen

### 1. Geogener Grundgehalt

Der geogene Grundgehalt umfasst den Stoffbestand eines Bodens, der sich aus dem Ausgangsgestein (lithogener Anteil), ggf. Vererzungen (chalkogener Anteil) und der durch pedogenetische Prozesse beeinflussten Umverteilung (Anreicherung oder Verarmung) von Stoffen im Boden ergibt.

Chalkogene Anteile können punktuell oder flächenhaft zu einem deutlichen Anstieg der regionalen geogenen Grundgehalte führen. Sie liegen dann vor, wenn erzführende Gänge oder Gesteine, die nicht bergmännisch abgebaut werden oder wurden (= anthropogene Komponente), oberflächennah anstehen und durch Verwitterung (in situ) oder Erosion und Umlagerung (z.B. in Talauen) unmittelbar zur Pedogenese beitragen.

### 2. Hintergrundgehalt

Der Hintergrundgehalt eines Bodens setzt sich zusammen aus dem geogenen Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden.

Die Formulierung „ubiquitär/diffus“ grenzt den Hintergrundgehalt von solchen Istgehalten ab, die durch punktuell hohe Stoffeinträge (punktueller Emittenteneinfluss, Altlasten) gegenüber den Hintergrundgehalten deutlich erhöht sind. Sie unterstellt damit, dass der bezeichnete Hintergrundgehalt typisch bzw. repräsentativ für bestimmte Böden, Gebiete oder auch Nutzungen ist und nicht durch punktuell hohe (geogene, chalkogene und/oder anthropogene, z.B. bewirtschaftungsbedingte) Werte beeinflusst wird.

Für die meisten organischen Schadstoffe können lithogene oder chalkogene Komponenten ausgeschlossen werden, da diese Stoffe im Wesentlichen nicht als Ausgangsmaterialien der Bodenbildung vorkommen. Neuere Erkenntnisse z.B. zum Vorkommen von Dioxinen in tertiären Tonen sind bisher noch nicht verifiziert (*Jobst & Aldag, 2000*). Auch andere natürliche Ursachen (z.B. PAK-Entstehung bei Waldbränden) sind in der Regel vernachlässigbar. Der Hintergrundgehalt organischer Schadstoffe ist daher weitgehend identisch mit den ubiquitären Einträgen, die durch pedogenetische Prozesse und Nutzungseinflüsse im Boden umverteilt wurden.

### 3. Hintergrundwert

Hintergrundwerte sind repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden.

Hintergrundwerte für Böden beruhen auf den ermittelten Hintergrundgehalten und bezeichnen unter Angabe der statistischen Kenngrößen sowie der Bezugsgrößen Ausgangsgestein der Bodenbildung, Bodenhorizont, Nutzung und Gebietsdifferenzierung die repräsentativen Stoffkonzentrationen in Böden.

### **3 Erhebung von Hintergrundgehalten und Ableitung von Hintergrundwerten**

#### **3.1 Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten**

Bei der Erhebung von Hintergrundgehalten für anorganische und organische Stoffe in Böden sind die folgenden Aspekte zu beachten.

Datenbestände aus abgeschlossenen Untersuchungsprogrammen (Altdaten), die den beschriebenen Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten entsprechen, können in die Ableitung von Hintergrundwerten einbezogen werden.

##### **3.1.1 Standortauswahl und Probenentnahme**

###### **3.1.1.1 Standortauswahl**

Die Standortauswahl sollte auf Grundlage einer Probenentnahmestrategie erfolgen, die eine repräsentative Erfassung von Hintergrundgehalten für die stoffspezifisch relevanten Bezugsgrößen (u.a. Bodenausgangsgesteine, Nutzungen, Gebietsdifferenzierungen) zum Ziel hat. Mit möglichst geringem Aufwand soll ein hoher Grad der Übertragbarkeit auf gleichartige, jedoch nicht untersuchte Flächen erreicht werden.

Die Planung der Probenentnahme lässt sich im Sinne einer Defizitanalyse optimieren, indem die vorhandenen Punkt- und Flächeninformationen im Zuge von Repräsentanzbetrachtungen ausgewertet werden.

Die Wahl der Probenentnahmestrategie hängt entscheidend von Art und Umfang der Flächen und Punkt bezogenen Vorinformation ab. Hierzu zählen z.B. Informationen über die räumliche Verbreitung der Böden einschließlich ihrer Ausgangsgesteine, die Landnutzung, einer Gebietstypisierung sowie über bereits vorhandene Daten zu Hintergrundgehalten in Böden. Liegt ausreichend Vorinformation zu den Geometrien und Inhalten der Flächen vor, so lässt sich eine Probenentnahmestrategie entwickeln, die dazu dient, für alle im Hinblick auf die stoffspezifischen Bezugsgrößen „homogenen“ Teilflächen zufällig oder systematisch repräsentative Standorte auszuwählen. Konkrete Hinweise zur Aufstellung von systematischen und unregelmäßigen (nichtsystematischen) Probenentnahmemustern für die Untersuchung derartiger Teilflächen gibt die DIN ISO 10381-1. Je weniger Vorinformationen bekannt sind, desto eher empfiehlt sich eine flächendeckend systematische, vorzugsweise rasterorientierte Beprobung.

Alternative Repräsentanzkriterien lassen sich über die räumliche Variabilität der den jeweiligen Stoffgehalt bestimmenden Zustandsgrößen (z.B. Verteilung der Bodenarten) definieren. Ein exemplarisches Vorgehen ist bei *Utermann et al. (2000)* dokumentiert.

### **3.1.1.2 Standortbeschreibung**

Die Auswertung von Daten zu Hintergrundgehalten in Böden setzt grundsätzlich eine einheitliche und hinreichende Standort- und Bodenansprache voraus. Ausführliche Hinweise hierzu finden sich in der „Bodenkundlichen Kartieranleitung“ (KA4) (*Arbeitsgruppe Bodenkunde, 1994*). Folgende Mindestinformationen zur Standort- und Profilkennzeichnung sollten erhoben und vorgehalten werden:

- Koordinaten
- pedologische Kennzeichnung gemäß KA4, 1994
- lithologische Kennzeichnung gemäß KA4, 1994
- Nutzungsart

### **3.1.1.3 Probenentnahme**

Probenentnahmeverfahren und -technik sowie der Umgang mit Bodenproben haben maßgebenden Einfluss auf das Ergebnis von Untersuchungen und somit auf deren Vergleichbarkeit. Detaillierte Hinweise hierzu finden sich u.a. ebenfalls in der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA4, 1994), der Anleitung zur Entnahme von Bodenproben der Staatlichen geologischen Dienste (*ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden, 1996*), der DIN-ISO 10381-2, -4, -5 sowie der DIN ISO 11464.

Bei der Entnahme von Bodenproben für die Erhebung von Hintergrundgehalten sind grundsätzlich folgende Aspekte zu beachten:

- Vermeidung nachteiliger Wechselwirkungen zwischen Probe und Mensch, Probe und Probenentnahmegerate, Probe und Umwelt
- Umfassende Dokumentation unter Beachtung der o.g. Mindestanforderungen
- Entnahme auch von volumenbezogenen Proben insbesondere bei Substraten mit variierenden und/oder im Vergleich zu Mineralböden stark abweichenden Lagerungsdichten. Bezüglich der Entnahme von Proben organischer Auflagen und Moorböden wird auf die Anleitung zur Entnahme von Bodenproben (*ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden, 1996*) verwiesen.
- Berücksichtigung des Skelettanteils insbesondere bei stärker skeletthaltigen Böden.

Die Bodenprobenentnahme sollte grundsätzlich horizontbezogen erfolgen. Metrische Entnahmetiefen sind darüber hinaus zur Unterteilung mächtigerer Bodenhorizonte und bei unscharfen / geringmächtigen Horizonten in Oberböden unter Wald zulässig. Für die zukünftige Erhebung von Hintergrundgehalten sind zudem die in der BBodSchV, Anhang 1 festgeschriebenen Verfahren und Methoden zu beachten.

### **3.1.2 Stoffauswahl**

Die natürlichen Gehalte anorganischer Stoffe in Böden werden mehr oder weniger stark von anthropogenen Einträgen überprägt. Während z.B. die Gehalte von Ni und Cr in Böden sehr stark vom geogenen Grundgehalt bestimmt werden, sind die natürlichen Gehalte u.a. von Zn, Pb, Cd und Cu insbesondere in Oberböden in weitaus stärkerem Maße von anthropogenen Einträgen überlagert.

Organische Schadstoffe kommen natürlicherweise in Böden außerhalb der Lagerstätten fossiler Brennstoffe so gut wie überhaupt nicht vor. Insbesondere bei Vulkanausbrüchen und Waldbränden können einige dieser Verbindungen in geringen Konzentrationen entstehen. Der weitaus größte Teil der organischen Schadstoffe ist anthropogenen Ursprungs und in größerem Umfang erst im Zuge der weltweiten Industrialisierung zu Beginn des 20. Jahrhunderts in die Umwelt gelangt. Die Belastung der Umwelt mit organischen Schadstoffen wird hauptsächlich durch die chemischen und physikalischen Eigenschaften von emittierten Verbindungen sowie durch die Anwendung der Endprodukte bestimmt.

Die LABO empfiehlt, für die Ermittlung von Hintergrundgehalten in und die Ableitung von Hintergrundwerten für Böden folgende prioritären Stoffe zu berücksichtigen:

anorganische Stoffe: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sb, Tl, Zn

organische Stoffe: PCB<sub>6</sub>, PAK<sub>16</sub>, B(a)P, HCH, HCB, PCDD/F

Dabei werden solche Stoffe bzw. Stoffgruppen berücksichtigt, die (a) ubiquitär-diffus in Böden verbreitet sind, (b) eine Wirkungspfadbezogene Relevanz aufweisen (Boden-Grundwasser; Boden-Mensch; Boden-Nahrungskette) und (c) in bestimmten Konzentrationen toxisch sind. Darüber hinaus müssen die ausgewählten Stoffe analytisch-chemisch und mit allgemein eingeführten Verfahren eindeutig und hinreichend präzise erfasst werden können. Bei den organischen Stoffen spielt ihre Persistenz in Böden eine wesentliche Rolle. Die Halbwertszeit im Boden sollte länger als 6 Monate betragen (*GDCh, 1999*).

Die o.g. Kriterien sind insbesondere dann heranzuziehen, wenn weitere Stoffe in die Ermittlung von Hintergrundgehalten von Böden und die Ableitung von Hintergrundwerten einbezogen werden sollen (siehe Kap. 6.2)

Radioaktive Stoffe werden im Rahmen der Programme zur Überwachung der Radioaktivität in der Umwelt nach dem Strahlenschutzvorsorgegesetz untersucht und sind nicht Gegenstand des Berichtes.

### **3.1.3 Analytik**

#### **3.1.3.1 Analytik anorganischer Stoffe**

Hintergrundgehalte für anorganische Stoffe in Böden können als (a) Königswasser extrahierbare Fraktion (KW-Extraktion) oder (b) sog. Totalgehalte in flusssäurehaltigen Aufschlüssen (HF-Aufschluss) (z.B. HF-HCl-HClO<sub>4</sub>-Druckaufschluss) bzw. mittels Röntgenfluoreszenzanalyse (RFA) bestimmt werden. Die KW-Extraktion (DIN ISO 11466) stellt mit Bezug auf die in der BBodSchV (1999) und anderen bodenschutzbezogenen gesetzlichen Regelwerken (z.B. AbfKlärV) festgelegten Bodenwerte das Referenzverfahren dar und wird von der LABO für die Ableitung von Hintergrundwerten empfohlen.

Totalgehalte werden für Fragestellungen des Bodenschutzes insbesondere im Zusammenhang mit der Aufstellung von Elementbilanzen benötigt (*Ruppert, 1991*). Werden Totalgehalte bestimmt, so können diese mit Hilfe von Regressionsgleichungen in Gehalte der KW-Extraktion umgerechnet werden (s.u.).



Wichtig für die Auswertung und Vergleichbarkeit von Daten ist die hinreichende Dokumentation der angewandten Methode. Insbesondere im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von Hintergrundwerten mit den in der BBodSchV, Anhang 2 geregelten Bodenwerten und ihren zugrunde liegenden Analysemethoden wird für die zukünftige Erhebung von Hintergrundgehalten eine einheitliche Vorgehensweise entsprechend der oben aufgeführten Aufschlussverfahren bzw. der in der BBodSchV, Anhang 1 genannten Messverfahren empfohlen. Werden andere Verfahren angewendet, müssen deren Ergebnisse mit den Ergebnissen der angegebenen Verfahren gleichwertig oder vergleichbar sein.

Zur Ermittlung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen der chemischen Analytik sind die Anforderungen der DIN 32645 (05.94) maßgebend.

Die Angabe der Stoffgehalte soll i.d.R. als Konzentrationswert bezogen auf die Trockenmasse Boden (z.B. mg/kg TM) erfolgen. Für Moore und organische Auflagehorizonte von Waldböden wird empfohlen, auf Grund des geringeren spezifischen Gewichts volumenspezifische Gehalte (z.B. mg/1000 cm<sup>3</sup> Boden) anzugeben.

#### Umrechnung von Königswasserextraktion / Totalaufschluss

Die Ableitung von Hintergrundwerten unter Nutzung von Datensätzen, die aus unterschiedlichen Aufschluss- und Analysenverfahren resultieren, kann erfolgen, wenn die Totalgehalte und die KW-extrahierbaren Stoffgehalte statistisch abgesichert und in signifikant enger Beziehung zueinander stehen.

Umfangreiche Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen den Stoffgehalten der KW-Extraktion und Totalgehalten führten *Utermann et al. (2000)* und *Hornburg (2002)* durch. Als Ergebnis dieser Arbeiten liegen für Cd, Cu, Ni, Pb, Zn und Cr sowohl substratübergreifend als auch nach Ausgangsgesteinsgruppen getrennt abgeleitete Regressionsfunktionen vor. Mit diesen Gleichungen ist es möglich, die Totalgehalte in die Gehalte der KW-Extraktion (und umgekehrt) zu transformieren.

Sofern in den Ländern nicht eigene Untersuchungsergebnisse vorliegen, wird für die Umrechnung von Totalgehalten in Gehalte der KW-Extraktion (und umgekehrt) die Anwendung der oben aufgeführten speziell für die Ableitung von Hintergrundwerten entwickelten Regressionsfunktionen empfohlen. In diesem Zusammenhang ist zu beachten, dass die Gültigkeit der Gleichungen zunächst strikt auf den Konzentrationsbereich begrenzt ist, der sich aus der Spanne der zugrunde liegenden Messwerte ergibt (hier: Konzentrationsbereich für Hintergrundwerte diffus/ubiquitär belasteter Böden). Ferner setzt die vergleichende Interpretation transformierter Daten voraus, dass nachvollzogen werden kann, welche Umrechnungsfunktion verwendet wurde.

### **3.1.3.2 Analytik organischer Stoffe / Stoffgruppen**

Bei der Analytik von organischen Stoffen / Stoffgruppen kommen unterschiedliche Methoden zur Anwendung. Für die zukünftige Erhebung von Hintergrundgehalten wird eine einheitliche Vorgehensweise analog der BBodSchV (Anhang 1) empfohlen. Bei Anwendung anderer Verfahren müssen deren Ergebnisse mit den Ergebnissen der angegebenen Verfahren gleichwertig oder vergleichbar sein.

Zur Ermittlung der Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen der chemischen Analytik sind die Anforderungen der DIN 32645 (05.94) maßgebend (siehe Kap. 3.1.3.1).

### **3.1.4 Bestimmung weiterer Bodenkenngrößen**

Zur Interpretation von Hintergrundgehalten, für die Ableitung flächen- bzw. volumenbezogener Angaben (Frachten, Flächenbelegung, Gesamtvorräte und Bilanzierung von Stoffen im Boden) sowie hinsichtlich der Vergleichbarkeit von Hintergrundgehalten / -werten mit den Bodenwerten der BBodSchV (insb. den Vorsorgewerten) ist die Erfassung der wesentlichen Bodenkenngrößen und eine einheitliche bzw. vergleichbare Methodik ihrer Bestimmung erforderlich. Die Bestimmung der in Tabelle 1 aufgeführten Bodenkenngrößen wird entsprechend der zugeordneten Methoden empfohlen. Die aufgeführten Kenngrößen sind gleichermaßen bedeutsam für die Interpretation von Hintergrundgehalten für anorganische Stoffe und persistente organische Stoffe / Stoffgruppen in Böden.

**Tabelle 1:** Bestimmung weiterer Bodenkenngrößen

Bodenkenngröße	Methode	Verfahrenshinweise
<b>Kohlenstoffgehalt</b>	nach BBodSchV, Anhang 1: DIN ISO 10 694: 08.96	Im Boden vorhandener Kohlenstoff wird durch Aufheizen im O <sub>2</sub> -haltigen, CO <sub>2</sub> -freien Gasstrom bei mindestens 900°C oxidiert. Die Bestimmung von organischem Kohlenstoff erfolgt nach Entfernen des Karbonates durch HCl oder durch Abzug des getrennt ermittelten Karbonat-Kohlenstoffes
<b>Karbonatgehalt</b>	DIN ISO 10 693	
<b>Humusgehalt</b>	Bodenkundliche Kartieranleitung, 1994	Der Humusgehalt kann aus dem Gehalt an organisch gebundenen Kohlenstoff berechnet werden. Bei Mineralbodenproben wird der Faktor 1,72 (58% C im Humus), bei Torfen und Auflagehumus der Faktor 2 (50% C im Humus) verwendet.
<b>pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>)</b>	nach BBodSchV, Anhang 1: DIN ISO 10390: 05.97	Suspension der feldfrischen oder luftgetrockneten Bodenprobe in CaCl <sub>2</sub> -Lösung; CaCl <sub>2</sub> : (0,01 mol/l)
<b>pH-Wert (KCl)</b>	BZE Arbeitsanleitung (BZE, 1990, 1994)	Anwendung bei forstwirtschaftlich genutzten Böden
<b>Korngrößenverteilung</b>	nach BBodSchV, Anhang 1: E DIN ISO 11277: 06.94 / DIN 19683-2: 04.97	Siebung, Dispergierung, Pipett-Analyse*
	nach BBodSchV, Anhang 1: DIN 18123: 11.96 / E DIN ISO 11277: 06.94	Siebung, Dispergierung, Aräometermethode
<b>Rohdichte (trocken)</b>	nach BBodSchV, Anhang 1: E DIN ISO 11272: 01.94 / DIN 19683-12: 04.73	Trocknung einer volumengerecht entnommenen Bodenprobe bei 105 °C, rückwiegen
<b>KAK<sub>pot</sub> (Ca, Mg, K, Na, H-Wert)</b>	DIN ISO 13 536: 04.97 bzw. DIN ISO 11260	Potenzielle KAK muss in karbonathaltigen Proben (pH (H <sub>2</sub> O) > 6,2) gemessen werden
<b>KAK<sub>eff</sub> (Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, Mn, H)</b>	BZE-Arbeitsanleitung (BZE, 1990, 1994) bzw. DIN ISO 11260	Effektive KAK sollte nur in karbonatfreien Proben bestimmt werden: BZE-Anleitung (Perkolation mit 1 M NH <sub>4</sub> Cl) oder DIN ISO 11260 (Extraktion mit 0,1 M ungepufferter BaCl <sub>2</sub> -Lösung).
<b>Amorphe Sesquioxide (Fe, Mn, Al)</b>	DIN 19684-6	Extraktion der amorphen Sesquioxide mit NH <sub>4</sub> -Oxalat und Oxalsäure

\*empfohlene Methode

## 3.2 Anforderungen an die Ableitung von Hintergrundwerten

### 3.2.1 Differenzierung nach Bezugsgrößen

Grundlegende Voraussetzung für die Aufstellung aussagefähiger bundesweiter und länderspezifischer Hintergrundwerte ist eine Differenzierung nach den folgend beschriebenen Bezugsgrößen.

**Tabelle 2:** Bezugsgrößen für anorganische und organische Stoffe in Böden

	Bodenhorizonte		
	Auflagehorizont	Oberboden	Unterboden / -grund
<b>Anorganische Stoffe</b>			
Ausgangsgestein	ooo	xxx	xxx
Nutzungsart	xxx	xxx	ooo
Gebietstyp	xxx	xxx	----
<b>Organische Stoffe</b>			
Ausgangsgestein	----	----	----
Nutzungsart	xxx	xxx	----
Gebietstyp	xxx	xxx	----

**xxx** empfohlene Differenzierung / **ooo** i.d.R. keine Differenzierung / **---** keine Differenzierung

#### 3.2.1.1 Bodenausgangsgesteine

Die Gehalte anorganischer Stoffe in Böden werden wesentlich durch die Art und Zusammensetzung des bodenbildenden Ausgangsgesteins (Fest- oder Lockergesteinsersatz) sowie durch eingemischte oder überlagerte Fremdkomponenten (z.B. Löss, periglaziale Umlagerungen mit anderen Gesteinen) geprägt. Insbesondere in anthropogen wenig beeinflussten Böden und bei Stoffen, die häufig geogen bedingt hohe Gehalte aufweisen (z.B. Ni und Cr), werden Hintergrundgehalte maßgeblich von geogenen Grundgehalten bestimmt.

Eine Differenzierung der Hintergrundwerte anorganischer Stoffe sollte daher nach den jeweils überwiegenden bzw. prägenden bodenbildenden Ausgangsgesteinen erfolgen. Hierfür sind insbesondere die in nachfolgender Tabelle aufgeführten prioritären Ausgangsgesteine der Bodenbildung zu beachten. Dabei erfolgte die Aggregation einzelner Gesteine neben ihren geologischen Eigenschaften insbesondere unter Berücksichtigung ihrer Stoffgehalte.

**Tabelle 3:** Prioritäre Gruppen der Bodenausgangsgesteine

Gruppen der Bodenausgangsgesteine	Aggregierung weiterer Gesteine und Gesteinsgruppen
<b>Festgesteine</b>	
<b>Karbonatgesteine</b> <sup>1</sup> - Kalkstein - Mergelstein	Dolomitstein, Kalkdolomitstein Tonmergel(-Stein), Schluffmergel(-Stein), Dolomitmergel(-Stein), Kalkmergel(-Stein)
<b>Tonsteine</b> <sup>2</sup> - Tonstein - Tonschiefer  - Schluffstein	präquartäre Tone, Tonsteine mit Karbonatgehalt ≤10% Flaser-, Platten-, Alaun-, Kieselschiefer, quarzitische Schiefer präquartäre Schluffe
<b>Sandstein</b>	Breccie, Konglomerat, Arkose, Grauwacke, Quarzit, Quarzsandstein
<b>Ultrabasische Magmatite / Metamorphite</b>	Pikrit, Serpentin, Peridotit
<b>Basische Magmatite / Metamorphite</b>	Basalt und Meta-Basalte, Diabas (=Grünstein), Basanit, Nephelinit, Tephrit, Hornblendit, Norit, Gabbro
<b>Intermediäre Magmatite / Metamorphite</b> <sup>3</sup>	Latit, Trachyt, Monzonit, Phonolith, Andesit, Keratophyr, Diorit, Syenit, Kuselit
<b>Saure Magmatite / Metamorphite</b> - Granit  - Gneis - Glimmerschiefer	Granodiorit, Metagranitoid, Rhyolith (=Quarzporphyr), Metarhyolithoid Granulit, Paragneis, Orthogneis Tonstein-Metamorphite
<b>Lockergesteine</b>	
<b>Küstensedimente</b>	
<b>Terrassenablagerungen</b>	pleistozäne fluviatile oder fluvilimnogene Ablagerungen
<b>Sande</b>	äolische, fluviatile oder glazigene Sande (Bodenart Ss, Su2 oder Sl2), präquartäre Sande
<b>Geschiebelehme/-mergel</b>	glazigene oder fluviglazigene Ablagerungen
<b>Löss</b>	Lösslehm, Kolluvien mit dominierendem Substrat = Löss
<b>Sandlöss</b>	Lösssand, äolische Ablagerungen mit für Sandlöss charakteristischer Bodenart
<b>Torfe (Moore)</b>	

<sup>1</sup> Böden mit intensiver Anreicherung von Residual-Ton (Bodentyp Terra fusca) sind gesondert zu prüfen und ggf. als eigenes Datenkollektiv auszuweisen.

<sup>2</sup> Böden mit relikttischer ferrallitischer oder fersiallitischer Bodenbildung sind gesondert zu prüfen und ggf. als eigenes Datenkollektiv auszuweisen.

<sup>3</sup> Intermediäre Magmatite und Metamorphite treten teilweise in kleinräumiger Vergesellschaftung mit basischen Gesteinen auf. Allerdings können ihre Stoffgehalte, insbesondere bei den geogen beeinflussten Stoffen Cr und Ni, deutliche Unterschiede aufweisen. Auch ist nicht immer eine deutliche Abgrenzung zu Sauren Magmatiten und Metamorphiten möglich. Deshalb ist anhand der vorhandenen Datengrundlage zu prüfen, ob diese Gruppe als eigenes Kollektiv zu behandeln ist oder (teilweise) gemeinsam mit anderen Gesteinsgruppen ausgewiesen werden kann.

Diese Liste kann durch weitere regional vorherrschende Bodenausgangsgesteine oder solche Gesteine, die aufgrund ihrer Mineralzusammensetzung besondere Stoffgehalte aufweisen (z.B. Tongesteine des Lias) ergänzt werden. Das Ausmaß der Differenzierung zwischen Gruppen verschiedener Bodenausgangsgesteine muss sich dabei am zur Verfügung stehenden Datenumfang und den Unterschieden

zwischen den Stoffgehalten orientieren. Von besonderer Bedeutung sind fluviatile Lockergesteine der Flussauen. Ggf. müssen hierfür die Bezugsgrößen für die Ableitung von Hintergrundwerten modifiziert werden. U.a. kann eine Differenzierung nach Flussläufen und / oder Flussabschnitten erfolgen.

Bei den Böden aus präquartären Gesteinen (i.d.R. **Festgesteine**) wird die stoffliche Zusammensetzung der periglazialen Lagen entscheidend durch das Mischungsverhältnis von Löss zu Festgesteinszersatz geprägt. Anhand der Datenlage und der Stoffgehalte ist zu prüfen, ob eine Differenzierung der periglazialen Lagen in Klassen unterschiedlichen Lössanteils vorgenommen werden kann bzw. sollte. Mögliche Verfahren zur Differenzierung nach Lössgehaltsklassen sind bei *Hindal et al. (1995, 1998)* oder bei *Utermann et al. (2003)* beschrieben.

Bei den Böden aus **quartären Lockergesteinen** sind teilweise Überlagerungen mehrerer Gesteinsschichten anzutreffen (z.B. Geschiebe mit sandiger Auflage, Sand(löss)ablagerungen über Terrassenablagerungen). Hierbei sollte eine tiefenbezogene Auswertung der Stoffgehalte für den gesamten Boden nur innerhalb von Gruppen gleicher Bodenausgangsgesteine erfolgen.

Als weitere, nachgeordnete Bezugsgrößen zur Differenzierung der Hintergrundwerte können die Bodenart(engruppe), eine horizontbezogene Aggregation in Ab- (z.B. Ae und Al) und Anreicherungshorizonte (z.B. Bs, Bh und Bt) oder anderer Bezugsgrößen, die sich zur Darstellung relevanter Unterschiede der Stoffgehalte von Datenkollektiven eignen, verwendet werden. Eine alleinige Differenzierung der Hintergrundwerte der Böden aus Lockergesteinen anhand der Korngrößenzusammensetzung (Bodenart) kann nur empfohlen werden, wenn es sich um Böden aus gleichen Ausgangsgesteinen handelt. Allerdings kann eine Differenzierung anhand der Bodenart bzw. von Tongehaltsklassen die Abschätzung von Stoffgehaltsunterschieden, insbesondere innerhalb einer bestimmten periglazialen Schicht, ermöglichen.

### **3.2.1.2 Nutzungsdifferenzierung**

Der nutzungsbedingte Bearbeitungszustand von Böden und deren unmittelbarer Einfluss auf die Stoffverteilung sowie nutzungsspezifische Stoffeinträge erfordern eine Differenzierung der Hintergrundwerte für **Oberböden** nach Nutzungsarten.

So weisen Ackerböden durch regelmäßige Bodenbearbeitung (Verdünnung durch Vermischung) häufig die geringsten Schadstoffgehalte auf. In Grünlandböden werden Schadstoffe im oberen Bodenhorizont (A-Horizont) angereichert, so dass sich im Vergleich zu Ackerböden höhere Stoffgehalte ergeben. Spezifische Stoffeinträge in Waldböden sind durch den Auskämmungseffekt der Vegetation für luftgetragene Immissionen (Interzeption) bedingt. Ebenso lassen sich auch andere Nutzungsarten, wie beispielsweise Sonderkulturflächen, durch nutzungsspezifische Stoffgehalte kennzeichnen.

Empfohlen wird die Ableitung von Hintergrundwerten für die Hauptnutzungsarten Acker, Grünland und Wald. Die Hauptnutzungsart Grünland ist im Sinne von Dauergrünland aufzufassen. Temporäre Grünlandnutzung mit zwischenzeitlichem Umbruch sollte der Hauptnutzungsart Acker zugewiesen werden.

Ggf. können auch regionale Hintergrundwerte für Haus- und Kleingärten oder Sonderkulturflächen (u.a. Weinbau, Obstanbau) abgeleitet werden. Die Ableitung

bundesweiter Hintergrundwerte für Siedlungsböden (u.a. Haus- und Kleingärten) ist aufgrund des weiten Standortpektrums und der Heterogenität der Auffüllungen nicht sinnvoll.

Für **Unterböden / Untergrund** wird von der Empfehlung einer Differenzierung nach Nutzungsart abgesehen, da die Gehalte anorganischer Stoffgehalte im Wesentlichen vom Ausgangsgestein der Bodenbildung bestimmt werden. Liegen jedoch Anhaltspunkte für den Einfluss der Nutzungsart auf die Gehalte in Unterböden vor, sollte auch hier eine Differenzierung nach Nutzungsarten vorgenommen werden.

### **3.2.1.3 Horizontdifferenzierung**

Für die Ableitung der Hintergrundwerte in Böden müssen die Horizonte, wie sie die KA4 vorgibt, in Gruppen zusammengefasst werden. Dabei sind die Kriterien zu berücksichtigen, welche den Stoffgehalt der Böden, insbesondere für die Hintergrundwerte, beeinflussen. Dies sind

- die Nähe zur Bodenoberfläche und damit zum Eintrag auf dem Luft- oder Düngepfad,
- die Humosität und damit die Bindung an reaktive organische Gruppen, der Verwitterungsgrad und damit die Bindung an Oxide oder Tonminerale oder
- der Einfluss von reduzierenden Bedingungen, in denen Oxide nicht stabil sind und dem Milieu entsprechende Bodenminerale vorherrschen.

Bei der Zuordnung von Horizonten zu Horizontgruppen sind organische (> 30 Gew.% organische Substanz) und mineralische Horizonte zu unterscheiden. Diese Trennung ergibt sich auch durch die Unterscheidung der Ausgangsgesteine. Organische Horizonte sind in Auflage-, Moor- und Muddehorizonte unterschieden. Organomineralische Mudden ( $\leq 30$  Gew.% organische Substanz) und Anmoorhorizonte zählen zu den Mineralbodenhorizonten. Bei den organischen Horizonten wird, soweit es der Umfang der Datenkollektive erlaubt, eine Trennung zwischen Hochmoor-, Niedermoor-, Muddehorizonten empfohlen. Die Auflagehorizonte sind immer als eigenes Datenkollektiv zu behandeln.

Empfohlen wird eine Differenzierung nach folgenden Horizontgruppen:

- Oberbodenhorizonte,
- Unterbodenhorizonte und
- Untergrundhorizonte,

wobei weitere Horizontgruppen unterschieden werden können.

Bei der Zusammenfassung von Proben zu den o.g. drei Horizontgruppen wird nicht allein die Zugehörigkeit der Horizonte zu den in der KA4 definierten Horizontgruppen berücksichtigt, sondern zusätzlich auch die Anforderungen bezüglich der Tiefenstufen, wie sie von der BBodSchV, Anhang 1 vorgegeben sind. Dadurch können die Gruppen von der streng pedogenetischen Definition der KA4 abweichen. Übergangs- oder Verzahnungshorizonte zwischen Oberboden- und Untergrundhorizonten (z.B. Ah-iCv) sind möglichst getrennt auszuwerten. Übergangshorizonte zwischen angrenzenden Horizontgruppen (z.B. Ah-Bv, Al+Bt, Cv-Bv) werden gemäß den Regeln, die für das Hauptmerkmal (letzter Symbolteil) gelten, zugeordnet. Im Folgenden werden die Unterscheidungskriterien dargestellt.

## **Oberbodenhorizonte**

Zu den Oberbodenhorizonten zählen **alle** obersten Mineralbodenhorizonte und Moorhorizonte. Alle folgenden Horizonte, die als Hauptsymbol ein A, H, R oder M besitzen, gehören ebenfalls in die Gruppe der Oberböden, sofern deren Untergrenze bei Ackernutzung, Gartennutzung oder Sonderkulturen  $\leq 30$  cm und bei Grünland- oder Forstnutzung  $\leq 10$  cm ist. Liegen diese Horizonte zu mehr als 50% ihrer Mächtigkeit innerhalb der genannten Spannen, werden sie zu den Oberbodenhorizonten gezählt, anderenfalls zu den Unterböden.

Die Verarmungshorizonte Ae und Al werden den Unterböden zugeschlagen, sobald sie tiefer reichen als die oben genannten nutzungsspezifischen Untergrenzen für Oberböden.

Die Zuordnung tiefreichender Aa-, Ah- oder A<sub>xh</sub>-Horizonte zu Ober- bzw. Unterboden oder einer getrennten Ausweisung soll bei genügend großem Stichprobenumfang nach Prüfung der Stoffgehalte entschieden werden.

## **Unterbodenhorizonte**

Zu den Unterbodenhorizonten zählen Horizonte, die nicht unter den Gruppen

- Oberbodenhorizonte
- Untergrundhorizonte
- „weitere Horizonte“

geregelt sind.

Dies sind alle B-, P-, E-, R- und M-Horizonte für den gesamten Tiefenbereich unterhalb des Oberbodens sowie alle H, G- oder S-Horizonte, soweit sie nicht zu den Untergrundhorizonten oder den „Weiteren Horizonten“ gerechnet werden (siehe unten).

## **Untergrundhorizonte**

Zu den Untergrundhorizonten zählen alle Horizonte aus dem mineralischen Untergrund nach KA4, also alle Horizonte deren Hauptsymbol ein „C“ ist. Soweit bei Stau-, Grundwasserböden und Mooren keine C-Horizonte ausgewiesen sind, werden H-, G<sub>o</sub>- und S-Horizonte dem Untergrund zugewiesen, sofern mehr als die Hälfte der Horizontmächtigkeit unterhalb 120 cm liegen.

## **Weitere Horizonte**

Folgende Horizonte sind getrennt von den vorgenommenen Gruppierungen auszuwerten und können bei genügend großem Stichprobenumfang als gesonderte Hintergrundwerte ausgewiesen werden:

- der Mineralbodenoberfläche aufliegende Auflagehorizonte. Dies sind L-, Of- und Oh- Horizonte ohne mögliche Übergänge oder Verzahnungen.
- Übergangs- oder Verzahnungshorizonte zwischen Oberboden- und Untergrundhorizonten;



- Rezente Horizonte, in denen durch langandauernder Vernässung anaerobe und reduzierende Verhältnisse herrschen (z.B. Gr, Srw), da diese eine andere Stoffdynamik aufweisen. Einen Hinweis kann der Vernässungsgrad des Profiles geben ( $V_n \geq 4$ ).
- Y-Horizonte, da diese durch Reduktgas gebildeten Horizonte eine besondere Stoffdynamik aufweisen können.
- Fossile Horizonte sind getrennt auszuwerten, falls überdeckte Horizonte unterhalb der nutzungs- bzw. horizontgruppen-spezifischen Untergrenze liegen und nur ein einziges Hauptsymbol vergeben wurde (z.B. fAh >30 cm bzw. >10 cm Obergrenze). Bei Übergangs- oder Verzahnungshorizonten wird sinngemäß nach den obengenannten Regeln verfahren.
- Wegen der Stoffanreicherung in den Residualtonen der T-Horizonte wird bei ausreichendem Stichprobenumfang eine gesonderte Auswertung der Bodenprofile mit T-Horizonten empfohlen (vgl. Fußnote 1 zu Tabelle 3: prioritäre Bodenausgangsgesteine). Diese Empfehlung gilt ebenfalls für Horizonte ferrallitischer und ferrallitischer Paläoböden (Bu(k), Bj, Cj -Horizonte).

Abweichende Vorgehensweisen sind besonders zu kennzeichnen und zu begründen.

#### Hintergrundwerte für organische Stoffe

Hintergrundwerte für organische Stoffe sollten i.d.R. nur für Oberboden und Auflagehorizonte abgeleitet werden. Persistente organische Schadstoffe werden in hohem Umfang an die organische Substanz des Oberbodens gebunden und sind somit dem Transport über die Bodenlösung in den Unterboden entzogen. Mögliche Verlagerungen von Stoffen, deren Löslichkeit keinen nennenswerten Lösungstransport zulässt, können durch partikelgebundenen Transport entlang von Grobporen sowie die lösungsvermittelnde Wirkung gelöster organischer Bodensubstanz erklärt werden (z.B. *Kögel-Knabner & Knabner, 1991; Mc Carthy & Zachara, 1989*). Messbare Gehalte von organischen Schadstoffen im Unterboden sind zumindest im Zusammenhang mit Hintergrundwerten jedoch nicht zu erwarten. Die Erhebung von Hintergrundwerten von organischen Schadstoffen in Unterböden ist daher nur in Ausnahmefällen sinnvoll, und zwar im Regelfalle dort, wo die Schadstoffe durch Sedimentation oder anthropogene Umlagerung in den Unterboden gelangen.

Ausnahmen, bei denen auch im Unterboden nennenswerte Gehalte an organischen Schadstoffen auftreten könnten, sind:

- Rigosole,
- Auenböden (je nach Einzugsgebiet),
- Kolluvien und
- Böden mit besonderen Vorbelastungen.

Trotz geringer Schadstoffkonzentration im Unterboden können dort aufgrund höherer Lagerungsdichte und großer Horizontmächtigkeit eine nicht unerhebliche Gesamtmenge organischer Schadstoffe enthalten sein.

### 3.2.1.4 Gebietsdifferenzierung

Die gebietsspezifische Immissionssituation (diffuse atmogene Einträge) wirkt sich unmittelbar auf die Hintergrundgehalte in **Oberböden** aus (z.B. Ballungsraum versus ländlicher Raum). Daher sollten Hintergrundgehalte gebietsdifferenziert erhoben werden. Für **Unterböden / Untergrund** wird i.d.R. von dieser Empfehlung abgesehen, da die Gehalte anorganischer Stoffe im Wesentlichen vom Ausgangsgestein der Bodenbildung bestimmt werden.

Eine Gebietsdifferenzierung unter Berücksichtigung der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge erfolgt in Anlehnung an die siedlungsstrukturelle Gebietstypisierung der Bundesanstalt für Bauwesen und Raumordnung (BBR; ehemals Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, BfLR).

**Tabelle 4:** Differenzierung nach siedlungsstrukturellen Gebietstypen (BfLR, 1992)

Typ I	Regionen mit großen Verdichtungsräumen	Regionen mit einem Oberzentrum von mindestens 300.000 Einwohnern und / oder einer Bevölkerungsdichte von über 300 E/km <sup>2</sup>
Typ II	Regionen mit Verdichtungsansätzen	Regionen mit durchschnittlich über 150 E/km <sup>2</sup> und i.d.R. einem Oberzentrum von mindestens 100.000 Einwohnern
Typ III	ländlich geprägte Regionen	Kreise und kreisfreie Städte mit zusammen einer Bevölkerungsdichte unter 150 E/km <sup>2</sup>
Lässt die Datenlage keine Untergliederung nach Regionen zu, sind die Daten dem Typ 0 zuzuordnen.		

Die Ableitungen von länderspezifischen und bundesweiten Hintergrundwerten zeigen, dass o.g. Gebietsdifferenzierung im Sinne der Berücksichtigung der Immissionssituation dem Anliegen nicht gerecht werden können. Für die zukünftige Erhebung wird in Kap. 6.3 ein Vorschlag unterbreitet, der auf einer Differenzierung auf Gemeinde-Ebene beruht

Zur Bestimmung gebietsbezogener „großflächig siedlungsbedingt erhöhter Hintergrundgehalte“ wird auf die laufenden Aktivitäten des Umweltbundesamtes und der Bund / Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz verwiesen (siehe u.a. *Prüeß, 2003*).

## 3.2.2 Datenauswertung

### 3.2.2.1 Harmonisierung der Daten

Unter Harmonisierung ist die Schaffung eines einheitlichen Datensatzes zu verstehen, der den Anforderungen der Ableitung von Hintergrundwerten genügt. In der Regel führt eine Harmonisierung von Daten zu einer mehr oder weniger starken Reduktion des Stichprobenumfanges, die jedoch zwingend erforderlich ist, um belastbare Auswertungen zu erzielen. Eine sachgerechte Harmonisierungsstrategie sollte dabei folgende Aspekte beinhalten:

- Überprüfung der Vollständigkeit der Datenfeldinhalte bezogen auf problembezogene Mindestanforderungen
- Vergleichbarkeit unterschiedlicher Probenentnahmestrategien, Bezugsgrößen, Nomenklaturen und Analysenverfahren
- Gewährleistung hinreichender räumlicher Verteilung der Probenentnahmepunkte
- Identifikation und Eliminierung untypisch belasteter Proben (Ausreißer- und Extremwerttests)

Grundlage für die Prüfung auf Vollständigkeit der Datenfeldinhalte ist die Definition von Mindestdatensätzen, die u.a. vom jeweiligen Stoff, dem betrachteten Gebiet und der verfügbaren Flächeninformation sowie dem maßstabsabhängigen Ansatz zur Sicherstellung einer adäquaten Flächenrepräsentanz der Punktdaten abhängen.

Unterschiedliche Probenentnahmestrategien haben erheblichen Einfluss auf die Vergleichbarkeit von Datensätzen. Problematisch sind in diesem Zusammenhang insbesondere der Vergleich von (a) horizont- und tiefenstufenbezogener Probenentnahme, (b) Misch- und Einzelproben sowie die Frage der Repräsentanz der Einzelproben für die untersuchte Fläche. In der Auswertung ist hier sorgsam abzuwägen zwischen der Zusammenführung von Daten aus unterschiedlichen Probenentnahmestrategien zum Zwecke der Erhöhung von Stichprobenumfängen und einer zunehmenden Unschärfe in der Auswertungszielgröße.

Inwiefern unterschiedliche Probenvorbehandlungen und Extraktions- / Analysenverfahren vergleichbar sind, kann nur im Einzelfall bewertet werden. Für die Frage der Vergleichbarkeit von Schwermetallgehalten im HF-Aufschluss (bzw. RFA) und Königswasser extrahierbaren Gehalten liegen auf der Grundlage umfangreicher Untersuchungen Umrechnungsgleichungen vor (siehe Kap. 3.1.3.1).

Insbesondere bei der Auswertung von Datensätzen aus unterschiedlichen Quellen bzw. Untersuchungsprogrammen stellt sich häufiger das Problem der ungleichmäßigen räumlichen Verteilung der Punktinformationen. Im Zuge von Repräsentanzbetrachtungen (siehe Kap. 3.1.1.1) ist ein Mindestmaß an räumlicher Gleichverteilung der Messpunkte sicherzustellen. Bei räumlich sehr ungleichmäßig verteilten Punkten besteht die Gefahr, dass der abzuleitende Hintergrundwert als Zielgröße der Auswertung für eine Legendeneinheit von regionalen Werten dominiert wird. In diesen Fällen empfiehlt sich eine expertengestützte und / oder geostatistisch basierte Ausdünnung des Stichprobenkollektivs (*Utermann et al., 2000*).

Mit Bezug auf die Definition von Hintergrundwerten als typische Gehalte in diffus / ubiquitär belasteten Böden sind untypisch belastete Bodenproben aus der jeweiligen Stichprobe zu eliminieren, da sie erheblichen Einfluss auf die statistischen Kennwerte zur Charakterisierung von Hintergrundwerten haben können. Verfahren

zur Identifizierung und Eliminierung von untypisch belasteten Proben werden im folgenden Kapitel beschrieben.

### **3.2.2.2 Statistische Auswertung**

#### ***Identifizierung und Eliminierung von untypisch belasteten Bodenproben***

Zur Identifizierung und Eliminierung von untypisch belasteten Bodenproben stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Allen Verfahren liegt definitionsgemäß eine Annahme zur Verteilung der Stichprobe zugrunde, da ein Ausreißer sich darüber definiert, dass der Messwert außerhalb der erwarteten Spannweite der Verteilung liegt.

Ein einfaches und robustes Verfahren zur Identifizierung von Ausreißern und Extremwerten wird im Folgenden dargestellt (siehe auch ISO/CD 19258).

**Ausreißer** sind Werte, die das 75. Perzentil bzw. das 25. Perzentil um mehr als das 1,5-fache des Interquartilabstandes (Interquartilabstand = 75. Perzentil-25. Perzentil) über- bzw. unterschreiten.

**Extremwerte** sind Werte, die das 75. Perzentil bzw. das 25. Perzentil um mehr als das 3-fache des Interquartilabstandes über- bzw. unterschreiten.

Insbesondere der Faktor 1,5 zur Abgrenzung von Ausreißern basiert auf der Annahme einer Normalverteilung der zugrunde liegenden Messwerte. Alternativ zur o.g. Methode lassen sich Ausreißer auch direkt durch die Visualisierung im Wahrscheinlichkeitsdichtenetz oder mittels spezifischer statistischer Tests identifizieren. Letztere sind aufwändiger in der Interpretation und an strikte Annahmen als Randbedingung gebunden, deren Nichtzutreffen zu einer fehlerhaften Ausreißeridentifikation führen kann.

Die visuelle und / oder statistische Identifizierung von Ausreißern oder Extremwerten einer Stichprobe sollte nicht automatisch eine Eliminierung dieser Werte aus der Stichprobe nach sich ziehen. Zunächst sollte den Ursachen nachgegangen werden. So sind Stichproben für Spurenstoffgehalte in Böden häufig nicht normal, sondern logarithmisch normal verteilt. Im Wahrscheinlichkeitsdichtenetz für den natürlichen Zahlenraum werden dann Messwerte als Ausreißer identifiziert, die sich im logarithmischen Zahlenraum u. U. als Teil der Gesamtpopulation von Hintergrundwerten in Böden darstellen.

#### ***Berücksichtigung des Messzeitraums der Gehalte organischer Stoffe***

Organische Stoffe unterliegen in Böden Abbau- und Alterungsprozessen. Im Weiteren kommt es zu Konzentrationsänderungen durch Auswaschung, Ausgasung, Ernteverluste etc.. Insbesondere bei jenen organischen Schadstoffen, für die langjährige Anwendungsverbote bestehen, sind sinkende Gesamtgehalte und eine relative Verschiebung zu Gunsten von Abbauprodukten zu beobachten. Werden bei der Ermittlung von Hintergrundwerten Daten verwendet, die älter als ein Jahrzehnt sind, sollte der Erhebungszeitraum angegeben werden. Dies gilt sinngemäß auch für Datenkollektive, in denen sowohl Werte aus älteren als auch aus aktuellen Untersuchungsprogrammen enthalten sind.

## **Berechnung von Hintergrundwerten**

Für die Auswahl der statistischen Methode zur Auswertung von Messdaten ist der Umfang des Datenmaterials (Anzahl =  $n$ ) und das Vorliegen bzw. Nicht-Vorliegen eines normalverteilten Datenmaterials von grundlegender Bedeutung. Da die Hintergrundgehalte i.d.R. nicht normalverteilt sind, sollen grundsätzlich Perzentile errechnet werden.

Die LABO schlägt die Angabe des 50. Perzentilwertes (Median) und des 90. Perzentilwertes vor. Die Angabe von Perzentilen setzt eine Mindestprobenzahl von  $n=20$  voraus.

Der Medianwert besitzt den Vorteil, dass er unempfindlich gegen Ausreißer ist und Werte "kleiner-als-Bestimmungsgrenze" sinnvoll ausgewertet werden können. Schwankungen der Stoffgehalte können durch die Angabe verschiedener Perzentilwerte (z.B. 10., 25., 50., 75., 90. Perzentil) dargestellt werden.

Die aus einer Stichprobe ermittelten Perzentile können erheblich von den "wahren" Perzentilen abweichen. Die Abweichung hängt wesentlich vom Verteilungstyp und vom Stichprobenumfang ab. Daher ist der Stichprobenumfang anzugeben.

Die Berechnung der Perzentile kann auf zwei Arten erfolgen:

- Die Messwerte der Stichproben werden nach der Größe geordnet und der erste Messwert, der größer ist als  $xx\%$  der so geordneten Probenreihe gewählt. Es ist evident, dass der so ermittelte Wert insbesondere bei kleinen Stichprobenumfängen und hohen Prozentzahlen nicht unkritisch von der Stichprobe auf die Gesamtpopulation übertragen werden darf.
- Die Stichprobenwerte werden an eine Verteilung bekannten Typs angepasst und aus Tabellen die gewünschten Perzentile abgelesen. Diese Anpassung, die entweder grafisch im Wahrscheinlichkeitsnetz oder über die Berechnung von Mittelwert und Standardabweichung erfolgt, ist zwar in der Regel besser auf die Gesamtpopulation übertragbar, setzt aber die genaue Kenntnis des Verteilungstyps voraus.

Das  $xx.$  Perzentil kann so interpretiert werden, dass eine beliebige Probe aus der Gesamtpopulation mit einer Wahrscheinlichkeit von  $xx\%$  einen kleineren Wert aufweist. Nimmt man beispielsweise das 90er-Perzentil als Kriterium für die Entscheidung, ob ein Analysenwert als normal oder anomal für die Gesamtpopulation anzusehen ist, dann wird der Fehler, eine normale Probe als anomal anzusehen, kleiner als  $10\%$  sein (Fehler erster Art). Der Fehler, eine anomale Probe fälschlicherweise als normal anzusehen (Fehler zweiter Art) kann dadurch nicht kontrolliert werden.

Anomale Werte im oben beschriebenen Sinne sind daher zwar keine Beweise im strengen Sinn, sie deuten aber in quantifizierbarer Weise auf anthropogene Kontamination sowie unter Umständen auch auf im Untergrund vorhandene natürliche Stoffanreicherungen hin.

### ***Umgang mit Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze***

Die Messgrenze von Hintergrundgehalten wird von der Bestimmungsgrenze und der Nachweisgrenze bestimmt. Die Bestimmungsgrenze ist die Konzentration unterhalb der keine gesicherten Angaben über die Konzentration eines Stoffes gemacht werden können. Die Nachweisgrenze ist die Konzentration unterhalb der keine gesicherten Angaben über das Vorhandensein eines Stoffes getroffen werden können.

Für die Bestimmung von Hintergrundwerten ist es optimal, wenn diese nicht von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze bestimmt werden. In Datenkollektiven mit nur gering variierenden Bestimmungs- oder Nachweisgrenzen kann es in Ausnahmefällen toleriert werden, dass ein Perzentilwert von Werten unterhalb der Bestimmungs- oder Nachweisgrenzen beeinflusst oder bestimmt wird. "Bestimmt" wird der Perzentilwert dann, wenn er einer Messgrenze entspricht. "Beeinflusst" wird er, wenn der Perzentilwert in weniger als einen Quartilabstand von einer Messgrenze entfernt ist.

Enthält ein Datenkollektiv Messreihen mit deutlich variierenden Bestimmungs- oder Nachweisgrenzen, sollten die Messreihen zunächst getrennt geprüft werden. Ist der Median der empfindlichsten Methode kleiner als die Bestimmungs- oder Nachweisgrenze einer unempfindlicheren Methode, sollten die Daten der unempfindlicheren Methode zur Berechnung der Hintergrundwerte nicht herangezogen werden.

Ergibt auch die Messreihe mit der niedrigsten Bestimmungs- oder Nachweisgrenze keine Perzentilwerte oberhalb der Messgrenzen, so können bei ausreichendem Stichprobenumfang die Bestimmungs- oder Nachweisgrenze dieser Messreihe als Hintergrundwerte behelfsweise genutzt werden.

Liegen sowohl Bestimmungs- und Nachweisgrenze vor, ist als Messgrenze die Bestimmungsgrenze vorzuziehen.

## **4 Anwendung von Hintergrundwerten**

### **4.1 Anwendungsbereiche**

Hintergrundwerte können zur Beurteilung eines Stoffgehaltes im Boden bzw. einer Bodenbelastung unter Berücksichtigung der entsprechenden Bezugsgrößen genutzt werden und im Einzelnen u.a. bei folgenden Fragestellungen des Bodenschutzes herangezogen werden.

#### **(1) Beschreibung des stoffbezogenen Bodenzustands**

Anhand von Hintergrundwerten soll möglichst flächendeckend der stoffliche Bodenzustand substrat-, nutzungs- sowie ggf. gebietsbezogen beschrieben werden (Bodenzustandsbeschreibung).

#### **(2) Bewertung von Bodenbelastungen**

Lokale und regionale Hintergrundwerte können bei der ursachenbezogenen Einzelfall-Beurteilung nach § 4 BBodSchV einbezogen werden, d.h. bei der Frage, ob die ermittelte Konzentration der zu beurteilenden Fläche sich aus dem Belastungsniveau ihrer Umgebung hervorhebt und ob die Schadstoffgehalte der zu beurteilenden Fläche Ursache z.B. einer Grundwasser- und Luftbelastung sind. Für Stoffe, für die (noch) keine wirkungsbezogenen Bodenwerte nach BBodSchV vorliegen, können die Hintergrundwerte zur Einstufung einer Bodenbelastung herangezogen werden.

#### **(3) Ableitung von Beurteilungskriterien**

Für bestimmte Fälle können Hintergrundwerte als Orientierung bei der Ableitung von wirkungsbezogenen Beurteilungskriterien dienen, indem sie insbesondere für kanzerogene Stoffe das „allgemein vorhandene, vom Boden ausgehende Risiko“ widerspiegeln.

#### **(4) Boden-Vorsorge**

Hintergrundwerte spielen neben wirkungsbezogenen Maßstäben eine wichtige Rolle bei der fachlichen Ableitung von Vorsorgewerten nach den Maßstäben des Bundes-Bodenschutzgesetzes. Nach *Bachmann, G. et al. (1997)* sollen ökotoxikologische Wirkungsschwellen mit Daten über tatsächlich vorkommende Bodengehalte abgeglichen werden, die in etwa die Schwankungsbreite und Häufigkeitsverteilung der in den Oberböden vorkommenden Schadstoffgehalte widerspiegeln.

Nach § 10 BBodSchV i.V.m. § 9 Abs. 1 Nr. 2 sind Vorkehrungen zur Vorsorge auch bei Schadstoffen zu treffen, für die (noch) keine Vorsorgewerte vorliegen. Zur Beurteilung der Schadstoffgehalte in Böden können die Hintergrundwerte herangezogen werden.

Im Weiteren stellen Hintergrundwerte von Stoffen in Böden eine Grundlage zur Bewertung der voraussichtlichen Umweltauswirkungen eines Vorhabens im Rahmen des vorsorgenden Schutzes des Bodens nach § 12 UVPG dar.

#### **(5) Verlagerung von Bodenmaterialien**

Nach § 12 Abs.10 BBodSchV ist eine Verlagerung von Bodenmaterialien innerhalb eines Gebiets mit erhöhten Schadstoffgehalten zulässig. Lokale oder regionale Hintergrundwerte können zur Abgrenzung eines solchen Gebietes herangezogen werden.

#### **(6) Beurteilung von Bodenbelastungen für den gebietsbezogenen Bodenschutz**

Hintergrundwerte können zur Abgrenzung von Gebieten im Sinne § 21 BBodSchG dienen, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind.

In Bauleitplänen sind Flächen zu kennzeichnen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind (BauGB § 5 Abs. 3 und § 9 Abs. 5). Im Rahmen der Kennzeichnungspflicht eignen sich lokale oder regionale Hintergrundwerte zur Beurteilung, ob die ermittelten Schadstoffgehalte der untersuchten Fläche die Gehalte der insoweit unbeeinflussten Umgebungssituation signifikant überschreiten.

#### **(7) Ableitung maximaler Immissionswerte (Maximale Immissionskonzentration, -dosis, -rate)**

Als Qualitätsziel für die Luftreinhaltung werden maximale Immissionswerte bzw. -raten auf der Grundlage von Bodenvorsorgewerten abgeleitet, um eine Minimierung weiterer Einträge in die Böden anzustreben. Als Bezugsgrößen werden dabei Angaben über das vorliegende Inventar von Schadstoffen in Böden benötigt.

#### **(8) Statistische Zwecke**

Im Rahmen des Umweltmonitorings, der Boden-Dauerbeobachtung sowie der umweltstatistischen Berichterstattung sind Aussagen über die Bodenqualität erforderlich. Hintergrundwerte können hier einen Beitrag liefern.



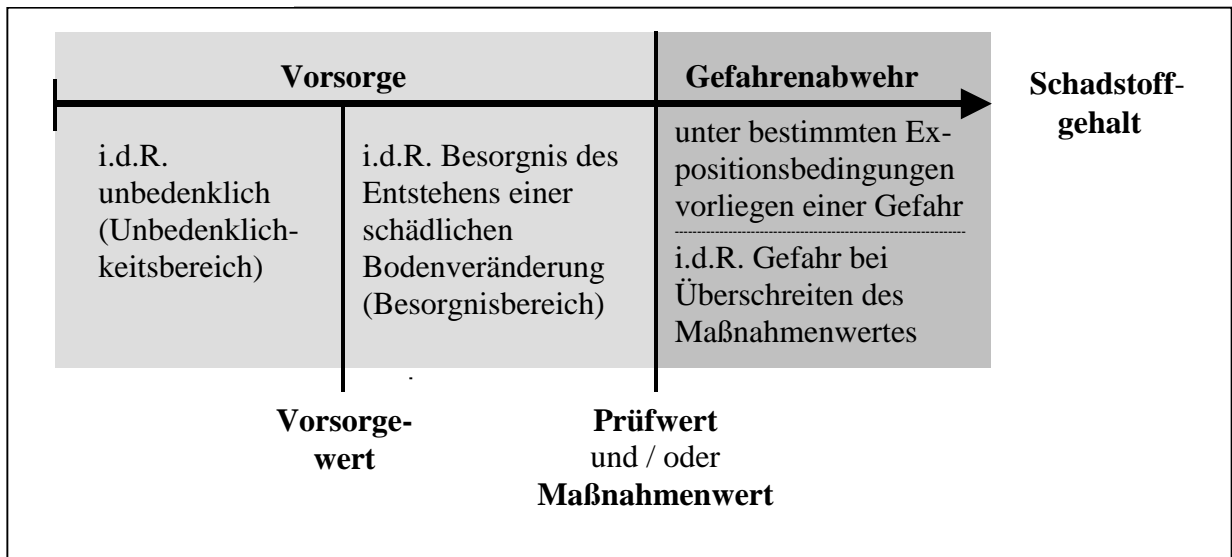
## 4.2 Natur- oder siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundwerte

**Hintergrundwerte** sind repräsentative Werte für allgemein verbreitete Hintergrundgehalte eines Stoffes oder einer Stoffgruppe in Böden. Erhöhte Hintergrundwerte für anorganische Stoffe sind im ländlichen Raum überwiegend naturbedingt. Sie können insbesondere in Böden aus erzführenden Gesteinen, basischen / ultrabasischen Magmatiten und Metamorphiten sowie ihren Verwitterungsbildungen hervorgerufen werden.

Siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte können durch eine zusätzliche Anreicherung von Schadstoffen aus "einer Vielzahl menschlicher Tätigkeiten über lange Zeiträume" (wie verkehrsbedingte Einträge; Einträge durch Schlacken und Siedlungsabfälle sowie durch gebietsbezogene Immissionen) bedingt sein. Auch Sedimente des Gezeitenbereichs und Auensedimente können siedlungsbedingt erhöhte Gehalte aufweisen.

Die **Vorsorgewerte** der BBodSchV sind unter Berücksichtigung ökotoxikologischer Aspekte abgeleitet und grenzen den für alle Wirkungspfade und Bodenverhältnisse geltenden Bereich unbedenklicher Schadstoffkonzentrationen in Böden (Unbedenklichkeitsbereich) vom Bereich der Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung (Besorgnisbereich) ab. Eine Überschreitung der Vorsorgewerte bei Böden mit naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten ist nach BBodSchV insoweit unbedenklich, als eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 BBodSchV keine nachteiligen Auswirkungen auf den Boden erwarten lassen.

Die schutzgutbezogen toxikologisch abgeleiteten **Prüf- und / oder Maßnahmenwerte** kennzeichnen die Abgrenzung des Bereichs der Vorsorge zum Bereich des Verdachts bzw. festgestellter schädlicher Bodenveränderungen. § 4 Abs. 8 BBodSchV regelt, dass eine schädliche Bodenveränderung bei Böden mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten nur dann besteht, wenn diese Stoffe in erheblichem Umfang freigesetzt wurden oder werden. Bei Böden mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten kann ein Vergleich dieser Gehalte mit den im Einzelfall ermittelten Schadstoffgehalten in die Gefahrenbeurteilung einbezogen werden, in jedem Falle ist eine wirkungspfadbezogene Einzelfallbeurteilung vorzunehmen.



Die Ableitung natur- oder großflächig siedlungsbedingt erhöhter Hintergrundwerte auf der Basis von Königswasser extrahierbaren Gehalten und die Ausweisung betroffener Gebieten reicht allein noch nicht aus, um Böden als unbelastet oder ihre Stoffgehalte als unbedenklich einzustufen. Es ist zusätzlich festzustellen, dass durch Freisetzung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erfolgt. Zwar können insb. naturbedingt erhöhte Schadstoffgehalte in einer Bindungsform vorliegen, die keine nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt erwarten lassen, jedoch kann es zu einer erheblichen Freisetzung durch Mobilisierungsprozessen (u.a. durch Absenkung des pH-Wertes) kommen.

Hinsichtlich der Sonderregelung für siedlungsbedingt erhöhte Gehalte sind die Merkmale „großflächig“ und „siedlungsbedingt“ durch den Vollzug auszulegen. Eine methodische Vorgehensweise ist in der „Anleitung zur Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten“ (Prüß, 2003) beschrieben.

### 4.3 Flächenhafte Darstellung von Hintergrundwerten

Die meisten publizierten Karten zu Hintergrundwerten stellen Übersichtskarten dar und geben Gebiete an, in denen Böden vorkommen, bei denen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit mit den angegebenen Hintergrundwerte gerechnet werden kann. Aber nicht alle Böden, Flächen oder Parzellen in diesen Gebieten werden die ausgewiesenen Hintergrundwerte aufweisen, da stets Bodenformen-Nutzungskombinationen auftreten können, deren Hintergrundwerte die auskartierten Werte über- oder unterschreiten. Für behördliche Anordnungen im Vollzug werden solche Karten als Datengrundlage allein noch nicht ausreichen.

Die Darstellung von Gebieten, in denen naturbedingt oder großflächig siedlungsbedingt erhöhte Stoffgehalte zu erwarten sind, erfolgt meist auf der Grundlage von geologischen oder bodenkundlichen Karten, da das Ausgangsgestein das wichtigste Differenzierungskriterium für natürliche Stoffgehalte in Böden ist. Karten der Hintergrundwerte, die auf diesem Wege erstellt werden, weisen somit im günstigsten Fall die Genauigkeit der zugrunde liegenden Karten auf.

Da die Vorsorgewerte nach der Bodenart und dem pH-Wert unterschieden werden, können Überschreitungen durch die Hintergrundwerte allerdings nur für die in der jeweiligen Bodenform oder Substrateinheit vorherrschenden Bodenart und pH-Wertstufe ausgewiesen werden. Kleinräumige Abweichungen von Bodeneigenschaften können dabei oft nicht berücksichtigt werden.

Karten, die Gebiete mit erhöhten Hintergrundwerten ausweisen und zugleich Grundlage für behördliches Handeln im Vollzug sind, müssen daher eine weit stärkere Detaillierung aufweisen. Erste Hinweise auf eine erforderliche Datendichte zur Ausweisung solcher Gebiete können *Prüeß (2003)* entnommen werden.

## 5 Bundesweite und länderspezifische Hintergrundwerte

Nach Erscheinen des LABO-Berichts (1998) sind in den Ländern und beim Bund erhebliche Anstrengung zur Verbesserung der Flächenrepräsentanz der Hintergrundwerte unternommen wurden. Somit war weitestgehend eine Fortschreibung der Hintergrundwerte für Oberböden möglich (Tabellen siehe Anhang). Darüber hinaus werden mit diesem Bericht vom Bund und einigen Ländern erstmals Hintergrundwerte für Unterböden vorgelegt. Eine stoffbezogene Übersicht vorliegender Hintergrundwerte für Ober- und Unterböden enthält der Anhang des Berichts.

### 5.1 Bundesweite Hintergrundwerte

Mit diesem Bericht werden bundesweite Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Böden vorgelegt. Auf der Grundlage eines gegenüber der ersten und zweiten Auflage dieses Berichtes deutlich erweiterten Datenbestandes werden neben aktualisierten Werten für Oberböden dabei erstmals auch Werte für die Tiefenbereiche Unterboden und Untergrund angegeben.

Die Werte basieren auf

- A) einem länderübergreifenden Datensatz des Niedersächsischen Landesamtes für Bodenforschung - Geowissenschaftliche Gemeinschaftsaufgaben, auf dessen Grundlage ebenfalls die Arbeiten von *Hindel et al. (1998)* beruhen sowie Daten einer Begleitstudie zur Bodenzustandserhebung im Wald (*Bachmann, S. et al., 1994*) und
- B) Daten der Geologischen Landesämter und / oder Landesumweltämter in Baden-Württemberg, Bayern, Brandenburg, Hessen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen.

Ziel der Aktualisierung der Hintergrundwerte für Oberböden bzw. Aufnahme von Werten für Unterböden / Untergrund war es, nur Werte anzugeben, die die in Kap. 3.2.1.1 dieses Berichtes beschriebenen Gruppen der Bodenausgangsgesteine (BAG) hinreichend flächenhaft repräsentieren. Zu diesem Zweck wurden die BAG einerseits hinsichtlich ihrer räumlichen Verbreitung und andererseits hinsichtlich ihrer Inhalte bezüglich Bodenarten (für Oberböden) bzw. Bodentypen (für Unterböden/-grund) bewertet. An eine hinreichende Repräsentanz wird die Forderung gestellt, dass die Informationen der Profildaten in der Summe inhaltlich mit den BAG übereinstimmen, denen sie aufgrund ihres Lagebezuges zugeordnet werden.

Zur Schaffung eines Datensatzes mit entsprechenden Punkt- (Profil-)informationen wurden die unterschiedlichen Datenbestände aus den o. g. Ländern und vom Bund nach inhaltlicher Harmonisierung zusammengeführt. In analytischer Hinsicht erfolgte eine Datenharmonisierung durch die Umrechnung von Totalgehalten in Königswasser extrahierbare Elementgehalte mittels substratübergreifender Regressionsfunktionen (*Utermann et al., 2000*).

Mit Bezug auf die in der BBodSchV geregelten Vorsorgewerte wurden flächenrepräsentative Hintergrundwerte für Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink abgeleitet. Hinweise zu Gehalten weiterer Stoffe finden sich bei *Hindel et al. (1998)*.

## Bundesweite Hintergrundwerte anorganischer Stoffe für Oberböden

Insgesamt standen bundesweit Informationen zu ca. 7200 Bodenprofilen zur Verfügung, die den Mindestanforderungen hinsichtlich geographischer Lagebeschreibung (Koordinaten), pedologischer und lithologischer Kennzeichnung sowie Nutzungsangaben (vgl. Kap. 3.1.1.2) genügten. Die Profildaten wurden mit der bei *Utermann et al. (1999)* beschriebenen Repräsentanzanalyse geprüft.

Als Flächeninformation für die Ableitung von bundesweiten, flächenhaft repräsentativen und nach Nutzung differenzierten Hintergrundwerten für Oberböden diente neben einer Karte der BAG im Maßstab 1:1.000.000 (BAGK 1000) eine Karte der Hauptlandnutzung (1:1.000.000) basierend auf den Kategorien der CORINE Landcover.

Als Ergebnis bleibt festzuhalten, dass sich mit den derzeit länderübergreifend verfügbaren Datensätzen unter Berücksichtigung der pedoregionalen Repräsentanz und der Nutzung für ca. 90 % der bundesweit zu belegenden Fläche Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Oberböden ausweisen lassen (siehe Tabelle 5).

**Tabelle 5:** Anteile der Nutzungsarten in den regionalisierten Legendeneinheiten der BAGK 1000 (*derzeit mit Hintergrundwerten belegte Einheiten sind fett, nicht Länder übergreifend zu belegende Einheiten kursiv gedruckt*)

Bezeichnung der LE	Fläche in km <sup>2</sup>	Nutzung (Angabe in % Fläche der LE)			
		Acker	Grünland	Forst	sonstige
<i>Sedimente im Gezeitenbereich</i>	5.746	34	57	1	9
<i>Auensedimente</i>	23.001	61	14	12	13
Terrassen- und Flussablagerungen	9.953	<b>47</b>	10	<b>26</b>	16
Sande; Klimaregion NW	40.739	<b>58</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	6
Sande; Klimaregion NO	22.772	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>49</b>	6
Sande; Klimaregion S	1.263	36	8	42	13
Geschiebelehm/-mergel mit sandiger Deckschicht	8.107	<b>63</b>	4	<b>28</b>	6
Geschiebelehm und -mergel; Klimaregion NW	6.283	82	6	6	5
Geschiebelehm und -mergel; Klimaregion NO	15.768	<b>74</b>	<b>4</b>	19	3
Geschiebelehm und -mergel; Klimaregion S	9.573	30	37	<b>28</b>	4
Lösse	56.422	<b>72</b>	<b>5</b>	<b>16</b>	7
Sandlössse	4.717	<b>80</b>	2	<b>12</b>	6
Karbonatgesteine	28.039	<b>46</b>	<b>6</b>	<b>43</b>	5
Tongesteine	42.358	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>45</b>	5
Sandsteine	31.811	<b>38</b>	<b>7</b>	<b>51</b>	4
Basische Magmatite /Metamorphite	4.177	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>44</b>	2
Bimstuff	288	66	1	20	14
Saure Magmatite / Metamorphite	19.309	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>54</b>	3
Moore; Klimaregion NW	9.565	40	52	7	2
Moore; Klimaregion NO	5.898	44	<b>35</b>	16	5
Moore; Klimaregion S	484	41	17	36	7
Moore; Klimaregion Alpen	1.781	39	45	12	4
<i>sonstige anthropogen/technogen geprägte Flächen</i>	5.580	15	2	11	72

Datengrundlage: CORINE (Landnutzungserhebung; Landsat TM); Zuordnung zur BAGK 1000: BGR, Außenstelle Berlin / Klimaregionen entsprechend *Utermann et al. (1999)*

### **Bundesweite Hintergrundwerte für Unterböden und Untergrund**

Für die Auswertungen standen bundesweit Daten zu ca. 4900 Bodenprofilen zur Verfügung, die neben den o. g. Mindestanforderungen auch Stoffgehalte für hinreichend erfasste Tiefenbereiche enthielten. Zahlreiche dieser Daten umfassten allerdings nur Stoffgehalte für einzelne Elemente, so dass sich für die einzelnen Elemente unterschiedliche Stichprobenumfänge ergeben.

Da insbesondere bei Unterböden die Stoffgehalte durch die Zusammensetzung der Ausgangsgesteine bestimmt werden, wurde bei den Böden aus Festgesteinen eine Tiefendifferenzierung in Klassen unterschiedlichen Lössgehaltes vorgenommen (siehe Kap. 3.2.1.1). Anhand eines entwickelten Zuweisungsschlüssels konnte diese i. d. R. nicht vorliegende Information aus pedologischen Informationen abgeleitet werden. Aufgrund der Unterschiede der Stoffgehalte war eine Differenzierung in zwei Klassen (lössarm  $\leq 25\%$  Anteil, lössreich  $> 25\%$  Anteil) ausreichend. Bei Lockergesteinen wurden die auf pedogenetischen Transformationsprozessen in Unterböden basierenden Unterschiede zwischen Zonen der Stoffverarmung und Stoffanreicherung zusätzlich als maximale Spannen der Perzentile der Stoffgehalte ermittelt (siehe Kap. 3.2.1.1). Dieses Vorgehen wurde für Pb nicht durchgeführt, da dessen geogene Komponente durch anthropoge Beeinflussung bei Lockergesteinen meist deutlich überlagert wird. Dies führt im Bereich des Unterbodens i. d. R. zur Abnahme der Pb-Gehalte mit zunehmender Tiefe.

Mit diesen Arbeiten wurden erstmalig bundesweite Hintergrundwerte für Unterböden/ Untergrund nach Kriterien der Flächenrepräsentanz dargestellt. Eine inhaltliche Bewertung der Daten erfolgte auf Basis des Bodentypenmusters eines BAG als Repräsentanzmaß für die Übereinstimmung von Profil- und Flächeninformationen. Zusätzlich zur Erfassung der Heterogenität der Flächen schließt dieser Prüfschritt auch die Konzepte der Tiefendifferenzierung mit ein, da sowohl Unterschiede des Lössanteils als auch der Stoffverlagerung in Böden eng mit den Bodentypen verbunden sind.

Eine räumliche Differenzierung innerhalb der einzelnen Legendeneinheiten erfolgte durch die Erfassung regionaler Unterschiede der Stoffgehalte auf bundesweitem Maßstab. Relevante Unterschiede der Stoffgehalte ließen sich mit dem vorliegenden Datenbestand nur für die BAG „Geschiebelehm/-mergel“ nachweisen, deren Hintergrundwerte regionalisiert für Nord- und Süddeutschland abgeleitet wurden.

Die ausgewiesenen Einheiten der Bodenausgangsgesteine konnten alle für den jeweiligen Stichprobenumfang mit einer hinreichenden Repräsentanz belegt werden. Allerdings ist die Datendichte mit 0,5 bis 3,5 Profilen  $\cdot 100 \text{ km}^{-2}$  für die entsprechenden BAG als vergleichsweise gering zu bewerten. Für einzelne Auswertegruppen einiger BAG's sowie für die Einheiten Intermediäre Magmatite und Metamorphite sowie Bimstufe wurde der erforderliche Stichprobenumfang von  $n \geq 20$  nicht erreicht.

## **Bundesweite Hintergrundwerte organischer Stoffe für Böden**

Hintergrundwerte organischer Stoffe in Böden liegen bundesweit derzeit nicht vor.

Eine bundesweite Zustandsbeschreibung für Dioxine in Oberböden und dem Auflagehorizont von Waldböden hat die *Bund-Länder-Arbeitsgruppe Dioxine (2002)* anhand zahlreicher Länderuntersuchungen vorgenommen. Diese Auswertung hatte zum Ziel, eine Zustandsdarstellung der Dioxingehalte in Böden vorzunehmen – ausgerichtet an den Bezugsgrößen zur Ableitung von Hintergrundwerten für Böden. Hintergrundwerte selbst wurden nicht abgeleitet, da dies (a) nicht Ziel- und Aufgabenstellung des Dioxin-Referenzmessprogramms ist und (b) die Datengrundlage nicht den Anforderungen (Probenumfang und Qualitätskriterien) an die Ableitung von Hintergrundwerten entspricht.

### **5.2 Länderspezifische Hintergrundwerte**

Die von den Ländern abgeleiteten **Hintergrundwerte für Oberböden und (z.T) für Wald-Auflagehorizonte** basieren auf landesspezifischen Untersuchungen und ermöglichen eine bessere Berücksichtigung der regionalen Variabilität von Hintergrundgehalten. Größtenteils kennzeichnen die Hintergrundwerte allgemein verbreitete Hintergrundgehalte ländlicher Räume.

Durch die von einigen Ländern vorgenommene räumliche Differenzierung – u. a. in ländlicher Raum und Verdichtungsraum – können Räume mit regionalspezifischen Immissionsverhältnissen (unterschiedliche Industriegeschichte, Ausmaß der früheren und aktuellen Immissionen) unterschieden werden.

Länderspezifische Hintergrundwerte für Oberböden können aufgrund ihres regionalen Bezugs nur innerhalb des jeweiligen Landes angewendet werden. Unter Berücksichtigung der Erhebungsmethodik und naturräumlicher Gegebenheiten lassen sich Hintergrundwerte für Räume ohne immissionsspezifische Besonderheiten ggf. länderübergreifend miteinander vergleichen. Für großmaßstäbliche Auswertungen ist die Repräsentativität der jeweiligen Hintergrundwerte in Bezug auf Bodenausgangsgesteine, Nutzungen und räumlicher Zuordnung im Einzelfall zu prüfen.

**Hintergrundwerte für Unterböden** (anorganische Stoffe) wurden von Baden-Württemberg, Bremen, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz und Sachsen, **Hintergrundwerte für Untergrundhorizonte** von Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen und Rheinland-Pfalz abgeleitet. Da diese Hintergrundgehalte wesentlich durch geogene und oder pedogen bedingte Stoffgehalte geprägt werden, ist eine Übertragbarkeit auf andere Regionen unter Berücksichtigung der Bodenausgangsgesteine und vergleichbarer naturräumlicher Gegebenheiten möglich.

Mit Bezug zu den Bodenwerten der BBodSchV (Vorsorgewerte, Prüfwerte Pfad Boden-Mensch) werden die Hintergrundwerte anorganischer Stoffe in Ober- und Unterböden als Königswasser extrahierbare Gehalte angegeben. Im Falle, dass die Ermittlung der Hintergrundgehalte durch die Anwendung des Totalaufschlusses erfolgte, wurden diese Gehalte – soweit möglich – mittels speziell für die Ableitung von Hintergrundwerten entwickelten Regressionsfunktionen in Königswasser extrahierbare Gehalte umgerechnet.

## 6 Ausblick

Zur Aktualisierung und Ergänzung des Kenntnisstandes zu Hintergrundwerten und damit zur inhaltlichen Konkretisierung der Aussagen ist eine Fortschreibung des vorliegenden Berichtes „Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden“ erforderlich. Die Fortschreibung sollte sowohl inhaltliche Aspekte als auch eine quantitative Ergänzung der aufgestellten Werte einbeziehen. Im Hinblick auf die Vergleichbarkeit von Hintergrundwerten sollten zukünftige Erhebungen von Hintergrundgehalten und die Ableitung von Hintergrundwerten auf Grundlage der in diesem Bericht beschriebenen Anforderungen erfolgen.

Neben den im folgenden Kapitel enthaltenen allgemeinen Empfehlungen zur Fortschreibung der Hintergrundwerte enthalten die Kap. 6.2 und 6.3 Empfehlungen zur Ableitung von Hintergrundwerten für weitere (nicht in Kap. 3.1.1.1 genannte) Stoffe und zu einer Gebietsdifferenzierung auf Gemeinde-Ebene.

### 6.1 Fortschreibungsbedarf

Es werden weitere Erhebungen als erforderlich angesehen, um insbesondere sicherzustellen, dass

- teilweise immer noch vorhandene räumliche Ungleichgewichte (Daten-Dichte) der Erhebungen von Hintergrundgehalten anorganischer Stoffe ausgeräumt werden,
- dem Defizit an Daten über Hintergrundgehalte organischer Stoffe in Oberböden und anorganischer Stoffe in Unterböden entgegengewirkt wird,
- ggf. notwendige weitere Differenzierung der Bezugsgrößen (z.B. Ausgangsgestein, Korngröße, Gebietsdifferenzierungen, Überschwemmungsflächen) vorgenommen werden können.

Dem Defizit bundesweiter Hintergrundwerte für organische Stoffe in Oberböden sollte durch eine zusammenfassende Auswertung länderspezifischer Hintergrundgehalten entgegengewirkt werden.

In Hinblick auf Wirkungspfad bezogene Fragestellungen (Boden-Nutzpflanze; Boden-Grundwasser resp. Bodensickerwasser) und Bezug auf die BBodSchV wird die Erhebung von Hintergrundgehalten und eine Ableitung von Hintergrundwerten für die mobile bzw. mobilisierbare Fraktion mittels Ammoniumnitrat-Extraktion (DIN 19730) empfohlen. Hierzu sind die Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten und die Ableitung von Hintergrundwerten zu modifizieren.

In die Fortschreibung der Hintergrundwerte sollten auch Daten aus anderen Untersuchungsprogrammen (z.B. Daten aus Untersuchungen nach AbfKlärV, Bodendaten der Umweltprobenbank, der Bodendauerbeobachtung und der Bodenzustandserhebung im Wald), die den qualitativen Anforderungen an die Ableitung von Hintergrundwerten entsprechen, einbezogen werden. Mit dem Ziel einer harmonisierten Vorgehensweise bei der Erfassung von Stoffgehalten in Böden wird empfohlen, bei den Untersuchungen im Rahmen der Boden-Dauerbeobachtung und der Bodenzustandserhebung im Wald, die im vorliegenden Bericht enthaltenen Anforderungen an die Erhebung von Hintergrundgehalten und die genannten prioritären Stoffe zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollten bei der Fortschreibung



der bundesweiten Bodenzustandserhebung Wald zukünftig auch die Stoffgehalte der Ober- und Unterböden erfasst werden.

Für den anwendungsorientierten und qualitätsgerechten Zugriff auf die Datenbestände des Bundes und der Ländern wird es als erforderlich angesehen, dass Datenbestände zu Hintergrundgehalten und -werten aufgebaut bzw. weiterentwickelt werden.

## 6.2 Empfehlung zur Ableitung von Hintergrundwerten für weitere Stoffe

Bei der Auswahl von Stoffen, für die Hintergrundwerte für Böden abgeleitet werden sollen, sind folgende stoffbezogene Kriterien maßgebend (vgl. Kap. 3.1.2):

- ubiquitäre Verbreitung in Böden und
- wirkungspfadbezogene Relevanz (Boden-Mensch, Boden-Grundwasser, Boden-Pflanze) und
- analytisch-chemisch und mit allgemein eingeführten Verfahren eindeutig und hinreichend präzise erfassbar.

Es wird empfohlen, neben den in Kap. 3.1.2 genannten prioritären Stoffe, Hintergrundwerten für weitere Stoffe mit ubiquitärer Verbreitung in Böden abzuleiten, für die Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerte nach BBodSchV, Anhang 2 vorliegen. Derzeit sind dies **Kobalt, Molybdän, Zinn, DDT** sowie **Aldrin / Dieldrin**. Ergänzend wird die Ableitung von Hintergrundwerten für diejenigen Stoffe mit ubiquitärer Verbreitung empfohlen, für die o.g. Bodenwerte entwickelt werden. In der Diskussion befinden sich **Barium, Beryllium, Vanadium, Platin und Lindan (γ-HCH)**.

Im Weiteren wird empfohlen, Hintergrundwerte für Stoffe mit ubiquitärer Verbreitung in Böden abzuleiten, für die bodenrelevante Werte im Rahmen anderer Regelwerke und Rechtsverordnungen entwickelt worden sind bzw. künftig entwickelt werden (z. B. Abfallverwertung, Lebensmittelüberwachung, Luftreinhaltung, etc.). In Frage kommen insbesondere:

- Stoffe, die in landwirtschaftlich genutzte Böden eingebracht werden / wurden
- ubiquitäre Luft-Schadstoffe
- Stoffe mit regionaler / lokaler Relevanz (z.B. Uran).

Hauptsächlich bei den organischen Stoffe ist zu prüfen, ob sie überregionale Relevanz aufweisen oder vorzugsweise regionale / lokale Hintergrundwerte für ausgewählte Nutzungsarten abzuleiten sind.

Die analytische Bestimmung von Hintergrundgehalten soll analog der in Kap. 3.1.3 formulierten Anforderungen erfolgen, soweit mittels der genannten Verfahren die o.g. Stoffe eindeutig und hinreichend präzise erfassbar sind. Als Referenzverfahren für die Ermittlung der mobilen bzw. mobilisierbaren Gehalte wird die Ammoniumnitrat-Extraktion (DIN 19730, vgl. Kap. 6.1) empfohlen.

### 6.3 Empfehlung zur Gebietsdifferenzierung auf Gemeinde-Ebene

Die Gebietsdifferenzierung zur Berechnung von Hintergrundwerten, die nach der bisherigen Empfehlung anhand der siedlungsstrukturellen Gebietstypisierung der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (*BfLR*, 1992; jetzt Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung BBR) auf Kreisebene erfolgen sollte, bildet aus heutiger Sicht die zu erwartenden Belastungsmuster nicht hinreichend ab. Vorgeschlagen wird daher, diese Differenzierung auf Gemeindeebene durchzuführen. Als Gebietstypen sind dabei vorwiegend ländlich geprägte Räume (Typ A) und Verdichtungsräume (Typ B) entsprechend Tabelle 6 zu unterscheiden. Wenn die landesweite Datenlage eine Differenzierung als nicht sinnvoll ausweist, kann hierauf verzichtet werden (Typ 0).

**Tabelle 6:** Gebietstypen zur Hintergrundwerteberechnung

Typ	Bezeichnung	Hintergrundwerte-Berechnung	Flächenzuweisung
A	vorwiegend ländlich geprägte Räume	bundesweit/ landesweit	Gemeinden, die nicht in der Liste der Verdichtungsraumkarte der BBR 1998 aufgeführt sind.
B	Verdichtungsräume	je Verdichtungsraum (Werte-Ermittlung durch die Länder)	Gemeinden entsprechend der Liste zur Verdichtungsraumkarte BBR 1998 (siehe Tabelle 8)
0	keine Differenzierung	landesweit möglich	keine

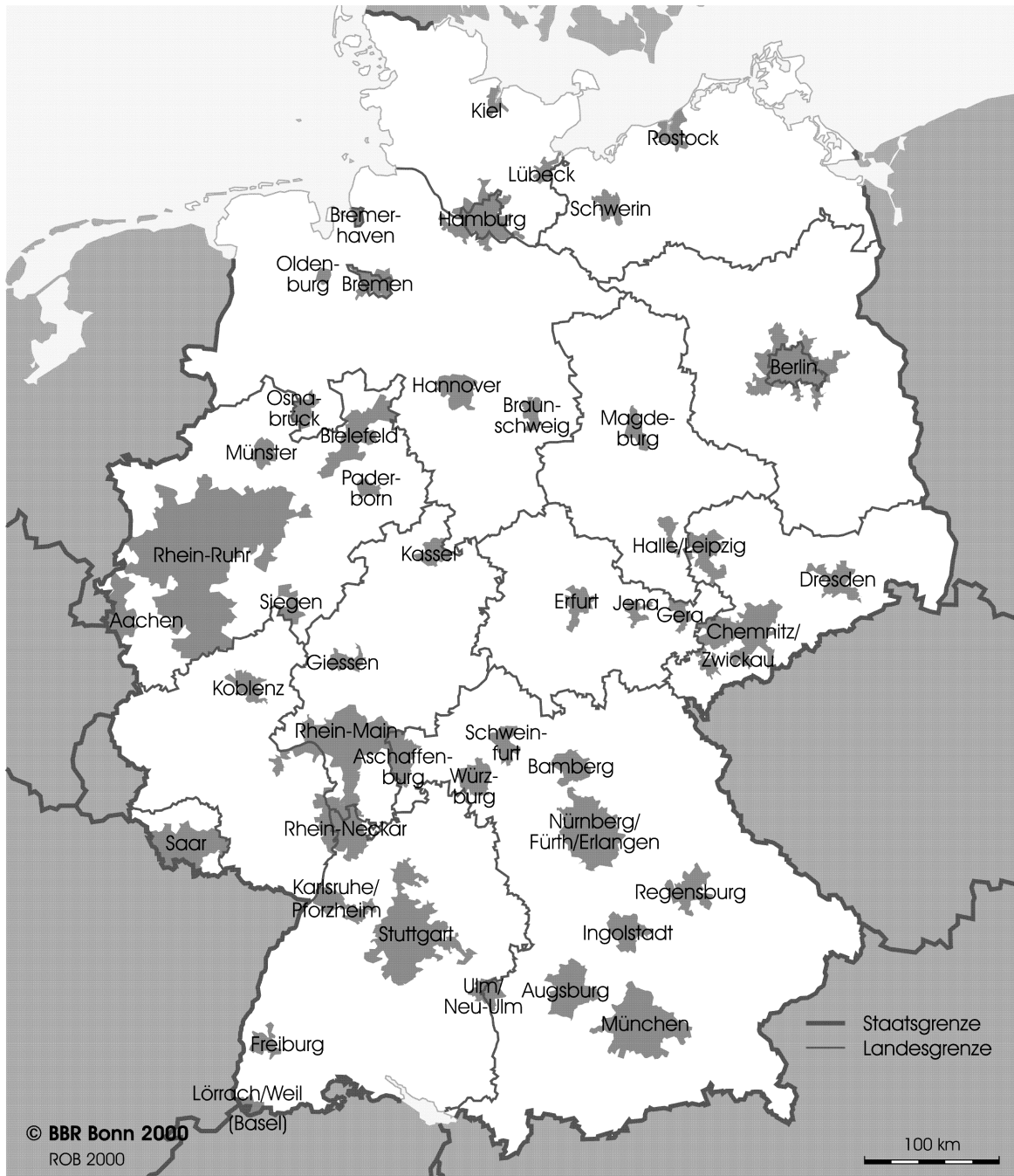
Die Gemeinden werden entsprechend der bundesweiten Flächenzuweisung der BBR zu den siedlungsstrukturellen Gebietstypen zugeordnet (siehe Tabellen 7 und 8). Diese auf der Basis von Siedlungsstrukturkriterien definierte Gebietskategorie der *Verdichtungsräume* wurde bereits 1968 von der Ministerkonferenz für Raumordnung (MKRO) eingeführt und dann auch in das Raumordnungsgesetz aufgenommen. Die letzte Abgrenzung wurde 1993 verabschiedet und 1998 an den Stand der aktuellen Verwaltungsgrenzen angeglichen.

Zu den Verdichtungsräumen gehören Gemeinden, deren Fläche im Vergleich zum Bundeswert überdurchschnittlich als Siedlungs- und Verkehrsfläche genutzt wird und die gleichzeitig eine über dem Bundeswert liegende Siedlungsdichte aufweisen (siehe Abbildung 2).

Die Abgrenzung dieser Verdichtungsräume basiert auf den Merkmalen

- Siedlungsdichte der Gemeinde (Einw. je km<sup>2</sup> Siedlungsfläche)
- Anteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche der Gemeinde
- Mindestgesamtzahl der Einwohner, im Verdichtungsraum = 150.000.

**Abb. 2: Verdichtungsräume**



 Verdichtungsraum

Anmerkung: Verdichtungsräume in gemeindegrenzarfreier Abgrenzung gemäß Beschluß des Hauptausschusses der Ministerkonferenz für Raumordnung vom 7.9.1993, angeglichen an den Stand der Verwaltungsgrenzen vom 31.12.1998.

Datenbasis: Laufende Raumbewertung  
des BBR, Angaben der Länder  
im Internet unter [www.bund.bbr.de](http://www.bund.bbr.de): Link Raumkategorien / Link Verdichtungsräume

Gemeinden,  
Stand 31.12.1998

**Tabelle 7: Verdichtungsräume** auf Basis der Verdichtungsraumkarte  
 Bundesanstalt für Bau und Raumordnung (BBR), Stand 1999

<b>Nr.</b>	<b>Name</b>	<b>Bundesland</b>
1	Rhein-Ruhr	Nordrhein-Westfalen
2	Berlin	Berlin, Brandenburg
3	Rhein-Main	Hessen, Rheinland-Pfalz
4	Stuttgart	Baden-Württemberg
5	Hamburg	Hamburg, Niedersachsen, Schleswig-Holstein
6	München	Bayern
7	Rhein-Neckar	Baden-Württemberg, Hessen, Rheinland-Pfalz
8	Nürnberg / Fürth / Erlangen	Bayern
9	Chemnitz / Zwickau	Sachsen
10	Halle / Leipzig	Sachsen, Sachsen-Anhalt
11	Bielefeld	Nordrhein-Westfalen
12	Saar	Saarland
13	Hannover	Niedersachsen
14	Dresden	Sachsen
15	Bremen	Bremen
16	Aachen	Nordrhein-Westfalen
17	Karlsruhe / Pforzheim	Baden-Württemberg
18	Augsburg	Bayern
19	Magdeburg	Sachsen-Anhalt
20	Kassel	Hessen
21	Braunschweig	Niedersachsen
22	Kiel	Schleswig-Holstein
23	Koblenz	Rheinland-Pfalz
24	Freiburg	Baden-Württemberg
25	Münster	Nordrhein-Westfalen
26	Rostock	Mecklenburg-Vorpommern
27	Aschaffenburg	Bayern
28	Erfurt	Thüringen
29	Osnabrück	Niedersachsen
30	Lübeck	Schleswig-Holstein
31	Ulm / Neu-Ulm	Baden-Württemberg, Bayern
32	Regensburg	Bayern
33	Würzburg	Bayern
34	Gießen	Hessen
35	Siegen	Nordrhein-Westfalen
36	Ingolstadt	Bayern
37	Gera	Thüringen
38	Bamberg	Bayern
39	Oldenburg	Niedersachsen
40	Schwerin	Mecklenburg-Vorpommern
41	Bremerhaven	Bremen
42	Paderborn	Nordrhein-Westfalen
43	Jena	Thüringen
44	Lörrach / Weil	Baden-Württemberg
45	Schweinfurt	Bayern

**Tabelle 8: Liste der Gemeinden in Verdichtungsräumen** auf Basis der Verdichtungsraumkarte Bundesanstalt für Bau und Raumordnung (BBR), Stand 1999

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd.raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd.raum
<b>Baden-Württemberg</b>					
Affalterbach	8118001	4	Hemmingen	8118027	4
Aichtal, Stadt	8116081	4	Herrenberg, Stadt	8115021	4
Aichwald	8116076	4	Hessigheim	8118028	4
Albershausen	8117003	4	Hochdorf	8116027	4
Allmersbach im Tal	8119003	4	Holzgerlingen, Stadt	8115024	4
Altbach	8116004	4	Ingersheim	8118077	4
Altdorf	8116005	4	Kernen im Remstal	8119093	4
Altenriet	8116006	4	Kirchentellinsfurt	8416022	4
Asperg, Stadt	8118003	4	Kirchheim am Neckar	8118040	4
Backnang, Stadt	8119008	4	Kirchheim unter Teck, Stadt	8116033	4
Bad Friedrichshall, Stadt	8125005	4	Köngen	8116035	4
Bad Wimpfen, Stadt	8125007	4	Korb	8119041	4
Baltmannsweiler	8116007	4	Kornal-Münchingen, Stadt	8118080	4
Bempflingen	8116008	4	Kornwestheim, Stadt	8118046	4
Benningen am Neckar	8118006	4	Kuchen	8117033	4
Besigheim, Stadt	8118007	4	Kusterdingen	8416023	4
Bietigheim-Bissingen, Stadt	8118079	4	Lauffen am Neckar, Stadt	8125056	4
Birenbach	8117009	4	Leinfelden-Echterdingen, Stadt	8116078	4
Böblingen, Stadt	8115003	4	Leingarten	8125058	4
Burgstetten	8119018	4	Leonberg, Stadt	8115028	4
Deizisau	8116014	4	Leutenbach	8119042	4
Denkendorf	8116015	4	Lichtenwald	8116037	4
Dettenhausen	8416009	4	Löchgau	8118047	4
Dettingen an der Erms	8415014	4	Ludwigsburg, Stadt	8118048	4
Dettingen unter Teck	8116016	4	Magstadt	8115029	4
Ditzingen, Stadt	8118011	4	Marbach am Neckar, Stadt	8118049	4
Ebersbach an der Fils, Stadt	8117018	4	Markgröningen, Stadt	8118050	4
Ehningen	8115013	4	Metzingen, Stadt	8415050	4
Eislingen/ Fils, Stadt	8117019	4	Möglingen	8118051	4
Ellhofen	8125024	4	Mundelsheim	8118053	4
Eningen unter Achalm	8415019	4	Murr	8118054	4
Erdmannhausen	8118014	4	Neckarsulm, Stadt	8125065	4
Erlenbach	8125027	4	Neckartaiflingen	8116041	4
Esslingen am Neckar, Stadt	8116019	4	Neckartenzlingen	8116042	4
Fellbach, Stadt	8119020	4	Neuhausen auf den Fildern	8116047	4
Filderstadt, Stadt	8116077	4	Nordheim	8125074	4
Flein	8125030	4	Notzingen	8116048	4
Freiberg am Neckar, Stadt	8118078	4	Nufringen	8115037	4
Frickenhäuser	8116020	4	Nürtingen, Stadt	8116049	4
Gärtringen	8115015	4	Oberboihingen	8116050	4
Geislingen an der Steige, Stadt	8117024	4	Obersulm	8125110	4
Gemrigheim	8118018	4	Ostfildern, Stadt	8116080	4
Gerlingen, Stadt	8118019	4	Pfullingen, Stadt	8415059	4
Gingen an der Fils	8117025	4	Pleidelsheim	8118063	4
Gomaringen	8416015	4	Pliezhausen	8415060	4
Göppingen, Stadt	8117026	4	Plochingen, Stadt	8116056	4
Grafenau	8115054	4	Plüderhausen	8119055	4
Grafenberg	8415029	4	Rechberghausen	8117038	4
Großbettlingen	8116022	4	Reichenbach an der Fils	8116058	4
Heilbronn, Stadt	8121000	4	Remseck am Neckar	8118081	4
Heiningen	8117030	4	Remshalden	8119090	4

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Baden-Württemberg (Fortsetzung)</b>					
Renningen, Stadt	8115041	4	Laudenbach	8226040	7
Reutlingen, Stadt	8415061	4	Leimen, Stadt	8226041	7
Riederich	8415062	4	Mannheim, Universitätsstadt	8222000	7
Rutesheim	8115042	4	Mauer	8226048	7
Salach	8117042	4	Neckargemünd, Stadt	8226056	7
Schlaitdorf	8116063	4	Nußloch	8226060	7
Schönaich	8115044	4	Oftersheim	8226062	7
Schorndorf, Stadt	8119067	4	Plankstadt	8226063	7
Schwaikheim	8119068	4	Rauenberg, Stadt	8226065	7
Schwieberdingen	8118067	4	Sandhausen	8226076	7
Sindelfingen, Stadt	8115045	4	Sankt Leon-Rot	8226103	7
Steinenbronn	8115046	4	Schriesheim, Stadt	8226082	7
Steinheim an der Murr, Stadt	8118070	4	Schwetzingen, Stadt	8226084	7
Stuttgart, Landeshauptstadt	8111000	4	Walldorf, Stadt	8226095	7
Süßen, Stadt	8117049	4	Weinheim, Stadt	8226096	7
Tamm	8118071	4	Wiesloch, Stadt	8226098	7
Tübingen, Universitätsstadt	8416041	4	Wilhelmsfeld	8226099	7
Uhingen, Stadt	8117051	4	Birkenfeld	8236004	17
Untereisesheim	8125096	4	Eisingen	8236011	17
Unterensingen	8116068	4	Ettlingen, Stadt	8215017	17
Untergruppenbach	8125098	4	Ispringen	8236030	17
Urbach	8119076	4	Kämpfelbach	8236074	17
Waiblingen, Stadt	8119079	4	Karlsruhe, Stadt	8212000	17
Walddorfhäslach	8415087	4	Mühlacker, Stadt	8236040	17
Waldenbuch, Stadt	8115048	4	Niefern-Öschelbronn	8236046	17
Walheim	8118074	4	Ötisheim	8236050	17
Wannweil	8415080	4	Pfintzal	8215101	17
Weil im Schönbuch	8115051	4	Pforzheim, Stadt	8231000	17
Weilheim an der Teck, Stadt	8116070	4	Remchingen	8236071	17
Weinsberg, Stadt	8125102	4	Rheinstetten, Stadt	8215108	17
Weinstadt, Stadt	8119091	4	Waldbronn	8215110	17
Weissach im Tal	8119083	4	Bötzingen	8315013	24
Wendlingen am Neckar, Stadt	8116071	4	Denzlingen	8316009	24
			Ebringen	8315028	24
Wernau (Neckar), Stadt	8116072	4	Emmendingen, Stadt	8316011	24
Winnenden, Stadt	8119085	4	Freiburg im Breisgau, Stadt	8311000	24
Winterbach	8119086	4	Gottenheim	8315043	24
Wolfschlugen	8116073	4	Gundelfingen	8315047	24
Bammental	8226006	7	Kirchzarten	8315064	24
Brühl	8226009	7	March	8315132	24
Dossenheim	8226012	7	Merzhausen	8315073	24
Edingen-Neckarhausen	8226105	7	Schallstadt	8315098	24
Eppelheim, Stadt	8226018	7	Umkirch	8315115	24
Gaiberg	8226022	7	Illerkirchberg	8425137	31
Heddesheim	8226028	7	Ulm, Universitätsstadt	8421000	31
Heidelberg, Stadt	8221000	7	Binzen	8336008	44
Hemsbach, Stadt	8226031	7	Eimeldingen	8336019	44
Hirschberg an der Bergstraße	8226107	7	Grenzach-Wyhlen	8336105	44
			Inzlingen	8336043	44
Hockenheim, Stadt	8226032	7	Lörrach, Stadt	8336050	44
Ilvesheim	8226036	7	Rheinfeld (Baden), Stadt	8336069	44
Ketsch	8226037	7	Weil am Rhein, Stadt	8336091	44
Ladenburg, Stadt	8226038	7			

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Bayern</b>					
Alling	9179113	6	Pliening	9175133	6
Anzing	9175111	6	Pöcking	9188137	6
Aschheim	9184112	6	Poing	9175135	6
Aying	9184137	6	Puchheim	9179145	6
Baierbrunn	9184113	6	Pullach i. Isartal	9184139	6
Berg	9188113	6	Putzbrunn	9184140	6
Bergkirchen	9174113	6	Röhrmoos	9174141	6
Brunnthal	9184114	6	Sauerlach	9184141	6
Dachau, Stadt	9174115	6	Schäftlarn	9184142	6
Ebersberg, 3 gemfr. Gebiete	9175444	6	Schöngeising	9179147	6
Ebersberg, Stadt	9175115	6	Starnberg, Stadt	9188139	6
Eching	9178120	6	Steinhöring	9175137	6
Eichenau	9179118	6	Straßlach-Dingharting	9184144	6
Emmering	9179119	6	Taufkirchen	9184145	6
Fahrenzhausen	9178123	6	Türkenfeld	9179149	6
Feldkirchen	9184118	6	Unterföhring	9184147	6
Finsing	9177118	6	Unterhaching	9184148	6
Forstinning	9175118	6	Unterschleißheim, Stadt	9184149	6
Fürstenfeldbruck, Stadt	9179121	6	Vaterstetten	9175132	6
Garching b. München, Stadt	9184119	6	Vierkirchen	9174150	6
Gauting	9188120	6	Zorneding	9175139	6
Germering, Stadt	9179123	6	Adelsdorf	9572111	8
Gilching	9188121	6	Allersberg, Markt	9576113	8
Gräfelfing	9184120	6	Altdorf b. Nürnberg, Stadt	9574112	8
Grafring b. München, Stadt	9175122	6	Ammerndorf, Markt	9573111	8
Grafrath	9179125	6	Aurachtal	9572114	8
Grasbrunn	9184121	6	Baiersdorf, Stadt	9572115	8
Gröbenzell	9179126	6	Bubenreuth	9572119	8
Grünwald	9184122	6	Büchenbach	9576117	8
Haar	9184123	6	Buckenhof	9572120	8
Haimhausen	9174121	6	Burgthann	9574117	8
Hebertshausen	9174122	6	Cadolzburg, Markt	9573114	8
Hohenbrunn	9184129	6	Dormitz	9474119	8
Höhenkirchen-Siegertsbrunn	9184127	6	Eckental, Markt	9572121	8
Hohenlinden	9175123	6	Effeltrich	9474122	8
Ismaning	9184130	6	Erlangen, Stadt	9562000	8
Karlsfeld	9174126	6	Erlangen-Höchstadt, 10 gemfr.	9572444	8
Kirchheim b. München	9184131	6			
Kirchseeon, Markt	9175124	6	Feucht, Markt	9574123	8
Kottgeisering	9179131	6	Fürth, Stadt	9563000	8
Krailling	9188127	6	Hemhofen	9572130	8
Markt Schwaben, Markt	9175127	6	Heroldsberg, Markt	9572131	8
München, 7 gemfr. Gebiete	9184444	6	Herzogenaurach, Stadt	9572132	8
München, Landeshauptstadt	9162000	6	Hetzles	9474137	8
Neubiberg	9184146	6	Kalchreuth	9572137	8
Neufahrn b. Freising	9178145	6	Kammerstein	9576128	8
Neuried	9184132	6	Kleinsendelbach	9474144	8
Oberhaching	9184134	6	Langensendelbach	9474146	8
Oberschleißheim	9184135	6	Lauf a.d. Pegnitz, Stadt	9574138	8
Olching	9179142	6	Leinburg	9574139	8
Ottenhofen	9177134	6	Marloffstein	9572141	8
Ottobrunn	9184136	6	Möhrendorf	9572142	8
Petershausen	9174136	6	Neunkirchen a. Brand, Markt	9474154	8
Planegg	9184138	6	Neunkirchen a. Sand	9574141	8

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Bayern (Fortsetzung)</b>					
Nürnberg, Stadt	9564000	8	Kutzenhausen	9772167	18
Nürnberger Land, 15 gemfr. Geb	9574444	8	Langweid a. Lech	9772171	18
			Meitingen, Markt	9772177	18
Oberasbach, Stadt	9573122	8	Neusäß, Stadt	9772184	18
Obermichelbach	9573123	8	Oberrotmarshausen	9772186	18
Oberreichenbach	9572147	8	Petersdorf	9771155	18
Ottensoos	9574146	8	Rehling	9771158	18
Postbauer-Heng	9373155	8	Stadtbergen, Markt	9772202	18
Poxdorf	9474160	8	Thierhaupten, Markt	9772207	18
Puschendorf	9573124	8	Todtenweis	9771169	18
Pyrbaum, Markt	9373156	8	Wehringen	9772215	18
Rednitzhembach	9576137	8	Welden, Markt	9772216	18
Rohr	9576142	8	Alzenau i. UFr., Stadt	9671111	27
Roßtal, Markt	9573125	8	Aschaffenburg, Stadt	9661000	27
Roth, 5 gemfr. Gebiete	9576444	8	Bessenbach	9671112	27
Roth, Stadt	9576143	8	Elsenfeld, Markt	9676121	27
Röthenbach a.d. Pegnitz, Stadt	9574152	8	Erlenbach a. Main, Stadt	9676122	27
			Glattbach	9671120	27
Röttenbach	9572149	8	Goldbach, Markt	9671121	27
Rückersdorf	9574154	8	Großostheim, Markt	9671122	27
Schwabach, Stadt	9565000	8	Großwallstadt	9676126	27
Schwaig b. Nürnberg	9574156	8	Haibach	9671124	27
Schwanstetten, Markt	9576132	8	Hausen	9676128	27
Schwarzenbruck	9574157	8	Hösbach, Markt	9671130	27
Seukendorf	9573126	8	Johannesberg	9671133	27
Spardorf	9572154	8	Kahl a. Main	9671134	27
Tuchenbach	9573129	8	Karlstein a. Main	9671114	27
Uttenreuth	9572158	8	Kleinostheim	9671136	27
Veitsbronn	9573130	8	Kleinwallstadt, Markt	9676133	27
Wendelstein, Markt	9576151	8	Klingenberg a. Main, Stadt	9676134	27
Winkelhaid	9574164	8	Laufach	9671139	27
Zirndorf, Stadt	9573134	8	Leidersbach	9676136	27
Adelsried	9772111	18	Mainaschaff	9671140	27
Adelzhausen	9771111	18	Mömbris, Markt	9671143	27
Affing	9771112	18	Mömlingen	9676140	27
Aindling, Markt	9771114	18	Niedernberg	9676144	27
Augsburg, Stadt	9761000	18	Obernburg a. Main, Stadt	9676145	27
Aystetten	9772117	18	Sailauf	9671150	27
Biberbach, Markt	9772121	18	Stockstadt a. Main	9671155	27
Bobingen, Stadt	9772125	18	Sulzbach a. Main, Markt	9676160	27
Bonstetten	9772126	18	Wörth a. Main, Stadt	9676169	27
Dasing	9771122	18	Bellenberg	9775115	31
Diedorf Markt	9772130	18	Elchingen	9775139	31
Emersacker	9772137	18	Holzheim	9775126	31
Eurasburg	9771129	18	Nersingen	9775134	31
Friedberg, Stadt	9771130	18	Neu-Ulm, Stadt	9775135	31
Gablingen	9772145	18	Pfaffenhofen a.d. Roth, Markt	9775143	31
Gersthofen, Stadt	9772147	18			
Gessertshausen	9772148	18	Senden, Stadt	9775152	31
Großaitingen	9772151	18	Vöhringen, Stadt	9775162	31
Heretsried	9772156	18	Bad Abbach, Markt	9273116	32
Kissing	9771142	18	Barbing	9375117	32
Kleinaitingen	9772160	18	Bernhardswald	9375119	32
Königsbrunn, Stadt	9772163	18	Brunn	9375122	32



**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Bayern (Fortsetzung)</b>					
Deuerling	9375127	32	Hepberg	9176131	36
Laaber, Markt	9375162	32	Hitzhofen	9176132	36
Lappersdorf, Markt	9375165	32	Ingolstadt, Stadt	9161000	36
Mintraching	9375170	32	Karlskron	9185140	36
Neutraubling, Stadt	9375174	32	Kösching, Markt	9176139	36
Nittendorf	9375175	32	Lenting	9176143	36
Pentling	9375180	32	Manching, Markt	9186137	36
Pettendorf	9375181	32	Münchsmünster	9186139	36
Pielenhofen	9375184	32	Reichertshofen, Markt	9186147	36
Regensburg, Stadt	9362000	32	Stammham	9176161	36
Regenstauf, Markt	9375190	32	Vohburg a.d. Donau, Stadt	9186158	36
Sinzing	9375199	32	Wettstetten	9176167	36
Tegernheim	9375204	32	Altendorf	9471111	38
Wenzenbach	9375208	32	Bamberg, 12 gemfr. Gebiete	9471444	38
Zeitlarn	9375213	32	Bamberg, Stadt	9461000	38
Eibelstadt, Stadt	9679124	33	Bischberg	9471117	38
Eisingen	9679126	33	Breitengüßbach	9471119	38
Erlabrunn	9679128	33	Buttenheim, Markt	9471123	38
Estenfeld	9679130	33	Frensdorf	9471131	38
Gerbrunn	9679136	33	Gundelsheim	9471137	38
Greußenheim	9679141	33	Hallstadt, Stadt	9471140	38
Güntersleben	9679142	33	Hirschaid, Markt	9471145	38
Hettstadt	9679146	33	Kemmern	9471150	38
Höchberg, Markt	9679147	33	Lisberg	9471154	38
Kist	9679154	33	Litzendorf	9471155	38
Kürnach	9679156	33	Memmelsdorf	9471159	38
Leinach	9679200	33	Oberhaid	9471165	38
Margetshöchheim	9679161	33	Pettstadt	9471169	38
Randersacker, Markt	9679175	33	Pommersfelden	9471172	38
Reichenberg, Markt	9679176	33	Priesendorf	9471173	38
Rimpar, Markt	9679180	33	Stegaurach	9471191	38
Rottendorf	9679185	33	Strullendorf	9471195	38
Sommerhausen, Markt	9679187	33	Viereth-Trunstadt	9471207	38
Theilheim	9679193	33	Walsdorf	9471208	38
Thüngersheim	9679194	33	Bergrheinfeld	9678115	45
Unterpleichfeld	9679201	33	Dittelbrunn	9678123	45
Veitshöchheim	9679202	33	Euerbach	9678128	45
Waldbrunn	9679204	33	Geldersheim	9678132	45
Waldbüttelbrunn	9679205	33	Gochsheim	9678135	45
Winterhausen, Markt	9679206	33	Grafenrheinfeld	9678136	45
Würzburg, 3 gemfr. Gebiete	9679444	33	Grettstadt	9678138	45
Würzburg, Stadt	9663000	33	Kolitzheim	9678150	45
Zell a. Main, Markt	9679209	33	Niederwerrn	9678160	45
Baar-Ebenhausen	9186113	36	Poppenhausen	9678168	45
Böhmfeld	9176116	36	Röthlein	9678170	45
Buxheim	9176118	36	Schwebheim	9678176	45
Eitensheim	9176124	36	Schweinfurt, Stadt	9662000	45
Gaimersheim, Markt	9176126	36	Sennfeld	9678178	45
Großmehring	9176129	36	Üchtelhausen	9678186	45
<b>Berlin</b>					
Berlin, Stadt	11000000	2			
<b>Brandenburg</b>					
Ahrensfelde	12060004	2	Bernau bei 2, Stadt	12060020	2
Bergholz-Rehbrücke	12069036	2	Bestensee	12061020	2

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Brandenburg (Fortsetzung)</b>					
Birkenwerder	12065036	2	Mahlow	12072244	2
Blankenfelde	12072016	2	Marquardt	12069376	2
Brieselang	12063036	2	Münchehofe	12064320	2
Bruchmühle	12064072	2	Neuenhagen bei 2	12064336	2
Caputh	12069108	2	Niederlehme	12061360	2
Dahlewitz	12072048	2	Oranienburg, Stadt	12065256	2
Dahlwitz-Hoppegarten	12064096	2	Petershagen/Eggersdorf	12064380	2
Dallgow-Döberitz	12063056	2	Potsdam, Stadt	12054000	2
Eiche	12060056	2	Rangsdorf	12072340	2
Eichwalde	12061112	2	Rüdersdorf b. Bln.	12064428	2
Erkner, Stadt	12067124	2	Schildow	12065268	2
Falkensee, Stadt	12063080	2	Schönefeld	12061432	2
Fredersdorf-Vogelsdorf	12064136	2	Schöneiche b. 2	12067440	2
Friedrichsthal	12065080	2	Schönow	12060212	2
Geltow	12069192	2	Schönwalde	12063272	2
Germendorf	12065088	2	Schulzendorf	12061444	2
Glienicke/Nordbahn	12065096	2	Schwanebeck	12060220	2
Glindow	12069200	2	Seeburg	12069592	2
Gosen	12067172	2	Stahnsdorf	12069604	2
Groß Glienicke	12069244	2	Stolpe	12065312	2
Hennickendorf	12064208	2	Strausberg, Stadt	12064472	2
Hennigsdorf, Stadt	12065136	2	Teltow, Stadt	12069616	2
Herzfelde	12064216	2	Velten, Stadt	12065332	2
Hohen Neuendorf, Stadt	12065144	2	Werder (Havel), Stadt	12069656	2
Hönow	12064224	2	Wildau	12061540	2
Kemnitz	12069292	2	Wilhelmshorst	12069672	2
Kleinmachnow	12069304	2	Woltersdorf	12067544	2
Königs Wusterhausen, Stadt	12061260	2	Zeesen	12061564	2
Leegebruch	12065180	2	Zepernick	12060288	2
Lehnitz	12065184	2	Zernsdorf	12061568	2
Lindenberg	12060132	2	Zeuthen	12061572	2
<b>Bremen</b>					
Bremen, Stadt	4011000	15	Bremerhaven, Stadt	4012000	41
<b>Hamburg</b>					
Hamburg, Freie und Hansestadt	2000000	5			
<b>Hessen</b>					
Alsbach-Hähnlein	6432001	3	Erzhausen	6432006	3
Bad Homburg v.d. Höhe, Stadt	6434001	3	Eschborn, Stadt	6436003	3
			Flörsheim am Main, Stadt	6436004	3
Bad Soden am Taunus, Stadt	6436001	3	Frankfurt am Main, Stadt	6412000	3
			Friedrichsdorf, Stadt	6434002	3
Bad Vilbel, Stadt	6440003	3	Ginsheim-Gustavsburg	6433005	3
Bensheim, Stadt	6431002	3	Griesheim, Stadt	6432008	3
Bickenbach	6432003	3	Groß-Gerau, Stadt	6433006	3
Bischofsheim	6433002	3	Großkrotzenburg	6435011	3
Bruchköbel, Stadt	6435006	3	Hainburg	6438004	3
Büttelborn	6433003	3	Hanau, Stadt	6435014	3
Darmstadt, Stadt	6411000	3	Hattersheim am Main, Stadt	6436005	3
Dietzenbach, Stadt	6438001	3	Heppenheim (Bergstraße), Kreis	6431011	3
Dreieich, Stadt	6438002	3			
Egelsbach	6438003	3	Heusenstamm, Stadt	6438005	3
Eppstein, Stadt	6436002	3	Hochheim am Main, Stadt	6436006	3
Erlensee	6435007	3			

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Hessen (Fortsetzung)</b>					
Hofheim am Taunus, Kreisstadt	6436007	3	Sulzbach (Taunus)	6436012	3
			Taunusstein, Stadt	6439015	3
Kelkheim (Taunus), Stadt	6436008	3	Walluf	6439017	3
Kelsterbach, Stadt	6433007	3	Weiterstadt, Stadt	6432023	3
Königstein im Taunus, Stadt	6434005	3	Wiesbaden,	6414000	3
Kriftel	6436009	3	Landeshauptstadt		
Kronberg im Taunus, Stadt	6434006	3	Zwingenberg, Stadt	6431022	3
Langen (Hessen), Stadt	6438006	3	Birkenau	6431004	7
Liederbach am Taunus	6436010	3	Bürstadt, Stadt	6431005	7
Lorsch, Stadt	6431016	3	Lampertheim, Stadt	6431013	7
Mainhausen	6438007	3	Viernheim, Stadt	6431020	7
Maintal, Stadt	6435019	3	Ahnatal	6633001	20
Mörfelden-Walldorf, Stadt	6433008	3	Baunatal, Stadt	6633003	20
Mühlheim am Main, Stadt	6438008	3	Espenau	6633007	20
Mühltal	6432014	3	Fuldabrück	6633008	20
Nauheim	6433009	3	Fuldatal	6633009	20
Neu-Isenburg, Stadt	6438009	3	Kassel, Stadt	6611000	20
Obertshausen, Stadt	6438010	3	Kaufungen	6633015	20
Oberursel (Taunus), Stadt	6434008	3	Lohfelden	6633017	20
Offenbach am Main, Stadt	6413000	3	Niestetal	6633020	20
Pfungstadt, Stadt	6432018	3	Schauenburg	6633023	20
Raunheim, Stadt	6433010	3	Vellmar, Stadt	6633026	20
Rodenbach	6435023	3	Aßlar, Stadt	6532001	34
Rödermark, Stadt	6438012	3	Gießen, Universitätsstadt	6531005	34
Rodgau, Stadt	6438011	3	Heuchelheim	6531007	34
Rüsselsheim, Stadt	6433012	3	Lahnau	6532015	34
Schwalbach am Taunus, Stadt	6436011	3	Linden, Stadt	6531012	34
			Lollar, Stadt	6531013	34
Seeheim-Jugenheim	6432022	3	Solms, Stadt	6532021	34
Seligenstadt, Stadt	6438013	3	Wetzlar, Stadt	6532023	34
Steinbach (Taunus), Stadt	6434010	3			
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>					
Bartenshagen-Parkentin	13051006	26	Stäbelow	13051073	26
Bentwisch	13051009	26	Banzkow	13060001	40
Broderstorf	13051015	26	Brüsewitz	13058016	40
Dummerstorf	13051018	26	Holthusen	13054045	40
Elmenhorst/Lichtenhagen	13051019	26	Klein Rogahn	13054054	40
Kavelstorf	13051034	26	Klein Trebbow	13058053	40
Kessin	13051035	26	Leezen	13060048	40
Kritzow	13051040	26	Pampow	13054084	40
Lambrechtshagen	13051043	26	Pingelshagen	13058080	40
Mönchhagen	13051046	26	Plate	13060060	40
Papendorf	13051051	26	Raben Steinfeld	13060063	40
Roggentin	13051064	26	Schwerin, Landeshauptstadt	13004000	40
Rostock, Hansestadt	13003000	26	Seehof	13058095	40
Rövershagen	13051066	26	Wittenförden	13054118	40
<b>Niedersachsen</b>					
Agathenburg	3359001	5	Seevetal	3353031	5
Bliedersdorf	3359007	5	Garbsen, Stadt	3253004	13
Buxtehude, Stadt	3359010	5	Hannover, Landeshauptstadt	3201000	13
Dollern	3359012	5	Hemmingen, Stadt	3253006	13
Horneburg, Flecken	3359027	5	Isernhagen	3253007	13
Neu Wulmstorf	3353026	5	Laatzen, Stadt	3253008	13
Nottensdorf	3359034	5	Langenhagen, Stadt	3253009	13

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Niedersachsen (Fortsetzung)</b>					
Ronnenberg, Stadt	3253013	13	Belm	3459008	29
Seelze, Stadt	3253014	13	Georgsmarienhütte, Stadt	3459019	29
Delmenhorst, Stadt	3401000	15	Hagen am Teutoburger Wald	3459020	29
Lilienthal	3356005	15	Hasbergen	3459021	29
Braunschweig, Stadt	3101000	21	Osnabrück, Stadt	3404000	29
Wolfenbüttel, Stadt	3158037	21	Oldenburg (Oldenburg), Stadt	3403000	39
Bad Iburg, Stadt	3459004	29			
<b>Nordrhein-Westfalen</b>					
Alfter	5382004	1	Iserlohn, Stadt	5962024	1
Altena, Stadt	5962004	1	Jüchen	5162012	1
Bad Honnef, Stadt	5382008	1	Kaarst, Stadt	5162016	1
Bergheim, Stadt	5362008	1	Kamen, Stadt	5978020	1
Bergisch Gladbach, Stadt	5378004	1	Kamp-Lintfort, Stadt	5170020	1
Bergkamen, Stadt	5978004	1	Kempen, Stadt	5166012	1
Bochum, Stadt	5911000	1	Kerpen, Stadt	5362032	1
Bönen	5978008	1	Köln, Stadt	5315000	1
Bonn, Stadt	5314000	1	Königswinter, Stadt	5382024	1
Bornheim, Stadt	5382012	1	Korschenbroich, Stadt	5162020	1
Bottrop, Stadt	5512000	1	Krefeld, Stadt	5114000	1
Brühl, Stadt	5362012	1	Langenfeld (Rheinland), Stadt	5158020	1
Burscheid, Stadt	5378008	1			
Castrop-Rauxel, Stadt	5562004	1	Leichlingen (Rheinland), Stadt	5378016	1
Datteln, Stadt	5562008	1			
Dinslaken, Stadt	5170008	1	Leverkusen, Stadt	5316000	1
Dormagen, Stadt	5162004	1	Lohmar, Stadt	5382028	1
Dorsten, Stadt	5562012	1	Lüdenscheid, Stadt	5962032	1
Dortmund, Stadt	5913000	1	Lünen, Stadt	5978024	1
Duisburg, Stadt	5112000	1	Marl, Stadt	5562024	1
Düsseldorf, Stadt	5111000	1	Meckenheim, Stadt	5382032	1
Elsdorf	5362016	1	Meerbusch, Stadt	5162022	1
Ennepetal, Stadt	5954008	1	Menden (Sauerland), Stadt	5962040	1
Erfstadt, Stadt	5362020	1	Mettmann, Stadt	5158024	1
Erkrath, Stadt	5158004	1	Moers, Stadt	5170024	1
Essen, Stadt	5113000	1	Mönchengladbach, Stadt	5116000	1
Euskirchen, Stadt	5366016	1	Monheim am Rhein, Stadt	5158026	1
Frechen, Stadt	5362024	1	Mülheim an der Ruhr, Stadt	5117000	1
Fröndenberg, Stadt	5978012	1	Nettetal, Stadt	5166016	1
Gelsenkirchen, Stadt	5513000	1	Neukirchen-Vluyn, Stadt	5170028	1
Gevelsberg, Stadt	5954012	1	Neunkirchen-Seelscheid	5382040	1
Gladbeck, Stadt	5562014	1	Neuss, Stadt	5162024	1
Grefrath	5166008	1	Niederkassel, Stadt	5382044	1
Grevenbroich, Stadt	5162008	1	Oberhausen, Stadt	5119000	1
Haan, Stadt	5158008	1	Oer-Erkenschwick, Stadt	5562028	1
Hagen, Stadt	5914000	1	Overath, Stadt	5378024	1
Hamm, Stadt	5915000	1	Pulheim, Stadt	5362036	1
Hattingen, Stadt	5954016	1	Ratingen, Stadt	5158028	1
Heiligenhaus, Stadt	5158012	1	Recklinghausen, Stadt	5562032	1
Hemer, Stadt	5962016	1	Remscheid, Stadt	5120000	1
Herdecke, Stadt	5954020	1	Rheinbach, Stadt	5382048	1
Herne, Stadt	5916000	1	Rheinberg, Stadt	5170032	1
Herten, Stadt	5562020	1	Rösrath	5378028	1
Hilden, Stadt	5158016	1	Sankt Augustin, Stadt	5382056	1
Holzwickede	5978016	1	Schwelm, Stadt	5954024	1
Hürth, Stadt	5362028	1	Schwerte, Stadt	5978028	1

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Nordrhein-Westfalen (Fortsetzung)</b>					
Selm, Stadt	5978032	1	Bielefeld Stadt	5711000	11
Siegburg, Stadt	5382060	1	Bünde, Stadt	5758004	11
Soest, Stadt	5974040	1	Enger, Stadt	5758008	11
Solingen, Stadt	5122000	1	Gütersloh, Stadt	5754008	11
Sprockhövel, Stadt	5954028	1	Herford, Stadt	5758012	11
Swisttal	5382064	1	Hiddenhausen	5758016	11
Tönisvorst, Stadt	5166028	1	Kirchlengern	5758020	11
Troisdorf, Stadt	5382068	1	Löhne, Stadt	5758024	11
Unna, Stadt	5978036	1	Minden, Stadt	5770024	11
Velbert, Stadt	5158032	1	Oerlinghausen, Stadt	5766056	11
Viersen, Stadt	5166032	1	Porta Westfalica, Stadt	5770032	11
Voerde (Niederrhein), Stadt	5170044	1	Rheda-Wiedenbrück, Stadt	5754028	11
Wachtberg	5382072	1	Aachen, Stadt	5313000	16
Waltrop, Stadt	5562036	1	Alsdorf, Stadt	5354004	16
Wegberg, Stadt	5370040	1	Baesweiler, Stadt	5354008	16
Werdohl, Stadt	5962060	1	Eschweiler, Stadt	5354012	16
Werl, Stadt	5974052	1	Geilenkirchen, Stadt	5370012	16
Wermelskirchen, Stadt	5378032	1	Heinsberg, Stadt	5370016	16
Werne, Stadt	5978040	1	Herzogenrath, Stadt	5354016	16
Wesel, Stadt	5170048	1	Hückelhoven, Stadt	5370020	16
Wesseling, Stadt	5362040	1	Stolberg (Rhld.), Stadt	5354032	16
Wetter (Ruhr), Stadt	5954032	1	Übach-Palenberg, Stadt	5370028	16
Wickede (Ruhr)	5974056	1	Würselen, Stadt	5354036	16
Willich, Stadt	5166036	1	Münster, Stadt	5515000	25
Witten, Stadt	5954036	1	Freudenberg, Stadt	5970016	35
Wülfrath, Stadt	5158036	1	Kreuztal, Stadt	5970024	35
Wuppertal, Stadt	5124000	1	Olpe, Stadt	5966024	35
Bad Oeynhausen, Stadt	5770004	11	Siegen, Stadt	5970040	35
Bad Salzuflen, Stadt	5766008	11	Paderborn, Stadt	5774032	42
<b>Rheinland-Pfalz</b>					
Bad Kreuznach, Stadt	7133006	3	Otterstadt	7338021	7
Bingen am Rhein, Stadt	7339005	3	Schifferstadt, Stadt	7338025	7
Bretzenheim	7133018	3	Speyer, Stadt	7318000	7
Budenheim	7339009	3	Waldsee	7338026	7
Dorsheim	7133026	3	Worms, Stadt	7319000	7
Guldental	7133035	3	Andernach, Stadt	7137003	23
Heidesheim am Rhein	7339027	3	Bassenheim	7137202	23
Ingelheim am Rhein, Stadt	7339030	3	Bendorf, Stadt	7137203	23
Langenlonsheim	7133054	3	Höhr-Grenzhausen, Stadt	7143032	23
Laubenheim	7133056	3	Kaltenengers	7137209	23
Mainz, Stadt	7315000	3	Kettig	7137211	23
Rümmelsheim	7133087	3	Koblenz, Stadt	7111000	23
Wackernheim	7339061	3	Lahnstein, Stadt	7141075	23
Windesheim	7133114	3	Mülheim-Kärlich, Stadt	7137216	23
Altrip	7338001	7	Neuwied, Stadt	7138045	23
Bobenheim-Roxheim	7338004	7	Niederwerth	7137218	23
Frankenthal (Pfalz), Stadt	7311000	7	Sankt Sebastian	7137222	23
Lambsheim	7338016	7	Urbar	7137224	23
Limburgerhof	7338017	7	Urmitz	7137225	23
Ludwigshafen am Rhein, Stadt	7314000	7	Vallendar, Stadt	7137226	23
Mutterstadt	7338019	7	Weißenthurm, Stadt	7137228	23
Neuhofen	7338020	7	Weitersburg	7137229	23

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Saarland</b>					
Beckingen	10042111	12	Püttlingen, Stadt	10041515	12
Bexbach, Stadt	10045111	12	Quierschied	10041516	12
Bous	10044122	12	Rehlingen-Siersburg	10044114	12
Dillingen/ 12, Stadt	10044111	12	Riegelsberg	10041517	12
Ensdorf	10044123	12	Saarbrücken,	10041100	12
Eppelborn	10043111	12	Landeshauptstadt		
Friedrichsthal, Stadt	10041511	12	Saarlouis, Kreisstadt	10044115	12
Großrosseln	10041512	12	Saarwellingen	10044116	12
Heusweiler	10041513	12	Schiffweiler	10043116	12
Homburg, Kreisstadt	10045114	12	Schwalbach	10044118	12
Illingen	10043112	12	Spiesen-Elversberg	10043117	12
Kirkel	10045115	12	St. Ingbert, Stadt	10045117	12
Kleinblittersdorf	10041514	12	Sulzbach/ Saar, Stadt	10041518	12
Lebach, Stadt	10044112	12	Überherrn	10044119	12
Merchweiler	10043113	12	Völklingen, Stadt	10041519	12
Nalbach	10044113	12	Wadgassen	10044120	12
Neunkirchen, Kreisstadt	10043114	12	Wallerfangen	10044121	12
Ottweiler, Stadt	10043115	12			
<b>Sachsen</b>					
Amtsberg	14181010	9	Limbach-Oberfrohna, Stadt	14173140	9
Annaberg-Buchholz, Stadt	14171010	9	Lößnitz, Stadt	14191220	9
Aue, Stadt	14191040	9	Lugau/Erzgeb., Stadt	14188160	9
Auerbach	14188020	9	Meerane, Stadt	14173160	9
Auerbach/Vogtl., Stadt	14178030	9	Mülsen	14193265	9
Bärenstein	14171030	9	Mylau, Stadt	14178390	9
Beierfeld	14191050	9	Netzschkau, Stadt	14178400	9
Bernsbach	14191070	9	Neukirchen/Erzgeb.	14188180	9
Bernsdorf	14173010	9	Neukirchen/Pleiße	14193300	9
Burgstädt, Stadt	14182060	9	Niederdorf	14188200	9
Burkhardtsdorf	14188050	9	Niederwiesa	14177320	9
Chemnitz, Stadt	14161000	9	Niederwürschnitz	14188210	9
Crimmitschau, Stadt	14193020	9	Oberlungwitz, Stadt	14173190	9
Dennheritz	14193080	9	Oelsnitz/Erzgeb., Stadt	14188220	9
Ehrenfriedersdorf, Stadt	14171080	9	Rebesgrün	14178500	9
Ellefeld	14178140	9	Reichenbach/Vogtl., Stadt	14178510	9
Erlbach-Kirchberg	14188080	9	Reinsdorf	14193350	9
Falkenstein/Vogtl., Stadt	14178170	9	Rodewisch, Stadt	14178540	9
Flöha, Stadt	14177120	9	Schlema	14191270	9
Frankenberg/Sa., Stadt	14182120	9	Schneeberg, Stadt	14191280	9
Fraureuth	14193100	9	Schwarzenberg/ Erzgeb.,	14191300	9
Gelenau/Erzgeb.	14171110	9	Stadt		
Gersdorf	14173060	9	Sehmatal	14171295	9
Glauchau, Stadt	14173070	9	St. Egidien	14173250	9
Gornsdorf	14188090	9	Stollberg/Erzgeb., Stadt	14188230	9
Hartmannsdorf	14182160	9	Taura	14182420	9
Hohenstein-Ernstthal, Stadt	14173100	9	Thalheim/Erzgeb., Stadt	14188240	9
Hohndorf	14188100	9	Thum, Stadt	14171320	9
Hormersdorf	14188110	9	Treuen, Stadt	14178680	9
Jahnsdorf/Erzgeb.	14188125	9	Werdau, Stadt	14193490	9
Lauter/Sa., Stadt	14191190	9	Wiesa	14171340	9
Lengsfeld, Stadt	14178290	9	Wilkau-Haßlau, Stadt	14193520	9
Lichtenau	14182040	9	Zschopau, Stadt	14181420	9
Lichtenstein/Sa., Stadt	14173130	9	Zschorlau	14191340	9
Lichtentanne	14193250	9	Zwickau, Stadt	14167000	9

**Tabelle 8: -- Fortsetzung --**

Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum	Gemeindename	Gemeindekennziffer	Verd. raum
<b>Sachsen (Fortsetzung)</b>					
Zwönitz, Stadt	14188260	9	Taucha, Stadt	14374345	10
Böhlen, Stadt	14379080	10	Zwenkau, Stadt	14379750	10
Borna, Stadt	14379100	10	Bannewitz	14290020	14
Borsdorf	14383055	10	Coswig, Stadt	14280040	14
Deutzen	14379120	10	Dohna, Stadt	14287100	14
Heuersdorf	14379320	10	Dresden, Stadt	14262000	14
Kitzscher, Stadt	14379360	10	Freital, Stadt	14290130	14
Leipzig, Stadt	14365000	10	Heidenau, Stadt	14287140	14
Lobstädt	14379430	10	Meißen, Stadt	14280240	14
Markkleeberg, Stadt	14379450	10	Ottendorf-Okrilla	14292415	14
Markranstädt, Stadt	14379460	10	Pirna, Stadt	14287290	14
Neukieritzsch	14379530	10	Radeberg, Stadt	14292445	14
Regis-Breitungen, Stadt	14379640	10	Radebeul, Stadt	14280310	14
Rötha, Stadt	14379660	10	Weinböhla	14280440	14
Schkeuditz, Stadt	14374315	10			
<b>Sachsen-Anhalt</b>					
Bad Dürrenberg, Stadt	15261003	10	Ebendorf	15362029	19
Halle (Saale), Stadt	15202000	10	Magdeburg, Landeshauptstadt	15303000	19
Leuna, Stadt	15261033	10	Schönebeck (Elbe), Stadt	15367023	19
Merseburg, Stadt	15261036	10	Wolmirstedt, Stadt	15362096	19
Schkopau	15261051	10			
Barleben	15362005	19			
<b>Schleswig-Holstein</b>					
Ahrensburg, Stadt	1062001	5	Wentorf bei Hamburg	1053129	5
Geesthacht, Stadt	1053032	5	Altenholz	1058005	22
Glinde, Stadt	1062018	5	Flintbek	1058053	22
Großhansdorf	1062023	5	Kiel, Landeshauptstadt	1002000	22
Halstenbek	1056018	5	Klausdorf	1057036	22
Henstedt-Ulzburg	1060039	5	Kronshagen	1058092	22
Norderstedt, Stadt	1060063	5	Molfsee	1058107	22
Oststeinbek	1062053	5	Mönkeberg	1057051	22
Pinneberg, Stadt	1056039	5	Raisdorf	1057064	22
Reinbek, Stadt	1062060	5	Bad Schwartau, Stadt	1055004	30
Rellingen	1056043	5	Groß Grönau	1053041	30
Schenefeld, Stadt	1056044	5	Krummesse	1053075	30
Wedel, Stadt	1056050	5	Lübeck, Hansestadt	1003000	30
<b>Thüringen</b>					
Arnstadt, Stadt	16070004	28	Silbitz	16074092	37
Dornheim	16070008	28	Weida, Stadt	16076079	37
Elxleben	16068009	28	Wünschendorf/Elster	16076084	37
Erfurt, Stadt	16051000	28	Bürgel, Stadt	16074009	43
Ichtershausen	16070028	28	Großbockedra	16074029	43
Ingersleben	16067041	28	Großlöbichau	16074032	43
Neudietendorf	16067051	28	Großpüirschütz	16074033	43
Walschleben	16068057	28	Jena, Stadt	16053000	43
Bad Köstritz, Stadt	16076003	37	Kahla, Stadt	16074044	43
Caaschwitz	16076012	37	Kleinbockedra	16074046	43
Crossen an der Elster	16074012	37	Laasdorf	16074049	43
Gera, Stadt	16052000	37	Rausdorf	16074074	43
Hartmannsdorf	16074038	37	Rothenstein	16074079	43
Hartmannsdorf	16076026	37	Schöps	16074087	43
Kauern	16076034	37	Stadtroda, Stadt	16074094	43
Korbußen	16076036	37	Sulza	16074095	43
Ronneburg, Stadt	16076061	37	Zöllnitz	16074114	43

# Literatur

## verwendete Literatur

- ad-hoc-Arbeitsgruppe Boden (1996)*: Anleitung zur Entnahme von Bodenproben. In: Geologisches Jahrbuch Reihe G, Heft 1; Hrsg. von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und den Staatlichen Geologischen Diensten; Hannover.
- Arbeitsgruppe Bodenkunde (1994)*: Bodenkundliche Kartieranleitung.- 4. und erweiterte Auflage, berichtigter Nachdruck Hannover 1996, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Bachmann, G. et al. (1997)*: Fachliche Eckpunkte zur Ableitung von Bodenwerten im Rahmen des Bundes-Bodenschutzgesetzes. In: ROSENKRANZ, BACHMANN, KÖNIG, EINSELE (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 3500, E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- Bachmann, S.; W. Stolz; W. Kantor; G. Kuhnt (1994)*: Begleitstudie zur bundesweiten Bodenzustandserhebung im Wald (BZE-W). UBA-Forschungsbericht 107 06 002. TEXTE 6/94, Umweltbundesamt, Berlin.
- BfLR, Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (1992)*, Materialien zur Raumentwicklung, Heft 47, Bonn.
- Bund-Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE (2002)*: Dioxin-Referenzmessprogramm – 4. Bericht der Bund / Länder-Arbeitsgruppe Dioxine. In: Dioxine – Daten aus Deutschland. Umweltbundesamt, Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1990)*: Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) – Arbeitsanleitung. Bonn.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.) (1994)*: Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) – Arbeitsanleitung, 2. Aufl., Bonn.
- BZE* – siehe Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE)
- GDCh (1999)*: Persistent Organic Pollutants (POPs). – Mitteilungsblatt der GDCh-Fachgruppe Umweltchemie und Ökotoxikologie; 5. Jahrg. 2.
- Hindel, R.; H. Fleige; W. Becker-Gretenkord; H. Bombien; E. Gehrt; J. Heisler; K.M. Moldenhauer; J. Schön; E. Weidner (1995)*: Kartiertechnisches Konzept zur flächenhaften Erfassung von Schwermetallgehalten in Böden. UBA-Forschungsbericht 107 01 001/02; TEXTE 56/96, Umweltbundesamt, Berlin.
- Hindel, R. et al. (1998)*: Spurenelementgehalte in Böden Deutschlands: Geowissenschaftliche Grundlagen und Daten. In: ROSENKRANZ, BACHMANN, KÖNIG, EINSELE (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 1520, E. Schmidt Verlag, Berlin.
- Hornburg, V. (2002)*: Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Gesamtgehalte von Haupt- und Spurenelementen in Böden. - Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen: 113 S., 48 Tab., 43 Abb., 1 Karte; Krefeld.
- Jobst, H. & Aldag, R. (2000)*: Dioxine in Lagerstätten-Tonen. – UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox. 12 (1): 2-4; ecomed, Landsberg.



- Kögel-Knabner, I. & Knabner, P. (1991):* Einfluss von gelöstem Kohlenstoff auf die Verlagerung organischer Umweltchemikalien. Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 63, 119-122.
- LABO/LAGA/LAWA (1993):* Einheitliche Bewertungsgrundsätze zu vorhandenen Bodenverunreinigungen/Altlasten. Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO), Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) und Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)
- Mc Carthy, J.F. & Zachara, J.M. (1989):* Surface Transport of Contaminants. Environ. Sci. Technol. 23, 496-502
- Prüß, A. (2003):* Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden. UBA-Forschungsbericht 200 71 238; UBA-TEXTE (in Vorbereitung)
- Ruppert, H. (1991):* Natürliche Spurenelementgehalte im Boden und ihre anthropogene Überprägung. - Mitt. österr. geol. Ges., Themenband Umweltgeologie, 83
- Utermann, J., Düwel, O., Fuchs, M., Gäbler, H.-E., Gehrt, E., Hindel, R. & J. Schneider (1999):* Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden. UBA-Forschungsbericht 297 71 010, UBA-FB 99-066. TEXTE 95/99, Umweltbundesamt, Berlin.
- Utermann, J., Düwel, O., Gäbler, H.-E. & R. Hindel (2000):* Beziehung zwischen Totalgehalten und Königswasser extrahierbaren Gehalten von Schwermetallen in Böden. In: ROSENKRANZ, BACHMANN, KÖNIG, EINSELE (Hrsg.): Handbuch Bodenschutz, Kennziffer 1600, E. Schmidt-Verlag, Berlin.
- Utermann, J., Raber, B., Düwel, O., Möller, A. & C. Siebner (2003):* Ableitung flächenrepräsentativer Hintergrundwerte für anorganische Stoffe in Böden. UBA-Forschungsbericht 201 71 242 / 1; UBA-TEXTE (in Vorbereitung)

## **zitierte Normen**

### ***in der nach BBodSchV rechtlich verbindlichen Fassung***

- DIN 18 123 (11.96): Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung
- DIN 19 683-2 (04.97): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Korngrößenzusammensetzung nach Vorbehandlung mit Natriumpyrophosphat
- DIN 19 683-12 (04.73): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau – Physikalische Laboruntersuchungen, Bestimmung der Rohdichte
- DIN 19 730 (06.97): Bodenbeschaffenheit – Extraktion von Spurenelementen mit Ammoniumnitratlösung
- DIN 32 645 (05.94). Chemische Analytik; Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenze; Ermittlung unter Wiederholbedingungen, Begriffe, Verfahren, Auswertung
- DIN 38 414-4 (10.84): Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Schlamm und Sedimente (Gruppe S); Bestimmung der Eluierbarkeit mit Wasser (S4)

- DIN ISO 10 381-1 (02.96): Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 1: Anleitung zur Aufstellung von Probenahmeprogrammen
- DIN ISO 10 381-2 (02.96): Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 2: Anleitung für Probenahmeverfahren
- DIN ISO 10 381-3 (02.96): Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 3: Anleitung zur Sicherheit
- DIN ISO 10 381-4 (02.96): Bodenbeschaffenheit – Probenahme – Teil 4: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von natürlichen, naturnahen und Kulturstandorten
- DIN ISO 10 390 (05.97): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung des pH-Wertes
- DIN ISO 10 694 (08.94): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung von organischem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff nach trockener Verbrennung (Elementaranalyse)
- DIN ISO 11 464 (12.96): Bodenbeschaffenheit – Probenvorbehandlung für physikalisch-chemische Untersuchungen
- DIN ISO 11 466 (07.97): Bodenbeschaffenheit – Extraktion in Königswasser löslicher Spurenelemente
- E DIN ISO 11 272 (01.94): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Trockenroh-dichte
- E DIN ISO 11 277 (06.94): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Mineralböden – Verfahren durch Sieben und Sedimentation nach Entfernen der löslichen Salze, der organischen Substanz und der Carbonate

### **weitere Normen**

- DIN 19 684-6 (12.97): Bodenuntersuchungsverfahren im Landwirtschaftlichen Wasserbau - Chemische Laboruntersuchungen - Teil 6: Bestimmung des Gehaltes an oxalatlöslichem Eisen
- DIN ISO 10 381-5 (12.98): Bodenbeschaffenheit - Probenahme - Teil 5: Anleitung für das Vorgehen bei der Untersuchung von Bodenkontaminationen auf urbanen und industriellen Standorten
- DIN ISO 10 693 (1997): Bestimmung des Carbonatgehaltes, Volumetrisches Verfahren (Hinweis: Ersatz für DIN 19 684 Teil 5, 1977)
- DIN ISO 11 260 (05.97): Bodenbeschaffenheit – Bestimmung der effektiven Kationenaustauschkapazität und der Basensättigung unter Verwendung von Bariumchloridlösung
- DIN ISO 13 536 (04.97): Bestimmung der potentiellen Kationenaustauschkapazität und der austauschbaren Kationen unter Verwendung einer bei pH=8,1 gepufferten Bariumchloridlösung
- ISO/CD 19 258: Soil quality – Guidance on the determination of background values (Stand 10.01.2002)

## **Weiterführende Literatur zum Thema Hintergrundwerte**

- Bauer, I.; J. Bor (1993):* Vertikale Bilanzierung von Schwermetallen in Böden. In: Schwermetalle in Böden - geogene und anthropogene Anteile (Teil 2); UBA-Forschungsbericht 107 01 001/02, UBA-TEXTE 96/55, Umweltbundesamt, Berlin.
- Crößmann, G.; K.G. Lipphard; K. Eustermann (1992):* Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe in Böden und Pflanzen; Hrsg.: Kommunalverband Ruhrgebiet
- Crößmann, G.; Wüstemann (1992):* Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential (Sachstandsdokumentation). UBA-Forschungsbericht 116 08 068, TEXTE 11/95, Umweltbundesamt, Berlin.
- Fleige, R.H. et al. (1993):* Kartiertechnisches Konzept zur flächenhaften Erfassung von Schwermetallgehalten in Böden. UBA-Forschungsbericht 107 01 001/02, TEXTE 96/55, Umweltbundesamt, Berlin.
- Finnern, H.; F. Badura-Wichtmann; M. Filipinski (1993):* Bilanzierung der Schwermetallgehalte von Bodencatenen zur Erfassung der reliefabhängigen lateralen Veränderung. In: Schwermetalle in Böden - geogene und anthropogene Anteile (Teil 2); UBA-Forschungsbericht 107 01 001/02, TEXTE 96/55, Umweltbundesamt, Berlin.
- Geologische Karte der Bundesrepublik Deutschland 1 : 1.000.000, Hannover, 1993*
- Grupe, M.; H. Kuntze (1992):* Bodenuntersuchungen im Bereich des UBA-Messnetzes als Bestandsaufnahme zur Beweissicherung von Umweltveränderungen. UBA-Forschungsbericht 107 02 001, TEXTE 60/93, Umweltbundesamt, Berlin.
- Hartwich, R. et al. (1994):* Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 - Erläuterungen, Textlegende und Leitprofil - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Hannover.
- Hindel, R.; H. Fleige (1991):* Schwermetalle in Böden der Bundesrepublik Deutschland - geogene und anthropogene Anteile (Teil 1). UBA-Forschungsbericht 107 01 001; TEXTE 10/91, Umweltbundesamt, Berlin.
- Utermann, J.; Adler, G.-H.; Düwel, O.; Hartwich, R.; Hindel, R. (1997):* Qualifizierung der Bodenfunktionen durch eine Differenzierung der Bodenarten: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden - flächenbezogene Repräsentanzbetrachtung der Datengrundlage aus Bundessicht. UBA-Forschungsbericht 107 02 007 (unveröffentlicht).
- Utermann, J., Düwel, O., Fuchs, M., Gäbler, H.-E., Gehrt, E., Hindel, R. & J. Schneider (1999):* Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden. UBA-Forschungsbericht 297 71 010, UBA-FB 99-066. TEXTE 95/99, Umweltbundesamt, Berlin.

## **Baden-Württemberg**

*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1993):* Bodendauerbeobachtung in Baden-Württemberg - Schwermetalle, Arsen, Organochlorverbindungen. - Materialien zum Bodenschutz, Bd. 2, 43 S.; Karlsruhe.

*Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1994):* Schwermetallgehalte in Böden aus verschiedenen Ausgangsgesteinen Baden-Württembergs. - Materialien zum Bodenschutz, Bd. 3, 21 S.; Karlsruhe.

*Stahr, K. (1992):* Geogene Schwermetalle in Gesteinen und Böden der südwestdeutschen Schichtstufenlandschaft. - Schlussbericht zum PWAB Forschungsprojekt PW 86 013 (Projekt Wasser Abfall Boden; Projektträger: Forschungszentrum Karlsruhe); Univ. Hohenheim; Institut für Bodenkunde und Standortslehre, 103 S.; Stuttgart.

*Umweltministerium Baden-Württemberg: Dritte Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe in Böden (VwV Anorganische Schadstoffe) vom 24. August 1993. - GABl. vom 29. September 1993, S. 1029 - 1036; Stuttgart.*

*Umweltministerium Baden-Württemberg: Vierte VwV zum BodSchG über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten organischer Schadstoffe im Boden (VwV Organische Schadstoffe) vom 10. Dezember 1995. - GABl vom 14 Februar 1996; S. 87 - 94; Stuttgart.*

## **Bayern**

*Außendorf, M.; T. Suttner, W. Martin (2000):* Zur Problematik der Anwendung von Hintergrundwerten beim Vollzug des Bodenschutzrechts: Z. Umweltchem. Ökotox. 12(5) 279-283, Landsberg.

*Falk, W.; Außendorf, M. (2002):* Endbericht zum Ergänzungsvorhaben „Erarbeitung von Umrechnungsverfahren zwischen Königswassergehalten und Totalgehalten in Böden Bayerns“ im Rahmen des Projektes „Wissenschaftliche Grundlagen für den Vollzug der Bodenschutzgesetze“: Bayerisches geologisches Landesamt, unveröffentlicht.

*Joneck, M.; R. Prinz (1991):* Dioxine in Böden Bayerns. GLA-Fachberichte 7; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt

*Joneck, M.; R. Prinz (1993):* Inventur organischer Schadstoffe in Böden Bayerns. GLA-Fachberichte 9; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt

*Joneck, M.; Prinz, R. (1993b):* Schwermetallgehalte in Böden des Maintales und angrenzender Nebentäler. GLA-Fachberichte 10, Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt

*Joneck, M.; Prinz, R. (1994):* Hintergrundbelastung bayerischer Böden mit organischen Problemstoffen: GLA-Fachberichte 12, Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt

*Joneck, M.; Prinz, R. (1995):* Verfahren zur Ableitung nutzungs- und raumspezifischer Hintergrundgehalte organischer Schadstoffe in Böden am Beispiel der Dioxine und Furane. Wasser & Boden, 11/1995, S. 28-42, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.

- Joneck, M.; Prinz, R. (1996): Organische und anorganische Schadstoffe in straßennahen Böden unterschiedlich stark befahrener Verkehrswege in Bayern. Wasser & Boden 9/1996, S.49-54, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.*
- Prinz, R.; M. Wittenbecher (1999): Typische Gehalte ausgewählter Spurenelemente in Waldböden Bayerns: GLA-Fachberichte 17; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*
- Ruppert, H.; M. Joneck (1988): Anthropogene Schwermetallanreicherungen in bayerischen Böden vor dem Hintergrund der natürlichen Grundgehalte. Materialien 54: Schwermetalle in Bayerns Böden; Hrsg.: BayStMLU*
- Ruppert, H.; F. Schmidt; M. Joneck; J. Jerz, O. Drechsler (1988): Schwermetallgehalte in Böden des Donautales. GLA-Fachberichte 4; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*
- Ruppert, H. (1990): Natürliche Spurenelementgehalte im Boden und ihre anthropogene Überprägung. Mitt. Österreichische Geol. Gesell. 83, S. 243-265, Wien.*
- Ruppert, H.; F. Schmidt, R. Schmidt (1991): Bereiche natürlicher Spurenmetallgehalte in den häufigsten Böden Bayerns in: GLA-Fachberichte 5; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*
- Ruppert, H. (1991): Die Humusaufgabe von Waldböden Südbayerns als Anzeiger der relativen Immissionsbelastung durch Schwermetalle: GLA-Fachberichte 15; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*
- Suttner, T.; M. Außendorf, W. Martin (1998): Hintergrundwerte anorganischer Problemstoffe in Böden Bayerns: GLA-Fachberichte 16; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*
- Utermann, J., Düwel, O., Fuchs, M., Gäbler, H.-E., Gehrt, E., Hindel, R. & J. Schneider (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden. UBA-Forschungsbericht 297 71 010, UBA-FB 99-066. TEXTE 95/99, Umweltbundesamt, Berlin.*
- Wittenbecher, M. (1999): Mobilisierbare Schwermetalle in forstlich genutzten Böden Bayerns: GLA-Fachberichte 18; Hrsg.: Bayerisches Geologisches Landesamt*

## **Berlin**

- Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (1994): Schwermetallprogramm Berlin - Ergebnisse, Bewertungsmethoden, Ursachen der Belastung und verwaltungsmäßige Konsequenzen. Berlin.*
- Senator für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (1993): Gemeinsame Ausführungsvorschrift für die Untersuchung und Bewertung kontaminierter Standorte in Berlin (Berliner Liste)*

## **Brandenburg**

- Grün, M., Machalett, B. (1986): Routinemethode zur Charakterisierung der Schwermetallkontamination des Bodens. – Extraktion mit siedender 1.5 normaler Salpetersäure. In: Mengen- und Spurenelemente – Arbeitstagung der agrarwissenschaftlichen und chemischen Gesellschaft der DDR.*

*Hahn, S., Poot, A., Schultz-Sternberg, R., Wedde, D. (2000):* Stoffliche Belastungen brandenburgischer Böden – ein Überblick. Studien und Tagungsberichte Bd. 24, 4-7. Landesumweltamt Brandenburg, Potsdam.

*Landesumweltamt Brandenburg (2002):* Umweltdaten aus Brandenburg. 181-183. Potsdam.

*Schmidt, R., Balla, H., Schmied, F., Scholz, B. (1997):* Schwermetallgehalte brandenburgischer Böden. Fachbeiträge des Landesumweltamtes Nr. 19. Potsdam.

## **Bremen**

*Schneider, J (i.V.):* Hintergrundwerte für Schwermetalle in Niedersachsen und Bremen [in Vorbereitung]

## **Hamburg**

Bericht über die Belastung von Gewässern und Boden in Hamburg mit chlorierten Kohlenwasserstoffen. Hamburger Umweltberichte 23/88, Hamburg 1988.

*Gras, B.; Jaeger, C.; Sievers, S. (1996):* Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Hamburger Oberböden. Hamburger Umweltberichte 52/96, 1996

## **Hessen**

*Emmerich, K.-H (1996):* Der Verbleib von Diflubenzuron im Boden unter Freilandbedingungen nach der Anwendung von Dimilin 25 WP im Hess. Ried. - Wald in Hessen, Hess. Landesanstalt für Forsteinrichtung, Waldforschung und Waldökologie 21: 331-352; Hann. Münden.

*Emmerich, K.-H (1997):* Erläuterungen zur Bodenkarte von Hessen 1:25.000 Blatt 4219 Münden. - HLFb, Wiesbaden.

*Emmerich, K.-H. & Moldenhauer, K. & Vorderbrügge, T. (1994):* The Influence of tropical paleosoils on recent soil properties in the basaltic Central German Uplands - Vogelsberg; 15th ICSS, Acapulco, Mexico.

*Emmerich, K.-H.; Friedrich, K.; Rosenberg, F.; Sabel, K.-J.; Schrader, L.; Vorderbrügge; T. (2001):* Beiträge zum Bodenschutz in Hessen. – Umwelt und Geologie, Böden und Bodenschutz in Hessen 1; Wiesbaden.

*Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.)(1986):* Bericht zur Schwermetall-Situation landwirtschaftlich genutzter Böden in Hessen – Schwermetallbericht; Wiesbaden.

*Hessisches Ministerium für Umwelt und Reaktorsicherheit (Hrsg.)(1988):* Luftreinhalteplan Untermain; Wiesbaden.

*Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (Hrsg.)(1991):* Luftreinhalteplan Rhein-Main, 1. Fortschreibung; Wiesbaden.

*Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie Jugend, Familie und Gesundheit (Hrsg.)(1995):* Luftreinhalteplan Wetzlar, 1. Fortschreibung; Wiesbaden.

*Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (Hrsg.)(1999):* Luftreinhalteplan Kassel, 1. Fortschreibung; Wiesbaden.

Lügger, K. & Weidner, E. (1999): Schwermetalle und organische Schadstoffe in Böden der Region Biebesheim (nördliche Oberrheinebene). - Geol. Jb. Hessen 127: 83-130; HLfB, Wiesbaden.

Moldenhauer, K. (1996): Schwermetalle und organische Schadstoffe in Hochwasser-sedimenten und Böden hessischer Auen. – Geol. Jb. Hessen 124: 191-214; HLfB, Wiesbaden.

Rosenberg, F. & Sabel, K.-J. (1996): Hintergrundgehalte umweltrelevanter Schwermetalle in Gesteinen und oberflächennahem Untergrund Hessens, Übersichtskarte 1:300.000; HLUG, Wiesbaden.

### **Mecklenburg-Vorpommern**

Schweder, P.; Kape, E.; Kilimann, R.; Backhaus, E. (1996): Hintergrundwerte für anorganische Schadstoffe in Böden des Landes Mecklenburg-Vorpommern. Fortschreibung des Berichts. -LUFA Rostock 1996, unveröffentlicht

### **Niedersachsen**

*Bodenuntersuchungen im Rahmen der Klärschlammverordnung.* LUFA-Hamel - Niedersachsen

Kleefisch, B. & Benke, T. (2002): Ableitung von Hintergrundwerten für organische Schadstoffe - Auswertung von Befunden des niedersächsischen Boden Dauerbeobachtungsprogramms – Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung [in Bearbeitung]

Müller et al. (1991): Ermittlung der ubiquitären Grundbelastung von niedersächsischen Böden mit PCB und PCDD/PCDF

Schneider, J. (1999): Schwermetalle in Böden Niedersachsens, Arbeitshefte Boden, 1999/2, S. 3-25, 3 Abb., 4 Tab., 3 Karten

Schneider, J. (i.V.): Hintergrundwerte für Schwermetalle in Niedersachsen und Bremen [in Vorbereitung]

### **Nordrhein-Westfalen**

Anonym 1989: Bekanntmachung der Neufassung des Gesetzes zur Landesentwicklung (Landesentwicklungsprogramm LEPro) vom 05. Oktober 1989, GV.NW.1989 S. 485, ber. 648

Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik NRW (Hrsg.) 2001: Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen 2001, 43. Jg.

Landesumweltamt NRW (2002): Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo), Software und Datenbank Version 4.2, Juli 2002

### **Rheinland-Pfalz**

Hauenstein, M. & Bor, J. (1996): Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz.- 286 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten).

Hauenstein, M. & Bor, J. (1998): Bodenzustandsbericht Rheinland-Pfalz; Blatt 6015 Mainz.- 128 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten).

*Hauenstein, M. (2000):* Bodenzustandsbericht Rheinland-Pfalz; Blatt 5911 Kesselbach.- 163 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten).

*Hauenstein, M. (2001):* Bodenzustandsbericht Rheinland-Pfalz; Blatt 6711 Pirmasens-Nord.- 170 S.; Mainz (Ministerium für Umwelt und Forsten).

### **Saarland**

*Erdbaulaboratorium Saar; ELS (1994):* Gutachten Schwermetallbelastungskataster Saar. - Riegelsberg 1994; 135 S.

*Weyrich, J. & K. Drescher-Larres (1998):* Auswertung und Beurteilung von Daten organischer Schadstoffe in saarländischen Böden und Ermittlung von nutzungs- und raumspezifischen Gehalten der Hintergrundbelastung – Untersuchung im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz. – Saarbrücken, 76 S. Anhang.

### **Sachsen**

*Barth, N. et al. (2001):* Bodenmonitoring in Sachsen. - Materialien zum Bodenschutz, Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie, Dresden.

*Kardel, K.; Rank, G. & Pälchen, W. (1996):* Geochemischer Atlas des Freistaates Sachsen, Teil 1: Spurenelementgehalte in Gesteinen. - Materialien zum Bodenschutz, Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie, Radebeul.

*Pälchen, W.; Rank, G.; Lange, H. & Tischendorf, G. (1987):* Regionale Clarkewerte - Möglichkeiten und Grenzen ihrer Anwendung am Beispiel des Erzgebirges (DDR). - Chem. Erde, Bd. 47, S. 1-17.

*Rank, G.; Kardel, K.; Pälchen, W. (1998):* Zur Belastung sächsischer Böden mit anorganischen und organischen Schadstoffen - Verteilung, Intensität, Ursachen. - Z. geol. Wiss. 26 (1/2), S. 61-78.

*Rank, G.; Kardel, K.; Pälchen, W. & Weidensdörfer, H. (1999):* Bodenatlas des Freistaates Sachsen, Teil 3 – Bodenmessprogramm, Bodenmessnetz Raster 4 km x 4 km. - Materialien zum Bodenschutz, Sächs. Landesamt f. Umwelt u. Geologie, Dresden. Ergänzungen 2000, CD-ROM 2001.

### **Sachsen-Anhalt**

*Dehner, U., Feldhaus, D. (1997):* Geogene und anthropogene Schwermetallgehalte in Auenlehmen der unteren Saale und Bode. In: Mitt. zur Geol. von Sachsen-Anhalt, 3, S. 159-170, Halle.

*Dehner, U., Feldhaus, D. (1998):* Geogene Schwermetallkonzentrationen der holozänen Saaleaue im Vergleich zu Schwermetallkonzentrationen in Böden des Gewässereinzugsgebietes. – In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, 4, S. 163-169, Halle.

*Dehner, U. (2000):* Ermittlung geogener Hintergrundwerte umweltrelevanter Spurenelemente im Flussgebiet der unteren Saale auf der Basis stratigraphisch bodenkundliche orientierter Untersuchungen. In: Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, H. 11, S. 1-136

*Dehner, U.; Feldhaus, D., Villwock, G. (2000):* Zur Kennzeichnung von Schwermetall-Hintergrundgehalten in Auenböden in den Flußsystemen der Saale und mittleren Elbe. In: Friese, Witter, Miehlisch, Rode (Ed.): Stoffhaushalt von Auenöko-



systemen - Böden und Hydrologie, Schadstoffe, Bewertungen.- Springer Verl., S. 227-236, Berlin.

*Feldhaus, D., Schrödter, M., Gutteck, U. (1996):* Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden des Landes Sachsen-Anhalt. In: Mitt. Geol. Sachsen-Anhalt, Halle.

*Feldhaus, D. (2000):* Bodenregionen als bodenkundliches Differenzierungskriterium für Hintergrundwerte. – In: Umweltbundesamt: Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden. Texte, 49, S. 81-91, Berlin.

*Müller, A., Hanisch, C., Zerling, L., Bischoff, R., Dehner, U. & D. Feldhaus (2000):* Das Einzugsgebiet der Saale: In: FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE GMBH (HRSG.): Die Belastung der Elbe- Teil 2, Hintergrundbelastungen der deutschen Nebenflüsse: S. 53-98, 13 Abb., 7 Tab.; Karlsruhe.

### **Schleswig-Holstein**

Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes Schleswig-Holstein (1996): Ziele und Strategien des Bodenschutzes in Schleswig-Holstein.

*Reiche, E.-W., H.-K. Siem, B. Hielscher (2000):* Stand der Arbeiten zur Erfassung der bodenbezogenen Schadstoffverbreitung in Schleswig-Holstein. In: TEXTE 49/00, S. 171-173, Umweltbundesamt, Berlin.

### **Thüringen**

*Brosig, A.; U. Dornberger; I. Hundt; A. Pohl; V. Schulz; A. Walsch (1997):* Ableitung von nutzungsabhängigen Normwerten für organische Schadstoffe in den Böden des Freistaates Thüringen – Gesamtprojekt 1995-1997. F+E-Vorhaben der TLU (unveröffentlicht)

*Pohl, A.; F. Wendler; A. Walsch; R. Rau; C. Scheibert; J. Wunderlich (1996):* Schwermetallgehalte Thüringer Böden: Ausstattung und Belastbarkeit Thüringer Böden mit Schwermetallen – Geogene Hintergrundwerte. F+E-Vorhaben des TMLNU (unveröffentlicht)

*Pohl, A.; J. Ritschel (2001):* Untersuchungen zu organischen Schadstoffen in Böden: 1995-1997. Schriftenreihe der Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Jena Nr. 41;Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Umwelt

*Schramm, H.; A. Pohl; J. Wunderlich; R. Bischoff (1997):* Atlas der Schwermetallgehalte Thüringer Böden 1:400 000 – Hintergrundwerte für Schwermetalle und Arsen in Oberböden und bodenbildenden Substraten typischer Bodengesellschaften. Hrsg.: Thüringer Landesanstalt für Geologie

*Weißbrodt, S.; Pohl, A. (2002):* Bericht zum Chloraromaten-Dioxin-Messprogramm, Teil I 1996-2000 (Entwurf)



## **Anhang**

### **Tabellen der Hintergrundwerte für Böden**