

Texte
**10
05**
ISSN
0722-186X

Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden

**Umwelt
Bundes
Amt**



Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 200 71 238
UBA-FB 000715



Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden

Teil A: GSE-Empfehlung mit Erläuterungen

Teil B: Objektschlüssel mit Erläuterungen

Teil C: Statistische Beispielberechnungen

Teil S Sonderdruck: „Methodische Empfehlungen zur Abgrenzung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GSE-Empfehlung; die LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz sieht lt. Beschluss vom 18. September 2003 in der GSE-Empfehlung eine geeignete fachliche Grundlage für den Vollzug der BBodSchV).

von

**UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit Baden-Württemberg**

in Zusammenarbeit mit

**Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie,
Stadtverwaltung Wuppertal und Landkreis Goslar**

in Abstimmung und weiterer Zusammenarbeit mit der
„Projektgruppe GSE“

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr
für die Richtigkeit, die Genauigkeit und
Vollständigkeit der Angaben sowie für
die Beachtung privater Rechte Dritter.
Die in der Studie geäußerten Ansichten
und Meinungen müssen nicht mit denen des
Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet II 4.1
Simone Schmidt

Berlin, April 2005

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA-FB 000715	2.	3.
4. Titel des Berichts Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten im Boden		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Prüß, Andreas; Rometsch, Clemens; Erhardt, Walter; Kardel, Kati; Schmotz, Walter; Gierse, Reinhard	8. Abschlußdatum 17.12.2003	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg, Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe in Zusammenarbeit mit - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 09599 Freiberg [Kardel] - Stadtverwaltung Wuppertal, 42275 Wuppertal [Gierse] - Landkreis Goslar, 38610 Goslar [Schmotz]	9. Veröffentlichungsdatum	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin (80%) UMEG (20%)	10. UFOPLAN-Nr. 200 71 238	
	11. Seitenzahl 149	
	12. Literaturangaben 129	
	13. Tabellen und Diagramme 24	
	14. Abbildungen 98	
15. Zusätzliche Angaben Die „Projektgruppe GSE“ (siehe Danksagung) hat sich mit fünf Sitzungen an der Entwicklung der GSE Empfehlung (gekennzeichnete Abschnitte Teil A und B) beteiligt.		
16. Kurzfassung Für die Umsetzung bodenschutzbezogener Regelungen hat die UMEG im Auftrag des Umweltbundesamtes und unter der Schirmherrschaft eines Projektbeirates die „Methodische Empfehlungen zur Abgrenzung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden“ (GSE-Empfehlung) verfasst. Die GSE-Empfehlung gilt auch für Gebiete mit siedlungs- und gleichzeitig naturbedingt erhöhten Gehalten. Es wurden Interviews geführt, Literatur und regionale GIS-Datenbestände ausgewertet, Beispielkarten erstellt sowie deskriptiv-statistische und geostatistische Detailanalysen von Daten ausgewählter Beispielgebiete durchgeführt. Wichtige Inhalte der Anleitung sind: Begriffsbestimmungen (A-9), der Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung (A-16), der Objektschlüssel 1.01 (A-23; A-58; B-1ff), der Extremwerttest (A-29; C-1ff), eine nicht automatisierte, geo- statistische Raumanalyse im relevanten Einzelfall (A-32, C-1ff), Mindestuntersuchungsumfänge für Raumobjekte (A-40) sowie für 50.- und 90.-Perzentil Hintergrundwerte (A-44), Gebietsprotokolle für Raumstruktur, Hintergrundwerte, Grenzdokumentation und Maßnahmenplan (A-48ff). Die GSE-Empfehlung soll dazu beitragen, dass die im Bundesgebiet vor ca. 20 Jahren begonnene Bodenzustands- erfassung in einer für die weitere Raumanalyse erforderlichen, vergleichbaren Art und Weise und nach den Erfordernissen des BBodSchG intensiviert wird. In den gekennzeichneten Gebieten kann die Empfehlung für die Bündelung von Einzelbewertungen hin zu gebietsbezogenen Maßnahmen eingesetzt werden und nützt damit dem Bodenschutzvollzug. Der Objektschlüssel 1.01 soll fortgeschrieben werden.		
17. Schlagwörter Böden, Schadstoffe, siedlungsbedingt, Raumeinheit		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 000715	2.	3.
4. Report Title Characterisation of areas with levels of pollutants in soils elevated as a consequence of urbanisation		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Prüeß, Andreas; Rometsch, Clemens; Erhardt, Walter; Kardel, Kati; Schmotz, Walter; Gierse, Reinhard	8. Report Date 17.12.2003	
6. Performing Organisation (Name, Address) UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg, Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe in Zusammenarbeit mit - Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 09599 Freiberg [Kardel] - Stadtverwaltung Wuppertal, 42275 Wuppertal [Gierse] - Landkreis Goslar, 38610 Goslar [Schmotz]	9. Publication Date	
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin (80%) UMEG (20%)	10. UFOPLAN-Ref. No. 200 71 238	
	11. No. of Pages 149	
	12. No. of Reference 129	
	13. No. of Tables, Diagrams 24	
	14. No. of Figures 98	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract <p>For the realisation of the regulations for German Soil Protection Ordinance (BodSchV) the UMEG has drafted a „guideline for the characterisation of areas with levels of pollutants in soils elevated as a consequence of urbanisation (GSE)“ on behalf of the Federal Environmental Agency and under the auspices of an advisory committee. This guideline is also applicable for areas with anthropogenically and at the same time naturally elevated levels of pollutants.</p> <p>Interviews were conducted, literature and regional GIS-data were evaluated, example maps were produced as well as descriptive-statistical and geo-statistical detail analyses carried out.</p> <p>Important aspects of the guideline are: Definitions (A-9), procedure for the characterisation of areas (A-16), code of objects 1.01 (A-23; A-58; B-1ff); the test for extreme values (A-29; C-1ff), a non-automated geo-statistical analysis for special cases (A-32; D-1ff), minimal requirements for examinations of areas (A-40) as well as 50- and 90-percentiles of background values (A-44), protocols of the spatial structure of areas, background values, borderline documentation and plan for measures (A-48).</p> <p>The GSE-guideline is intended to ensure that the soil quality assessment which was started 20 years ago in the Federal Republic can be continued in a comparable way as is necessary for spatial analysis. In the delineated areas the guideline can be used for combining evaluations to form a basis for regional measures and thus helps to enhance soil protection.</p>		
17. Keywords soils, urbanisation, pollutants		
18. Price	19.	20.

Benutzerhinweise und Danksagung

Der vorliegende F&E Bericht gliedert sich in die Teile A (GSE-Empfehlung mit Erläuterungen), B (Objektschlüssel mit Erläuterungen) und C (Statistische Beispielberechnungen). Die Teile A und B sind mit Blick auf die praktische Nutzung des Berichtes gegliedert. Die Entwicklung der Anleitung basiert auf

- 10-jährigen Erfahrungen mit Bodenzustandserfassungen in Siedlungsräumen Baden-Württembergs,
- Interviews mit Länder- und Kommunalvertreten im Jahr 2000/2001, bei denen die Raumobjekte von ca. 60 möglichen Gebieten Deutschlands mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden erörtert wurden,
- Durchsicht von veröffentlichten Berichten und von Regionalgutachten,
- Durchsicht von „GIS-Daten-Pools“ verschiedener Gebiete,
- ausschnittswisen Untersuchungen in ausgewählten Gebieten und
- insbesondere der parallel dazu stattfindenden Diskussion von fünf Anleitungsentwürfen in der Projektgruppe GSE (siehe unten).

Die Kartendarstellungen in diesem Bericht sind beispielhafte Ausschnittsbetrachtungen. Auf Legenden (z.B. Schadstoffklassen) wurde zu Gunsten der Übersichtlichkeit verzichtet, da die Ausschnitte der Anschauung dienen und die Daten teilweise aus laufenden Untersuchungen stammen.

Ziel des F&E Vorhabens war, eine in vielen Gebieten Deutschlands praktisch umsetzbare Handreichung zu erstellen. Naturgemäß konnten dabei nur wenige umweltwissenschaftlich interessante Aspekte vertieft werden. Es war auch nicht möglich einen „Prototyp“ für die Gebietskennzeichnung zu erstellen, schon ein Einzelfall hätte den Rahmen des Vorhabens gesprengt. Gerade daher war die kritische Begleitung des Vorhabens durch die Projektgruppe GSE besonders wertvoll, da langjährige Erfahrungen der Mitglieder eingebracht wurden. Die abgestimmten GSE-Empfehlung sind in dem vorliegenden Text als farblich unterlegter Teil enthalten.

Besonderer **Dank** gilt daher den Mitgliedern der Projektgruppe GSE und deren Kollegen, die sich insbesondere durch konstruktive und kritische Beiträge in fünf Sitzungen an der Erarbeitung der GSE-Empfehlung beteiligt haben:

Dr. Bachmann	Umweltbundesamt (bis 12.2000)
Dr. Delschen	Obmann, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen
Dr. Dinkelberg	Landesumweltamt Brandenburg
Dr. Düwel	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
Dr. Emmerich	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Hr. Gierse	Stadt Wuppertal
Hr. Guttek	Bereitstellung von Daten, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt
Hr. Hauenstein	Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz
Dr. Hensel	Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg
Fr. Kardel	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Dr. Martin	Bayerisches Geologisches Landesamt
Dr. Pälchen	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Hr. Rometsch	UMEG
Dr. Rück	Umweltbundesamt (seit 11.2001)
Dr. Schmotz	Landkreis Goslar
Dr. Schneider	AK Stadtbodenkartierung, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung
Dr. Steinert	Thüringer Landesanstalt für Umweltschutz

Dr. Stock	Umlandverband Frankfurt
Fr. Schmidt	Geschäftsführung, Umweltbundesamt
Hr. Siem	Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein
Fr. Werner	LABO AK Punkt zur Fläche, Umweltbundesamt

Darüberhinaus wird den Kommunen gedankt, die sich durch Beantwortung einer Umfrage oder durch Materiallieferungen, Hinweise und Kommentare beteiligt haben: Freie Hansestadt Bremen, Stadt Chemnitz, Stadt Düsseldorf, Stadt Duisburg, Stadt Nürnberg, Stadt Marktredwitz, Stadt Frankfurt a.Main, Stadt Hannover, Landkreis Lörrach, Stadt Leipzig, Stadt Lübeck, Landeshauptstadt München, Stadt Münster, Kreis Recklinghausen. Auch für wertvolle Hinweise zu den Untersuchungen der Räume Mannheim, Heidelberg, Stuttgart, Karlsruhe, Pforzheim und Kehl sei den Kommunen und der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg gedankt.

Dem Umweltbundesamt wird für die Initiative und die finanzielle Förderung des F & E Vorhabens und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg für die stetige Unterstützung gedankt.

Karlsruhe, den 30. September 2002

Dr. Andreas Prüß
UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit Baden-Württemberg,
Fachgebiet Boden, Hydrogeologie und Pflanzen

Die GSE-Empfehlungen enthalten einen Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung sowie entsprechend gegliedert die Hinweise zur praktischen Durchführung. Dabei kommt der Abgrenzung der Gebiete mit erhöhten Stoffgehalten eine zentrale Bedeutung zu. Die hierzu erforderlichen statistischen und gesostatistischen Auswertungen werden durch den Ad hoc Unterausschuss „Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden“ (Ad hoc UA Punkt zu Fläche) im ständigen Ausschuss „Informationsgrundlagen“ (StäA2) im Auftrag der LABO fortgeschrieben (Bericht in Vorbereitung).

Essen, den 17. Dezember 2003

Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

- Bodenschutz -

Forschungsbericht 200 71 238

Kennzeichnung von Gebieten mit groß- flächig siedlungsbedingt erhöhten Schad- stoffgehalten im Boden

Teil A: GSE-Empfehlung mit Erläuterungen

von

UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit Baden-Württemberg,
Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe

in Zusammenarbeit mit
Sächsisches Landesamt für
Umwelt und Geologie,
09599 Freiberg
Stadtverwaltung Wuppertal
42275 Wuppertal
Landkreis Goslar,
38610 Goslar

in Abstimmung und weiterer Zusammenarbeit mit
der Projektgruppe GSE

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Abkürzungen

Neue Abkürzungen

AF	Ausschlussflächen
BSI	Boden-Siedlungsinterferenz-Index
EN	Erhebungsniveau
GE	Gebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten
GSE	Gebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten
GNE	Gebiet mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten
RE	Raumeinheit
tGE	Teilgebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten
tGSE	Teilgebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten

Statistische Parameter

n	Anzahl
μ	Mittelwert
s	Standardabweichung
10.P	10. Perzentil
50.P	50. Perzentil (Median)
90.P	90. Perzentil

Sonstige Abkürzungen

ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem

Schadstoffe

Ag	Silber
As	Arsen
Be	Beryllium
Bi	Wismut
Cd	Cadmium
Cr	Chrom
Co	Kobalt
Cu	Kupfer
Ni	Nickel
Pb	Blei
Hg	Quecksilber
Sb	Antimon
Sn	Zinn
Tl	Thallium
U	Uran
V	Vanadium
Zn	Zink
DDT	1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)-ethan
HCB	Hexachlorbenzol
HCH	Hexachlorcyclohexan
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane

Inhaltsverzeichnis Teil A

Vorspann	Seite
i Vorbemerkungen	A-6
ii Begriffsbestimmungen	A-9
ii.1 Gebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (GSE)	A-9
ii.2 Raumeinheiten	A-12
ii.3 GSE Ausschlussflächen	A-13
ii.4 GSE Hintergrundwerte	A-14
iii Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung	A-16
 Durchführung	
1 Untersuchungsziel und -gebiet festlegen	A-18
2 Materialien sammeln und erheben	A-21
2.1 Vorhandene Flächendaten sammeln	A-21
2.2 Vorhandene Bodendaten und –messwerte erheben	A-22
3 Raumanalyse	A-23
3.1 Konzeptkarte entwickeln und fortschreiben	A-23
3.2 Bodendaten vorbereiten und aggregieren	A-26
3.2.1 Datenplausibilisierung	A-26
3.2.2 Datenabgleich	A-26
3.2.3 Aggregation des Hintergrund-Datenkollektives	A-27
3.2.4 Zuordnung der Bodendaten zu Raumeinheiten	A-27
3.3 Deskriptiv-Statistische Auswertungen	A-29
3.3.1 Perzentilberechnung	A-29
3.3.2 Extremwerttest	A-29
3.3.3 Relative Datenstreuung	A-29
3.3.4 Flächenrepräsentanz	A-29
3.3.5 Prüfung der Relevanz von Raumeinheiten	A-30
3.4 Kartographisch/geostatistische Datenauswertungen	A-32
3.4.1 Punktdarstellung	A-32
3.4.2 Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen	A-32
3.4.3 Flächeninterpolation	A-32
3.4.4 Kombinierte Punkt-Flächen-Darstellung	A-34
4 Bodendaten nacherheben	A-40
4.1 Probenahme- und Messplanung	A-40
4.2 Probenahme	A-42
5 Weitergehende Sachverhaltsermittlungen und Abstimmungen	A-43
6 Gebiete kennzeichnen	A-44
6.1 GSE-Gebiete, Teilgebiete und relevante Raumeinheiten festlegen	A-44
6.2 GSE Hintergrundwerte ermitteln	A-44
7 Dokumentieren und protokollieren	A-53
8 Evaluieren	A-57
 Anhang	
Objektschlüssel (Kurzfassung; Langfassung siehe Teil B)	A-58
Zitierte Literatur und weitere Literaturhinweise	A-59

Abbildungsverzeichnis Teil A

<i>Abbildung ii.2-1: Schaubild zu Teilgebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten (tGE) und Raumeinheiten (RE)</i>	A-18
<i>Abbildung ii.3-1: Schaubild zu gebietsbezogenen Hintergrundwerten</i>	A-19
<i>Abbildung iii-1: Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung</i>	A-23
<i>Abbildung 1-1: Einwohnerdichten in Europa nach BBR 2000</i>	A-25
<i>Abbildung 1-2: Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in Deutschland nach BBR 2000</i>	A-25
<i>Abbildung 3.1-1: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer Objektgruppe 1000 M100 Bodennutzungen in Villingen-Schwenningen (Grundlage: ATKIS, UMEG 2002)</i>	A-30
<i>Abbildung 3.1-2: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer Objektgruppe 1000 M25 Bodennutzungen in Villingen-Schwenningen (Grundlage: ATKIS, UMEG 2002)</i>	A-30
<i>Abbildung 3.1-3: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer 6000 (Stadtböden Rheinfelden; BaWü 1995d)</i>	A-31
<i>Abbildung 3.1-4: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer 7000 Überschwemmungsfläche Muldenaue</i>	A-31
<i>Abbildung 3.1-5: Beispielhafte Konzeptkarte mit verschiedenen Objekten (Freiberg, Sachsen)</i>	A-31
<i>Abbildung 3.1-6: Beispielhafte Konzeptkarte mit verschiedenen Objekten (Landkreis Goslar, Niedersachsen)</i>	A-31
<i>Abbildung 3.2-1: Beispielhafte „Boxplot-Projekt-Daten-Plausibilisierung nach der Ziffer 3.2.1-1 anhand von Cadmiummesswerten aus Stuttgart (die Projekte 2014 und 2041 sind mit relativ hohen Medianwerten auffällig)</i>	A-34
<i>Abbildung 3.3-1: Beispielhafte Boxplotanalyse anhand von Benzo[a]pyrendaten aus dem Großraum Mannheim/Heidelberg (Daten aus UVM 1999)</i>	A-37
<i>Abbildung 3.3-2: Beispielhafte Boxplotanalyse anhand von Zinkdaten aus Kehl (Daten aus UVM 1995c)</i>	A-37
<i>Abbildung 3.4-1: Beispielhafte Darstellung von Punktdaten (Cadmium in stuttgarter Oberböden, differenziert nach der Bodennutzung; UVM 1999)</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-2: Beispielhafte Darstellung von Punktdaten mit Flächenbezug mittels sog. Thiessen-Polygone (Blei in freiberger Oberböden)</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-3: Beispielhafte Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen in Schönau (LRA Lörrach 2002)</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-4: Interpolation über Raumeinheiten am Beispiel mobilen Thalliums im Heidelberger Süden (Datengrundlage UVM 1999)</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-5: Interpolation innerhalb von Raumeinheiten am Beispiel Goslar</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-6: Interpolation innerhalb von Raumeinheiten am Beispiel der Muldenaue</i>	A-43
<i>Abbildung 3.4-7: Interpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren im Außenbereich von Wuppertal (nähere Erläuterungen siehe LUA NRW 2000 und Gierse et al. 2002)</i>	A-44
<i>Abbildung 3.4-8: Überschreitung der Vorsorgewerte für Blei in Wuppertal</i>	A-44
<i>Abbildung 3.4-9: Interpolation mit Hilfsvariablen am Beispiel Frankfurt (Frankfurt Umlandverband 1991)</i>	A-44
<i>Abbildung 3.4-10: Interpolation über Raumeinheiten und innerhalb von Raumeinheiten (Auen) am Beispiel Freiberg, Sachsen (Blei)</i>	A-44
<i>Abbildung 3.4-11: Beispielhafte kombinierte Flächendarstellung am Beispiel von Freiberg: 1. Interpolation über Raumeinheiten im Außenbereich, 2. Punktdarstellung im Siedlungsbereich und 3. Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen für Auenböden</i>	A-44
<i>Abbildung 6.1-1: Beispielhafte Grenzziehung in Freiberg im Maßstab 1:5.000</i>	A-52
<i>Abbildung 6.1-2: Beispielhafte Grenzziehung in Freiberg im Maßstab 1:50.000 (verkleinert)</i>	A-52
<i>Abbildung 6.1-3: Beispielhafte GE-Teilgebiete in Tal der Großen Wiese (Lörrach 2001)</i>	A-52
<i>Abbildung 6.1-4: Beispielhafte GE-Teilgebiete in Goslar</i>	A-52

<i>Abbildung 7-1: GSE-Protokoll für die Dokumentation der Raumstruktur, der Hintergrundwerte und der Gebietsgrenzen</i>	<i>A-60</i>
<i>Abbildung 7-2: Dokumentation von Teilflächen am Beispiel Goslar</i>	<i>A-61</i>
<i>Abbildung 7-3: GSE-Maßnahmenplan</i>	<i>A-62</i>

i Vorbemerkungen

Für den (bundesweit einheitlichen) Vollzug des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) und der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) sind eine Vielzahl von konkretisierenden fachlichen Entscheidungshilfen erforderlich, in denen die gesetzlichen und verordnungsrechtlichen Anforderungen praxisgerecht unteretzt werden. So besteht nach § 9 Abs. 2 und 3 der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) bei Böden mit naturbedingt bzw. großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten unter bestimmten Randbedingungen bei Überschreitung der Vorsorgewerte nach Anhang 2 Nr. 4 BBodSchV nicht die Regelannahme der Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen. Nach §12 (10) der BBodSchV können Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten festgelegt werden, um die Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb dieser Gebiete zu regeln.

Vor diesem Hintergrund wurde die Initiative für die Erarbeitung einer abgestimmten und vollzugsgeeigneten methodischen Empfehlung ergriffen. Die vorliegende Anleitung beschreibt eine Vorgehensweise für die Abgrenzung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (GSE) in Böden und zeigt die Mindestanforderungen für die Ableitung von gebietsbezogenen Hintergrundwerten auf. Sie gilt auch für Gebiete die gleichzeitig siedlungs- und naturbedingt erhöhte (geogene) Gehalten aufweisen. Die Anleitung gilt nur eingeschränkt für Gebiete mit vorwiegend naturbedingt erhöhten Gehalten, da in diesen Gebieten durch die möglichen bodengenetischen Differenzierungen eine modifizierte Verfahrensweise angewendet werden kann und in der Regel mit sehr viel geringeren Erhebungsdichten (Messungen/km²) flächenrepräsentative Aussagen möglich sind.

Die Abgrenzung von GSE mit gleichförmigen Bodenbelastungen dient der Bündelung von Einzelbewertungen hin zu gebietsbezogenen Maßnahmen des Bodenschutzes. Gebietsbezogene Hintergrundwerte dienen als Bewertungsgrundlage für Bodenbelastungen, für das Auf- und Einbringen von Bodenmaterial, sowie z.B. als Beitrag für die Bodenzustandsbeschreibung.

Die LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz sieht in den „Methodischen Empfehlungen zur Abgrenzung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden“ eine geeignete fachliche Grundlage für den Vollzug der BBodSchV (LABO-Beschluss vom 18. September 2003).

In der Bundesrepublik Deutschland liegen, bedingt durch den historischen Bergbau, die regionale Siedlungs- und Industriegeschichte und teilweise auch durch die Landwirtschaft verursacht in bestimmten Gebieten, flächenhaft erhöhte Schadstoffgehalte im Boden vor.

Die Schadstoffgehalte im Boden verändern sich in der Regel sehr langsam und häufig „nur“ über Jahrzehnte, weshalb die zeitliche Aggregierung von Bodendaten - anders als bei Luft-, Wasser- und Pflanzenuntersuchungen - beim Boden möglich ist.

Bereits vor ca. 20 Jahren wurde in zahlreichen Gebieten Deutschlands mit Erhebungen zum Bodenzustand begonnen. Es ist ein wesentliches Anliegen der vorliegenden Anleitung einen Grundrahmen zu finden, wie diese „**Altdaten**“ für flächenbezogene Auswertungen (Raumanalysen) herangezogen werden können. Auch soll die Anleitung dazu beitragen zukünftige Bodenzustandserhebungen zu vereinheitlichen.

Durch die zunehmende Anzahl von **neuen Bodenuntersuchungen** (z.B. in Baugebieten), werden immer neue und bessere Datengrundlagen für die Gebietskennzeichnung ermöglicht. Die vorliegende Anleitung soll daher auch dazu beitragen, dass die Auswertung ständig aggregierter Datenbestände möglich wird. Damit können langfristig Kosten für Bodenuntersuchungen eingespart werden.

Unter geowissenschaftlichen Gesichtspunkten ist die Festlegung von Gebieten mit ähnlichem Belastungsgrad und die Ableitung von gebietsbezogenen Hintergrundwerten ein äußerst schwieriges Vorhaben, wenn ein kleinräumiges, flurstücksspezifisches Muster von Kontaminationsquellen vorliegt. Im Ergebnis wird man sich bei der Gebietskennzeichnung insbesondere in den Siedlungsräumen immer mit „Zwischenergebnissen“ zufrieden geben müssen bzw. mit einer „bestmöglichen“ Gebietsaufteilung ohne dass diese den Anspruch einer „Eindeutigkeit“ hat.

Neben den eigentlichen „GSE“ werden in der vorliegenden Anleitung auch **sonstige Gebiete** mit erhöhten Schadstoffgehalten behandelt. Dies wurde zwangsläufig notwendig, um im Einzelfall die „**schwarzen und weißen Flecken in grauer Landschaft**“ herauszufiltern.

Nicht zuletzt soll die Anleitung dazu beitragen spezifische Anforderungen der **BBodSchV** umzusetzen (vgl. Ziffer 1). In Gebieten mit erhöhten

Schadstoffgehalten sind häufig weit über 10.000 Flurstücke betroffen. Um bei behördlichen Maßnahmen nicht jedes Flurstück einzeln untersuchen und bewerten zu müssen, ist es zweckdienlich, Böden mit gleichförmigen Belastungen zusammenzufassen. Mögliche Einzelaufgaben können durch die Gebietsfestlegung als gebietsbezogene Maßnahmen des Bodenschutzes gebündelt werden (Maßnahmenplan nach Ziffer 7). Behördliche Aufgaben, die beispielsweise den Umgang mit Bodenaushub nach § 12 BBodSchV regeln, werden erst durch die Gebietsfestlegung umsetzbar. Gebietsfestlegungen können ein Instrument zur Berücksichtigung des Bodenschutzes bei Planung sein.

Landesweite und länderübergreifende Hintergrundwerte für Böden von überwiegend ländlichen Regionen wurden u.a. in LABO (1998) veröffentlicht. Die vorliegende Anleitung soll als fachliche Grundlage für die Ermittlung von gebietsbezogenen **Hintergrundwerten für Siedlungsräume** genutzt werden, sofern sie sich von den Hintergrundwerten der ländlichen Regionen unterscheiden. Damit verbunden ist zwangsläufig auch die Methode, der **Abgrenzung** der Gebiete, in denen die gebietsbezogenen Hintergrundwerte Anwendung finden sollen.

Ziel der Ableitung von GSE-Hintergrundwerten ist, eine bessere Bewertung von vorhandenen Bodenbelastungen und bessere Einschätzung der Angemessenheit von Sanierungs-, Schutz- und Beschränkungsmaßnahmen im Einzelfall innerhalb des Gebietes zu ermöglichen. Darüberhinaus dienen gebietsbezogene Hintergrundwerte z.B. der Beurteilung von Bodenaushub sowie für Zwecke der Bodenzustandsbeschreibung sowie der bundes- und landesweiten Statistik.

Was ist mit der GSE-Empfehlung (noch) nicht möglich?

1. Gebiete mit **naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (GNE)** können in kleinerem Maßstab, in der Regel landesweit gekennzeichnet werden. Zwar sind in den GNE im Unterschied zu den GSE mit weit weniger Messungen/km² (geringerem Erhebungsniveau) robuste Hintergrundwerte zu ermitteln, jedoch lassen sich diese Gebiete erst mit der bodenkundlichen Kartierung festlegen. Nach Empfehlung der „Projektgruppe GSE“ soll die vorliegende

Anleitung diesbezüglich fortgeschrieben werden.

2. In der Anleitung ist keine **Nutzwertanalyse** enthalten, da sich nicht alle Ziele des Bodenschutzes, wie z.B. die unkontrollierte Ausbreitung von schwach kontaminiertem Bodenaushub in ein unbelastetes Gebiet zu verhindern, in einer Nutzwertanalyse quantitativ berücksichtigen lassen. Sofern das Ziel der Gebietskennzeichnung jedoch die Einsparung von Einzelfallbeurteilungen ist, ist eine kritische Überprüfung sinnvoll, da die Prüfung auch zur Ablehnung eines Projektes für die Gebietskennzeichnung führen kann; wie folgende zwei Beispiele zeigen:

a) In Siedlungsräumen mit hohen Grundstückspreisen (z.B. Hamburger oder Stuttgarter Innenstadt) sind die Kosten für Bodenuntersuchungen im Rahmen eines Bauvorhabens untergeordnet, also leicht durchsetzbar. Der Aufwand für die Gebietskennzeichnung ist gerade hier aber besonders hoch. Die „Rentabilität“ einer Gebietskennzeichnung ist hier also aus rein ökonomischer Sicht fraglich.

b) In Gebieten, in denen aus raumstruktureller Sicht langfristig keine Nutzungsänderungen zu erwarten sind, entsteht ggf. auch später kein Bedarf für Einzelfallprüfungen und damit auch nicht für die Gebietskennzeichnung.

3. Mit der GSE-Empfehlung ist keine Universalsoftwarelösung verbunden, die - quasi auf Knopfdruck - die GSE-Kennzeichnung übernimmt - und dies wird es aller Voraussicht nach auch nicht geben können. Zwar wurde versucht, unter Einbeziehung der digitalen Vorinformationen (z.B. Umschlüsselung der ATKIS-Daten) und unter Berücksichtigung beispielsweise der geostatistischen Raumanalyse das Verfahren weitgehend zu objektivieren, jedoch zeigte sich, dass letztlich vertretbare Ergebnisse nur unter Beachtung wissenschaftlicher Grundsätze und einer gebotenen Sorgfaltspflicht im Einzelfall erzielt werden können.

ii Begriffsbestimmungen

ii.1 Gebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (GSE)

Als „großflächig“ werden Gebiete in der Regel ab einer Größe von 1 km² (100 ha) bezeichnet. In jedem Fall sind immer mehrere Grundstücke betroffen. In Sonderfällen können Gebiete mit großflächig erhöhten Schadstoffgehalten auch Streifen entlang von Linienquellen oder zusammengesetzt aus gleichartigen, kleineren Flächen eines größeren Gebietes sein.

Schadstoffgehalte in Böden sind „siedlungsbedingt“, wenn sie durch diffuse Stoffeinträge aufgrund einer Vielzahl menschlicher Tätigkeiten und über lange Zeiträume entstanden sind. Zu den siedlungsbedingten Schadstoffgehalten zählen insofern die aus diffusen Quellen wie Hausbrand, Gartennutzung, Siedlungsabfälle und Siedlungsabwässer sowie Gewerbe und Verkehr verursachten Schadstoffgehalte. Zu den siedlungsbedingten Schadstoffgehalten zählen jedoch in der Regel nicht die durch Einträge aus identifizierbaren Einzelquellen oder Belastungsursachen hervorgerufenen Schadstoffgehalte (z.B. Umfeld von einzelnen Emittenten, Verkehr im Außenbereich, Cu-belastete Weinbergsböden). Die Flächen mit siedlungsbedingten Schadstoffgehalten können innerhalb der Siedlungsflächen im Sinne der BauNVO oder in deren Einwirkungsbereich liegen (z.B. Überschwemmungsgebiete, Lee von Ballungsräumen).

„Großflächig siedlungsbedingt“ sind Schadstoffgehalte nur dann, wenn kein dominierender Einfluss einer Einzelquelle oder einer einzelnen Belastungsursache vorhanden ist, mithin eine diffuse Schadstoffbelastung vorliegt.

Im Sinne der Gebietsbearbeitung wird ein Schadstoffgehalt im Regelfall dann als „erhöht“ bezeichnet, wenn der aus flächenrepräsentativen Daten ermittelte Median-Wert des Schadstoffes den Vorsorgewert gemäß Anhang 2, Nr. 4 der BBodSchV überschreitet.

Ein GSE wird im Regelfall anhand von 1 bis 2 Leitschadstoffen festgelegt. Die Teilung des Gebietes in Teilgebiete ist immer dann vorzunehmen, wenn gerichtete Unterschiede in den Schadstoffgehalten vorliegen. Das Kriterium „erhöht“ muss dann auch für die Teilgebiete zutreffen. Das Gebiet mit erhöhten Gehalten sollte sich auch deutlich vom Umland abheben, um keine ungleiche Behandlung benachbarter Gebiete, z.B. verschiedener Gemeinden, hervorzurufen.

GSE können sich auch über Gebiete mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden erstrecken. Diese Gebiete in denen gleichzeitig siedlungs- und naturbedingt erhöhte Schadstoffgehalte vorliegen, fallen unter den Oberbegriff „Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten“ (GE).

Für die Anforderung der „**Großflächigkeit**“ wurde eine Größenordnung von 1 km² angegeben. Damit sind Flächen mit lokalen Bodenbelastungen im Bereich von Altstandorten, Altablagerungen oder aktuellen Produktionsstätten in der Regel automatisch - also bereits über das Größenkriterium“ ausgenommen, da sie in der Regel kleiner als 1 km² sind. Hingegen ist der Einwirkungsbereich von Einzelmitteln, der häufig im Bereich von 1 bis 10 km² liegt, in der Größenfestlegung eingeschlossen.

Der Begriff „großflächig“ im Sinne des § 8 BBodSchG und der §§ 4, 9 und 11 BBodSchV wird synonym zu dem Begriff „Gebiet“ nach § 12 BBodSchV verwendet.

Die große Fläche muss keine räumlich zusammenhängende Fläche sein. Mehrere gleichartige kleine Flächen, z.B. einer bestimmten Bodennutzung können als große Fläche im Sinne der §§ 4 und 9 zusammengefasst werden (z.B. mehrere kleine Sonderkulturlächen in einem Gebiet), wenn die Schadstoffquelle und der Schadstoffpfad identisch sind und die Schadstoffgehalte in einem bestimmten Bereich variieren. In Sonderfällen können große Flächen auch Streifen entlang von Linienquellen sein. Damit können auch Straßenränder, Bahndämme und schmale Uferzonen zu großen Flächen zusammengefasst werden.

Der Begriff großflächig unterstellt eine gewisse Gleichförmigkeit der erhöhten Schadstoffgehalte (graue Fläche). Die graue Fläche ist jedoch häufig von Teilflächen mit geringeren Schadstoffgehalten (weiße Flecken) und höheren Gehalten (schwarze Flecken) durchsetzt. Dies bedeutet in der Praxis, dass in der Regel eine Zonierung der großen Fläche oder die Kennzeichnung von Ausschlussflächen erforderlich ist.

Die Schadstoffgehalte in Böden sind **siedlungsbedingt**, wenn sie in Anteilen durch die Tätigkeiten des Menschen verursacht wurden. Zu den siedlungsbedingten Schadstoffgehalten zählen die durch Hausbrand, Gartennutzung, Siedlungsabfälle und Siedlungsabwässer sowie durch Industrie, Gewerbe und Verkehr verursachten Schadstoffgehalte. Zu den siedlungsbedingten Schadstoffgehalten zählen jedoch in der Regel nicht die durch die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Praxis sowie sonstige Tätigkeiten im Außenbereich hervorgerufenen Gehalte, wenn sich bei der historischen Entstehung kein Siedlungsgebiet verfestigt hat (z.B. Umfeld von historischen Stollenmundlöchern, Kiesgruben). Die Flächen, auf denen sied-

lungsbedingte Schadstoffgehalte vorhanden sind, liegen in der Regel auf den durch die Bauleitplanung festgelegten Siedlungsflächen im Sinne der BauNVO. Zudem können auch auf Flächen im Außenbereich siedlungsbedingte Schadstoffgehalte vorhanden sein, wenn sie im Einwirkungsbereich der Siedlungsflächen liegen.

In wenigen Fällen wurden Siedlungsflächen vor mehr als 100 Jahren aufgegeben. Beispielsweise trifft dies auf Arbeitersiedlungen im Umfeld von Stollenmundlöchern zu, weil sie in Gebieten mit schwierigen Lebensbedingungen lagen (z.B. in Kerbtälern des Rheinischen Schiefergebirges) oder weil das Erzvorkommen nicht ausreichend war. Bei diesen und auch anderen, historischen gewerblichen Tätigkeiten wurden mangels technischer Möglichkeiten in der Regel nur kleinere Flächen kontaminiert und sind daher im Zusammenhang mit der Festlegung von großflächigen Gebieten mit erhöhten Gehalten vernachlässigbar. In der Regel haben sich die Ortslagen in Bergbaugebieten mit ausreichenden Erzvorkommen auch verfestigt (z.B. Goslar, Freiberg). Damit wird deutlich, dass die durch Bergbau verursachten Schadstoffgehalte in der Regel als siedlungsbedingt im Sinne des § 8 BBodSchG bezeichnet werden können.

„Unstrittig“ ist, dass auf den heute baurechtlich verankerten Siedlungsflächen von siedlungsbedingten Schadstoffgehalten gesprochen werden kann. Neben den Wohnaktivitäten zählen auch die Verkehrs- und Arbeitsaktivitäten mit zu den Schadstoffquellen. Für den Verkehr wurde bei der Abfassung des Objektschlüssels bzw. der Ausschlussflächen eine gesonderte Regelung getroffen: Im Innenbereich sind verkehrsbedingte Schadstoffeinträge ab 3 m Abstand vom Fahrbahnrand „siedlungsbedingt“ und im Außenbereich sind verkehrsbedingte Schadstoffeinträge ab 10 m vom fahrbahnrand siedlungsbedingt.

Im BBodSchG und der BBodSchV ist nicht von „**Schadstoffgehalten auf Siedlungsflächen**“ sondern von „siedlungsbedingten Schadstoffgehalten“ die Rede. Damit müssen neben den Verkehrsflächen auch weitere Flächen im Außenbereich zugelassen werden, wenn sie im Einwirkungsbereich der Siedlungsflächen liegen. Hierzu zählt zwangsläufig ein umfangreicher Katalog an Schadstoffquellen wie, Klärschlämme (= Siedlungsabfall) und städtische Komposte, Abwasser, kontaminierter, städtischer Bodenaushub der in den Außenbereich verbracht wurde.

Die durch die Landwirtschaft verursachten Schadstoffanreicherungen wurden aus dem Begriff „siedlungsbedingt“ ausgenommen. Einen Grenzfall stellen manche Gebiete mit intensivem Gemüsebau und Baumschulen, unmittelbar angrenzend an das oder innerhalb von festgesetzten Siedlungsgebieten dar (z.B. in Hamburg, Frankfurt oder Heidelberg). Historisch ist der Gemüse- und Gartenbau im Gegensatz zum Wein-, Obst- oder Hopfenbau an den Ortsrandlagen entstanden, da die Nähe zum Verbraucher Voraussetzung für die Vermarktung war. Insofern stellen diese Flächen eine Ausnahme dar und sind bei der Ausweisung eines Gebietes mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten mit einzubeziehen. Die großen Wein- und Obstbaugebiete sind hingegen meist wegen einer klimatischen Gunstlagen entstanden und sind daher nicht „siedlungsbedingt“ im Sinne der BBodSchV.

Eine möglichst enge Definition von „siedlungsbedingt“ ist aus Sicht des Bodenschutzes anzustreben, um den Missbrauch der möglichen Entbindung von den Vorsorgewerten entgegenzutreten bzw. einer allzu großzügigen Anwendung vorzubeugen. Dies wird jedoch automatisch durch die fachlichen Untersuchungsanforderungen gewährleistet, da, wie später gezeigt wird, die Festlegung der Gebiete mit erheblichem Aufwand verbunden ist, der nur in den wesentlichen Fällen umgesetzt werden wird.

„**Erhöht**“ wurde wie folgt berücksichtigt: der Median-Wert eines Schadstoffes der gesamten aus dem betrachteten Gebiet vorliegenden, flächenrepräsentativen Daten soll den Vorsorgewert überschreiten, damit das Kriterium „erhöht“ für die Schadstoffgehalte des Gebietes erfüllt ist.

Die Bedingung, dass der Median über dem Vorsorgewert liegen muss, wurde als Mindestanforderung für die Abgrenzung von Gebieten und Teilgebieten festgelegt, unter anderem, da sich das Gebiet mit erhöhten Gehalten vom Umland abheben soll.

In der Praxis der Gebietsfestlegung ist in der Regel schrittweise vorzugehen: wenn beispielsweise der Median nicht über dem Vorsorgewert liegt, ist das Gebiet ggf. zu verkleinern. In der Regel wird eine Zonierung von Gebieten erforderlich werden, insbesondere, wenn Hinweise vorliegen, dass gerichtete Unterschiede in den Schadstoffgehalten vorliegen.

ii.2 Raumeinheiten

Raumeinheiten können durch vorhandene Flächendaten (z.B. Bodennutzungen, Bodenformen) oder durch geostatistische Analysen gebildet werden. Raumeinheiten können zu Gebieten oder Teilgebieten zusammengelegt werden (Abbildung ii.2-1).

Raumeinheiten sind Flächen, deren Schadstoffgehalte sich mit vertretbarem Aufwand nicht weiter differenzieren lassen oder bei denen eine weitere Differenzierung im Hinblick auf das Ziel der Kennzeichnung keine qualitative Veränderungen bedeuten würde (z.B. der Vorsorgewert wird in über 50% der Fälle überschritten, ein Prüfwert jedoch nicht).

Im Falle einer Untergliederung werden Raumeinheiten als übergeordnete Raumeinheiten (z.B. RE01 bzw. tGE01) und untergeordnete Raumeinheiten (z.B. RE01.01, RE01.02) bezeichnet. Raumeinheiten sollten nach dem Objektschlüssel im Anhang gekennzeichnet werden.

Der Begriff Raumeinheit (RE) steht synonym für (Raum-) Polygone. Raumeinheiten bilden einen Grundbaustein für die Gebietskennzeichnung. Raumeinheiten sind die Flächenobjekte des Objektschlüssels. Neben den Flächenobjekten wurden dort, analog der ATKIS-Methodik, auch Linien- und Punktobjekte angelegt, die für die Raumanalyse von Bedeutung sind.

wäre äußerst praxisfremd angesichts der Vielzahl möglicher Schadstoffquellen. Der erforderliche Detaillierungsgrad von Raumeinheiten hängt vom Maßstab und dem Zweck der Gebietskennzeichnung ab.

Raumeinheiten können nicht immer „homogene Schadstoffgehalte“ aufweisen - diese Forderung

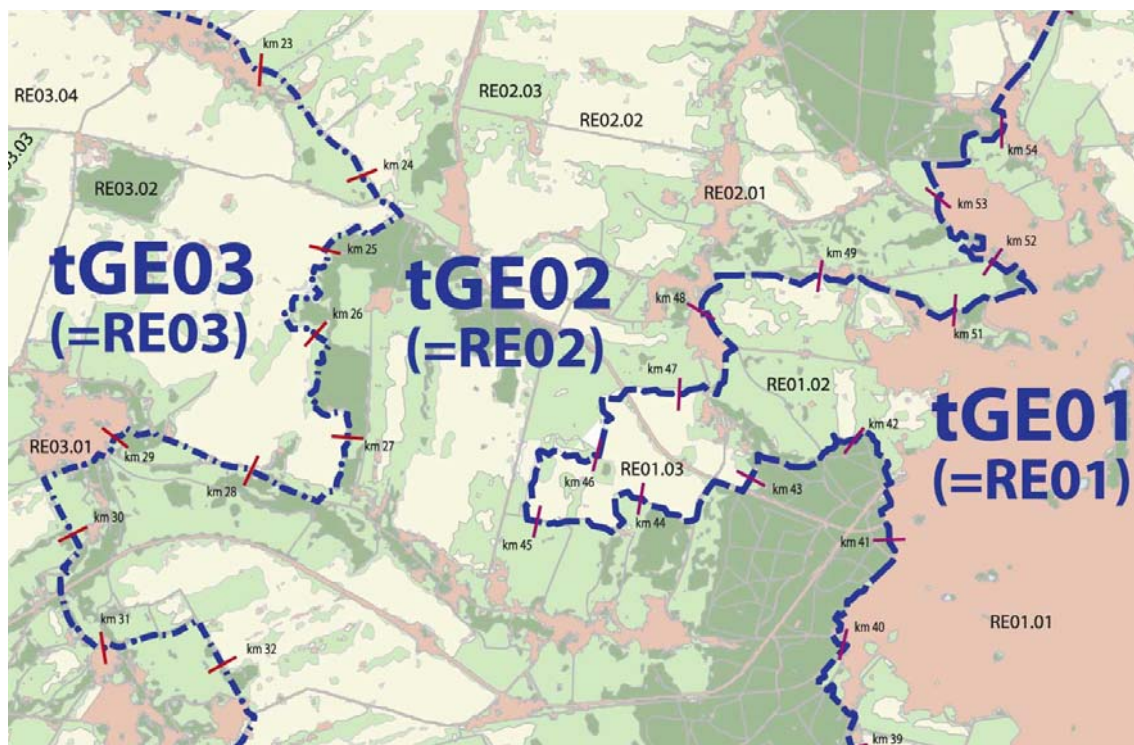


Abbildung ii.2-1: Schaubild zu Teilgebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten (tGE) und Raumeinheiten (RE)

ii.3 GSE Ausschlussflächen

GSE Ausschlussflächen sind Flächen mit einem dominierenden Einfluss einer Einzelquelle oder einer einzelnen Belastungsursache innerhalb eines GSE. GSE Ausschlussflächen können einzelne Grundstücke (z.B. Altstandorte einschl. des Umfeldes) oder größere Raumeinheiten eines GSE umfassen (z.B. 1 km² um einen Großemittenten). GSE Ausschlussflächen sollten nach dem Objektschlüssel im Anhang gekennzeichnet werden.

Im Objektschlüssel ist eine Vielzahl von Ausschlussflächen (Objekt 1500 bebaute und versiegelte Flächen) und potentiellen Ausschlussflächen (z.B. 1230 Sonderkulturfläche, 4100 Umfeld BImSchV-Anlage, 4900 Altstandortumfeld) aufgeführt.

Da heute in der Regel die geographischen Flächendaten für Ausschlussflächen verfügbar sind, können die Ausschlussflächen bei der Darstellung der flächenhaften Bodenbeschaffenheit dargestellt werden. Die tatsächliche Flächenbedeutung der gekennzeichneten Böden eines Gebietes wird damit transparent. Bedeutsam ist dies z.B. in den Innenstadtbereichen, wo vielfach mehr als 70% der Böden versiegelt sind. Für Unterböden und den Untergrund mag eine flächenhafte Darstellung im

Innenstadtbereich über die versiegelten Bereiche sinnvoll sein (Beispiele sind bislang jedoch mangels ausreichender Daten nicht bekannt), für Oberböden macht es jedoch keinen Sinn.

In Abbildung ii.3-1 ist ein Schaubild zu Hintergrundwerten und Ausschlussflächen dargestellt.

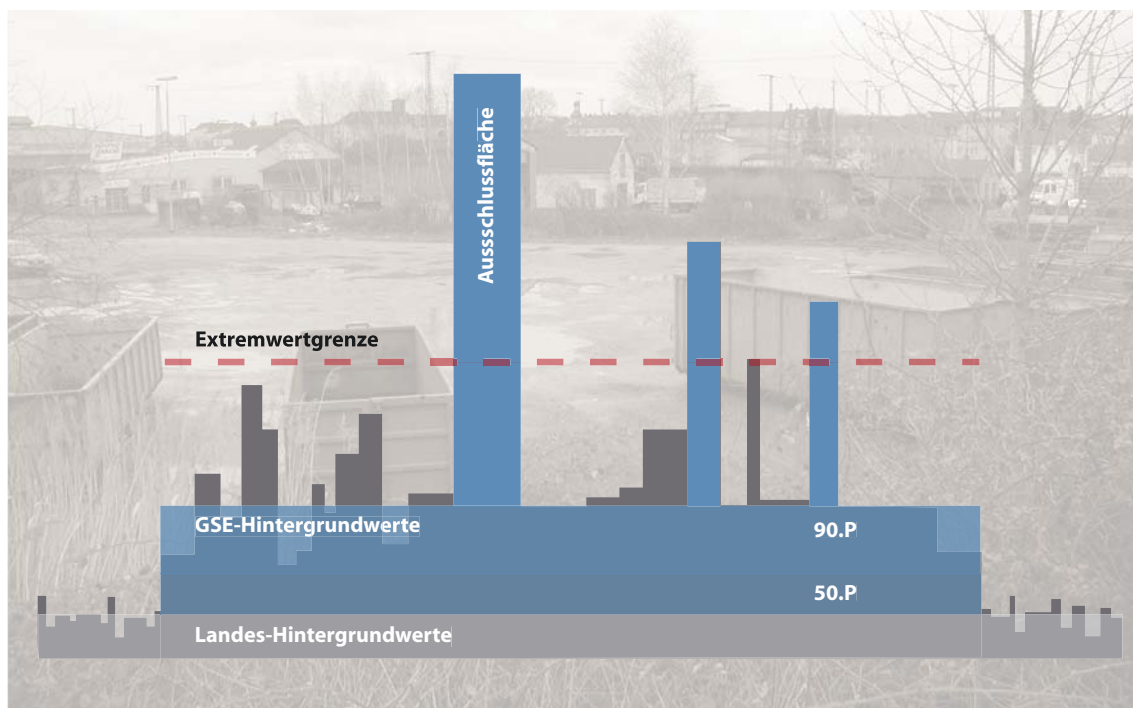


Abbildung ii.3-1: Schaubild zu gebietsbezogenen Hintergrundwerten

ii.4 GSE Hintergrundwerte

GSE Hintergrundwerte sind beschreibende, nicht wertende statistische Kenngrößen (z.B. 10., 50. und 90. Perzentile) von repräsentativen Stichproben von Böden eines Gebietes, Teilgebietes oder einzelner Raumeinheiten. Das Gebiet und die GSE-Hintergrundwerte müssen in Raumeinheiten untergliedert werden, wenn für Teilgebiete gerichtete Unterschiede nachgewiesen sind. Gebietsbezogene Hintergrundwerte können grundsätzlich auch über Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwerten liegen. Bei der Ermittlung von gebietsbezogenen Hintergrundwerten bleiben GSE Ausschlussflächen (z.B. Emittentenumfeld) unberücksichtigt.

Der Hintergrundgehalt eines Bodens setzt sich nach LABO (1998) zusammen aus dem geogenen Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden. Für die Anwendung im Siedlungsgebiet wurde die Definition um die stadtspezifisch siedlungsbedingten Anreicherungen erweitert.

Der **siedlungsbedingte** Hintergrundgehalt beinhaltet den Schadstoffanteil eines Bodens, der sich aus dem geogenen Grundgehalt eines Bodens und der ubiquitären Stoffverteilung als Folge diffuser Einträge in den Boden sowie der im Siedlungsgebiet aus einer Vielzahl von Einzelquellen zusätzlich verursachten Anreicherung zusammensetzt. Hierzu zählen die verkehrsbedingten Einträge, Einträge durch Schlacken und Siedlungsabfälle sowie gebietsbezogene Immissionen, abzüglich punktueller Einträge/Altlasten (vgl. auch GSE-Definition).

Es war nicht sinnvoll eine quantitativ exakte Schwelle (z.B. 50%) einzuführen, bis zu welchen Anteilen einzelne Quellen zum Gesamtgehalt beitragen dürfen, um noch als siedlungsbedingt (diffus) gelten zu können, da in der Praxis der genaue Anteil kaum zu ermitteln ist.

In Siedlungsgebieten sind die Hintergrundgehalte in der Regel höher als im ländlichen Raum. Im ländlichen Raum können Hintergrundgehalte aufgrund von bodenkundlichen Erkenntnisse oder geochemischen Berechnungen am einzelnen Profil ermittelt werden. Dies trifft für die Hintergrundgehalte eines Bodens im Siedlungsgebiet nicht mehr zu, denn der siedlungsbedingt („ubiquitäre“) Anteil wird hier in der Regel aufgrund statistischer Auswertungen größerer Datensätze abgeschätzt werden.

In Siedlungsgebieten liegt ein flurstückspezifisches, kleinräumiges Schadstoffmuster vor, welches durch die Bodennutzung der jeweiligen Grundstücke und die Lage innerhalb des Gebietes bedingt ist. Diffus

meint im Sinne der Siedlungsböden daher Einträge, die durch die ortsübliche Bewirtschaftung und die räumliche Nähe zu Hausbrand, Industrie und Verkehr entstanden ist.

Eine für die Datenauswertung sehr wichtige Frage ist, wie die Daten von Altlasten und Altlastenverdachtsflächen einbezogen bzw. ausgesondert werden sollen.

In den Städten liegen beispielsweise häufig Kleingartenanlagen auf Altablagerungen. Oberböden auf Altablagerungen müssen jedoch nicht zwangsläufig über das siedlungsbedingte Maß hinaus erhöhte Schadstoffgehalte aufweisen, denn sie stammen häufig von benachbarten Flächen. Der Einbezug der Daten von solchen Flächen ist unter Umständen eine wichtige Datengrundlage um überhaupt annähernd flächenhafte Auswertungen zu ermöglichen, insbesondere in Städten mit starker Kriegszerstörung und häufigen Umlagerungen und Auffüllungen.

Ein ungelöstes Problem ist die Benennung von Altlastenverdachtsflächen, welche in der Bundesrepublik Deutschland bislang nicht einheitlich geregelt ist. Beispielsweise existieren in Düsseldorf mit 0,6 Mio Einwohnern überproportional mehr „Altlastenverdachtsflächen“ als in Hamburg mit 1,7 Mio Einwohnern, was durch die Industriegeschichte der beiden Städte sicher nicht erklärbar ist.

Gebietsbezogene Hintergrundwerte dienen der Beschreibung und beinhalten keine Bewertung der Stoffgehalte. Die Frage, ob es sich bei den Gehalten („nur“) um erhöhte Gehalte (über den Vorsorgewerten) oder um schädliche Bodenveränderungen handelt, bleibt bei der Berechnung von gebietsbezogenen Hintergrundwerten unberührt. Somit wird ermöglicht, dass für Zonen mit schädlicher Bodenveränderung innerhalb eines Stadtgebietes ebenso Hintergrundwerte berechnet werden, wie für die

Zonen mit „lediglich“ Überschreitung des Vorsorgewertes.

In § 11 BBodSchV wird der Begriff „siedlungsbedingte Vorbelastung“ synonym zu dem Begriff siedlungsbedingter Hintergrundwert verwendet.

Zum Vergleich von Gebieten mit gebietsbezogenen Hintergrundwerten ist es zweckdienlich die nutzungsspezifischen Hintergrundwerte zu übergeordneten Kategorien zusammenzufassen (siehe hierzu auch die folgende Anleitung). Außerdem dient die Zusammenfassung der Prüfung, ob das Kriterium „erhöht“ (vgl. Definition) erfüllt ist.

iii Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung

In Abbildung iii-1 ist das Verfahren der Gebietskennzeichnung im Überblick dargestellt. Die Abbildung stellt einen vereinfachten Verfahrensplan für die Projektabwicklung dar, wobei manche Arbeitsschritte (Ziffern) wiederkehrend oder zeitlich versetzt durchlaufen werden können. Das Verfahren gliedert sich in 8 Hauptarbeitsschritte (Ziffern). Die Ziffern 1, 5 und 8 sollten unter maßgeblicher Beteiligung der Behörden durchgeführt werden. Alle Ziffern sind im Folgenden erläutert.

Der Verfahrensablaufplan dient der Strukturierung der Arbeiten und wurde mit Blick auf ein **stufenweises Vorgehen** entwickelt.

Die einzelnen Arbeitsschritte sind in der Anleitung erläutert. Der Plan ist stark vereinfacht dargestellt; folgende Abweichungen und Varianten sind zu erwarten:

- 1 Die Ziffern können als eigenständige **Projektziele** genutzt werden. Damit bleiben Zeit- und Kostenaufwand kontrollierbar. Dies kann dazu führen, dass ein Vorhaben beispielsweise bei Ziffer 3.4 endet. Durch den Plan wird deutlich, welche Arbeitsschritte aufeinander aufbauen.
- 2 Ein stufenweises Vorgehen kann sich auch durch die Wahl des **Zielmaßstabs** (ab Ziffer 1) ergeben. Der Zielmaßstab ist in der GSE-Empfehlung nicht fixiert, da er für überschlägige Raumanalysen von kleiner M 1:200.000 bis größer M 1:25.000 für Detail-Raumanalysen reichen kann. Die stufenweise Vergrößerung des Zielmaßstabs ermöglicht es, den Zuschnitt der Einzelgebiete aus fachlicher Sicht zu optimieren und die behördlichen Zuständigkeiten zu koordinieren. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Arbeitsschritte bei Veränderungen des Maßstabs unter Umständen neu durchlaufen werden müssen.
- 3 Der Verfahrensplan schließt aufwendige Wege bis zum Maßnahmenplan und **einfache Wege** ein. Ein sehr einfacher Weg kann beispielsweise auf den drei Mindest-Raumeinheiten (Obj 1100, 1200, 1300) und deskriptiv-statistischen Auswertungen von Altdaten innerhalb von Gemarkungsgrenzen basieren, wenn das Gebiet diese einfache Betrachtung zulässt. Selbstverständlich müssen die Schlussfolgerungen und Maßnahmen immer der fachlichen Belastbarkeit der Raumanalyse angemessen sein.
- 4 Eine **Kostenkontrolle** kann beispielsweise auch durch Prioritätensetzung für
- Nachuntersuchungen erfolgen. Nach der GSE-Empfehlung müssen nicht alle möglichen Raumeinheiten untersucht werden. Gefordert wird jedoch, dass neben den untersuchten auch die nicht untersuchten Raumeinheiten dargestellt werden (Ziffer 7).
- 5 Die **Konzeptkarten**-Entwicklung (Ziffer 3.1) ist ein kontinuierlicher Prozess der parallel zu den deskriptiv- und geo-statistischen Auswertungen erfolgen sollte.
- 6 Weitergehende Sachverhaltsermittlungen und Abstimmungen werden in der Regel in breiterem Kontext durchgeführt (z.B. auf Landesebene). Die Ziffer 5 wurde sozusagen als „letzte Instanz“ eingebracht, um die Angemessenheit der Beurteilungswerte rechtzeitig vor der Grenzziehung zu hinterfragen.
- 7 Für die Evaluierung (Ziffer 8) sind Zeiträume von ca. 10 Jahren angemessen.

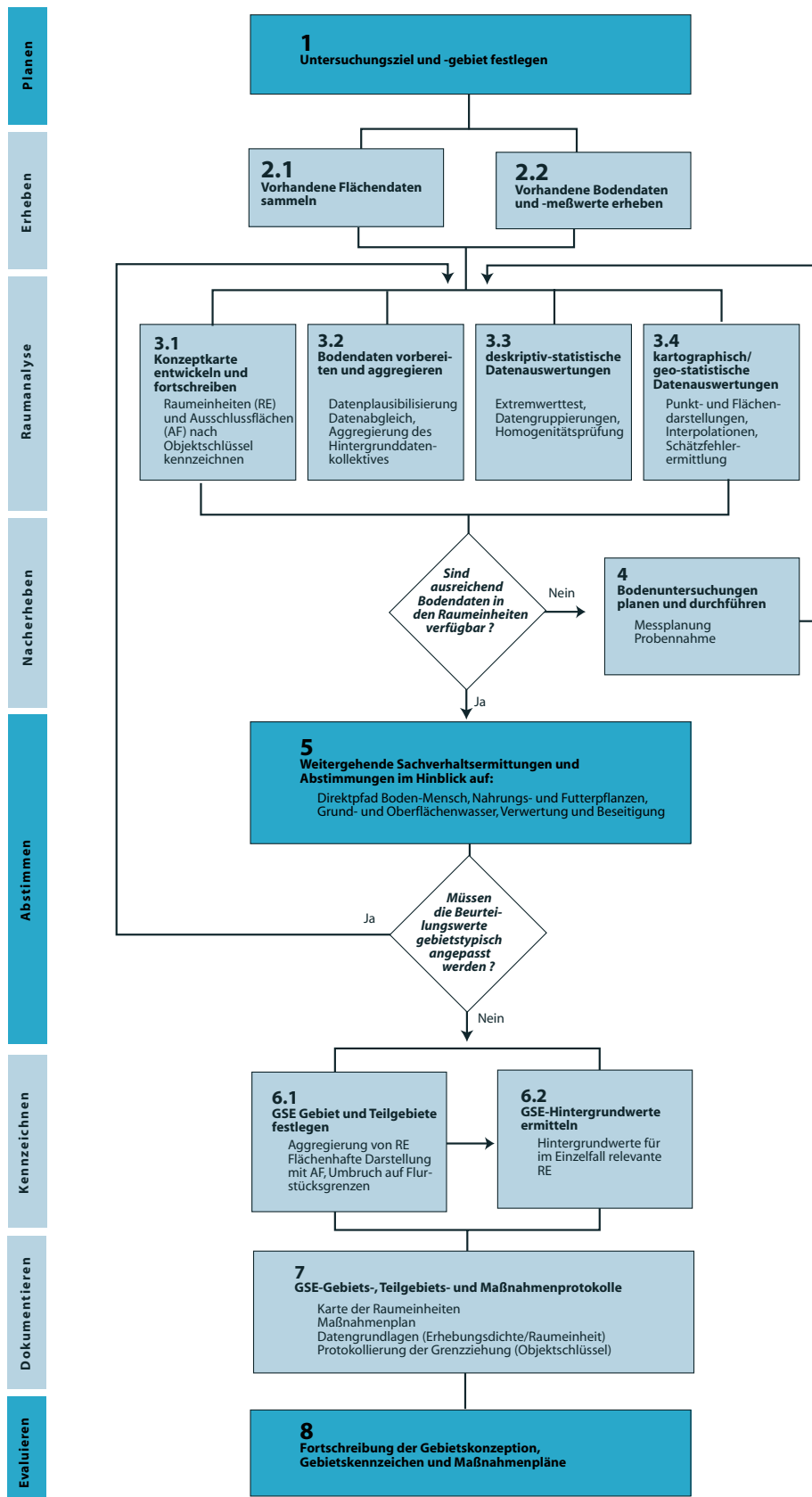


Abbildung iii-1: Verfahrensablauf der Gebietskennzeichnung

1 Untersuchungsziel und -gebiet festlegen

Zu Beginn einer Gebietskennzeichnung ist das Untersuchungsziel und -gebiet festzulegen. Ein Ziel kann nach Vorliegen entsprechender Anhaltspunkte die Umsetzung gesetzlicher Vorgaben sein (vgl. Tabelle 1-1). Mit der Zielsetzung werden die im Untersuchungsgebiet für die Klassifizierung anzuwendenden Beurteilungswerte (z.B. Vorsorgewerte) vorläufig festgelegt. Die Außengrenzen eines Untersuchungsgebietes sollten derart festgelegt sein, dass die Stoffverteilung flächenhaft gekennzeichnet werden kann.

Tabelle 1-1: Textauszüge aus dem Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG), der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) und dem Baugesetzbuch (BauGB)

§ 8 (2) BBodSchG	Werte und Anforderungen; „Die Bundesregierung wird ermächtigt, ... Vorschriften zu erlassen, insbesondere über ... Bodenwerte, bei deren Überschreiten unter Berücksichtigung von geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalten in der Regel davon auszugehen ist, dass die Besorgnis einer schädlichen Bodenveränderung besteht (Vorsorgewerte), ...“
§ 9 (2) BBodSchV	Besorgnis schädlicher Bodenveränderungen: „Bei Böden mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten besteht die Besorgnis des Entstehens schädlicher Bodenveränderungen bei einer Überschreitung der Vorsorgewerte ... nur, wenn eine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge durch die nach § 7 Satz 1 des BBodSchG Verpflichteten nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.“
§ 9 (3) BBodSchV	Absatz 3 gilt entsprechend bei Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten
§ 11 (2) BBodSchV	Zulässige Zusatzbelastung: „Soweit die zulässigen Zusatzbelastungen bei einem Schadstoff überschritten ist, sind die ... großflächig siedlungsbedingten Vorbelastungen im Einzelfall zu berücksichtigen.“
Anh. 2, 4.1 BBodSchV	Vorsorgewerte für Metalle; „Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten: unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach § 9 Abs. 2 und 3 dieser Verordnung keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen.“
§ 4 (8) BBodSchV	Bewertung; „Bei Böden mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten kann ein Vergleich dieser Gehalte mit den im Einzelfall ermittelten Schadstoffgehalten in die Gefahrenbeurteilung einbezogen werden“
§12 (10) BBodSchV	Aufbringen von Bodenmaterial; „In Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten in Böden ist eine Verlagerung von Bodenmaterial innerhalb des Gebietes zulässig, wenn die ... Bodenfunktionen nicht zusätzlich beeinträchtigt werden und insbesondere die Schadstoffsituation am Ort des Aufbringens nicht nachteilig verändert wird. Die Gebiete erhöhter Schadstoffgehalte können von der zuständigen Behörde festgelegt werden. Dabei kann die zuständige Behörde auch Abweichungen von Absatz 3 und 4 zulassen.“ Absatz 3: Untersuchungspflicht vor dem Auf- und Einbringen von Bodenmaterial Absatz 4: Einhaltung von 70% der Vorsorgewerte bei landwirtschaftlicher Folgenutzung
§ 21 (3) BBodSchG	Landesrechtliche Regelungen; „Die Länder können darüber hinaus Gebiete, in denen flächenhaft schädliche Bodenveränderungen auftreten oder zu erwarten sind, und die dort zu ergreifenden Maßnahmen bestimmen sowie weitere Regelungen über gebietsbezogene Maßnahmen des Bodenschutzes treffen“.
§ 1a (2) BauGB	Umweltschützende Belange in der Abwägung; „In der Abwägung nach § 1 Abs. 6 (Aufstellung der Bauleitpläne) sind auch zu berücksichtigen die Darstellungen von ... sonstigen Plänen“.

Untersuchungsgebiet

Siedlungsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte sind naturgemäß dort zu finden, wo die Einwohnerdichten hoch sind (Abbildung 1-1), die Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile hoch sind (Abbildung 1-2), die Siedlungen alt sind oder ein deutlicher industriell-/gewerblich-/bergbaubedingter Einfluss vorhanden ist oder war.

Neben diesen für kleinmaßstäbliche Betrachtungen wichtigen Aspekten sind in der GSE-Empfehlung im Objektschlüssel zahlreiche weitere Aspekte für die Festlegung eines Untersuchungsgebietes aufgeführt.

Überregionale Gebietsplanung

Die Planung für die Kennzeichnung potentieller GSE sollte überregional (z.B. gemeindeübergreifend oder landesweit) koordiniert werden. Andernfalls würde die Festlegung von Untersuchungsgebieten ausschließlich nach regionalen Anlässen und Prioritäten (z.B. nach Budget- oder umweltpolitischen Möglichkeiten) oder losgelöst vom Gesamtzusammenhang nur für einzelne Aspekte (z.B. nur für gewerbe-, bergbau-, überschwemmungs-, agrarbedingte Einträge) erfolgen. Die Folge wären GSE-Grenzen entlang von politischen Grenzen, Nutzungsgrenzen oder wiederholte Raumanalysen zu immer wieder neuen Aspekten.

Für die überregionale Gebietsplanung stehen grundsätzlich die gleichen Instrumente der Ziffer 3 zur Verfügung, wie bei der großmaßstäblichen Betrachtung, jedoch sind manche Raumobjekte überregional unbedeutend (z.B. Obj 8000 Materialauffüllungen).

Beispiele für überregionale Raumanalysen sind das **Ruhrgebiet** mit seinen über 200 jährigen Gewerbe- und Industriestandorten oder der **Schwarzwald** mit seinen Bergbautraditionen.

Es liegen im Bundesgebiet erst wenig Hinweise vor, in welchen Städten ein GSE vorliegt. Auf Grundlage der Recherchen zu diesem Bericht läßt sich jedoch schlussfolgern, dass die im Einzelfall vorhandene, historische Gewerbestruktur den dominierenden Einfluss hat. Darüberhinaus sind das Siedlungsalter und die Siedlungsdichte relevante Faktoren. Aus pragmatischen Gründen, sollten Städte mit mehr als 50.000 bis 100.000 Einwohner bevorzugt untersucht werden. In diesen



Abbildung 1-1: Einwohnerdichten in Europa nach BBR 2000



Abbildung 1-2: Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in Deutschland nach BBR 2000

Städten ist - insbesondere in alten oder langjährig gewerblich genutzten Stadtteilen - zu erwarten, dass einzelne Medianwerte die Vorsorgewerte der BBodSchV überschreiten. Als allgemeine Leitparameter werden 1. Benzo[a]pyren und 2. je eine regionalspezifische Komponente empfohlen (vgl. Ziffer 6.1).

Untersuchungsziel

Das Untersuchungsziel steht bei der Festlegung des jeweiligen Untersuchungsgebietes im Vordergrund. Letztlich steht neben der Bodenzustandserfassung ein mehr oder weniger großes Bündel an Maßnahmen (GSE-Maßnahmenplan nach Ziffer 7) im Vordergrund.

Im BBodSchG wird in § 8 der Begriff der „geogenen oder großflächig siedlungsbedingten Schadstoffgehalte“ im Zusammenhang mit dem vorsorgenden Bodenschutz eingeführt. In Verbindung mit dem § 9 BBodSchV und dem Anhang 2 der BBodSchV werden für diese Gebiete die Vorsorgewerte ausgenommen, soweit keine erhebliche Freisetzung von Schadstoffen oder zusätzliche Einträge nachteilige Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen. Für die Umsetzung dieser Ausnahmeregelungen aus dem Bereich des vorsorgenden Bodenschutzes ist sowohl die gutachterliche Festlegung von Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten als auch die Ableitung von gebietsbezogenen Hintergrundwerten hilfreich, aber nicht zwingend erforderlich.

Bei der Anwendung von § 4 (8) der BBodSchV zur Gefahrenbeurteilung dienen die Instrumente der Gebietsfestlegung und „gebietsbezogene Hintergrundwerte“ zur Vereinfachung des Bodenschutzvollzugs.

In § 12 (10) BBodSchV ist eine „Kann“-Bestimmung enthalten, Gebiete mit erhöhten Schadstoffgehalten behördlich festzulegen. Hier wird nicht von „geogenen und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten“ gesprochen, sondern von „Gebieten mit erhöhten Schadstoffgehalten“. Damit können die Sonderregelungen in § 12 sowohl für Gebiete mit geogen als auch für Gebiete mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten angewendet werden.

In manchen Bundesländern werden auf Grundlage von § 21 (3) BBodSchG Gebiete, in denen schädliche Bodenveränderungen (GSB) auftreten

oder zu erwarten sind, bestimmt. In der Regel sind im Umfeld der GSB erhöhte Schadstoffgehalte zwischen dem Vorsorgewert und dem Prüfwert vorhanden. Auch treten häufig innerhalb von GSE, inselhaft verteilt GSB auf. Allein dieser Umstand macht es erforderlich, beide Anwendungsfälle methodisch gleich zu behandeln.

Wenn - wie nach dem vorliegenden Definitionsvorschlag - gebietsbezogene Hintergrundwerte über Prüf- und Maßnahmenwerten liegen, dann ist ein GSE unter Umständen auch ein GSB. Auch dieser Umstand spricht für die methodische Gleichbehandlung.

Nach § 1 a des Baugesetzbuches (BauGB) sind umweltschützende Belange bei der Aufstellung von Bauleitplänen (Vorbereitender Bauleitplan: Flächennutzungsplan, Verbindlicher Bauleitplan: Bebauungsplan) zu berücksichtigen. Die Darstellungen in Flächennutzungsplänen sind durch die Baunutzungsverordnung (BauNVO) festgelegt. Flächennutzungspläne finden Eingang in Regionalpläne nach § 9 Raumordnungsgesetz (ROG), welche wiederum aus Raumordnungsplänen des Bundes und der Länder resultieren.

2 Materialien sammeln und erheben

2.1 Vorhandene Flächendaten sammeln

Für die Erstellung der „Konzeptkarte 1.0“ nach Ziffer 3.1 und der folgenden Raumanalysen müssen eine Reihe von Flächendaten gesammelt werden (Tabelle 2.1-1). Ziel der Materialiensammlung ist, die jeweils relevanten Raumeinheiten einschl. der Ausschlussflächen für die Raumanalyse zu erfassen.

In jedem Fall sollte eine flächendeckende und eindeutige Erfassung der Bodennutzungen erfolgen, wobei die Detailschärfe vom Ziel der Gebietskennzeichnung und dem Maßstab abhängig ist.

Für die Auswertung von Bodendaten werden i.d.R. Messdaten über lange Zeiträume (> 10 Jahre) zusammengefasst. Im Einzelfall kann die Nutzung zwischenzeitlich geändert worden sein. Um den Aufwand für die Aktualisierung der Nutzungsangaben zu begrenzen, wird empfohlen, relevante Großprojekte mit Nutzungsänderungen kartographisch zu erheben (z.B. Flughafen-erweiterung, Gartenschauelände, Autobahnbau). Die erhobenen Bodendaten nach Ziffer 2.2 sollten auf dieser Grundlage auf Aktualität überprüft werden.

Tabelle 2.1-1: Themen und beispielhafte Datenquellen für Flächendaten

Nr	Thema	Quellen (Beispielhaft)
1	Bodennutzungen (einschl. Versiegelung)	ATKIS-Daten, ALKIS-Daten, Topographische Karten (DGK 5, TK 25, TK50), Satellitenbilder
2	Siedlungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen	ATKIS, Flächennutzungspläne, Versiegelungskarten (Entwässerungspläne)
3	Diffuse Schadstoffquelle	Immissionskarten, historische Luftbilder und Karten, (Siedlungsentwicklung, Kriegszerstörung),
4	Punktquellen	Emissionskatasterdaten, Karten von Altstandorten
5	Linienquellen	ATKIS
6	Geogene Besonderheiten	geologische Karten, Bodenkarten, Bodenarten-Karten, Lagerstätten- und Gangkarten
7	Überschwemmungsgebiete	Überschwemmungsgebietskarten, ATKIS
8	Materialauftragsflächen	Klärschlammflächenkataster, Karten von Altablagerungen
9	Atmosphärische Stoffeinträge	Höhenmodell Immissionskarten

In Umweltverwaltungen der Länder sind in den vergangenen Jahren umfangreichen **Geodatenpools** entstanden. In Ergänzung zu den meist kommunalen Katastern und GIS-Systemen bieten diese Daten in der Regel eine hervorragende, kostengünstige Datengrundlage, für die Raumanalyse.

2.2 Vorhandene Bodendaten und -meßwerte erheben

Für die Beurteilung der flächenhaften Bodenbeschaffenheit werden vielfach heterogene, alte Datenbestände genutzt. Um eine Mindestqualität der Daten zu gewährleisten, sollten die Stammdaten nach Tabellen 2.2-1 erfasst werden. Neben den Stammdaten sollten die Bodenparameter nach Ziffer 4.2 soweit möglich mit erfasst werden (z.B. Bodenart, Carbonatgehalt, pH-Wert, Skelettgehalt).

Bodenanalysen sollten im Zusammenhang mit dem Untersuchungsprojekt, in dem sie erzeugt wurden, erfasst und ausgewertet werden (z.B. für die Nacherhebung von Begleitdaten, Plausibilisierung, Aggregierung des GSE-Datenkollektives). Auch die Gründe, die zum Ausschluss von Daten oder Projekten und der Nichterfassung von Daten geführt haben, sollten nachvollziehbar in den Projektstammdaten hinterlegt werden. Für die Erfassung von Daten sollte eine hausinterne Standardarbeitsvorschrift vorhanden sein, insbesondere zur Führung einer Handakte in der jede Abweichung von den Unterlagen dokumentiert ist. Auch die Anzahl und Art der Überprüfungen der erfassten Daten sollte festgelegt sein (z.B. durch zweite Person).

Wenn für „Altdatenbestände“ keine Probennahmetiefe zugeordnet werden kann, sollten entsprechende Datensätze nicht in die Auswertung einbezogen werden.

Tabelle 2.2-1: Obligatorische Stammdaten für die Erhebung vorhandener Bodendaten

Nr	Feldinhalt	Anmerkungen
1	Projektstammdaten	
1.1	Projektname	-
1.2	Auftraggeber	-
1.3	Projektbearbeitung	Probennehmer, Labor, Berichterstattung
1.4	Projektbeschreibung	Projektlaufzeit, Bearbeitungsgebiet, Messplanungsziel, Untersuchungsumfang, Projektberichte, Hinweise für die Datenverarbeitung
2	StandortProfilstammdaten	-
2.1	Standortidentifizierung	StandortNr., Originalstandortnummer (ersatzweise Probennr.); Originalstandortname (dem Datenbanknutzer muß es möglich sein, ein Analysenergebnis zurückzuverfolgen).
2.2	Probennahmejahr	im Idealfall Datum
2.3	Nutzung-Nr. nach Schlüssel	Wenn die genaue Nutzung nicht angegeben ist, kann sie i.d.R. aus den sonstigen Informationen erschlossen bzw. erfragt werden.
2.4	Rechtswert- und Hochwert	-
3	ProfilHorizontstammdaten	-
3.1	Horizont-Nr.	Häufig ist nur ein Horizont je Standort beprobt. In diesem Fall ist Proben-Nr. = Standort-Nr. und Horizont-Nr. = 1
3.2	Tiefe	Soweit keine Probennahmetiefe vermerkt ist, wird für Acker, Haus- und Kleingärten 0-30 cm, und für Grünland, Parkanlagen und sonstige Flächen 0-10 cm angesetzt.
4	Analysendaten	Für jeden untersuchten Parameter Angabe der Methode und Bestimmungsgrenze

3 Raumanalyse

3.1 Konzeptkarte entwickeln und fortschreiben

In der Konzeptkarte sind ausgewählte Raumeinheiten dargestellt (vgl. Abbildung 3.1-1). Die Konzeptkarte dient der Strukturierung und Dokumentation der Raumanalyse. Mit fortschreitender Raumanalyse sollten daher verschiedene Fassungen erstellt werden (Version 1.0, 2.0 ect.). Die gebietsbezogenen, möglicherweise relevanten Raumeinheiten können aus den Flächendaten nach Ziffer 2.1 zusammengestellt werden oder aus Flächeninterpolationen nach Ziffer 3.4.3 errechnet werden.

Die Raumeinheiten eines Gebietes sollen derart gegliedert werden, dass die erwartete Schadstoffverteilung angemessen am Datenbestand flächenhaft abgebildet werden kann. Die Fortschreibung der Konzeptkarten dient dazu, bei kleinräumig, sich vielfach überschneidenden Raumeinheiten die wesentlichen Merkmale zu selektieren. Die Raumeinheiten sollen nach Ziffer 3.3.5 im Hinblick auf ihre gebietsinterne Relevanz überprüft werden. In den Konzeptkarten sollten auch die Ausschlussflächen (z.B. Altstandorte und Altablagerungen) dargestellt werden. Es wird empfohlen, beispielsweise im Maßstab 1:5.000 Flächen erst ab einer Größe von 100 m², im Maßstab 1:25.000 Flächen ab einer Größe von 2.500 m² und im Maßstab 1:100.000 Flächen ab 4 ha darzustellen.

Tabelle 3.1-1: Hauptmerkmale für Raumeinheiten (einschl. Ausschlussflächen)

Hauptmerkmal	Erläuterung
1000	Bodennutzung Kleinräumige Nutzungsstrukturen, tatsächliche grundstücksspezifisch dominierende Bodennutzung (z.B. Parkanlage) – die Bodennutzung soll eindeutig zugewiesen sein, d.h. jede Fläche hat nur eine Nutzung
2000	Siedlungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen Diverse übergeordnete Raumeinheiten, die nicht unter die übrigen Hauptmerkmale fallen
3000	Diffuse Quelle Übergeordnete Raumeinheit mit vermutetem Einfluß durch diffuse bzw. eine Vielzahl nicht identifizierbarer Einzelquellen (z.B. Gebiet mit Bergbauaktivitäten, Gebiet mit Vielzahl von Punktquellen, Verschleppung von Schlacken in einem Gebiet)
4000	Punktquellen Ausschlussflächen - Raumeinheiten mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten aus identifizierbaren Punktquelle (z.B. Emissionen, Schlacken)
5000	Linienquellen Ausschlussflächen - Raumeinheit mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten durch Straßen, Bahn oder sonstige Linienquellen. Sofern keine raumspezifischen Daten vorliegen, sollte der Einwirkungsbereich von Straßen im Außenbereich mit 10 m vom Fahrbahnrand und im Innenbereich (in Anlehnung an ATKIS) mit 3 m vom Fahrbahnrand angenommen/dargestellt werden.
6000	Geogene Strukturen Gesteins- oder bodenbedingte Raumstrukturen einschl. „Geogener Besonderheiten“: Raumeinheit mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten natürlichen Ursprungs. In der Konzeptkarten sollten die Ausgangsgesteine dargestellt sein, welche natürlicherweise die bodenartsspezifischen Vorsorgewerte nach BBodSchV überschreiten.
7000	Überschwemmungsflächen Raumeinheit mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten aus Überschwemmungsereignissen. Die Überschwemmungsgebiete sollten, ggf. untergliedert nach der Häufigkeit der Überschwemmung dargestellt sein, ggf. auch historische Bereiche, die nicht mehr überschwemmt werden.
8000	Materialauftragsflächen Ausschlussflächen - Raumeinheit mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten durch den Auftrag von Böden, Sedimenten, Abfällen, Klärschlämmen, Abwasser oder sonstigen Materialien und Abfällen.
9000	Atmosphärische Stoffeinträge Raumeinheit mit evtl. erhöhten Schadstoffgehalten durch reliefbedingte, nasse Depositionen (z.B. Kammlagen im Umland von Ballungsräumen)

Es ist davon auszugehen, dass für die Gebietskennzeichnung nach Ziffer 6 nicht alle relevanten Raumeinheiten ausreichend abgeprüft werden können und die Gebietskennzeichnung in sofern einen Zwischenstand der Raumanalyse darstellt. Mit Hilfe der Konzeptkartenentwicklung soll nachvollziehbar dokumentiert werden, welche Raummerkmale geprüft und welche nicht geprüft wurden. Alle Raumeinheiten sollten gemäß dem Objektschlüssel im Anhang bezeichnet werden. In Tabelle 3.1-1 sind die Hauptmerkmale der Raumeinheiten beschrieben.

Die Konzeptkarte ist das „Herzstück“ der Raumanalyse. Die Konzeptkarte basiert auf den erhobenen Flächendaten nach Ziffer 2.1 und wird nach den Auswertungen nach Ziffer 3.3 und Ziffer 3.4 fortgeschrieben.

Die Konzeptkarte sollte in für die Objektgruppen getrennten Layers erstellt werden. Die Objektgruppen dienen der Strukturierung der Geodaten.

Zunächst sollte, im Einklang mit dem Ziel der Gebietskennzeichnung nach Ziffer 1, der Zielmaßstab festgelegt werden. Während beispielsweise im Maßstab 1:25.000 die Siedlungsstrukturen (z.B. Gewerbegebiet) noch gut differenziert werden können (Abbildungen 3.1-2) ist dies im Maßstab 1:100.000 kaum noch sinnvoll (Abbildungen 3.1-1).

Die Abbildungen 3.1-3 und 3.1-4 zeigen weitere Konzeptkartenlayers am Beispiel einer Stadtbodenkartierung (Objektgruppe 6000) in Rheinfelden und eines Überschwemmungsgebietes (Objektgruppe 7000) in der Muldenaue. Die Abbildungen 3.1-5 und 3.1-6 zeigen beispielhaft Objektgruppenübergreifende Konzeptkarten.

Im Teil B dieses Berichtes sind weitere Beispiele für Raumobjekte aufgeführt.

Letztlich sollten die Layers auf eine Ebene projiziert werden. Welche Objekte schließlich in die Objektkarte nach Ziffer 6 und 7 eingehen - ist das Ergebnis der Raumanalyse und weitergehenden Abstimmungen nach Ziffer 5.

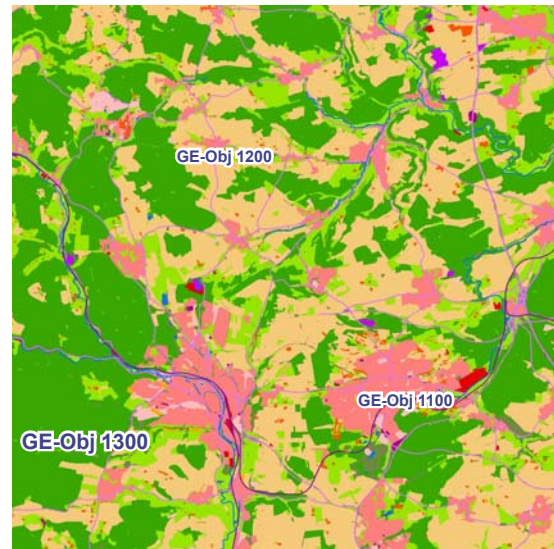


Abbildung 3.1-1: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer Objektgruppe 1000 M100 Bodennutzungen in Villingen-Schwenningen (Grundlage: ATKIS, UMEG 2002)

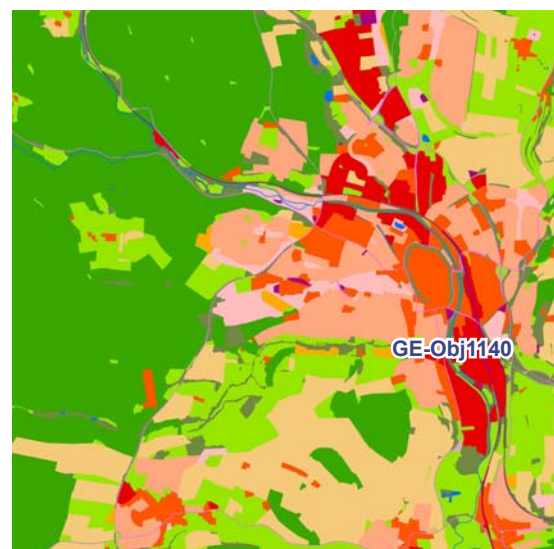


Abbildung 3.1-2: Beispielhaftes Konzeptkartenlayer Objektgruppe 1000 M25 Bodennutzungen in Villingen-Schwenningen (Grundlage: ATKIS, UMEG 2002)



Abbildung 3.1-3: Beispielhaftes Konzeptkarten-layer 6000 für Stadtböden in Rheinfelden (BaWü 1995d)

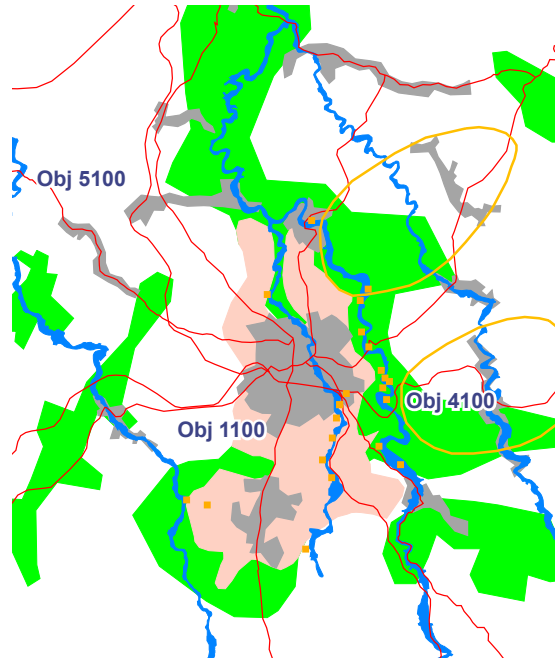


Abbildung 3.1-5: Beispielhafte Konzeptkarte mit verschiedenen Objekten in Freiberg, Sachsen

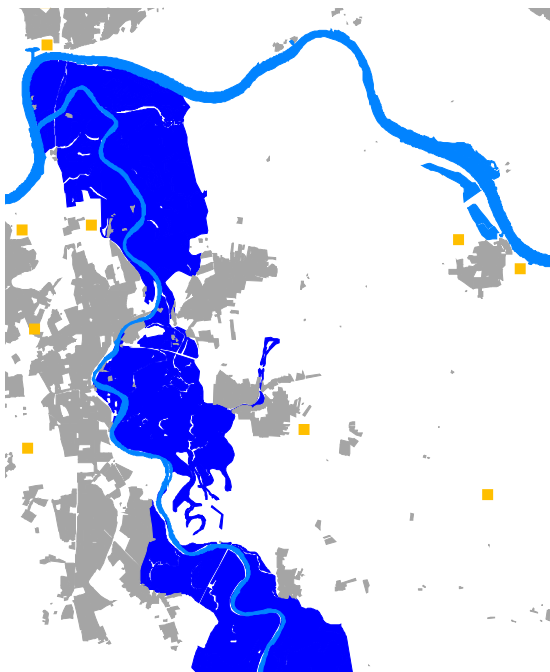


Abbildung 3.1-4: Beispielhaftes Konzeptkarten-layer 7000 Überschwemmungsfläche Muldenaue

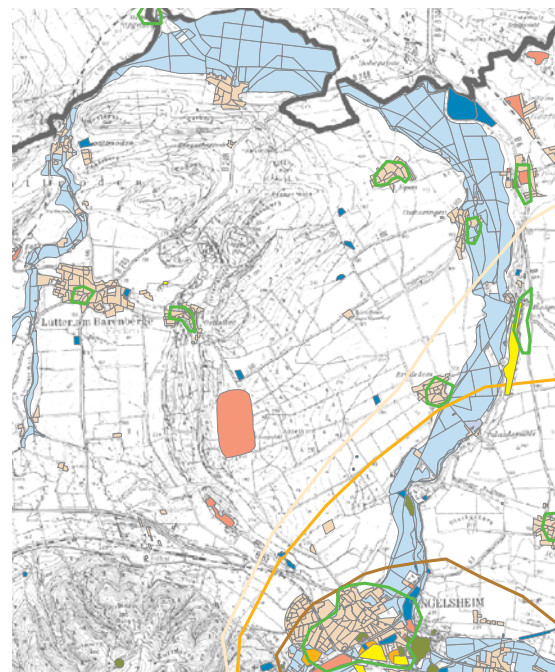


Abbildung 3.1-6: Beispielhafte Konzeptkarte mit verschiedenen Objekten im Landkreis Goslar, Niedersachsen

3.2 Bodendaten vorbereiten und aggregieren

3.2.1 Datenplausibilisierung

Die Datenplausibilisierung kann mit folgenden beispielhaften Verfahren durchgeführt werden:

1. Vergleich projektspezifischer Perzentile
Der Vergleich der 50. und 90. Perzentile der projektspezifischen Teildatensätze liefert unter Hinzuziehung der Projektbeschreibung (insb. Ziel der Messplanung, Lage der Standorte) eine geeignete Basis um z.B. analysenbedingte Ausreißer zu erkennen.
2. Vergleich von Daten durch Wiederholuntersuchungen
3. Vergleich von Bodenhorizonten
Bei ungestörten Böden ist ein Vergleich der Stoffgehalte mit landesweiten Hintergrundwerten ein geeignetes Plausibilisierungsverfahren.
4. Räumliche Datenplausibilisierung
Sowohl Punktdarstellungen als auch geostatistische Auswertungen nach Ziffer 3.4 eignen sich für räumliche Datenplausibilisierung.

3.2.2 Datenabgleich

Profiltiefenabgleich

Für die statistischen und kartografischen Berechnungen nach Ziffer 3.3 und 3.4 sollten die Messdaten auf eine Normtiefe umgerechnet werden. Hierfür wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

1. Zieltiefe für Oberböden sind die Tiefenstufen nach BBodSchV

0-10 cm	Kinderspielflächen, Wohngebiete, Park- und Freizeitanlagen, Industrie- und Gewerbegrundstücke und Grünland
0-30 cm	Ackerbau und Nutzgarten,
2. wenn mehrere Teilproben innerhalb einer Tiefenstufe vorliegen (z.B. 0-2 und 2-10 cm für die Tiefe 0-10 cm) sind diese tiefengetreu umzurechnen,
3. sofern innerhalb der Zieltiefe nur eine Teiltiefe beprobt wurde (z.B. 0-2 cm für 0-10 cm), ist die Verwendbarkeit dieser Daten zu prüfen.

Umrechnung von Messdaten

Die Umrechnung von Königswasserlöslichen Schwermetallgehalten aus Totalgehalten kann nach BGR (1999) erfolgen. Sofern eine substratspezifische Zuordnung der Bodendaten möglich ist, sollten die substratspezifischen Gleichungen verwendet werden.

Umgang mit Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenze

Die Verrechnung von Messwerten mit sehr unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen ist im Einzelfall kritisch zu prüfen. Für den Umgang mit Messwerten unterhalb der Bestimmungsgrenzen wird folgende Vorgehensweise empfohlen:

- für die Perzentilermittlung können Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenzen mit „0“ oder der „halben Bestimmungsgrenze“ ersetzt werden, vorausgesetzt die Bestimmungsgrenze liegt unterhalb des 50. Perzentiles.
- bei Summenbildung organischer Einzelkomponenten werden Messwerte unterhalb der

Bestimmungsgrenze mit „0“ ersetzt

- für geostatistische Flächeninterpolationen sollten Messwerte unterhalb der Bestimmungsgrenze mit der „halben Bestimmungsgrenze“ ersetzt werden.

3.2.3 Aggregation des Hintergrund-Datenkollektives

Für die GSE-Kennzeichnung sollten die erfassten Projektdaten in ein „GSE-Datenkollektiv“ und in „Datenkollektive der Ausschlussflächen und Extremwerte“ getrennt werden. Der Objektschlüssel gibt Hinweise, welche Raumeinheiten Ausschlussflächen sind. Extremwerte werden nach Ziffer 3.3.2 berechnet. Neben dem „GSE-Datenkollektiv“ sollten auch die Datenkollektive der Ausschlussflächen und Extremwerte weiterverarbeitet und ausgewertet werden.

Projektdatenkollektive, bei denen Standorte mit erhöhten Gehalten vorab selektiv (z.B. vor der Meldung) eliminiert wurden, sollten gänzlich ausgeschlossen werden, damit keine einseitige „Schönung“ der Gesamtdaten erfolgt. Dies kann z.B. bei Daten von Klärschlammbeaufschlagungsflächen der Fall sein, wenn nur die „negativen“ Befunde erfasst wurden. Standorte, deren Nutzung zwischenzeitlich geändert wurde, bleiben für die deskriptiv-statistischen Auswertungen in dem GSE-Datenkollektiv enthalten.

3.2.4 Zuordnung der Bodendaten zu Raumeinheiten

Die erhobenen Bodendaten müssen den zu prüfenden Raumeinheiten der Konzeptkarten für die weitere Datenanalyse zugeordnet werden. Dabei sind Mehrfachnennungen (Zuordnung eines Standortes zu verschiedenen Raumeinheiten) die Regel, d.h. dass der selbe Messwert gleichzeitig zu verschiedenen Datenkollektiven gehören kann. Der Extremwerttest nach Ziffer 3.3.2 liefert ggf. Hinweise für neue Raumeinheiten.

Die sorgsame, nachvollziehbare Aggregation des GSE-Datenkollektives nach Ziffer 3.2 ist ein wesentlicher Schritt, der die Qualität der deskriptiv- und geostatistischen Raumanalysen nachhaltig beeinflusst.

Da für die Datenauswertung immer auch Daten verschiedener Projekte und unterschiedlichen Fragestellungen aggregiert werden, ist keine „auto-

matisierte“ Datenzusammenführung möglich. Das GSE-Datenkollektiv wird also in gewissem Umfang immer die „Handschrift“ des Autors tragen.

Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, auch die „Datenkollektive der Ausschlussflächen und Extremwerte“ weiter auszuwerten und darzustellen (vgl. Ziffer 7).

Tabelle 3.2-1: Regressionsgleichungen für die Umrechnung von königswasserlöslichen Schwermetallgehalten und Totalgehalten nach UBA (1999)

Komponente	Umrechnungsgleichung	r ²
Cadmium	$\log \text{Cd (KW)} = -0,09 + 1,22 \log \text{Cd (Total)}$	0,89
Kupfer	$\log \text{Cu (KW)} = -0,19 + 1,12 \log \text{Cu (Total)}$	0,98
Chrom	$\log \text{Cr (KW)} = -0,45 + 1,05 \log \text{Cr (Total)}$	0,83
Nickel	$\log \text{Ni (KW)} = -0,07 + 0,99 \log \text{Ni (Total)}$	0,90
Blei	$\log \text{Pb (KW)} = -0,42 + 1,21 \log \text{Pb (Total)}$	0,94
Zink	$\log \text{Zn (KW)} = -0,12 + 1,02 \log \text{Zn (Total)}$	0,94

Wichtig ist auch die Festlegung, dass Daten von zwischenzeitlich umgenutzten Flächen in der Auswertung erhalten bleiben - solange beispielsweise belastete Böden in einem Gebiet nur umgelagert werden.

Falsche Messwertkollektive, die durch ein Projekt verursacht werden, können die GSE-Hintergrundwerte nachhaltig in die eine oder andere Richtung beeinflussen. In diesem Zusammenhang hat sich der projektweise Perzentilvergleich als zweckmäßiges Methode der Datenplausibilisierung erwiesen (vgl. Abbildung 3.2-1).

In Tabelle 3.2-1 sind Regressionsgleichungen für die Umrechnung von königswasserlöslichen Schwermetallgehalten und Totalgehalten nach UBA (1999) aufgetragen (Ziffer 3.2.2). Sofern Informationen zu Ausgangsgesteinen vorliegen, sollten nach UBA (1999) differenzierte Gleichungen genutzt werden.

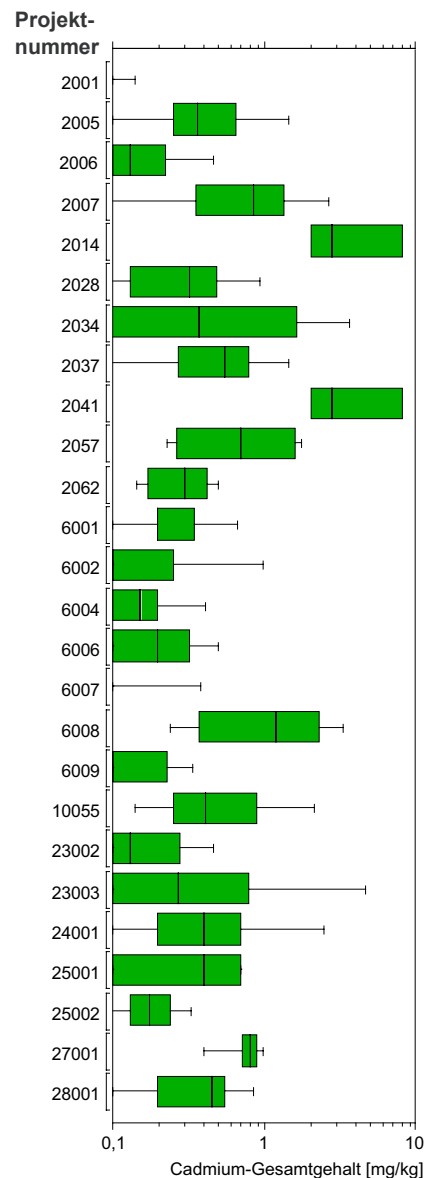


Abbildung 3.2-1: Beispielhafte „Boxplot-Projekt-Daten-Plausibilisierung nach der Ziffer 3.2.1-1 anhand von Cadmiummesswerten aus Stuttgart (die Projekte 2014 und 2041 sind mit relativ hohen Medianwerten auffällig)

3.3 Deskriptiv-Statistische Auswertungen

3.3.1 Perzentilberechnung

Die Gesamtdatensätze und Teildatensätze werden durch das 10., 50. und das 90. Perzentil charakterisiert (10.P, 50.P bzw. 90.P). Grundsätzlich hat die Art der Berechnung bei dem angestrebten Untersuchungsumfang nach Ziffer 6.2 keinen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis. Bei kleinen, heterogenen Datensätzen wird im Zweifelsfall folgendes Verfahren der linearen Interpolation empfohlen:

$$p. \text{ Perzentil} = (1-f) x_k + f x_{k+1} \text{ und}$$

$$v = np/100 + 0,5$$

- p: Perzentil
 k: Rangplatz in der vom kleinsten zum größten Wert sortierten Datenreihe, ganzzahliger Teil von v
 f: Dezimalanteil von v
 n: Probenanzahl

3.3.2 Extremwerttest

Für die Ermittlung der Hintergrundwerte sollten zuvor die Extremwerte iterativ aus dem GSE-Datenkollektiv entfernt werden. Dazu kann insbesondere folgende Extremwertgrenze angewendet werden:

$$\text{Extremwertgrenze} = 50. \text{ Perzentil} + 5 \times (75. \text{ Perzentil} - 25. \text{ Perzentil})$$

Beispielrechnung:	Bleigehalte in Ackerböden, n = 147
Ausgangsdaten	25.P = 69 mg/kg
	50.P = 89,5 mg/kg
	75.P = 126 mg/kg
Interquartilabstand	57
Ausreißergrenze	$89,5 + 5 \times 57 = 374,5 \text{ mg/kg}$

3.3.3 Relative Datenstreuung

Die relative Datenstreuung von Raumeinheiten eines Gebietes kann durch Vergleich der Quartilsabstände gemäß Ziffer 3.3.2 beurteilt werden. Ein allgemein tolerables Streumaß von Messdaten innerhalb von Raumeinheiten kann nicht empfohlen werden, da dieses vom Parameter, der Messwerthöhe und dem Ziel der Gebietskennzeichnung abhängt.

3.3.4 Flächenrepräsentanz

Die Flächenrepräsentanz der Daten einer Raumeinheit kann ansatzweise durch

- Einhaltung des erforderlichen Stichprobenumfanges nach Ziffer 3.4.3 und 6.2,
- Einhaltung der Mindestprobenahmeumfänge nach Ziffer 4.1,
- die durchgeführten Extremwerttests nach Ziffer 3.3.2 und
- die Beurteilung der relativen Datenstreuung nach Ziffer 3.3.3

gewährleistet werden.

3.3.5 Prüfung der Relevanz von Raumeinheiten

Raumeinheiten sind für die Gebietskennzeichnung relevant, wenn die 10., 50. oder 90.-Perzentilwerte vom Durchschnitt abweichen oder wenn eine Raumeinheit für eine spezifische Pfadbetrachtung genutzt werden soll (z.B. Wohngebiete). Ziel der Prüfung der Relevanz von Raumeinheiten ist die Bildung möglichst weniger, homogener Teildatensätze.

Die zu vergleichenden Raumeinheiten sind den Konzeptkarten nach Ziffer 3.1 zu entnehmen. Der Extremwerttest nach Ziffer 3.3.2 und die Beurteilung der Datenstreuung nach Ziffer 3.3.3 liefern ggf. Hinweise für weitere Raumeinheiten (bzw. Ausschlussflächen).

Bei der Prüfung der Relevanz von Raumeinheiten können folgende Grundsätze beachtet werden:

- untergeordnete Raumeinheiten, deren Häufigkeitsverteilung ähnlich oder für die Klassifikation unerheblich sind, können aggregiert werden,
- Raumeinheiten, deren Häufigkeitsverteilung stark streut, sollten weiter untergliedert werden, sofern hierdurch eine qualitative Differenzierung erreicht werden kann (z.B. Stadtteil mit Stoffgehalten oberhalb und unterhalb eines Prüfwertes),
- unzureichend untersuchte Raumeinheiten können ggf. in eine übergeordnete Raumeinheit eingegliedert werden, jedoch sollten die ungeprüften Raumeinheiten dokumentiert werden,
- bei sich überlagernden Raummerkmalen (z.B. alle Grünlandstandorte liegen im Überschwemmungsgebiet) sollte anhand einer Ursachenabschätzung das dominierende Merkmal benannt werden (ggf. ist auch eine Doppelnennung von Merkmalen erforderlich).

Statistische Signifikanz-, Faktoren- oder Clusteranalysen können zur methodischen Unterstützung der Datenklassifizierungen bzw. der Prüfung der Relevanz von Raumeinheiten eingesetzt werden.

Perzentilermittlung

Die nach Ziffer 3.3.1 ermittelten Perzentile können von den Perzentilen der Grundgesamtheit („wahre Hintergrundgehalte“) abweichen. Die Zuverlässigkeit der Perzentilwerte hängt von der Repräsentativität der untersuchten Standorte (Messplanung) und dem Stichprobenumfang ab.

Das 50.P ist gegen Ausreißer unempfindlich und zur Charakterisierung kleiner Teilstichproben besser geeignet als das 90. P.

Als einfaches und robustes Konfentionsverfahren wurde der „**50.-5 Interquartilttest**“ ausgewählt. Für die GSE-Empfehlung ergeben sich folgende Anwendungen:

1. für die Herstellung eines „GSE-Datenkollektives“ nach Ziffer 3.2.3 der GSE-Empfehlung sind die Extremwerte zuvor auszusondern und
2. die Extremwerte müssen nach Ziffer 3.2.4 der GSE-Empfehlung dahingehend untersucht werden, ob eine neue Raumeinheit zu bilden ist.

Extremwerttest (siehe auch Teil C)

Mit Hilfe von Extremwerttests werden Messungen, die ganz offensichtlich nicht repräsentativ für die Stichprobe einer Raumeinheit sind, gekennzeichnet. Da das Testverfahren einen Einfluss auf das Ergebnis hat, wurden im Teil C unterschiedliche Testverfahren empirisch auf ihre Auswirkungen auf Datensätze unterschiedlicher Herkunft untersucht.

Stichprobenumfang

Unterhalb eines Stichprobenumfangs von **50 Proben** sollte die Häufigkeitsverteilung der Daten im Hinblick auf die Robustheit des 90.-Perzentilwertes im Einzelfall geprüft werden, da die empirischen Tests der Datensätze aus

Siedlungsgebieten erst ab 50 Proben eine ausreichende Robustheit im Bereich des 90.- Perzentiles zeigten. Bei Verteilungen mit großer Datenstreuung sollte als statistisches Lagemaß nur der Median angegeben werden.

„Die Verrechnung von Messwerten (unterschiedlicher Probenserien bzw. Projekte) mit sehr **unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen** ist im Einzelfall kritisch zu prüfen“, da im Grunde jede Probennahmekampagne eine eigene Stichprobe ist.

Bei einem hohen Prozentsatz von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze oder bei einer starken Streuung der Messdaten im oberen Wertebereich sollte die Abgrenzung der Raumeinheiten (Konzeptkarte nach Ziffer 3.1) neu geprüft werden, da sich hier unter Umständen **untergeordnete oder neue Raumeinheiten** verbergen („weißer oder schwarzer Fleck in grauer Landschaft“).

Flächenrepräsentativität

Von BGR (1999) wurden Klassen der räumlichen Verbreitung (RV-Klassen) und ein Index für die Übereinstimmung eines Standortes mit der jeweiligen Raumeinheit (V_i) entwickelt. Bei Böden mit siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten finden sich häufig auf kleinem Raum vielfach überlagernde Raummerkmale (z.B. Standort der Bodennutzung „1122 Kleingarten“ liegt in einem „4200 Emittentenumfeld“). Sowohl die RV-Klassen als auch der Verteilungsindex V_i sind für die GSE-Kennzeichnung weniger gut geeignet als für große Gebiete mit wenigen, weit verstreuten Raumeinheiten.

Datenhomogenität

Wie die Auswertung von Testdaten ergab, konnte keine generelle Mindestanforderung an die Datenhomogenität festgelegt werden, da dies von den (gesetzlichen) Zielen der Gebietskennzeichnung abhängig ist. Die Datenhomogenität muss im Einzelfall beurteilt und im Maßnahmenplan nach Ziffer 7 berücksichtigt werden.

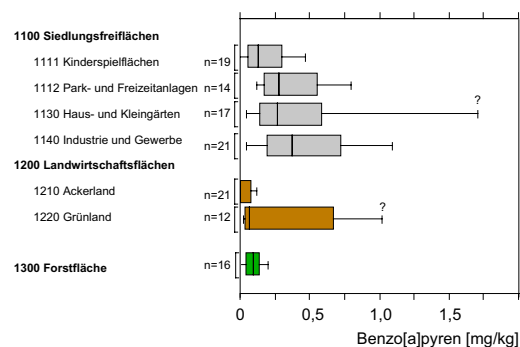


Abbildung 3.3-1: Beispielhafte Boxplotanalyse anhand von Benzo[a]pyrendaten aus dem Großraum Mannheim/Heidelberg (Daten aus BaWü 1999)

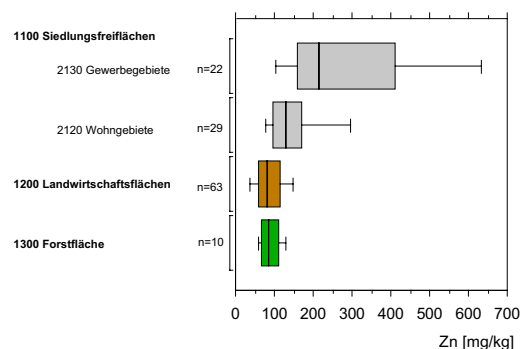


Abbildung 3.3-2: Beispielhafte Boxplotanalyse anhand von Zinkdaten aus Kehl (Daten aus BaWü 1995c)

3.4 Kartographisch/geostatistische Datenauswertungen

Die räumliche Darstellung und Analyse dient der Bildung und Überprüfung möglicher Raumeinheiten. Datengrundlage der kartografischen Auswertungen sollten die nach 3.3 klassifizierten und um Extremwerte bereinigten Daten sein.

3.4.1 Punktdarstellung

Die kartografische Darstellung von Punktdaten ist zu folgenden Zwecken erforderlich:

- allgemeine Datendokumentation (Darstellung aller Daten inkl. Extremwerte),
- Datenplausibilisierung (z.B. welche Einzeldaten dominieren in welchen Raumeinheiten),
- Dokumentation bei Flächendarstellungen (um zwischen geschätzten und gemessenen Gehalten unterscheiden zu können, Überprüfung von Art und Anzahl der Stützstellen),
- Datendarstellung bei hohem Versiegelungsgrad oder kleinräumigem Wechsel von Raumeinheiten (z.B. im Kerngebiet, Schichtstufenlandschaft) oder
- für die Darstellung von Stoffgehalten in Raumeinheiten, die sich wenig für die Interpolation eignen (z.B. Stofftraversen in Auen).

Bei Punktüberlagerungen soll darauf geachtet werden, dass die Maximalwerte sichtbar sind.

3.4.2 Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen

Eine einfache Form der Flächendarstellung, ist die Übertragung von 50. oder 90. Perzentilwerten nach Ziffer 3.3.1 auf die jeweiligen Raumeinheiten. Dieses Verfahren bietet sich insbesondere dann an, wenn

- die auf Grundlage der Flächendaten ausgewählten Raumeinheiten im GSE klar abgrenzbar sind und für die Stoffdifferenzierung eine ausreichende Detailschärfe besitzen und
- bei einer möglichen Interpolation innerhalb der Raumeinheiten kein Klassensprung (z.B. Prüfwerterüberschreitung) zu erwarten ist.

3.4.3 Flächeninterpolation

Die geostatistische Schätzung der räumlichen Verteilung der Schadstoffgehalte sollte angewendet werden, wenn

- die Voraussetzung einer räumlichen Abhängigkeit und Stetigkeit gegeben ist und daher durch die Interpolation eine konkrete Arbeitshypothese zur räumlichen Abhängigkeit geprüft werden kann (z.B. sinkender Gehalt mit zunehmender Entfernung von der Quelle, steigender Gehalt mit zunehmendem Niederschlag) und
- innerhalb einer oder über mehrere Raumeinheiten hinweg ein Klassensprung (z.B. Prüfwerterüberschreitung) zu erwarten ist, der nicht durch sonstige Raummerkmale erfasst werden kann.

Die interpolierten Flächendarstellungen liefern im kleinmaßstäblichen Bereich Anhaltspunkte für die Stoffverbreitung, jedoch häufig keine flurstücksspezifisch verwertbaren Aussagen. Der Verlauf der durch geostatistische Analysen erzeugten Grenzverläufe kann stark durch das Verfahren und die gewählten Parameter beeinflusst werden.

Eine pauschale Anwendung der Flächeninterpolation ohne vorbereitende oder begleitende Raumstrukturanalysen nach Ziffern 3.1 und 3.3 kann zu gravierenden Fehlinterpretationen führen.

Bei den vielfach angewendeten Kriging-Verfahren ist eine räumliche Analyse mittels Semivariogrammen erforderlich. Die geeigneten Interpolations-Parameter müssen im Einzelfall durch eine Modellanpassung an die empirisch ermittelten Werte abgeleitet werden.

Alternativ kann für die Zwecke der Gebietskennzeichnung nach dieser Anleitung das einfache „Inverse Distance Weighted Interpolation“ (IDW) Verfahren eingesetzt werden. Das IDW-Verfahren bezieht eine festzulegende Anzahl von Nachbarpunkten in die Interpolation ein. Weiter entfernte Punkte gehen dabei weniger stark in die Schätzung ein als näher gelegene Nachbarpunkte. Das IDW-Verfahren ist mit zahlreichen Softwareprodukten anwendbar (z.B. ArcView, Surfer).

3.4.3.1 Interpolation über Raumeinheiten ohne Korrekturfaktoren

Die einfache Interpolation über Raumeinheiten (z.B. Bodennutzungen) ohne Korrekturfaktoren kann für Zwecke der Gebietsabgrenzung angewendet werden, wenn

- die großräumigen Gehaltsunterschiede (z.B. Kernbereich von Bergbaugebieten zum Außenbereich, atmogene Stoffeinträge von Großemittenten) die kleinräumigen Unterschiede überlagern,
- die Raumeinheiten nach Vorprüfung keine spezifischen Unterschiede zeigen oder
- Korrekturfaktoren wegen unzureichender Datenverteilung nicht mit der erforderlichen Sicherheit berechnet werden können.

Darüberhinaus kann die einfache Interpolation über Raumeinheiten zur Hypothesenbildung und -prüfung eingesetzt werden. Dominierende Raumeinheiten, die zunächst nicht erkannt wurden (z.B. Auenbereiche), sollten ggf. in einem 2-ten Arbeitsschritt nach einem anderen Verfahren dargestellt werden (z.B. analog Ziffer 3.4.2).

3.4.3.2 Interpolation innerhalb von Raumeinheiten

Die Interpolation innerhalb von Raumeinheiten ist zu empfehlen, wenn die Angabe von Korrekturfaktoren nicht möglich ist und gleichzeitig bedeutsame Gehaltsunterschiede zwischen den Raumeinheiten ermittelt wurden. Die Methode kann immer angewendet werden, wenn eine große Datendichte vorhanden ist. Es wird empfohlen, die Interpolation innerhalb von Raumeinheiten erst ab einem Stichprobenumfang von 10 Proben durchzuführen.

Weiterhin wird empfohlen die Interpolation für Raumeinheitstypen (z.B. Acker) über das gesamte Gebiet, also auch über die anderen Raumeinheiten hinweg, durchzuführen, damit die äußeren Grenzen der Raumeinheiten möglichst viele äußere Stützstellen erhalten. In einem zweiten Arbeitsschritt, werden dann die Ebenen der Raumeinheiten nach den tatsächlichen Grenzen kartographisch verschnitten.

3.4.3.3 Interpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren

Die Flächeninterpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren stellt hinsichtlich der erforderlichen Daten und der Dokumentation eine aufwendige Art der Flächenschätzung dar. Die

Methode ist in LUA NRW (2000) beschrieben. Über eine Matrix von Korrekturfaktoren werden die Originaldaten verschiedener Raumeinheiten für die Interpolation „normiert“, um die Daten schließlich wieder zurückzurechnen.

Das Verfahren eignet sich insbesondere, wenn klar abgrenzbare Raumeinheiten, welche die tatsächliche Schadstoffverteilung gut widerspiegeln, vorliegen und die Teildatensätze für diese Raumeinheiten robust sind.

3.4.3.4 Interpolation mit Hilfsvariablen

Bei der Flächeninterpolation von Schadstoffgehalten können auch Daten von Hilfsvariablen genutzt werden, wenn eine ursächliche Korrelation zwischen dem eigentlichen Stoffgehalt und der Hilfsvariable ermittelt wurde (z.B. Höhenaufnahme im dm-Raster im Auenbereich, Schadstoffeintrag mit zunehmendem Niederschlag).

3.4.4 Kombinierte Darstellung

Für GSE, die sich sowohl über den Siedlungs- als auch Außenbereich erstrecken, kann bei unzureichender Datenlage für ausgewählte Raumeinheiten eine kombinierte Punkt-/Flächendarstellung zweckdienlich sein. Hierfür wird folgende Anwendung empfohlen:

- Punktdarstellung nach Ziffer 3.4.1 bei hohem Versiegelungsgrad (z.B. Kerngebiete) oder sehr kleinen Teilflächen,
- Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen nach Ziffer 3.4.2 bei kleinen Teilflächen (z.B. Parkanlagen, Kleingartenanlagen) oder in Gebieten mit kleinräumig wechselnden Raumeinheiten (z.B. Schichtstufenlandschaft),
- Flächeninterpolation nach Ziffer 3.4.3 für große Raumeinheiten, wenn die Anforderungen an das jeweilige Verfahren erfüllt sind.

Durch eine kombinierte Punkt-Flächen-Darstellung kann allgemein dem Umstand Rechnung getragen werden, dass in der Regel nicht alle Raumeinheiten eines Gebietes gleich gut untersucht sind und nicht in allen Teilbereichen die fachlichen Voraussetzungen für die Interpolation vorliegen !

Die räumliche Darstellung und Analyse der Messdaten ist neben der deskriptiv-statistischen Datenauswertung ein notwendiger Bestandteil der Raumanalyse. In der GSE-Empfehlung werden die vier folgenden Verfahren unterschieden

- 3.4.1 Punktdarstellung
- 3.4.2 Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen
- 3.4.3 Flächeninterpolation
- 3.4.4 Gemischte Darstellung

Während die Verfahren 3.4.1 und 3.4.2 in jedem Fall anwendbar sind, unterliegt die Anwendbarkeit der Flächeninterpolation den beschriebenen Voraussetzungen.

In der Tabelle 3.4-1 sind die folgenden beispielhaften Abbildungen 3.4-1 bis 3.4-11 in der Übersicht dargestellt.

Für die **Punktdarstellung (Verfahren 3.4.1)** bietet sich die Möglichkeit an, die Punkte nach dem Objektschlüssel zu kategorisieren (Abbildung 3.4-1). Die Thiessen-Polygone (Abbildung 3.4-2; mit dem Programmmodul „Create Thiessen Polygons 2.0“ von <http://arcscrip.esri.com> erstellt) stellen eine Kompromisslösung für die Verfahren 3.4.1 und 3.4.2 dar. Hier werden die Punkte exakt abgebildet, aber mit dem rechnerischen Flächenbezug. Dadurch wird die Messnetzdichte deutlich sichtbar. An dem gewählten Beispiel ist mit dieser Darstellung die „dreiklassige“ Differenzierung zu erkennen, wie sie für Freiberg auch durch verschiedene Interpolationsverfahren bestätigt wurde.

Die **Flächendarstellung (Verfahren 3.4.2)** baut auf der Konzeptkarte auf. Im Fallbeispiel Schöna

basieren die Raum-Objekte überwiegend auf den Einheiten der bodenkundlichen Kartierung (hier: Auenböden).

Die **geostatistische Flächeninterpolation (Verfahren 3.4.3)** ist darüberhinaus ein wichtiges Instrument für die Bildung und Prüfung möglicher Raum-Objekte im Sinne der GSE-Empfehlung.

Die Ziele der geostatistischen Raumanalyse können über den hier betrachteten Anwendungsfall hinaus gehen. Ziel der Geostatistik in der GSE-Empfehlung ist auf die mögliche **Grenzziehung** ausgerichtet - und zwar auch nur dann, wenn keine geeigneten Raumpolygone aus der Konzeptkarte ableitbar sind. In soweit sind die beispielhaften Abbildungen 3.4-4 bis 3.4-11 auch nur ein Zwischenergebnis für den eigentlichen Zweck der Gebieteskennzeichnung nach Ziffer 7 der GSE-Empfehlung: die „Objektkarte“.

Die **Interpolation über Raumeinheiten ohne Korrekturfaktoren (Verfahren 3.4.3.1)** ist ein einfacher und pragmatischer Schritt - um sich einen ersten Überblick zu verschaffen. Unter Umständen lassen sich hieraus auch relativ einfache Hinweise auf eine Fortschreibung der Konzeptkarte erhalten. Als Anwendungsfälle sind der Heidelberger Süden (Abbildung 3.4-4) und Freiberg (Abbildung 3.4-10) dargestellt.

Im Fall Heidelberg wirkte einschränkend, dass von dem - für die Immissionsfahne am besten geeigneten Parameter (mobiles Thallium) zu wenig äußere Stützstellen für eine belastbare Grenzziehung vorhanden waren. Im Fall Freiberg zeigte sich, dass 1. die Auengebiete getrennt behandelt werden sollten und 2. der Außenbereich

Tabelle 3.4-1: Übersicht der Anwendungsbeispiele für kartografisch/geostatistische Darstellungen

Ziffer	Darstellungstyp	Gebiet	Abbildung	Quelle
3.4.1	Punktdarstellung (mit Nutzungssymbol)	Stuttgart	3.4-1	BaWü 1999
	Punktdarstellung (mit „Thiessen-Polygon“)	Freiberg	3.4-2	neu
3.4.2	Flächendarstellung mit. stat. Kenngrößen	Schöna (Schwarzwald)	3.4-3	Lörrach 2001
3.4.3.1	Interpolation über Raumeinheiten	Heidelberger Süden	3.4-4	neu
3.4.3.2	Interpolation innerhalb von Raumeinheiten	Muldenaue bei Wolfen	3.4-5	neu
		Goslar	3.4-6	Goslar 2001
3.4.3.3	Interpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren	Wuppertal	3.4-7/8	Wuppertal 2001
3.4.3.4	Interpolation mit Hilfsvariablen	Frankfurt	3.4-9	Frankfurt Umlandv. 1991
3.4.4	Kombinierte Darstellungen	Freiberg	3.4-11	neu

selbst mit einfachen Interpolationsverfahren gut abgebildet werden kann und 3. die Stetigkeit der Daten innerhalb vom Siedlungsgebiet für eine detaillierte Darstellung kaum mehr ausreichend wäre. Das Testgebiet wird im Teil C dieses Berichtes weiter diskutiert.

Als Beispiel für die **Interpolation innerhalb von Raumeinheiten (Verfahren 3.4.3.2)** wurde der Fall Goslar ausgewählt (Abbildung 3.4-5). Als Raumeinheiten sind in dem gewählten Ausschnitt 1. Landwirtschaftliche Flächen und 2. Auengebiet (violett) eingefärbt. Die Siedlungsflächen und die Forstflächen sind hier nicht dargestellt. Es ist erkennbar (siehe Kreis in Abbildung 3.4-5), wie die Daten der landwirtschaftlichen Flächen über das Auengebiet hinweg interpoliert wurden. Dies hat für die landwirtschaftlichen Flächen zu belastbaren Ergebnissen und neuen Grenzen geführt. Die Auen sind hier zwar auch interpoliert, jedoch hätte auch das einfache Verfahren 3.4.2 für die Auen in Goslar zu ähnlichen Ergebnissen geführt.

Als weiteres Beispiel für das Verfahren 3.4.3.2 ist in Abbildung 3.4-6 eine Interpolation in der Muldenaue bei Wolfen dargestellt. Auch hier liefert die Interpolation belastbare Ergebnisse für eine neue Grenzziehung.

Im Außenbereich von Wuppertal wurde eine weitere Variante angewendet: Die räumliche **Interpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren (Verfahren 3.4.3.3)**. Das Verfahren ist in NRW (2000) beschrieben. Die Ergebniskarten der geschätzten Stoffgehalte, wie sie in NRW erstellt werden, sind eine mögliche Grundlage der Raumanalyse im Außenbereich nach Ziffer 3.4.3 der GSE-Empfehlung. Bei dem Verfahren 3.4.3.3 ist zu berücksichtigen, dass die räumliche Interpolation von Punktdaten sehr hohe Anforderungen an die Aufbereitung der relevanten Daten- und Kartengrundlagen, die Auswahl der relevanten Raumeinheiten und die Repräsentativität der Stichproben hat.

Ein weiteres Verfahren ist die **Interpolation mit Hilfsvariablen (Verfahren 3.4.3.4)**.

Ist eine gute Korrelation des untersuchten Parameters mit einem anderen Parameter, für den eine größere Anzahl Messpunkte oder flächendeckende Daten vorliegen, vorhanden, so kann mit Hilfe dieser Hilfsparameter eine Verbesserung der Schätzung erzielt werden. Als Beispiele seien hier etwa eine mögliche

Korrelation zwischen Chrom und Mangan (Monse et al. 2001) genannt. Ein weiteres Beispiel sind kfz-emissionbedingte Stoffeinträge entlang von Straßen. In Abhängigkeit von Straßenalter, Verkehrsdichte und Fahrbahnabstand können die Schadstoffgehalte der Oberböden flächenhaft geschätzt werden. Ein weiteres Beispiel ist der Zusammenhang zwischen Niederschlagsmengen und Stoffanreicherungen im Boden.

Hingegen sind Überlegungen, z.B. ein dm-Geländehöhenmodell für die Berechnung der überschwemmungsbedingten Stoffeinträge in Oberböden zu nutzen, daran gescheitert, dass das Sedimentalter den entscheidenden Einfluss auf die Schadstoffgehalte von Auenböden hat. Das Sedimentalter steht jedoch kaum im Zusammenhang mit dem Relief.

Ein „Königsweg“ dürfte in vielen Fällen eine **kombinierte Darstellung (Verfahren 3.4.4)** von Stoffgehalten in Böden als Kombination der Verfahren 3.4.1, 3.4.2 und 3.4.3 sein. Hierfür wurde das Beispiel Freiberg gewählt. Die Auen bildeten geographisch klar abgegrenzte Raumeinheiten - die bei Extremwerttests oder auch ersten geostatistischen Übersichtsanalysen sofort auffielen. Die Messdichte reichte hier jedoch für eine Interpolation innerhalb der Raumeinheit nicht aus. So wurde für dieses Objekt auf das Verfahren 3.4.2 zurück gegriffen. Der Außenbereich mit land- und forstwirtschaftlicher Nutzung zeigte eine derart deutliche Differenzierung, dass eine rechnerische Korrektur - wie es das NRW-Programm vorsieht - hier verzichtbar war. Die Interpolation (siehe hierzu auch Teil C des Berichtes) lieferte hinsichtlich der Grenzziehung belastbare Ergebnisse. Im Siedlungsbereich war - angesichts des ohnehin hohen Versiegelungsgrades und der geringen Stetigkeit der Daten - eine Punktdarstellung vorzuziehen.

Aus den Literatur- und GIS-Datenpoolauswertungen und den eigenen Untersuchungen (Teil C) ergeben sich folgende weitere Grundsätze:

- Das **Indikator Kriging (siehe Teil C)**, welches die Wahrscheinlichkeit für die Überschreitung eines Beurteilungswertes liefert, ist für die konkreten Ziel der GSE-Kennzeichnung ein sehr gutes Verfahren.
- Die Anwendbarkeit einer geostatistischen Raumanalyse muss **im Einzelfall** geprüft werden - eine pauschalierende „Knopfdruck“-Anwendung ist in jedem Fall abzulehnen - die Geostatistik verlangt auch ein hohes Maß an

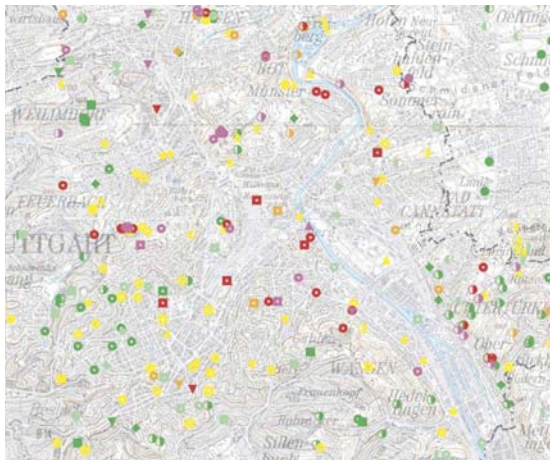


Abbildung 3.4-1: Beispielhafte Darstellung von Punktdaten (Cadmium in Stuttgarter Oberböden, differenziert nach der Bodennutzung; BaWü 1999)



Abbildung 3.4-4: Interpolation über Raumeinheiten am Beispiel mobilen Thalliums im Heidelberger Süden (Datengrundlage BaWü 1998)

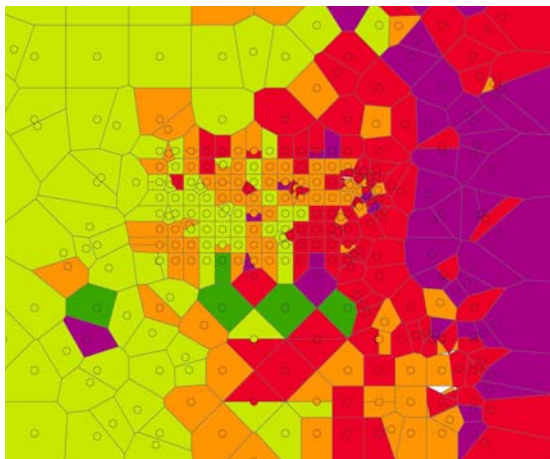


Abbildung 3.4-2: Beispielhafte Darstellung von Punktdaten mit Flächenbezug mittels sog. Thiesen-Polygone (Blei in Freiburger Oberböden)

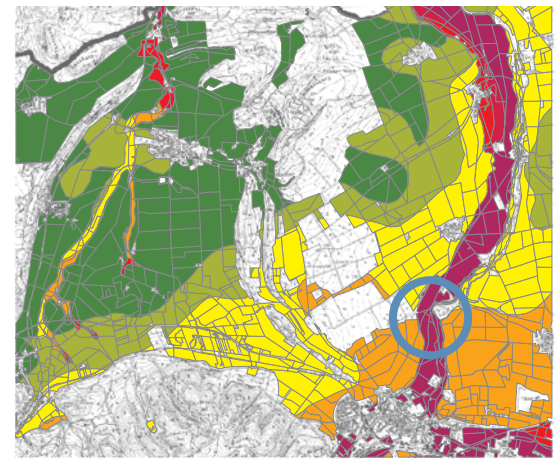


Abbildung 3.4-5: Interpolation innerhalb von Raumeinheiten am Beispiel Goslar

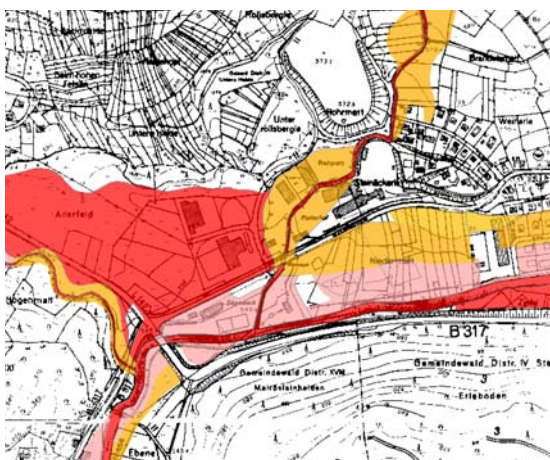


Abbildung 3.4-3: Beispielhafte Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen in Schönau (Lör-rach 2002)

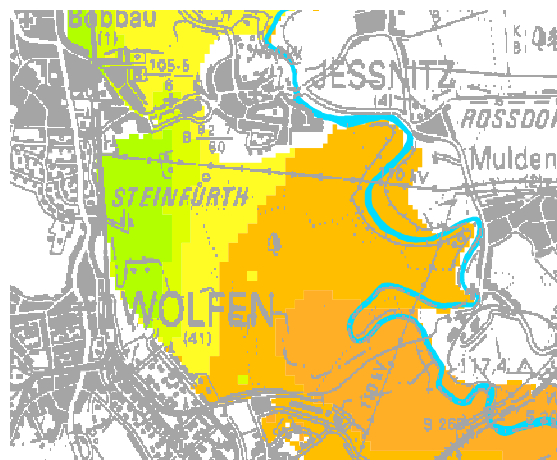


Abbildung 3.4-6: Interpolation innerhalb von Raumeinheiten am Beispiel der Muldenaue

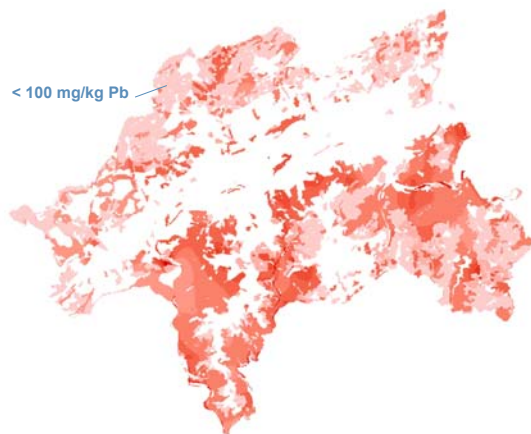


Abbildung 3.4-7: Interpolation über Raumeinheiten mit Korrekturfaktoren im Außenbereich von Wuppertal (nähere Erläuterungen siehe LUA NRW 2000 und Gierse et al. 2002)



Abbildung 3.4-8: Überschreitung der Vorsorgegrenze für Blei in Wuppertal



Abbildung 3.4-9: Interpolation mit Hilfsvariablen am Beispiel Frankfurt (Frankfurt Umlandverband 1991)

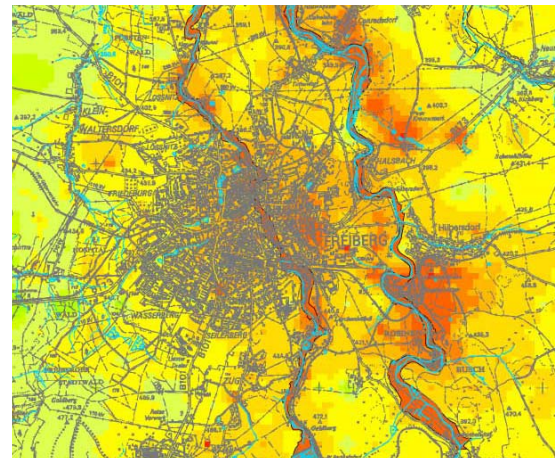


Abbildung 3.4-10: Interpolation über Raumeinheiten und innerhalb von Raumeinheiten (Auen) am Beispiel Freiberg, Sachsen (Blei)

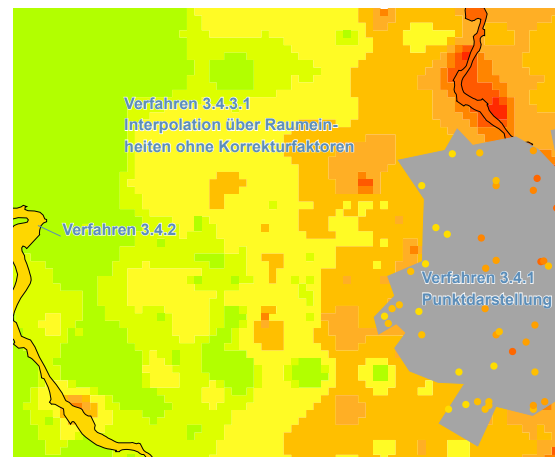


Abbildung 3.4-11: Beispielhafte kombinierte Flächendarstellung am Beispiel von Freiberg: 1. Interpolation über Raumeinheiten im Außenbereich, 2. Punktdarstellung im Siedlungsbereich und 3. Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen für Auenböden

Fachkenntnissen und Sorgfalt, was hinsichtlich einer Vergabe an den „günstigsten Anbieter“ problematisch ist.

- Voraussetzung jeder Interpolation ist eine **gute Konzeptkarte**. Wenn die relevanten Raumeinheiten eines Gebietes nicht gleich gut mit Probenahmestellen abgedeckt sind (was die Regel sein dürfte), kann es vorkommen, dass die mathematisch beste Interpolation nicht das fachlich beste Ergebnis darstellt.
- Aus der **deskriptiven Statistik** eines Untersuchungsgebietes lässt sich schon frühzeitig ablesen, ob überhaupt eine Interpolation notwendig ist. Nur wenn ein qualitativer Sprung zu erwarten ist, der nicht durch die vorhandenen Raum-Objekte der Konzeptkarte eingegrenzt werden kann, muss nach der GSE-Empfehlung eine geostatistische Gebietsabgrenzung erstellt werden.
- Bei der Aggregation des Datenkollektives für die Interpolation sollte hoher Wert auf die Repräsentativität der Daten gelegt werden.
- Eine erste, **überschlägige Auswertung** lässt sich mit geringem Aufwand mit einer einfachen Interpolationsmethode durchführen (z.B. IDW über Raumeinheiten ohne Korrekturfaktoren). Eine Interpolation über alle Raumeinheiten hinweg kann beispielsweise durch kombinierte Darstellungen (GSE-Verfahren 3.4.4) verbessert werden.
- Es muss immer darauf geachtet werden, dass nicht über die jeweilige **Modellreichweiten** (d.h. über die zulässige Entfernung benachbarter Punkte) hinaus interpoliert wird.
- Erhöhte Anforderungen an die Genauigkeit der Gebietsabgrenzung, können durch **mehrfache Interpolation** mit mathematisch unterschiedlichen Verfahren (z.B. drei Verfahren) erfüllt werden.

4 Bodendaten nacherheben

4.1 Probenahme- und Messplanung

Ziel der Probennahme- und Messplanung ist, die Datengrundlage für die Prüfung potentieller Raumeinheiten und potentieller Ausschlussflächen nach Ziffer 3.1 und ggf. für die Ableitung von GSE Hintergrundwerten nach Ziffer 6.2 zu gewinnen bzw. nachzubessern. Grundlagen sind die Konzeptkarten nach Ziffer 3.1, die deskriptiv-statistischen Auswertungen nach Ziffer 3.3 und kartografisch/geo-statistischen Auswertung nach 3.4.

Im Ergebnis sollten unter Berücksichtigung der potentiellen Raumeinheiten die alten und neuen Probennahmestandorte räumlich annähernd gleichverteilt ausgerichtet sein. Im Siedlungsgebiet sollten die Flächenanteile an Spielflächen, Parkanlagen, Wohngebieten und Kleingärten repräsentativ berücksichtigt werden, außer die Raumanalyse nach Ziffer 3 hat ergeben, dass die Nutzungsdifferenzierung im Siedlungsgebiet relativ zu anderen Einflüssen (z.B. Siedlungsalter, Entfernung zum Großmittent) wenig bedeutsam ist.

Für die Messplanung können geostatistische Schätzfehleranalysen herangezogen werden, jedoch müssen dabei die Raumeinheiten der Konzeptkarten wie unter Ziffer 3.4.3 beschrieben berücksichtigt werden. In Ausnahmefällen kann das Messgebiet in ein Raster (z.B. 500 mal 500 m) aufgeteilt werden. Innerhalb der Rasterfläche sollten die typischen Raumeinheiten für die Probenahme identifiziert werden. Bekannte Ausschlussflächen sollten für neue Untersuchungen ausgeschlossen werden. Tabelle 4.1-1 gibt den empfohlenen Standortumfang für die Ermittlung gebietsbezogener Hintergrundwerte wider.

Tabelle 4.1-1: Anzustrebender Probenumfang für die Ermittlung gebietsbezogener Hintergrundwerte in Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten

Schl.	Raummerkmal	Mindestprobenahmeumfang für gebietsbezogene Hintergrundwerte (erste Sondierung)
1110	Spiel-, Park- und Freizeitanlagen	10% der Spiel-, Park- und Freizeitanlagen (je eine Stichprobe)
1120	Wohngebiete	4 Messungen/km ²
1132	Kleingärten	10% der Kleingartenanlagen (jeweils 3 Parzellen/Anlage)
1140	Industrie- und Gewerbe	4 Messungen/km ²
1200	Landwirtschaftsflächen	1 Messung/km ²
1213	Gartenbauflächen	4 Messungen/km ²
1300	Forstflächen	0,1 Messung/km ²
3000	Diffuse Quellen	-
4000	Punktquellen (potentielle AF)	1 Messung/Aufpunktbereich
5000	Linienquelle (potentielle AF)	-
6200	Geogene Besonderheiten	3 Profile/Einheit
7000	Überschwemmungsgebiete	1 Messung / 5 km bzw. nach Einleiter
8000	Materialauftrag (potentielle AF)	1 Messung/ Materialauftrag

Kernziel der Messplanung ist, den sinnvollen Umfang und die sinnvolle Verteilung der Messpunkte festzulegen. Die allgemeinen Empfehlungen reichen von EN (Erhebungsniveau in Proben/km²) 0,25 für den Außenbereich (NRW 2000) bis zu EN 200 für den Siedlungsbereich (Monse et al. 2001).

In Tabelle 4.1-2 sind die derzeit in einigen Untersuchungsgebieten vorhandenen Messdichten aufgeführt. Die Spanne reicht von < EN 0,5 für ländliche Räume bis über EN 50. In den Städten Mannheim, Heidelberg und Stuttgart liegen die Messdichten im Siedlungsgebiet bei EN2 bis EN3. In den Räumen mit spezifischen Belastungsursachen liegen die Messdichten naturgemäß weit darüber, in Goslar beispielsweise bei EN6 bis EN13. Kleinräumig sehr hohe Erhebungsniveaus weisen beispielsweise ein Emittentenumfeld im Heidelberger Süden und eine „Bergbauaue“ in Schönauf auf (ca. EN 40) gefolgt von einem Testgebiet in Brandenburg (EN 200).

Da der sinnvolle Probenahmeumfang letztlich vom gesetzlichen Ziel der Gebietskennzeichnung (vgl. Ziffer 1) abhängt und diesbezüglich noch sehr wenig Erfahrungen vorliegen, konnten in der GSE-Empfehlung noch keine, anzustrebenden

Erhebungsniveaus empfohlen werden. Während für Anwendungen im vorsorgenden Bodenschutz geringere Erhebungsniveaus (< EN5) ausreichend sind, liegen diese für Zwecke der Gefahrenabwehr darüber (vgl. Goslar, Schönauf in Tabelle 4.1-2).

In erster Näherung wurden in der Tabelle 4.1-1 die Umfänge für eine **erste Sondierung** festgelegt. Damit dabei die Raumstruktur berücksichtigt wird, wurden die Mindestumfänge für ausgewählte Raumobjekte differenziert. Die Aufteilung soll auch als „Checkliste“ dienen.

Die Angaben spiegeln allgemeine Erfahrungswerte wider. Für die Objektgruppe „3000 Diffuse Quellen“ (z.B. Bergbau) müssen Messdichten im Einzelfall ermittelt werden (z.B. durch geostatistische Analysen). Straßenranduntersuchungen (Objektgruppe 5000) können ggf. aus anderen Gebieten übertragen werden.

Tabelle 4.1-2: Beispielhafte, vorhandene Erhebungsniveaus (EN [Messungen/km²] oder [% der Anlagen]) in verschiedenen Siedlungsräumen Deutschlands (Flächenbezug einschließlich versiegelter Bereiche)

Raum	Bezugsjahr	Raummerkmal	Flächenbezug	EN	Quelle
Baar (BaWü)	2001	1000 Gesamt	1200 km ²	< 0,5	UMEG 2002
Brandenburg	2001	1100 Siedlungsbereich (Stadtteil)	1 km ²	200	Monse 2001
Bremen	-	1000 Gesamt	404 km ²	7,0	Bremen 1999
Ehrenfriedersdorf (Sachsen)	-	3400 Bergbau	km ²	1,5	Sachsen 1997
Freiberg	-	3400 Bergbau	km ²	3,3	Sachsen 1999
Goslar	-	3400 Bergbau tGE01-05	120 km ²	6 - 13	-
Hamburg	-	1000 Gesamt 2110 Kerngebiet	755 km ²	1,5 4	Hamburg 199 div.
Heidelberg	-	1100 Siedlungsgebiet 1200/1300 Außenbereich	31 km ² 74 km ²	2,3 1,3	BaWü 1998 BaWü 1998
Heidelberger Süden	-	4100 Emittentenumfeld	9 km ²	37	BaWü 1998
Mannheim	-		80 km ² 55 km ²	1,9 2,7	BaWü 1998 BaWü 1998
Nordenham	-	4100 Emittentenumfeld	80 km ²	3,1	Niedersachsen 1999
Schönauf (BaWü)	-	3400 Bergbau (Auengebiet)	2 km ²	45	Lörrach 1998
Stuttgart	1998	1000 Großraum	1512 km ²	1,8	BaWü 1999
	1998	1100 Siedlungsbereich	99 km ²	2,3	BaWü 1999
Wuppertal (Testgebiet BBK)	2002	1100 Siedlungsbereich	12 km ²	8,6	-
Wuppertal (Gesamt)	2002	1132 Kleingärten	94/166	57%	-
	2002	1111 Kinderspielflächen	238/257	93%	-

4.2 Probenahme

Die Probenahme muss nach den Vorgaben der BBodSchV erfolgen. Im Siedlungsgebiet sollten die Empfehlungen des AK Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft berücksichtigt werden. Hauptziel der vollständig oder in Teilen durchgeführten Profilansprachen nach KA4 ist die Beurteilung, ob der Boden natürlich anstehend ist oder umgelagert wurde und ob technogene Substrate vorhanden sind. Die Bodenansprache vor Ort ist insbesondere dann eine wichtige Methode, wenn optisch erkennbare Merkmale (z.B. Schlacken) in Bezug zu den Schadstoffgehalten gesetzt werden können. Vor und ggf. während der Profilaufnahmen sollten diesbezügliche Zusammenhänge untersucht werden.

Nach Plausibilisierung der vorliegenden Analysendaten einer Probenahmekampagne gemäß Ziffer 3.2, sollten auffällige Befunde durch eine weitere Probenahme abgesichert werden. Dies gilt insbesondere für die Leitprofile der Gebietsmerkmale, wenn sich hierdurch die Merkmale verfestigen (z.B. Punktquelle).

In Tabelle 4.2-1 sind die obligatorischen Profilbeschreibungsdaten aufgeführt.

Tabelle 4.2-1: Obligatorische Profilbeschreibungsdaten (ergänzend zu Tabellen 2.2-1)

Nr	Feldbeschreibung	FeldNr nach AK Stadtböden [1997]
1	Titeldaten	-
1.1	Projekt-Nr.	2
1.2	Profil-Nr.	3
2	Aufnahmesituation	-
2.1	Nutzung	18
3	Horizont- und schichtbezogene Daten	-
3.1	Horizontgrenzen	26
3.2	Humusstufe	30
3.3	Carbonatstufe	31
3.4	Redoximorphiemerkmale	32
3.5	Feinboden	46 (...)
3.6	Skelettgehalt	47
3.7	Substratmaterial	48
4	Profilkennzeichnung	-
4.1	Wasserstand unter GOF	53
4.2	Abtrags-/Auftragsgrad	55

5 Weitergehende Sachverhaltsermittlungen und Abstimmungen

Ergebnis der Raumanalysen nach Ziffer 3 sind Karten mit klassifizierten Raumeinheiten. Damit das Gebiet und die Teilgebiete flurstücksscharf nach Ziffer 6 festgelegt werden können, sollten zuvor ggf.

- weitergehende Sachverhaltsermittlungen (z.B. Resorptionsverfügbarkeit, Boden-Pflanze- und Boden-Grundwasser Transferabschätzungen) und
- weitergehende Abstimmungen zwischen Wasser- und Bodenschutz-, Gesundheits- und Landwirtschaftsverwaltung sowie der Abfallbehörde hinsichtlich der Beurteilungswerte und der Rechtsfolgen der Gebietsabgrenzung

durchgeführt werden.

Je nach Überschreitungshäufigkeit von Beurteilungswerten im Boden (z.B. Prüfwerte) oder in Schutzgütern (z.B. Futterpflanzen, Nahrungspflanzen, Brunnenwasser) sollten die weitergehenden Sachverhaltsermittlungen - auf Grundlage der Raumanalyse nach Ziffer 3 - exemplarisch für bestimmte Raumeinheiten des Gebietes geplant werden.

Die Frage der Verwertung und Beseitigung von Bodenmaterialien sind in den GSE in der Regel von großer praktischer und wirtschaftlicher Bedeutung, weshalb bei der Klassifizierung und dem Zuschnitt der Raumeinheiten insbesondere auch die abfallrechtlichen Regelungen berücksichtigt werden sollten.

Bei einem großen Kreis betroffener Behörden wird empfohlen die weitergehende Abstimmung in Form eines „runden Tisches“ durchzuführen.

Die Rechtsfolgen einer Gebietsabgrenzung müssen abgestimmt sein auf die Ergebnisse der Raumanalyse und umgekehrt. Im Regelfall kann für gegebene Raumeinheiten die statistische Häufigkeit (Wahrscheinlichkeit) für das Auftreten von Beurteilungswertüberschreitungen benannt werden - eine absolute Prognosesicherheit gibt es bei GSE jedoch nicht.

Mit der endgültigen Festlegung der relevanten Beurteilungswerte und unter Berücksichtigung der Homogenität der ausgewiesenen Raumeinheiten können auch gebietsbezogene Maßnahmenpläne für das Gebiet und die Teilgebiete als fachliche Grundlage für die rechtliche Umsetzung erarbeitet werden.

6 Gebiete kennzeichnen

Die Gebietskennzeichnung besteht aus

- einem Kartenwerk mit der äußeren Gebietsgrenze und den inneren Teilgebietgrenzen mit den jeweils relevanten, untergeordneten Raumeinheiten einschl. der Ausschlussflächen (Ziffer 6.1) und
- einer tabellarischen Zusammenstellung der korrespondierenden GSE Hintergrundwerte der relevanten Raumeinheiten (Ziffer 6.2) sowie
- den Gebietsprotokollen zur Raumstruktur und Grenzdokumentation nach (Ziffer 7).

6.1 GSE-Gebiete, Teilgebiete und relevante Raumeinheiten festlegen

Kriterien für die Klassifizierung von Teilgebieten bzw. Raumeinheiten sind die Beurteilungswerte nach Ziffer 5. Die Rechtsfolgen der Gebietsabgrenzung bestimmen, welche Datengrundlage jeweils erforderlich ist. Im Einzelfall sollte

- die Repräsentativität der verrechneten Daten,
- die Datendichte an den äußeren und den inneren Grenzen,
- die Tiefe der Konzeptkartenentwicklung,
- die Tiefe der Messplanungen und
- die Tiefe der Nachprüfung potentieller Raumeinheiten und Ausschlussflächen und
- die Eignung der Leitkomponenten

für die Beurteilung der Datenlage und der Grenzföhrung herangezogen werden.

Grenzföhrung

Der Vollzug des Bodenschutzes richtet sich in der Regel an den Grundstücksgrenzen aus. Die Grenzföhrung ist ein iterativer Prozess aus der Konzeptentwicklung nach Ziffer 3.1. Die äußeren und inneren Grenzen eines GSE können dabei nach folgenden Kriterien gezogen werden:

- an Kreis-, Gemeinde- oder Gemarkungsgrenzen,
- an Siedlungsgrenzen (z.B. Siedlungsgebiet nach Flächennutzungsplan),
- an markanten Geländelinien (z.B. Flusslauf, Bahndamm, Waldsaum),
- an sonstigen Raumeinheiten der Konzeptkarten,
- an Flurstücksgrenzen (ggf. noch entlang von Feldwegen oder Straßen).

Die gewählten Gebietsgrenzen sollten nach Ziffer 7 protokolliert werden. Der Umbruch geostatistisch ermittelter Grenzverläufe auf Flurstücksgrenzen erfordert eine Prüfung der einzelnen Stützpunkte auf beiden Seiten des Grenzverlaufes im Maßstab 1:25.000 bis 1:5.000.

Schadstoffkombinationen

Die Gebietsfestlegung erfolgt auf Grundlage von einem oder mehreren Leitschadstoffen. Hierfür sollten die jeweiligen auf einzelne Schadstoffe bezogenen Flächenauswertungen nach der Überschreitung der gewählten Beurteilungswerte ausgerichtet werden. Bei mehreren Leitschadstoffen sollte die Verknüpfung über eine „oder“-Regel derart erfolgen, dass beispielsweise in der Teilfläche „Vorsorgewert überschritten“ mindestens für einen Stoff ein Vorsorgewert und in der Teilfläche „Prüfwert Wohngebiete überschritten“ mindestens für einen Stoff der Prüfwert für Wohngebiete überschritten ist.

Ziel der Gebietskennzeichnung

Das Kernziel der Gebietskennzeichnung ist eine einfache und auf das Nötigste beschränkte Raum- aufteilung - denn dies erhöht die vollzugsmäßige Anwendbarkeit und Akzeptanz. Auch eine sehr aufwendige und langwierige Raumanalyse sollte zu dem Ergebnis kommen können, dass keine oder nur wenige Teilgebiet festgelegt werden und viele ursprünglich als wichtig erachtete Differenzierungen nicht haltbar sind.

Grenzführung

Die Festlegung der GSE-Grenzen ist eine am Nützlichen orientierte (pragmatische) Arbeit.

Die einfachste und für die meisten Siedlungsgebiete wohl auch gängigste Raumeinheit wird das Objekt 1100 Siedlungsfreifläche sein.

Unter Umständen

- wird auch der Außenbereich in das GSE einbezogen werden können (z.B. in Wuppertal). Die GSE-Außengrenzen können dann deckungsgleich mit den Zuständigkeitsgrenzen (hier Objekt 2610 Kreisgrenze) sein. Idealerweise sollte dann auch eine weitere Raumanalyse für angrenzende Kreise durchgeführt werden, denn das GSE soll sich lt. Definition vom Umland abheben;
- lassen sich in stark durch Immissionen belasteten Räumen auch innerhalb des Siedlungsbereiches immissionsbedingte Trends mit Hilfe geostatistischer Raumanalysen feststellen (z.B. im Heidelberger Süden oder in Duisburg nach Barkowski et al. 2002). In weniger stark immissionsbedingt belasteten Siedlungsräumen (wie z.B. Karlsruhe) hat diese Methode wenig Aussicht auf großräumigen Erfolg;
- lassen sich Differenzierungen nach dem Objekt 2100 baulich geprägte Flächen vornehmen (z.B. in Kehl; Abbildung 3.3-2);
- sollten GSE-Ausschlussflächen gekennzeichnet werden (z.B. in Heidelberg).
- lassen sich siedlungsgeschichtliche Differenzierungen nach dem Objekt 2200 Siedlungsalter vornehmen (z.B. in Pforzheim, BaWü 1995c).

In Gebieten mit sehr hohen Schadstoffeinträgen wird die Differenzierung von Teilgebieten über

die Siedlungs-/Außenbereichsgrenze hinweg vorgenommen werden können (z.B. Freiberg, Goslar oder Schöna; Abbildungen 6.1-1 bis 6.1-4).

Leitschadstoffe

Die äußere Grenzziehung und die innere Grenzziehung für GSE soll anhand von Leitschadstoffen durchgeführt werden. Die Leitschadstoffe müssen naturgemäß für die jeweils relevanten Raumobjekte im Einzelfall bestimmt werden, so zum Beispiel bei den Raum-Objekten

- 1230 Sonderkulturflächen
nach verwendeten Pflanzenbehandlungsmitteln (z.B. Kupfer, DDT)
- 3300 Bergbauggebiete
nach dem Elementvorkommen und -vergesellschaftung (z.B. in Goslar, Freiberg oder Schöna Blei)
- 4100 Punktquellenumfeld
nach dem emittierten Stoffen (z.B. im Heidelberger Süden mobiles Thallium)
- 6211 Sehr stark bis äußerst saure Böden
nach mobilem Elementen (z.B. Beryllium)
- 7100 Historischen Überschwemmungsgebiete
nach dem Stoffmuster des Liefergebietes
- 8500 Spülfelder
nach der Stoffinventur der Gewässer

Für die Auswahl von Leitschadstoffen zur Kennzeichnung von GSE-Ausschlussflächen sollte neben der quellenmäßigen Bedeutung der einzelnen Stoffe auch die Mobilität (z.B. Thallium) und die jeweilig wirkungsbezogene Relevanz in die Überlegungen einbezogen werden.

Leitschadstoffe

1100 Siedlungsfreifläche

Für überschlägige Betrachtungen der „klassischen Siedlungseinflüsse“ wie

- langjährige urbane Immissionen durch Kleingewerbe, Hausbrand und Verkehr sowie
- Einträge durch haus-, kleingärtnerische und freizeitmäßige Bodennutzungen und unter Berücksichtigung von
- Einträgen durch historische, teils gewerbliche und

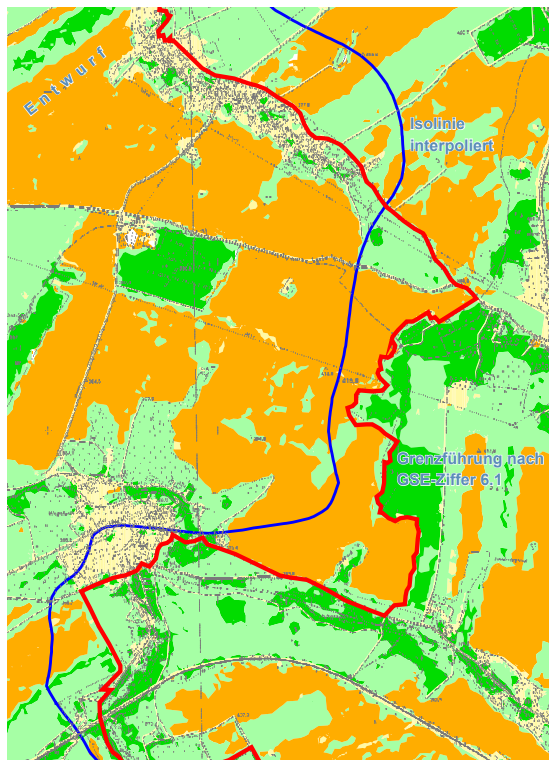


Abbildung 6.1-1: Beispielhafte Grenzziehung in Freiberg im Maßstab 1:5.000

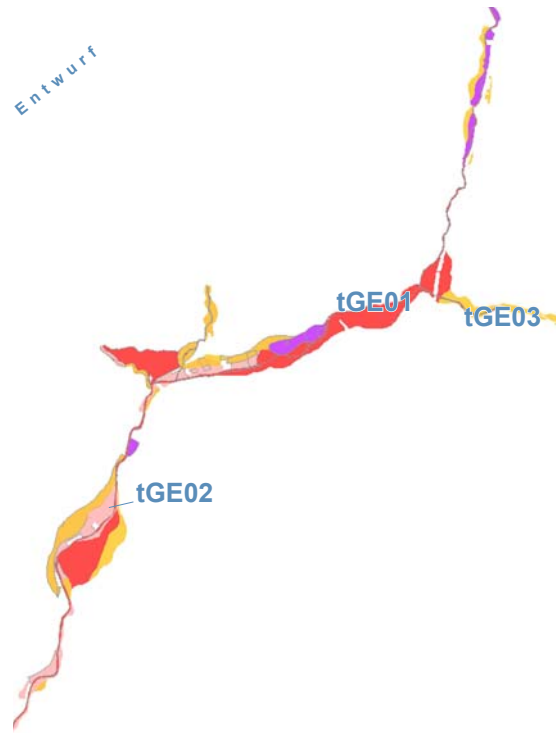


Abbildung 6.1-3: Beispielhafte GE-Teilgebiete in Tal der Großen Wiese (Lörrach 2001)



Abbildung 6.1-2: Beispielhafte Grenzziehung in Freiberg im Maßstab 1:50.000 (verkleinert)

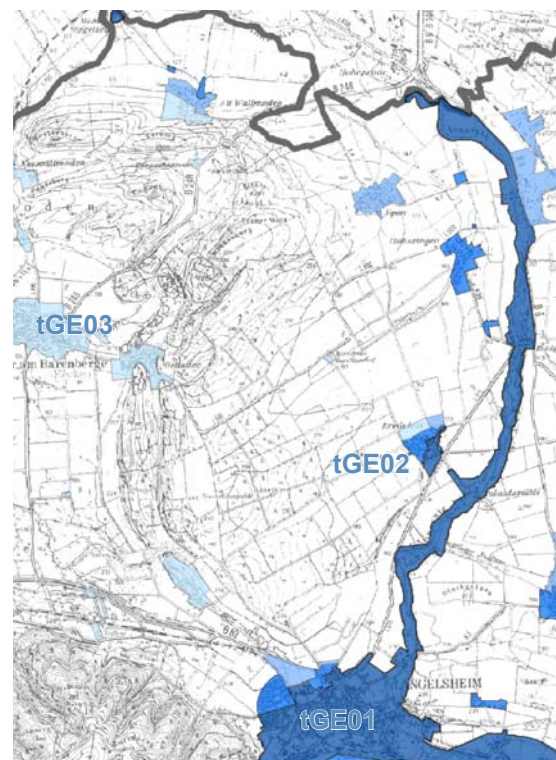


Abbildung 6.1-4: Beispielhafte GE-Teilgebiete in Goslar

nicht immer identifizierte Bodennutzungen ohne dass diese als „Altlasten“ eingestuft würden (z.B. Verwendung von Produktionsreststoffen im Erd- und Gartenbau)

wurden mittlere „**Boden-Siedlungsinterferenzindizes BSI**“ in Tabelle 6.1-1 zusammengestellt (Berechnungsform und Datengrundlage siehe Fußnote 1).

Die Tabelle dient für die Klärung der Frage, welche Stoffe allgemein in Siedlungsgebieten prioritär für eine Gebietskennzeichnung verwendet werden sollten.

Von den betrachteten Stoffen weisen PAK und PCB gefolgt von Cadmium, Kupfer, Blei, Quecksilber und Zink in Oberböden von Siedlungsgebieten deutlich höhere Gehalte auf, als die Oberböden der jeweiligen Außenbereiche.

Auch Silber und Zinn scheinen deutlich in Böden von Siedlungsgebieten gegenüber dem Außenbereich erhöht zu sein, jedoch ist die Datenlage bei diesen Stoffen für genauere Aussagen noch zu gering.

Auch PCDD/F sind in den Siedlungsgebieten deutlich erhöht, jedoch prägt sich bei dieser Stoffgruppe die raumtypische Gewerbestruktur besonders deutlich durch und verallgemeinernde Aussagen sind daher auch hier unsicher.

Auf Grundlage der vorliegenden Auswertungen werden für das Objekt 1100 Siedlungsfreifläche standardmäßig zwei Leitparameter empfohlen:

- **Leitparameter 1: Benzo[a]pyren**
- **Leitparameter 2: Stoff von regionaler Bedeutung (vgl. Ziffer 6.2)**

Für die Auswahl der Leitkomponenten wurde beispielsweise berücksichtigt, dass die PCB-Quellen weitgehend abgestellt sind und alle anderen Stoffe außer PAK eher regionaltypisch mehr oder weniger erhöht sind.

Bei der Verknüpfung von mehreren Leitparametern nach der „oder“-Regel nach Ziffer 6.1 sollte beachtet werden, dass die potentielle Größe des GSE (statistisch gesehen) zwangsläufig zunimmt.

Tabelle 6.1-1: Boden-Siedlungsinterferenzindizes (BSI) für anorganische und organische Stoffe

Stoff	BSI ₅₀	BSI ₉₀
Anorganische Stoffe		
Ag	< 1,1	(2,0)
As	< 1,1	-
Be	< 1,1	-
Bi	< 1,1	-
Cd	1,8	2,5
Cr	< 1,1	-
Co	< 1,1	-
Cu	1,8	2,0
Ni	< 1,1	-
Pb	1,6	2,5
Hg	1,8	2,2
Sb	< 1,1	-
Sn	1,4	(1,9)
Tl	< 1,1	-
U	< 1,1	-
V	< 1,1	-
Zn	1,9	2,5
Organische Stoffe		
DDT	< 1,0	-
HCB	< 1,0	-
HCH	< 1,0	-
PAK	2,2	4,6
PCB	3,3	4,9
PCDD/F	1,5	(2,0)

1 Bedeutung

Die Siedlungsinterferenzindizes geben an, um wieviel die Stoffgehalte in Oberböden von Siedlungsräumen von den Gehalten im jeweiligen Außenbereich abweichen.

Berechnungsform

BSI₅₀ Median der Quotienten „Median im Siedlungsbereich / Median im Außenbereich (ersatzweise Landwirtschaftsflächen)“ aus verschiedenen Gebieten

BSI₉₀ Median der Quotienten „90.-Perzentilwert im Siedlungsbereich / 90.-Perzentilwert im Außenbereich (ersatzweise Landwirtschaftsflächen)“ aus verschiedenen Gebieten

Datengrundlagen

- Cd, Cu, Hg, Pb, Zn siehe Tabelle 6.2-1

- PAK, PCB, PCDD/F siehe Tabelle 6.2-2

- As, Cr, Ni, Tl diverse (nicht dargestellt)

- Sb, Be, Co, Ag, U, V, Bi, Sn Raum Mannheim/Heidelberg [BaWü1998]

Klammerausdruck bedeutet stark uneinheitliche von Raum zu Raum variierende Angaben bzw. unsichere Datenlage

6.2 GSE Hintergrundwerte ermitteln

Die Berechnung gebietsbezogener Hintergrundwerte erfolgt mit den GSE-Datenkollektiven nach Ziffer 3.2.3 in den nach Ziffer 6.1 abgegrenzten Gebieten und Teilgebieten, ggf. differenziert für verschiedene Raumeinheiten (vgl. Abbildung 1). Die Extremwerte nach Ziffer 3.3.2 sollen zuvor eliminiert werden.

Gebietsbezogene Hintergrundwerte können bei Vorliegen einer homogenen Häufigkeitsverteilung ab 20 Proben je Raumeinheit ermittelt werden. Bei kleineren Stichprobenumfängen und bei Vorliegen einer heterogenen Häufigkeitsverteilung wird empfohlen von vorläufigen Hintergrundwerten zu sprechen und/oder auf die Angabe des 90.-Perzentilwertes zu verzichten. Ab 50 Proben/Raumeinheit liegt in der Regel eine sichere Berechnung der Hintergrundwerte vor.

Für die Ermittlung von GSE-Hintergrundwerten sollten darüber hinaus die Mindestuntersuchungsumfänge nach Ziffer 4.1 eingehalten werden.

Es wird empfohlen parallel auch die Datenkollektive der Ausschlussflächen nach den Gebietsmerkmalen differenziert auszuwerten und darzustellen (z.B. Untersuchungen um eine Punktquelle).

Ein „zulässiges Alter“ von Messwerten für die Gebietskennzeichnung sollte im Einzelfall nach den Ergebnissen der Boden-Dauerbeobachtung bemessen werden.

GSE Hintergrundwerte für Teilgebiete sollten nach den jeweils relevanten Einflussfaktoren differenziert werden, mindestens jedoch nach folgenden übergeordneten Raumeinheiten:

1100 Siedlungsfreiflächen,
1200 Landwirtschaftsflächen,
1300 Forstflächen.

Die weitere Differenzierung (z.B. nach Nutzungen: 1100 Siedlungsfreiflächen in 1110 Spiel-, Park und Freizeitanlagen, 1120 Wohngebiete, 1132 Kleingärten und 1140 Industrie- und Gewerbeflächen) sollte im Einzelfall nach dem Ziel, den verfügbaren Daten und den tatsächlich ermittelten Gehaltsunterschieden verschiedener Raumeinheiten festgelegt werden.

Mindestklassifikation für GSE-Hintergrundwerte

Die GSE-Empfehlung empfiehlt folgende Mindestklassifikation für Siedlungsgebiete:

1100 Siedlungsfreiflächen,
1200 Landwirtschaftsflächen,
1300 Forstflächen.

Die Unterschiede in den Stoffgehalten landwirtschaftlicher und forstwirtschaftlich genutzter Böden sind sehr gut belegt (z.B. in UBA 1999). Folgende Faktoren begründen diese Unterschiede: Pflanzenschutzmittel-, Düngemittel-, Klärschlammanwendung, Interzeptionswirkung der Waldvegetation, Einmischung durch wendende Bodenbearbeitung, Streuauflage der Wälder ect.). Die Differenzierung

der Landwirtschaftsflächen (in 1210 Ackerbau; 1220 Grünland; 1230 Sonderkultur) wurde auf die relevanten Einzelfälle beschränkt, da diese Unterscheidung nicht immer bedeutsam ist (vgl. z.B. Bayern 1999). Bei Grünlandstandorten von Auen liegt unter Umständen eine Ursachenüberlagerung durch Überschwemmungen (Objekt 7000) vor.

Das Objekt 1100 Siedlungsfreifläche wurde als ein mögliches übergeordnetes Objekt festgelegt, da das Mosaik der Siedlungsfreiflächen sich nicht in allen Fällen sinnvoll und mit vertretbarem Aufwand auflösen lassen wird. Im Einzelfall sinnvolle Strukturierungsansätze, wie die im Abschnitt 6.1 erläuterten, werden für den Einzelfall natürlich sinnvoll und notwendig sein.

GSE-Hintergrundwerte:**1100 Siedlungsfreiflächen**

Behördlich festgelegte gebietsbezogene Hintergrundwerte, die mit den Anforderungen der GSE-Hintergrundwerte vergleichbar sind, liegen im Bundesgebiet bislang kaum vor (Ausnahme z.B. Goslar, vgl. Tabelle 6.2-4).

In den Tabellen 6.2-1 und 6.2-2 sind ersatzweise veröffentlichte 50.-/90.-Perzentilwerte für einen Vergleich zusammengetragen. Die Angaben sind auf mehr oder weniger „robuste“ Perzentilwerte beschränkt (d.h. 50.-Perzentilwerte ab $n > 10$ und 90.-Perzentile ab $n > 20$, für Bremen wurden ersatzweise 95.-Perzentilwerte anstelle der 90.-Perzentilwerte eingesetzt). Für nähere Erläuterungen der jeweiligen Datengrundlagen wird auf die zitierte Literatur verwiesen.

In einigen Fällen übersteigt der Median für Siedlungsfreiflächen das 90. Perzentil des jeweiligen Außenbereiches (z.B. bei PAK in Heidelberg oder Karlsruhe). In diesen Fällen würde die allgemeine „GSE-Forderung“, dass sich das GSE deutlich vom Umland abheben muss, sicher erfüllt werden. In anderen Fällen, wie z.B. PCDD/F in Stuttgart, wäre die Kategorisierung Siedlungs-/Außenbereich aufgrund ähnlicher Gehalte kein geeignetes Maß für die Gebietsdifferenzierung.

Eine weitere GSE-Forderung ist, dass der Median des GSE größer als der Vorsorgewert sein soll (Ziffer ii.1).

Diese Forderung könnte bei den Städten Karlsruhe (wegen PAK), Kehl (wegen Zink), Pforzheim (wegen Kupfer), Mannheim (wegen PCDD/F) und Stuttgart (wegen Cu, Pb, Zn, PCB und PCDD/F) erfüllt sein.

Tabelle 6.2-1: Mediane und 90.-Perzentilwerte für Elementgesamtgehalte in Oberböden verschiedener Siedlungsräume Deutschlands im Vergleich zu den jeweiligen Außenbereichen (fett gekennzeichnet: Median liegt über dem Vorsorgewert für Lehm Böden Cd 1,0, Cu 40, Hg 0,5, Pb 70 mg/kg)

Raum [Literatur]		Cd [mg/kg]			Cu [mg/kg]		Hg [mg/kg]		Pb [mg/kg]		Zn [mg/kg]	
		n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
Heidelberg [BaWü 1998]	Siedlungsbereich	70	0,5	1,0	25	64	0,18	0,73	56	130	125	257
	Außenbereich	100	0,2	1,0	16	41	0,12	0,34	42	95	81	183
Karlsruhe [BaWü 1995a]	Siedlungsbereich	-	0,4	1,0	25	59	0,09	0,50	47	140	71	200
	Außenbereich	-	0,2	0,6	9	29	0,06	0,29	30	60	38	130
Kehl [BaWü 1995c]	Siedlungsbereich	-	0,3	1,0	27	59	0,20	0,94	62	140	160	450
	Landwirtschaft	-	0,1	0,2	21	31	0,12	-	43	88	85	128
Lübeck [Lübeck 1993]	Siedlung	34	-	1,6	-	62	-	1,1	-	201	-	267
	Acker	80	-	0,6	-	27	-	0,24	-	51	-	66
Mannheim [BaWü 1998]	Siedlungsbereich	150	0,3	1,0	27	63	0,23	0,75	54	127	136	367
	Außenbereich	150	0,2	0,6	22	45	0,12	0,41	32	75	74	186
Pforzheim [BaWü 1995b]	Siedlungsbereich	-	0,6	7,2	61	290	0,23	0,90	51	180	110	400
	Außenbereich	-	0,4	2,2	19	76	0,06	0,21	34	60	69	160
Stuttgart [BaWü 1999]	Siedlungsbereich	200	0,6	3,2	52	162	0,22	0,66	70	194	211	650
	Außenbereich	300	0,2	1,2	29	145	0,1	0,42	30	71	79	256
NRW [NRW 1991]	Siedlung	-	0,6	1,9	23	71	-	-	80	195	161	474
	Acker	-	0,4	0,8	12	22	-	-	30	52	67	119
Median Siedlungsbereich			0,5	1,3	27	63	0,21	0,75	56	160	136	383
Median Außenbereich (Landw.)			0,2	0,7	19	36	0,11	0,29	32	66	74	145
Median der Quotienten			175%	250%	179%	197%	179%	215%	155%	253%	187%	252%
Länderübergreifende Hintergrundwerte für Löß nach LABO (1998); zum Vergleich												
Löß	Acker	32	<0,3	0,7	18	27	0,12	0,18	43	59	73	94

Sicher ist in all diesen Beispielfällen jedoch, dass nicht das gesamte Stadtgebiet sondern historische Kerne (z.B. in Pforzheim), Gewerbegebiete (z.B. in Kehl) oder bestimmte Stadtteile für nähere Betrachtungen lohnen.

GSE-Hintergrundwerte: 1130 Haus- und Kleingärten

Auch bei den GSE-Hintergrundwerten für Haus- und Kleingärten fehlt es bislang an behördlichen Festlegungen. In Tabelle 6.2-3 sind ersatzweise beispielhafte 50./90.-Perzentilwerte für Haus- und Kleingärten aus verschiedenen Siedlungsräumen dargestellt. Die Daten von Haus- und Kleingärten aus Deutschland geben noch ein sehr unterschiedliches Bild ab, was im Detail durch noch unein-

heitliche Datenentstehung begründet sein mag - auch sind die Stichprobenumfänge sehr verschieden. Deutlich ist jedoch, dass in allen Siedlungsräumen jeweils ein Medianwert für ein Schwermetall (Cd, Cu, Pb oder Zn) oder für Benzo[a]pyren über dem Vorsorgewert liegt.

In der überwiegenden Mehrzahl der deutschen Kleingartenoberböden liegen die BaP-Gehalte über dem Vorsorgewert von 0,3 mg/kg BaP, wobei die 90.-Perzentilwerten zwischen den Städten stark variieren. Während in Thüringen, gering bis mittel verdichteten Gebieten Nordrhein-Westfalens oder in Stuttgart 0,7 bis 0,8 mg/kg BaP erreicht werden, liegen die 90. Perzentilwerte in Leipzig, Wuppertal und hoch verdichteten Räumen Nordrhein-Westfalens bei 2,0 mg/kg.

Tabelle 6.2-2: Mediane und 90.-Perzentilwerte für organische Stoffe in Oberböden verschiedener Siedlungsräume Deutschlands (fett: Median liegt über dem Vorsorgewert für Böden mit unter 8% org. Substanz: PAK₁₆ 3,0 mg/kg, PCB₆ 50 µg/kg und dem für PCDD/F diskutierten Wert von 5 ng I-TEq/kg)

Raum		n	PAK ₁₆ [mg/kg]		PCB ₆ [µg/kg]		PCDD/F [ng ITEq/kg]	
[Literatur]			50.P.	90.P.	50.P	90.P	50.P	90.P
Bremen [GfA 1995]	Städtische Bereiche	25	1,6	11,6	6	35	3,1	7,4
	Ländliche Bereiche	-	-	-	-	-	-	-
Hamburg [Hamburg 1996]	div. städtische Nutz.	58	4,1-8,6	-	-	-	-	-
Heidelberg [BaWü 1998]	Siedlungsbereich	26-46	2,6	7,8	14	58	2,5	9,2
	Außenbereich	16-63	0,3	1,7	3	17	2,4	9,7
Karlsruhe [BaWü 1995a]	Siedlungsbereich	-	3,5	15,4	8	112	3,0	20,0
	Außenbereich	-	0,9	2,6	4	14	0,5	2,3
Kehl [BaWü 1995c]	Siedlungsbereich	-	-	-	-	130	2,6	31,0
	Landwirtschaft	-	-	-	-	-	1,7	2,6
Lübeck [Lübeck 1993]	Siedlung	34	-	15,0	-	-	-	-
	Acker	-	-	-	-	-	-	-
Mannheim [BaWü 1999]	Siedlungsbereich	46-88	2,7	15,8	19	194	9,5	26,1
	Außenbereich	19-24	1,5	6,7	8	51	6,6	37,8
Pforzheim [BaWü 1995b]	Siedlungsbereich	-	1,8	17,0	9	160	4,2	21,0
	Außenbereich	-	1,1	2,1	7	27	-	-
Stuttgart [BaWü 1999]	Siedlungsbereich	29-56	2,0	5,8	60	237	7,4	13,8
	Außenbereich	39-88	0,9	3,7	14	94	5,1	10,2
Rheinl.-Pfalz [Rh.Pf 1998]	Siedlungsfläche	74	-	-	10	96	-	-
	Ackerbau	119	-	-	<1	10	-	-
Median Siedlungsbereiche			2,3	15,0	10	121	3,1	20,0
Median Außenbereiche			0,9	2,6	5	22	2,4	9,7
Median der Quotienten			222%	459%	332%	486%	145%	135%

2200 Siedlungsalter

Die Schadstoffgehalte nehmen mit dem Siedlungsalter zu - dass ist beispielsweise in

Frankfurt	für Schwermetallgehalte in Kleingärtenanlagen (Frankfurt 1991),
Hamburg	für PAK-Gehalte in Kleingärten (Hamburg 1993) oder
Wuppertal	für Schwermetallgehalte in alten/neuen Gewerbegebieten, alten/neuen Parkanlagen, alten/neuen Hausgärten und alten/neuen Kleingärten (Wuppertal 1993)

belegt. In Tabelle 6.2-3 ist eine besonders markante Differenzierung für Kleingärten aus Wuppertal enthalten. Die Kernaussage wird beispielsweise auch von Eberlein (1994) gestützt, der mit folgenden mittleren jährlichen Stoffanreicherungen in Oberböden von Bremener Kleingärten rechnet: 0,3 mg/kg für Blei, 1,4 mg/kg für Zink und 3 µg/kg für Cadmium.

Im Objektschlüssel wurde eine dreistufige (Mindest-) Altersklassifikation eingeführt, die bei Bedarf und nach den regionalen Gegebenheiten natürlich noch weiter differenziert werden sollte.

Tabelle 6.2-3: Mediane und 90.-Perzentilwerte von Schwermetall- und Benzo[a]pyrengehalten in Oberböden von Haus- und/oder Kleingärten in verschiedenen Siedlungsräumen Deutschlands (fett: Median liegt über dem Vorsorgewert)

Raum	[Literatur]	n	Cd [mg/kg]		Cu [mg/kg]		Pb [mg/kg]		Zn [mg/kg]		BaP [mg/kg]	
			50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
Bremen	[Bremen 1993]	930	0,3	0,9	25	86	57	207	120	432	-	-
	[Bremen 1998]	153	-	-	-	-	-	-	-	-	0,44	-
Hamburg	[Hamburg 1996]	13	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81	-
Karlsruhe	[BaWü 1995a]	54	0,3	0,9	27	77	68	263	-	-	-	-
Leipzig	[Sachsen 2000]	183	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80	2,00
Mannheim	[BaWü 1998]	60-70	0,3	1,1	35	63	64	138	177	390	-	-
	[BaWü 1998]	12	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31	(1,70)
Stuttgart	[BaWü 1999]	57	0,6	4,0	49	163	69	194	213	659	-	-
	[BaWü 1999]	29	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20	0,70
Wuppertal	[Wuppertal 2001]	640-700	1,0	1,8	-	-	124	336	-	-	0,38	1,94
Median (gerundet)			0,3	1,1	31	82	68	207	177	432	0,41	1,94
Wuppertal [Wuppertal 2001]												
	vor 1920	-	1,0	1,6	66	227	163	476	299	576	0,72	2,64
	bis 1945	-	1,1	2,1	79	260	149	455	305	721	0,53	2,41
	nach 1945	-	0,9	1,6	32	140	99	320	180	474	0,18	2,00
Nordrhein-Westfalen [NRW 1993]												
	alle	780	0,8	1,6	27	63	80	188	213	521	0,37	1,40
	Verdichtung hoch	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,66	1,90
	Verdichtung mittel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,85
	Verdichtung gering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16	0,70
Thüringen			-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80

Weitere Differenzierungsbeispiele

In Tabelle 6.2-4 ist ein Differenzierungsbeispiel aufgeführt, welches ausschließlich auf die räumliche Differenzierung setzt (hier Objekt 3300). Wenn, wie im vorliegenden Fall, die Differenzierung aufgrund der räumlichen Lage im Gebiet und den damit verbundenen Expositionsbedingungen geklärt werden kann, kann auf eine weitere Differenzierung (z.B. nach Siedlungsalter) verzichtet werden.

Im Objektschlüssel sind noch weitere Differenzierungsvorschläge aufgeführt (z.B. 2400 Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile oder 2500 Einwohnerdichte).

„Siedlungsstrukturelle Regions- oder Kreistypen“ nach BBR (1999) wurden nicht in den Objektschlüssel übernommen, da dieses Merkmal sehr häufig vom Merkmal „Siedlungsalter“ überlagert wird.

Tabelle 6.2-4: Gebietsbezogene Hintergrundwerte für das Raumobjekt „3300 Bergbaugebiet“ am Beispiel der Bleigehalte in fünf Teilgebieten von Goslar (Schmotz et al. 2002; verändert: 10. und 90.-Perzentil nur für $n > 20$)

	n	Blei [mg/kg]		
		10.P	50.P	90.P
tGE01	456	412	1523	6827
tGE02	17	-	850	-
tGE03	150	177	406	851
tGE04	242	116	249	569
tGE05	174	52	97	193

7 Dokumentieren und Protokollieren

Die GSE-Dokumentation sollte alle Zwischenergebnisse, die für die Nachvollziehbarkeit der ausgewählten Raumstruktur wesentlich ist, beinhalten. Für die Dokumentation sollten die Konzeptkarten nach Ziffer 3.1 in den verschiedenen Versionen, die Zwischenergebnisse aus Perzentilvergleichen nach Ziffer 3.3 und kartographische Ergebniskarten aus Ziffer 3.4 herangezogen werden. In Tabelle 7-1 ist eine Übersicht der insgesamt anfallenden Kartenwerke dargestellt.

Neben den abgeprüften Raumeinheiten sollten auch die (noch) nicht abgeprüften potentiellen Raumeinheiten und Ausschlussflächen dargestellt werden. Wegen der Vielzahl möglicher Raumeinheiten wird es die Regel sein, dass bedingt durch Arbeitsprioritäten, Zeitpläne und Budgetgrenzen nur ein ausgewählter Teil der Raumeinheiten tatsächlich abgeprüft werden kann. Bei einer Fortschreibung der Gebietskennzeichnung können sich hieraus Hinweise für weitere Untersuchungen ergeben.

Neben der textlichen und kartographischen Dokumentationen sollten die wesentlichen Ergebnisse und Datengrundlagen in Form von Tabellen und Protokollen abgefasst werden. Mit Blick auf eine öffentliche Darstellung der Datengrundlagen können die Protokollentwürfe nach Abbildung 7-1 verwendet werden.

Nicht alle Raumeinheiten müssen zwangsläufig bereits mit Hintergrundwerten belegt sein. Bei unzureichender Datenlage können gemäß dem Objektschlüssel auch übergeordnete Raumeinheiten genutzt werden (z.B. 1100 Siedlungsfreiflächen allgemein oder 1200 Landwirtschaft allgemein).

Tabelle 7-1: Übersicht der für die Gebietskennzeichnung üblicherweise erforderlichen Kartenwerke

Nr	Kartentyp	Ziffer
1	Grundlagenkarten	2.1
2	Konzeptkarten bzw. Karte der ausgewählten Raumeinheiten	3.1, 7
3	Punktdarstellungen	3.4
4	Deskriptiv-statistische Flächendarstellung	3.4
5	Geostatistische Flächendarstellungen	3.4
6	Schätzfehlerkarten	3.4
7	Messplanungskarten	4.1
8	Gebietsgrenzen für Einzelstoffe	6.1
9	Gebietsgrenzen für mehrere Stoffe	6.1
10	Gebietsgrenzenumbruch auf Flurstücksgrenze	6.1

Die Böden von Siedlungsgebieten sind derart heterogen, dass im Einzelfall nicht allen Eventualitäten nachgegangen werden kann und je nach Zielsetzung auch nicht nachgegangen werden muss. Genau diese Tatsache macht die Dokumentation der Gebietskennzeichnung zu einem unverzichtbaren Arbeitsschritt - denn andernfalls könnte der Eindruck entstehen, dass alle Einflussfaktoren untersucht wurden (was - abgesehen von EN > 100 - sicher nicht der Fall sein wird).

Die Dokumentation zielt hauptsächlich auf die Nachvollziehbarkeit der Raumanalysen. Es wird empfohlen, zumindest den wesentlichen und datenschutzrechtlich zulässigen Teil der aggregierten GIS-Daten der Raumanalyse - mit den entsprechenden Erläuterungen versehen - zu ver-

öffentlichen. Das Internet bietet dazu eine gute Gelegenheit, da die

- GIS-Daten ohnehin vorhanden sind,
- keine Druckkosten anfallen und sich
- die Kartenwerke technisch gesehen auch leicht fortschreiben lassen.

Mit diesem Hintergrund und auch um Vergleiche der Gebiete zu vereinfachen, wurden in Tabelle 7-1 die Kartenwerke in 10 Gruppen strukturiert. Im GSE-Protokoll (Abbildung 7-1) wurden die wichtigsten Eckdaten zusammengefasst.

Die inneren und äußeren GSE-Grenzen werden in der Mehrzahl der Gebiete aus einem Gemisch von interpolierten Grenzen und Grenzen anderer Flächendaten bestehen.

GSE Protokoll

GSE Name

Kreise

km2 Jahr der Festlegung

GSE Raumstruktur

RE Nr	AF	Bezeichnung	Objektschlüssel	Anz der Einzelflächen	km2 insgesamt
Re01	nein				
Re02	ja				
...					

GSE Hintergrundwerte

RE Nr	Bezeichnung	Leitkomponente 1			Leitkomponente 2		
		Anz	50.P	90.P	Anz	50.P	90.P
Re01							
Re02							
...							

GSE Grenzdokumentation

Grenz- abschnitt	km von	km bis	Objektschlüssel Nr	Interpoliert ja/nein
Absch.1	0	15	1210	nein
Absch.2				

GSE Objektkarte

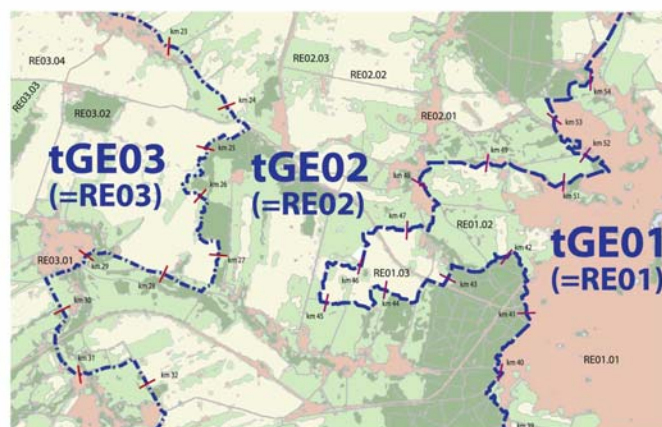


Abbildung 7-1: GSE-Protokoll für die Dokumentation der Raumstruktur, der Hintergrundwerte und der Gebietsgrenzen

Beispielsweise wurden bei der Abgrenzung von Teilgebieten in Goslar interpolierte Grenzen (z.B. für Ackerbauflächen) und die natürlichen bzw. baulichen Grenzen von Überschwemmungs- und Wohngebieten bei der Grenzziehung berücksichtigt (vgl. Abbildungen 3.4-5 und 7-2).

Die Dokumentation dieser Grenzziehung lässt auch Schlüsse auf die Robustheit zu - denn eine an einem naturräumlich, markanten Merkmal orientierte Grenze (z.B. Gesteinswechsel) wird häufig robuster sein, als eine - am jeweiligen Datenbestand ausgerichtete interpolierte Grenze. Dennoch bleiben beide Instrumente der Grenzführung untrennbar miteinander verknüpft.

Objektschlüssel müssen ggf. mehrfach vergeben werden. Die Dokumentation sollte sich bei sehr komplexen Strukturen auf die wesentlichen Merkmale beschränken.

Bei der Dokumentation der Grenzführung können neben den Flächenobjekten (z.B. 1200 Landwirtschaft, 1600 Gewässer) auch Linien-Objekte (z.B. 5100 Verkehrsstraße, 1430 Damm) herangezogen werden.

Neben der Flächengröße, die zusammen mit der Anzahl von Messungen das Erhebungsniveau ergibt - sollte die Anzahl von Einzelflächen angegeben sein (z.B. bei 1132 Kleingartenanlagen oder 2123 Dorfgebiete).

Auch die **GSE-Ausschlussflächen** sollten analog der eigentlichen GSE-Flächen dokumentiert sein.

Die Grenzdokumentation kann in Verbindung mit den textlichen Erläuterungen nach Grenz-km-Abschnitten wie im GSE-Protokoll oder ersatzweise pauschalierend (wie in Abbildung 7-2) erfolgen.

Auf der Grundlage der geowissenschaftlichen Gebietskennzeichen sollte der **GSE-Maßnahmenplan (Abbildung 7-2)**, der die eigentlichen Kernziele und Konsequenzen konkretisiert, frühzeitig entworfen werden. Frühzeitig, da die Festlegungen im Maßnahmenplan und die Datenqualität (bzw. die Forderung von Nachmessungen) im Einklang stehen müssen. Im Maßnahmenplan wurden die wichtigsten Rechtsbereiche die lt. Ziffer 5 einbezogen werden sollten, berücksichtigt.

Der Maßnahmenplan sollte auch dann Anwen-

dung finden, wenn „nur“ vorsorgende Aspekte im Vordergrund der Gebietskennzeichnung stehen - denn auch wenn aus der gebietsmäßigen Raumanalyse keine Anhaltspunkte für die unmittelbare Beeinträchtigung sensibler Nutzungen entstehen, sollte dies im GSE-Maßnahmenplan vermerkt werden.

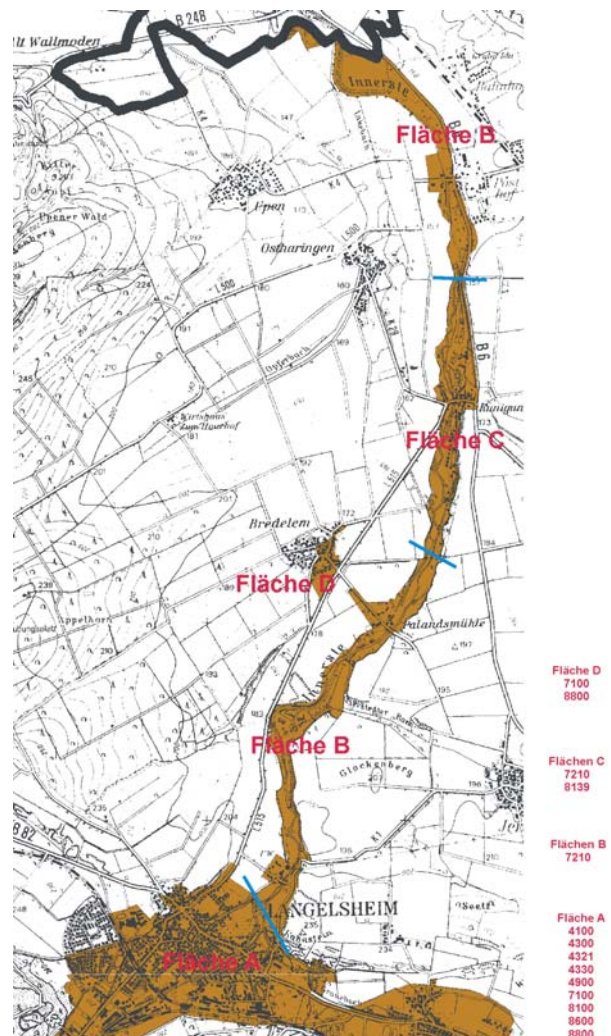


Abbildung 7-2: Dokumentation von Teilflächen am Beispiel Goslar

GSE Maßnahmenplan	
tGSE Name	<input type="text"/>
tGSE Nr	<input type="text"/> km2 <input type="text"/>
Menschliche Gesundheit	
<i>Kinderspielflächen</i> <i>Park- und Freizeitanlagen</i> <i>Wohngebiete</i> <i>Nutzgärten</i> <i>Eigenwassergewinnung</i>	<input type="text"/>
Landwirtschaft	
<i>Marktfreizeitbau</i> <i>Feldfutterbau</i> <i>Gemüsebau</i> <i>Grünlandwirtschaft</i>	<input type="text"/>
Grundwasserschutz	
	<input type="text"/>
Verwertung und Entsorgung	
	<input type="text"/>
Vorsorge	
	<input type="text"/>

Abbildung 7-3: GSE-Maßnahmenplan

8 Evaluieren

Die Evaluierung der GSE Kennzeichnung wird erforderlich, wenn

- die Prüfung potentieller Raumeinheiten und Ausschlussflächen zurückgestellt wurde,
- bedingt durch die Siedlungsentwicklung und Raumplanung die gewählten Gebietsgrenzen angepasst werden müssen,
- nach der Gebietsfestlegung mit weiteren, einzelfallbezogenen Bodenuntersuchungen gerechnet werden kann, die für die Fortschreibung der GSE-Kennzeichnung eine Verbesserung der Datenlage erwarten lassen,
- durch Bodensanierungen (z.B. Hotspot-Sanierung in Bergbaugebieten) und Umlagerungen sich die durchschnittliche stoffliche Beschaffenheit verändert oder
- sich die rechtliche oder toxikologische Einschätzung der Stoffgehalte ändert.

Für die Umsetzung der Evaluierung sollte die Zuständigkeit der Bodendatenpflege geregelt werden. In der Regel wird hierfür ein Bodeninformationssystem genutzt. Die späteren, aktualisierten Raumanalysen sollten auf den gemachten Erfahrungen aufbauen.

Anhang: Objektschlüssel 1.01 (Kurzübersicht)

Eine Ausführliche Erläuterung des Objektschlüssels finden Sie im Teil B.

1000 Bodennutzung	2330	gering	6130	Ton
1100 Siedlungsfreiflächen	2400	Siedlungs- und Verkehrs-flächenanteile	6131	lehmgiger Ton
1110 Spiel-, Park- und Freizeit-anlagen	2410	hoch	6132	Ton
1111 Kinderspielflächen	2420	mittel	6200	Säuregrad
1112 Park- und Freizeitanlagen	2430	gering	6210	pH < 5,0
1120 Wohngebiete allgemein	2500	Einwohnerdichte	6211	pH < 4,0
1121 Reine Wohngebiete	2510	hoch	6212	pH 4,0-4,5
1122 Wohnmischgebiete	2520	mittel	6213	pH 4,5-5,0
1130 Haus- und Kleingärten	2530	gering	6220	pH 5,0 bis 6,0
1131 Hausgärten	2600	Verwaltungseinheiten	6221	pH 5,0-5,5
1132 Kleingärten	2610	Kreisgrenze	6222	pH 5,5-6,0
1140 Industrie- und Gewerbeflächen	2620	Gemeindegrenzen	6230	pH > 6,0
	2630	Gemarkungsgrenzen	6231	pH 6,0-6,5
1200 Landwirtschaftsfläche	2640	Flurstücksgrenzen	6232	pH 6,5-7,0
1210 Ackerbauflächen	2700	Schutzgebiete	6233	pH 7,0-7,5
1211 Marktfreuchtbau	2710	Wasserschutzgebiete	6234	pH > 7,5
1212 Erwerbsgemüsebau	2720	Heilquellenschutzgebiet	6300	Humusgehalt
1213 Feldfutterbau	2730	Landschaftsschutzgebiet	6310	> 8% Humus
1220 Grünlandflächen	2740	Naturschutzgebiet	6320	< 8% Humus
1221 Weide	2800	Geographische Gebietseinheiten	6500	Geogene Besonderheiten
1222 Wiese			6510	Karbonatgesteine
1223 Mähweide	2810	Naturräume	6520	Mergel-, Tonsteine und Schiefer
1224 Streuwiese	2820	Landschaft	6530	Basische Gesteine
1225 Hutung	2830	Gewann	6540	Saure Gesteine
1230 Sonderkulturfläche			6550	Vererzungen
1231 Weinbau	3000 Diffuse Quellen		6900	Stadtböden
1232 Obstbau	3100	Gebiet mit hoher Siedlungs-, Industrie- und Gewerbedichte	6910	Straßen-, Wege und Platzbeläge
1233 Hopfenbau				
1234 Spargel				
1235 Gartenbaufächen	3200	Gebiet mit starken Kriegseinwirkungen	7000 Überschwemmungsfläche	
1300 Forstfläche	3300	Erzgewinnungs- und Verarbeitungsgebiet	7100	historische Überschwemmungsgebiete
1310 Laubwald			7200	rezente Überschwemmungsbereiche
1320 Nadelwald				
1330 Mischwald	4000 Punktquellen (-umfeld)		7210	Innendeich
1340 Kahlschlagsflächen	4100	genehmigungsbedürftige Anlagen nach BImSchV	7211	innerer Bereich
1400 sonstige Freiflächen			7212	äußerer Bereich
1410 Ödland, Gehölz, Brache	4200	nicht genehmigungsbedürftige Anlagen	7220	Außendeich
1420 Moor, Sumpf, Ried			7230	Deichbereich
1430 Damm, Wall, Deich, Böschung	4300	Bergbauanlagen		
	4310	Stollenmundloch	8000 Materialauftragsfläche	
1431 Knick (Wallhecke)	4320	Bergbauerzhalden	8100	Altablagerungen, Deponien und Halden
1440 Düne, Moräne	4321	Flotationshalden		
1450 Heide	4330	Erzaufbereitungsstätte	8110	Altablagerung
1500 bebaute und versiegelte Flächen	4400	Kläranlagen	8120	Deponie in Betrieb
	4500	Schießplatz	8130	Bergbauhalden
1600 Gewässerflächen	4900	Altstandort	8200	Klärschlammflächen
	.10	quellnaher Bereich	8300	Rieselfelder
2000 Bebauungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen	.20	näheres Umfeld	8400	Müllkomposte
2100 Baulich geprägte Flächen	.30	quellferner Bereich	8500	Spülfelder
2110 Kerngebiete			8600	Technogene Substrate, Produktionsrückstände und Bodenverbesserungsmittel
2120 Wohn-, Kleinsiedlungs- und Dorfgebiete	5000 Linienquellen (-umfeld)			
	5100	Verkehrsstraßen		
2130 Industrie- und Gewerbegebiete	.10	Randstreifen Innenbereich	8700	Pflanzenschutz- und Düngemittel
	.20	Randstreifen Außenbereich		
2140 Sondergebiete	.30	straßennah	8800	Güllehochlastflächen
2141 Truppenübungsgebiet	5200	Bahnlinienumfeld	8900	Kontaminierter Bodenaus-hub
2200 historische Siedlungs-struktur				
2210 alte Siedlungsbereiche	6000 Bodenbeschaffenheit		9000 Atmosphärische Stoffeinträge	
2220 mittelalte Siedlungsbereiche	6100	Bodenart		
2230 junge Siedlungsbereiche	6110	Sand	9100	Gebiet mit hohen Niederschlägen
2300 Versiegelungsgrade	6120	Lehm/Schluff	9200	Kammlage
2310 hoch	6121	lehmgiger Sand und Schluff		
2320 mittel	6122	Lehm		
	6123	toniger Lehm		

Zitierte Literatur

- Barkowski D., Bleier M., Heinz U., Krüger G. & K. Kuylaars (2002): Konzeption zur Erstellung einer digitalen Bodenbelastungskarte im Siedlungsbereich eines stark durch Immissionen belasteten Raumes am Beispiel der Stadt Duisburg.- Bodenschutz, 2.02, S55-61 [LitNr 2453].
- BaWü [UM Umweltministerium / UVM Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg Hrsg.]
- (1995a): Bodenzustandsbericht Karlsruhe.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-14-95, 68 S., Stuttgart [LitNr 1359].
 - (1995b): Bodenzustandsbericht Pforzheim.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-15-95, 62 S., Stuttgart [LitNr 2450].
 - (1995c): Bodenzustandsbericht Kehl.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-16-95, 95 S., Stuttgart [LitNr 1355].
 - (1995d): Pilotprojekt „Stadtbodenkartierung Rheinfelden (Baden).- unveröffentlichter Bericht, 12 S., Waldshut [LitNr 2350].
 - (1998): Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, 108 S., Stuttgart [LitNr 1397].
 - (1999): Bodenzustandsbericht Großraum Stuttgart.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, 107 S., Stuttgart [LitNr 1393].
- Bayern [GLA] (1999): Hintergrundwerte anorganischer Schadstoffe in den Böden Bayerns. - Faltbrochure des GLA, 6 S., München.
- BBR [Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung] (1999): Aktuelle Daten zur Entwicklung der Städte, Kreise und Gemeinden.- Berichte, Band 3, 321 S., Bonn [LitNr 2351].
- (2000): Raumordnungsbericht.- Berichte, Band 7, 320 S., Bonn [LitNr 2352].
 - (2000): Stadtentwicklung und Städtebau in Deutschland.- Berichte, Band 5, 82 S., Bonn [LitNr 1439].
- BGR (1999): siehe UBA 1999
- Bremen [Freie Hansestadt, Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung Hrsg.]
- (1993): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Böden, Schwermetallbelastung und Parameter der Bodenfruchtbarkeit in Kleingartenanlagen.- 33 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2363].
 - (1998): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Organische Schadstoffe in Böden ausgewählter Kleingartenanlagen Bremens und Bremerhavens.- 28 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2361].
 - (1999): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Bodennessprogramm Bremen.- 51 S., Bremen.
- Frankfurt [Umlandverband Hrsg.]
- (1991): Bodenschutzkonzept des UVF und Bericht über die verkehrsbedingte Bodenschwermetallbelastung im Verbandsgebiet.- Umweltbericht Teil V Bodenschutz, Band 1, 72 S., Frankfurt [LitNr 2381].
- GfA Gesellschaft für Arbeitsplatz und Umweltanalytik (1995): Meßprogramm zur Untersuchung der Dioxinbelastung der Stadtgemeinde Bremen.- Untersuchung im Auftrag der Bremer Entsorgungsbetriebe, 94 S. + Anhang, Münster [LitNr 2362].
- Gierse R. und P. Reinikens
- (2002): Bodenbelastungskarten der Stadt Wuppertal.- Bodenschutz 1, 11-17, Berlin. [LitNr 2390].
- Goslar [Landkreis Hrsg.] (2001): Verordnung des „Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar“.- Amtsblatt für den Landkreis Goslar, Nr. 13, 572-623, Goslar [LitNr 2388].
- Hamburg [Freie und Hansestadt] (1996): Gehalte an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Hamburger Oberböden.- Hamburger Umweltberichte 52/96, 101 S. [LitNr 2402].
- (1997): Umweltatlas Hamburg 1997.- 244 S., Hamburg [LitNr 2403].
- LABO [Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Boden] (1998): Hintergrundwerte für anorganische und organische Stoffe in Böden.- LABO, 114 S., Berlin [LitNr 2348].
- Lörrach [Landratsamt Lörrach] (1998): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung der Böden des Oberen Wiesentals und dessen Einzugsgebiets infolge des historischen Bergbaus.- Studie des Büro für Boden und Geologie Solum, 49 S. + Anhang. [LitNr 2448].
- (2002): GIS-Daten-Pool aus dem Tal der Großen Wiese.
- Lübeck [Hansestadt] (1993): Bewertung der Ergebnisse des Bodenuntersuchungsprogramms der Hansestadt Lübeck.- Studie des Instituts für Umwelt-Analyse GmbH, 119 S. [LitNr 2400].
- Monse M., I. Volkmann & R. Schmidt (2001): Methodik der Ausgrenzung von Gebieten mit erhöhten, anthropogen bedingten Schadstoffgehalten in Böden.- Forschungsvorhaben A4 - 06/2000 im Auftrag des LUA Brandenburg - Abschlussbericht [LitNr 2415].
- Niedersachsen [NfB Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung] (1999): Schwermetalle in Böden Niedersachsens.- Arb.-H. Boden, 3-25, Hannover [LitNr 2392].
- NRW [Bodenschutzzentrum des Landes Nordrhein-Westfalen] (1993): Vorliegende Referenzwerte für PAK in Böden Nordrhein-Westfalens.- 82 S., Oberhausen [LitNr 2377].
- [Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen] (1991): Erfassung und Auswertung der Hintergrundgehalte ausgewählter Schadstoffe in Böden Nordrhein-Westfalens.- Materialien zur Ermittlung und Sanierung von Altlasten - Band 4, 109 S., Düsseldorf [LitNr 2374].
 - [LUA] 2000): Leitfaden zur Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten - Teil I: Außenbereiche.- 115 S. [LitNr 2373].
- Rheinland-Pfalz [UM Rheinland Pfalz Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland Pfalz Hrsg.] (1996): Bodenbelastungskataster.- Verfasser: Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 285 S. + Anhang, Mainz [LitNr 2370].
- (1998): Bodenzustandsbericht Blatt 6015 Mainz.- Verfasser: Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 128 S. + Anhang, Mainz [LitNr 2369].

- (2000): Bodenzustandsbericht Blatt 5911 Kasselbach.- Verfasser: Geologisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 163 S. + Anhang, Mainz [LitNr 2368].
- Sachsen [LfUG Landesamt für Umwelt und Geologie Sachsen] (1997): Bodenmeßprogramm des Freistaates Sachsen - Bodenmeßnetz Ehrenfridersdorf/Erzgebirge.- Materialien zum Bodenschutz, 127 S., Freiberg [LitNr 2393].
- (1999): Bodenatlas des Freistaates Sachsen - Teil 3 Bodenmeßprogramm.- Materialien zum Bodenschutz, 119 S DIN A3 [LitNr 2395].
- (1999): Die Schwermetallgehalte der Böden des Freiburger Raumes für die Bewertung der Gefährdungspfade Boden-Mensch, Boden-Nutzpflanze und Boden-Sickerwasser nach BBodSchV.- Sachstandsbericht, 14 S. + Anhang, Freiberg [LitNr 2394].
- (2000): Untersuchungen zum Gefährdungspotential polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) in Leipziger Kleingartenböden.- 38 S., Dresden [LitNr 2405].
- Schmoltz W., P. Faeseler, M. Riesen & I. Henze (2002): Die Verordnung des Bodenplanungsgebietes Harz im Landkreis Goslar.- Bodenschutz 1, 24-30, Berlin [LitNr 2391].
- UBA [Umweltbundesamt Hrsg.] (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden. UBA-FB 99-066 mit CD.- [LitNr 2334].
- (2000): Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden - Kurzfassung.- UBA Texte 49/00, 1-21 S., Berlin [LitNr 2420].
- UMEG (2002): Datenerhebung, Messplanung und Datenauswertung für den Bodenzustandsbericht Baar [in Vorbereitung].
- Wuppertal [Stadt Hrsg.] (1993): Bodenbericht.- 71 S. + Anhang [LitNr 2372].
- (1996): Bodenbericht - Schadstoffbelastungen auf Spielplätzen.- Heft 2, 21. S. + Anhang [LitNr 2371].
- (2001): Auszug aus dem Zwischenbericht zur Bodenbelastungskarte.- [unveröffentlicht] [LitNr 2449].

Weitere Literaturhinweise

- Ad-hoc-AG Boden des Bund-Länder-Ausschusses Bodenforschung (2001): Stadtbodenkartierung - Ergänzung der KA4 um stadtbodenspezifische Besonderheiten.- 54 S. [LitNr 2417].
- Adler G. (2000): Anforderungen an Flächendatensätze.- In: UBA Texte 49/00, 50-58 S., Berlin [LitNr 2427].
- AdV Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2000): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens - Teil 6 ALKIS Katalogwerk.- 14 S. [LitNr 2419].
- (2000): ATKIS - Objektartenkatalog : AdV-Standard Version 3.0. http://www.atkis.de:8080/dstinfo/plsql/dstinfo2.start_load?inf_sprache=deu&dst_ver=dst
- AK Stadtböden der DBG (1997): Empfehlungen des AK Stadtböden der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft für die bodenkundliche Kartierung urban, gewerblich, industriell und montan überformter Flächen (Stadtböden).- 111 S. - Vertrieb über Büro für Bodenbewertung, Kiel [LitNr 2418].
- Bartsch H.-U., Kues J., Sbresny J. und J. Schneider (1992): Fachinformationssystem Boden - Baustein eines kommunalen Umweltinformationssystems.- Geowissenschaften + Umwelt, 87-108 [LitNr 2396].
- Bayern [Bayerisches Geologisches Landesamt] (1992): Merkblatt für die Anlage von Bodenmeßnetzen zur Bodenbeobachtung und Beweissicherung bei Problemstoffemittenten.- In: Rosenkranz, Einsele und Harreß, Kennzahl 9460, [LitNr 2423].
- BaWü [LfU Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg.] (1993): Dioxine in Böden Baden-Württembergs.- Materialien zum Bodenschutz Band 1 60[LitNr 1221].
- [UM Umweltministerium bzw. UVM Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1993): Dritte Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV Anorganische Schadstoffe).- Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg (GABL) Heft 30 1029-1036[LitNr 1232].
- BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2002): Dioxine - Daten aus Deutschland.- Bund-Länder-Arbeitsgruppe Dioxine 122 S.[LitNr 2454].
- Bremen [Freie Hansestadt, Der Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung Hrsg.]
- (1987): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Schwermetallbelastung der Böden im Blockland.- 13 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2356].
- (1990): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Horn-Lehe, Borgfeld und Oberneuland.- 23 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2357].
- (1991): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Schwermetallbelastung der Böden auf Kinderspielflächen in der Stadtgemeinde Bremen.- 10 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2358].
- (1992): Dioxinmessprogramm im Umfeld der Müllverbrennungsanlage Bremen.- 23 S., Bremen [LitNr 2359].
- (1992): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Bremerhaven.- 30 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2360].
- (1995): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - südlich der Weser und in Hemelingen.- 22 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2364].

- (1995): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Bodentmessprogramm Bremen - Schwermetalle und Bodenfruchtbarkeit.- 51 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2367].
- (1996): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Schwermetallgehalte in Pflanzen ausgewählter Kleingartenanlagen Bremens.- 30 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2365].
- (1998): Erfassung und Dokumentation der Bodensituation der im Land Bremen - Organische Schadstoffe in Böden Bremerhavens.- 15 S. + Anhang, Bremen [LitNr 2366].
- Cordsen E. (2000): Ziele/Anforderungen an die flächenhafte darstellung punktbezogener Daten über Stoffgehalte in Böden aus Sicht des StAA 3 Bodenschutzplanung.- UBA Texte 49/00, 32-36 S., Berlin [LitNr 2424].
- Dehner U., D. Feldhaus und G. Villwock (2000): Zur Kennzeichnung von Schwermetall-Hintergrundwerten in Auenböden der Saale und mittleren Elbe.- In: Stoffhaushalt von Auenökosystemen, Hrsg.: Friese, Witter, Miehlich & Rode, 227-236 [LitNr 2407].
- Dinkelberg W., J. Ritschel und R. Schultz-Sternberg (2000): Problematik der Stoffbelastung von Überschwemmungsböden.- In: LUA [Hrsg.] (2000), 26-30. [LitNr 2414].
- Dobler L., E. Dietz, M. Außendorfer (2000): Vergleich der Flächenrepräsentanz von Bodenprofilen im 4x4 bzw 8x8 km Raster am Beispiel der Konzeptbodenkarte (KBK) 1:25.000 in der Region Ingolstadt.- In: UBA Texte 49/00, 166-170 S., Berlin [LitNr 2444].
- Eberlein K. (1994): Schwermetallgehalte kleingärtnerisch genutzter Standorte in Abhängigkeit in der Nutzungsdauer - Untersuchungen an ausgewählten Kleingartenanlagen Bremens -.- Diss. An der Universität Erlangen-Nürnberg, 166 S. [LitNr 2399].
- Emmerich K.H. (2000): Die Bedeutung von Substrat und Landschaftsgenese für die Darstellung von Punktdaten in der Fläche.- In: UBA Texte 49/00, 134-139 S., Berlin [LitNr 2438].
- ESRI (2001): Using ArcGIS ® Geostatistical Analyst. Redlands, CA.
(2001): Using ArcMap ®. Redlands, CA.
- Ewers U., I. Freier, M. Turfeld, A. Brockhaus, I. Hofstetter, W. König, J. Leisner-Saaber & T. Delschen (1993): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Böden und Gartenprodukten aus Stolberger Hausgärten und zur Blei- und Cadmiumbelastung von Kleingärten aus Stollberg.- Gesundh.-We. 55, 318-325, Stuttgart [LitNr 2375].
- Feldhaus D. (2000): Bodenregionen als bodenkundliches Differenzierungskriterium für Hintergrundwerte.- In: UBA Texte 49/00, 91-98 S., Berlin [LitNr 2432].
- Frankfurt [am Main - der Magistrat] (1983): Untersuchung über verkehrsbedingte Schadstoffgehalte in Gartenböden und -pflanzen straßennah gelegener Standorte in Frankfurt a.M.- 94 S., Frankfurt [LitNr 2385].
- [Umlandverband Hrsg.] (1993): Bodenkataster und Bodenschwermetallkarte des Umlandverbandes Frankfurt.- Umweltbericht Teil V Bodenschutz, 35 S., Frankfurt [LitNr 2379].
- (1998): Methoden zur Umweltbewertung in Umweltschutz und Landschaftsplanung des Umlandverbandes Frankfurt.- Umweltbericht Teil VIII Umweltbewertung, 80 S., Frankfurt [LitNr 2380].
- (2001): Entwicklung einer Stadtbodenkonzeptkarte und Stadtbodenkennwerttabelle für das gebiet des UVF auf Grundlage von Datenbanken des UVF.- Bericht von J. Heinrich und P. Stock, unveröffentlicht, 33 S. + Anhang [LitNr 2382].
- Fritsche R., J. Schmitz (1996): Bestandsaufnahme von Rückstandshalden aus Bergbau und Erzaufbereitung in Baden-Württemberg.- Forschungszentrum Karlsruhe, Bericht in 3 Bänden, ca. 1000 S., Karlsruhe [LitNr 2353].
- Frühauf M. und F. Winde (1998): Untersuchungen zu den Ursachen und zum Ausmaß der Schwermetallbelastung von Böden und Sedimenten in der Saalau bei Halle.- Petermanns Geographische Mitteilungen, 142, 1998/5+6, pp. 393-412 [LitNr 2409].
- Fuchs M. & H. Burger (2000): Geostatistik und die Polygonmethode.- In: UBA Texte 49/00, 140-145 S., Berlin [LitNr 2439].
- Gäbler H.-E. und J. Schneider (2000): Assessment of heavy-metal contamination of floodplain soils due to mining and mineral processing in the Harz Mountains, Germany.- Environmental Geology 39 (7), 774-782. [LitNr 2397].
- Gierse R. und P. Reinirgens (2000): Anwendungsmöglichkeiten der Bodenbelastungskarten in der kommunalen Praxis am Beispiel der Stadt Wuppertal.- In: UBA Texte 49/00, 108-118 S., Berlin [LitNr 2434].
- Gieske M. & Mohs B. (2000): Flächenhafte Darstellung von Stoffgehalten in Böden besiedelter Bereiche.- In: UBA Texte 49/00, 152-155 S., Berlin [LitNr 2441].
- Goldschmitt M & M. Hauenstein (2000): Bodenzustandsbericht Rheinland-Pfalz - Auswertung und Darstellung von Punkt und Flächendaten.- In: UBA Texte 49/00, 127-131 S., Berlin [LitNr 2436].
- Goslar [Landkreis Hrsg.] (1999): Informationen zum Bodenschutz.- 15 S., Goslar [LitNr 2386].
- (2000): Allgemeinverfügung zum Umgang mit belastetem harztypischen Bodenmaterial, Landkreis Goslar.- Amtsblatt für den Landkreis Goslar, Nr. 15, 321-344, Goslar [LitNr 2389].
- (2000): Handbuch zum Bodenmanagement.- 15 S., Goslar [LitNr 2387].
- Greiser N., A. Ernst und D. Spott (1996): Biogener Einfluß auf den partikulären Schadstofftransport unter besonderer Berücksichtigung der Elbe.- Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen, H. 4, 154-162 [LitNr 2411].
- GSF Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit mbH (1995): Standortgerechte Bewertung der Belastung im Umfeld der chemischen Fabrik Marktedwitz.- Bericht im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, 78 S., Oberschleißheim [LitNr 2354].
- Hahn, S., A. Poot, R. Schultz-Sternberg, D. Wedde (2000): Stoffliche Belastungen brandenburgischer Böden - ein Überblick.- In: LUA [Hrsg.] (2000), 15-25. [LitNr 2413].

- Heidbrink K. (2000): Erstellung digitaler Bodenbelastungskarten (BBK) in NRW.- In: UBA Texte 49/00, 161-165 S., Berlin [LitNr 2443].
- Hessischer Minister für Umwelt und Reaktorsicherheit (1995): Luftreinhalteplan Wetzlar.- [LitNr 2383].
- Hinterding A. & U. Streit (2000): Grundsätzliche Ansätze zur Auswertung punktbezogener Daten und der Ermittlung des Flächenbezugs.- In: UBA Texte 49/00, 40-49 S., Berlin [LitNr 2426].
- Kickner, S. (1997): Methodisch-technische Aspekte bei der GIS-gestützten Infrastrukturplanung. In: Schrenk M. Hrsg. (1997): Computergestützte Raumplanung, Beiträge zum Symposium CORP '97. Im Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, Wien.
- LRA Breisgau-Hochschwarzwald (2002): Historischer Schwemmfächer bei Bad-Krozingen [Kartenentwurf].
- Lohöfer, H., Mathematik für Pharmazeuten, Vorlesungsskript WS 2000/2001 (2000), S. 133.
- Brandenburg [LUA Landesumweltamt Brandenburg Hrsg.] (2000): Brandenburgisches Symposium zur bodenschutzbezogenen Forschung - Die Ausstellung.- Verfasser: Monse und Schultz-Sternberg, 4-7 S. [LitNr 2412].
- Lügger K. und E. Weidner (1999): Schwermetalle und organische Schadstoffe in Böden der Region Biebesheim (nördliche Oberrheinebene).- Geol. Jb. Hessen 127, 83-129, Wiesbaden [LitNr 2384].
- Martin W., M. Außendorfer & T. Suttner (2000): Übersichtskarte der Hintergrundwerte in Bayern.- In: UBA Texte 49/00, 75-79 S., Berlin [LitNr 2430].
- Monse R & Schultz-Sternberg (2000): Stoffverteilung in den Oberböden des Landes Brandenburg - Flächenhafte Darstellung punktbezogener Daten mittels Kriging.- In: UBA Texte 49/00, 146-151 S., Berlin [LitNr 2440].
- Murschel B. (2000): Vom Punkt zur Fläche - digitale Biotenzustandskarten von Schwermetallen und organischen Schadstoffen.- In: UBA Texte 49/00, 99-107 S., Berlin [LitNr 2433].
- Niedersachsen [Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Hrsg.] (1993): Niedersächsischer Untersuchungsbericht zur Bodenbelastung durch Dioxine im Überschwemmungsbereich der Elbe - Teil 1 und 2.- 34 S. + Anhang, Hannover [LitNr 2398].
- NRW
- (LUA Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, 1996): Umweltbelastung in Recklinghausen-Hochlarmark/Grullbad.- 169 S., Essen. [LitNr 2452].
 - (LUA 1999): Fachinformationssystem Stoffliche Bodenbelastung (FIS StoBo).- 58 S., Essen [LitNr 2378].
 - (LUA 2000): Weitere Sachverhaltsermittlung bei Überschreitung von Prüfwerten nach der BBo-dSchV für die Wirkungspfade Boden - Mensch und Boden - Nutzpflanze.- Merkblätter, Nr. 22, 84 S. + Anhang, Essen [LitNr 2376].
 - (LUA 2000): Schadstoffbelastung von Böden, Aufwuchs und tierischen Produkten aus Vordeichbereichen der Elbe.- 27. S. + Anhang [LitNr 2416].
- Nürnberg (Stadt 1995): Untersuchungen zur Schadstoffbelastung von Böden in Nürnberger Kleingartenanlagen.- Chemisches Untersuchungsamt - Daten zur Nürnberger Umwelt - Sonderheft, 46 S. [LitNr 2446].
- Prüß, A. (1992): Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden.- Verlag Ulrich E. Grauer, , 145 S.- Wendlingen.
- Rank G, Kardel K., W. Pälchen & H. Weidensdörfer (2000): Bodenmessnetze Freistaat Sachsen - Ermittlung der Schadstoffgehalte in Böden.- In: UBA Texte 49/00, 132-133 S., Berlin [LitNr 2437].
- Recklinghausen (Kreis Hrsg.) (1988): Schwermetalle in Böden des Kreises Recklinghausen.- Bearbeitung: Dr. Crößmann, LUFA Westfalen-Lippe, 44 S. [LitNr 2451].
- Reiche E.-W., H.-K. Siem & B. Hielscher (2000): Stand der Arbeiten zur Erfassung der Bodenbezogenen Schadstoffverbreitung in Schleswig-Holstein.- In: UBA Texte 49/00, 171-173 S., Berlin [LitNr 2445].
- Rosenkranz D., Bachmann G., Einsele G. & H.-M. Harreß [Hrsg.] (1994): Bodenschutz.- E. Schmidt Verlag Ergänzbare Handbuch [LitNr 493].
- Sachsen-Anhalt (Behördenarbeitsgruppe des Landes LAU, GLA, LUFA, 2000): Elbe-Konzept.- [unveröffentlicht], 6 S. + Anhang [LitNr 2408].
- SAS Institute Inc. (1999): Statview Reference. Letchworth Herts.
- Schleswig-Holstein (Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten des Landes, 1996): Bodenschutzprogramm.- 82 S., Kiel [LitNr 2401].
- Schmid H., D. Burger und M. Thater (1998): Dioxinsanierung im Innenstadtbereich von Rheinfelden.- TerraTech, 6/1998, 4 S. [LitNr 2349].
- Schneider J. (2000): Hintergrundwerte für Schwermetalle in Böden Niedersachsens.- In: UBA Texte 49/00, 156-160 S., Berlin [LitNr 2442].
- Seiffert S. (2000): Ziele/Anforderungen aus Sicht des StAA Bodenbelastungen.- UBA Texte 49/00, 26-31 S., Berlin [LitNr 2422].
- Snedecor, G. and Cochran, W. (1989): Statistical Methods, Eighth Edition, Iowa State University Press.
- Sokal R. & Rohlf F. (1995): Biometry, 3d wd.- 887 S..W:H: Freeman and Company, New York.
- Spott D. (1990): Zur Dynamik und Herkunft der Schwebstoffe in der Elbe.- 3. Magdeburger Gewässerschutzseminar - Zur Belastung der Elbe, 7 S., Magdeburg [LitNr 2410].
- Steinert P. & A. Pohl (2000): Probleme der Flächenrepräsentativität von Punktdaten, dargestellt an einer Schwermetallbelasteten Aue.- In: UBA Texte 49/00, 119-126 S., Berlin [LitNr 2435].
- Steinert P. (1999): Hintergrundwerte für Schwermetalle und Normalgehalte an organischen Schadstoffen in den Böden Thüringens.- Marktredwitzer Bodenschutztagung tagungsband 1, 293 S., Marktredwitz [LitNr 2355].
- Thiele V. (2000a): Anforderungen an punktbezogene Daten/Mindestdatensätze.- In: UBA Texte 49/00, 59-64 S., Berlin [LitNr 2428].
- (2000b): Einleitung, Ziele des Workshops aus Sicht des stAA2.- UBA Texte 49/00, 23-25 S., Berlin [LitNr 2421].
- Thüringer Landesanstalt für Umwelt (2000): Großflächig siedlungsbedingt erhöhte Hintergrundgehalte - Informationen über Vorgehensweisen und

erzielte Ergebnisse bei projektrelevanten Untersuchungen im Freistaat Thüringen.- [unveröffentlicht], 5 S., Jena. [LitNr 2404].

UBA Umweltbundesamt [Hrsg.]

(1998): Modellhafte Sanierung eines Dioxin- und schwermetallbelasteten Altstandortes am Beispiel der Kupferhütte Ilsenburg, Land Sachsen-Anhalt.- F&E 1480778 IO, 374 S. [LitNr 2406].

- (2001): Daten zur Umwelt - Der Zustand der Umwelt in Deutschland 2000.- Erich Schmidt Verlag, 380 S., Berlin. [LitNr 2447].

Utermann J- & O Düwel (2000): Räumliche und inhaltliche Harmonisierung von Datensätzen.- In: UBA Texte 49/00, 65-74 S., Berlin [LitNr 2429].

Wassmer, G. (2001): Vorlesungsskript Biomathematik III. Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie, Universität zu Köln.

Woiwode J. (2000): Ziele/Anforderungen aus nationaler und internationaler Sicht.- In: UBA Texte 49/00, 37-39 S., Berlin [LitNr 2425].

Wolff B, Baritz R. & W. Riek (2000): Regionalisierung von Bodendaten auf der Grundlage von Inventurdaten des Forstbereiches.- In: UBA Texte 49/00, 80-90 S., Berlin [LitNr 2431].

Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

- Bodenschutz -

Forschungsbericht 200 71 238

Kennzeichnung von Gebieten mit groß- flächig siedlungsbedingt erhöhten Schad- stoffgehalten im Boden

Teil B: Objektschlüssel mit Erläuterungen

von

UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit Baden-Württemberg,
Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe

in Zusammenarbeit mit
Sächsisches Landesamt für
Umwelt und Geologie,
09599 Freiberg
Stadtverwaltung Wuppertal
42275 Wuppertal
Landkreis Goslar,
38610 Goslar

in Abstimmung und weiterer Zusammenarbeit mit
der „Projektgruppe GSE“ (siehe Impressum)

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis Teil B

0	Einführung	B-4
0.1	Schlüssel-Kurzfassung (tabellarisch)	B-5
0.2	ATKIS-Zuordnung (tabellarisch)	B-6
0.3	Liste der potentiellen GSE-Ausschlussflächen	B-7
1	Objektgruppe „Bodennutzungen“	B-9
2	Objektgruppe „Bebauungs-, Verwaltung- und Naturraumstrukturen“	B-17
3	Objektgruppe „Diffuse Quellen“	B-19
4	Objektgruppe „Punktquellen (-umfeld)“	B-20
5	Objektgruppe „Linienquellen (-umfeld)“	B-22
6	Objektgruppe „Geogene Strukturen“	B-24
7	Objektgruppe „Überschwemmungsflächen“	B-26
8	Objektgruppe „Materialauftragsflächen“	B-28
9	Objektgruppe „Atmosphärische Stoffeinträge“	B-30
10	Literatur	B-31

Abkürzungen

10.P	10tes Perzentil
50.P	50tes Perzentil (Median)
90.P	90tes Perzentil
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem
AF	Ausschlussflächen
EN	Erhebungsniveau
GE	Gebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten
GSE	Gebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten
GNE	Gebiet mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten
RE	Raumeinheit
tGE	Teilgebiet mit erhöhten Schadstoffgehalten
tGSE	Teilgebiet mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten

Abbildungsverzeichnis Teil B

Abbildung 1.0-2: GSE-Bodennutzungsklassifikation nach ATKIS im Raum Villingen-Schwenningen (UMEG 2002)	B-9
Abbildung 1.0-3: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1100 auf Grundlage des ATKIS-Objektes 2101 (ADV 2000, verändert)	B-9
Abbildung 1.0-1: Siedlungsgebiet Freiburg	B-9
Abbildung 1.1-1: Spiel- und Parkanlagen (Eggenstein; Ettlingen)	B-10
Abbildung 1.1-2: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1112 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)	B-10
Abbildung 1.1-3: Kleingartenanlage (Freiberg)	B-11
Abbildung 1.1-4: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1121 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)	B-11
Abbildung 1.1-5: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1132 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)	B-11
Abbildung 1.1-6: Gewerbefläche (Bruchsal)	B-12
Abbildung 1.1-7: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1140 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)(ATKIS)	B-12
Abbildung 1.2-1: Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Ettlingen)	B-13
Abbildung 1.2-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1210 (ATKIS)	B-13
Abbildung 1.2-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1220 (ADV 2000, modifiziert)	B-13
Abbildung 1.2-4: Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Forchheim, Tabakanbau)	B-14
Abbildung 1.2-5: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1212 (ADV 2000, modifiziert)	B-14
Abbildung 1.2-6: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1230 (ADV 2000, modifiziert)	B-14
Abbildung 1.3-1: Forstwirtschaftliche genutzte Fläche (mit Bodenmessstelle in Wilhelmsfeld)	B-15
Abbildung 1.3-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1300 (ADV 2000, modifiziert)	B-15
Abbildung 1.3-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1400 (ADV 2000, modifiziert)	B-15
Abbildung 1.4-1: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1400	B-15
Abbildung 1.5-1: Ansicht einer bebauten Fläche (Obj. 1500)	B-16
Abbildung 1.5-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1500 (ADV 2000, modifiziert)	B-16
Abbildung 2.4-1: Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in Deutschland (BBR 2000)	B-18
Abbildung 3.1-1: Gebiete mit diffusen Schadstoffquellen (Goslar)	B-19
Abbildung 3.1-2: Beispielhafte Konzeptkartengrundlage für das Objekt 3300 (Sachsen LfUG 1999)	B-19
Abbildung 4.1-1: Punktquelle (Bitterfeld)	B-20
Abbildung 4.1-2: Beispielhafte Darstellung von Altablagerungen und Altstandorten (generalisiert)	B-20
Abbildung 4.1-3: Berücksichtigung eines Einzelemittentenumfelds in Nordenham (NLfB 1999)	B-21
Abbildung 4.1-4: Zonierung eines Einzelemittentenumfelds in Brandenburg (Brandenburg LUA 2000)	B-21
Abbildung 4.1-5: Beispielhafte Darstellung von Punktquellen mit pauschalisiertem Einwirkungsbereich (Wuppertal)	B-21
Abbildung 4.1-6: Verdichtung von Probennahmestellen im Emittentenumfeld in Hamburg (Hamburg 1997)	B-21
Abbildung 5.2-1: Standort eines stillgelegten Bahngleises (Bruchsal)	B-22

Abbildung 5.2-2: Beispielhafte ATKIS-Konzeptkartengrundlage für das Objekt 5100 (ADV 2000, modifiziert)	B-22
Abbildung 5.2-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 5100 (ADV 2000, modifiziert)	B-22
Abbildung 5.2-4: Beispielhafte geostatistische Darstellung von pauschlierten Bodenbelastungen an Straßenrändern in Frankfurt (Frankfurt, Umlandverband 1991)	B-23
Abbildung 6.1-1: Podsol bei Schwandorf (Oberpfalz)	B-24
Abbildung 6.1-2: Mögliche Zuordnung von Bodenarten der Reichsbodenschätzung zu Bodenartgruppen der Objektgruppe 6100 (Prüß 1992)	B-24
Abbildung 6.1-3: Beispielhafte GSE-Bodenklassifikation nach der Objektgruppe 6500 in der Baar (UMEG 2002)	B-25
Abbildung 6.1-4: Beispielhafte Klassifikation von Stadtböden in Rheinfelden (UM 1995d)	B-25
Abbildung 7.1-1: Überschwemmungsgebiet der Oker bei Goslar	B-26
Abbildung 7.1-2: Beispielhafte Konzeptkartengrundlage für das Objekt 7100 (LRA Breisgau-Hochschwarzwald 2002; modifiziert)	B-26
Abbildung 7.1-3: Taleinschnitt der Mulde bei Freiberg mit Abraummateriale aus dem Bergbau	B-27
Abbildung 7.1-4: Überschwemmungsgebiet der Mulde in Sachsen-Anhalt	B-27
Abbildung 8.1-1: Bodenmaterialumlagerung mit Raupe	B-28
Abbildung 8.1-2: Bergbauhalde Adolf-Helene in Rheinland-Pfalz (Foto: Hauenstein)	B-28
Abbildung 8.1-3: Abdeckung der Mülldeponie Westheim (Foto: Egloffstein)	B-29
Abbildung 8.1-4: Beispielhafte kartographische Grundlage für die Objektgruppe 8000 (ADV 2000, modifiziert)	B-29
Abbildung 9.1-1: Geländehöhenmodell aus dem Raum Baar mit Beispielhafter Kennzeichnung des Objektes 9200 (Höhe ü. NN > 1000 m)	B-30
Abbildung 9.1-2: Bleigehalte nördlich des Ballungsraumes Frankfurt am Taunuskamm (Frankfurt Umlandverband 1993)	B-30
Abbildung 9.1-3: Geländehöhenmodell von Baden-Württemberg mit skizzierten Kammlagen Obj. 9000	B-30

0 Einführung

Der Objektschlüssel ist Bestandteil der „Anleitung zur Kennzeichnung von großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden“ und dient

1. der Raumanalyse nach Ziffer 3, insbesondere der Erstellung und Fortschreibung von Konzeptkarten und
2. als Planungswerkzeug für die Messplanung in Siedlungsgebieten nach Ziffer 4 der Anleitung und
3. als Legendenschlüssel für die Kennzeichnung von Gebieten nach Ziffer 6 und 7 der Anleitung.

Der Schlüssel berücksichtigt bekannte und möglicherweise relevante Raumeinheiten (RE) für verschiedene Siedlungsräume Deutschlands.

Die Struktur der Schlüsselnummern ist hierarchisch nach Objektgruppen aufgebaut. Beispielsweise können die landwirtschaftlichen Flächen (Objektgruppe 1200) zusammengefasst oder nach 1210 Ackerbau, 1220 Grünland und 1230 Sonderkulturfächen aufgeteilt werden. Im Ausnahmefall sollten Schlüssel auch kombiniert werden (z.B. 1200 Landwirtschaft ohne 1231 Weinbau). Objekte der Gruppe 1000 Bodennutzung sollen nur einmal für eine Fläche vergeben werden. Alle übrigen Objekte (2000 ff) können diese überlagern.

Bestimmte RE (z.B. Altstandorte) können Ausschlussflächen im Sinne der Kennzeichnung von großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoff-

gehalten in Böden (GSE-Ausschlussflächen) sein.

GSE können sich über Gebiete mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten (GNE) in Böden erstrecken. Diese Gebieten werden als Gebiete mit erhöhten Gehalten (GE) bezeichnet.

Der Objektsschlüssel enthält Raumeinheiten, die beispielsweise vom Maßstab 1:200.000 bis 1:1.000 (z.B. für Kinderspielflächen oder Hausgärten) nutzbar sind. Der Zielmaßstab bei Verwendung von ATKIS-Daten (Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem) liegt in der Regel bei 1:25.000.

Der ATKIS-Schlüssel kann eine Grundlage für die „Konzeptkarte 1.0“ bilden. Alternativ können beispielsweise Flächennutzungspläne eingesetzt werden. Der ebenfalls verwendbare Schlüssel des Amtlichen Liegenschaftskataster-Informationssystems (ALKIS-Schlüssel) kann aus dem ATKIS-Schlüssel übertragen werden (siehe ALKIS-ATKIS-Konzept, www.adv-online.de; ADV 2000)

0.1 Kurzübersicht Objektschlüssel 1.01

1000 Bodennutzung					
1100 Siedlungsfreiflächen	2400 Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile	6132 Ton			
1110 Spiel-, Park- und Freizeitanlagen	2410 hoch	6200 Säuregrad			
1111 Kinderspielflächen	2420 mittel	6210 pH < 5,0			
1112 Park- und Freizeitanlagen	2430 gering	6211 pH < 4,0			
1120 Wohngebiete allgemein	2500 Einwohnerdichte	6212 pH 4,0-4,5			
1121 Reine Wohngebiete	2510 hoch	6213 pH 4,5-5,0			
1122 Wohnmischgebiete	2520 mittel	6220 pH 5,0 bis 6,0			
1130 Haus- und Kleingärten	2530 gering	6221 pH 5,0-5,5			
1131 Hausgärten	2600 Verwaltungseinheiten	6222 pH 5,5-6,0			
1132 Kleingärten	2610 Kreisgrenze	6230 pH > 6,0			
1140 Industrie- und Gewerbeflächen	2620 Gemeindegrenzen	6231 pH 6,0-6,5			
1200 Landwirtschaftsfläche	2630 Gemarkungsgrenzen	6232 pH 6,5-7,0			
1210 Ackerbauflächen	2640 Flurstücksgrenzen	6233 pH 7,0-7,5			
1211 Marktf Fruchtbau	2700 Schutzgebiete	6234 pH > 7,5			
1212 Erwerbsgemüsebau	2710 Wasserschutzgebiete	6300 Humusgehalt			
1213 Feldfutterbau	2720 Heilquellenschutzgebiet	6310 > 8% Humus			
1220 Grünlandflächen	2730 Landschaftsschutzgebiet	6320 < 8% Humus			
1221 Weide	2740 Naturschutzgebiet	6500 Geogene Besonderheiten			
1222 Wiese	2800 Geographische Gebietseinheiten	6510 Karbonatgesteine			
1223 Mähweide	2810 Naturräume	6520 Mergel-, Tonsteine und Schiefer			
1224 Streuwiese	2820 Landschaft	6530 Basische Gesteine			
1225 Hutung	2830 Gewinn	6540 Saure Gesteine			
1230 Sonderkulturfläche	3000 Diffuse Quellen	6550 Vererzungen			
1231 Weinbau	3100 Gebiet mit hoher Siedlungs-, Industrie- und Gewerbedichte	6900 Stadtböden			
1232 Obstbau	3200 Gebiet mit starken Kriegseinwirkungen	6910 Straßen-, Wege und Platzbeläge			
1233 Hopfenbau	3300 Erzgewinnungs- und Verarbeitungsgebiet	7000 Überschwemmungsfläche			
1234 Spargel		7100 historische Überschwemmungsgebiete			
1235 Gartenbauflächen		7200 rezente Überschwemmungsbereiche			
1300 Forstfläche	4000 Punktquellen (-umfeld)	7210 Innendeich			
1310 Laubwald	4100 genehmigungsbedürftige Anlagen nach BImSchV	7211 innerer Bereich			
1320 Nadelwald	4200 nicht genehmigungsbedürftige Anlagen	7212 äußerer Bereich			
1330 Mischwald	4300 Bergbauanlagen	7220 Außendeich			
1340 Kahlschlagsflächen	4310 Stollenmundloch	7230 Deichbereich			
1400 sonstige Freiflächen	4320 Bergbauerzhalden	8000 Materialauftragsfläche			
1410 Ödland, Gehölz, Brache	4321 Flotationshalden	8100 Altablagerungen, Deponien und Halden			
1420 Moor, Sumpf, Ried	4330 Erzaufbereitungsstätte	8110 Altablagerung			
1430 Damm, Wall, Deich, Böschung	4400 Kläranlagen	8120 Deponie in Betrieb			
1431 Knick (Wallhecke)	4500 Schießplatz	8130 Bergbauhalden			
1440 Düne, Moräne	4900 Altstandort	8200 Klärschlammflächen			
1450 Heide	.10 quellnaher Bereich	8300 Rieselfelder			
1500 bebaute und versiegelte Flächen	.20 näheres Umfeld	8400 Müllkomposte			
1600 Gewässerflächen	.30 quellferner Bereich	8500 Spülfelder			
2000 Bebauungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen	5000 Linienquellen (-umfeld)	8600 Technogene Substrate, Produktionsrückstände und Bodenverbesserungsmittel			
2100 Baulich geprägte Flächen	5100 Verkehrsstraßen	8700 Pflanzenschutz- und Düngemittel			
2110 Kerngebiete	.10 Randstreifen Innenbereich	8800 Güllehochlastflächen			
2120 Wohn-, Kleinsiedlungs- und Dorfgebiete	.20 Randstreifen Außenbereich	8900 Kontaminierter Bodenaushub			
2130 Industrie- und Gewerbegebiete	.30 straßennah	9000 Atmosphärische Stoffeinträge			
2140 Sondergebiete	5200 Bahnlinienumfeld	9100 Gebiet mit hohen Niederschlägen			
2141 Truppenübungsgebiet	6000 Bodenbeschaffenheit	9200 Kammelage			
2200 historische Siedlungsstruktur	6100 Bodenart				
2210 alte Siedlungsbereiche	6110 Sand				
2220 mittelalte Siedlungsbereiche	6120 Lehm/Schluff				
2230 junge Siedlungsbereiche	6121 lehmiger Sand und Schluff				
2300 Versiegelungsgrade	6122 Lehm				
2310 hoch	6123 toniger Lehm				
2320 mittel	6130 Ton				
2330 gering	6131 lehmiger Ton				

0.2 Kurzübersicht ATKIS-Zuordnung

Der ATKIS-Schlüssel kann eine Grundlage für die „Konzeptkarte 1.0“ bilden.

Die ATKIS-Objekte sind aus Topographischen Karten abgeleitet. Im ATKIS-Schlüssel gibt es flächen-, linien- und punktförmige Objekttypen. Während die flächenförmigen Objekte als Raumeinheit genutzt werden können, dienen die linien- und punktförmigen Objekttypen als Informationsgrundlage für neue (Umfeld-) Raumeinheiten (z.B. Straßen, Stollenmundloch).

Im ATKIS können einer Fläche verschiedene Objektarten zugeordnet sein (z.B. „Ortslage“ und „Grünanlage“). Welche der jeweiligen Einheiten in die Konzeptkarte 1.0 übernommen werden, muss im Einzelfall entschieden werden, da dies vom Ziel der Gebietsabgrenzung, dem Maßstab und dem Erhebungsniveau abhängt.

Eine direkte Übernahme des ATKIS-Schlüssels für die Zwecke der GSE-Klassifikation war nicht sinnvoll, da die Einteilung teils zu detailliert, teils zu grob oder nicht im Sinne der BBodSchV angelegt ist. Beispielsweise sind Kleingärten als Objektart „Gartenland“ (ATKIS 4103) der Kategorie „Vegetation“ (ggf. Forst) und nicht der Kategorie Siedlung zugeordnet. Hausgärten sind in den Objekten der Objektgruppe „Baulich geprägte Flächen“ integriert und werden nicht gesondert erfasst.

GE-Objekt	ATKIS-Objekt
1111 Kinderspielflächen	2342 Spielfeld, Spielfläche
1112 Park- und Freizeitanlagen	2202 Freizeitanlage ; 2211 Freilichttheater; 2212 Freilichtmuseum ; 2213 Friedhof ; 2224 Schwimmbad, Freibad; 2227 Grünanlage ; 2201 Sportanlage; 2221 Stadion; 2222 Sportplatz; 2225 Zoo; 2226 Freizeitpark, Wildgehege; 2228 Campingplatz; 2230 Golfplatz ; 2303 Freifläche
1121 Reine Wohngebiete	2111 Wohnbaufläche
1122 Wohnmischgebiete	2113 Fläche gemischter Nutzung; 2114 Fläche bes. funkt. Präg.
1132 Kleingärten	4103 Gartenland, FKT 2710 nicht gewerblicher Gartenbau
1140 Industrie- und Gewerbeflächen	2112 Industrie- und Gewerbefläche; 2123 Raffinerie; 2124 Werft; 2125 Lager, Depot; 2126 Kraftwerk; 2127 Umspannstation; 2128 Förderanlage; 2129 Kläranlage, Klärwerk; 2130 Fabrikanlage, Werksanlage; 2131 Ausstell-, Messegelände; 2133 Heizwerk; 2134 Wasserwerk; 3302 Flugplatz, Landeplatz; 3401 Hafen; 3501 Bahnhofsanlage
1210 Ackerbauflächen	4101 Ackerland
1212 Erwerbsgemüsebau	2132 Gärtnerei
1220 Grünlandflächen	4102 Grünland, FKT Landwirtschaftsfläche
1230 Sonderkulturfläche	4109 Sonderkultur
1231 Weinbau	4109, KLT 3000 Weingarten
1232 Obstbau	4109, KLT 4000 Obstbaumplantagen
1233 Hopfenbau	4109, KLT 2000 Hopfen
1235 Gartenbauflächen	2132 Gärtnerei; 4109 Sonderkultur KLT 1000 Baumschule; 4103 Gartenland FKT 2720 gewerblich
1300 Forstfläche	4107 Wald, Forst

GE-Objekt	ATKIS-Objekt
1310 Laubwald	4107, VEG 1000 Laubholz
1320 Nadelwald	4107, VEG 2000 Nadelholz
1330 Mischwald	4107, VEG 3000 Laub- und Nadelholz
1340 Kahlschlagsflächen	ZUS 2400 Blöße
1400 sonstige Freiflächen	4104 Heide; 5201 Sandbank
1410 Ödland, Gehölz, Brache	4108 Gehölz; 4110 Brachland; 4120 Vegetationslose Fläche
1420 Moor, Sumpf, Ried	4105 Moor, Moos; 4106 Sumpf, Ried; 4111 Nasser Boden
1430 Damm, Wall, Deich, Böschung	5321 Uferbefestigung; 6201 Damm, Wall, Deich; 6203 Damm-, Wall-, Deichkrone.; 6204 Böschung, Kliff
1431 Knick (Wallhecke)	4203 Hecke, Knick (Wallhecke)
1440 Düne, Moräne	6212 Hochgebirgsmoräne; 6215 Düne
1500 bebaute und versiegelte Flächen	2229 Autokino, Freilichtkino; 2313 Vorratsbehälter, Speicher; 2315 Gebäude; 2316 Turm; 2323 Dock; 2341 Bauwerk in Freizeitanlage; 2343 Zuschauertribüne; 2344 Rennbahn, Laufbahn; 2345 Schwimmbecken; 2351 Mauer; 3101 Straße; 3102 Weg; 3103 Platz; 3105 Straßenkörper; 3106 Fahrbahn; 3201 Schienenbahn; 3203 Schienenbahn (komplex); 3204 Bahnkörper; 3205 Bahnstrecke; 3301 Flughafen; 3303 Rollbahn; 3304 Vorfeld
1600 Gewässerflächen	3402 Hafenbecken; 5100 Wasserflächen; 5101 Strom, Fluss, Bach; 5102 Kanal (Schifffahrt); 5103 Graben, Kanal; 5104 Priel; 5105 Quelle; 5106 Wasserlauf; 5111 Meer; 5112 Binnensee, Stausee, Teich; 5121 Watt; 5200 Besondere Objekte in Gewässern; 5202 Stromschnelle; 5203 Wasserfall
2100 Baulich geprägte Flächen	2102 Ortslage
2130 Industrie- und Gewerbegebiete	2112 Industrie- und Gewerbefläche
2141 Truppenübungsgebiet	7403 Truppenübungsplatz
2700 Schutzgebiete	7311 Wasser- oder Heilquellenschutzgebiet; 7303 Geschützter Landschaftsbestandteil
2730 Landschaftsschutzgebiet	7304 Landschaftsschutzgebiet
2740 Naturschutzgebiet	7302 Naturschutzgebiet
2820 Landschaft	7201 Landschaft
2830 Gewinn	7203 Gewinn
4100 genehmigungs- b. Anl.	2123 Raffinerie
4200 nicht genehmigungs- b. Anl.	2317 Schornstein, Schlot; 2321 Hochfackel; 2322 Hochofen; 2135 Abfallbehandlungsanlage
4300 Bergbauanlage	2121 Bergbaubetrieb
4310 Stollenmundloch	2320 Stollenmundloch, Keller-, Höhleneingang, Schachtoffnung
4400 Kläranlagen	2129 Kläranlage, Klärwerk
4500 Schießplätze	2223 Schießstand
5110 Straßenrandstreifen Innenbereich	3101 Straße; 3102 Weg
5200 Bahnlinienumfeld	3201 Schienenbahn; 3204 Bahnkörper
7200 rezente Überschwemmungsber.	7404 Überschwemmungsgebiet
8100 Altablager., Deponien und Halden	2121 Bergbaubetrieb ; 2301 Tagebau, Grube, Steinbruch; 2302 Halde, Aufschüttung; 2314 Absetzbecken, Schlammteich, Erd-faulbecken
8120 Deponie in Betrieb	2122 Deponie
8300 Rieselfelder	2304 Rieselfeld

0.3 Kurzübersicht der potentiellen GSE-Ausschlussobjekte

Die folgenden Objekte können beispielsweise terminologisch „GSE-Ausschlussflächen“ im Sinne der Kennzeichnung von großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden sein.

1212	Erwerbsgemüsebau
1230	Sonderkulturfläche
1500	bebaute und versiegelte Fläche
1600	Gewässerfläche
2141	Truppenübungsgebiet
4100	Umfeld genehmigungsbedürftiger Anlagen nach BImSchV
4200	Umfeld nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen
4300	Bergbauanlagen (-umfeld)
4400	Kläranlagen (-umfeld)
4500	Schießplatz (-umfeld)
4900	Altstandort (-umfeld)
5100	Verkehrsstraßen (-umfeld)
5200	Bahnlinien (-umfeld)
6900	Stadtböden
8100	Altablagerungen, Deponien und Halden
8200	Klärschlammflächen
8300	Rieselfelder
8400	Müllkompostflächen
8500	Spülfelder
8600	Flächen die mit Produktionsrückstände und Bodenverbesserungsmittel behandelt sind
8700	Flächen die mit Pflanzenschutz- und Düngemittel behandelt sind
8800	Bodenauftragsflächen
8900	Güllehochlastflächen

(einschließlich der untergeordneten Objekte)

1 Objektgruppe Bodennutzung

- 1000 Bodennutzung**
kleinräumige Nutzungsstrukturen - tatsächliche Nutzung - für alle Bodennutzungen gilt, dass Flächen, die mit kontaminierten Materialien errichtet wurden (z.B. „Kieselrot-Sportplätze“) zusätzlich als Ausschlussfläche nach den Schlüsseln > 4000 eingestuft werden müssen.
- 1100 Siedlungsfreiflächen**
Wohn-, Arbeitsflächen der BauNVO auch soweit sie nicht im Sinne der BauNVO planungsrechtlich dargestellt oder festgelegt sind; ohne das Straßenbegleitgrün bis 3 m vom Fahrbandrand

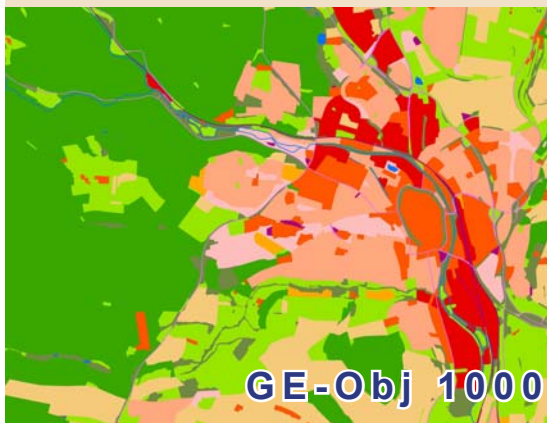


Abbildung 1.0-2: GSE-Bodennutzungsklassifikation nach ATKIS im Raum Villingen-Schwenningen (UMEG 2002)

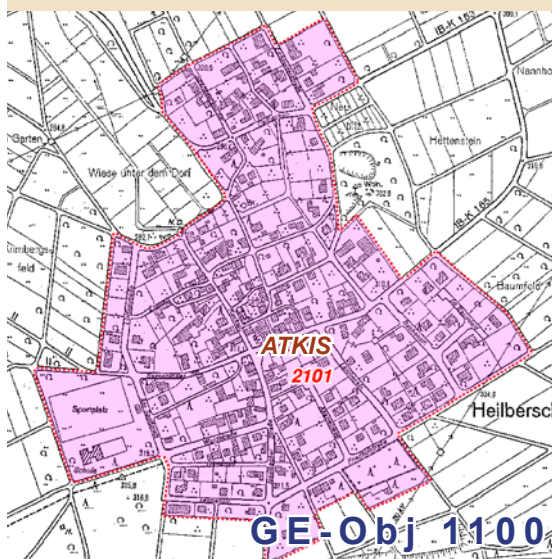


Abbildung 1.0-3: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1100 auf Grundlage des ATKIS-Objektes 2101 (ADV 2000, verändert)



Abbildung 1.0-1: Siedlungsgebiet Freiburg

Die Bodennutzung ist das wichtigste Raummerkmal für die Kennzeichnung von GE. Die Stoffgehalte von Böden sollten immer nach den folgenden Hauptgruppen differenziert sein:

- 1100 Siedlungsfreiflächen
- 1200 Landwirtschaftsflächen und
- 1300 Forstflächen.

Bei der Festlegung dieser Mindestkategorisierung wurde bewußt auf die häufig verwendete Kategorie „Außenbereich“ verzichtet, da sich land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen in der Regel deutlich unterscheiden. Hingegen können z.B. Grünland und Ackerflächen zusammengefasst werden, wenn keine relevanten Unterschiede festgestellt wurden. In zahlreichen Gebieten dominieren ohnehin nur Acker oder Grünlandnutzungen. Das übergeordnete Objekt 1100 Siedlungsfreiflächen soll insbesondere bei kleinen und bislang wenig untersuchten Siedlungsflächen Anwendung finden.

Die Definitionen von Bodennutzungen der BBodSchV wurden für die folgenden Objekte übernommen, da die eindeutige Zuordnung der Bodennutzungen Voraussetzung für die Anwendung von Prüf- und Maßnahmenwerten ist. Im Hinblick auf eine flächendeckende Anwendung des Nutzungsschlüssels wurden die Nutzungen gegenüber der BBodSchV erweitert.

Der ATKIS-Schlüssel war eine weitere Grundlage für die Herleitung der 1000er Objektarten.

In der Objektgruppe 1100 Siedlungsfreiflächen sind alle Flächen des sogenannten Innenbereiches zusammengefasst, neben den 1110 Spiel-, Park und Freizeitanlagen auch die 1120 Wohngebiete, 1130 Haus- und Kleingärten und 1140 Industrie- und Gewerbeflächen.

- 1110 Spiel-, Park- und Freizeitanlagen**
frei zugängliche, öffentliche oder private Spiel-, Park und Freizeitanlagen gemäß der BodSchV (entspricht überwiegend den öffentlichen Grünflächen gemäß der Flächennutzungsplanung) ohne das Straßenbegleitgrün bis 3 m vom Fahrbahnrand
- 1111 Kinderspielflächen**
Aufenthaltsbereiche für Kinder, die ortsüblich zum Spielen genutzt werden, ohne den Spiel- und Sandkästen (BodSchV)
- 1112 Park- und Freizeitanlagen**
Anlagen für soziale, sportliche und gesundheitliche Zwecke, insbesondere öffentliche und private Grünanlagen sowie unbefestigte Flächen, die regelmäßig zugänglich sind und vergleichbar genutzt werden (z.B. Friedhöfe, Schulgelände) (BodSchV). ;



Abbildung 1.1-1: Spiel- und Parkanlagen (Eggenstein; Ettlingen)

Spiel- Park und Freizeitanlagen wurden als ein Objekt definiert, da Spielflächen häufig in Parkanlagen liegen (vgl. Abbildung 1.1-1) bzw. Spiel- und Parkbereiche räumlich ineinander übergehen. Bzgl. der Schadstoffgehalte sind keine systematischen Unterschiede zu erwarten.

Für alle Spiel-, Park-, Sport- und Freizeitanlagen ist schadstoffseitig das verwendete Deckmaterial wie wassergebundene Deckschichten von Spielplätzen oder Sportplatzbelägen eine relevante Einflussgröße für die Stoffgehalte. Daher sollten die relevanten 1110 Objekte mit den potentiellen GSE-Ausschlussobjekten (z.B. 6900 Stadtböden) kombiniert werden.

In Abbildung 1.1-2 sind beispielhaft die ATKIS-Schlüssel aufgeführt, die als kartographische Grundlage für das Objekt 1112 Park- und Grünanlagen verwendet werden können.

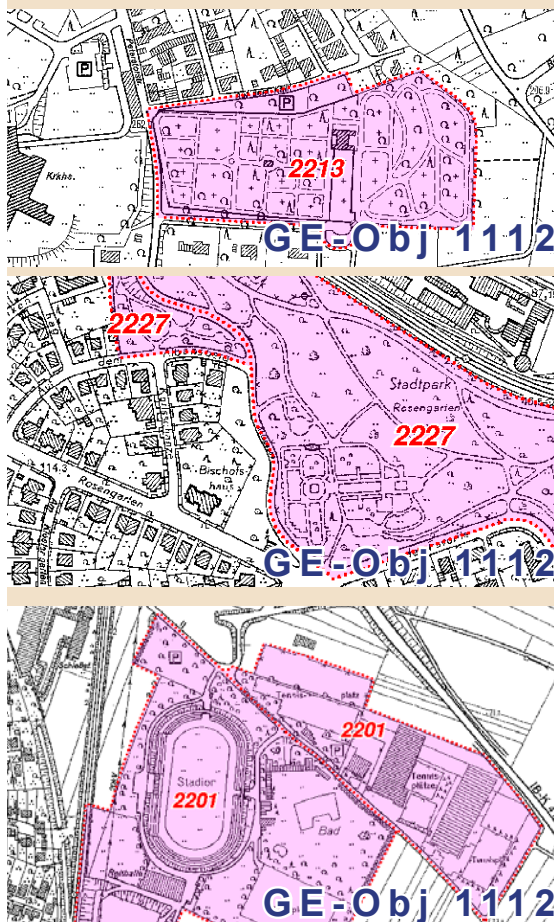


Abbildung 1.1-2: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1112 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)

- | | |
|------|--|
| 1120 | Wohngebiete allgemein
Dem Wohnen dienende Gebiete einschließlich Hausgärten oder sonstige Gärten entsprechender Nutzung, auch soweit sie nicht im Sinne der Baunutzungsverordnung planungsrechtlich dargestellt oder festgelegt sind, ausgenommen Park- und Freizeitanlagen, Kinderspielflächen sowie die befestigten Verkehrsflächen. |
| 1121 | Reine Wohngebiete |
| 1122 | Wohnmischgebiete |
| 1130 | Haus- und Kleingärten
Hausgarten-, Kleingarten- und sonstige Gartenflächen, die zum Anbau von Nutzpflanzen genutzt werden oder ausschließlich dem Aufenthalt des Menschen dienen; Nutzgärten nach BBodSchV |
| 1131 | Hausgärten |
| 1132 | Kleingärten |

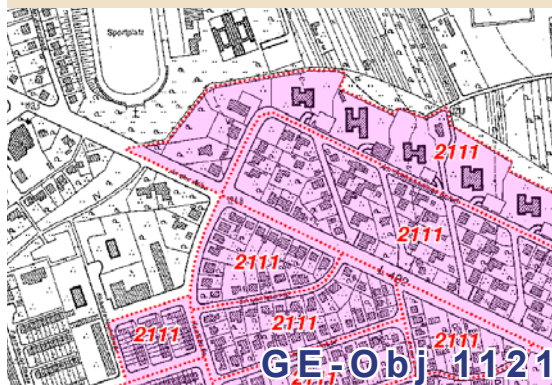


Abbildung 1.1-4: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1121 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)

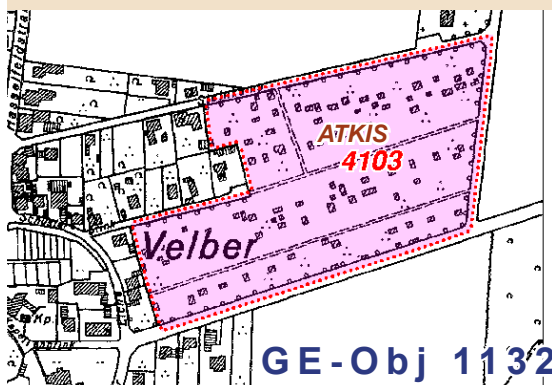


Abbildung 1.1-5: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1132 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)



Abbildung 1.1-3: Kleingartenanlage (Freiberg)

Das Objekt „1120 Wohngebiete“ ist als zentrale Bewertungseinheit der BBodSchV definiert. Die Definition der BBodSchV schließt die Wohngebiete der Baunutzungsverordnung (Obj 1121) und Mischgebiete mit ein.

Böden von „1132 Kleingärten“ sind in vielen Siedlungsgebieten die als erste und intensivste untersuchte Raumeinheit. Dies hat seinen Ursprung einerseits in dem Engagement von Kleingartenvereinen. Zum anderen sind Kleingärten häufig auf Altablagerungen oder sonstigen, umgenutzten Siedlungsflächen angesiedelt worden, weshalb zumindest ältere Kleingartenanlagen auch per se als Verdachtsstandorte gelten.

Haus- und Kleingärten wurden in dem Objekt 1130 zusammengeführt, da sie sich hinsichtlich der nutzungsbedingten Schadstoffgehalte wenig unterscheiden und hinsichtlich einer maßnahmenbezogenen Klassifikation gleich behandelt werden können. Hausgärten sind in der Regel Bestandteil des Objektes Wohngebiete. Wegen der herausragenden Bedeutung und der Möglichkeit im Einzelfall „private Grünanlagen“ auch als Park- und Freizeitanlagen einzustufen, wurde das Objekt 1130 ohne hierarchischen Bezug zu 1120 oder 1110 angelegt.

Es wird empfohlen, die Objekte 1120 und 1130 bzw. 1132 in Kombination mit dem Siedlungsalter (Objektgruppe 2200) anzuwenden.

1140 Industrie- und Gewerbeflächen
Unbefestigte Flächen von Arbeits- und Produktionsstätten, die nur während der Arbeitszeit genutzt werden (BBodSchV)



Abbildung 1.1-6: Gewerbefläche (Bruchsal)

Industrie- und Gewerbeflächen sind in der BBodSchV als Bodennutzung für den Pfad Boden-Mensch definiert.

Erfahrungen aus Baden-Württemberg und anderen Ländern zeigen, dass die Schadstoffgehalte der Industrie- und Gewerbegebiete sich nicht zwangsläufig und in allen Städten von den Gehalten der übrigen Siedlungsbereiche abheben.

Während beispielsweise in Kehl (bei Straßburg), Karlsruhe oder Mannheim die Rheinhäfen als klassische, historische Gewerbebereiche langjährig industriell genutzt wurden, heben sich diese Bereiche auch deutlich von den übrigen Siedlungsbereichen ab. In diesen Städten deckt sich damit die räumliche Differenzierung der Schadstoffgehalte in Oberböden (zumindest in Teilen) mit der planungsrechtlichen Raumdiffenzierung (also auch ATKIS- bzw. Flächennutzungsplan-Polygonen). Ähnlich gut dürfte dies auch in Duisburg oder Wuppertal gelingen.

Anders sieht dies beispielsweise in Pforzheim aus. In Pforzheim sind eine Vielzahl kleingewerblicher Betriebe lange Jahre im Stadtgebiet verteilt angesiedelt gewesen. Während hier die neu (vor ca. 20 Jahren) angesiedelten Gewerbegebiete heute ähnliche Schadstoffgehalte im Boden wie der Außenbereich haben, sind in den heutigen Wohngebieten gewerbebedingt deutlich erhöhte Schadstoffgehalte vorhanden (vgl. BaWü 1994, 1998, 1999).

Es wird empfohlen, das Objekt 1140 in Kombination mit dem Siedlungsalter (Objektgruppe 2200) anzuwenden.

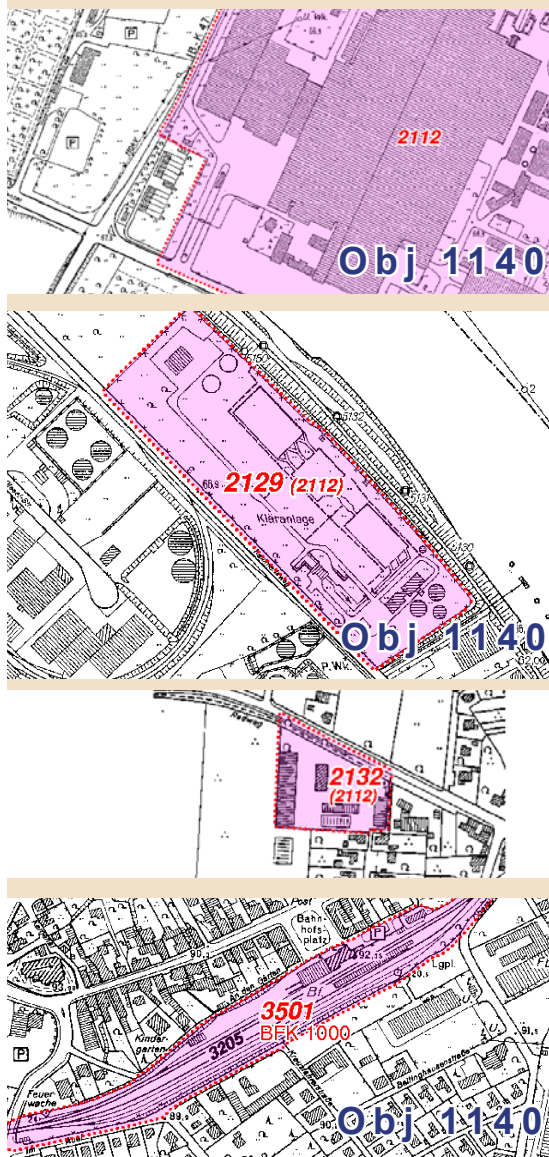


Abbildung 1.1-7: Beispielhafte kartographische Grundlage des GE-Objektes 1140 auf Grundlage von ATKIS (ADV 2000, verändert)(ATKIS)

- 1200 Landwirtschaftsfläche**
Landwirtschaftlich einschl. erwerbsgärtnerisch genutzte Flächen (Ackerbau, Erwerbsgartenbau, Grünland oder Dauerkulturen) ohne das Straßenbegleitgrün bis 10 m
- 1210 Ackerbaufläche**
Flächen zum Anbau wechselnder Ackerkulturen einschließlich Gemüse und Feldfutter, hierzu zählen auch erwerbsgärtnerisch genutzte Flächen (BBodSchV)
- 1211 Marktfruchtbau**
Ackerbauflächen die überwiegend für Feldmarkfrüchte genutzt werden
- 1212 Erwerbsgemüsebau**
Ackerbauflächen die überwiegend für Erwerbsgemüsebau genutzt werden
- 1213 Feldfutterbau**
Ackerbauflächen die überwiegend für Feldfutterbau genutzt werden
- 1220 Grünlandflächen**
Flächen unter Dauergrünland
- 1221 Weide**
- 1222 Wiese**
- 1223 Mähweide**
- 1224 Streuwiese**
Streuobstwiese bis 100 Bäume/ha, sonst Schl. 1232 Obstbau
- 1225 Hutung**

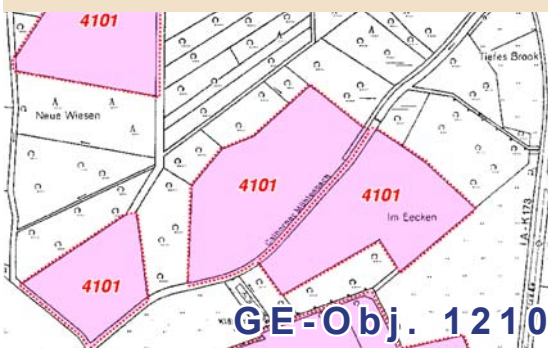


Abbildung 1.2-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1210 (ADV 2000, modifiziert)

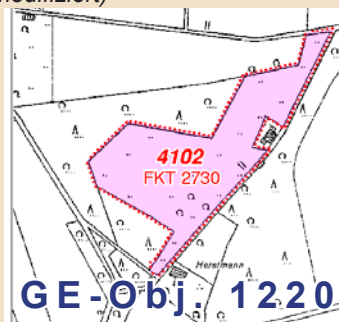


Abbildung 1.2-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1220 (ADV 2000, modifiziert)



Abbildung 1.2-1: Landwirtschaftlich genutzte Fläche (Ettlingen)

Die landwirtschaftlich genutzten Flächen wurden als eine Objektgruppe (1200) angelegt. Die vielfach vorgenommene Differenzierung nach Ackerbau und Grünland (z.B. in LABO 1998) ist bei der Klassifikation von GSE/GNE/GE nicht zwangsläufig erforderlich, wenn in den Räumen klimabedingt Grünland oder Ackerbau dominieren oder die Acker-/Grünland-Differenzierung relativ unbedeutend ist.

In Gebieten mit umfangreichen Flubereinigungsmaßnahmen kann eine zusätzliche Berücksichtigung der spezifischen Nutzungsdauer nach der Objektgruppe 2200 erforderlich sein.

Landwirtschaftlich genutzte Flächen bis 10 m vom Fahrbahnrand sollten zusätzlich mit der Objektgruppe 5000 Linienquellenumfeld gekennzeichnet werden.

In den Abbildungen 1.2-2, 1.2-3 und 1.2-4 sind beispielhafte kartographische Darstellungen für die Objektgruppe 1200 aufgeführt.

- 1230 **Sonderkulturfläche**
Flächen von Sonderkulturen ohne Gemüsebau oder Streuobstwiesen.
- 1231 *Weinbau*
- 1232 *Obstbau*
Gewerblicher Obstbau und Streuobstwiesen ab einer Baumdichte von 100 Bäumen je ha
- 1233 *Hopfenbau*
- 1234 *Spargel*
- 1235 *Gartenbauflächen*
Nutzflächen die überwiegend für Zierpflanzen und Baumschulen genutzt werden



Abbildung 1.2-4: Landwirtschaftlich genutzte Flächen (Forchheim, Tabakanbau)

Die gesonderte Kennzeichnung von 1230 Sonderkulturflächen ist bedingt durch frühere (z.B. Quecksilber oder DDT, HCH) oder anhaltende Pflanzenschutzmittelanwendungen (z.B. Kupfer) bedeutsam. Bei Messplanungen sollte das jeweils typische Stoffspektrum für Sonderkulturflächen berücksichtigt werden.

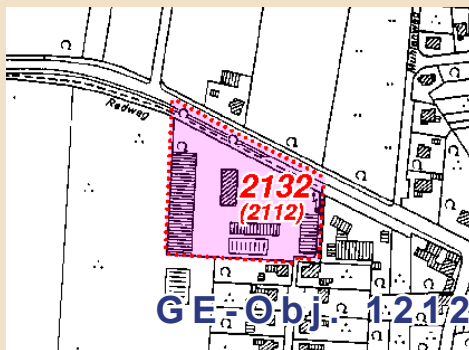


Abbildung 1.2-5: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1212 (ADV 2000, modifiziert)

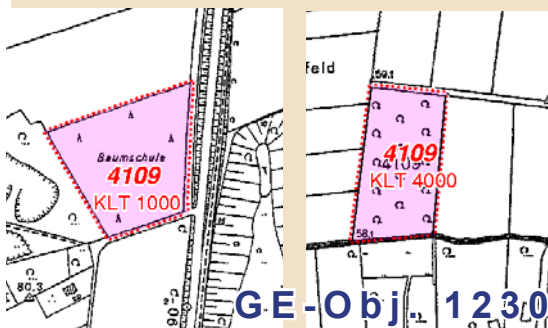


Abbildung 1.2-6: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1230 (ADV 2000, modifiziert)

- 1300 **Forstfläche**
Waldgebiete, ohne das Straßenbegleitgrün bis 10 m
- 1310 *Laubwald*
- 1320 *Nadelwald*
Nadelwaldgebiete sind aufgrund ihres stärkeren Auskämmeffektes ggf. gesondert zu betrachten
- 1330 *Mischwald*
- 1340 *Kahlschlagsflächen*
-
- 1400 **sonstige Freiflächen**
sonstige Freiflächen ohne das Straßenbegleitgrün bis 10 m
- 1410 *Ödland, Gehölz, Brache*
- 1420 *Moor, Sumpf, Ried*
- 1430 *Damm, Wall, Deich, Böschung*
Lärmschutzwälle müssen ggf. als Ausschlussflächen nach Ziffer > 3000 gekennzeichnet werden.
- 1431 *Knick (Wallhecke)*
- 1440 *Düne, Moräne*
- 1450 *Heide*



Abbildung 1.3-1: Forstwirtschaftliche genutzte Fläche (mit Bodenmessstelle in Wilhelmsfeld)

Für die Forstflächen und die sonstigen Freiflächen wurden getrennte Objektgruppen 1300 und 1400 angelegt. Die sonstigen Freiflächen zeichnen sich häufig durch besondere Bodenformen (z.B. Moor, Düne) aus. Mit der Nutzung des Objektes 1400 ist daher in der Regel zugleich eine geogene Kennzeichnung verknüpft. Forstwirtschaftlich genutzte Flächen bis 10 m vom Fahrbahnrand sollten mit der Objektgruppe 5000 Linienquellenumfeld gekennzeichnet werden.

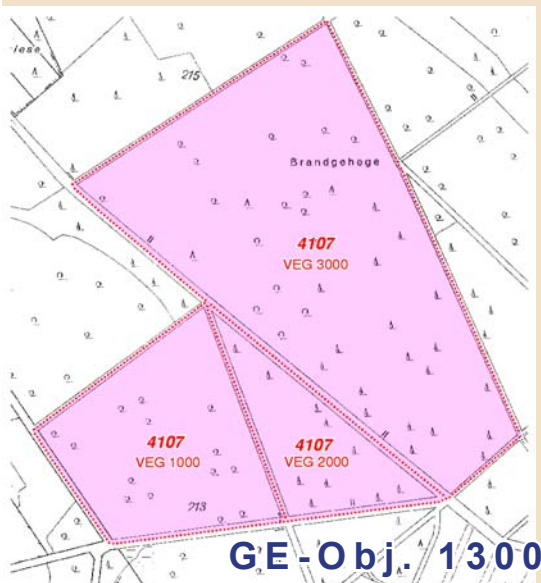


Abbildung 1.3-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1300 (ADV 2000, modifiziert)

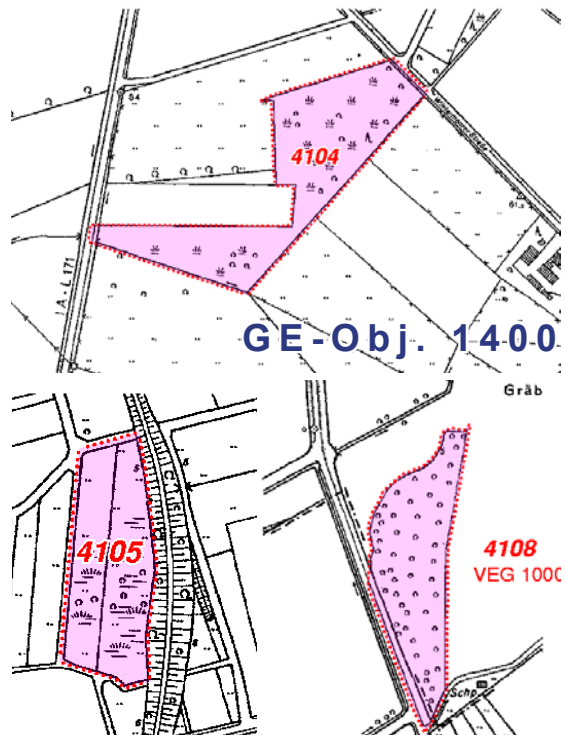


Abbildung 1.3-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1400 (ADV 2000, modifiziert)

1500 bebaute und versiegelte Flächen
Tatsächlich bebaute und versiegelte Bereiche.

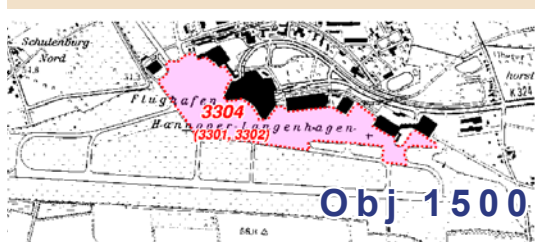
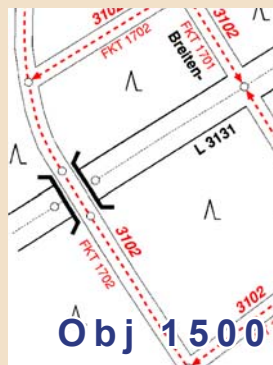
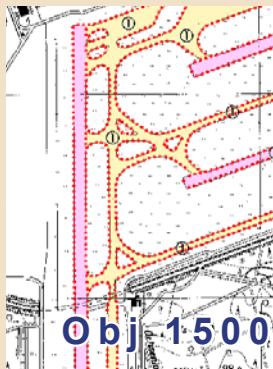


Abbildung 1.5-2: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 1500 (ADV 2000, modifiziert)



Abbildung 1.5-1: Ansicht einer bebauten Fläche (Obj. 1500)

Bebaute und versiegelte Flächen sollten, soweit die kartographischen Datengrundlagen vorliegen, bei der Kennzeichnung von **GSE-Ausschlussflächen** berücksichtigt werden.

Die Ermittlung der tatsächlich bebauten und versiegelten Bereiche dient indirekt zur Bemessung der Oberbodenfläche. Insbesondere in dicht bebauten Kernbereichen der Städte mit mehr als 70% Versiegelungsgrad (Objekt 2310) sollten kartographische Darstellungen auf die tatsächlichen Freiflächen/ Oberböden beschränkt bleiben.

Zum einen bietet das ATKIS bestimmte Flächenpolygone an, die unmittelbar als versiegelte Bereiche berücksichtigt werden können (z.B. ATKIS 3103 Platz). Darüberhinaus können Linienobjekte (z.B. ATKIS 3101 Straße) als Grundlage genutzt werden.

Es wird empfohlen die ATKIS-Straßen-Linienobjekte gleichzeitig für die Objektgruppe 5000 Linienquellenumfeld zu nutzen, wobei im Innenbereich ein 3-m Randstreifen vom Fahrbahnrand und im Außenbereich ein 10 m Streifen angesetzt wurde.

Als weitere Datengrundlage für die Objektgruppe 1500 können Versiegelungserhebungen, die derzeit für die Bemessung von Abwassergebühren durchgeführt werden, genutzt werden.

2 Objektgruppe „Bebauungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen“

2000	Bebauungs-, Verwaltungs- und Naturraumstrukturen großräumige flurstücksübergreifende Nutzungsstruktur; tatsächliche Nutzung - überlagernd
2100	Baulich geprägte Flächen
2110	Kerngebiete dienen vorwiegend der Unterbringung von Handelsbetrieben sowie der zentralen Einrichtungen der Wirtschaft, der Verwaltung und der Kultur (BauNVO § 7)
2120	Wohn-, Kleinsiedlungs- und Dorfgebiete Gebiete die vorwiegend oder zum Teil dem Wohnen dienen
2130	Industrie- und Gewerbegebiete dienen vorwiegend oder ausschließlich der Unterbringung von Gewerbebetrieben
2140	Sondergebiete Gebiete, die sich wesentlich von den Baugebieten nach §2 bis 10 unterscheiden (z.B. Wochenendhausgebiet, Klinikgebiet, Hafengebiet)
2141	Truppenübungsgebiet
2200	Siedlungsalter
2210	<i>alte Siedlungsbereiche</i> z.B. Siedlungsbereiche die vor 1900 bebaut wurden
2220	<i>mittelalte Siedlungsbereiche</i> z.B. Siedlungsbereiche die zwischen 1900 und 1975-1990 bebaut wurden
2230	<i>junge Siedlungsbereiche</i> z.B. Siedlungsbereiche die nach 1975-1990 bebaut wurden
2300	Versiegelungsgrade
2310	hoch z.B. größer 70% auf Grundstücksebene
2320	mittel z.B. 70 bis 30%
2330	gering z.B. kleiner 30%
2400	Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile
2410	hoch z.B. > 40% auf Kreisebene
2420	mittel z.B. bis 25 %
2430	gering z.B. < 25%
2500	Einwohnerdichten
2510	hoch z.B. > 1.000 E/km ² auf Kreisebene
2520	mittel z.B. bis 300 E/km ²

Die Objektgruppe 2000 umfasst großräumige Strukturen, welche die Bodennutzungen der Objektgruppe 1000 überlagern. Die Objektgruppe 2000 wurde angelegt, um Flächendaten von Plänen und Daten aus statistischen Erhebungen des Bundes, der Länder und der Kommunen für die Gebietsdifferenzierung zu nutzen.

Die Objektgruppe 2100 dient der Nutzung von Flächennutzungsplänen, die auf Grundlage der Baunutzungsverordnung (BauNVo) erstellt wurden. Nach der BauNVO sind Typen von Baugebieten nach Grundflächen-, Geschossflächen- und Bauplätzezahl definiert und in den Bebauungsplänen festgelegt. Die Baugebietstypen können als Ordnungskriterium und für statistische Zwecke für die Kennzeichnung von GSE herangezogen werden. Die Baugebietstypen sind ein indirektes Maß für die Einwohnerdichte, den Industrie- und Gewerbesowie den Verkehrseinfluss. Die Objektgruppe 2100 sollte z.B. genutzt werden, wenn keine ATKIS-Daten verfügbar sind.

Die Objektgruppe 2200 Siedlungsalter ist für die Differenzierung von 1132 Kleingärten (z.B. in Wuppertal) oder 1140 Industrie- und Gewerbeflächen (z.B. in Pforzheim) eine wichtige Bezugsgröße. Entsprechende Auswertungen können aus Luftbildern oder Topographischen Karten vorgenommen werden.

Die Objektgruppe 2300 wurde angelegt, um beispielsweise „Kombinierte Punkt-Flächendarstellungen“ nach Ziffer 3.4.4 der Anleitung zu erstellen.

Die Objektgruppen 2400 und 2500 wurde unter anderem als Grundlage für überregionale Gebietsplanungen und Gebietsvergleiche angelegt (vgl. Abbildung 2.4-1). Auf dieser Grundlage lassen sich auch großräumige Objekte (z.B. Obj 3100 z.B. „das Ruhrgebiet“) festlegen.

Die Daten von „Siedlungs- und Verkehrsflächenanteilen“ oder „Einwohnerdichten“ können aus landesweiten Statistiken entnommen werden. Die Objekte werden mit Hilfe der 2600 Verwaltungseinheiten gebildet und nach den statistischen Daten klassifiziert. Die Einwohnerdichte und der Anteil der Siedlungs- und Verkehrsflächen ist ein einfaches und auf Gemeindeebene in den Landesstatistiken geführtes Maß für den Siedlungs- und Verkehrsdruck. Diese Kategorisierung kann

2530	gering z.B. < 300 E/km ²
2600	Verwaltungseinheiten
2610	Kreisgrenze
2620	Gemeindegrenzen
2630	Gemarkungsgrenzen
2640	Flurstücksgrenzen
2700	Schutzgebiete
2710	Wasserschutzgebiete Wasserschutzgebiete sind insbesondere für den Pfad Boden-Grundwasser relevant
2720	Heilquellenschutzgebiet
2730	Landschaftsschutzgebiet
2740	Naturschutzgebiet
2800	Geographische Gebietseinheiten
2810	Naturräume
2820	Landschaft
2830	Gewann

für Städte, Kreise und Gemeinden angewendet werden. Soweit möglich, sollten die Indikatoren auch unterhalb der Gemeindeebene (Orte, Ortsteile bzw. Stadtteile) angewendet werden.

Vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) werden „Siedlungsstrukturelle Gebietstypen“ (3 Gebiete) und „Siedlungsstrukturelle Kreistypen“ (9 Kreistypen) für regionalwissenschaftliche und raumordnerische Fragestellungen eingesetzt. Für eine Anwendung bei gebietsbezogenen Hintergrundwerten ist die Klassifizierung jedoch für den Regelfall zu grob, da der kleinste Baustein der Kreis und nicht die Gemeinde ist.

Die Objektgruppe 2700 Schutzgebiete kann für den Maßnahmenplan nach Ziffer 7 der Anleitung eine relevante Raumeinheit sein.

Geographische Gebietseinheiten (Objektgruppe 2800) werden beispielsweise für die Festlegung von Untersuchungsgebieten genutzt. Landschaftseinheiten können mit geologischen oder geomorphologischen Einheiten korrespondieren und sind dann prüfungswürdig.



Abbildung 2.4-1: Siedlungs- und Verkehrsflächenanteile in Deutschland (BBR 2000)

3 Objektgruppe „Diffuse Quellen“

- 3000 Diffuse Quellen**
Übergeordnete Raumeinheit mit Einfluß durch eine Vielzahl nicht identifizierbarer Einzelquellen
- 3100 Gebiet mit hoher Siedlungs-, Industrie- oder Gewerbedichte**
Raumeinheit mit hoher Siedlungsdichte, Einwohnerdichte, hohem Versiegelungsgrad oder hohem Anteil an Siedlungs- und Verkehrsflächenanteilen (vgl. Schl. 2300, 2400, 2500) und/oder Vielzahl nicht identifizierbarer industrieller (z.B. Duisburg) oder kleingewerblicher Einzelquellen (z.B. Gekrätzveraschungen in Pforzheim) historisch oder noch bestehend
- 3200 Gebiet mit starken Kriegseinwirkungen**
- 3300 Bergbauegebiet**
eine Vielzahl von Punktquellen nach Obj 4300 kann zu einem Erzgewinnungs- und -Verarbeitungsgebiet zusammengefasst werden
- 3... Gebietsspezifische Fortschreibung von Ursachengemengen



Abbildung 3.1-1: Gebiete mit diffusen Schadstoffquellen (Goslar)

Die Objektgruppe 3000 wurde einerseits angelegt, um die großräumigen „Verdachtsgebiete“ für diffuse Quellen in den Konzeptkarten darzustellen. In Abbildung 3.1-2 sind beispielsweise aus Sachsen hydrothermale Lagerstätten und Minerlisationen im Erzgebirge ausschnittsweise dargestellt. Für überregionale Messplanungen und Raumanalysen wurden solche Daten in Sachsen (1999) eingesetzt.

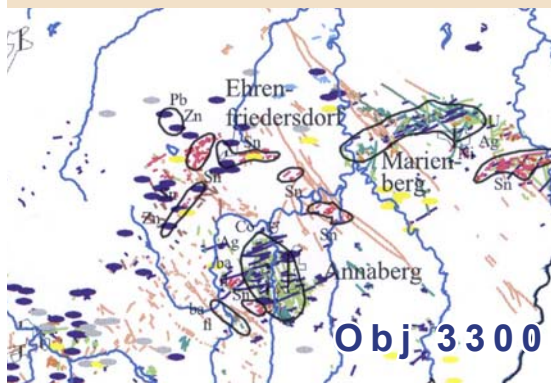


Abbildung 3.1-2: Beispielhafte Konzeptkartengrundlage für das Objekt 3300 (Sachsen LfUG 1999)

Desweiteren dient die Objektgruppe zur Kennzeichnung von großräumigen Strukturen, die aus der geostatistischen Raumanalyse hervorgehen. Da nicht auszuschließen ist, dass „geostatistische Raumeinheiten“ auch bei scheinbar guter Datengrundlage (rechnerisch „geringe Schätzfehler“) falsche Ergebnisse liefern, sollten geostatistisch ermittelte Raumobjekte auch immer fachlich begründet werden.

Es wird empfohlen, die Objektgruppe 3000 gebietspezifisch fortzuschreiben, insbesondere für die Fälle mit gemischten Belastungsursachen (z.B. Materialumlagerung + Überschwemmung + Immission + Vererzung).

4 Objektgruppe „Punktquellen (-umfeld)“

- 4000 **Punktquellen (-umfeld)**
Raumeinheit mit erhöhten Schadstoffgehalten aus einer identifizierbaren Punktquelle - Luftpfad oder Materialauftrag
- 4100 **genehmigungsbedürftige Anlagen**
nach BImSchV, Produktionsflächen sowie Umfeld relevanter in Betrieb befindlicher Punktquellen
- 4200 **nicht genehmigungsbedürftige Anlagen**
- 4300 **Bergbauanlagen (-umfeld)**
- 4310 *Stollenmundloch*
- 4320 *Bergbauerzhalden*
- 4321 *Flotationshalden*
- 4330 *Erzaufbereitungsstätte*
- 4400 **Kläranlagen (-umfeld)**
Klärschlämme wurden häufig im Nahbereich der Kläranlagen ausgebraucht
- 4500 **Schießplatz (-umfeld)**
- 4900 **Altstandort (-umfeld)**
Altstandorte soweit sie nicht unter die Schlüssel 4100 bis 4800 fallen

Objektspezifikation (angehängte Ziffer)

- 10 *quellnaher Bereich*
Arbeitsbereich der durch Quellen niedriger Höhe, Materialverarbeitung in nicht vollständig geschlossenen Produktionsstätten oder durch Verladen, Verkippen, Verschleppen oder durch Erosion mit Wind oder Wasser geprägt ist.
- .20 *näheres Umfeld*
Weiteres Umfeld um die Punktquelle, z.B. 10-fache (Schornstein-) Quellhöhe bei Luftpfad
- .30 *quellferner Bereich*

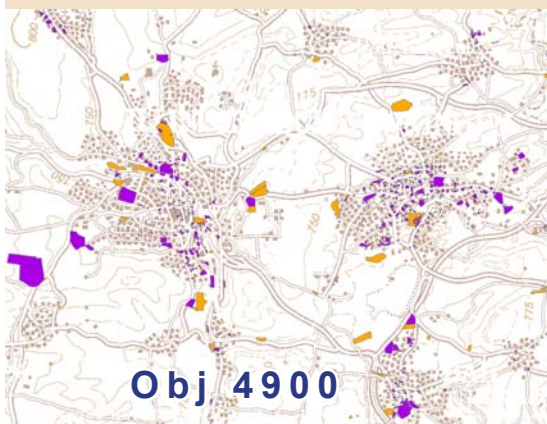


Abbildung 4.1-2: Beispielhafte Darstellung von Altablagerungen und Altstandorten (generalisiert)



Abbildung 4.1-1: Punktquelle (Bitterfeld)

Die Objektgruppe 4000 wurde angelegt

1. um die ehemaligen und aktuellen Produktionsstätten als GSE-Ausschlussflächen und
2. die relevanten Punktquellen-Umfelder (Flächen außerhalb des eigentlichen Grundstückes) zu kennzeichnen.

In Abbildung 4.1-2 sind beispielhaft Altablagerungen und Altstandorte dargestellt. Diese Flächen sind eigentlich GSE-Ausschlussflächen, mit der Ausnahme, dass Altablagerungen nachweislich mit Böden abgedeckt wurden, deren Stoffgehalte der jeweiligen GSE-Raumeinheit entsprechen. Dies wird in der Regel der Fall sein, wenn die Abdeckung mit (unbelastetem) Aushubmaterial aus der Umgebung erfolgte.

Ob ein Punktquellenumfeld als GSE-Ausschlussfläche gekennzeichnet wird, sollte im Einzelfall anhand von Messdaten beurteilt werden. Anders als bei den Linienquellen können zwar für Messplanungszwecke pauschale Umfeldradien (z.B. 10-fache Quellhöhe) angenommen werden, jedoch fehlen bislang verallgemeinerfähige Aussagen hinsichtlich der durchschnittlichen Umfeldbelastung. Eine „Anleitung für die Erhebung von Flächen, auf denen mit Bodenbelastungen durch industrielle und gewerbliche Emissionen zu rechnen ist“ liegt bislang nicht vor.

Es wird daher empfohlen, vorläufig im Einzelfall bodenrelevante Betriebe auszuwählen. Dabei ist zu beachten, dass die historisch bedeutsamen Stoffeinträge durch Grobstaub und/oder Schlacken, durch diffuse Quellen (z.B. offene Fenster und Türen, nicht eingehauste Betriebe) oder beim Verladen von Rohstoffen entstanden sind.

Angaben von Emissionskatastern sind für die Messplanung nur hilfsweise einsetzbar, da die

besonders relevanten diffusen Emissionen kaum erfassbar sind. Bei der Nutzung von Daten aus Emissionskatastern ist weiterhin zu beachten, dass die Erhebung anfänglich eher auf wenig bodenrelevante Gase ausgerichtet war. Einschränkend wirkt auch, dass die für den Boden besonders wichtigen Störfälle praktisch nicht erfasst werden.

Für die Klassifikation des Punktquellenumfelds wurde ein dreistufiges System eingeführt (.10 quellnaher Bereich usw.). Dabei wurde berücksichtigt, dass die Nahbereiche (z.B. 10-m Streifen entlang des Werkszaunes einer Schredderanlage) leicht repräsentativ zu untersuchen und zu kennzeichnen sind. Der quellferne Bereich wird in der Regel in den „diffusen Stoffanreicherungen“ eines GSE aufgehen und verdient daher bei Messplanungen wenig Aufmerksamkeit. Das nähere Umfeld (z.B. 10-fache Quellhöhe in Hauptwindrichtung) verdient im Hinblick auf eine sinnvolle Gebietsdifferenzierung das größte Augenmerk.

Wie die Abbildung 4.1.4 zeigt, kann die Berücksichtigung des Einwirkungsbereiches einen weiten Radius betreffen (hier: Stadtgebiet Brandenburg). Weitere Beispiel sind aus Nordenham (Abbildung 4.1-3) oder Hamburg (4.1-6) bekannt. Allen Flächen ist gemeinsam, dass sie für die Ausweisung eines GSE als „GSE-Ausschlussfläche“ gekennzeichnet werden sollten.

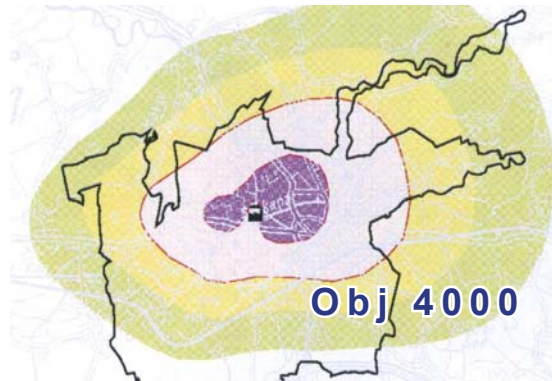


Abbildung 4.1-4: Zonierung eines Einzelemittentenumfelds in Brandenburg (Brandenburg LUA 2000)

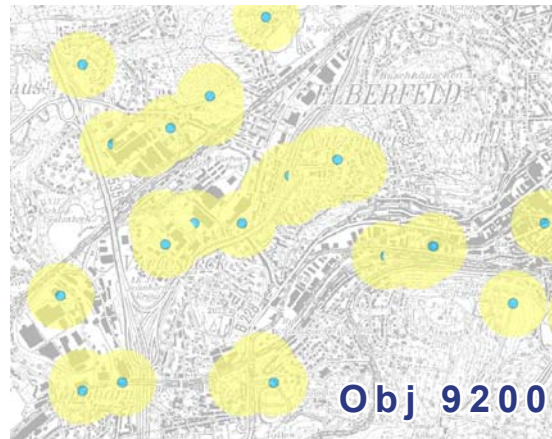


Abbildung 4.1-5: Beispielhafte Darstellung von Punktquellen mit pauschalisiertem Einwirkungsbereich (Wuppertal)

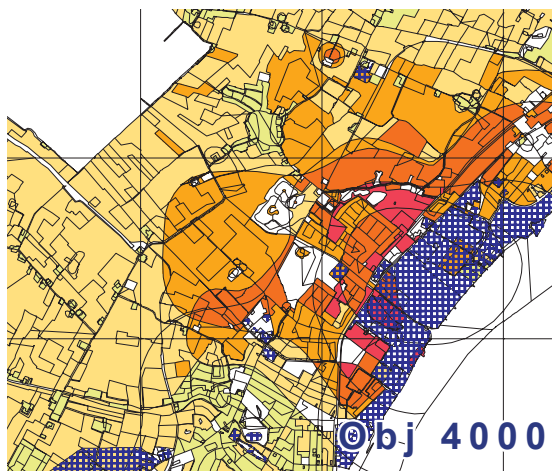


Abbildung 4.1-3: Berücksichtigung eines Einzelemittentenumfelds in Nordenham (NLfB 1999)

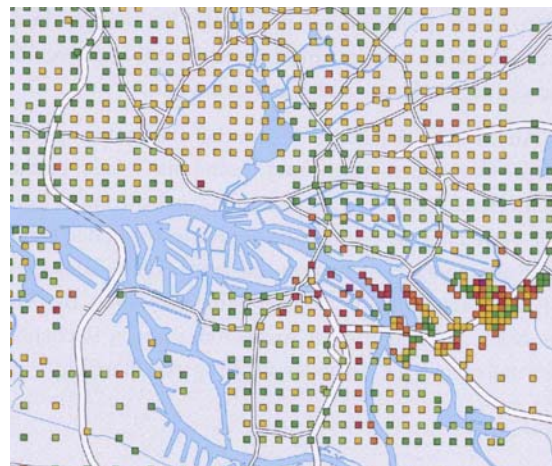


Abbildung 4.1-6: Verdichtung von Probenahme Stellen in einem Emittentenumfeld in Hamburg (Hamburg 1997)

5 Objektgruppe „Linienquellen (-umfeld)“

5000 Linienquellen (-umfeld)
Nahbereich von Straßen, Bahngleisen oder sonstigen Linienquellen

5100 Verkehrsstraßen (-umfeld)
Fahrstraßen, insbesondere Bundesautobahnen, Bundes- und Landstraßen

Objektspezifikation (angehängte Ziffer)

- .10 *Straßenrandstreifen Innenbereich*
0 bis 3 m vom Fahrbahnrand; Ausschlussflächen im Innenbereich
- .20 *Straßenrandstreifen Außenbereich*
3 bis 10 m vom Fahrbahnrand; Ausschlussflächen im Außenbereich
- .30 *straßennah*
10 bis 50 m vom Fahrbahnrand; Ausschlussflächen im Einzelfall

5200 Bahnlinsen (-umfeld)

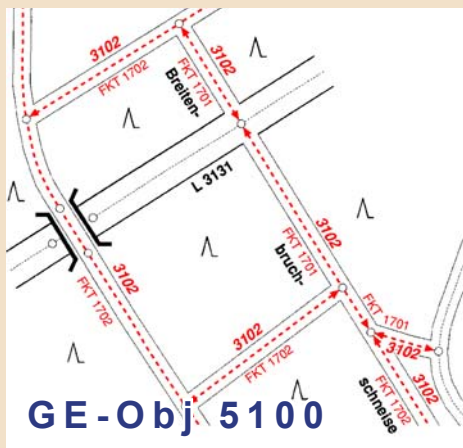


Abbildung 5.2-2: Beispielhafte ATKIS-Konzeptkartengrundlage für das Objekt 5100 (ADV 2000, modifiziert)

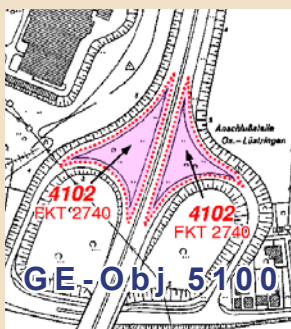


Abbildung 5.2-3: Beispielhafte kartographische ATKIS-Grundlagen für das Objekt 5100 (ADV 2000, modifiziert)



Abbildung 5.2-1: Standort eines stillgelegten Bahngleises (Bruchsal)

Die Objektgruppe 5000 wurde angelegt, um die Straßen und Wege als versiegelte Flächen und damit zwangsläufig auch GSE-Ausschlussflächen zu kennzeichnen (Doppelnennung mit Objekt 1500). Als Datengrundlage bieten sich die Linienobjekte des ATKIS an (vgl. Abbildung 5.2-2).

Darüberhinaus soll die Straßenränder klassifiziert werden. In der Projektgruppe GSE wurden die folgenden, bei GSE-Kennzeichnung zu berücksichtigenden „Standardabstände“ an Straßenrändern festgelegt:

0-3 m für den Innenbereich (.10)

Dieser Abstand lehnt sich an die Konzeptionen der ATKIS-Objekte an und berücksichtigt den durch Spritzwasser und Reifenabrieb und Grobstaub am stärksten belasteten Bereich. Weiterhin wurde berücksichtigt, dass im Siedlungsbereich grundsätzlich höhere verkehrsbedingte Stoffeinträge als diffuse Grundbelastung vorhanden sind. Für die Messplanung bedeutet diese Konvention, dass z.B. Hausgarten oder Grünflächenuntersuchungen einen Mindestabstand von 3 m zum Fahrbahnrand einhalten müssen, damit die Daten in das GSE-Hintergrunddatenkollektiv einfließen können. Eine weitere Differenzierung (z.B. „.11“ für 1 m, „.12“ für 2 m) bleibt dem Einzelfall überlassen.

0-10 m für den Außenbereich (.20)

Die tatsächlichen Schadstoffanreicherungen an Straßenrändern können stark durch die lokalen Ausbreitungsbedingungen variieren. So wurden beispielsweise entlang alter, extrem stark befahrener Autobahnen in Mannheim oder Stuttgart aufgrund sehr guter Ausbreitungsbedingungen sehr geringe Schadstoffanreicherungen gefunden und z.B. in Pforzheim in Kessellagen mit schlechten Ausbreitungsbedingungen sehr hohe Anreicherungen

Die Zone 10-50 m wird vermutlich nur im Ausnahmefall als GSE-Ausschlussfläche gekennzeichnet werden müssen.

In Abbildung 5.2-4 ist ein Beispiel für eine „pauschalierte“ Schadstoffausbreitung entlang von Straßen dargestellt. Auch wenn die tatsächlichen Anreicherungen - wie gesagt - stark von den lokalen Ausbreitungsbedingungen abhängen - so sind für die Zwecke der großflächigen Gebietskennzeichnung solche vereinfachte Annahmen sinnvoll.

Für den Fall, dass Straßen (-ränder) oder Lärmschutzwälle im Einwirkungsbereich mit kontaminierten Materialien errichtet wurden (z.B. Waldwege aus Schlacken) wird empfohlen, die Objektgruppe 5000 mit der Objektgruppe 6900 (Stadtböden) zu kombinieren.



Abbildung 5.2-4: Beispielhafte geostatistische Darstellung von pauschalierten Bodenbelastungen an Straßenrändern in Frankfurt (Frankfurt, Umlandverband 1991)

6 Objektgruppe „Geogene Strukturen“

6000 Geogene Strukturen

6100 Bodenart

Bodenarten, die für die Anwendung der Vorsorgewerte nach Anhang 2, Ziffer 4.1 der BBodSchV wichtig sind

6110 Sand

6120 Lehm/Schluff

6121 lehmiger Sand und Schluff

6122 Lehm

6123 toniger Lehm

6130 Ton

6131 lehmiger Ton

6132 Ton

6200 Säuregrad

6210 $pH < 5,0$

6211 $pH < 4,0$

6212 $pH 4,0-4,5$

6213 $pH 4,5-5,0$

6220 $pH 5,0 \text{ bis } 6,0$

6221 $pH 5,0-5,5$

6222 $pH 5,5-6,0$

6230 $pH > 6,0$

6231 $pH 6,0-6,5$

6232 $pH 6,5-7,0$

6233 $pH 7,0-7,5$

6234 $pH > 7,5$

6300 Humusgehalt

6310 $> 8\%$ Humus

6320 $< 8\%$ Humus



Abbildung 6.1-1: Podsol bei Schwandorf (Oberpfalz)

Die Objektgruppe 6000 dient der Kennzeichnung der eigentlichen Bodenbeschaffenheit, wie sie beispielsweise aus Bodenkarten, geologischen Karten oder Stadtbodenkarten entnommen werden kann.

Die Stadtböden wurden in die Objektgruppe 6000 einbezogen, auch wenn sie in der Regel anthropogen umgelagert wurden - weil letztlich auch Stadtböden zu überwiegenden Anteilen geogen sind.

Da die 6000er Strukturen in Siedlungsgebieten aus bodenkundlicher Sicht sehr vielfältig sind, sollte bei der Anwendung besonderes Augenmerk auf eine einfache, zweckdienliche Klassifikation gelegt werden.

Die Böden sollten zur Anwendung der Vorsorgewerte der BBodSchV den drei Bodenartklassen Sand, Lehm/Schluff und Ton zugeordnet werden. In der Objektgruppe 6100 wurde eine weitere Differenzierung angelegt, da insbesondere die Unterscheidung von Schluff, Lehm und tonigem Lehm ebenfalls bedeutsam ist. In Abbildung 6.1-2 ist die mögliche Zuordnung der nahezu flächenhaft vorliegenden Bodenarten der Reichsbodenschätzung zu der Objektgruppe 6100 dargestellt.

Der Säuregrad, gemessen als Boden-pH (CaCl_2), ist nach BodSchV eine Bezugsgröße für die Vorsorgewerte der Schwermetallgesamtgehalte im Boden. Mit der Objektgruppe 6200 wird eine einfache, dreiteilige Abstufung (analog BBodSchV)

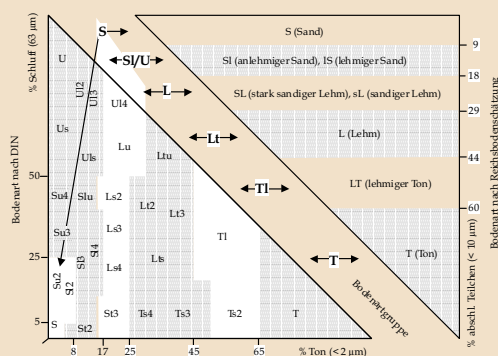


Abbildung 6.1-2: Mögliche Zuordnung von Bodenarten der Reichsbodenschätzung zu Bodenartgruppen der Objektgruppe 6100 (Prüß 1992)

- 6500 **Geogene Besonderheiten (GNE)**
Böden mit natürlich erhöhten Schadstoffgehalten, die sich nicht unter die S-, L/U-, T-Gruppen der BBodSchV fallen.
- 6510 **Karbonatgesteine**
z.B. Jura- oder Muschelkalk und Residualtone
- 6520 **Mergel-, Tonsteine und Schiefer**
z.B. Ölschiefer
- 6530 **Basische Gesteine**
z.B. Basalte, Serpentine
- 6540 **Saure Gesteine**
Saure Gesteine sind insbesondere in Verbindung mit Nr. 1300 Waldfläche als Flächen mit hohen Gehalten an mobilen Schwermetallen als Raumeinheit relevant
- 6550 **Vererzungen**
z.B. hydrothermal vererzte Trias Lagen, ...
- 6900 **Stadtböden**
- 6910 Straßen-, Wege- und Platzbeläge

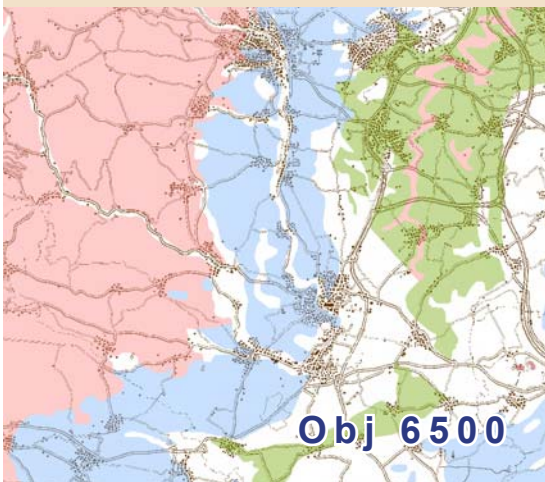


Abbildung 6.1-3: Beispielhafte GSE-Bodenklassifikation nach der Objektgruppe 6500 in der Baar (UMEG 2002)

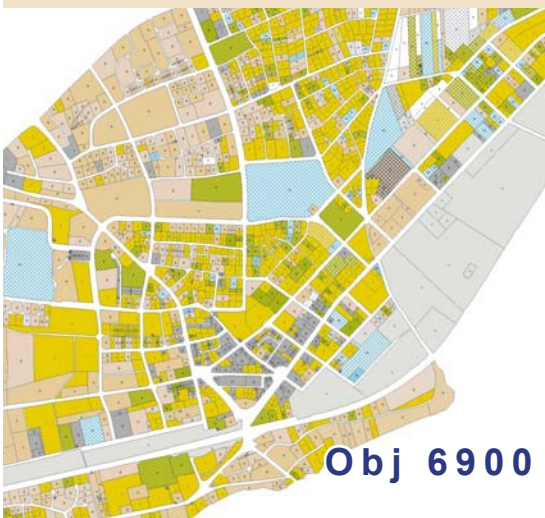


Abbildung 6.1-4: Beispielhafte Klassifikation von Stadtböden in Rheinfelden (BaWü 1995d)

und eine weiter differenzierende nach halben pH-Stufen angelegt. Vorsorgewerte für mobile Spurenelemente wurden beispielsweise von PRÜß (1994) vorgeschlagen (vgl. auch UM 1993).

Der Humusgehalt (Objektgruppe 6300) ist für die Anwendung von Vorsorgewerten für organische Schadstoffe nach BBodSchV eine feste Bezugsgröße. Die Kennzeichnung ist insbesondere für Böden unter Forst wichtig (i.d.R. 0-10 cm Ah-Horizont für flächenhafte Darstellungen).

Die Objektgruppe 6500 wurde für die Gebiete mit naturbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GNE) angelegt. Auch hier wurde eine stark vereinfachte Klassifizierung gewählt, die im Einzelfall - sofern dies nach der Fragestellung und dem Datenbestand möglich und sinnvoll ist - regional weiter differenziert werden sollte. Beispielsweise wurden für Baden-Württemberg, neben den, nach Bodenarten abgestuften Hintergrundwerten für die „geogenen Besonderheiten“ 6510 Karbonatgesteine (hier Oberer Jura), 6520 Mergel-, Tonsteine und Schiefer (hier Ölschiefer, Tonsteine Unterer Jura) und 6550 Saure Gesteine (hier Granit und Gneis) weitere Hintergrundwerte festgelegt (vgl. BaWü 1993). Für die weiterhin in Baden-Württemberg relevanten geogenen Besonderheiten 6540 Vererzungen und 6530 Basische Gesteine fehlte es an einer geeigneten Datengrundlage. In Abbildung 5.2-3 ist die Klassifikation der Objektgruppe 6500 beispielhaft für die Region der Baar dargestellt.

Die Objektgruppe 6900 wurde für die Fälle angelegt, in denen aufgrund einer bodenkundlichen Kartierung in Siedlungsräumen eine geeignete Klassifikation von Schadstoffgehalten vorgenommen werden kann. Beispielsweise wurden in Wuppertal Deckschichten von Spielplätzen als Ordnungsmerkmal genutzt. In Rheinfelden wurden bei einer Stadtbodenkartierung im Gelände erkennbare und klassifizierbare Schlackentypen in Beziehung zu PCDD/F-Gehalten gesetzt. Die im Gelände kartierten Raumeinheiten bildeten in Rheinfelden eine wichtige Planungsgrundlage für die Bodensanierung (Abbildung 6.1-4).

7 Objektgruppe „Überschwemmungsgebiete“

- 7000 **Überschwemmungsfläche**
Raumeinheit mit erhöhten Schadstoffgehalten aus Überschwemmungsereignissen
- 7100 **Historische Überschwemmungsgebiete**
- 7200 **Rezente Überschwemmungsbereiche**
Gebiet, das bei Hochwasser überschwemmt wird oder werden kann. Die zwingende Festlegung durch eine Rechtsverordnung ist nicht notwendig
- 7210 **Innendeich**
- 7211 *Innerer Bereich*
2-jährlich und häufiger überschwemmt
- 7212 *Äußerer Bereich*
alle 5 Jahre und seltener
- 7220 **Außendeich**
- 7221 *Polder*
- 7230 **Deichbereich**



Abbildung 7.1-1: Überschwemmungsgebiet der Oker bei Goslar

Für die Kennzeichnung von Überschwemmungsflächen wurde die gesonderte Objektgruppe 7000 angelegt.

Neben dem Liefergebiet ist der Lieferzeitraum eine wesentliche Informationsgrundlage für die Abgrenzung von Gebieten mit überschwemmungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden.

Da sich die Wasserqualität in den vergangenen Jahrzehnten (alte Bundesländer) bzw. Jahren (neu Bundesländer) deutlich verbessert hat, dürften für gebietsbezogene Betrachtungen die älteren Überschwemmungsbereiche wichtiger sein als die rezenten.

Ein mögliches GSE mit historisch überschwemmungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten ist beispielsweise in der Staufferen Bucht südlich von Freiburg vorhanden. Die aus einer Bodenkartierung herrührende Festlegung des historischen Überschwemmungsbereiches ist hier ein Leitobjekt für die Abgrenzung eines GSE (vgl. Abbildung 7.1-2).

Rezente Überschwemmungsflächen (Objektgruppe 7200) können, wie im Falle der Okeraue bei Goslar oder der Muldenaue bei Freiberg unmittelbar und anhaltend durch Reststoffe aus der Erzaufbereitung beeinflusst sein (Abbildungen 7.1-1 und 7.1-3).

Überschwemmungsflächen sind beispielsweise auch im Großraum Stuttgart für die Beurteilung der flächenhaften Bodenbeschaffenheit relevante Raumeinheiten, wo in den Auen von Neckar, Enz und Glens erhöhte Schwermetall-, PAK und vereinzelt auch PCB und DDT-Belastungen festgestellt wurden (BaWü 1999).

Rezente Überschwemmungsflächen wurden bei-

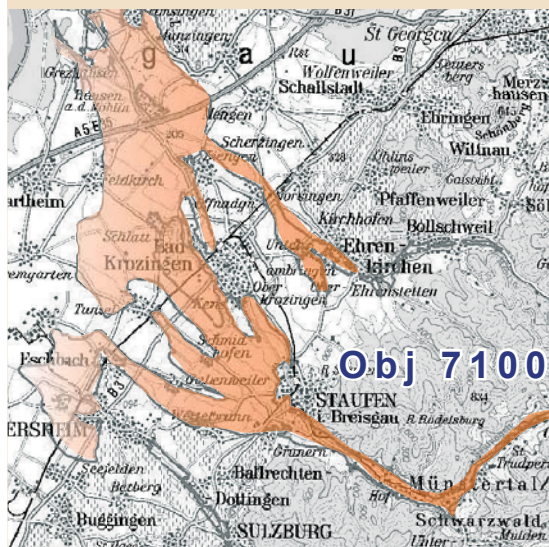


Abbildung 7.1-2: Beispielhafte Konzeptkartengrundlage für das Objekt 7100 (LRA Breisgau-Hochschwarzwald 2002; modifiziert)

spielsweise auch an der Elbe bei Hamburg oder bei Brandenburg vielfach untersucht, wobei sich eine räumliche Differenzierung nach Innendeich (Objekt 7210) und Außendeich (Objekt 7220) als notwendig erwiesen hat (vgl. Niedersachsen 1993, Dinkelberg et al. 2000).

Die Muldenaue in Sachsen und Sachsen-Anhalt ist ein weiteres Beispiel für Gebiete mit überschwemmungsbedingt erhöhten Stoffgehalten (vgl. Abbildung 7.1-4).

In der Muldenaue wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überschwemmungshäufigkeit und den Stoffgehalten festgestellt (Auswertung KARDEL, Datengrundlage LfU Sachsen-Anhalt). Ähnliche Feststellungen wurden auch in anderen Überschwemmungsgebieten getroffen (z.B. Enzaue Baden-Württemberg).

In den meisten Fällen dürften die Lieferquellen der Schadstoffe mittlerweile abgestellt sein. Dies führt dazu, dass rezente Überschwemmungen die aktuellen Schadstoffgehalte verdünnen. Daher wurden beispielsweise in der Muldenaue tendenziell abnehmende Gehalte mit zunehmender Überschwemmungshäufigkeit festgestellt.

Vor diesem Hintergrund wird empfohlen eine detaillierte, tiefengetreue Profildifferenzierung der Stoffgehalte in Auen- bzw. Überschwemmungsbereichen vorzunehmen. Unter Umständen lassen sich die kontaminierten Bereiche auf lieferzeitabhängige, wenige dm mächtige Schichten reduzieren. Die standardmäßigen Probenahmetiefen (z.B. 0-10 cm für Grünland) sollten in solchen Gebieten unter Umständen modifiziert werden.

Der Einsatz von aktuellen hoch auflösenden Geländehöhenmodellen für Zwecke der Messplanung ist nicht sinnvoll, wenn die Lieferzeiten - wie in den Bergbaugebieten üblich - mehr oder weniger weit in der Vergangenheit liegen.



Abbildung 7.1-3: Taleinschnitt der Mulde bei Freiberg mit Abraummateriale aus dem Bergbau

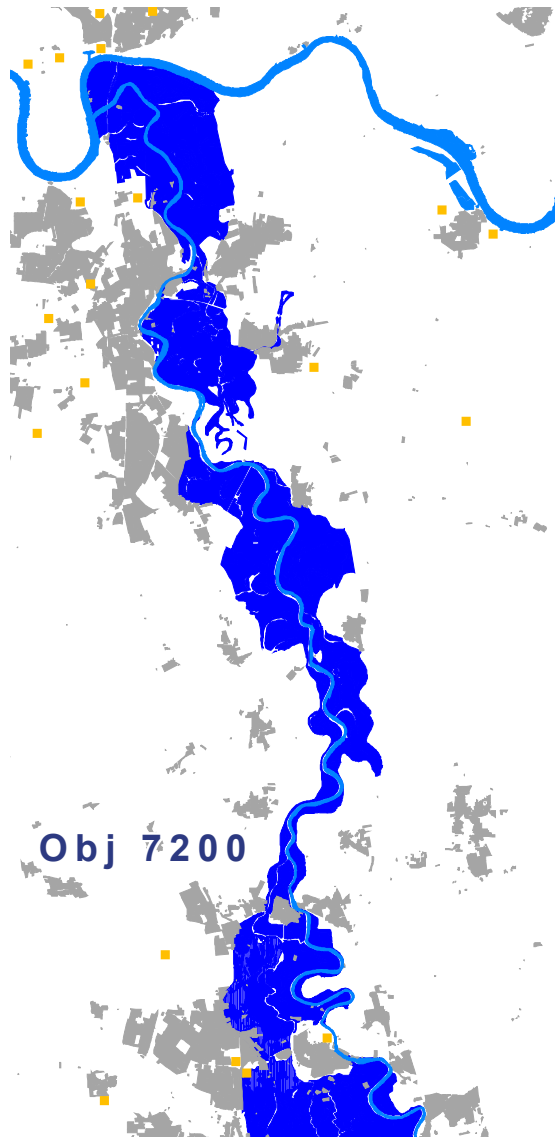


Abbildung 7.1-4: Überschwemmungsgebiet der Mulde in Sachsen-Anhalt

8 Objektgruppe „Materialauftragsflächen“

- 8000 Materialauftragsflächen**
Raumeinheit mit erhöhten Schadstoffgehalten durch den Auftrag von kontaminierten Böden, Sedimenten, Abfällen, Klärschlämmen, Abwasser oder sonstigen kontaminierten Materialien
- 8100 Altablagerungen, Deponien und Halden**
Keine GSE-Ausschlussfläche, wenn der aufgebrauchte Oberboden nach Mächtigkeit und Beschaffenheit den ortsüblichen Verhältnissen entspricht
- 8110 *Altablagerung*
- 8120 *Deponie in Betrieb*
absolute Ausschlussfläche
- 8130 *Bergbauhalden*
- 8200 Klärschlammflächen**
- 8300 Rieselfelder**
- 8400 Müllkomposte**
- 8500 Spülfelder**
- 8600 Flächen die mit **Technogenen Substraten, Produktionsrückständen oder Bodenverbesserungsmitteln** behandelt sind
- 8700 Flächen die mit **Pflanzenschutz- und Düngemitteln** behandelt sind
- 8800 Güllehochlastflächen**
- 8900 Flächen, auf den **Kontamierter Bodenaushub** aufgebracht wurde



Abbildung 8.1-1: Bodenmaterialumlagerung mit Raupe



Abbildung 8.1-2: Bergbauhalde Adolf-Helene in Rheinland-Pfalz (Foto: Hauenstein)

Raumeinheiten, die aufgrund von Materialaufträgen erhöhte Schadstoffgehalte im Boden aufweisen sind in der Objektgruppe 8000 zusammengefasst.

Soweit das Umfeld einer Materialauftragsfläche erhöhte Schadstoffgehalte aufweist wird empfohlen, die Objekte der Gruppe 8000 in Verbindung mit der Objektgruppe 4000 (Punktquellenumfeld) bzw. Objektgruppe 5000 (Linienquellenumfeld) anzulegen.

Die Objekte der Gruppe 8000 sind GSE-Ausschlussfläche, wenn die Schadstoffgehalte deutlich von dem Gebiet, in dem die Materialauftragsfläche liegt, abweicht. Bodenumlagerungen oder der Auftrag von Klärschlämmen, Dünge- oder Pflanzenschutzmitteln sind also für sich genommen kein alleiniges Kriterium für die Kennzeichnung von GSE-Ausschlussflächen.

In der Objektgruppe 8100 sind Altablagerungen, Deponien und Halden zusammengefasst. Diese Flächen sind als GSE-Ausschlussflächen relevant, wenn der Oberboden abgetragen wurde (z.B. Kiesgruben) oder die Schadstoffgehalte des Abdeckmaterials nicht den gebietstypischen Gehalten entsprechen.

Mit Klärschlamm gedüngte Flächen (Objektgruppe 8200) werden im Zusammenhang mit den nach AbfKlärVO durchgeführten Bodenuntersuchungen vielfach erfasst. In der Regel werden die mit der Klärschlamm aufbringung einhergehenden Schadstoffanreicherungen in die gebietstypischen Hintergrundwerte eingehen. Nur in Ausnahmefällen, wie beispielsweise in Stuttgart oder Pforzheim sind bedingt durch frühere Ausbringung industrieller Klärschlämme deutlich erhöhte Gehalte feststellbar (siehe BaWü 1994, 1999). Solche Flächen sind



Abbildung 8.1-3: Abdeckung der Mülldeponie Westheim (Foto: Egloffstein)

dann klassische GSE-Ausschlussflächen. Besonderes Augenmerk sollte bei Messplanungen auf die frühere landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen von solchen Kläranlagen gelegt werden, die zwischenzeitlich - aufgrund von Schadstoffproblemen - geschlossen wurden bzw. die früher durch erhöhte Schadstoffgehalte auffielen (vgl. Objekt 4400 Kläranlagenumfeld).

Zahlreiche Bodenuntersuchungen von Rieselfeldern (Obj. 8300; z.B. Berlin, Freiburg) oder Spülfeldern (Obj. 8500, z.B. Hamburg) belegen die quellspezifischen Schadstoffanreicherungen solcher Flächen. Bei GSE-Kennzeichnungen sollten diese Flächen, sofern relevant, als gesonderte Raumeinheiten geführt werden. Im Einzelfall muss dann jedoch entschieden werden, ob es sich formal um GSE-Ausschlussflächen handelt.

Die Objektgruppe 8600 ist für Böden, die aufgrund von Beimengungen mit technogenen Substraten kontaminiert wurden. Beispielsweise wurden in Kehl Elektroofenschlacken aus der Stahlproduktion im Erdbau eingesetzt (vgl. UVM 1995). Für die GSE-Kennzeichnung in Kehl müsste - sofern Schlacken beispielsweise auch für Straßenrandstreifen verwendet wurden - die Verbreitung der Schlacken berücksichtigt werden.

Die Objektgruppe 8700 ist für die Kennzeichnung der Einträge mit persistenten Pflanzenschutz- und Düngemitteln angelegt. Die Objektgruppe bezieht - in Ergänzung zur Objektgruppe 1230 Sonderkulturflächen - auch die historischen Sonderkulturflächen mit ein. Beispielsweise sind Vanadium-Einträge durch Phosphatdüngung, Kupfereinträge durch Schweinegülle oder Pflanzenschutzmittel oder DDT oder HCH-Einträge durch zwischenzeitlich verbotene Chlorpestizide in zahlreichen Gebieten belegt.

Das Objekt 8800 ist eine regionaltypische Raumeinheit im Gebiet der ehemaligen DDR.

Das Objekt 8900 wurde für kontaminierte Bodenmaterialien angelegt. Umlagerungen kontaminierter Materialien innerhalb eines Belastungsgebietes sind für die Gebietskennzeichnung nicht relevant. Nach Einführung der BBodSchV dürften neue Objekte des Typs 8900 nicht entstehen.

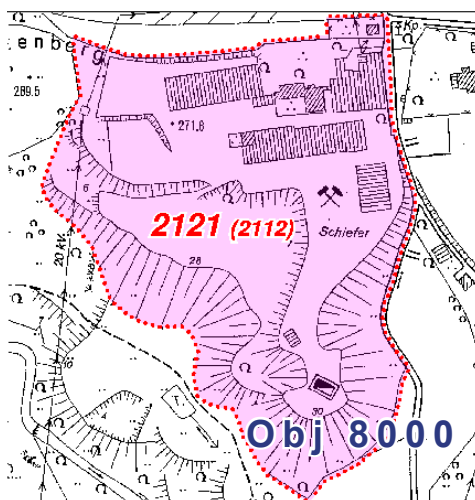
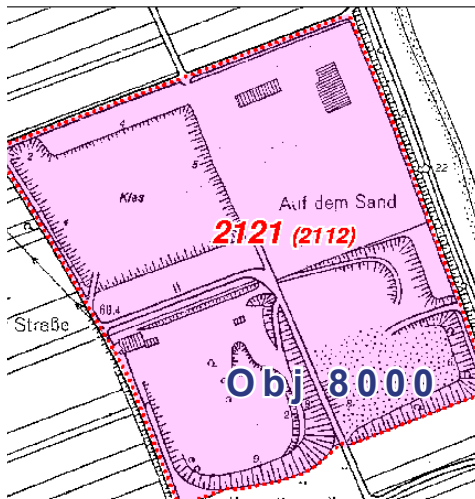


Abbildung 8.1-4: Beispielhafte kartographische Grundlage für die Objektgruppe 8000 (ADV 2000, modifiziert)

9 Objektgruppe „Atmosphärische Stoffeinträge“

- 9000 **Atmosphärische Stoffeinträge**
Raumeinheit mit erhöhten Schadstoffgehalten durch reliefbedingte, nasse Depositionen, außerhalb des Quellgebietes
- 9100 **Gebiet mit hohen Niederschlägen**
z.B. ab 1000 mm
- 9200 **Trauf- und Kammlage**
z.B. im Lee von einem Ballungsraum



Abbildung 9.1-1: Geländehöhenmodell aus dem Raum Baar mit Beispielhafter Kennzeichnung des Objektes 9200 (Höhe ü.NN > 1000 m)

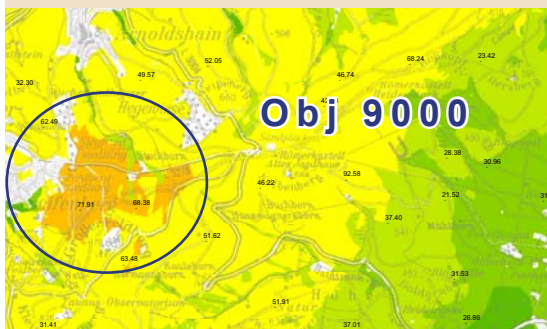


Abbildung 9.1-2: Bleigehalte nördlich des Ballungsraumes Frankfurt am Taunuskamm (Frankfurt Umlandverband 1993)



Abbildung 9.1-3: Geländehöhenmodell von Baden-Württemberg mit ausgewählten, skizzierten Trauflagen/Randhöhen für das Objekt 9000

Die Objektgruppe 9000 wurde für **großflächig niederschlagsbedingt erhöhte Schadstoffgehalte** im Boden angelegt.

Während die Schadstoffgehalte im Umfeld von Punkt- und Linienquellen überwiegend durch große bis mittlere Staubpartikel verursacht werden und dann auch ein Bezug zwischen Stoffgehalten im Boden und der Entfernung zum Emittenten nachweisbar ist, folgen die „atmosphärischen Stoffeinträge“ überwiegend der Niederschlagsverteilung.

Für die Konzeption der Objektgruppe 9000 bieten sich grundsätzlich die zwei folgenden Möglichkeiten.

Aus Karten der langjährigen, mittleren Niederschläge lassen sich die Gebiete mit den gebietsstypisch, relativ höchsten Niederschlägen (z.B. > 1000 mm/Jahr) als potentielle GSE-Raumeinheit (Objekt 9100) kennzeichnen.

Alternativ können mit Hilfe von Höhenmodellen entsprechende Raumeinheiten ausgewählt werden. Die tatsächliche Niederschlagshäufigkeit bzw. die Relevanz atmosphärischer Stoffeinträge sollte dann mit Hilfe meteorologischer Erfahrungen begutachtet werden - denn in Tälern von Mittelgebirgen, regnet es beispielsweise nicht zwangsläufig weniger als an den benachbarten Hängen und Kuppen.

Ein Beispiel für die Hypothese, dass „erhöhte atmosphärische Stoffeinträge“ zu erhöhten Schadstoffgehalten im Boden führen, ist in Abbildung 9.1-2 aus Hessen dargestellt: die Bleigehalte in Oberböden des Taunuskammes sind gegenüber dem tiefer liegenden Umfeld und auch dem Unterboden erhöht (Stock, pers. Mitteilung).

Aus Baden-Württemberg ist beispielsweise der Raum Wilhelmsfeld bekannt, der im Lee des Ballungsraumes Mannheim/Heidelberg liegt und langjährig durch erhöhte Immissionswerte auffällt.

Trauf- und Kammlagen sind häufig durch forstwirtschaftliche Nutzung und häufig auch durch einen Gesteinswechsel geprägt (z.B. Weißer Jura in BaWü). Beide Faktoren führen dazu, dass in der Praxis die Kennzeichnung der Objektgruppe 9000 aufwendig ist.

In Abbildung 9.1-3 sind beispielhaft ausgewählte Trauflagen aus Baden-Württemberg dargestellt.

Literatur

- AdV Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (2000): Dokumentation zur Modellierung der Geoinformationen des amtlichen Vermessungswesens - Teil 6 ALKIS Katalogwerk.- 14 S. [LitNr 2419].
- (2000): ATKIS - Objektartenkatalog : AdV-Standard Version 3.0. http://www.atkis.de:8080/dstinfo/plsql/dstinfo2.start_load?inf_sprache=deu&dst_ver=dst
- BaWü (UM Umweltministerium Hrsg.) (1995d): Pilotprojekt „Stadtbodenkartierung Rheinfelden (Baden).- [LitNr 2350].
- BaWü [UVM Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1999): Bodenzustandsbericht Großraum Stuttgart.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, 107 S., Stuttgart [LitNr 1393].
- BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2000): Raumordnungsbericht.- Berichte, Band 7, 320 S., Bonn [LitNr 2352].
- Brandenburg [LUA Landesumweltamt Brandenburg Hrsg.] (2000): Brandenburgisches Symposium zur bodenschutzbezogenen Forschung - Die Ausstellung.- Verfasser: Monse und Schultz-Sternberg, 4-7 S. [LitNr 2412].
- Dinkelberg W., J. Ritschel und R. Schultz-Sternberg (2000): Problematik der Stoffbelastung von Überschwemmungsböden.- In: LUA [Hrsg.] (2000), 26-30. [LitNr 2414].
- Frankfurt (Umlandverband Hrsg.)
- (1991): Bodenschutzkonzept des UVF und Bericht über die verkehrsbedingte Bodenschwermetallbelastung im Verbandsgebiet.- Umweltbericht Teil V Bodenschutz, Band 1, 72 S., Frankfurt [LitNr 2381].
 - (1993): Bodenkataster und Bodenschermetallkarte des Umlandverbandes Frankfurt.- Umweltbericht Teil V Bodenschutz, 35 S., Frankfurt [LitNr 2379].
- Hamburg (Freie und Hansestadt)
- (1997): Umweltatlas Hamburg 1997.- 244 S., Hamburg [LitNr 2403].
- LRA Breisgau-Hochschwarzwald (2002): Historischer Schwemmfächer bei Bad-Krozingen [Kartenentwurf].
- Niedersachsen [Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Hrsg.] (1993): Niedersächsischer Untersuchungsbericht zur Bodenbelastung durch Dioxine im Überschwemmungsbereich der Elbe - Teil 1 und 2.- 34 S. + Anhang, Hannover [LitNr 2398].
- NIfB Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1999): Schwermetalle in Böden Niedersachsens.- Arb.-H. Boden, 3-25, Hannover [LitNr 2392].
- Prüß, A. (1992): Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden.- Verlag Ulrich E. Grauer, , 145 S.- Wendlingen.
- Sachsen (LfUG Landesamt für Umwelt und Geologie
- (1999): Bodentlas des Freistaates Sachsen - Teil 3 Bodenmeßprogramm.- Materialien zum Bodenschutz, 119 S DIN A3 [LitNr 2395].
- UMEG (2002): Berichte zum Bodenzustand Baar. Onlinejournal Umweltbeobachtung.de [ID# U31-GDBW5106]

Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

- Bodenschutz -

Forschungsbericht 200 71 238

Kennzeichnung von Gebieten mit groß- flächig siedlungsbedingt erhöhten Schad- stoffgehalten im Boden

Teil C: Statistische Beispiel- berechnungen

von

UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen
und Gerätesicherheit Baden-Württemberg,
Großoberfeld 3, 76135 Karlsruhe

in Zusammenarbeit mit
Sächsisches Landesamt für
Umwelt und Geologie,
09599 Freiberg
Stadtverwaltung Wuppertal
42275 Wuppertal
Landkreis Goslar,
38610 Goslar

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Inhaltsverzeichnis Teil C

1	<i>Einleitung</i>	C-8
2	<i>Material und Methoden</i>	C-11
2.1	<i>Datenbasis der Extremwerttests</i>	C-11
2.2	<i>Extremwert-Testverfahren</i>	C-11
2.3	<i>Die geostatistisch untersuchten Beispielgebiete</i>	C-12
2.4	<i>Untersuchte Methoden der Geostatistik</i>	C-12
2.4	<i>Die verwendete Software</i>	C-13
3	<i>Ergebnisse</i>	C-14
3.1	<i>Extremwertanalysen</i>	C-14
3.1.2	<i>Diskussion Extremwertanalyse</i>	C-31
3.2	<i>Geostatistische Anwendungen</i>	C-33
3.2.1	<i>Stuttgart</i>	C-33
3.2.2	<i>Freiberg</i>	C-33
3.2.3	<i>Heidelberg</i>	C-42
4	<i>Schlussfolgerung</i>	C-52
4.1	<i>Deskriptive Statistik</i>	C-52
4.2	<i>Geostatistik</i>	C-52
5	<i>Zitierte Literatur</i>	C-54

Abbildungsverzeichnis Teil C

Abbildung 2.1-1:	Die verwendeten Lageparameter	C-10
Abbildung 2-2-1: Übersicht zu den Berechnungen der untersuchten Verfahren		C-11
Abbildung 2.5-1: Erstellung eines Variogrammes und Anpassung eines theoretischen Modells mit dem Programm ArcGIS® 8.1, Geostatistical Analyst (ESRI 2001)		C-13
Abbildung 3.1-1: Lageparameter und Verteilung der Ausgangsdatensätze. Es ist jeweils die Lage der 10-, 25-, 50- (Median), 75- und 90-Perzentile dargestellt.		C-22
Abbildung 3.1-2: Auswirkung der unterschiedlichen Testverfahren. Dargestellt ist die Verschiebung des 90-Perzentils im reduzierten Datensatz nach Durchführung der verschiedenen Extremwerttests. Die schwarzen Linien stellen die 10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentile des Ausgangsdatensatzes dar. Für die Ausgangsdatensätze werden zwecks der Übersichtlichkeit nur die relevanten Ausschnitte aus Abbildung 3.3-1 wiedergegeben.		C-25
Abbildung 3.1-3: Häufigkeitsverteilungen der untersuchten Ausgangsdatensätze und die (theoretische) Normalverteilung, die sich aus dem jeweiligen Mittelwert und der Standardabweichung ergeben würde.		C-28
Abbildung 3.2-1: Gesamtgehalte Cadmium im Großraum Stuttgart (BaWü1999)		C-33
Abbildung 3.2-2: Varianten des Inverse Distance Weighting für Freiberg		C-35
Abbildung 3.2-3: Varianten mit Radial Basis Function für Freiberg		C-36
Abbildung 3.2-4: Varianten des Ordinary Kriging für Freiberg		C-37
Abbildung 3.2-5: Varianten des Simple Kriging für Freiberg		C-38
Abbildung 3.2-6: Varianten des Universal Kriging für Freiberg		C-39
Abbildung 3.2-7: Varianten des Inverse Distance Weighting für Heidelberg		C-43
Abbildung 3.2-8: Varianten mit Radial Basis Function für Heidelberg		C-44
Abbildung 3.2-9: Varianten des Ordinary Kriging für Heidelberg		C-45
Abbildung 3.2-10: Varianten des Simple Kriging für Heidelberg		C-47
Abbildung 3.2-11: Varianten des Universal Kriging für Heidelberg		C-48
Abbildung 3.3-6: Indikator Kriging für Heidelberg. Der Rote Bereich gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit von 80% und darüber für einen gewählten Schwellenwert an.		C-51

Zusammenfassung

Deskriptiv-statistische Berechnungen

Die Kennzeichnung von Gebieten mit großflächig siedlungsbedingt erhöhten Schadstoffgehalten in Böden (GSE) erfolgt anhand von Stichproben. Die Einzelmessungen können jedoch zahlreichen Einflüssen unterliegen. Mit Hilfe von Extremwerttests werden Messungen, die ganz offensichtlich nicht repräsentativ für die Stichprobe einer Raumeinheit sind, gekennzeichnet. Da das Testverfahren einen Einfluss auf das Ergebnis hat, wurden in dieser Untersuchung unterschiedliche Testverfahren empirisch auf ihre Auswirkungen auf Datensätze unterschiedlicher Herkunft untersucht. Darüberhinaus wurden weitere Erkenntnisse für die deskriptiv-statistische Raumanalyse gewonnen.

Kriterien für die Testauswahl waren: 1. Reproduzierbarkeit, 2. einfache Anwendung und 3. keine zu hohe Testschärfe. Es wurden insgesamt 30 Testdatensätze (Freiberg, Goslar, Leipzig, Mannheim, Stuttgart und Wuppertal) und 6 ausgewählte Testverfahren (3-Sigma, Nalimov, Grubbs, Median- und Interquartiltests) untersucht.

Als bestes Verfahren erwies sich ein „**50.-5 Interquartiltest**“, welcher wenig anfällig gegen starke Ergebnisschwankungen ist.

Unterhalb eines Stichprobenumfangs von **50 Proben** sollte die Häufigkeitsverteilung der Daten im Hinblick auf die Robustheit des 90.-Perzentilwertes im Einzelfall geprüft werden, da die empirischen Tests der Datensätze aus Siedlungsgebieten erst ab 50 Proben eine ausreichende Robustheit im Bereich des 90.-Perzentiles zeigte. Bei Verteilungen mit großer Datenstreuung sollte als statistisches Lagemaß nur der Median angegeben werden.

Bei einem hohen Prozentsatz von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze oder bei einer starken Streuung im oberen Wertebereich muss die Abgrenzung der Raumeinheiten (Konzeptkarte nach Ziffer 3.1) neu geprüft werden, da sich hier unter Umständen **untergeordnete oder neue**

Raumeinheiten verbergen („weißer oder schwarzer Fleck in grauer Landschaft“).

Geostatistische Berechnungen

In der Geostatistik gibt es zahlreiche unterschiedliche Methoden, um aus Punktdaten flächige Darstellungen zu erzeugen. Neben den Voraussetzungen allgemeiner Art, wie etwa Flächenrepräsentativität, sind auch je nach Verfahren speziellere Voraussetzungen zu erfüllen, um eine gute Interpolation zu ermöglichen. In der Einführung werden die Grundzüge der geostatistischen Interpolation erörtert.

Anhand der Beispielgebiete Freiberg und Heidelberger Süden werden die Interpolationsverfahren Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW), Radial Basis Function (RBF), Ordinary Kriging (OK), Simple Kriging (SK), Universal Kriging (UK) und Indikator Kriging empirisch getestet und deren Ergebnisse dargestellt. Weitere Möglichkeiten und Grenzen geostatistischer Anwendung für andere Gebiete (z.B. Stuttgart) werden diskutiert.

Aus den Ergebnissen ergeben sich folgende Schlussfolgerung:

- Aus den Unterschieden zwischen den Gebieten ergibt sich, dass die Eignung für eine geostatistische Raumanalyse **im Einzelfall und im Vorfeld** geprüft werden muss. „Freiberg“ eignet sich beispielsweise relativ gut, während der Siedlungsbereich von Stuttgart mit den vorhandenen Punktdaten nicht oder nur bedingt zur Interpolation geeignet ist.
- Voraussetzung jeder Interpolation ist eine **gute Konzeptkarte**. Wenn nicht alle Raumeinheiten eines Gebietes gleich gut mit Probennahmestellen abgedeckt sind (was die Regel sein dürfte), kann es vorkommen, dass die mathematisch beste Interpolation nicht das

fachlich beste Ergebnis ist.

- Aus der **deskriptiven Statistik** eines Untersuchungsgebietes lässt sich schon frühzeitig ablesen, ob überhaupt eine Interpolation notwendig ist. Nur wenn ein qualitativer Sprung innerhalb einer Raumeinheit zu erwarten ist, der nicht durch die vorhandenen Raum-Objekte der Konzeptkarte eingegrenzt werden kann, muss nach der GSE-Anleitung eine geostatistische Gebietsabgrenzung erstellt werden.
- Bei der Aggregierung des „**GSE-Hintergrunddatenkollektives**“ nach Ziffer 3.2 der GSE-Anleitung sollte hoher Wert auf die Repräsentativität der Daten gelegt werden - wenn diese für Interpolationen herangezogen werden sollen.
- Eine erste, **überschlägige Auswertung** lässt sich mit geringem Aufwand mit einer einfachen Interpolationsmethode durchführen (z.B. IDW über Raumeinheiten ohne Korrekturfaktoren). Eine Interpolation über alle Raumeinheiten hinweg kann beispielsweise durch kombinierte Darstellungen (GSE-Verfahren 3.4.4) verbessert werden.
- Es muss immer darauf geachtet werden, dass nicht über die jeweilige **Modellreichweiten** (d.h. über die zulässige Entfernung benachbarter Punkte) hinaus interpoliert wird.
- Erhöhte Anforderungen an die Genauigkeit der Gebietsabgrenzung, können durch **mehrfache Interpolation** (z.B. dreifach) mit mathematisch unterschiedlichen Verfahren erfüllt werden.
- Das **Indikator Kriging** ist für die konkreten Ziel der GSE-Kennzeichnung ein sehr gutes Verfahren.
- Eine hohe Probendichte ist gut für die Interpolation aber kostenintensiv, so dass die durch die Interpolation erzielte **Aufwandsersparnis wieder aufgebraucht** werden kann.

1 Einleitung

Untersuchungen und Erkenntnisse im Bereich der Geowissenschaften basieren auf Messungen von variablen Faktoren. In Abhängigkeit von Umgebungsvariablen und ortsgebundenen Einflüssen streuen diese Faktoren über einen mehr oder weniger großen Wertebereich. Da der wahre Wert nicht bekannt ist und durch Messungen nicht bestimmt werden kann, sind Stichproben aus der Grundgesamtheit zu nehmen. Eine Stichprobe, die zu einem Datensatz führt, sollte unabhängig und unter gleichen und gleichbleibenden Bedingungen erhoben werden. Um eine aussagekräftige Bewertung dieses Datenkollektives vornehmen zu können, werden zunächst mittels deskriptiver Statistik die Verteilung der Daten, die Streuungsmaße sowie die Lagemaße berechnet. Streuungsmaße sind der Interquartilabstand oder etwa die Standardabweichung, Lagemaße sind der Median, Mittelwerte und die Perzentile.

Anhand dieser Maße lässt sich auf die Struktur und Verteilung einer Stichprobe schließen und es lässt sich abschätzen, ob eine Stichprobe aus Daten besteht, die unter der Bedingung der Homogenität der Probenahmeorte gewonnen wurden. Ein eindeutiges Verfahren zur Bestimmung der Homogenität von Messwerten gibt es allerdings nicht. Es existiert aber eine Reihe von unterschiedlichen Tests auf Ausreißer oder Extremwerte.

Die von den Tests als Ausreißer oder Extremwerte erkannten Werte sollten unabhängig vom Verfahren nicht pauschal von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden, sondern nochmals genau geprüft werden. Letztendlich geben alle Tests nur Hinweise auf statistische Unklarheiten im Datensatz, sie können jedoch nicht die Bedingungen bei der Probennahme untersuchen.

Es stellt sich daher folgende Frage:

Unterscheiden sich die Ergebnisse unterschiedlicher Extremwerttests und wenn ja, welcher Test ist für die Anforderungen der GSE-Kennzeichnung am besten geeignet ?

Geostatistik

Um aus Punktdaten eine flächenhafte Darstellung zu erstellen gibt es zahlreiche Methoden. So unterschiedlich die Methoden sind, allen gemein ist das Ziel, eine punktuelle Information in eine räumliche Information zu überführen.

Angesichts der unterschiedlichen Methoden stellt sich die Frage nach der Variabilität der geostatistisch ermittelten Grenzföhrung. Nicht eindeutig geklärt ist, ob aufwendigere Verfahren ein besseres Ergebnis als einfachere Methoden erzielen. Neben der Methodenwahl hat die Festlegung der für der Interpolation verwendeten Parameter einen großen Einfluss auf deren Ergebnis.

Anhand von Messdaten aus zwei Beispielgebieten mit unterschiedlicher Datendichte soll daher der Einfluss von Methoden und Parametern auf die Grenzföhrung bei der geostatistischen Raumana-lyse empirisch untersucht werden.

Theorie der Geostatistik

Punktdaten lassen sich kartographisch exakt nur durch eine Punktdarstellung wiedergeben. Im Rahmen einer Untersuchung ist aber überwiegend die flächige Verteilung eines Parameters von Interesse. Da es nahezu unmöglich und unbezahlbar ist, auf jeder Parzelle den Boden zu beproben, werden aus Punktdaten flächenhafte Schätzungen durchgeführt. Eine flächenhafte Visualisierung ist durch den Betrachter wesentlich schneller zu erfassen als eine reine Punktdarstellung. Allerdings liegt hierin auch die Gefahr, durch Interpolationen z.B. auf Basis unzureichender Daten oder falscher Inter-

polationsparameter einen ungenauen oder möglicherweise falschen Eindruck über ein Gebiet zu vermitteln.

Ohne in die Interpolation einsteigen zu müssen, lassen sich einfache Formen flächiger Darstellungen erstellen. Durch die Berechnung sog. Thiesenpolygone (auch: Veronoi polygons oder Dirichlet Zellen) werden die punktuellen Messwerte auf den umgebenden Raum übertragen. Dabei werden alle nebeneinander liegende Punkte miteinander verbunden, so dass sich ein Netz aus Dreiecken bildet (vgl. Teil A und Kickner 1997).

Voraussetzungen für eine Interpolation

Um eine sachgerechte Interpolation von Punktdaten durchzuführen sollte je nach Verfahren ein genügendes Fachwissen bezüglich seiner Anwendung vorhanden sein. Je aufwendiger das Verfahren und je mehr Verfahrensparameter darin einfließen, desto mehr sollte man damit vertraut sein und desto eher ist auch eine „automatisierte“ Vorgehensweise abzulehnen.

Nicht alle Punktdaten eines Parameters sind pauschal für eine Interpolation geeignet. Es müssen je nach Verfahren bestimmte Grundvoraussetzungen erfüllt sein. Weiterhin ist die Flächenrepräsentativität der Punktdaten für den untersuchten Raum sicherzustellen (s. unten).

Wenn die Grundvoraussetzungen nicht erfüllt sind, lässt sich rein technisch immer eine Interpolation durchführen. Eine Dokumentation der ungenügend erfüllten Voraussetzungen und der daher sehr vagen Aussagekraft des Ergebnisses ist in diesem Falle jedoch notwendig. Bei der Erstellung einer Flächendarstellung ist die Information, die vermittelt werden soll mit entscheidend. Handelt es sich absichtlich nur um eine grobe Übersichtsdarstellung, kann auch eine weniger korrekte Vorgehensweise für das gewählte Verfahren gerechtfertigt sein. Je größer der Maßstab, desto weniger sollte daher mit ungeprüften oder weniger geeigneten Daten gearbeitet werden.

Aussage eines Semivariogramms

Die Beurteilung der Qualität einer Interpolation erfolgt unter anderem anhand eines „Semivariogramms“. Ein empirisches Semivariogramm (z.B. in Abbildung 2.5-1) wird unter der Annahme von stationären Bedingungen für die Messwerte erstellt. Für die Diagrammdarstellung der Varianzschätzung wird die Distanz zwischen zwei Messwerten gegen die halbe quadrierte Differenz

der beiden Messwerte aufgetragen.

Alle möglichen Kombinationen der Messwerte untereinander werden nach diesem Schema in den Graph aufgetragen. Bei einer großen Anzahl an Messwerten führt dies schnell zu einer sehr großen Anzahl von möglichen Kombinationen, so dass aus Gründen der Übersichtlichkeit eine Gruppierung von ähnlichen Distanzen vorgenommen wird. Die insgesamt vorkommenden Distanzen werden dabei in sog. „lags“ gruppiert und es wird nur der Mittelwert aus dieser Gruppe in den Graph eingetragen. D.h. beispielsweise, dass für alle Punktkombinationen mit einer Distanz von 10m bis 20m nur deren halber Mittelwert der quadrierten Differenzen in die Darstellung eingeht.

Aus diesen Berechnungen erhält man einen Graph mit einer Punktwolke, die das empirische Semivariogramm darstellt. Existiert ein statistischer räumlicher Zusammenhang, so zeigen die Punktpaare mit einer geringen Distanz zueinander auch eine erkennbar niedrigere Varianz, als größere Distanzen. Ist dies nicht der Fall, liegt nur ein geringer oder gar kein statistischer räumlicher Zusammenhang vor. Ist letzteres der Fall sollte man von der Absicht einer Interpolation durch Kriging Abstand nehmen.

Ist ein räumlicher Zusammenhang zu erkennen, muss für die Durchführung einer Kriging-Interpolation ein theoretisches Modellvariogramm an das empirische Semivariogramm angepasst werden. Um diese Anpassung vorzunehmen, kann man sich unterschiedlicher Modelle bedienen. Die am häufigsten angewendeten Modelle sind dabei das sphärische und das exponentielle Modell sowie das Modell nach Gauß, um nur einige zu nennen. Allen gemeinsam sind aber die grundsätzlichen Eigenschaften, wonach üblicherweise ein „Nugget“, ein „Range“ sowie ein „Sill“ auftreten.

Die kleinräumige Variabilität der Messdaten wird als Nugget bezeichnet. Es handelt sich dabei um den y-Achsenabschnitt der angepassten Modellkurve, die normalerweise nicht durch den Ursprung verläuft. Die Range gibt die maximale Reichweite des räumlichen Zusammenhangs an. Die Range reicht bis zu dem Punkt, an dem die Steigung der angepassten Modellkurve in ein Plateau übergeht. Bei maximaler Reichweite der Modellfunktion beginnt deren Sill, was als Plateau oder Schwellenwert bezeichnet wird. Hier besteht kein Zusammenhang zwischen den Probenwerten mehr.

Güte einer Interpolation

Bei einer Interpolation wird zu deren Qualitätsprüfung eine Kreuzvalidierung aus den Messwerten vorgenommen. Dabei werden die vorhandenen Messwerte durch die umliegenden geschätzt, so als ob sie nicht vorhanden wären. Die Differenz zwischen realem und errechnetem Wert sowie andere statistische Werte ergeben eine Möglichkeit, um den Gütegrad der Schätzung zu bewerten. Eine ideale Interpolation hat ein Mittel von „0“, ein standardisiertes RMS (root mean square) von „1“. RMS sowie der mittlere Standardfehler sind möglichst klein.

Parameter gilt.

Flächenrepräsentativität von Punktdaten aus geostatistischer Sicht

Für den Vergleich von Punktdaten ist es von Bedeutung, ob die Proben jeweils mit der gleichen Probenahme- und Untersuchungstechnik erzielt wurden. Sind Probennahme und Analyse identisch oder vergleichbar, können die Messwerte - rein technisch betrachtet - in einem gemeinsamen Kollektiv analysiert werden.

Diese rein technische Betrachtung ist allerdings nicht ausreichend für eine raumübergreifende Interpretation, da damit die Repräsentativität für die betrachtete Fläche keineswegs verbunden ist. Um die Flächenrepräsentativität von Altdaten bewerten zu können, sind die Lage und der Zweck der Messungen zu prüfen. Dieser Verfahrensschritt ist nicht automatisierbar.

Punktdaten können aus unterschiedlichen Anlässen genommen werden. Bei Altdaten in Siedlungsgebieten handelt es sich häufig um Messungen auf oder nahe bei Altstandorten oder Emittenten, die ihre unmittelbare Umgebung beeinflussen können. Da es sich dabei um gezielte Untersuchungen auf lokale Belastungen handelt, können solche Daten in den meisten Fällen nicht auf die weitere Umgebung übertragen werden. Würden beispielsweise alle Tankstellen und Mineralöllager einer Stadt beprobt, so kann eine mögliche Belastung dieser punktuellen Verunreinigungen nicht als repräsentativ für die ganze Stadt angesehen werden, obwohl eine reine Punktdarstellung eine evtl. einheitliche Belastung im Stadtgebiet vorspiegeln würde.

Eine weitere Hürde stellt sich mit der Untersuchung unterschiedlicher Parameter an einem Messpunkt. Denn eine nachvollziehbare Flächenrepräsentativität für einen untersuchten Parameter wie etwa Blei zieht nicht unbedingt nach sich, dass diese Repräsentativität für alle an diesem Standort untersuchte

2 Material und Methoden

2.1 Datenbasis der Extremwerttests

Zur Bewertung der unterschiedlichen Testverfahren wurden insgesamt 30 Datensätze mit einem Stichprobenumfang von 17 bis 535 Messungen ausgewählt. Diese Auswahl beruht auf 14 unterschiedlichen Datensätzen, die in den Städten Goslar, Wuppertal, Freiberg/Sachsen, Leipzig und and der Mulde (Sachsen-Anhalt) erhoben wurden. Ein weiterer Datensatz beruht auf bundesweiten Messungen von Blei zu Hintergrundwerten (UBA 1999). Die restlichen 15 Datensätze stammen aus dem Großraum Mannheim-Heidelberg (BaWü 1998) bzw. dem Großraum Stuttgart (BaWü 1999).

2.2 Extremwert-Testverfahren

Es wurden insgesamt 6 Testverfahren untersucht. Davon sind 5 Verfahren in der Statistik übliche und anerkannte Methoden zur Bestimmung von Extremwerten. Aufbauend auf ein bestehendes Verfahren wurde zusätzlich ein eigenes, für die speziellen Ansprüche dieser Untersuchung angepasstes Verfahren mit zwei unterschiedlichen Multiplikatoren untersucht.

3-Sigma: Werte außerhalb des Bereiches von arithmetischem Mittel ± 3 Standardabweichungen werden als Extremwerte gekennzeichnet. Hintergrund ist die Normalverteilung, bei der sich in diesem Bereich 99,73 % der Daten befinden (dies entspricht somit in etwa den 99% Sicherheit der beiden nachfolgenden Tests). Daraus ergibt sich auch die Vorgabe, dass untersuchte Datenkollektive einer Normalverteilung möglichst nahe kommen sollten. Dies ist häufig jedoch nicht der Fall, so dass eventuell durch eine Datentransformation mittels Logarithmierung der Daten eine Annäherung an diese Verteilung erreicht werden kann.

Nalimov (Lohöfer 2000): Es wird ein Testwert r^* berechnet (vgl. Abbildung 2-2.1), wobei x^* der Messwert mit dem größten Abstand zum arithmetischen Mittel und s die Standardabweichung ist. Dieser wird mit einem Tabellenwert für den entsprechenden Stichprobenumfang bei $n-2$ Freiheitsgraden und bei 99% Sicherheit verglichen. Ist $r^* < r_{\text{tab}}$, so liegen keine Extremwerte vor. Der Test geht ebenfalls von einer Normalverteilung der Daten aus, so dass eventuell eine Betrachtung der logarithmierten Daten nötig ist.

Grubbs (Snedecor & Cochran 1989): Er ist mit dem vorigen Test verwandt und es wird ebenso ein

Testwert berechnet, der mit einem Tabellenwert für den entsprechenden Stichprobenumfang bei 99% Sicherheit verglichen wird. Ist $g^* < g_{\text{tab}}$, so gibt es keine Extremwerte. Da eine Normalverteilung vorausgesetzt wird, sind die Daten gegebenenfalls zu logarithmieren.

3 MAD (Burke 2001): MAD (Median Absolute Deviation) ist der Median der Absoluten Abweichungen der Einzelwerte vom Median des Datensatzes. Ähnlich der Standardabweichung beim arithmetischen Mittel stellt dies ein Streuungsmaß für die Stichprobe dar. Entsprechend werden

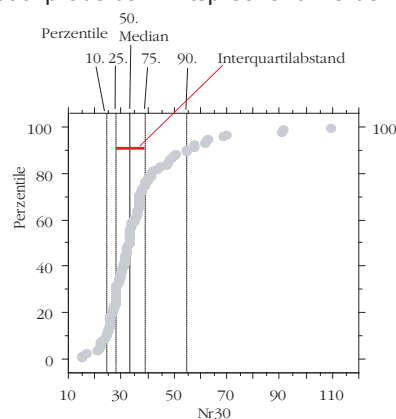


Abbildung 2.1-1: Die verwendeten Lageparameter

Untersuchte Extremwerttestverfahren

3-Sigma	$t = \bar{x} + 3s$
Nalimov	$r^* = \frac{ x^* - \bar{x} }{s} \sqrt{\frac{n}{n-1}}$
Grubbs	$g^* = \frac{ x^* - \bar{x} }{s}$
3 MAD	$t = \text{Median} + 3 \cdot (\text{Median der absoluten Abweichungen})$
50.-3 Interquartil	$t = \text{Median} + 3 \cdot (75.P - 25.P)$
50.-5 Interquartil	$t = \text{Median} + 5 \cdot (75.P - 25.P)$
75.-1,5 Interquartil	$t = 75.P + 1,5 \cdot (75.P - 25.P)$
75.-3 Interquartil	$t = 75.P + 3 \cdot (75.P - 25.P)$

Die Tests werden iterativ wiederholt, bis kein Extremwert mehr feststellbar ist.

Abbildung 2.2-1: Übersicht zu den Berechnungen der untersuchten Verfahren

Daten, die außerhalb des Bereiches Median ± 3 MAD liegen als Extremwerte definiert.

50.-3 Interquartil-Test: Der Interquartilabstand ergibt sich aus der Differenz der Werte des 25er und des 75er Perzentils eines Datensatzes. Für die Ausweisung von Extremwerten wird der Bereich von Median ± 3 Interquartilabstände berechnet. Außerhalb liegende Werte werden als Extremwerte definiert.

50.-5 Interquartil-Test: Ergänzend zu den genannten häufig verwendeten Tests wurde als Erweiterung ein Interquartil-Test mit dem Faktor 5 ausprobiert. Als Schwelle für die Extremwertausweisung wird der Wertebereich von Median ± 5 Interquartilabstände ermittelt.

75.-1,5 Interquartil-Test: Zum 75. Perzentil wird das 1,5-fache des Interquartilabstandes hinzugeaddiert. Größere Werte werden als Extremwerte definiert.

75.-3 Interquartil-Test: Analog zum vorigen Test gilt ein Messwert als Extremwert, wenn er oberhalb des 75. Perzentils $+ 3$ Interquartilabstände liegt.

Bei allen Tests identisch ist in dieser Untersuchung das Vorgehen, wonach so lange Werte eliminiert werden, wie die Bedingung für die Abwesenheit von Extremwerten noch nicht erfüllt ist. D.h. wenn Werte als Extremwerte ausgeschlossen werden, wird mit dem reduzierten Datensatz erneut die Bedingung für Extremwerte bestimmt und gegebenenfalls werden weitere Werte ausgeschlossen.

2.3 Die geostatistisch untersuchten Beispielgebiete

Die Stadt **Stuttgart** sowie der gesamte Großraum bilden das wirtschaftlich wichtigste Zentrum in Baden-Württemberg. Die Region weist einen hohen Grad der Industrialisierung mit Schwerpunkten in der Metallverarbeitung und im Automobilbau auf. Der Ballungsraum unterliegt hohem Verkehrsaufkommen und weist eine hohe Siedlungsdichte auf. Das im Bodenzustandsbericht Stuttgart untersuchte Gebiet umfasst eine Fläche von $42 \text{ km} \times 37 \text{ km}$. Aus den 2694 Messpunkten für Cadmium ergibt sich eine Dichte von ca. 2 Proben/ km^2 .

Die Stadt **Freiberg** ist eine alte Bergbaustadt, die über viele Jahrhunderte hinweg maßgeblich durch die Bergbautätigkeiten (insbesondere Silber) im direkten Umfeld der Stadt geprägt wurde. Dadurch wurden große Mengen an Boden und Abraummaterial ab- und umgelagert, so dass im gesamten

Gebiet erhöhte Schwermetallgehalte nachweisbar sind. Sowohl das Stadtgebiet von Freiberg als auch der Außenbereich sind kleinräumig gesehen sehr heterogen in Bezug auf Schwermetalle zu betrachten. Aufgrund des starken Gradienten zu unbelasteten Gebieten ist das Gebiet großräumig gesehen aber sehr homogen, da dort die Erdbewegungen der Bergbautätigkeit sowie das geogene Vorkommen der Schwermetalle zur flächigen Kontamination beigetragen haben. Als Leitparameter für die räumliche Untersuchung wurde der Gesamtgehalt an Blei herangezogen. Die dargestellte Fläche erstreckt sich auf $8,3 \text{ km} \times 8,2 \text{ km}$. Die 351 Messpunkte wurden im Außenbereich im Abstandsraster von 1 km im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie beprobt. In einem zentralen Bereich westlich von Freiberg beträgt der Rasterabstand 250 m. In Siedlungsflächen konnte aufgrund mangelnder Freiflächen das Raster nicht konsequent angewendet werden. Es ergibt sich eine mittlere Beprobungsdichte von etwa 5,2 Proben/ km^2 .

Südlich von **Heidelberg** wurden im Umfeld eines Emittenten Bodenproben auf Gesamtgehalte und auf die mobilen Gehalte an Thallium untersucht. Der Gesamtgehalt an Thallium wird in dieser Gegend durch die ehemaligen Bergbautätigkeiten und den Transport von Erzen beeinflusst. Dadurch ist eine erhebliche Unschärfe bei der Raumanalyse gegeben, die den Versuch einer Zuordnung der Proben zur potentiellen Emissionsquelle erschwert. Als Leitparameter für den Einflussbereich des Emittenten dient daher das mobile Thallium (TI_{mob}). Durch den Lufteintrag ist das Thallium wesentlich weniger an die Bodenmatrix gebunden als das im gesamten Gebiet auftretende Thallium geogenen Ursprungs bzw. das Thallium aus fluvialer Verlagerung, was zu einer höheren Mobilität führt (Prüß, 1992). Das Testgebiet erstreckt sich über $6,2 \text{ km} \times 6,5 \text{ km}$. Die Messungen stammen aus unterschiedlichen Teilprojekten. Für den Ausschnitt ergibt sich eine mittlere Beprobungsdichte von 2,9 Proben/ km^2 . Im Kernbereich liegen ca. 37 Proben/ km^2 vor.

2.4 Untersuchte Methoden der Geostatistik

Von den zahlreichen Verfahren der Interpolation sollte hier eine Auswahl gebräuchlicher Methoden untersucht werden. Es wurden folgende fünf, einfache und komplexe Verfahren, die mit zahlreichen üblichen Computerprogrammen durchführbar sind, ausgewählt:

- Inverse Distance Weighted Interpolation (IDW)
- Radial Basis Function (RBF)
- Ordinary Kriging (OK)
- Simple Kriging (SK)
- Universal Kriging (UK)
- Indikator Kriging

2.5 Verwendete Software

Als Programm für die Testverfahren diente das Softwarepaket ArcGIS® 8.1. Die geostatistischen Analysen wurden mit dem Zusatzmodul Geostatistical Analyst durchgeführt.

Mittels des im Programm angebotenen „Geostatistical Wizard“ (Abbildung 2.5-1) lassen sich abhängig vom Verfahren durch zwei bis fünf Arbeitsschritte die Parameter einstellen, sowie die statistischen Werte ablesen. Durch wiederholtes Vor- und Zurückschalten können unterschiedliche Parameterkombinationen in ihrer Auswirkung in einer Vorschau beurteilt werden. Sind die Parameter zufriedenstellend angepasst, wird letztendlich eine Version für die Ausgabe festgelegt und in der Karte dargestellt.

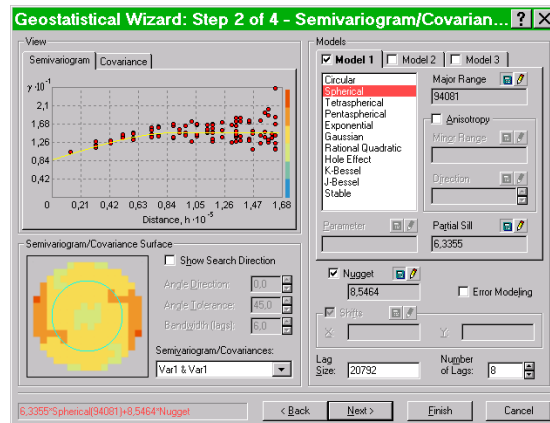


Abbildung 2.5-1: Erstellung eines Variogrammes und Anpassung eines theoretischen Modells mit dem Programm ArcGIS® 8.1, Geostatistical Analyst (ESRI 2001)

3 Ergebnisse

3.1 Extremwertanalysen

Bei der Analyse der Datensätze stellte sich heraus, dass bei allen eine mehr oder weniger stark rechts-schiefe Verteilung vorlag. Ebenfalls charakteristisch war, dass einige Datensätze in den hohen Wertebereichen eine starke Streuung hatten und daher in der Diagrammdarstellung lange diskontinuierliche „Werteschwänze“ aufwiesen. Um eine Annäherung an die Normalverteilung zu erhalten, wurden daher die 30 Datenkollektive für die Anwendung der Tests 3-Sigma, Nalimov und Grubbs, die auf dem arithmetischen Mittel und der Standardabweichung basieren, mittels des 10er Logarithmus transformiert. Für den Vergleich mit den anderen Daten und für die Tabellendarstellung wurden die ermittelten Werte wieder delogarithmiert. Die anderen drei Tests basieren auf dem Median, der ein relativ robustes Lagemaß ist, daher wurden für 3-MAD sowie für die 4 verschiedenen Interquartil-Tests die Originaldaten verwendet.

In Tabelle 3.1-1 sind die 30 verwendeten Testdatensätze beschrieben. In den Tabellen 3.1-2 bis 3.1-7 und Abbildungen 3.1-1 bis 3.1-3 sind die statistischen Kenngrößen der Datensätze vor und nach den Testdurchläufen tabellarisch und graphisch dargestellt.

Die Tests 3-Sigma, Nalimov und Grubbs erkannten bei 14 von 30 Datensätzen nur wenige Werte als Extremwerte und bei 16 der 30 Datenkollektive keine Extremwerte. Als am schärfsten unter diesen dreien erwies sich der Test nach Nalimov, der prozentual im Schnitt am meisten Werte ausschloss und bei 14 Datensätzen Extremwerte feststellte (s. Tabelle 3.1-6). Er schloss dabei bis maximal 13,6 % der Daten bei Nr. 81 aus. Weniger scharf war der 3-Sigma Test. Mit diesem Verfahren konnten in 10 Datensätzen Extremwerte festgestellt werden. Der maximale Anteil der eliminierten Daten lag dabei bei 9,52 % des Datensatzes Nr. 31. Der Grubbs Test war dagegen wesentlich unschärfer und fand Extremwerte bei nur 5 Datensätzen, wobei der maximale Anteil an eliminierten Daten bei 3,03 % lag.

Bei den Testverfahren, die mit den Originaldaten durchgeführt wurden, war der MAD Test das deutlich schärfste Verfahren. Er erkannte bei allen Datensätzen einen hohen Prozentsatz an Extremwerten. Der Anteil lag minimal bei 4,26 %, lag sonst aber stets im zweistelligen Bereich und erreichte

maximal 37,1 %. Anzumerken ist zusätzlich, dass dieses Verfahren bei insgesamt 4 Versuchen zu keinem Ergebnis führte, da der Anteil an Werten <BG zu groß war. Daraus ergab sich, dass der Median im Laufe des Verfahrens selbst den Wert der Bestimmungsgrenze annahm und dadurch auch der Median der absoluten Abweichung den Wert null annahm. Die beiden Versionen des 50.-Interquartil Tests konnten ohne Probleme durchgeführt werden und zeigten sich weniger scharf. Mit dem Faktor 3 wurden bei nur 3 Datensätzen keine Extremwerte erkannt. Der Ausschlussanteil lag maximal bei 23,5 %, im Durchschnitt bei 8,98 %. Unter Verwendung des Faktors 5 konnten bei 6 der Datenkollektive keine Extremwerte erkannt werden. Bei einem Schnitt von 4,57 % lag der maximale Anteil an ausgeschlossenen Werten bei 17,7 %.

Die beiden Verfahren, die auf dem 75. Perzentil aufbauen lagen im Durchschnitt der eliminierten Daten über (75.-1,5 Interquartil mit 14,2 %) bzw. unter (75.-3 Interquartil mit 6,42 %) dem 50.-3 Interquartil-Test. Mit dem Faktor 1,5 versehen war das Verfahren relativ scharf. Es fand bei allen Datensätzen Extremwerte und schloss bis zu 26,6 % der Werte aus. Bei 4 Datensätzen wurden mit dem Faktor 3 keine Extremwerte festgestellt. Der Maximalwert lag hier bei 23,5 %, wobei es sich dabei um einen Datensatz mit sehr geringem Stichprobenumfang handelt.

Durch den Ausschluss von Extremwerten verändert sich auch die Lage von Mittelwert, Median und der Perzentilwerte. Insbesondere ist die Veränderung bei der Lage des Median und des 90er Perzentil von Interesse, da diese die für die Bewertung im Bodenschutz relevanten Lagemaße sind. Speziell die Lage des 90er Perzentil und die Absicherung durch Daten in dessen Umgebung ist für eine aussagekräftige Bewertung relevant.

Tabelle 3.1-1: Herkunft und Beschreibung der 30 Testdatensätze

Nr.	Raum	Nutzung	sonstiges	Parameter	Einheit	Anzahl	Quelle
10	Goslar	nicht differenziert	Teilgebiet 5	Pb	mg/kg	174	e-mail Dr. Schmotz
11	Goslar	nicht differenziert	Teilgebiet 5	Cd	mg/kg	174	e-mail Dr. Schmotz
12	Goslar	nicht differenziert	Teilgebiet 3	Cd	mg/kg	141	e-mail Dr. Schmotz
20	Wuppertal	Wald Oberboden 0-5cm	-	Pb	mg/kg	61	e-mail P. Reinirkens
21	Wuppertal	Grünland	-	Pb	mg/kg	95	e-mail P. Reinirkens
22	Wuppertal	Grünland	-	BaPyren		66	e-mail P. Reinirkens
30	Freiberg	Acker	-	As	mg/kg	107	e-mail K. Kardel
31	Freiberg	Acker	-	Pb	mg/kg	147	e-mail K. Kardel
32	Freiberg	Acker	GSE/HGE_9	Pb	mg/kg	207	e-mail K. Kardel
33	Freiberg	Wald	GSE/HGE_alle	Pb	mg/kg	102	e-mail K. Kardel
34	Freiberg	Haus- und Kleingärten (GSB)	GSB/HGE_11	Pb	mg/kg	59	e-mail K. Kardel
40	Leipzig	Kleingärten	-	BaPyren		535	e-mail K. Kardel
41	Leipzig	Kleingärten (Mediane)	-	BaPyren		66	e-mail K. Kardel
50	Mulde-Aue	Grünland	-	As	mg/kg	164	e-mail K. Kardel
60	Sandstein BRD	Außenbereich	-	Pb	mg/kg	180	e-mail Dr. Düwel, BGR
70	Stuttgart	Grünland	-	Cd-Ges	mg/kg	293	BaWü 1999
71	Stuttgart	Park- und Grünanlagen	-	Cd-Ges	mg/kg	60	BaWü 1999
72	Stuttgart	Haus- und Kleingärten	-	Cd-Ges	mg/kg	130	BaWü 1999
73	Stuttgart	Sonderkultur	-	Cu-mob	µg/kg	22	BaWü 1999
74	Stuttgart	Grünland	-	PAK 16	µg/kg	124	BaWü 1999
75	Stuttgart	Grünland	-	DDT-Summe	µg/kg	116	BaWü 1999
80	Heidelberg	Park- und Grünanlagen	-	Cd-ges	mg/kg	32	BaWü 1998
81	Mannheim	Grünland	-	Cd-ges	mg/kg	22	BaWü 1998
82	Mannheim	Haus- und Kleingärten	-	Pb-ges	mg/kg	66	BaWü 1998
83	Mannheim-Heidelberg	Haus- und Kleingärten	-	PAK 16	µg/kg	17	BaWü 1998
84	Mannheim	Siedlungsbereich	-	PAK 16	µg/kg	52	BaWü 1998
85	Mannheim	Siedlungsbereich	-	PCB 6	µg/kg	46	BaWü 1998
86	Mannheim-Heidelberg	Haus- und Kleingärten	-	PCB 6	µg/kg	33	BaWü 1998
87	Mannheim	Außenbereich	-	PCDDF	ng I- Teq/kg	24	BaWü 1998
88	Mannheim-Heidelberg	Haus- und Kleingärten	-	DDT-Summe	µg/kg	30	BaWü 1998

Tabelle 3.1-2: Statistische Kenngrößen der Originaldatensätze

Nr.	n	n < BG	Mittel	s	10.P	Median	90.P	Schiefe
10	174	0	142	313	52,0	97,0	196	11,2
11	174	0	0,72	0,64	0,30	0,59	1,10	6,35
12	141	0	2,70	1,85	0,70	2,40	5,10	1,09
20	61	0	197	69,1	130	180	294	1,16
21	95	0	105	58,6	67,4	90	170	3,48
22	66	0	0,22	0,38	0,05	0,09	0,40	4,10
30	107	0	36,4	15,1	24,7	33,0	55,0	2,29
31	147	0	123	187	51,7	89,5	178	8,99
32	207	0	118	57,6	65,6	105	194	1,88
33	102	0	274	226	99,1	202	502	3,02
34	59	0	1105	1054	261	859	2053	2,80
40	535	20	1,30	1,42	0,15	0,97	2,70	3,73
41	66	2	0,96	0,60	0,25	0,85	1,85	0,66
50	164	0	91,4	67,2	29,2	75,9	181	1,60
60	180	0	128	525	20,0	46,8	148	10,6
70	293	124	0,56	1,06	0,10	0,19	1,31	5,40
71	60	0	0,93	1,00	0,17	0,56	2,43	2,26
72	130	21	1,43	1,99	0,10	0,63	4,00	2,39
73	22	0	492	869	37,2	237	1386	2,86
74	124	1	2877	3271	231,0	1508	8253	1,53
75	116	24	17,8	35,2	0,15	3,39	46,2	2,79
80	32	13	0,72	0,91	0,20	0,49	1,28	3,69
81	22	9	0,71	1,14	0,20	0,30	2,48	2,66
82	66	0	88,2	107,7	31,9	63,9	138	4,53
83	17	1	5336	6399	872	2662	17040	1,70
84	52	2	5280	6718	899	2740	15780	2,21
85	46	3	46,1	77,2	3,99	19,2	194	2,57
86	33	2	51,5	77,5	4,48	19,5	183	2,20
87	24	0	11,4	11,9	2,24	8,00	35,3	1,80
88	30	0	50,9	64,1	6,1	26,5	124	2,31

Tabelle 3.1-3: Mittel und Median der Datensätze nach Entfernung der Extremwerte

Nr.	Test mit logarithmierten Daten					
	3Sigma		Nalimov		Grubbs	
	Mittel	Median	Mittel	Median	Mittel	Median
10	97,3	96,5	93,2	93,0	97,3	96,5
11	0,59	0,58	0,58	0,57	0,59	0,58
12	2,05	2,40	2,05	2,40	2,05	2,40
20	186	180	186	180	186	180
21	92,9	89,0	90,2	88,1	94,2	89,5
22	0,11	0,08	0,09	0,08	0,11	0,08
30	33,1	32,3	33,1	32,3	34,2	33,0
31	85,1	86,0	90,8	89,0	92,6	89,2
32	106	104	105	103	106	105
33	216	200	212	198	220	202
34	805	859	777	832	805	859
40	0,77	0,97	0,77	0,97	0,77	0,97
41	0,72	0,85	0,72	0,85	0,72	0,85
50	69,6	75,9	69,6	75,9	69,6	75,9
60	50,1	45,0	46,6	45,0	50,1	45,0
70	0,25	0,17	0,24	0,17	0,26	0,19
71	0,59	0,56	0,59	0,56	0,59	0,56
72	0,66	0,63	0,66	0,63	0,66	0,63
73	205	235	205	235	205	235
74	1365	1507	1365	1507	1365	1507
75	3,19	3,39	3,19	3,39	3,19	3,39
80	0,47	0,47	0,43	0,38	0,47	0,47
81	0,39	0,29	0,28	0,28	0,39	0,29
82	61,7	63,0	60,3	62,2	61,7	63,0
83	2513	2662	2513	2662	2513	2662
84	2599	2740	2599	2740	2599	2740
85	17,6	19,2	17,6	19,2	17,6	19,2
86	20,1	19,5	20,1	19,5	20,1	19,5
87	7,22	8,00	7,22	8,00	7,22	8,00
88	27,8	26,3	27,8	26,3	27,8	26,3

Tabelle 3.1-4: Mittel und Median der Datensätze nach Entfernung der Extremwerte

Test mit Originaldaten										
Nr.	3MAD		50.-3 Interquartil		50.-5 Interquartil		75.-3 Interquartil		75.-1,5 Interquartil	
	Mittel	Median	Mittel	Median	Mittel	Median	Mittel	Median	Mittel	Median
10	94,4	88,0	105	93,0	112	96,0	106	94,0	102	92,5
11	0,52	0,50	0,63	0,57	0,66	0,57	0,63	0,57	0,60	0,54
12	2,47	2,40	2,70	2,40	2,70	2,40	2,70	2,40	2,57	2,40
20	172	170	197	180	197	180	197	180	190	170
21	88,2	85,0	94,6	88,1	98,8	89,0	97,2	88,6	88,	85,0
22	0,07	0,07	0,10	0,08	0,11	0,08	0,11	0,08	0,10	0,08
30	31,0	31,5	33,1	32,0	34,7	32,3	34,0	32,0	31,7	31,5
31	85,6	84,0	97,4	88,0	101	89,1	99,5	89,0	90,8	86,0
32	94,2	91,8	115	103	116	104	115	103	111	99,3
33	171	166	236	195	252	198	252	198	213	187
34	782	767	908	801	1018	832	908	801	849	795
40	0,88	0,80	1,13	0,92	1,20	0,96	1,15	0,92	0,97	0,85
41	0,81	0,74	0,96	0,85	0,96	0,85	0,96	0,85	0,94	0,83
50	64,7	60,3	87,9	74,3	91,4	75,9	89,5	75,0	79,8	69,7
60	35,9	33,9	54,9	44,7	59,9	45,0	56,6	44,9	48,4	41,0
70	-	-	0,19	0,10	0,33	0,15	0,30	0,14	0,17	0,10
71	0,42	0,40	0,63	0,51	0,81	0,55	0,73	0,55	0,52	0,44
72	0,43	0,40	0,71	0,50	1,24	0,60	0,78	0,55	0,48	0,42
73	204	190	230	199	230	199	230	199	204	190
74	893	776	2276	1395	2877	1508	2709	1480	1367	943
75	-	-	4,58	2,17	7,29	2,80	6,31	2,68	3,61	1,90
80	-	-	0,58	0,38	0,58	0,38	0,58	0,38	0,53	0,38
81	-	-	0,30	0,28	0,30	0,28	0,30	0,28	0,26	0,20
82	60,2	60,8	67,7	62,2	70,7	63,0	67,7	62,2	66,2	62,1
83	2208	2540	2208	2540	2622	2599	2208	2540	2208	2540
84	2250	2453	2760	2542	4008	2685	2943	2544	2456	2537
85	14,1	13,4	19,0	15,4	20,4	15,6	19,0	15,4	15,3	14,7
86	12,8	11,0	19,3	17,2	21,4	17,5	19,3	17,2	12,8	11,0
87	5,39	5,00	8,61	7,20	11,4	8,00	11,4	8,00	6,80	6,15
88	19,6	20,0	26,5	21,8	36,6	22,7	36,6	22,7	22,8	20,9

Tabelle 3.1-5: Lage des 90er-Perzentils nach Entfernung der Extremwerte

Nr.	Test mit logarithmierten Daten			Test mit Originaldaten				
	3Sigma	Nalimov	Grubbs	3MAD	50.-3 Inter-quartil	50.-5 Inter-quartil	75.-3 Inter-quartil	75.-1,5 Inter-quartil
10	185	169	185	153	169	183	171	166
11	1,09	1,07	1,09	0,77	1,00	1,07	1,00	1,00
12	5,10	5,10	5,10	4,43	5,10	5,10	5,10	4,86
20	294	294	294	240	294	294	290	280
21	134	130	157	116	130	134	130	118
22	0,36	0,22	0,40	0,09	0,20	0,22	0,22	0,19
30	49,7	49,7	55,0	39,0	45,4	49,7	48,5	40,0
31	134	157	171	128	152	163	157	134
32	192	191	194	133	191	192	191	176
33	442,00	431,19	503	249	408	431	431	354
34	2053	1890,59	2053	1369	1672	1893	1672	1532
40	2,70	2,70	2,70	1,70	2,50	2,53	2,50	1,94
41	1,85	1,85	1,85	1,46	1,85	1,85	1,85	1,74
50	181	181	181	111	179	181	180	156
60	148	115	148	56,3	104	115	104	89,6
70	1,25	1,10	1,31	-	0,40	0,90	0,75	0,39
71	2,43	2,43	2,43	0,72	1,19	1,78	1,57	0,97
72	4,00	4,00	4,00	0,81	1,81	3,22	2,07	0,92
73	1386	1386	1386	372	414	414	414	372
74	8253	8253	8253	1936	6495	8253	7218	3334
75	46,2	46,2	46,2	-	12,2	20,0	19,0	10,6
80	1,28	1,03	1,28	-	1,03	1,03	1,03	0,98
81	2,48	0,44	2,48	-	0,44	0,44	0,44	0,36
82	119	111	119	96,4	111	119	111	110
83	17040	17040	17040	3979	3979	4300	3979	3979
84	15781	15781	15781	4233	4628	9807	5696	4379
85	194	194	194	25,3	38,9	43,0	38,9	28,5
86	183	183	183	22,9	47,3	51,6	47,3	22,9
87	35,3	35,3	35,3	8,1	15,3	35,3	35,3	14,2
88	124	124	124	32,6	57,4	83,2	83,2	43,5

Tabelle 3.1-6: Prozentualer Anteil der durch die Tests eliminierten Daten

Nr.	Test mit logarithmierten Daten			Test mit Originaldaten				
	3Sigma	Nalimov	Grubbs	3MAD	50.-3 Inter-quartil	50.-5 Inter-quartil	75.-3 Inter-quartil	75.-1,5 Inter-quartil
10	1,15	4,02	1,15	12,1	4,02	1,72	3,45	5,75
11	0,57	1,72	0,57	22,4	4,02	1,72	4,02	6,90
12	0,00	0,00	0,00	4,26	0,00	0,00	0,00	2,13
20	0,00	0,00	0,00	16,4	0,00	0,00	0,00	3,28
21	2,11	5,26	1,05	12,6	5,26	2,11	3,16	11,6
22	1,52	9,09	0,00	37,9	12,1	9,09	9,09	15,2
30	2,80	2,80	0,00	16,8	7,48	2,80	4,67	13,1
31	9,52	2,72	1,36	15,7	4,08	2,04	2,72	9,52
32	0,48	0,97	0,00	21,7	0,97	0,48	0,97	3,38
33	0,98	1,96	0,00	29,4	4,90	1,96	1,96	10,8
34	0,00	1,69	0,00	13,6	5,08	1,69	5,08	8,47
40	0,00	0,00	0,00	13,6	2,99	1,31	2,24	8,97
41	0,00	0,00	0,00	12,1	0,00	0,00	0,00	1,52
50	0,00	0,00	0,00	19,5	1,22	0,00	0,61	6,10
60	0,00	5,00	0,00	34,4	7,78	5,00	6,67	13,9
70	1,02	2,73	0,00	-	23,2	7,17	9,90	26,6
71	0,00	0,00	0,00	33,3	11,7	3,33	6,67	20,0
72	0,00	0,00	0,00	31,5	15,4	2,31	12,3	27,7
73	0,00	0,00	0,00	13,6	9,09	9,09	9,09	13,6
74	0,00	0,00	0,00	37,1	6,45	0,00	1,61	21,8
75	0,00	0,00	0,00	-	18,10	9,48	12,1	23,3
80	0,00	3,13	0,00	-	3,13	3,13	3,13	6,25
81	0,00	13,6	0,00	-	13,6	13,6	13,6	22,7
82	3,03	4,55	3,03	13,6	4,55	3,03	4,55	6,06
83	0,00	0,00	0,00	23,5	23,5	17,7	23,5	23,5
84	0,00	0,00	0,00	23,1	15,4	5,77	13,5	19,2
85	0,00	0,00	0,00	26,1	13,0	10,9	13,0	21,7
86	0,00	0,00	0,00	33,3	18,2	15,2	18,2	33,3
87	0,00	0,00	0,00	29,2	8,33	0,00	0,00	16,7
88	0,00	0,00	0,00	30,0	16,7	6,67	6,67	23,3
Mittel	0,77	1,98	0,24	21,6	8,98	4,57	6,42	14,2

Tabelle 3.1-7: Anzahl der Iterationen bis zum Testende

Nr	3Sigma	Nalimov	Grubbs	3MAD	50.-3 Inter-quartil	50.-5 Inter-quartil	75.-1,5 Inter-quartil	75.-3 Inter-quartil
10	1	7	2	2	1	1	1	1
11	1	3	1	5	1	2	2	3
12	0	0	0	2	0	0	2	0
20	0	0	0	2	0	0	2	0
21	1	5	1	2	1	1	1	1
22	1	6	0	2	3	1	2	1
30	2	3	0	2	2	1	2	2
31	2	4	2	3	3	1	2	1
32	1	0	0	6	1	1	1	1
33	1	2	0	5	2	1	4	1
34	0	1	0	3	1	1	2	2
40	0	0	0	3	2	2	2	2
41	0	0	0	3	0	0	1	0
50	0	0	0	6	1	0	3	1
60	1	9	3	7	2	2	4	2
70	2	8	0	-	5	3	4	3
71	0	0	0	5	3	1	3	3
72	0	0	0	3	5	1	4	3
73	0	0	0	1	1	1	2	1
74	0	0	0	4	1	0	4	2
75	0	0	0	-	4	1	5	4
80	0	1	0	-	1	1	1	1
81	0	2	0	-	1	1	2	1
82	1	3	2	2	1	1	2	1
83	0	0	0	1	2	2	2	2
84	0	0	0	3	2	1	2	1
85	0	0	0	4	2	1	3	2
86	0	0	0	3	2	3	4	2
87	0	0	0	4	2	0	2	0
88	0	0	0	2	4	2	3	1
Mittel	0,5	1,8	0,4	3,3	1,9	1,1	2,5	1,5

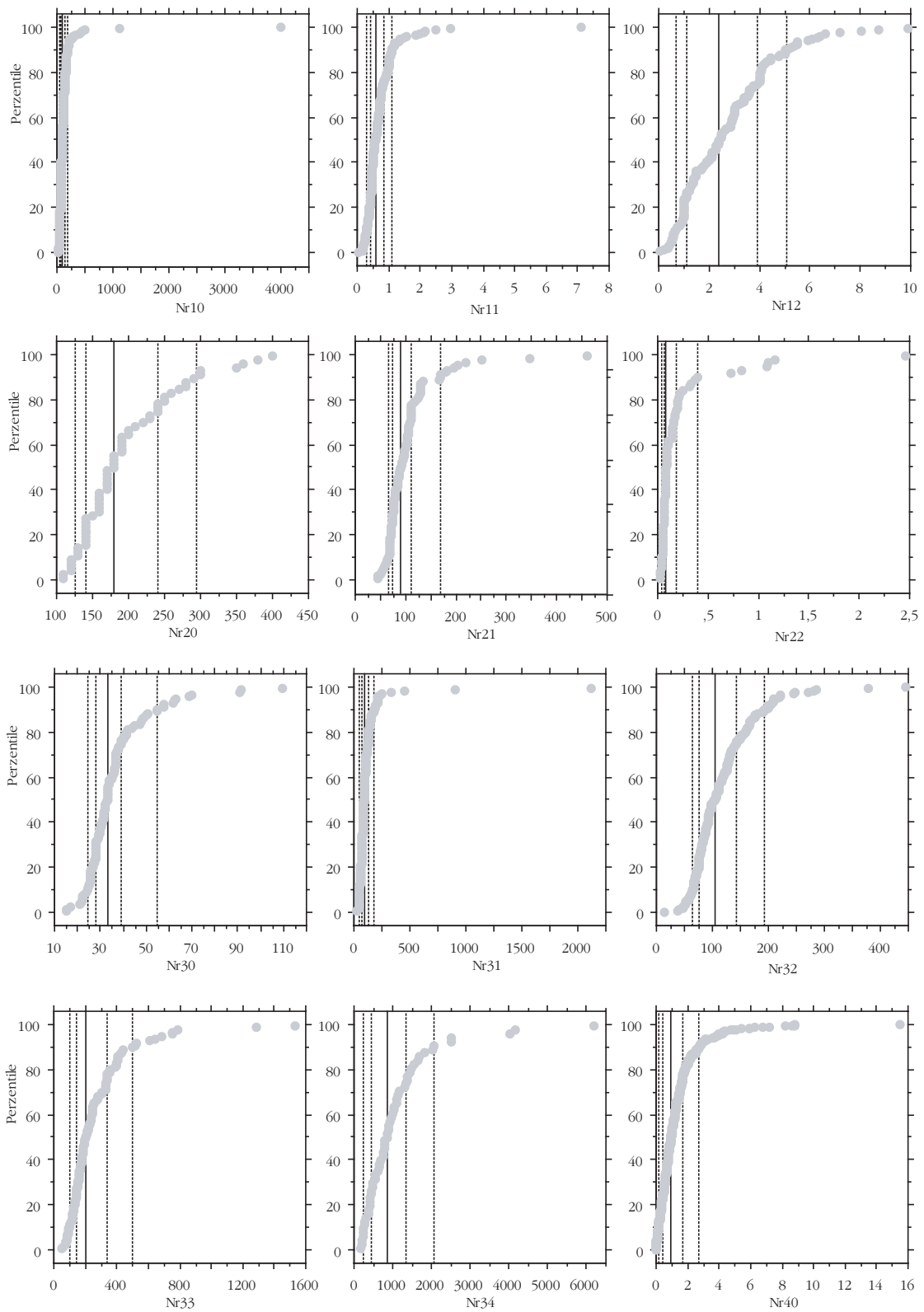


Abbildung 3.1-1: Lageparameter und Verteilung der Ausgangsdatensätze. Es ist jeweils die Lage der 10-, 25-, 50- (Median), 75- und 90-Perzentile dargestellt.

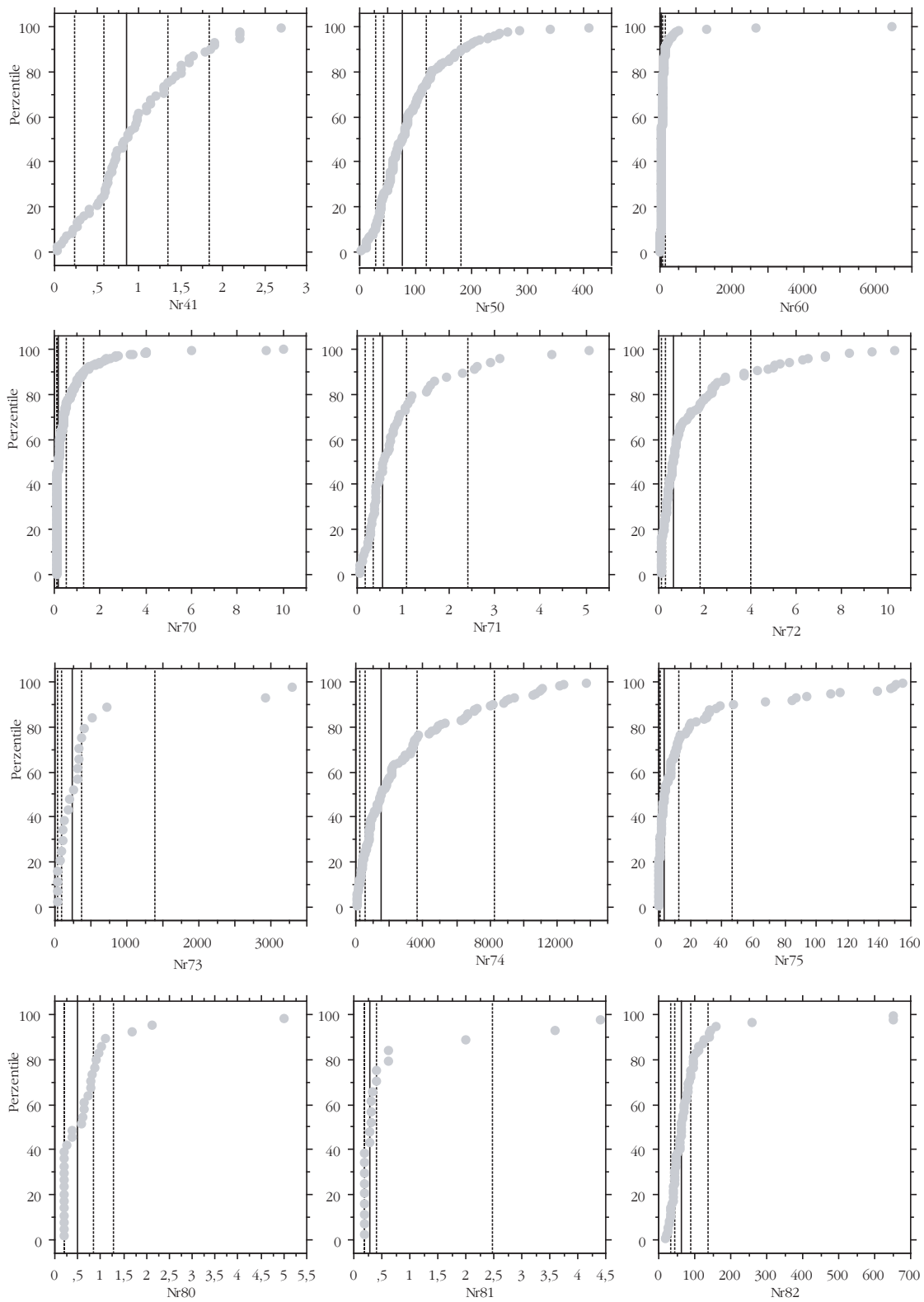


Abbildung. 3.1-1: Fortsetzung

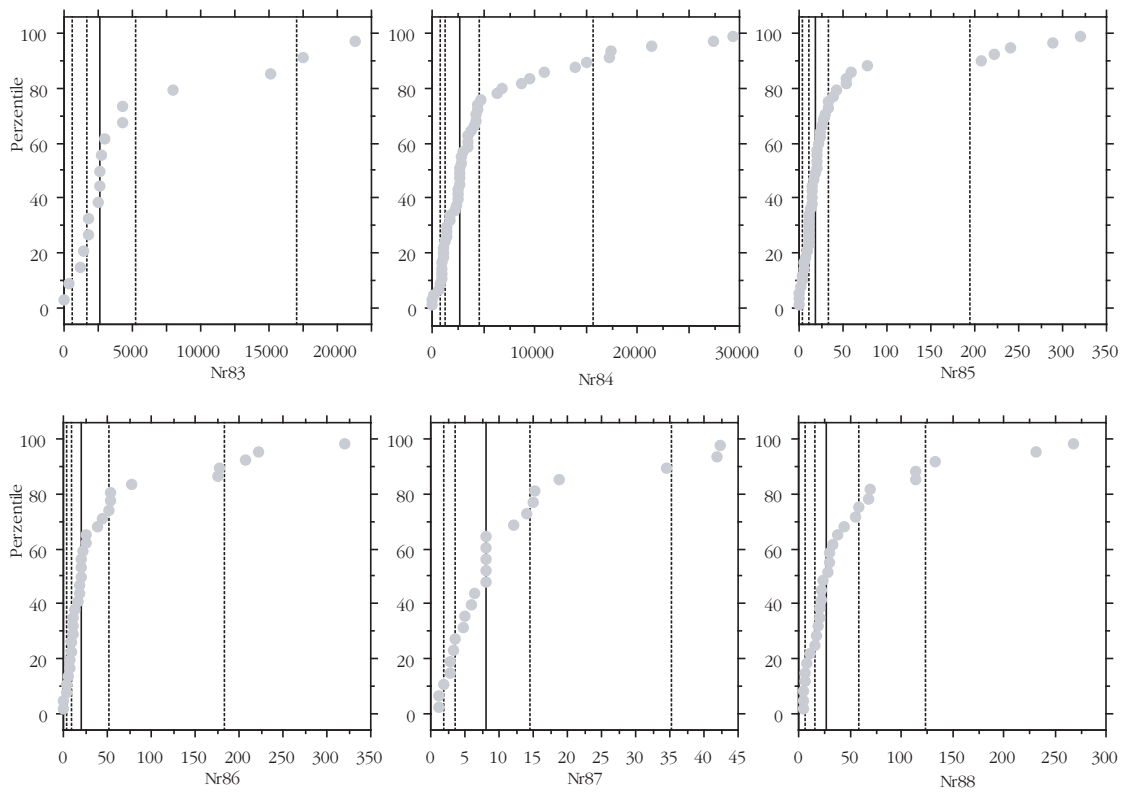


Abbildung 3.1-1: Fortsetzung

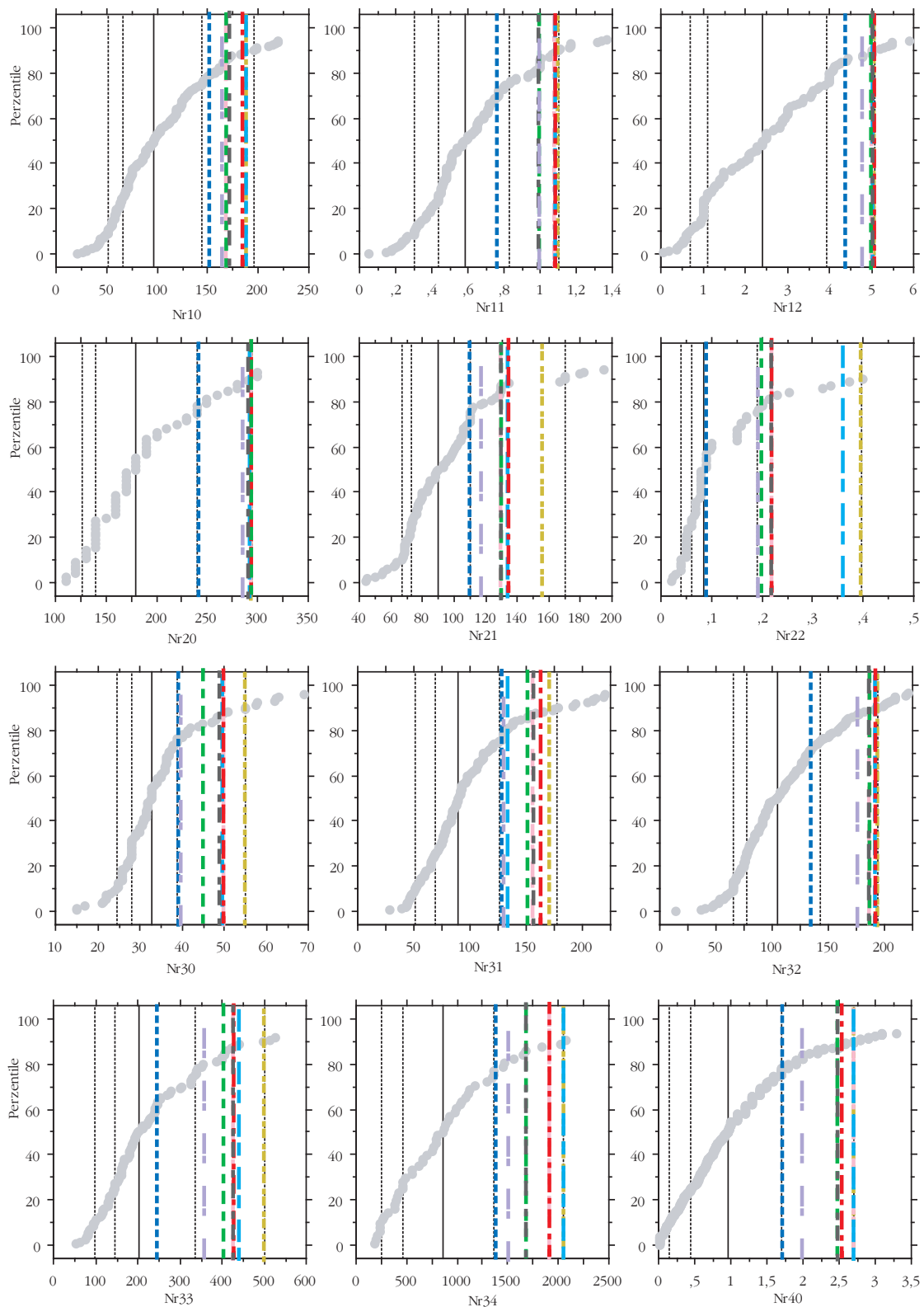


Abbildung 3.1-2: Auswirkung der unterschiedlichen Testverfahren. Dargestellt ist die Verschiebung des 90-Perzentils im reduzierten Datensatz nach Durchführung der verschiedenen Extremwerttests. Die schwarzen Linien stellen die 10-, 25-, 50-, 75- und 90-Perzentile des Ausgangsdatsatzes dar. Für die Ausgangsdatsätze werden zwecks der Übersichtlichkeit nur die relevanten Ausschnitte aus Abbildung 3.3-1 wiedergegeben. (Legende s. Fortsetzung)

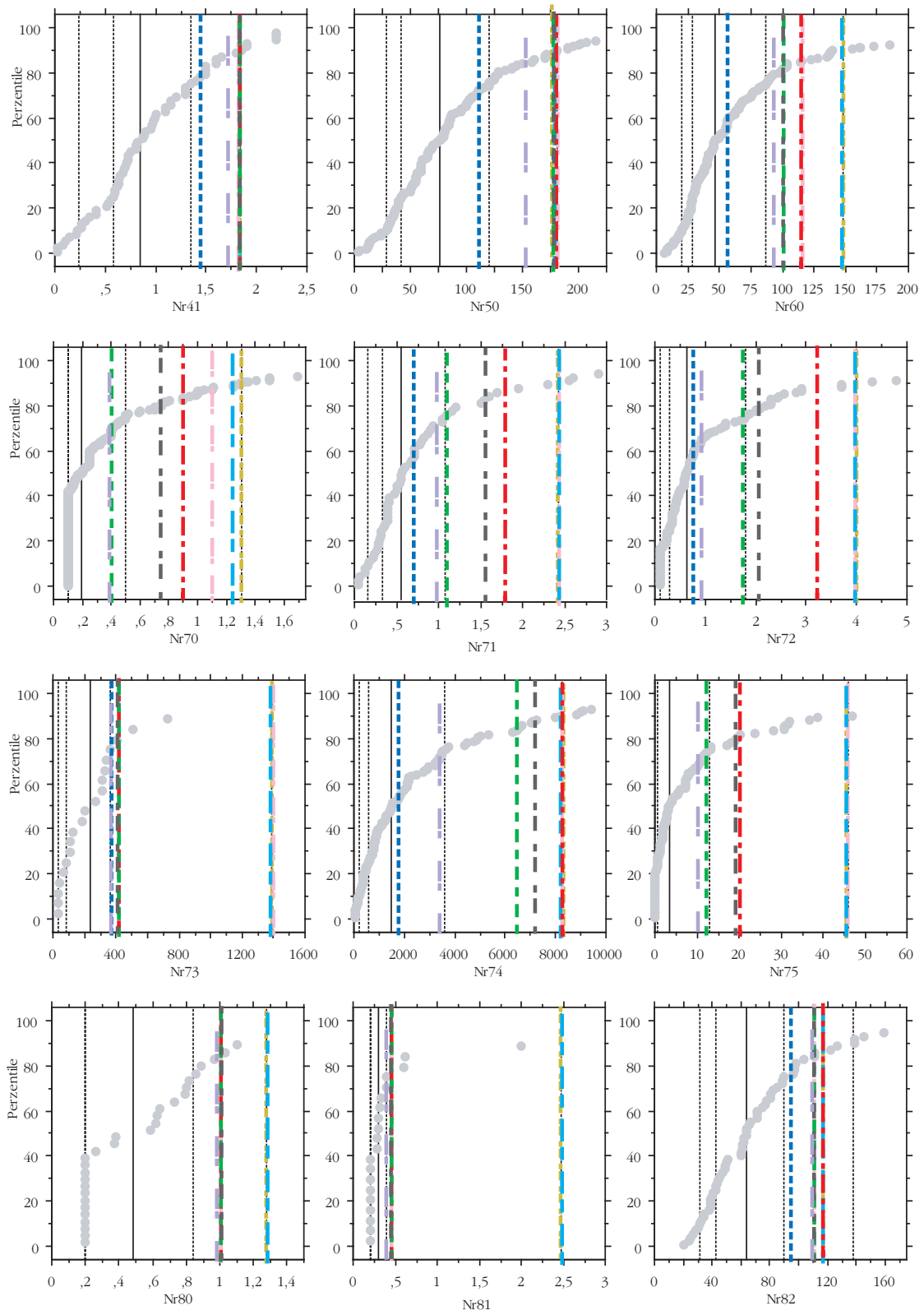


Abbildung 3.1-2: Fortsetzung

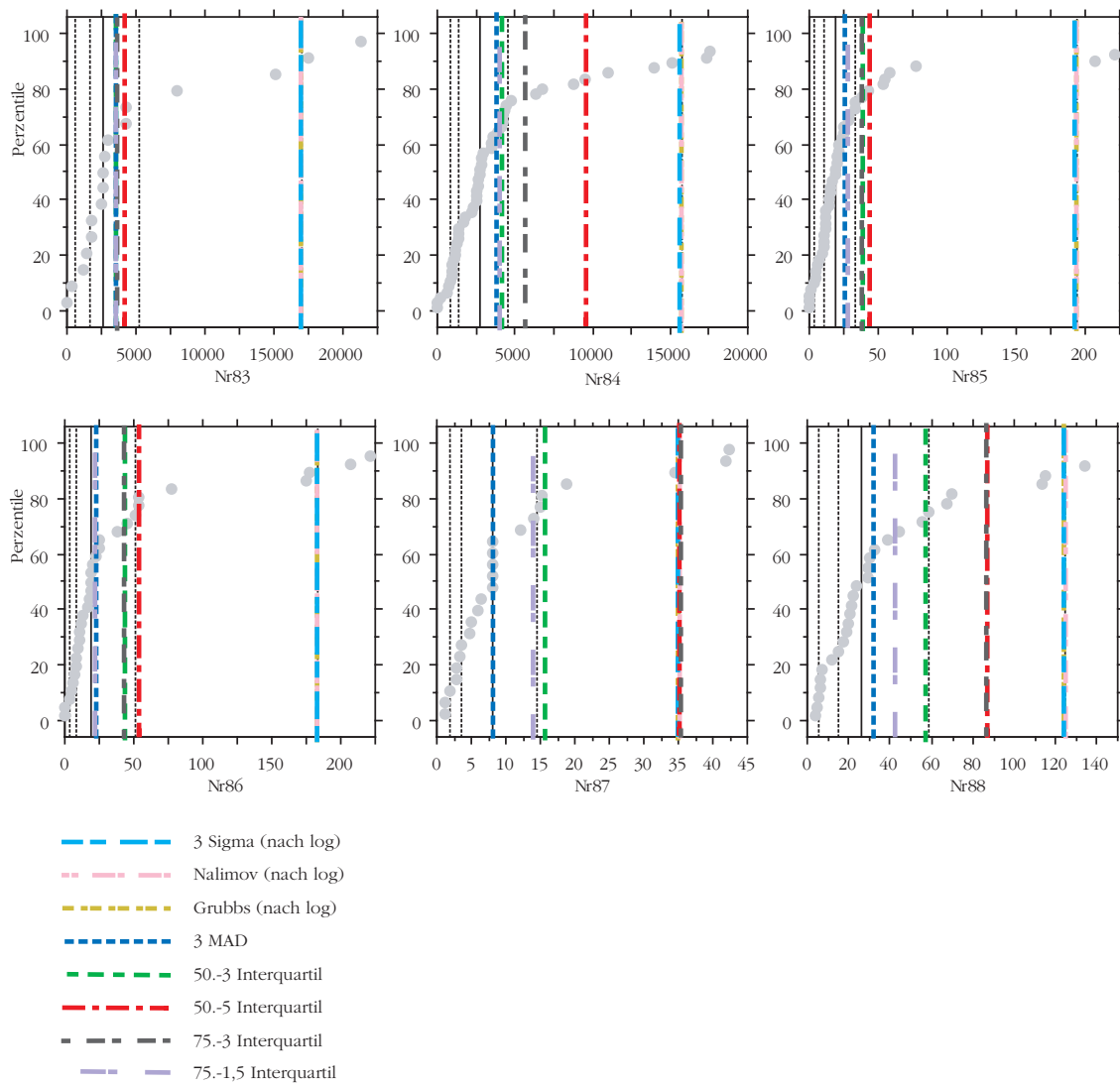


Abbildung 3.1-2: Fortsetzung

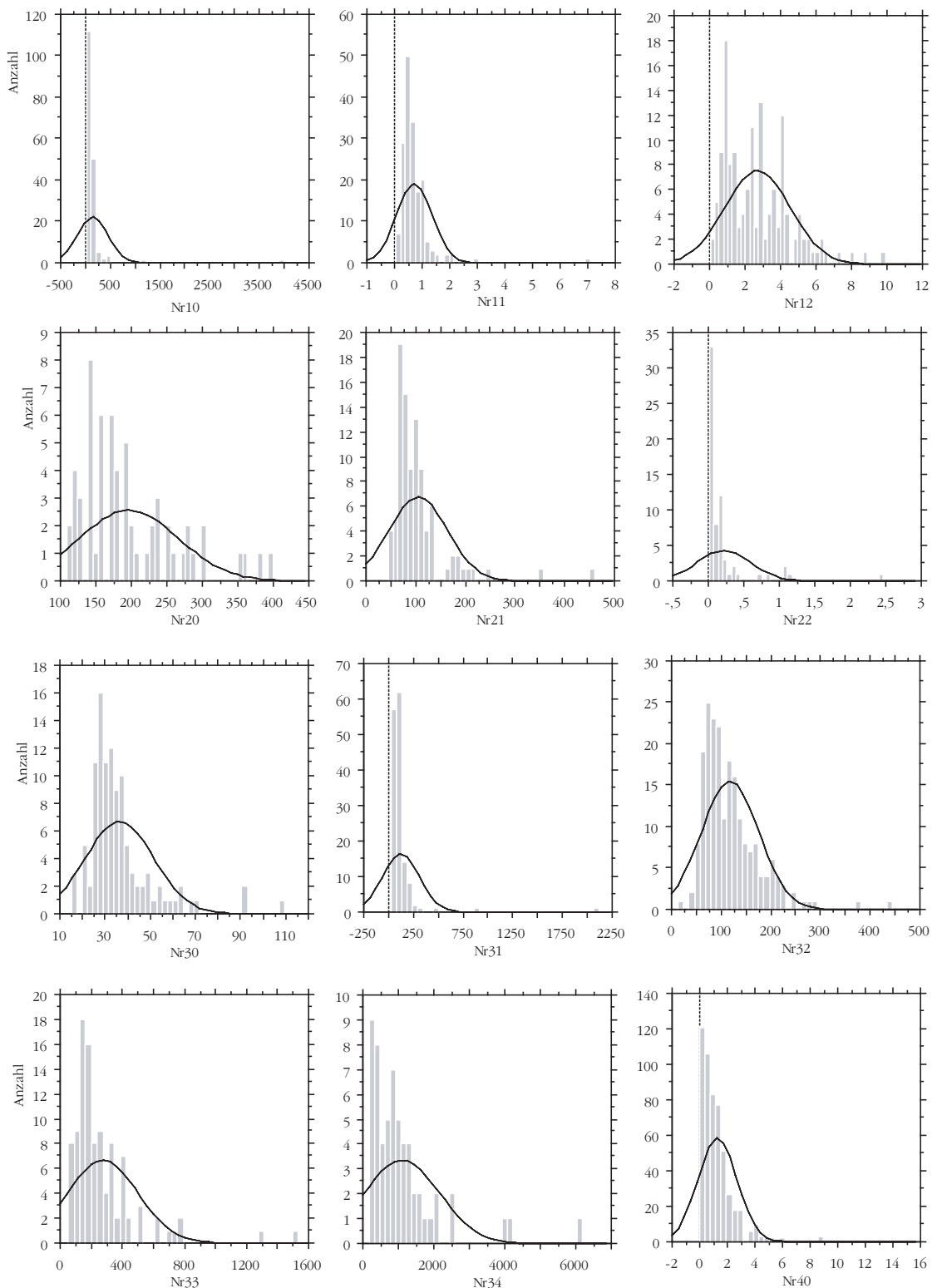


Abbildung 3.1-3: Häufigkeitsverteilungen der untersuchten Ausgangsdatensätze und die (theoretische) Normalverteilung, die sich aus dem jeweiligen Mittelwert und der Standardabweichung ergeben würde.

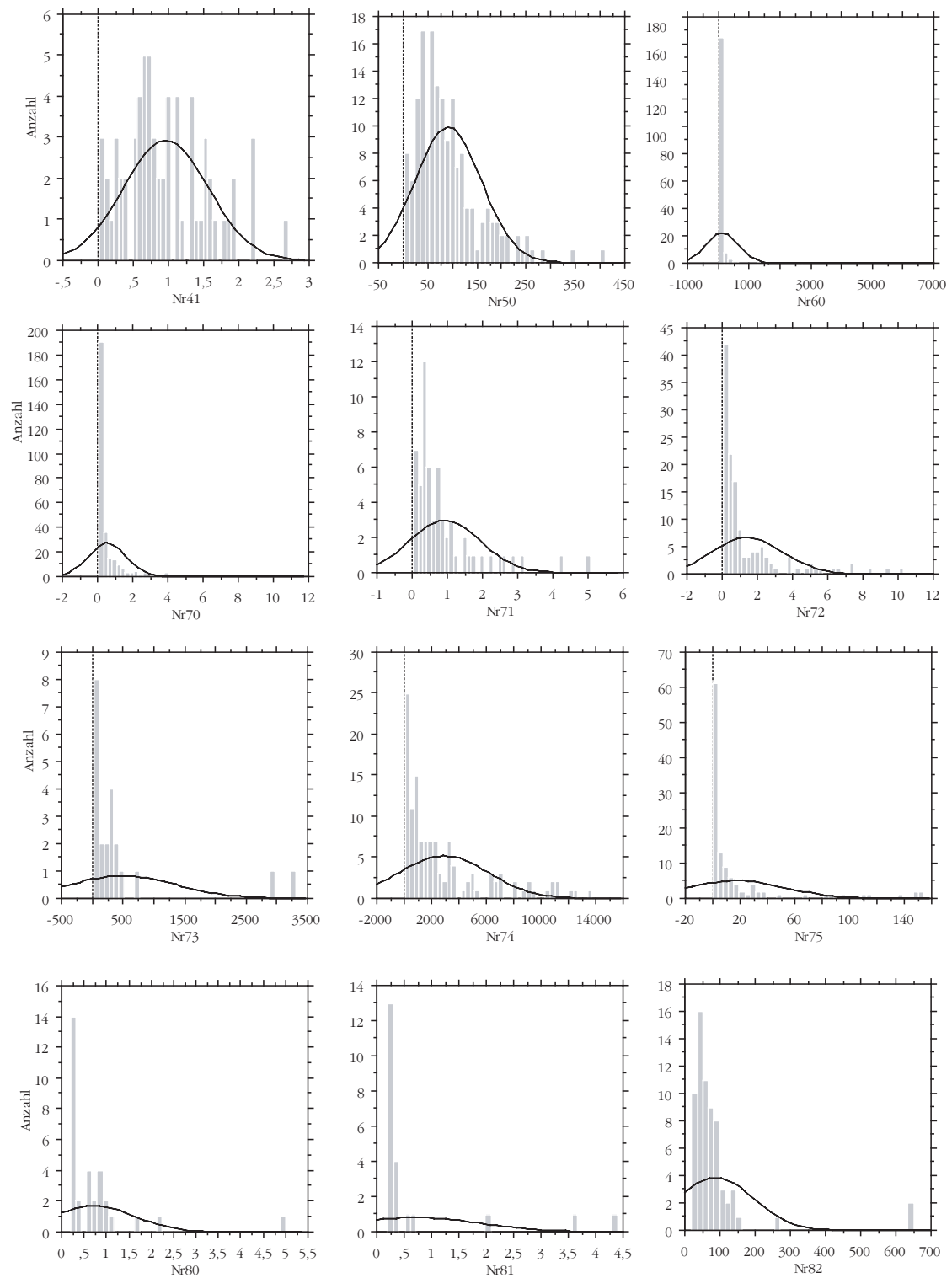


Abbildung 3.1-3: Fortsetzung

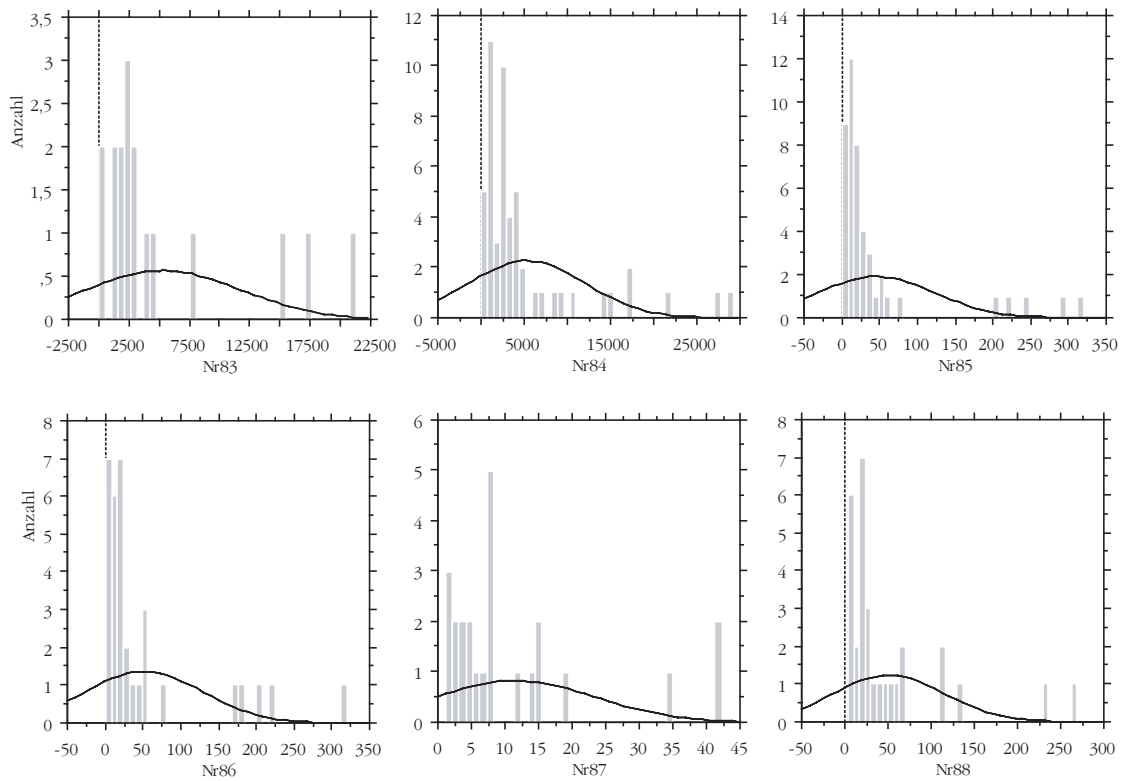


Abbildung 3.1-3: Fortsetzung

3.1.2 Diskussion Extremwertanalyse

Wie es aufgrund der unterschiedlichen Methoden zu erwarten war, gab es Unterschiede bei den Testergebnissen. Zunächst ist gut der Effekt des Logarithmierens der Daten zu erkennen. Durch die Transformation werden die Datenkollektive mehr hin zu einer Normalverteilung umgewandelt. Die drei Testverfahren, die nur bei normalverteilten Daten angewendet werden sollten, erkennen im Durchschnitt nur zwischen 0,24 % (Grubbs) und 1,98 % (Nalimov) der Daten als Extremwerte. Bei den anderen drei Verfahren liegt unter Verwendung der Originaldaten der Schnitt bei minimal 4,57 % (50.-5 Interquartil) und maximal bei 21,56 % (3 MAD). Die geringen Prozentsätze der logarithmierten Daten sind zunächst überraschend, da der optische Eindruck, den die Diagrammdarstellungen der Daten vermitteln, doch wesentlich mehr Extremwerte vermuten lässt. Durch die Transformation werden die Daten aber am rechten „Datenschwanz“ enger zusammengedrückt, so dass diese nicht mehr so stark streuen, wie dies im Original der Fall ist. Ergo ist der ganze Datensatz kompakter und weist somit meist weniger Extremwerte auf.

Bereits an dieser Veränderung erkennt man, dass die transformierten Daten nicht mehr direkt mit den Originaldaten vergleichbar sind. Hier stellt sich natürlich grundsätzlich die Frage, ob die Daten logarithmiert werden sollen oder nicht. Unter dem Gesichtspunkt, möglichst wenige Werte ausschließen zu wollen, scheint die Verwendung von logarithmierten Daten sinnvoll zu sein. Allerdings ist dabei zu beachten, dass eine Transformation immer auch eine Veränderung der Charakteristik des Datensatzes mit sich bringt. Sehr gut erkennt man dies an den untersuchten Datensätzen. Insbesondere die Verfahren nach 3-Sigma und Grubbs reagieren sehr schwach bis gar nicht auf Daten mit weit streuenden Werten im hohen Wertebereich. Der Test nach Nalimov ist dagegen etwas schärfer und schließt diese Werte häufiger aus. Auffällig sind die Ausfälle der drei vorgenannten Tests bei den Datenkollektiven mit geringem Stichprobenumfang. Bei den hier verwendeten Daten scheint ab einer Anzahl von 50 eine kritische Schwelle unterschritten zu werden. Aufgrund der starken Streuung und damit der hohen Standardabweichung, kommen diese drei Tests zu keiner Extremwelterkennung.

Anders dagegen selektieren die Tests, die auf dem Median basieren. In allen Datensätzen mit einem ausreichenden Umfang werden Extremwerte in unterschiedlichem Maße erkannt. Der 3 MAD fällt

sofort mit seiner Schärfe und den 4 Totalausfällen auf. Es ist eindeutig, dass dieser für die hier gestellten Anforderungen kein geeigneter Test ist. Die beiden 50.-Interquartil-Tests arbeiten dagegen mit guten Ergebnissen, die weitgehend im Bereich der Erwartungen liegen. Überraschend dabei sind trotz der unterschiedlichen Multiplikatoren von 3 bzw. 5 die teilweise geringen Differenzen in der Extremwertfindung. Im Gesamtüberblick war der 50.-3 Interquartil-Test allerdings noch zu scharf, so dass der Faktor 5 eingeführt wurde. Mit dem Faktor 5 liefert der 50.-5 Interquartil-Test gute Ergebnisse und die Schärfe erwies sich als den Anforderungen angemessen dosiert: Stark streuende Werte werden zuverlässig erkannt, wohingegen kompaktere Originaldatensätze ohne Extremwerte bestehen bleiben. Einzige Ausnahme in dieser guten Erscheinung sind die Ergebnisse bei den Datensätzen Nr. 87 und Nr. 88, bei denen zu unscharf getestet wird. Hier zeigt sich allerdings allgemein die Problematik, die bei geringem Stichprobenumfang auftritt. Mit einer Anzahl von 24 bzw. 30 Messungen stellt sich hier aber auch die Frage, ob diese Datenkollektive noch als Basis für eine verlässliche (90.-Perzentil-) Aussage dienen können. Zumindest eine sinnvolle statistische Auswertung ist hier nicht mehr möglich, da die Lagemaße nur durch sehr wenige Punkte abgestützt sind.

Ein weiteres Problem für die Anwendung der Tests ist ein hoher Anteil von Werten $<BG$. Dadurch wird der dafür festgelegte Wert (meist die Bestimmungsgrenze oder $0,5 \cdot BG$) wesentlich überbetont und bei dem Verfahren nach 3 MAD führt dieser hohe Anteil gleicher Werte zum kompletten Ausfall des Testverfahrens. Tritt dieser Fall auf, dass ein hoher Prozentsatz des Datenkollektives unterhalb der Bestimmungsgrenze liegt, so muss angesichts der Ziele - der Ausweisung von GSE Gebieten - der Datensatz kritisch überprüft werden. Es ist zu überlegen, ob nicht Gebiete im Bereich der Hintergrundwerte oder höher belastete Gebiete mit erfasst wurden und somit keine Homogenität vorhanden ist. Bei Teilgebieten mit hohem Anteil von Messwerten unterhalb der BG handelt es sich per Definition nicht um ein GSE (wenn auch ein gewisser Anteil, z.B. 10 % zumindest bei dem Leitparameter zu akzeptieren wäre), da man bei Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze sicher nicht mehr von „erhöhten Schadstoffgehalten“ sprechen kann. Das untersuchte Gebiet ist also gegebenenfalls neu abzugrenzen, um überwiegend „positive Werte“ zu erhalten. Dieser Effekt ist im Datensatz Nr. 80

gut zu erkennen: die optisch klare Zweiteilung der Daten ist ein Hinweis auf eine inhomogene Stichprobe. D.h. es sind möglicherweise Flächen mit GSE und Hintergrundwerten gemeinsam erfasst worden.

3.2 Geostatistische Anwendungen

3.2.1 Stuttgart

Die im Innenstadtbereich von Stuttgart bislang erfassten Punktdaten für die Schwermetalle Cadmium, Kupfer und Blei erscheinen in ihrer Darstellung sehr homogen (exemplarisch in Abbildung 3.2-1 für Cadmium, BaWü 1999), so dass der Betrachter zur Annahme einer großflächigen Belastungssituation neigt. Allerdings handelt es sich bei den Messungen großteils um Ausschlussflächen, die eine sehr lokale Belastung darstellen und daher maximal auf Grundstücksniveau für eine flächenhafte Aussage geeignet sind. Beim Cadmium handelt es sich im Innenstadtbereich beispielsweise unter anderem um Untersuchungen aus Kleingärten, die aufgrund ihrer Geschichte und ihrer intensiven Nutzung nicht für die allgemeine Situation des Bodenzustandes der ganzen Stadt Stuttgart herhalten können. Die Flächenrepräsentativität der Stuttgarter Innenstadt-Punktdaten ist daher für eine Interpolation weitgehend unzureichend. Im Stuttgarter Außenbereich wird die Interpolation durch einen sehr kleinräumigen Wechsel der Gesteine erschwert (Keuper).

Der Innenstadtsituation von Stuttgart vergleichbar zeigte sich bei Untersuchungen in der Stadt Brandenburg, dass keine der vorhandenen Altdaten für die Zwecke der Interpolation verwendet werden konnten, da es sich dabei ausschließlich um Untersuchungen auf Altstandorten handelte (Monse et al. 2001).

3.2.1 Freiberg (Sachsen)

Für die Gebietsabgrenzung werden in Freiberg unter anderem die Bleigesamtgehalte im Boden als Leitparameter genutzt. Diese Daten werden hier beispielhaft ausgewertet.

In den Abbildungen 3.2-2 bis 3.2-6 sind die Ergebnisse der Interpolationsverfahren dargestellt. In den Tabellen 3.2-1 und 3.2-2 sind die korrespondierenden statistischen Kennwerte aufgeführt.

Anhand der Punktdarstellung lässt sich in Freiberg eine großräumig gesehen gute räumliche Kontinuität erkennen. Im Überblick betrachtet, ergeben sich unabhängig von der Wahl des Interpolationsver-

fahrens und der gewählten Parameter relativ einheitliche Ergebnisse für die Flächendarstellung und deren Klassengrenzen. Dies spricht für eine relativ gute Datengrundlage. Im wesentlichen zeigen die Flächendarstellungen eine Abnahme der Bleikonzentration von ost nach west. Bedingt durch die Eigenheiten der einzelnen Verfahren ergeben sich aber lokale Unterschiede, die durch die Parameterwahl mehr oder weniger stark beeinflusst werden.

Die Ergebnisse des Inverse Distance Weighting (s. Abbildung 3.2-2) werden sowohl durch die Logarithmierung der Daten als auch durch die unterschiedliche Reichweite beeinflusst. Bei kürzerer Reichweite sind deutlich die zirkularen Strukturen um den Extremwert in einem Überschwemmungsgebiet im Südwesten zu erkennen (IDW4, IDW7). Unter Verwendung der logarithmierten Daten tritt dieser Messwert weniger stark in Erscheinung. Es fällt gegenüber den nicht transformierten Daten auf, dass „der rote Fleck“ im äußersten Nordosten unter Verwendung der logarithmierten Daten nicht in Erscheinung tritt. Der westliche Grenzverlauf der roten Fläche ist bei allen dargestellten Abbildungen des IDW nahezu identisch.

Die Interpolationen, die mittels Radial Basis Function (s. Abbildung 3.2-3) gerechnet wurden, zeigen bezüglich den Unterschieden zwischen logarithmierten und normalen Daten eine ähnliche Charakteristik wie beim IDW. Durch die Datentransformation tritt die rote Fläche im Überschwemmungsgebiet im Nordosten sowie der Extremwert im Südwesten zurück (RBF3, 4, 8). Sichtbare Unterschiede in den Darstellungen ergeben sich durch die Verwendung unterschiedlicher Kernel Funktionen. Insbesondere der multiquadratische Kernel betont die einzelnen Messpunkte stärker (RBF4,5), so dass daraus eine relativ inhomogene Darstellung resultiert. Invers Multiquadratisch (RBF2) als auch Regularized Spline (RBF1, 3, 6, 7) und Spline with Tension (RBF8) ergeben homogenere Abbildungen. Der Einfluss einzelner Messwerte, die stark von ihrer Umgebung abweichen, treten nur sehr vereinzelt in Erscheinung.

Beim Ordinary Kriging (s. Abbildung 3.2-4) erkennt man wiederum bei den logarithmierten Daten (OK6,

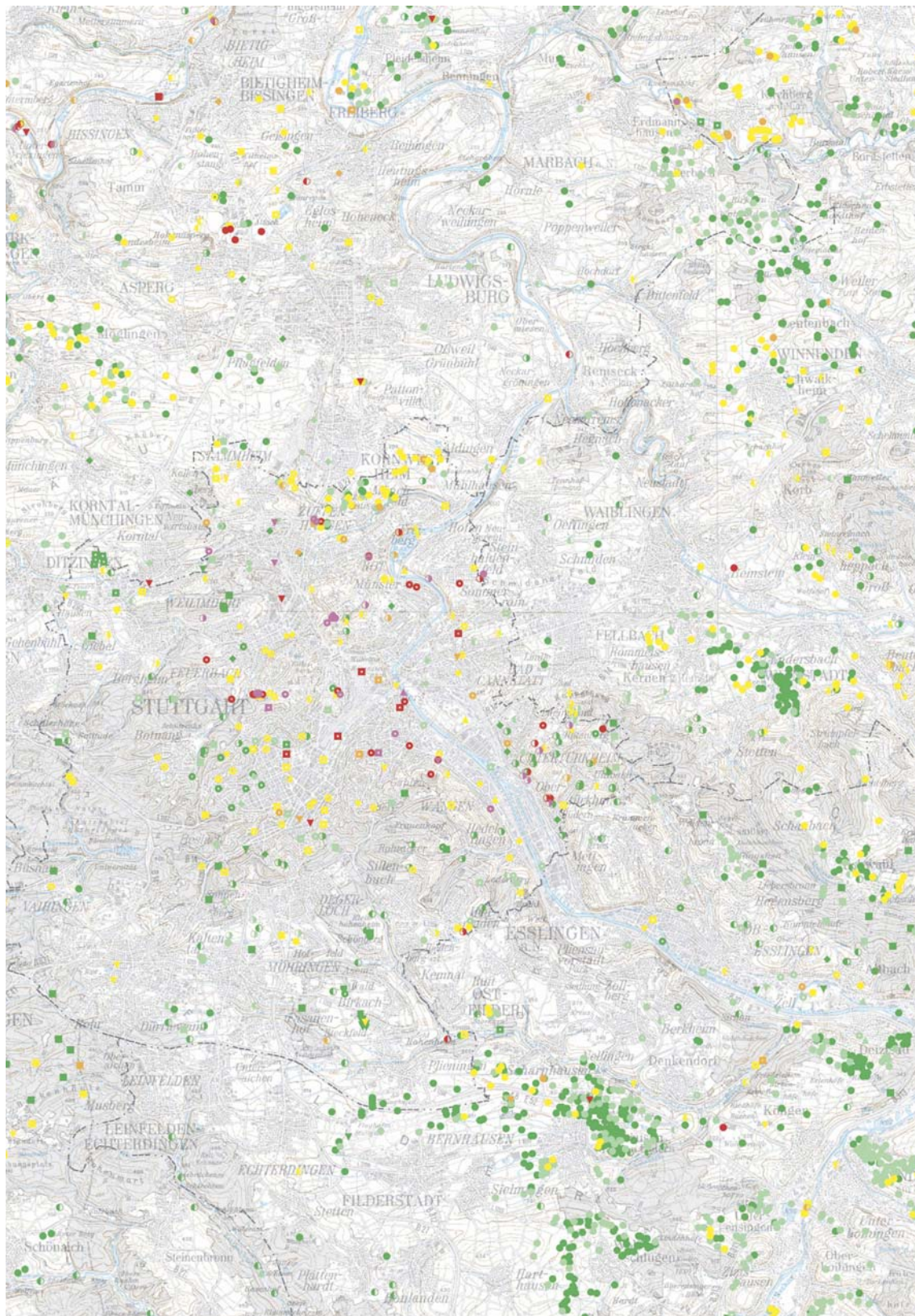


Abbildung 3.2-1: Gesamtgehalte Cadmium im Großraum Stuttgart (BaWü 1999)

7, 8), dass die rote Fläche im Überschwemmungsgebiet im Nordosten nicht wie bei den normalen Daten bis an den Rand der Abbildung reicht. Ebenfalls gut zu erkennen ist die nahezu Nord-Süd verlaufende Grenze zwischen den Flächen. Einzelne Messwerte treten nahezu nicht hervor. Unter Verwendung der normalen Daten tritt stets der Extremwert im Überschwemmungsgebiet im Südwesten hervor. Die Grenzföhrung der Flächen ist sehr kompakt und nicht mehr so „zerissen“ und fleckenhaft, wie es bei IDW und RBF der Fall war. Die Berücksichtigung einer vorhandenen Anisotropie (OK4-9) ergibt nur wenig Änderung. Durch die Verwendung eines anderen als des sphärischen Modells (exponentiell, OK9) ergeben sich für die Grenzföhrung keine wesentlichen Abweichungen. Innerhalb der orangenen Fläche treten jedoch zwei höhere Messwerte etwas stärker hervor.

Das Simple Kriging (s. Abbildung 3.2-5) zeigt bezüglich der logarithmierten Daten vergleichbare Eigenschaften wie die drei zuvor behandelten Verfahren. Die rote Fläche reicht im Nordosten nicht bis an den Rand und der Extremwert des Überschwemmungsgebietes im Südwesten kommt weniger zur Geltung. Im Gegensatz zum Ordinary Kriging sind beim Simple Kriging die Grenzverläufe der logarithmierten Daten aber relativ ähnlicher zu den normalen Daten. Bei der roten und orangenen Fläche zeigen sich die Grenzverläufe durch unterschiedliche Parameter bei der Interpolation relativ wenig verändert und sie sind ortsstabil (insbesondere die rote Fläche an der Westflanke). Die Verwendung eines anderen Modells (SK5, exponentiell) als auch die berücksichtigte Anisotropie (SK3, 5) ergeben keine entscheidenden Veränderungen.

Die Ergebnisse mit Universal Kriging (s. Abbildung 3.2-6) sind mit denen des Ordinary Kriging vergleichbar. Die logarithmierten Daten (UK2) weisen einen relativ geraden Grenzverlauf von nord-süd auf. Die rote Fläche erreicht im Nordosten nicht den Rand. Mit den unlogarithmierten Daten bringt eine berücksichtigte Anisotropie (UK4, 5) nur geringe Änderungen. Die ungewöhnlich „zackige“ Darstellung bei UK5 ist nicht unmittelbar erklärbar. Im Gegensatz zu vorgenannten Verfahren bringt das Universal Kriging unter Verwendung des exponentiellen Modells statistisch gesehen die besten Ergebnisse. Das bei den anderen Verfahren hauptsächlich verwendete sphärische Modell wurde in diesem Zusammenhang daher nicht untersucht.

In Freiberg wurde die Beprobung flächendeckend in

einem regelmäßigen Raster durchgeführt. In dem zentralen Bereich ist dieses zusätzlich verdichtet, so dass sich eine hohe Punktdichte mit gleichmäßiger Verteilung ergibt. Allein dadurch ergibt sich für alle vorgenannten untersuchten Verfahren eine erste gute Grundlage für eine Interpolation. Dazu addiert sich eine großräumig gesehene Homogenität der Messwerte, wodurch die Reichweite des Variogramms deutlich über der Distanz zwischen den einzelnen Punkten liegt. Somit kann die gesamte Fläche durch das jeweilige theoretische Modell abgedeckt werden. Eine zwanghafte Berücksichtigung von weiter entfernt liegenden Nachbarpunkte ist daher nicht nötig. Man kann daher davon ausgehen, dass der gesamte dargestellte Bereich relativ gut durch die Reichweite des theoretischen Modells gestützt ist.

Unabhängig vom verwendeten Verfahren werden die höher belasteten Gebiete im östlichen Bereich jeweils sehr ähnlich dargestellt. Ein geringer Unterschied ergibt sich allgemein durch die Logarithmierung der Daten. Unter Verwendung der transformierten Daten kommen der isolierte Extremwert im Südwesten als auch der Bereich im Nordosten wesentlich weniger zur Geltung. Beim Simple Kriging ist die Reichweite des Modells deutlich verringert (SK2, 4, 6).

Wenn die Messwerte aus den Überschwemmungsflächen im Südwesten und im Nordosten als eigene Raumeinheit betrachtet werden (vgl. Abbildung 3.4-11 im Teil A), liefert die Interpolation der restlichen Daten ein sehr gutes Ergebnis.

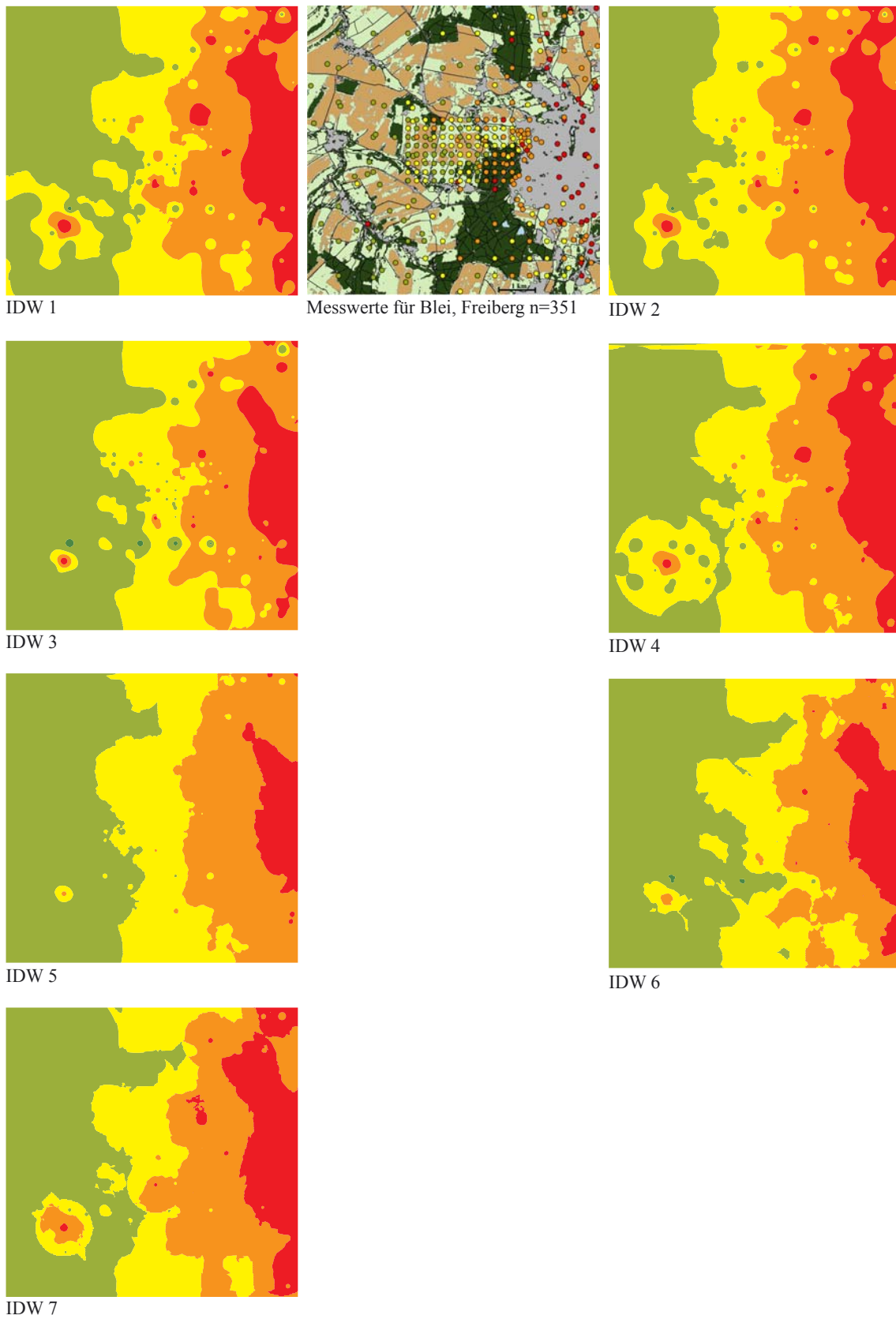
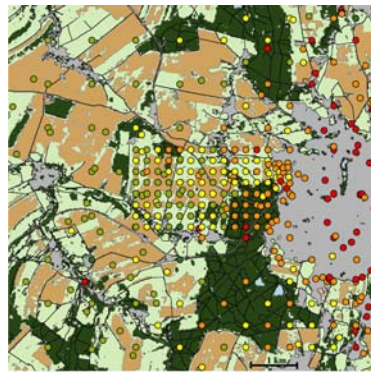


Abbildung 3.2-2: Varianten des Inverse Distance Weighting für Freiberg. Parameter s. Tabelle 3.2-1



RBF 1



Messwerte für Blei, Freiberg n=551



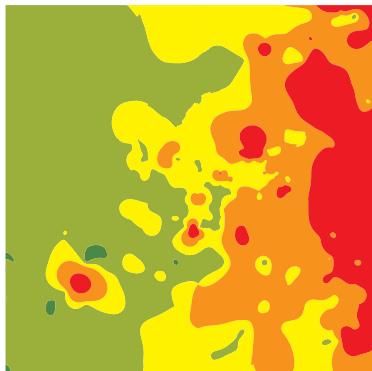
RBF 2



RBF 3



RBF 4



RBF 5



RBF 6



RBF 7



RBF 8

Abbildung 3.2-3: Varianten mit Radial Basis Function für Freiberg. Parameter s. Tabelle 3.2-1

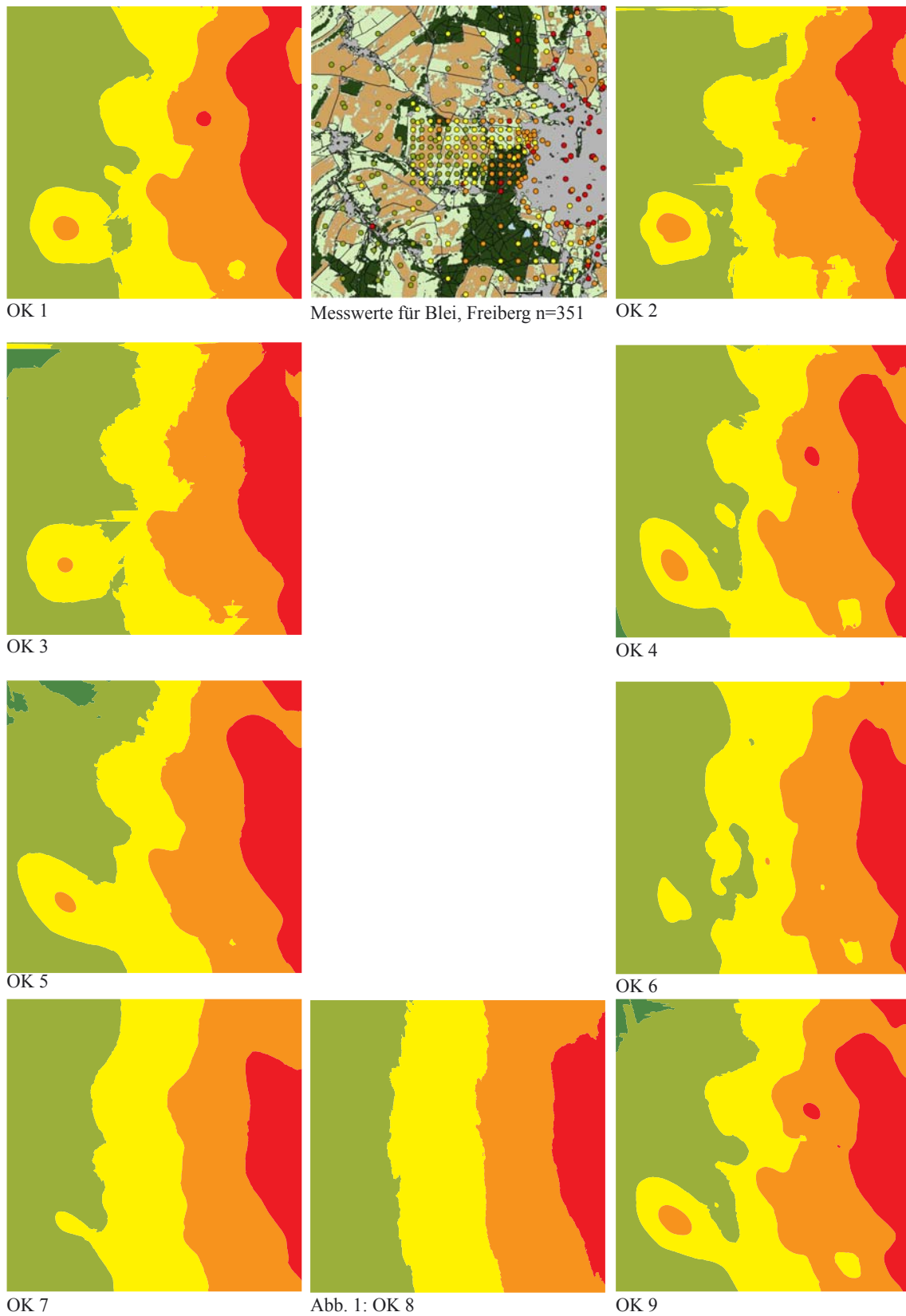


Abbildung 3.2-4: Varianten des Ordinary Kriging für Freiberg. Parameter s. Tabelle 3.2-1

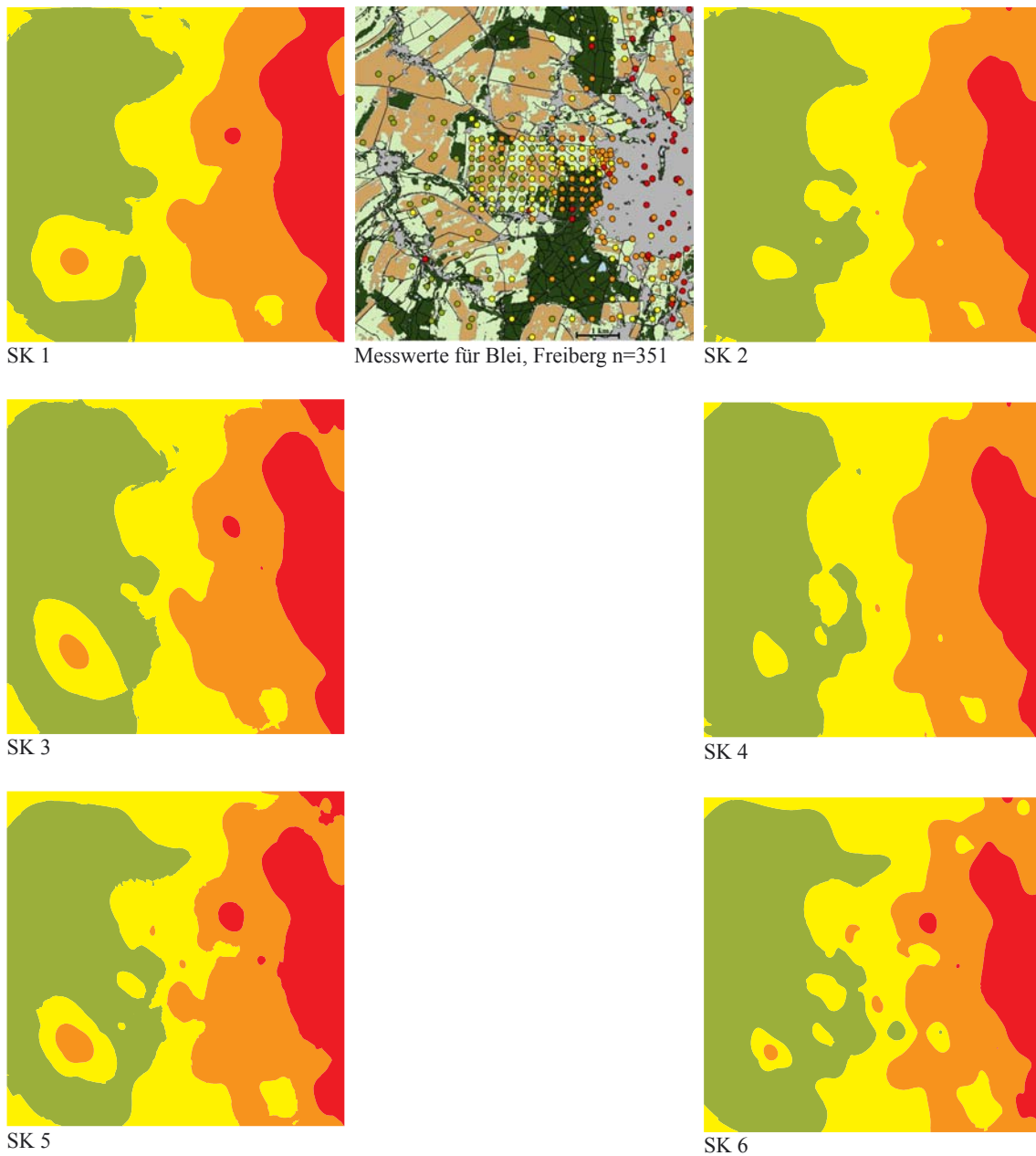


Abbildung 3.2-5: Varianten des Simple Kriging für Freiberg. Parameter s. Tabelle 3.2-2

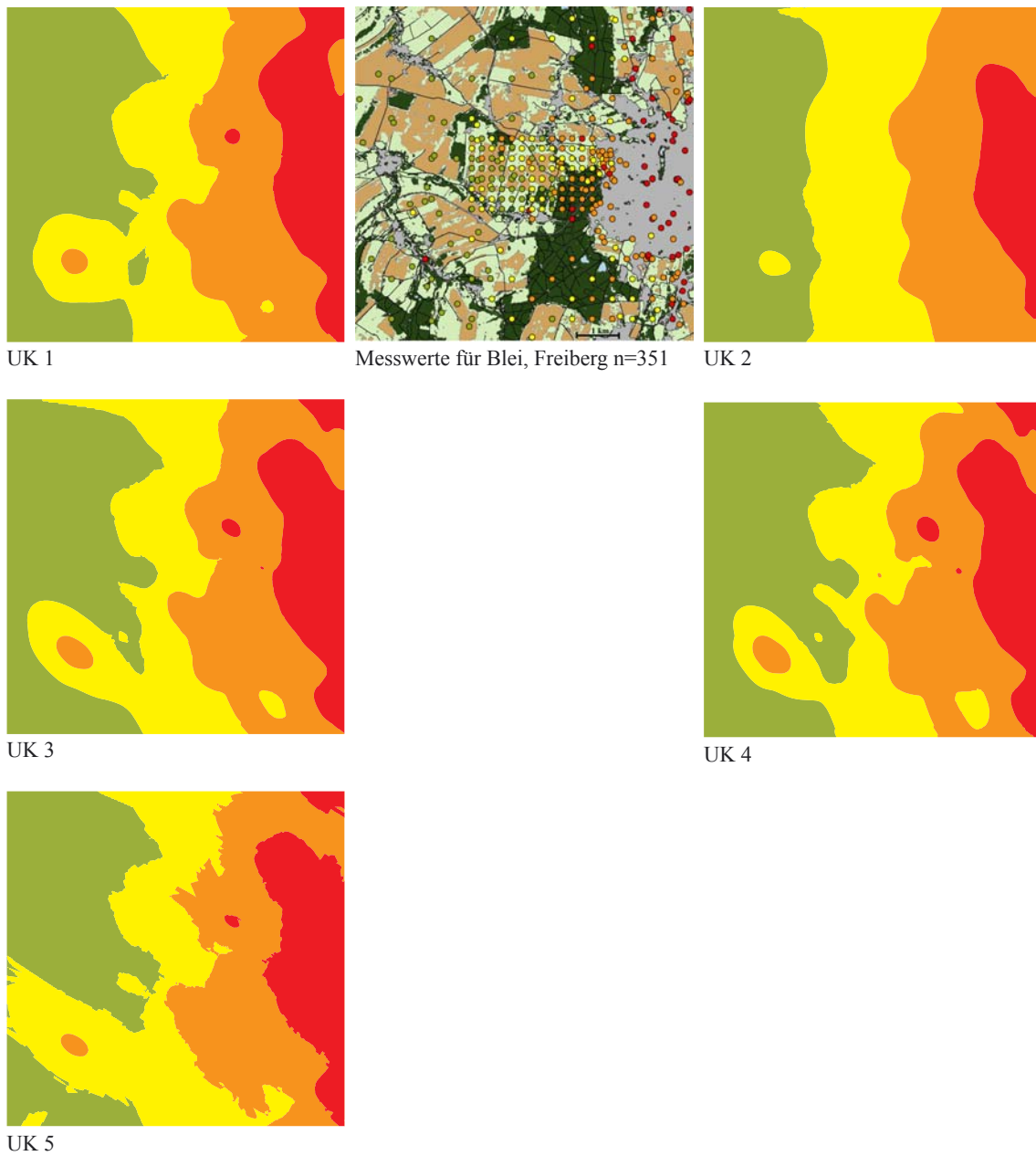


Abbildung 3.2-6: Varianten des Universal Kriging für Freiberg. Parameter s. Tabelle 3.2-2

Tabelle 3.2-1: Statistische Kennwerte für Inverse Distance Weighting, Radial Basis Function und Ordinary Kriging des Untersuchungsgebietes Freiberg

Freiberg		IDW1	IDW2	IDW3	IDW4	IDW5	IDW6	IDW7		
Power		2	2	2	1,5	1	1	1		
Transformation		-	-	log	-	log	log	-		
berücksichtigte Nachbarn / min.		15/10	10/1	10/1	8/1	15/1	8/1	10/1		
Ellipse	Winkel	0	0	0	0	0	0	0		
	Hauptachse	2908	2908	2908	1500	1500	500	800		
	Nebenachse	2908	2908	2908	1500	1500	500	800		
	Sektoren	1	8	4	4	8	4	4		
Kreuzvalidierung Mittel		2,662	1,819	0,0334	0,7216		0,0152	0,0122	-3,492	
RMS		350,7	346,9	0,660	343,4	0,650	0,680	339,4		
Freiberg		RBF1	RBF2	RBF3	RBF4	RBF5	RBF6	RBF7	RBF8	
Transformation		-	-	log	log	-	-	-	log	
Kernel Funktion		reg. Spline inv. Multiq. reg. Spline Multiq. Multiq. reg. Spline reg. Spline Spline Tension								
Parameter		902,55	1,17e-38	902,55	0	0	902,55	902,55	1300	
berücksichtigte Nachbarn / min.		8/1	15/1	10/1	10/1	15/1	8/1	10/1	8/1	
Ellipse	Winkel	0	0	0	1	0	0	0	0	
	Hauptachse	2908	2908	2908	2908	2908	1500	800	800	
	Nebenachse	2908	2908	2908	2908	2908	1500	800	800	
	Sektoren	4	4	4	4	4	8	4	8	
Kreuzvalidierung Mittel		-0,423	0,313	0,00377	0,0193		2,402	-0,00359	-6,745	0,00092
RMS		339,4	345,9	0,628	0,702	375,7	339	332,6	0,638	
Freiberg		OK1	OK2	OK3	OK4	OK5	OK6	OK7	OK8	OK9
Trendabzug konstant		-	konstant	konstant	-	konstant	-	konstant		konstant
Transformation		-	-	-	-	-	log	log	log	-
Modell		sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	spärisch	exp
berücksichtigte Nachbarn / min.		10/1	10/1	5/1	10/1	15/1	10/1	10/1	10/1	10/1
Ellipse	Winkel	0	0	0	334	315	350	311	344	312
	Hauptachse	8159	8159	5879,9	8159	8122	8159	8159	7872,5	8159
	Nebenachse	8159	8159	5879,9	5393,1	4725	5787,8	5092,2	3219,5	5546,9
	Sektoren	4	4	8	4	8	4	8	8	8
Kreuzvalidierung Mittel		0,7693	-1,42	0,003854	0,07941	-0,02103	-21,5	-27,81	-22,95	-0,3233
RMS		334,1	333,8	333,2	332,5	332,4	331,6	332,6	334,1	333,9
mittl. Standardfehler		274,5	248,6	278	266,5	271,6	419,7	229	229	262,9
Mittel standardisiert		0,0031	-0,0056	0,00035	0,00037	0,00041	-0,056	-0,1071	-0,079	-0,000995
RMS standardisiert		1,219	1,342	1,198	1,253	1,224	0,9493	1,631	1,634	1,272

Tabelle 3.2-2: Statistische Kennwerte für Simple Kriging und Universal Kriging des Untersuchungsgebietes Freiberg

Freiberg		SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6
Mean		305,87	5,2512	305,87	5,2512	305,87	5,2512
Transformation		-	log	-	log	-	log
Modell		sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	exp	sphär.
berücksichtigte Nachbarn / min.		15/1	5/1	10/1	10/1	5/1	10/1
Ellipse	Winkel	0	0	334	0	336	0
	Hauptachse	8159	4778,1	8159	4778,1	8159	4778,1
	Nebenachse	8159	4778,1	5393,1	4778,1	6535,5	4778,1
	Sektoren	8	8	4	4	4	4
Kreuzvalidierung Mittel		0,3618	3,099	-0,01149	3,397	0,2313	3,169
RMS		334,5	330,9	332,3	330,6	337,8	330,6
mittl. Standardfehler		274,3	321,7	266,4	321,5	257,4	321,4
Mittel standardisiert		0,00134	0,0319	-0,000402	0,0347	-0,00037	0,0336
RMS standardisiert		1,221	1,292	1,253	1,28	1,326	1,282

Freiberg		UK1	UK2	UK3	UK4	UK5
Trendabzug		konstant	konstant	konstant	konstant	konstant
Transformation		-	log	-	-	-
Modell		exp	exp	exp	exp	exp
berücksichtigte Nachbarn / min.		10/1	20/1	10/1	10/1	5/1
Ellipse	Winkel	0	0	312	324	304
	Hauptachse	8159	8159	8159	8159	8159
	Nebenachse	8159	8159	5546,9	6114,5	5280,3
	Sektoren	4	8	8	8	4
Kreuzvalidierung Mittel		-0,04265	-30,39	-0,1734	0,07351	-2,323
RMS		333,9	333,4	333,3	334,9	332,9
mittl. Standardfehler		269,7	179,2	262,9	261,7	254,3
Mittel standardisiert		-0,00005	-0,133	-0,0006	-0,00028	-0,00881
RMS standardisiert		1,238	1,769	1,27	1,287	1,309

3.2.3 Heidelberg

Für den „Heidelberger Süden“, ein Gebiet im Einflussbereich eines Emittenten und eines Bergbaugebietes, wurde von den vorhandenen Daten das mobile Thallium als Leitparameter für die testweise Prüfung einer „GSE-Ausschlussfläche“ um den Emittenten ausgewählt. Aufgrund früherer Untersuchungen (z.B. Prüß 1992) ist anzunehmen, dass die immissionsbedingten Thalliumeinträge durch den mit Ammoniumnitratlösung extrahierbaren Anteil besser erfasst werden können als mit den Thalliumgesamtgehalten. Für Cadmium liegen im Untersuchungsgebiet zwar wesentlich mehr Punktdaten vor, jedoch wirken bei diesem Elemente weitere Eintragspfade „störend“ auf die „GSE-Abgrenzung“.

In den Abbildungen 3.2-7 bis 3.2-11 erkennt man allgemein unabhängig vom Verfahren einen Bereich mit hohen Konzentrationen im mittleren bis südöstlichen Bereich des Gebietes. Aufgrund der ungleichmäßigen Punkteverteilung im Untersuchungsgebiet werden die Bereiche ohne oder mit wenigen Messpunkten sehr variabel durch die verschiedenen Interpolationen dargestellt. Da im Falle einer Gebietsabgrenzung v.a. von Interesse ist, wo die Grenze zwischen höher und weniger belasteten Gebieten verläuft, ist meist auch nur dieser Grenzverlauf von Bedeutung.

Durch die verschiedenen Interpolationen mit Inverse Distance Weighting (s. Abbildung 3.2-7) wird der höher belastete Bereich innerhalb der roten Fläche sehr unterschiedlich dargestellt. Insbesondere fällt auf, dass der Bereich östlich, wo sich kaum Messpunkte befinden, sehr variabel ist. Der Kernbereich der roten Fläche bleibt dagegen relativ konstant bezüglich Lage und Ausdehnung. Bei geringeren Reichweiten des Modells und unter Berücksichtigung der Anisotropie (IDW2 - IDW6) variiert die südwestliche Ecke des roten Bereiches. Ebenso wird dadurch der nördliche Bereich mehr oder weniger stark zerfranst.

Die Ergebnisse der Interpolationen mittels Radial Basis Function (s. Abbildung 3.2-8) sind in allen dargestellten Versionen sehr konstant. Auffällig wird hier nur die Interpolation mit multiquadratischer Kernel-Funktion (RBF4). Hier treten auch am östlichen Rand rote Bereiche auf, die aber keinerlei Zusammenhang zu realen Messwerten haben, da in diesem Bereich keinerlei Messwerte vorliegen.

Betrachtet man die Veränderungen der roten Fläche, zeigen sich beim Ordinary Kriging (s.

Abbildung 3.2-9) deutlich die möglichen Einflüsse unterschiedlicher Parameterwahl. Ohne einen Trennabzug treten keine bis wenige rote Bereiche außerhalb des zentralen Bereiches auf (OK1, 2, 7, 8, 10). Die Verwendung von logarithmierten Daten (OK 1, 3, 5, 7, 9-12) spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle und es lassen sich dadurch keine einheitlichen Charakteristika feststellen.

Interpolationen mit Simple Kriging (s. Abbildung 3.2-10) erweisen sich unter Verwendung unterschiedlicher Parameter als relativ robust bezüglich der Ausdehnung der roten Fläche. Die Größe der zentral gelegenen roten Fläche ist bis auf SK5 relativ konstant. Ihre Form und die Abgrenzung variiert dagegen stärker. Die Datentransformation (SK2, 3, 4, 7, 8) wirkt sich auf die Richtung der Anisotropie aus. Während diese bei den normalen Daten eher von südwest nach nordost gerichtet ist, haben die transformierten Daten eine Ausrichtung in Richtung nordwest-südost.

Die Interpolationen mittels Universal Kriging (s. Abbildung 3.2-11) zeigen keinerlei rote Flächen, die nicht durch wahre Messwerte gestützt sind. Die Darstellung der höher belasteten Region beschränkt sich auf den zentralen Bereich mit den hohen Messwerten. An den Ergebnissen von UK 2, 3, 7 erkennt man gut den Effekt, den eine relativ kurze Modellreichweite hat. Ohne eine zwanghafte Einbeziehung der nächsten benachbarten Messpunkten, die außerhalb der Reichweite des Modells liegen, können aufgrund der teils großen Abstände zwischen den Punkten nur kleine Teilgebiete interpoliert werden.

Im Heidelberger Süden stehen bei den verwendeten Daten einige Punktwolken wenigen Einzelmesswerten in großer Distanz gegenüber. Für eine Modellberechnung ergibt sich meist ein Variogramm mit relativ kurzer Reichweite, die nur die Distanzen innerhalb der dicht beprobten Punktwolken überbrückt. Bei einer nicht ausreichenden Reichweite des theoretischen Modells werden für die Berechnung eines unbekannten Punktes durch die Software standardmäßig die nächstgelegenen Punkte zwangsweise für die Interpolation herangezogen. Durch diese Abhängigkeit von wenigen oder einzelnen Messwerten werden die Bereiche mit geringer Punktdichte je nach Verfahren und Parametern variabel und häufig falsch in der Interpolation dargestellt.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich ableiten, dass im Untersuchungsgebiet Heidelberg eine Interpolation

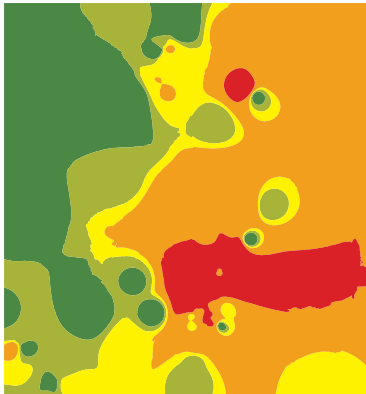


Abb. 1: IDW 1



Messwerte Thallium mobil, Heidelberg n=116



Abb. 1: IDW 2

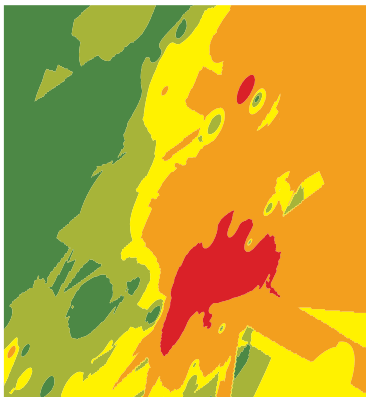


Abb. 1: IDW 3

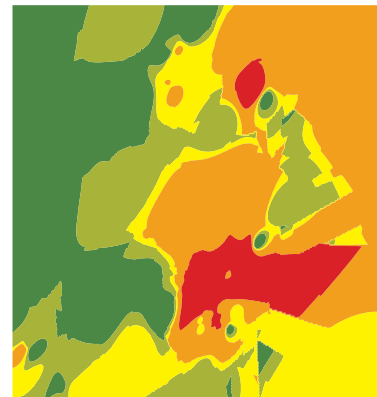


Abb. 1: IDW 4

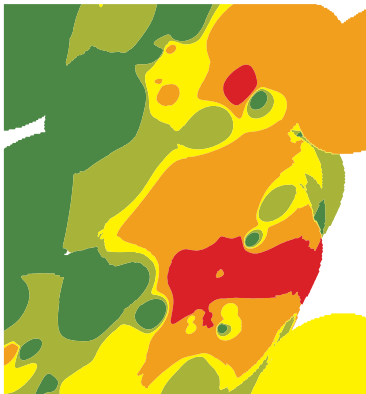


Abb. 1: IDW 5

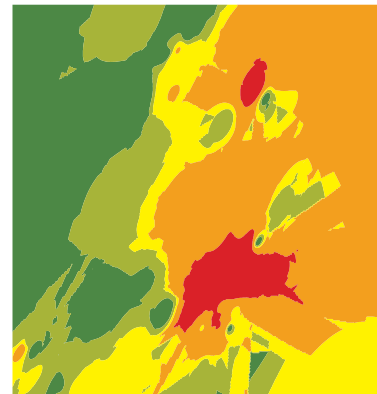


Abb. 1: IDW 6

Abbildung 3.2-7: Varianten des Inverse Distance Weighting für Heidelberg. Parameter s . Tabelle 3.2-3

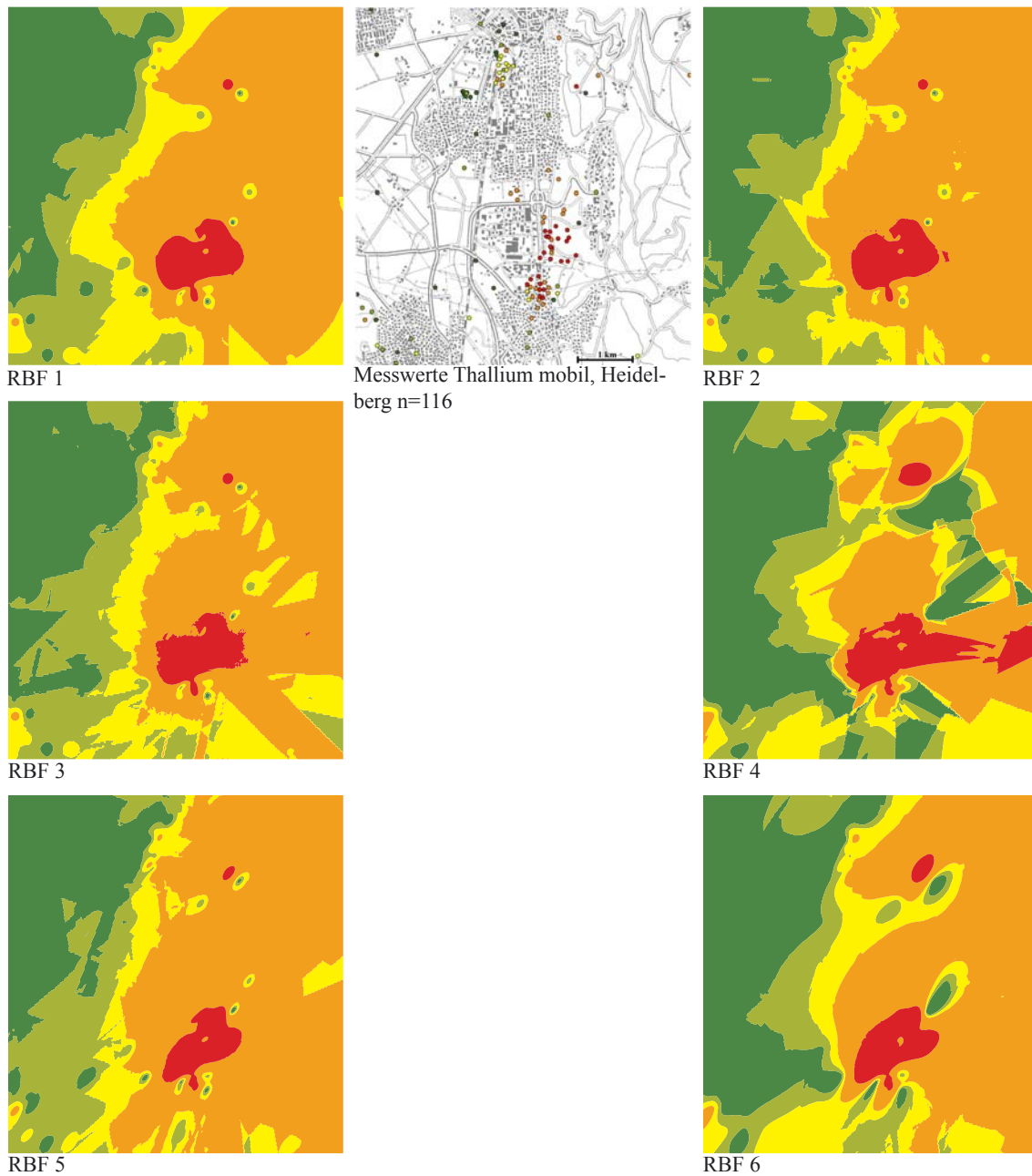


Abbildung 3.2-8: Varianten mit Radial Basis Function für Heidelberg. Parameter s . Tabelle 3.2-3

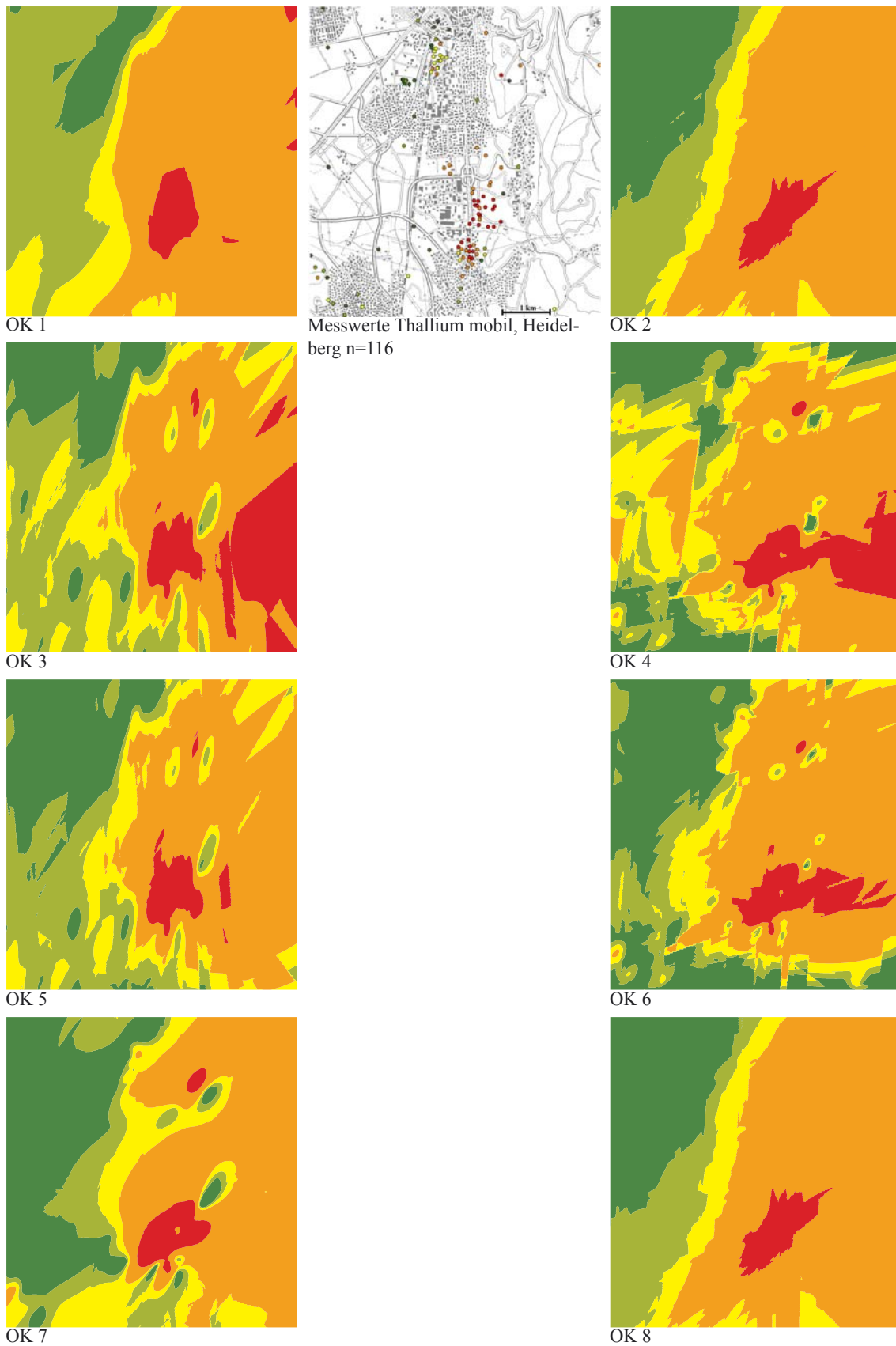
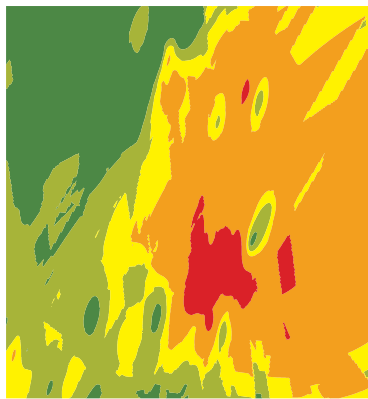


Abbildung 3.2-9: Varianten des Ordinary Kriging für Heidelberg. Parameter s. Tabelle 3.2-3



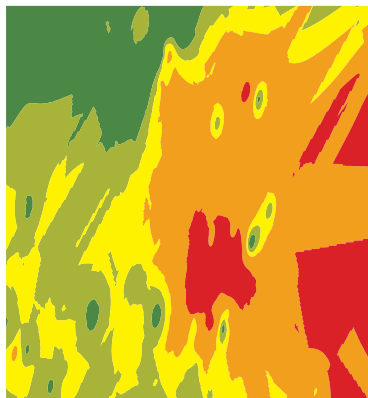
OK 9



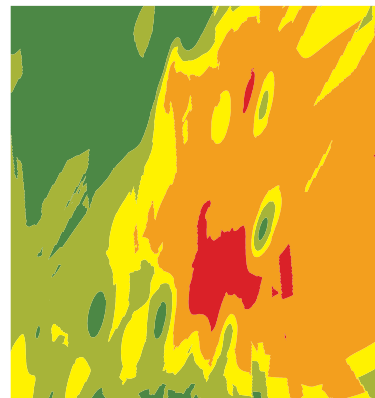
Messwerte Thallium mobil, Heidelberg n=116



OK 10



OK 11



OK 12

Abbildung 3.2-9: Fortsetzung

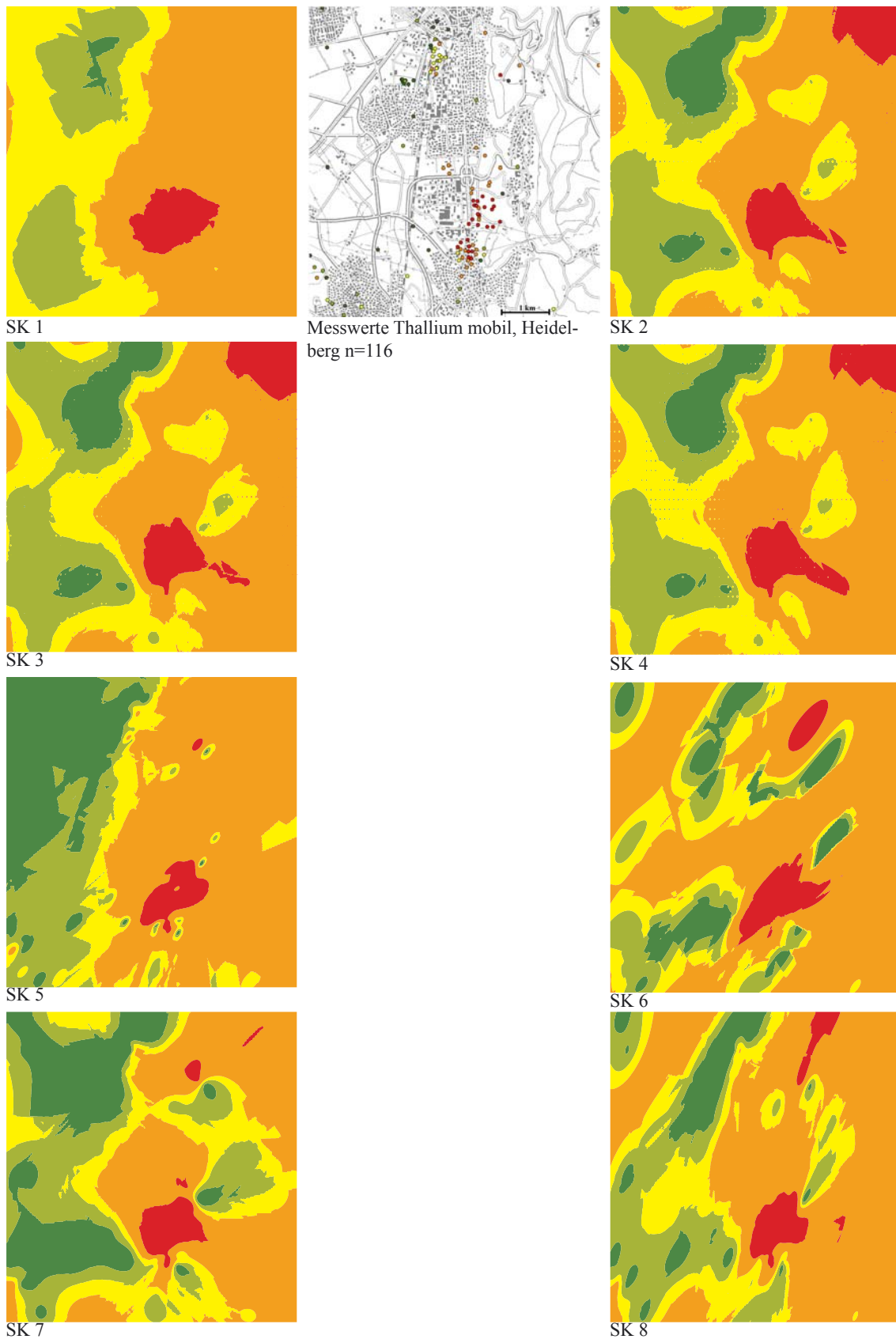


Abbildung 3.2-10: Varianten des Simple Kriging für Heidelberg. Parameter s. Tabelle 3.2-4

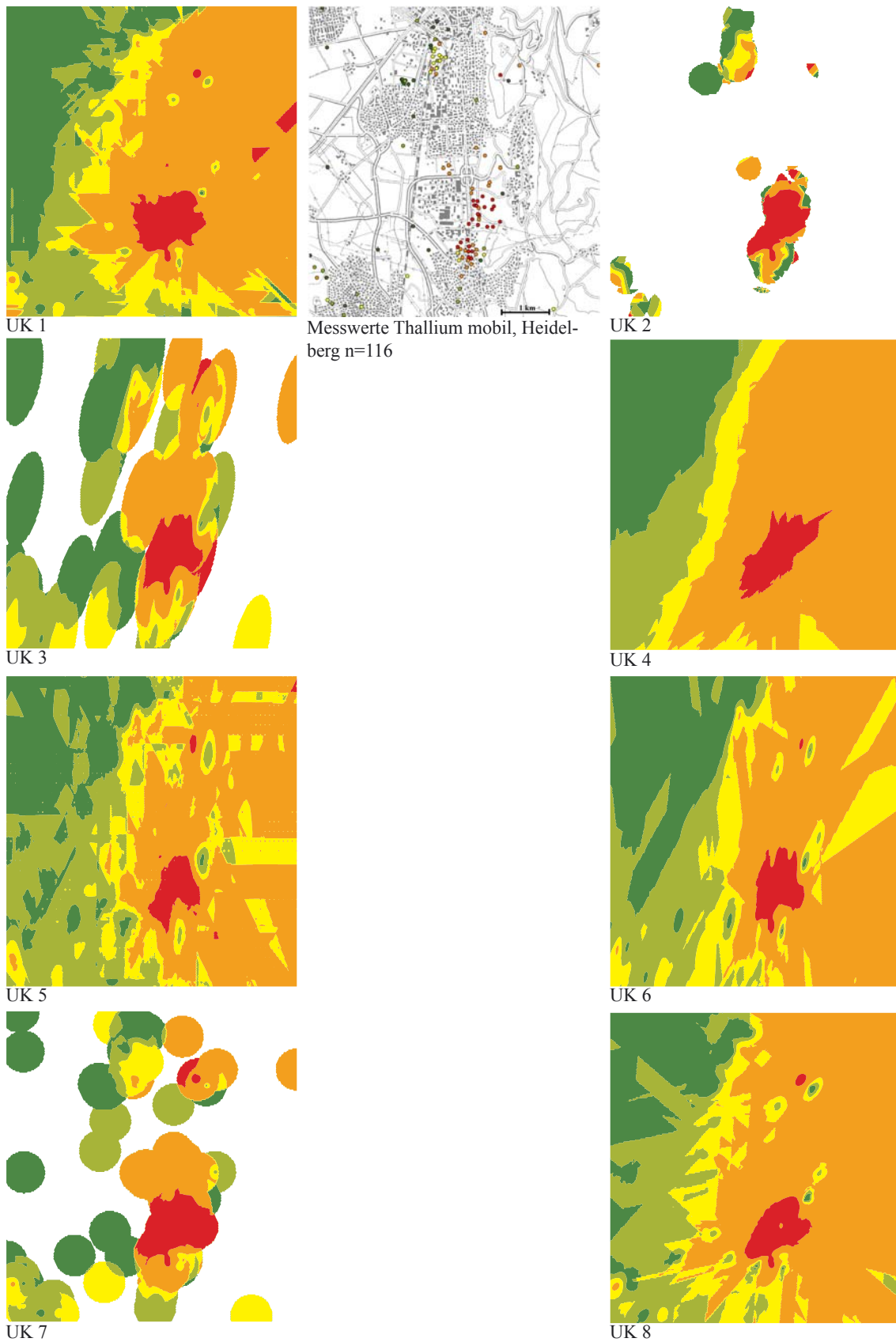


Abbildung 3.2-11: Varianten des Universal Kriging für Heidelberg. Parameter s. Tabelle 3.2-4

Tabelle 3.2-3: Statistische Kennwerte für Inverse Distance Weighting, Radial Basis Function und Ordinary Kriging des Untersuchungsgebietes Heidelberg

Heidelberg		IDW1	IDW2	IDW3	IDW4	IDW5	IDW6
Power		4,3712	4	2	4,5	5,061	3
berücksichtigte Nachbarn / min.		15/10	15	10/1	15/1	10	10/1
Ellipse	Winkel	0	30	30	30	45	30
	Hauptachse	2247,5	1200	1200	800	1500	600
	Nebenachse	2247,5	800	500	500	1000	300
	Sektoren	1	8	8	4	4	8
Kreuzvalidierung	Mittel	1,336	0,4202	1,998	-0,274	0,7117	-0,018
	RMS	59,93	62,24	59,2	56,43	57,17	55,99

Heidelberg		RBF1	RBF2	RBF3	RBF4	RBF5	RBF6
Kernel Funktion		reg. Spline	reg. Spline	reg. Spline	Multiq.	Inv. Multiq.	Spline Tension
Parameter		0,036085	0,038283	0,034538	35,019	107,3	0,0069477
berücksichtigte Nachbarn/min.8		8/2	8/1	5/2	5/2	8/1	
Ellipse	Winkel	0	0	45	30	20	20
	Hauptachse	2247,5	1200	800	2247,5	2247,5	2247,5
	Nebenachse	2247,5	800	500	1500	1200	1200
	Sektoren	8	8	8	1	8	8
Kreuzvalidierung	Mittel	-0,07924	-0,2104	-0,2892	-1,919	-1,361	nb
	RMS	51,74	51,35	52,41	50,09	51,82	nb

Heidelberg		OK1	OK2	OK3	OK4	OK5	OK6
Trendabzug		-	-	second	second	second	second
Transformation		log	-	log	-	log	-
Model		circular	circular	circular	circular	circular	circular
berücksichtigte Nachbarn / min.		5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2
Ellipse	Winkel	19	26	12,8	44	13	37,4
	Hauptachse	6421	6376,1	1593,3	581,39	1248,6	453,12
	Nebenachse	2906	2774,5	509,13	417,05	404,75	288,13
	Sektoren	4	4	4	4	4	4
Kreuzvalidierung	Mittel	12,62	2,317	4,329	0,03435	2,329	-0,671
	RMS	65,82	67,94	61,68	49,88	57,82	51,88
	mittl. Standardfehler	654,5	86,38	141,3	68,16	108,1	65,05
	Mittel standardisiert	0,01921	0,02425	-0,05494	-0,00225	-0,0507	-0,00782

Tabelle 3.2-4: Statistische Kennwerte für Simple Kriging und Universal Kriging des Untersuchungsgebietes Heidelberg

Heidelberg		OK7	OK8	OK9	OK10	OK11	OK12
Trendabzug		-	-	second	-	second	second
Transformation		log	-	log	log	log	log
Model		sphär.	sphär.	sphär.	exp.	exp.	gauss
berücksichtigte Nachbarn / min.		5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2
Ellipse	Winkel	18,3	26,4	12,3	17,6	8,26	12,8
	Hauptachse	6481,7	6405,7	1248,6	6481,7	1593,3	1248,6
	Nebenachse	3299	3023	430,54	4112,7	634,3	386,26
	Sektoren	4	4	4	4	4	4
Kreuzvalidierung	Mittel	11,35	1,981	2,967	8,24	8,922	3,519
	RMS	63,98	67,82	57,78	58,02	74,84	60,04
	mittl. Standardfehler	588,1	86,42	105,1	547,8	170,9	110
	Mittel standardisiert	0,01865	0,0205	-0,04755	0,01395	-0,04453	-0,0377
	RMS standardisiert	0,1324	0,7961	0,7693	0,1421	0,7204	0,7785

Heidelberg		SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK8
Mean		80,864	3,6279	3,6279	3,6279	80,864	80,864	0	0
Transformation		-	log	log	log	-	-	norm. score	norm. score
Model		sphär.	sphär.	exp.	gauss	sphär.	gauss	sphär.	circular
berücksichtigte Nachbarn / min.		5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2	5/2
Ellipse	Winkel	27	7,4	12,5	5,81	34,1	34,6	0	22,5
	Hauptachse	3663,4	4780,5	4780,5	4780,5	2495,5	2207,6	2703,3	2730,8
	Nebenachse	3663,4	2871	3203,6	2205,8	1040,5	902,12	2703,3	1061,2
	Sektoren	4	4	4	4	1	1	4	8
Kreuzvalidierung	Mittel	2,153	3,926	3,895	4,222	3,941	4,597	-3,619	-0,5482
	RMS	62,3	58,03	58,19	58,05	50,64	58,05	53,39	52,5
	mittl. Standardfehler	82,35	87,75	87,55	87,92	44,87	47,94	42,67	37,37
	Mittel standardisiert	0,01996	-0,0678	-0,068	-0,0665	0,045	0,06119	-0,3465	-1,525
	RMS standardisiert	0,7731	1,398	1,401	1,394	1,432	1,372	2,774	15,84

Heidelberg		UK1	UK2	UK3	UK4	UK5	UK6	UK7	UK8
Trendabzug		first	first	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant	konstant
Transformation		-	-	log	-	log	log	-	-
Model		sphär.	sphär.	sphär.	sphär.	hole eff.	exp.	exp.	sphär.
berücksichtigte Nachbarn / min.		5/2	5	5	5/2	2/1	5/2	5	5/2
Ellipse	Winkel	0	0	12,5	26,4	0,963	11,8	0	41,1
	Hauptachse	330	330	1027,4	6405,7	1028,1	1027,4	443,35	532,52
	Nebenachse	330	330	365,96	3023	504,17	335,78	443,35	391,25
	Sektoren	8	8	8	4	8	4	4	8
Kreuzvalidierung	Mittel	-0,5587	-2,822	1,021	1,981	1,304	-0,8797	-0,4897	-1,04
	RMS	54,06	52,31	58,45	67,82	59,88	57,7	55,83	48,49
	mittl. Standardfehler	67,65	159,2	92,93	86,42	73,59	80,96	66,7	65,93
	Mittel standardisiert	-0,01099	-0,004252	-0,05323	0,0205	-0,03774	-0,04658	0,000339	-0,02095
	RMS standardisiert	0,8907	0,914	1,095	0,7961	0,9098	0,968	0,8486	0,8262

zur Abgrenzung des Belastungsgebietes zur Umgebung mit den hier verwendeten Daten nur bedingt durchführbar ist. Insbesondere die ungleichmäßige und nestartige Verteilung der Messpunkte führt zu hohen Unsicherheiten in wenig beprobten Bereichen, wenn über das gesamte Gebiet interpoliert wird.

Insgesamt ist unabhängig vom Verfahren zu erkennen, dass eine höhere Reichweite zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Glättung der Grenzverläufe bei der Interpolation führt.

In Abbildung 3.3-6 wird vergleichsweise zu den „echten Interpolationsmethoden“ eine Interpolation mittels Indikator Kriging dargestellt. Hier werden für die numerischen Messwerte die Indikatoren 1 und 0 vergeben. Liegt der Messwert unterhalb eines gewählten Schwellenwertes, erhält der Messpunkt eine 0. Ist der Messwert gleich oder größer dem Schwellenwert, so wird ihm die 1 zugeordnet. Die Wahl des Schwellenwertes richtet sich dabei nach den Erfordernissen der Aufgabenstellung. Beispielsweise wurde hier der Schwellenwert auf einen Beurteilungswert, also einen qualitativen Sprung der Werte, festgelegt. Mit dieser Codierung wird das Kriging durchgeführt. Man erhält dann keine numerischen Werte für einen geschätzten Punkt im Untersuchungsraum, sondern eine Überschreitungswahrscheinlichkeit für die Überschreitung des gewählten Schwellenwertes.

Das Indikator Kriging ist im Gegensatz zum „normalen“ Krigingverfahren weniger anfällig für lokale Extremwerte. D.h. Messwerte, die im Gegensatz zu den umliegenden Punkten stark abweichen, beeinflussen die Interpolation weniger stark, als dies unter Verwendung des gemessenen numerischen Wertes der Fall wäre, da nur die Codes 0 und 1 in die Berechnung einfließen. Ein alleinstehender Wert von 1 wird allerdings nicht unterdrückt (siehe Abbildung 3.3-6 oben), kommt aber weniger ausgeprägt zur Geltung als dies mit numerischen Methoden der Fall wäre.

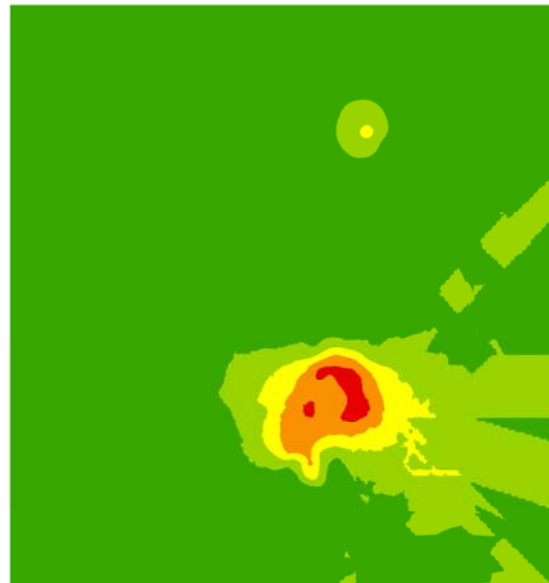


Abbildung 3.3-6: Indikator Kriging für Heidelberg. Der Rote Bereich gibt die Überschreitungswahrscheinlichkeit von 80% und darüber für einen gewählten Schwellenwert an.

4 Schlussfolgerung

4.1 Deskriptive Statistik

Aufgrund der durchgeführten Untersuchungen werden folgende Vorgehensweisen empfohlen:

1. Für die Prüfung von GSE-Datenkollektiven auf Extremwerte nach Ziffer 3.3.2 der Anleitung wird der „**50.-5 Interquartil-Test**“ empfohlen, da er sich bezüglich der Voraussetzungen als am besten geeignet erwiesen hat.
2. Unterhalb eines Stichprobenumfangs von **50 Proben** sollte die Häufigkeitsverteilung der Daten im Hinblick auf die Robustheit des 90.-Perzentilwertes im Einzelfall geprüft werden, da die hier gezeigten empirischen Untersuchungen der Datensätze aus Siedlungsgebieten erst ab 50 Proben eine ausreichende Robustheit im Bereich des 90.-Perzentiles zeigten. Bei Verteilungen mit großer Datenstreuung sollte als statistisches Lagemaß nur der Median angegeben werden.
3. „Die Verrechnung von Messwerten (unterschiedlicher Probenreihen bzw. Projekte) mit sehr **unterschiedlichen Bestimmungsgrenzen** ist im Einzelfall kritisch zu prüfen“, da dies zu unrichtigen Ergebnissen führen kann (z.B. halbe Bestimmungsgrenze von Projekt x liegt oberhalb des errechneten Medians).
4. Bei einem hohen Prozentsatz von Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze oder bei einer starken Streuung im oberen Wertebereich muss die Abgrenzung der Raumeinheiten (Konzeptkarte nach Ziffer 3.1) neu geprüft werden, da sich hier unter Umständen untergeordnete oder neue Raumeinheiten verbergen.

4.2 Geostatistik

1. Die Punktdaten der untersuchten Gebiete sind nicht gleich gut für eine sinnvolle und aussagekräftige Interpolation geeignet. Es ist stets eine Einzelfallprüfung zu den möglichen Anwendungen notwendig.

Die vorhandenen Daten im Siedlungsgebiet Stuttgart reichen nicht für eine Interpolation aus, da sie nicht repräsentativ für das Siedlungsgebiet sind. Die Aussagefähigkeit der Daten ist aufgrund der jeweiligen Untersuchungsanlässe meist nur räumlich begrenzt.

In Freiberg bestehen durch die regelmäßige

und flächendeckende Rasterbeprobung für Blei im Außenbereich gute Voraussetzungen, um eine aussagekräftige geostatistische Interpolation für den Außenbereich durchzuführen. Durch die großräumig gesehen relative Kontinuität der Messwerte wird dies noch unterstützt. Die teilweise auftretende kleinräumige Variabilität stellt in dieser großräumigen Betrachtung nur ein geringeres Problem dar. Die Interpolationsergebnisse für Freiberg liefern Hinweise für die Grenzziehung.

In Heidelberg existiert für das mobile Thallium eine kleinräumige sehr dichte Beprobung im Nahbereich des Emittenten, was allerdings nicht für eine Abgrenzung nach aussen hin ausreichend ist. Für eine Differenzierung gegenüber der geringer belasteten Umgebung fehlen in dem verwendeten Datenkollektiv die entsprechenden Messungen, so dass eine Abgrenzung nach Westen und besonders nach Osten hin mit geostatistischen Methoden unsicher bleibt. Für andere Elemente existieren zwar mehr Messungen (z.B. Cd, Tl_{ges}), allerdings sind diese Elementgehalte im Boden auch durch andere Quellen verursacht und damit für die Kennzeichnung einer „GSE-Ausschlussfläche“ weniger geeignet.

2. Eine Interpolation sollte nur dort eingesetzt werden, wo im Bereich des Untersuchungsraumes mit einem qualitativen Sprung, d.h. der Überschreitung eines Beurteilungswertes zu rechnen ist. Aus der üblicherweise durchzuführenden deskriptiven Statistik lässt sich meist frühzeitig und mit geringem Aufwand ablesen, ob einer oder mehrere qualitative Sprünge zu erwarten sind oder nicht.
3. Mit steigenden Anforderungen an die Genauigkeit einer Gebietsabgrenzung steigen auch die Anforderungen an die Interpolation und die Daten. Je höher die erforderliche Präzision, desto eher sollte die Grenzfürung **durch mehrere Interpolationsverfahren** abgesichert werden. Standardmäßig sollten drei unterschiedliche Verfahren verwendet werden, um die Variabilität einzugrenzen. Im Falle einer endgültigen Grenzziehung sollten die verwendeten Methoden sowie die Vorgehensweise bei der Abgrenzung gut nachvollziehbar dokumentiert werden.
4. Im Vorfeld einer Interpolation ist es zwingend erforderlich, eine gute Konzeptkarte für die

Aufteilung in Raumeinheiten zu erstellen. Die rechnerische Bestimmung einer optimalen Interpolation folgt rein mathematischen Gesichtspunkten und kann vom optimalen Ergebnis abweichen, wenn nicht alle Raumeinheiten gleich gut mit Messwerten belegt sind.

gute Ergebnisse erzielen. Überdies wird das Indikator Kriging empfohlen, da es für die konkreten Ziel der GSE-Kennzeichnung geeignet ist.

5. Die „Interpolation über Raumeinheiten“ zeigte sich (im Falle Freiberg) als ein gut geeignetes Verfahren. Die relativ isolierten extremen Abweichungen (in den Überschwemmungsgebieten im Nordosten und Südwesten von Freiberg) zeigen, dass eine kombinierte Darstellung aus Interpolation und Flächendarstellung mittels statistischer Kenngrößen vorzuziehen ist.
6. Im Untersuchungsgebiet Heidelberg liegt ein Großteil der Probenpunkte in einem kleinen, räumlich sehr begrenzten Teilgebiet. Dadurch wird deutlich, dass eng beieinanderliegende Messpunkte und eine insgesamt ungünstige Verteilung zu einer geringen Reichweite des theoretischen Modells führen kann. Bei der Durchführung des Kriging sollte dann auch nur innerhalb der Reichweite des Modells interpoliert werden. Sind nicht ausreichend Punkte innerhalb der Reichweite vorhanden, sollte das obligatorische Einbeziehen der weiter entfernt liegenden Punkte, um eine Abdeckung des Untersuchungsgebietes durch die Interpolation zu sichern, sollte in jedem Fall unterbleiben. Reicht die Interpolation weit über die Modellreichweite hinaus, so wird für die Bereiche zwischen den weiter entfernt liegenden Punkten eine wenig bis gar nicht gesicherte Aussage getroffen.
7. Altdaten müssen im Einzelfall geprüft werden. Sind die Nutzungsgeschichte der Probenahmeorte sowie die Zwecke der durchgeführten Untersuchungen nicht oder nur ungenau bekannt, so sind die Altdaten im Zweifelsfall zu streichen, da deren Einordnung in eventuell neu erhobene Daten schwer ist. In der Stadt Brandenburg zeigte sich, dass vorhandene Altdaten nicht für die Darstellung des allgemeinen Bodenzustandes geeignet waren, da es sich zumeist um Altlastuntersuchungen handelte (Monse et al. 2001).
8. Für eine erste überschlägige Auswertung scheint der Aufwand für ein Anspruchsvolles Kriging nicht gerechtfertigt. Mit den einfacheren Interpolationsmethoden, wie etwa IDW über alle Raumeinheiten, lassen sich häufig auch

5 Literatur

- BaWü [UM Umweltministerium bzw. UVM Umwelt- und Verkehrsministerium Baden-Württemberg Hrsg.]
- (1998): Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, 108 S., Stuttgart [LitNr 1397].
 - (1999): Bodenzustandsbericht Großraum Stuttgart.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, 107 S., Stuttgart [LitNr 1393].
- BBR Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
(1999): Aktuelle Daten zur Entwicklung der Städte, Kreise und Gemeinden.- Berichte, Band 3, 321 S., Bonn [LitNr 2351].
- Burke, S. (2001): Missing Values, Outliers, Robust Statistics & Non-parametric Methods.
www.lcgceurope.com, Online Supplement 2.
Januar 2001.
- ESRI (2001): Using ArcGIS ® Geostatistical Analyst.
Redlands, CA.
- (2001): Using ArcMap ®. Redlands, CA.
- Kickner, S. (1997): Methodisch-technische Aspekte bei der GIS-gestützten Infrastrukturplanung. In: Schrenk M. Hrsg. (1997): Computergestützte Raumplanung, Beiträge zum Symposium CORP '97. Im Selbstverlag des Instituts für EDV-gestützte Methoden in Architektur und Raumplanung der Technischen Universität Wien, Wien.
- Lohöfer, H., Mathematik für Pharmazeuten, Vorlesungsskript WS 2000/2001 (2000), S. 133.
- Prüß, A. (1992): Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden.- Verlag Ulrich E. Grauer, , 145 S.- Wendlingen.
- Snedecor, G. and Cochran, W.(1989): Statistical Methods, Eighth Edition, Iowa State University Press.
- UBA [Umweltbundesamt Hrsg.] (1999): Methodische Anforderungen an die Flächenrepräsentanz von Hintergrundwerten in Oberböden. UBA-FB 99-066 mit CD.- [LitNr 2334].
- Wassmer, G. (2001): Vorlesungsskript Biomathematik III. Institut für Medizinische Statistik, Informatik und Epidemiologie, Universität zu Köln