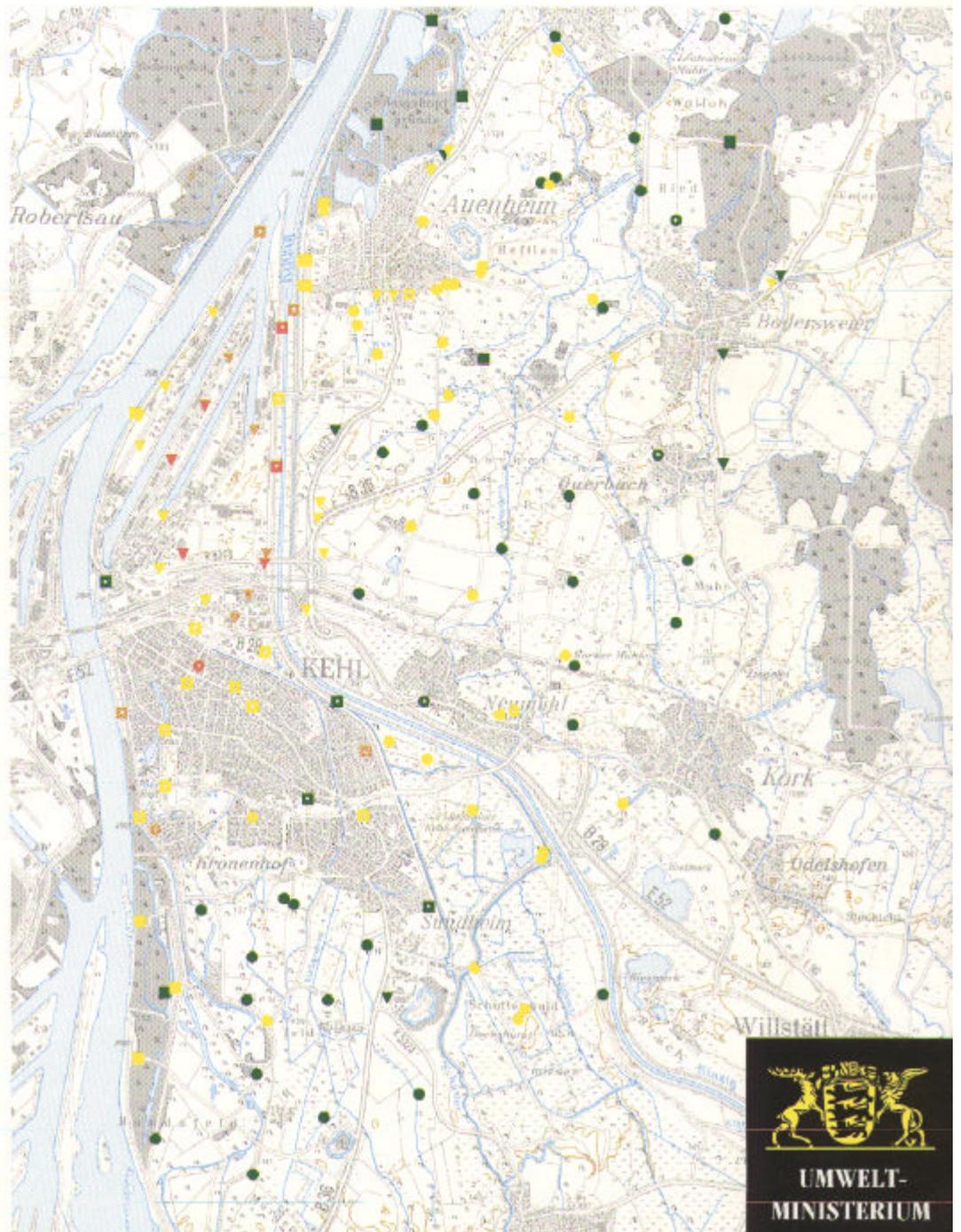


Bodenzustandsbericht Kehl

Schadstoffgehalte der Böden





Bodenschutzfachinformation im WWW

Impressum

Herausgeber:

*Umweltministerium Baden-Württemberg
70029 Stuttgart*

Auftraggeber:

*LfU Landesanstalt für Umweltschutz
76185 Karlsruhe*

Verfasser:

*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen
und Umwelterhebungen mbH
76185 Karlsruhe*

*Kartengrundlage: Digitale Rasterdaten der
Topographischen Karte 1:50 000, Bl. L7312 und L7512
des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg,
Genehmigung unter Az.: 5.13-D/247.*

Thematische Ergänzung der Karten,

Satz und Grafiken: UMEG

Druck: Kraft Druck und Verlag GmbH, Ettlingen

Offsetpapier aus 100% Altpapier

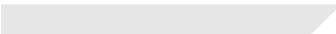
Bezug über Fax 0721/983-1456 (LfU, Referat 15),

Preis DM 15,- zuzgl. Porto und Verpackung

UM-Bericht Nr.: UM-16-95

Druckdatum: August 1995

**Bei diesem Ausdruck handelt es sich um eine Adobe Acrobat Druckvorlage.
Abweichungen im Layout vom Original sind rein technisch bedingt.
Der Ausdruck sowie Veröffentlichungen sind - auch auszugsweise- nur für
eigene Zwecke und unter Quellenangabe des Herausgebers gestattet.**



BODENZUSTANDSBERICHT KEHL

– Schadstoffgehalte der Böden

HERAUSGEBER

*Umweltministerium Baden-Württemberg
70182 Stuttgart*

AUFTRAGGEBER

*Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg
76185 Karlsruhe*

VERFASSER

*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen
und Umwelterhebungen mbH
76185 Karlsruhe*

Vorwort

In Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten kam es in den zurückliegenden Jahrzehnten teilweise zu erheblichen Schadstoffanreicherungen in den Böden, die durch Emissionen von Industrie, Gewerbe und Verkehr aber auch durch den Hausbrand über die Luft großräumig auch auf die Böden verteilt wurden.

Um einen Überblick über Art und Ausmaß der Kontaminationen von Böden in diesen Gebieten zu bekommen, hat das Umweltministerium über die Landesanstalt für Umweltschutz diese Untersuchungen für verschiedene Räume des Landes in Auftrag gegeben. Einige dieser Erhebungsuntersuchungen sind abgeschlossen. Die Ergebnisse werden mit dieser Veröffentlichung den betroffenen Städten und Gemeinden sowie den unteren Bodenschutzbehörden zur Verfügung gestellt. Sie sollen darüber hinaus den interessierten Bürgern ein Bild von der tatsächlichen Situation der Böden in ihrem Lebensumfeld vermitteln.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß sich die Schadstoffgehalte der Böden in verschiedenen Siedlungsräumen je nach regionaler Lage, Größe, siedlungsstruktureller und industrieller Prägung untereinander ebenso wie vom landesweiten Hintergrund weitgehend unkontaminierter Böden deutlich unterscheiden.

Schwermetalle und organische Schadstoffe sind in höheren Konzentrationen und bei entsprechend hoher Verfügbarkeit Umweltgifte, die über das Wasser und über Pflanzen und Tiere in die Nahrungskette gelangen und auf diese Weise, jedoch auch durch direkte Aufnahme, den Menschen gefährden können. Zum Glück sind spektakuläre Gesundheitsbeeinträchtigungen bei Menschen und Tieren aufgrund der ubiquitär in die Böden von Siedlungsräumen gelangenden Schadstoffe bisher nicht bekannt geworden. Dennoch ergeben sich immer wieder räumlich be-

grenzte Fälle, in denen die stoffliche Beschaffenheit der Böden bereits soweit beeinträchtigt ist, daß bestimmte besonders empfindlich genutzte Bereiche (z. B. Kinderspielplätze) saniert werden müssen. Deshalb dürfen wir heute, nachdem wir über weiterreichende Kenntnisse der möglichen Gefährdungen verfügen, dieses Risiko nicht verharmlosen.

Das Umweltministerium hat sich des Problems der großräumigen Belastung der Böden in den Siedlungsräumen des Landes und ihrer möglichen Folgen mit besonderem Nachdruck angenommen. Es wird weitere Untersuchungen in anderen stark besiedelten und industrialisierten Räumen durchführen lassen, um die örtlichen Entscheidungsträger bei der Durchsetzung der sich daraus ergebenden Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und des Umweltgutes Boden zu unterstützen.

Die bisherigen Untersuchungsergebnisse werden in den folgenden Heften veröffentlicht:

- Bodenzustandsbericht Karlsruhe [UM-14-95]
- Bodenzustandsbericht Pforzheim [UM-15-95]
- Bodenzustandsbericht Kehl [UM-16-95].

Die Bodenzustandsberichte dokumentieren die aktuelle stoffliche Beschaffenheit der Böden in Siedlungsräumen und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Vorsorge im Bodenschutz. Sie können darüber hinaus den Städten und Gemeinden als Planungshilfe sowie bei der sachgerechten Verwertung von Bodenaushub aus solchen Gebieten dienen.

Ein wesentliches Ziel ist es, die bisherigen und die künftigen Schadstoffeinträge in die Böden sowie deren Wirkungen und die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Eigentümer und Nutzer dieser Böden verständlich und einschätzbar zu machen.

Harald B. Schäfer
Umweltminister Baden-Württemberg

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	IV
Inhaltsverzeichnis	V
Zusammenfassung	1
1 Einleitung	2
1.1 Ziel des Bodenzustandsberichts	2
1.2 (Schad-) Stoffe in Böden	3
1.3 Beurteilungsgrundlagen	4
2 Das Erhebungsgebiet	7
2.1 Bodengesellschaften	7
2.2 Bodennutzungen	8
2.3 Kontaminationsquellen	9
3 Methodik	11
3.1 Datenerhebung	11
3.2 Datenvergleichbarkeit	11
3.3 Datenauswertung	13
3.3.1 Datengruppierung	13
3.3.2 Kartographische Darstellung	13
3.3.3 Beschreibende Statistik	13
3.3.4 Aufteilung der Daten	14

4	Schadstoffgehalte der Böden im Raum Kehl	17
4.1	Arsen	20
4.2	Cadmium	22
4.3	Kobalt	25
4.4	Chrom	26
4.5	Kupfer	28
4.6	Quecksilber	30
4.7	Nickel	32
4.8	Blei	34
4.9	Vanadium	37
4.10	Zink	39
4.11	Nitrat	41
4.12	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	42
4.13	Polychlorierte Biphenyle	44
4.14	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane	46
5	Schlußfolgerungen	50
5.1	Aktuelle Beeinträchtigung der Schutzgüter	50
5.1.1	Direktpfad Boden-Mensch	50
5.1.2	Pfad Boden-Pflanze-Mensch/ Tier	50
5.1.3	Pfad Boden (-Pflanze) -Tier-Mensch	50
5.1.4	Pfad Boden-Pflanze	50
5.1.5	Pfad Boden-Sickerwasser	50
5.2	Häufigkeit von Schadstoffanreicherungen	51
5.3	Verwertung von Bodenaushub	52
5.4	Kehler Böden im Vergleich mit anderen Siedlungsräumen	53
6	Abkürzungen	55
7	Literaturverzeichnis	56

Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Gehalte ausgewählter Schadstoffe in Böden des Raumes Kehl (Ortenaukreis). Der Bericht basiert auf Schadstoff-Messungen in Böden der vergangenen 10 Jahre. Die aktuellen Schadstoffgehalte sind ein Spiegel langjähriger Immissionen und Bodennutzungen.

(1) Außenbereich

Die Oberböden des Erhebungsgebietes zeichnen sich durch hohe Tongehalte und neutrale bis schwach saure pH-Werte aus. Die natürlichen Schwermetallgehalte sind demzufolge hoch, aber fest an die Tonminerale gebunden. Die regionalen Hintergrundgehalte von Chrom und Quecksilber liegen oberhalb des landesweiten Hintergrundbereiches; sie sind jedoch unkritisch. Die tonigen Sedimente der Schutter (südöstlich Kehl) weisen lokal erhöhte Blei-gehalte auf, die durch den historischen Bergbau im Schwarzwald bedingt sein können. Eine Verbringung von Bodenaushub aus diesem Gebiet sollte vermieden werden. Im Trinkwasserschutzgebiet Eckartsweier sollte bei Böden mit erhöhten Blei-Gesamtgehalten der Boden-pH und mobiles Blei regelmäßig überwacht werden, um eine mögliche Verlagerung von Blei in den Untergrund rechtzeitig zu erkennen.

Die Gehalte von Arsen, Kobalt, Nickel und Vanadium in Böden sind im gesamten Raum

Kehl unauffällig. Ebenso weisen die Nitratgehalte keine Auffälligkeiten auf.

(2) Siedlungsgebiet

Das Siedlungsgebiet der Stadt Kehl, im Einflußbereich der französischen Großstadt Straßburg, weist die für einen Ballungsraum typischen (teils atmogenen) Kontaminationen der Böden mit Cadmium und Blei, Kupfer und Zink, Quecksilber sowie PAK und PCDD/F auf. Zink-Anreicherungen sind in Böden von Kleingärten häufig, aber für die menschliche Gesundheit unbedenklich.

Vegetationslose, langjährig nicht bearbeitete Oberböden von Spielflächen wurden bislang nicht auf Schadstoffe untersucht. Hier sollten wegen der möglichen oralen Aufnahme von Boden durch Kleinkinder die Gehalte an Blei und Benzo[a]pyren überprüft und gegebenenfalls überwacht werden.

(3) Gewerbegebiet

In dem seit 35 Jahren industriell genutzten Kehler Rheinhafen sind bei den für das Siedlungsgebiet genannten Problemstoffen und zusätzlich bei PCB die höchsten Gehalte zu finden. Kontaminierte Böden sind hier teils überdeckt. Die aktuelle Bodennutzung wird durch die vorhandenen Schadstoffgehalte im Boden nicht beeinträchtigt, jedoch sollte hier jegliche Verbringung von Bodenmaterial zur Verwertung im Außenbereich oder im Siedlungsbereich vermieden werden. Insbesondere Böden mit PCDD/F-Gehalten oberhalb von 5 ng I-TEq/kg sollten nicht für die bodengebundene Nutztierhaltung genutzt werden.

1 Einleitung

Die Böden im Raum Kehl werden seit langem intensiv genutzt. Über Jahrzehnte hinweg konnten sich aus verschiedenen Quellen (Schad-) Stoffe, wie Schwermetalle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F), flächenhaft im Boden anreichern, da diese Stoffe i.d.R. nicht abgebaut oder kaum verlagert werden. Aber auch heutige Schadstoffdepositionen tragen zu nachhaltig schädlichen Bodenveränderungen bei. In Abhängigkeit von der aktuellen Bodennutzung kann ein Transfer der Schadstoffe vom Boden zu anderen Schutzgütern stattfinden (Abbildung 1.0-1). Bei einer Änderung der Bodennutzung werden weitere Schutzgüter betroffen.

Bodenbelastungen können im Einwirkungsbereich von Altstandorten oder defekten Kanalisationsnetzen lokal eng umgrenzt sein oder infolge von Emissionen aus Hausbrand, Gewerbe und Verkehr großflächig auftreten. Beim Umgang mit belasteten Böden gewinnen Nutzungsänderungen zunehmend an Bedeutung.

1.1 Ziel des Bodenzustandsberichts

Der Bodenzustandsbericht – Schadstoffgehalte der Böden – dokumentiert die stoffliche Beschaffenheit der Böden hinsichtlich der Bodenfunktion als Filter und Puffer für Schadstoffe für die Schutzgüter Menschen, Tiere, Pflanzen und Bodenorganismen sowie Wasser. Bodenbelastungen, die von Bodenversiegelungen oder -verdichtungen oder dem Abtrag von Böden ausgehen, sind nicht Gegenstand dieses Berichts. Datengrundlage für diesen Bericht sind die Ergebnisse bisheriger, stichprobenartiger Untersuchungen. Aus der ermittelten Schadstoffverteilung werden Schlußfolgerungen hinsichtlich der folgenden Fragen gezogen:

- Werden Schutzgüter aktuell beeinträchtigt?
- Welche Schadstoffe sind im Erhebungsgebiet in Hinblick auf Nutzungsänderungen und die Wiederverwendung von Bodenaushub besonders kritisch?
- Wie sind die Schadstoffgehalte im Vergleich zum ländlichen Raum und zu anderen dicht besiedelten Räumen zu beurteilen?

Der Bodenzustandsbericht leistet damit einen Beitrag zum vorsorgenden Bodenschutz; er ist eine Planungshilfe beim Umgang und bei der Verwertung von Bodenaushub, bei künftigen Nutzungsänderungen von Flächen und dient zur Information der Öffentlichkeit.

Eine Fortschreibung des Bodenzustandsbe-

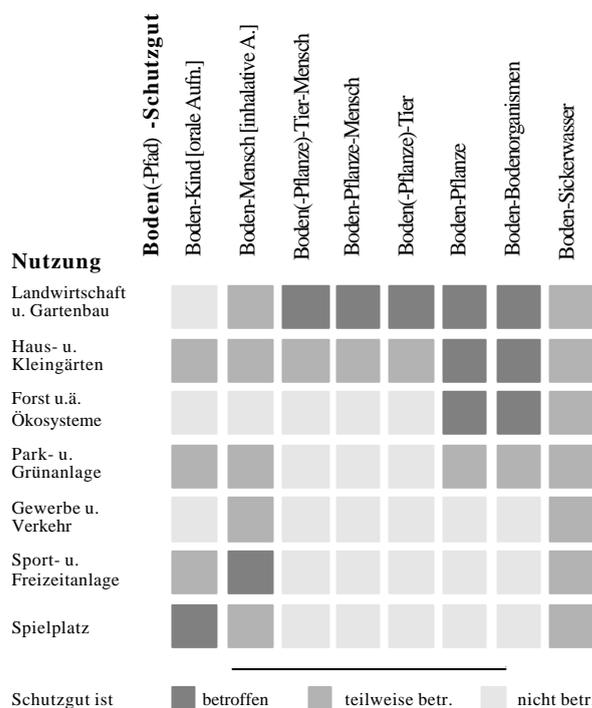


Abbildung 1.0-1: Betroffene Schutzgüter in Abhängigkeit von der Bodennutzung

richtes könnte künftig erforderlich werden, wenn der Bestand an (teils gesetzlich geforderten) Bodenuntersuchungen ein dichteres Abbild der flächenhaften Bodenbeschaffenheit ermöglicht.

1.2 (Schad-) Stoffe in Böden

Zur Dokumentation der Schadstoffgehalte in Böden von Siedlungsräumen des Landes mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten werden ausgewählte Stoffe und Stoffgruppen behandelt, die heute großflächig in die Böden eingetragen sind [vgl. SCHACHT-SCHABEL et al. 1992 und BLUME 1992].

(1) Anorganische Stoffe und ihre Verbindungen

(1.1) Schwefeldioxid und Stickstoffverbindungen (Bodenacidität)

Schwefeldioxid- (SO_2) und Stickoxid-Immissionen (NO_x) können die natürliche Bodenversauerung beschleunigen. Die emittierten Gase reagieren mit atmosphärischem Wasser zu Säuren. SO_2 und NO_x unterliegen jedoch einem beträchtlichen Ferntransport, so daß räumliche Zusammenhänge zwischen Emittern und der Bodenversauerung nur selten erkennbar sind.

(1.2) Schwermetalle und andere potentiell toxische Spurenelemente

Spurenelemente (Schwermetalle, Halbmetalle und Radionuklide) sind natürliche Bestandteile von Böden. Durch die Metallgewinnung und die industrielle Weiterverarbeitung werden Schwermetalle in die Umwelt eingetragen und gelangen über den Luftpfad, den Wasserpfad oder durch die Verwertung von Abfällen und Reststoffen letztendlich auf Böden. Für die Beurteilung des Transfers von Schwermetallen aus Böden in andere Schutzgüter werden neben den Gesamtgehalten auch die mobilen Anteile herangezogen. Mobile Schwermetalle können von Pflanzen aufgenommen oder mit dem Sickerwasser verla-

gert werden. Schwermetalle können aber auch durch die Bodenversauerung, durch Überstauung oder durch Mineralisierung der organischen Substanz gelöst werden. Daneben können Schwermetalle bei oraler oder inhalativer Aufnahme von Boden in den Organismus von Menschen und Tieren gelangen.

(1.3) Nitrat

Nitrat ist ein Bestandteil des natürlichen Stickstoffkreislaufes. Die Verteilung von Nitrat in Böden hängt von den Umsetzungsprozessen durch Mineralisierung und Immobilisierung sowie Nitrifikation und Denitrifikation ab. Hinsichtlich der Trinkwasserqualität wird Nitrat als bedenklich für die menschliche Gesundheit eingestuft.

(2) Organische Verbindungen

(2.1) Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) bestehen aus zwei oder mehr kondensierten Ringen. PAK entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen. Sie gehören zu den am weitesten verbreiteten Schadstoffen. Die Löslichkeit und Verlagerbarkeit von PAK in Böden ist gering, kann jedoch durch Tenside oder hohe mobile Anteile natürlicher Huminsäuren erhöht werden. Unter den weit über 100 bekannten PAK werden einige, wie z. B. das Benzo[a]pyren und das Dibenz[a,h]anthracen, als krebserregend eingestuft.

(2.2) Polychlorierte Biphenyle

Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind chemisch hergestellte polykondensierte, chlorierte aromatische Kohlenwasserstoffe. Es gibt 209 Isomere. PCB sind ausschließlich anthropogen. Technische Gemische von PCB wurden als Isolier- und Kühlmittel oder als Hydraulikflüssigkeit in vielen Bereichen eingesetzt. Seit 1989 ist ihre Herstellung und das Inverkehrbringen in der Bundesrepublik Deutschland verboten.

PCB sind hydrophobe, wenig wasserlösliche Verbindungen, die im Boden insbesondere an Huminstoffe gebunden vorliegen. Die Bindungsstärke ist abhängig von der Wasserlöslichkeit und vom Chlorierungsgrad.

(2.3) Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane

Es gibt 75 Isomere von polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen (PCDD) und 135 Isomere von polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF). PCDD und PCDF sind Nebenprodukte, die bei industriellen Synthesen und Verbrennungsvorgängen entstehen. PCDD/F kommen ubiquitär in der Umwelt vor und werden im Boden stark an Humus gebunden und kaum verlagert. Zu den giftigsten Einzelkomponenten gehört 2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin.

1.3 Beurteilungsgrundlagen

Beurteilungsgrundlagen für anorganische Schadstoffe sind die Hintergrundwerte der dritten Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg [UM 1993b]. Diese Hintergrundwerte entsprechen dem 90. Perzentil der landesweit in Böden des ländlichen Raums in Baden-Württemberg vorhandenen Gehalte (90.P-Hintergrundwerte, vgl. PRÜß 1992). Für organische Schadstoffe wurden Hintergrundwerte aus der Verwaltungsvorschrift "Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen" [UM/SM 1993] übernommen.

Für die Beurteilung der Funktionserfüllung von Böden werden schutzgutbezogene Prüfwerte der o.g. Vorschriften herangezogen (Tabelle 1.3-1). Nach der Dritten Verwaltungsvorschrift zum BodSchG ist bei Überschreitung eines Prüfwertes eine einzelfallbezogene Prüfung hinsichtlich des jeweiligen Schutzgutes vorzunehmen [UM 1993b].

Tabelle 1.3-1: Hintergrundwerte und Prüfwerte für ausgewählte Schadstoffe in Böden (Abkürzungen Kap. 6; Quellen: UM [1992], UM/SM [1993], UM [1993b], in []-Klammern SCHULDT 1990)

		90.P-Hintergrundwert	Prüfwert gegenüber										
			Mensch		Tier	Pflanze			Bodenorg.	Sickerwasser			
			Spielfläche	Siedlungsfläche	Gewerbefläche	Beweidung	Nahrungspflanzen	Futterpflanzen	Pflanzenwachstum	Mikroorganismen	Bodentiere	Oberboden	Unterboden
As	ges. mg/kg	6...17	20	30	130	[45]	-----20...40 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	40...60	-	-	-	-	140	140	800	-	-	140	70
Cd	ges. mg/kg	0,2...1,0	3	15	60	[25]	-----1...1,5(wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	5...80	-	-	-	-	25	25	-	-	-	100	30
Cr	ges. mg/kg	20...90	100	500	-	-	-----100 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	11...50	-	-	-	-	-	-	60	130	-	130	130
Cu	ges. mg/kg	10...60	-	-	-	[110]	-----60 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	250...400	-	-	-	-	1.000	2.400	1.200	-	1.200	450	
Hg	ges. mg/kg	0,05...0,2	2	10	40	-	-----1 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	1	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	7
Ni	ges. mg/kg	15...100	100	100	300	[6.000]	-----50 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	200...1.000	-	-	-	-	-	-	1.200	-	-	1.200	700
Pb	ges. mg/kg	25...55	100	500	4.000	[700]	-----100 (wenn pH 5)-----						
	mob. µg/kg	4...3.000	-	-	-	-	400	400	-	-	-	3.500	250
Tl	ges. mg/kg	0,2...0,7	1	4	15	-	-----0,5...1 (wenn pH>5)-----						
	mob. µg/kg	11...50	-	-	-	-	40	40	-	-	-	-	-
Zn	ges. mg/kg	35...150	-	-	-	[6.000]	-----150...200 (wenn pH>5)-----						
	mob. µg/kg	120...5.000	-	-	-	-	5.000	10.000	-	-	-	5.000	1.500
									0				
PAK ₁₆	mg/kg	1,0	5	25	100	-----	10	-----	-	-	-	-	-
BaP	mg/kg	0,07	0,5	2,5	10	-----	1	-----	-	-	-	-	-
PCB ₆	µg/kg	10	600	-	-	-----	300	-----	-	-	-	-	-
PCDD/F ₁ TEq	ng/kg	2	100	1.000	-	5	40	40	-	[1.000]	-	-	-

-: Prüfwert nicht relevant oder keine Prüfwert(vorschläge) verfügbar

...: Wert ist abhängig vom Subtrattyp (Tongehalt, pH-Wert, Ausgangsgestein, vgl. UM 1993)

Als weitere Beurteilungsgrundlagen sind in Tabelle 1.3-2 derzeit zulässige Schadstoff-Frachten für Böden durch Aufbringung von Klärschlämmen, Komposten und Eintrag von Stäuben aufgeführt. Darüberhinaus sind errechnete Eintragswerte aufgelistet, die unter den folgenden Annahmen nach 100 Jahren zu kritischen Anreicherungen im Boden führen:

- Hintergrundwerte (H_{ges} nach Spalte 5),
- Prüfwerte (P_{ges} nach Spalte 5),
- Einmischungstiefe 10 cm,
- Bodendichte 1 kg/dm^3 ,
- Verbleib der Stoffe im Oberboden

Mit Hilfe der 100-Jahr Eintragswerte läßt sich die relative Bedeutung des Eintrags verschiedener Schadstoffe für die Bodenbeschaffenheit beurteilen.

Tabelle 1.3-2: Zulässige Schadstoff-Frachten auf Böden durch Klärschlämme, Komposte und Staubniederschlag sowie errechnete 100-Jahr Eintragswerte

Element	Klärschlamm	Kompost	Staub	H_{ges}^*	P_{ges}^{**}	100-J. Eintragswert
	(AbfKlärV'92)	(Erlaß, UM 1994)	(TA Luft, IW1)			
	g/(ha a)	g/(ha a)	g/(ha a)	mg/kg	mg/kg	g/(ha a)
As	-	-	-	17	20 Sp	30
Be	-	-	-	(1,6)	(2) -	4
Cd	17	10	18	0,4	1 Pfl	6
Co	-	-	-	(13)	(30) -	170
Cr	1.500	1.000	-	50	100 Sp	500
Cu	1.333	750	-	30	60 Pfl	300
Hg	13	10	-	0,1	1 Pfl	9
Ni	333	500	-	40	100 Sp	600
Pb	1.500	1.000	913	40	100 Sp	600
Se	-	-	-	(1)	(5) -	40
Tl	-	-	37	0,4	1 Pfl	6
V	-	-	-	(60)	(100) -	400
Zn	4.167	3.000	-	75	200 Pfl	1.250
PCB ₆	2	2	-	0,01	0,3 -	3
	µg/(ha a)	µg/(ha a)		ng/kg	ng/kg	µg/(ha a)
PCDD/F _{I-Tl}	167	170	-	2	5	30
					Bew.	

* 90.P-Hintergrundwerte für Böden der Tongehaltsgruppe T3 nach UM [1993b] und () PRÜEB [1992]

** Prüfwerte hins. Sp: Spielplätze, Bew: Beweidung; Pfl: Pflanzen nach UM [1993b] und () EIKMANN & KLOKE [1993]

2 Das Erhebungsgebiet

Das Erhebungsgebiet Kehl wird im Westen durch den Rhein und im Osten vom (Gauß-Krüger-) Rechtswert ³⁴¹⁹ begrenzt (vgl. Kartenausschnitt auf Karte 4.0-1). Die Nord-Süderstreckung reicht vom Hochwert ⁵³⁷⁷ bis ⁵³⁸⁸. Das Gebiet umfaßt 77 km² und ist Teil des Ortenaukreises. Die Fläche wird von der Kreisstadt Kehl mit den Gemarkungen Kehl, Auenheim, Bodersweier, Querbach, Neumühl, Kork, Odelshofen sowie dem nordwestlichen Teil der Gemeinde Willstätt und der Ortschaft Willstätt-Eckartsweier eingenommen. Linksrheinisch des Erhebungsgebietes (im folgenden Kurz als Raum Kehl bezeichnet) schließt sich die französische Großstadt Straßburg an.

2.1 Bodengesellschaften

Kehl liegt auf der Niederterrasse des Rheins, im Mündungsbereich der Flüsse Kinzig und Schutter.

Der Untergrund der Kehler Böden wird von mächtigen Schottern und Sanden der Rheinterrasse gebildet, die lediglich in einem schmalen Streifen im Westen des Erhebungsgebiets (rezente Rheinaue, Kehler Hafen) bodenbildend sind. Gegen Osten wird der Schotter vom holozänen Schwemmkegel aus Auenlehmen, -tonen und -sandem der Schutter und der Kinzig überlagert. Diese Sedimente sind dominierendes Ausgangsmaterial der Bodenbildung.

Die Kinzig lieferte, bei überwiegend hohen Fließgeschwindigkeiten, eher sandig-schluffiges Material. Davon zeugt der Ortsname Sand, östlich von Willstätt. Die Schutter hingegen, die bereits vor Kehl einen stärker mäandrierenden Verlauf einnahm, lieferte überwiegend toniges Material (KRAUSE 1994). Liefergebiet der Auensedimente ist der Buntsandstein- und der Grundgebirgs-Schwarzwald. Kinzig und Schutter sind heute begräbt und hoch eingedeicht.

Im östlichen Teil des Erhebungsgebietes sind wenige Dezimeter bis Meter mächtige, pleistozäne Rücken aus Sandlöß bis Löß sowie Hochflutlehmen bis -sandem inselhaft auf den holozänen Sedimenten aufgelagert (Geologische Karte Auenheim, *in Vorbereitung*).

Damit wirken sich bereits geringste Reliefunterschiede in der ansonsten ebenen Landschaft (135 bis 140 m ü. N.N.) auf die Verteilung der Bodenarten und den Grundwasser-Flurabstand bzw. die Ausprägung hydro-morpher Eigenschaften der Böden aus. Da der Verlauf von Kinzig, Schutter und Rhein in der Vergangenheit stark wechselte, ist die vertikale Verteilung der Bodenarten innerhalb der Bodenprofile sehr variabel. Auf den Auensedimenten haben sich tonreiche Decklagen ausgebildet. Nach den vorliegenden, ausschnittswisen Kartierungen von Bodentypen [KRAUSE 1994, STANDORT 1991, LfU 1991] und Bodenarten [LI 1989] lassen sich folgende Bodengesellschaften unterscheiden:

(1) Nördlich Kinzig: Lehmig bis tonig-lehmige Auengleye und Braune Auenböden

Die Auensedimente nördlich der Kinzig wurden überwiegend von der Kinzig abgelagert. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß auch die Schutter nördlich der heutigen Kinzigmündung stellenweise durchbrach und ihre tonigen Sedimente hinterließ.

Vereinzelt treten zudem pleistozäne Hochflutlehme hervor. Der Flurabstand der Böden beträgt 50 bis 150 cm, wobei bedingt durch Grundwasserabsenkungen teilweise reliktsche Gleye anzutreffen sind. Die Bodenprofile sind bedingt durch die stark wechselnden Sedimentationsraten durch sehr variable Bodenarten (Tongehalte) geprägt. In Oberböden dominieren tonreiche Horizonte, die stellenweise zur Ausbildung von Pelosolen führten.

(2) Uferbereich der Kinzig: Sandig-schluffig bis sandig-lehmige, kiesige Auen-Braunerden bis -Rendzinen

Im unmittelbaren Uferbereich der Kinzig sind junge, sandig-schluffig, kiesige Sedimente anzutreffen, die nur eine schwache Bodenentwicklung zuließen.

(3) Schutteraue: Tonig-lehmige bis lehmig-tonige Auen-Braunerden bis Auen-Pelosole

Das Gebiet südlich der Kinzig und östlich der Rheinaue ist durch tonige Sedimente der Schutter gekennzeichnet. Wie auch im Norden treten hier vereinzelt pleistozäne Rücken hervor. Auch diese Böden weisen hydromorphe Merkmale auf. Die Wasserdurchlässigkeit der tonreichen Horizonte ist sehr gering. Am Gewann Schutterwaldwiesen sind bei geringen Flurabständen sehr grundwasser-frische Standorte anzutreffen, die mit Hilfe von Entwässerungsgräben auch (von unten) bewässert werden. Die sehr tonigen Standorte ("Minutenböden") lassen nur Grünlandnutzung zu.

(4) Rheinaue: Sandig bis schluffig-lehmige Auengleye, Braune Auenböden

Im Bereich der rezenten Rheinaue sind aus sandig- bis schluffig-lehmigen, kieshaltigen Sedimenten Auenrendzinen, Braune Auenböden sowie Auengleye entstanden. Der Grundwasserabstand steigt im Bereich der Rheinaue bis auf wenige Dezimeter unter Flur.

(5) Aufschüttungen

Im Erhebungsgebiet wurde bislang keine Stadtbodenkartierung durchgeführt. Es ist jedoch anzunehmen, daß Kriegereignisse

den Bodenaufbau im Siedlungsgebiet sowie im Kehler Rheinhafen entscheidend prägten. Im Rheinhafen sowie vereinzelt auch im Außenbereich sind flächenhafte Aufschüttungen über Altdeponien anzutreffen.

2.2 Bodennutzungen

Die Besiedlung Kehls wurde durch fluß- und wasserbauliche Maßnahmen wesentlich erleichtert. Um 1850 wurden nach Plänen von Tulla die "Rheinkorrektur" sowie erste Einbettungen von Kinzig und Schutter vorgenommen. Die Einrichtung von 19 Absenkbrunnen im Jahre 1974 führte zu einer weiteren starken Absenkung des Grundwasserspiegels. Um 1900 wurde der heutige Rheinhafen gebaut, der zunächst als Umschlagsort für Kohle und Getreide diente. Erst um 1960 wurde der Rheinhafen zum Industriehafen. Das Hafengebiet umfaßt heute 220 ha und ist wichtigstes Gewerbegebiet. Gewerbeflächen nehmen 5% des Stadtgebietes Kehl (ca. 75 km²) ein (Tabelle 2.2-1). Der Großteil des Erhebungsraums wird landwirtschaftlich genutzt. Auf trockenen Standorten ist eher Ackerbau zu finden, während feuchte Standorte durch die natürliche Auewald-Vegetation sowie Grünlandnutzung gekennzeichnet sind. Forstflächen sind mit 13% an der Gesamtfläche nur untergeordnet vertreten. Kleingartenanlagen liegen in der Nähe der Kernstadt. Der heutige Überschwemmungsbereich der Kinzig ist öffentliche Grünfläche. Ca. 18 ha der Gemarkungsfläche Kehl werden von (rekultivierten) Altablagerungen eingenommen. Davon werden derzeit 3,4 ha für Landwirtschaft und Gartenbau, 0,15 ha als Haus- und Kleingärten und 8 ha für Forst u.ä. Ökosysteme genutzt. Der Rest entfällt auf Gewerbe- und Verkehrsflächen [Kehl 1994b].

Trinkwassergewinnung

Die quartären Kiese und Sande bilden den Hauptgrundwasserleiter der Region. Ein oberer Teilaquifer ist etwa 19 m mächtig, während der untere Aquifer eine Mächtigkeit von 80-90 m aufweist [LI 1989, GLA 1994]. Das Trinkwasserschutzgebiet Eckartsweier ist für die Wasserversorgung Kehls von zentraler Bedeutung. Die Wassergewinnung erfolgt in 15 bis 60 m Tiefe [GLA 1994]. Daneben bestehen zur Notversorgung Wasserversorgungsanlagen in Auenheim, Bodersweier, Neumühl und Kork.

Im Bereich des Kehler Rheinhafens sind lokal erhöhte Gehalte an Ammonium und halogenierten Kohlenwasserstoffen sowohl im oberen als auch im unteren Grundwasserleiter gefunden worden [LI 1989].

2.3 Kontaminationsquellen

Neben lokalen Kontaminationen an Altstandorten und durch Altablagerungen, Schadensfälle oder defekte Kanalisationen werden Böden flächenhaft durch atmogene Einträge und/oder durch Auftrag von Reststoffen aus Gewerbe, Industrie und Hausbrand sowie durch Eintrag von Dünge- und Pflanzenbehandlungsmittel in landwirtschaftlich genutzte Flächen kontaminiert.

(1) Atmogene Einträge

Im Innenstadtbereich von Kehl und auf den Flächen entlang des Rheines sind insgesamt die höchsten Luft-Schadstoffkonzentrationen zu finden, während die weiter östlich gelegenen Flächen deutlich niedrigere Werte aufweisen [UM 1993c]. Dies ist zum einen auf die hauptsächlich im nördlichen Hafengebiet angesiedelten Industrie- und Gewerbebetriebe und den Verkehrsknotenpunkt Rheinbrücke zurückzuführen. Zum anderen wird die Immissionsbelastung in Kehl durch den Großraum Straßburg beeinflusst.

Ca. 3 km nördlich der Innenstadt Kehl wurde eine jährliche Staubemission von 103 t/km² ermittelt [UM 1993c].

Tabelle 2.1-1: Bodennutzungen im Stadtkreis Kehl [Kehl 1978, Daten gerundet]

Nutzung	ha	%
Landwirtschaft (Acker)	3.000	40%
Landwirtschaft (Grünland)	1.500	20%
Kleingartenanlagen	10	<1%
Forst	1.000	13%
öffentl. Grünflächen	150	2%
Friedhöfe	10	<1%
Wohnbaufläche	700	9%
Gewerbeflächen	400	5%
Spiel- und Sportplätze	20	<1%
Gewässer, Verkehr, sonst.	710	9%

In Kehl wurden in den Jahren 1989 und 1992 Immissionen in Form von Staubbiederschlag gemessen [SBW 1991; UM 1993c]. Die höchsten Blei- und Cadmium-Immissionen wurden im Bereich Kehl-Zentrum und Rheinbrücke ermittelt (vgl. Tabelle 2.3-1). Für die anderen Komponenten wurden die höchsten mittleren Immissionen im Kehler Rheinhafen gemessen. Bei PCDD/F ist in der Tabelle 2.3-1 der höchste Monatsmittelwert der Meßstation Kehl zugrunde gelegt.

Die Zink-Immissionen sind mit 1,7 kg/ha und Jahr im Hinblick auf das Schutzgut Boden hoch. Untersuchungen in Straßburg bestätigen diesen Befund [1,4 kg/(ha a); ULP/INRA 1993]. Für die Beurteilung der Immissionen ist der Zeitraum bis zum Erreichen kritischer Gehalte im Boden wesentlich. Für diese Beurteilung sind in Tabelle 1.3-2 sog. 100-Jahr Eintragungswerte aufgelistet. Bei Überschreiten dieser Eintragungswerte werden unter bestimmten Voraussetzungen (vgl. Kap. 1.3) in weniger als 100 Jahren Boden-Prüfwerte erreicht. Demnach ergibt sich, daß im zentralen Siedlungsbereich des Erhebungsgebiets – wie auch in anderen Siedlungsräumen – bereits infolge der aktuellen atmogenen Einträge ein Zeitraum von weniger als 100 Jahren ausreicht, um die Gehalte im Boden an Cadmium, Zink und PCDD/F über den jeweiligen Prüfwert anzureichern.

Tabelle 2.3-1: Mittlere Immissionen im Planquadratkilometer mit der jeweils höchsten Belastung und Beurteilung nach dem 100-Jahr Eintragungswert (vgl. Tabelle 1.3-2)

Element	Quelle	Immission g/(ha a)	% v. 100-J. Eintragungswert
As	[SBW 1991]	7,3	24%
Be	[SBW 1991]	2,4	60%
Cd	[UM 1993c]	6,2	103%
Co	[SBW 1991]	11	6%
Cr	[SBW 1991]	179	36%
Cu	[SBW 1991]	113	38%
Hg	[SBW 1991]	1,4	16%
Ni	[SBW 1991]	51	9%
Pb	[UM 1993c]	204	34%
Se	[SBW 1991]	3,3	8%
V	[SBW 1991]	66	16%
Zn	[SBW 1991]	1.720	137%
		µg/(ha a)	
PCDD/F	[UMEG 93]	314	1046%

(2) Feststoff-Einträge

Im Erhebungsgebiet liegen keine Angaben über den Eintrag von persistenten Schadstoffen durch Agrochemikalien vor. Da jedoch die häufig anzutreffende Grünlandnutzung den Einsatz von Agrochemikalien kaum erfordert, dürften bewirtschaftungsbedingte Schadstoffeinträge als Quelle für Bodenkontaminationen insgesamt vernachlässigbar sein. Die Klärschlämme der Stadt Kehl werden zu 100% in der Landwirtschaft verwertet [WOLLSCHLÄGER, pers. Mitteilung]. Die Schadstoffgehalte der Klärschlämme (Tabelle 2.3-2) liegen unterhalb der Grenzwerte der Klärschlammverordnung. Die Gehalte an Cadmium, Zink, Kupfer, Quecksilber, PCB und PCDD/F im Klärschlamm sind jedoch höher als die natürlichen Bodengehalte (vgl. Kap. 4). Regelmäßige Aufbringung von Klärschlamm führt damit zu Anreicherungen von Cadmium, Zink, Kupfer, Quecksilber, PCB und PCDD/F in den Böden.

Bei den Badischen Stahlwerken GmbH werden jährlich ca. 200.000 t Elektroofenschlacke (EOS) erzeugt und im Straßen- und Erdbau

eingesetzt. EOS ist langsam abgekühlte, kristalline Schlacke aus einem Elektroofen-Verfahren, die bei der Herstellung von Massen- und Qualitätsstählen anfällt. Ausgangsprodukt der Kehler Stahlproduktion ist Schrott. Die Schlacke enthält im Vergleich zu Böden höhere Chrom-, Kupfer und Zink-Gesamtgehalte [HIERSCHKE 1990]. Nach Extraktion mit H₂O (DEV S4) sind 30-40 µg Cr/l löslich [BSW 1994]. Als Hintergrundwert für Grundwässer SW-Deutschlands werden 2 µg Cr/l und als Prüfwert (P-W-Wert) 40 µg Cr/l angegeben [UM/SM 1993].

Der H₂O-lösliche Anteil entspricht einem löslichen Gehalt in der Schlacke von 300 bis 400 µg Cr_{lsl}/kg Schlacke. Der Prüfwert für mobiles Chrom nach E DIN 19730 (Ammoniumnitratextraktion) in Böden hinsichtlich des Schutzguts Pflanzen beträgt 60 µg/kg. Für ökotoxische Aussagen ist zusätzlich die Chrom-Spezies bedeutsam.

Der versuchsweise Auftrag von EOS-Schlacke auf Böden (als Kalkersatz) führte zu einer Erhöhung der Chrom-, Kupfer- und Zink-Gesamtgehalte im Boden. Außerdem stieg der CaCl₂-lösliche Kupfergehalt im Boden an [JAHN-DEESBACH 1994].

Tabelle 2.3-2: Stoffgehalte im Klärschlamm der Zentralkläranlage Auenheim [Kehl 1994a]

	[mg/kg] m _T	
	1.6.1993	15.11.1993
Blei	58	90
Cadmium	1,8	2,5
Chrom	30	43
Kupfer	375	470
Nickel	20	30
Quecksilber	2,3	2,2
Zink	1058	1428
AOX	255	207
PCB ₆	0,063	-
PCDD/F	16,7 [ng I-TEq/kg]	-

zu Abkürzungen siehe Kapitel 6

3 Methodik

3.1 Datenerhebung

Die Tabellen 3.1-1 und 3.1-2 geben die bis 1994 durchgeführten und hier berücksichtigten Projekte nach Herkunft und untersuchtem Komponentenspektrum wieder. Darüberhinaus wurden Nitrat-Untersuchungen nach der SchAIVo ausgewertet [Quelle: LUFA]. An einzelnen Standorten ist nicht auszuschließen, daß die Nutzung zwischenzeitlich geändert oder die damals untersuchten Böden überdeckt oder umgelagert wurden. In der folgen-

den Auswertung wird die Nutzung zum Zeitpunkt der Probennahme berücksichtigt. Für den Raum Straßburg liegt eine Auswertung der Schadstoffgehalte in Böden von ULP/INRA [1993] vor.

3.2 Datenvergleichbarkeit

Bezüglich detaillierter Angaben zur Probenahme und Analytik wird auf die Originalarbeiten verwiesen. Die Bodenproben wurden aus Oberböden der Tiefe 0-5 bis 0-30 cm entnommen. Meist wurde eine Mischprobe von einer 100 m² großen Fläche erstellt. Die Lokalität der Probennahme wurde i.d.R. auf ± 10 m dokumentiert, bei den Projekten 307 und

Tabelle 3.1-1: Projekte aus dem Erfassungsgebiet Kehl, in denen Böden auf Schadstoffe untersucht wurden

PrjNr	Projektname [Profilnummern]	Probennahme	Oberböden (Profile)	Probenehmer, Analytik	Quelle*
1	Bodenmeßnetz	1.5.1985	1	LfU, LUFA	BDB
7	Überschwemmungsgebiete	1.5.1985	9	LWA, LUFA	BDB
14	Schwermetalle in Böden	1.6.1988	13	LWA, LUFA	BDB
16	PCB's in Böden PCDD/F in Böden	1.7.1987	1	LfU	BDB
19,1	[3019]	1.12.1987	5	-	BDB
19,2	[3042 - 3046]	12.12.1988	5 [Prj. 301]	Uni Tübingen	BDB
19,3	[3050-3052]	11.8.1989	3	-	
19,4	[3122 - 3167]	25.4.1990	15	UMEG, Uni Tü	BDB
19,5	[3210 - 3221]	15.10.1990	12	-	
21	[14]	1.12.1986	1	-	BDB
28	[3031 - 3033]	29.11.1990	3	-	BDB
301	Schwermetalle in Böden des Raumes Kehl-Straßburg	1989	97 (3)	Uni Heidelberg	SBW
302	Schwermetallbelastung von Vegetation und Böden	1991	47 (9) [Prj. 301]	Fa. Standort	LfU
307	Beprobung nordwestl. Kehl	1988	28	Maus (Bremen)	BI Kehl
308	Erste Beprobung	1984	4	iwl	St. Kehl
309	PCDD/F NO-Hafen Kehl	20.11.1990	6	UMEG, Uni Tü	BSW

* BDB: Bodendatenbank Baden-Württemberg, BI: Bürgerinitiative, BSW: Badische Stahlwerke Kehl; SBW: Sonderabfallentsorgung Baden-Württemberg; sonst: Abk. vgl. Kap. 6

308 beträgt die Genauigkeit ± 50 m.

Im Projekt 307 wurden die Schwermetallgehalte mit Röntgenfluoreszenzanalyse ermittelt. Da dieses Verfahren bei Chrom und Nickel höhere Elementgehalte als nach dem ansonsten durchgeführten Königswasseraufschluß liefert, wurden diese Chrom- und Nickel-Gehalte bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Im Projekt 302 wurde mobiles Cadmium nach Extraktion mit 0,1 M CaCl_2 -Lösung ermittelt. Um diese Daten mit dem Verfahren nach E DIN 19730 (1 M NH_4NO_3 -Lösung) vergleichen zu können, wurden die Gehalte umgerechnet (Regression nach HORNBERG et al. 1993).

Die Schwermetallgehalte werden anhand der Tongehalte der Böden beurteilt. Aus dem

Projekt 302 waren Ton+Feinschluffanalysen (T+fU; Fraktion $< 6,3 \mu\text{m}$) vorhanden. Zwischen den Ton- (T) und den Ton+Feinschluffgehalten (T+fU) besteht nach Daten des Bodenmeßnetzes Baden-Württemberg eine sehr enge Beziehung ($R = 0,98$). Die Tongehaltsgruppen wurden mittels Regressionsanalyse auf Ton+Feinschluff-Gehaltsgruppen umgerechnet ($T+fU\% = 3,505 + 1,144 T\%$). Tabelle 3.2-1 enthält die für die Zuordnung der Daten genutzte Klasseneinteilung. An den Standorten mit Schwermetallanalysen, an welchen Angaben sowohl zur Tongehaltsgruppe als auch zum Ton+Feinschluffgehalt fehlten, wurde die Bodenart mittels Fingerprobe im Gelände nacherhoben. Ebenso wurden fehlende pH-Werte nachbestimmt.

Tabelle 3.1-2: Anzahl der in Kehl bis 1994 untersuchten Oberböden, gruppiert nach Untersuchungsprojekten und Komponenten, die im Bodenzustandsbericht berücksichtigt werden

Projekt	As	Cd	Cd _{mob}	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAK	PCB	PCDD/F
1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	-	-
7	-	9	-	9	9	9	9	9	-	-	-	-
14	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
19,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
19,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5
19,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
19,4	-	10	-	-	-	-	-	10	10	-	-	15
19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	12	12
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
301*	24	97	-	97	97	97	97	97	97	-	-	-
302	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
307	-	-	-	-	28	-	-	28	27	-	-	-
308	-	-	-	4	4	4	-	4	4	-	-	-
309**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
	25	134	47	111	152	111	107	162	139	17	18	50

Chem.

Abkürzungen

siehe

Kap.

6

* außerdem wurden Kobalt und Vanadium berücksichtigt; ** für die beschreibende Statistik eliminiert (vgl. Text)

3.3 Datenauswertung

3.3.1 Datengruppierung

Für die Beurteilung der Schwermetallgehalte werden die Böden zunächst nach Tongehaltsgruppen (Gesamtgehalt) oder dem pH-Wert (mobile Anteile) untergliedert.

Eine weitere, allgemeine Bezugsgröße für die Beurteilung der Schadstoffgehalte ist der Siedlungstyp. Der Siedlungstyp wurde anhand des Flächennutzungsplans und des Stadtplans kartographisch ermittelt und in Zweifelsfällen bei einer Geländebegehung überprüft. Der Siedlungstyp ist für Aspekte der Raumplanung bedeutsam.

Neben dem Siedlungstyp bildet darüberhinaus die Bodennutzung nach Tabelle 3.3-1 eine wesentliche Kategorie für die Gruppierung der Daten. Die Bodennutzung ist für die Beurteilung einer aktuellen Beeinträchtigung der Schutzgüter maßgeblich.

3.3.2 Kartographische Darstellung

Für die kartographische Darstellung werden die Schadstoffgehalte den Farben grün, gelb oder rot zugeordnet. Die Farben orientieren sich an den bestehenden Hintergrund- und Prüfwerten (vgl. Tabelle 1.3-1):

grün: 90.P-Hintergrundwert unterschritten

gelb: 90.P-Hintergrundwert überschritten

hellrot: niedrigster Prüfwert überschritten

rot: nächsthöherer Prüfwert überschritten

Die Prüfwerte werden demnach unabhängig von der aktuellen Nutzung angewendet, die in den Karten jedoch als Symbol hinterlegt ist.

3.3.3 Beschreibende Statistik

In allen Untersuchungsprojekten wurden die Böden stichprobenartig untersucht. Zur Auswertung werden zunächst sämtliche Daten zu einer Gesamtstichprobe aggregiert. Ausgenommen hiervon wurde das Projekt 309, welches zur Abgrenzung einer bekannten

Tabelle 3.2-1: Einteilung von Tongehaltsgruppen nach den Fraktionen $< 2 \mu\text{m}$ und $< 6,3 \mu\text{m}$

Tongeh.- gruppe	T < 2 μm	T+fU* < 6,3 μm
T1	< 8%	<13%
T2	- 17%	- 23%
T3	- 27%	- 34%
T4	- 45%	- 55%
T5	- 65%	- 78%
T6	> 65%	> 78%

* T+fU: Ton plus Feinschluff

Bodenbelastung durchgeführt wurde. Die Gesamtstichprobe wird zunächst durch das 50. und 90. Perzentil charakterisiert (50.P, 90.P). In einem zweiten Schritt wird die Gesamtstichprobe nach dem Substrattyp, der Bodennutzung und/oder dem Siedlungstyp unterteilt. Für jede Teilstichprobe wird die Häufigkeitsverteilung der Schadstoffe als *Boxplot* dargestellt (Abbildung 3.3-1). Die Perzentile sind nach folgender linearer Interpolation berechnet (jeder Meßwert repräsentiert einen Klassenmittelpunkt):

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

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

p : Perzentil

k : Rangplatz in der vom kleinsten zum größten Wert sortierten Datenreihe, ganzzahliger Teil von v

f : Dezimalanteil von v

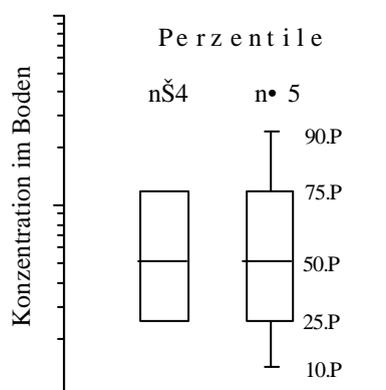
n : Probenanzahl

Die Teilstichproben lassen sich mit Hilfe der Boxplots einfach vergleichen, jedoch ist zu beachten, daß die ermittelten Perzentile von den wahren Perzentilen der Grundgesamtheit Abweichung hängt von der Repräsentativität der untersuchten Standorte (Meßplanung), dem Verteilungstyp (vgl. Boxplot) und dem Stichprobenumfang ab. Das 50.P ist gegen Ausreißer unempfindlich und zur Charakterisierung kleiner Teilstichproben besser geeignet als das 75.P oder 90.P.

Tabelle 3.3-1: Kategorien für Bodennutzungen

Kategorie	Nutzung*
Landwirtschaft u. Gartenbau	Acker (10), Grünland (20), Weide (21), Mähweide (22), Wiese (23), Streuwiese (24), Hutung (41), Sonderkulturanbau (60), Baumschulen (61), Hopfen (62), Weinbau (63), Spargel (64), (Gemüsebau (65), Obstbau (66), Zierpflanzenbau (67)
Haus- u. Kleingärten	Hausgärten/Kleingärten (150), Rasen (151), Ziergarten (152), Gemüsebeete (153), Dauerkulturen (154)
Forst u. ä. Ökosysteme	Forst (50), Laubwald (51), Nadelwald (52), Mischwald (53), Kahlschlag (54), Naturschutzgebiet (101), Ödland (naturnah) (40), Krautvegetation (42), Buschvegetation (43), Gewässergrund (114)
Park u. Grünanlage	Park/Grünfläche (105), Friedhof (110)
Gewerbe u. Verkehr	Gewerbefläche (80), Grünfläche (81), Lagerplatz/Umschlagplatz (82), Brachfläche (83), Verkehrsfläche (102), Deponien (90), Mülldeponie (91), Erdaushub (92), Sondermüll (93), Sonstige Nutzungen (100), Überbaute Fläche (103), Hoffläche (104), Sand-/Kiesgrube (111), Ton-/Mergelgrube (112), Steinbruch (113)
Sport- u. Freizeitanlage	Sportplatz (106), Freizeitanlage (107), Schulgelände (109)
Kinderspielplatz	Kinderspielplatz (108)

*: nach 3. VwV zum BodSchG incl. Zahlenschlüssel in Klammern

**Abbildung 3.3-1:** Darstellung der Häufigkeitsverteilung von Schadstoffen im Boden

Der Maximalwert hat abweichen können. Die Größe der Stichprobenumfang von $n = 15$ keinen Einfluß auf das 90.P, ab $n = 26$ haben die zwei höchsten Meßwerte keinen Einfluß.

3.3.4 Aufteilung der Daten

In Tabelle 3.3-2 sind die vorhandenen Daten unterschieden nach der Bodennutzung und in Tabelle 3.3-3 nach dem Siedlungstyp dargestellt. Aus der Gesamtstatistik aller Daten ergibt sich, daß

- Sport- und Spielplätze sowie Kinderspielplätze in der Gesamtstichprobe stark unterrepräsentiert sind,
- Haus- und Kleingärten unterrepräsentiert sind,
- der Außenbereich bei allen Komponenten, mit Ausnahme von PCDD/F, überrepräsentiert ist.

Mit Ausnahme von Projekt 309 wurden die Böden zur Charakterisierung der flächenhaften Schadstoffverteilung beprobt. Dies schließt nicht aus, daß einzelne Standorte im Nahbereich von Emittenten nur eine kleinflächige Standorteinheit repräsentieren. Da die Hintergrundwerte künftig als 50. und 90.-Perzentile angegeben werden sollen [LABO 1994], bleiben Maximalgehalte jedoch i.d.R. außer Acht.

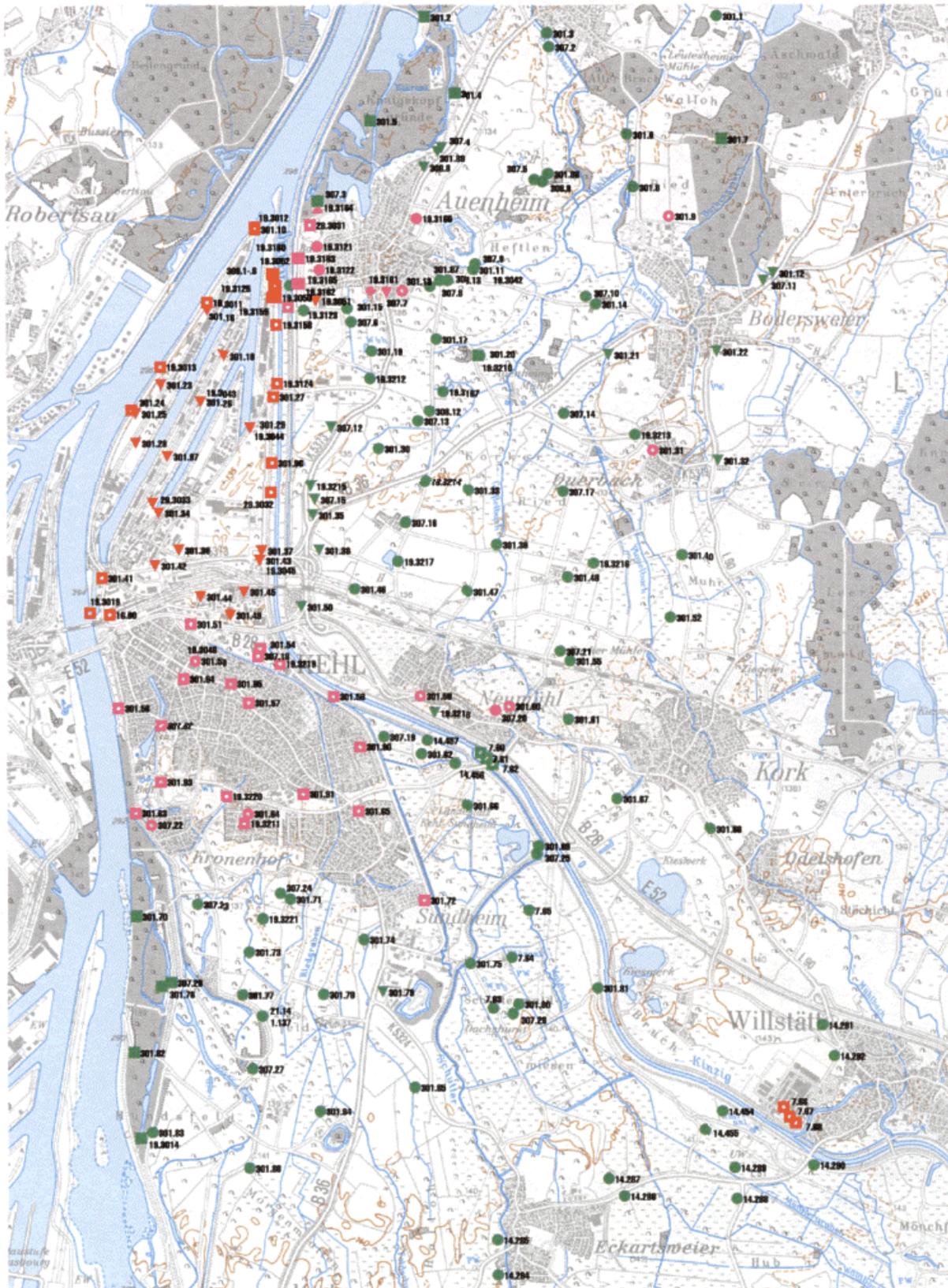
Tabelle 3.3-2: Anzahl untersuchter Bodenkomponenten im Raum Kehl, aufgeteilt nach Bodennutzung

Nutzung	As	Cd	Cd_{mob}	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAK	PCB	PCDD/F
Landw. u. Gartenbau	4	60	24	45	77	45	42	79	63	8	8	15
Haus- u. Kleingärten	1	7	3	7	8	7	7	8	8	1	1	1
Forst u.ä. Ökosysteme	-	12	4	8	10	8	8	14	14	-	-	5
Park- u. Grünanlagen	9	27	9	25	26	25	25	28	21	3	4	19
Gewerbe u. Verkehr	11	26	7	26	31	26	25	31	31	5	5	8
Sport- u. Freizeitanl.*	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1
Spielplätze*	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1

*: Sport- und Freizeitanlage sowie Spielplatz wurde für die beschreibende Statistik der Kategorie Park- und Grünanlage zugeordnet

Tabelle 3.3-3: Anzahl untersuchter Bodenkomponenten im Raum Kehl, aufgeteilt nach Bodenumfeld

Umfeld	As	Cd	Cd_{mob}	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAK	PCB	PCDD/F
Außenbereich	6	80	29	66	103	66	62	104	85	10	10	15
Siedlungsbereich	9	29	11	21	25	21	21	33	32	4	4	15
Gewerbebereich	10	25	7	24	24	24	24	25	22	3	4	20



bis Mai 1994 untersuchte Oberböden	Bezeichnung X.X: ProjektNr.Profilnr	Bodenumfeld	Bodennutzung
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Außenbereich ■ Siedlungsbereich ■ Gewerbebereich 	<ul style="list-style-type: none"> ● Landw. u. Gartenbau ◻ Haus- u. Kleingärten ■ Forst u.ä. Ökosysteme ■ Park u. Grünanlagen ▼ Gewerbe und Verkehr ▲ Sport u. Freizeit anl. ◆ Kinderspielplatz

Karte 3.2-1: Lokalisation der Probennahmestandorte

4 Schadstoffgehalte der Böden im Raum Kehl

Das Verhalten von Schadstoffen im Boden wird von seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit bestimmt. Für anorganische Schadstoffe ist die Bodenacidität von vorrangiger Bedeutung.

Über 50% der Kehler Böden weisen einen für die Immobilisierung von Schwermetallen optimalen pH-Bereich von pH 6,5 bis 7,5 auf. Solche Böden enthalten häufig noch 10 bis 20% freien, puffernd wirkenden Kalk. Saure Böden im pH-Bereich 4,5 bis 5,5 sind in ca. 15% der Fälle, meist unter Grünlandnutzung, anzutreffen (vgl. Abbildung 4.0-1, Karte 4.0-1). Die Böden der Rheinaue weisen auch unter forstwirtschaftlicher Nutzung pH-Werte über 6,5 auf. Lediglich an einem Standort im *Äschwald* wurde mit pH 4,2 ein stark saurer Boden ermittelt. Böden mit pH-Werten < 4,0 fehlen.

Mit Hilfe des Tongehaltes der Böden lassen sich natürliche Schwermetallgehalte abschätzen. In dem Erhebungsraum herrschen tonreiche Böden vor. 50% der Oberböden weisen Tongehalte über 25 % auf (T4, T5). Sehr sorptionsschwache Böden der Tongehaltsgruppe T1 fehlen nahezu (vgl. Abbildung 4.0-2, Karte 4.0-2). Sandige Böden treten lediglich im Bereich der Auen des Rheins und der Kinzig auf.

Unter Grünlandnutzung und damit einhergehender Bodenruhe sind überwiegend humose bis stark humose Oberböden anzutreffen.

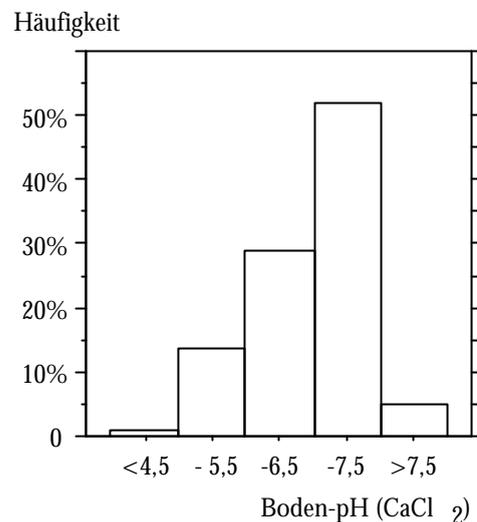


Abbildung 4.0-1: Häufigkeitsverteilung des Boden-pHs in Kehler Böden

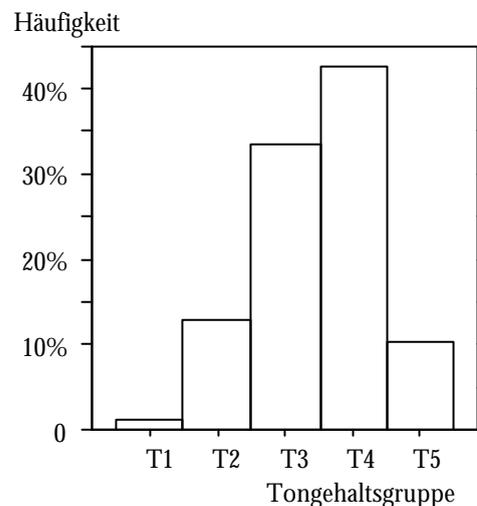
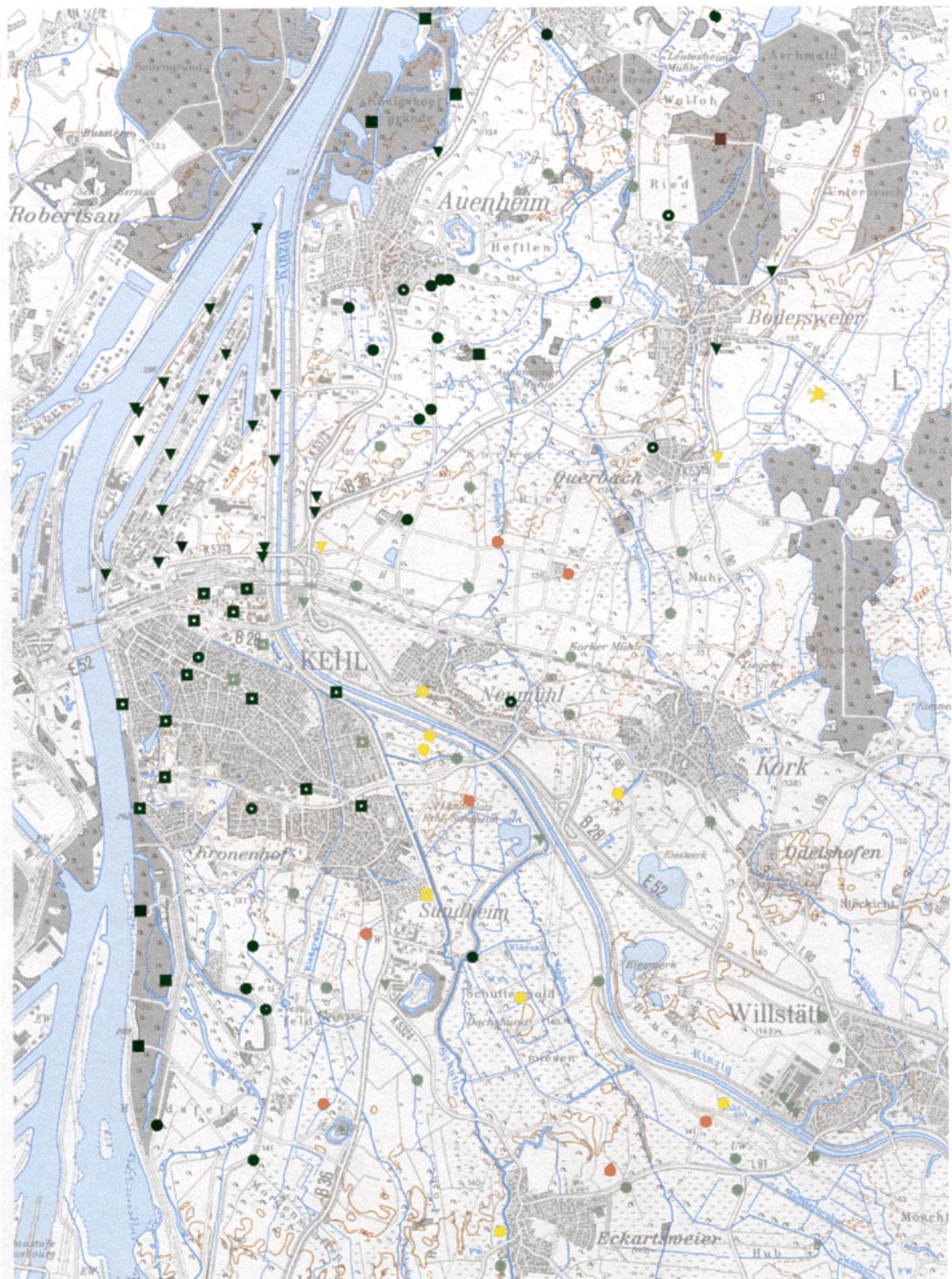
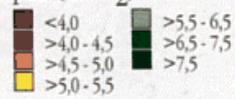


Abbildung 4.0-2: Häufigkeitsverteilung der Tongehaltsgruppen in Kehler Böden



Bodenacidität

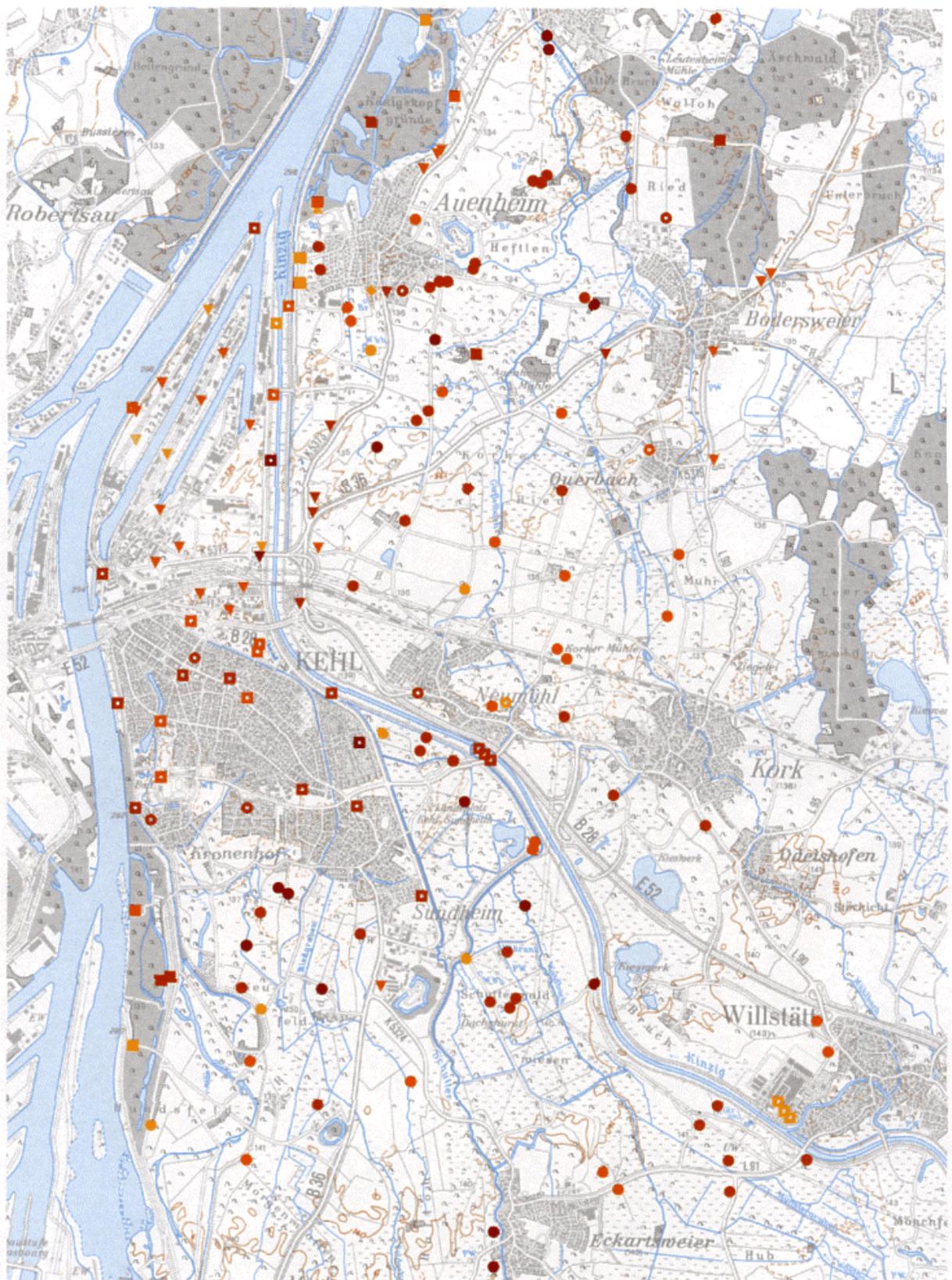
pH (CaCl₂)



Bodennutzung



Karte 4.0-1: Bodenacidität im Raum Kehl



Tongehalt der Oberböden

Tongehaltsgruppe (% Ton)

- T1 (<8%)
- T2 (8-17%)
- T3 (17-25%)
- T4 (25-45%)
- T5 (45-65%)
- T6 (>65%)

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeitanl.
- Kinderspielplatz

Karte 4.0-2: Tongehalt der Kehler Böden

4.1 Arsen

Die Böden im Raum Kehl weisen allgemein geringe Arsengehalte auf; 90% der Gehalte liegen unterhalb 13 mg/kg (Tabelle 4.1-1). Die Differenzierung der Arsengehalte nach Tongehaltsgruppen ist wenig ausgeprägt.

Die Abbildung 4.1-1 und die Karte 4.1-1 lassen eine schwache Differenzierung nach der Siedlungsstruktur erkennen. An je einem Standort im Siedlungs- und im Gewerbebereich wird der landesweite 90.P-Hintergrundwert überschritten.

Daten zur Mobilität des Arsens liegen bislang nicht vor. Da die Mobilität von Arsen in alkalischen Böden häufig hoch ist, sollten künftig, bei Verdacht auf Kontaminationen in Böden mit $\text{pH} > 7,0$, auch die mobilen Anteile bestimmt werden.

Insgesamt kann jedoch gefolgert werden, daß von den vorliegenden Arsenkonzentrationen keine schädlichen Wirkungen zu erwarten sind und die Arsengehalte der Böden im Regelfall nicht weiter zu kontrollieren sind.

Tabelle 4.1-1: Statistische Kenndaten der Arsengehalte in Kehler Böden (n = 25)

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	25	6,9	13	4,9	10	7,4	15

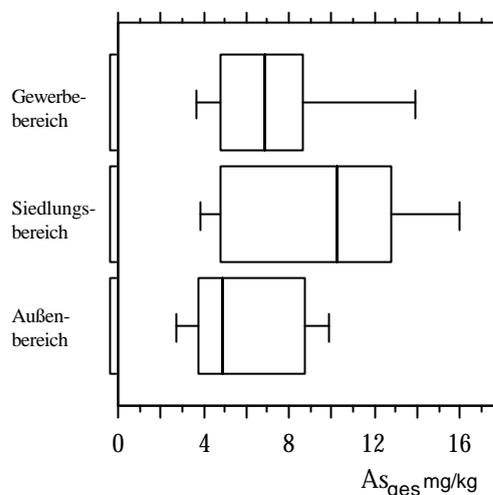
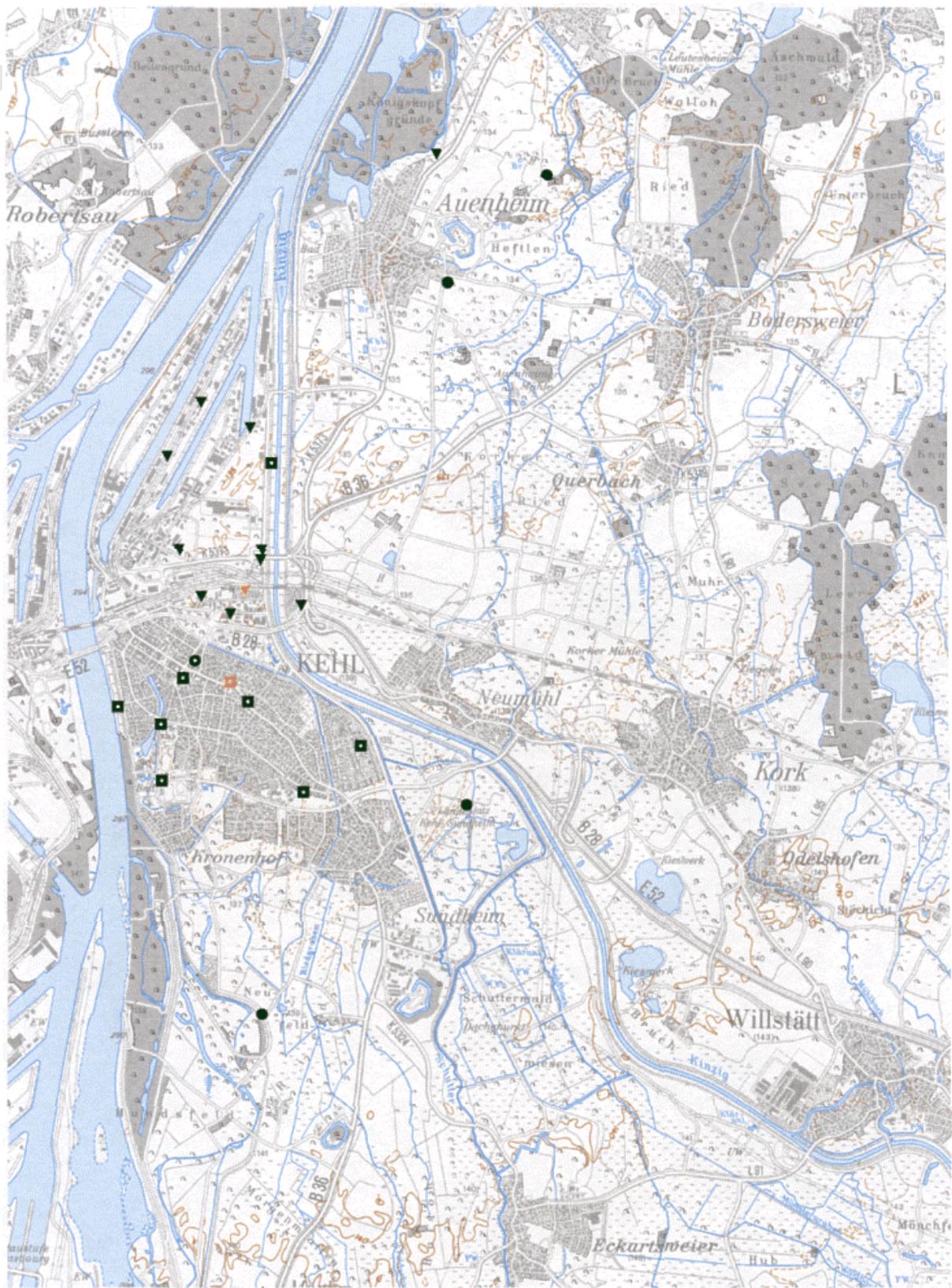


Abbildung 4.1-1: Arsen-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach dem Bodenumfeld

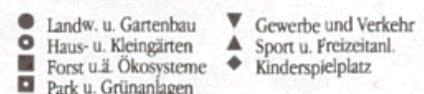


Arsen-
Gesamtgehalt

mg/kg



Bodennutzung



Karte 4.1-I: Arsen-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.2 Cadmium

Vereinzelte sind in den Böden des Erhebungsraumes erhöhte Cadmium-Gesamtgehalte anzutreffen; 90% der bislang untersuchten Böden weisen Gehalte unterhalb 0,6 mg/kg auf und liegen damit im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte (Tabelle 4.2-1).

Erhöhte Gehalte sind zum einen durch die hohen Tongehalte der Böden bedingt und damit natürlichen Ursprungs. Eine Differenzierung der Cadmiumgehalte nach Tongehaltsgruppen deutet sich in den Böden des Raums Kehl kaum aus.

Zum anderen ist in der Karte 4.2-1 zu erkennen, daß Cadmium-Anreicherungen auf die Siedlungs- und Gewerbebereiche sowie die Auenbereiche von Rhein und Kinzig beschränkt sind (vgl. auch Abbildung 4.2-1). "Empfindliche Nutzungen" wie Landwirtschaft und Gartenbau oder Kleingärten sind nach der bisherigen Datenlage von erhöhten Cadmium-Gesamtgehalten in den Böden nicht betroffen (Abbildung 4.2-2).

Die Mobilität des Cadmiums kann mit den vorliegenden Daten abgeschätzt werden (vgl. Kap. 2.2, Karte 4.2-2). Danach sind in schwach sauren Böden unter Grünlandnutzung vereinzelt erhöhte mobile Anteile vorhanden, jedoch wird der Prüfwert an keinem Standort erreicht.

Damit bestätigen auch die Daten für die mobilen Cadmiumanteile, daß die landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung im Raum Kehl durch erhöhte Cadmiumgehalte im Boden aktuell nicht beeinträchtigt wird.

Tabelle 4.2-1: Statistische Kenndaten der Cadmiumgehalte der Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	134	<0,1	0,6	<0,1	0,3	0,3	1,0
mob µg/kg	47	6,4	19	6,4	19	3,4	16

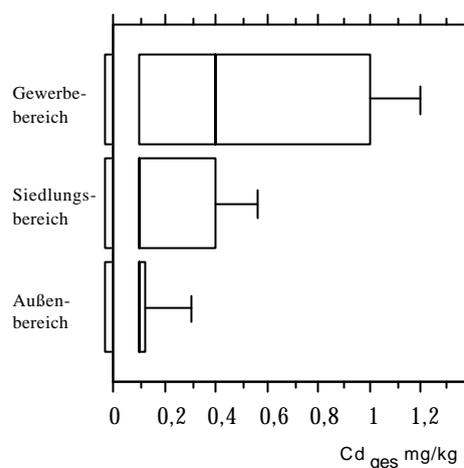


Abbildung 4.2-1: Cadmium-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

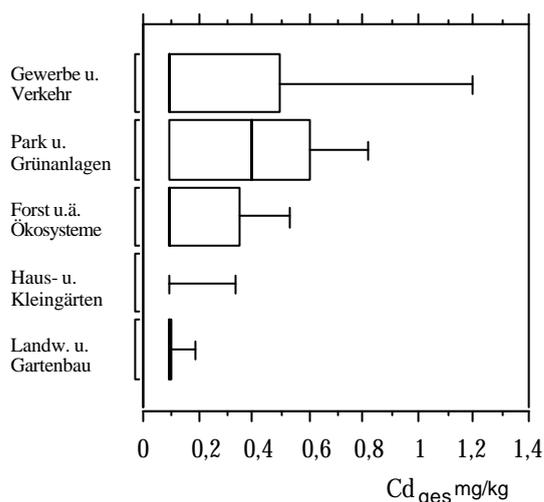
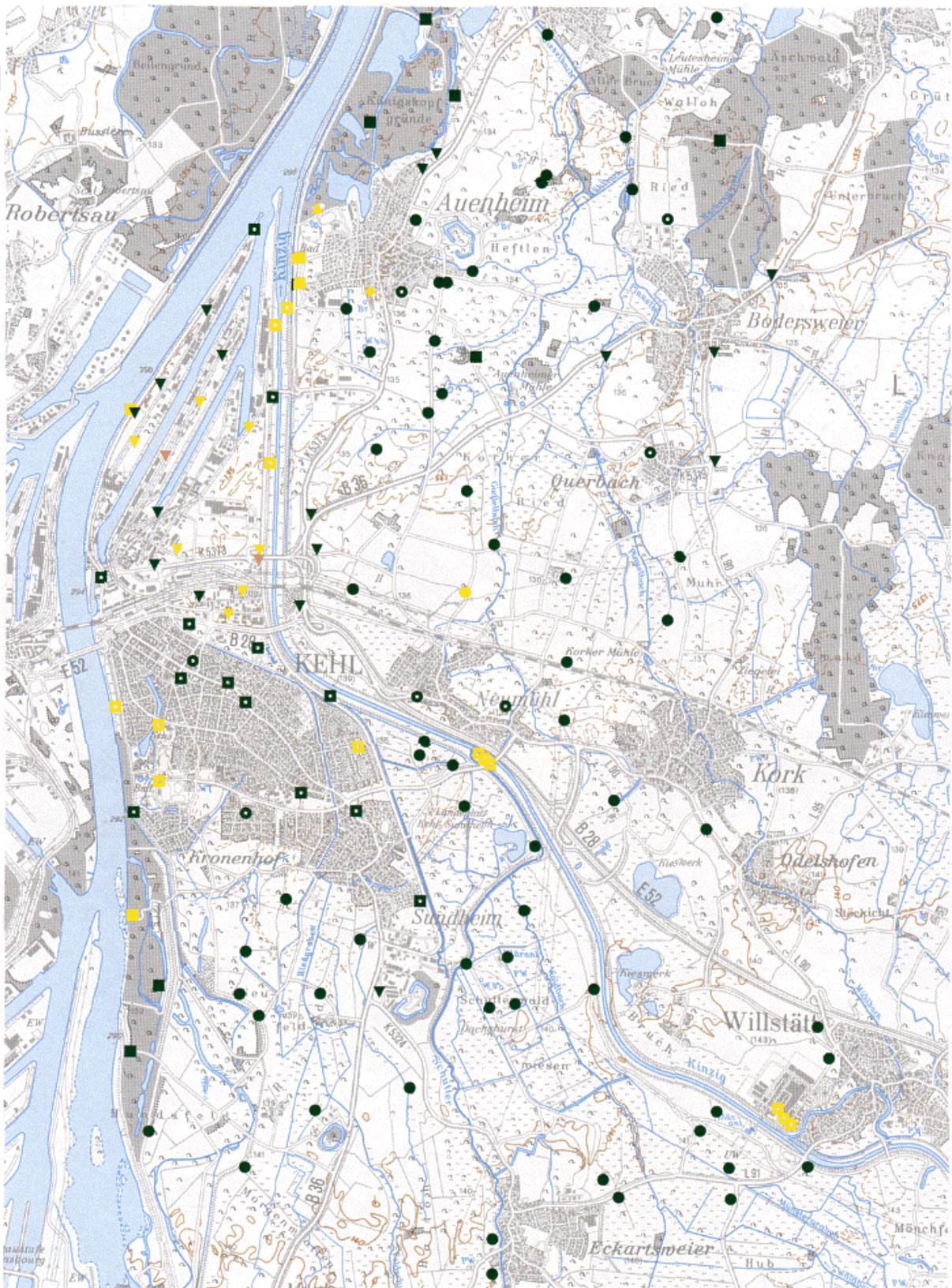


Abbildung 4.2-2: Cadmium-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung



Cadmium-Gesamtgehalt

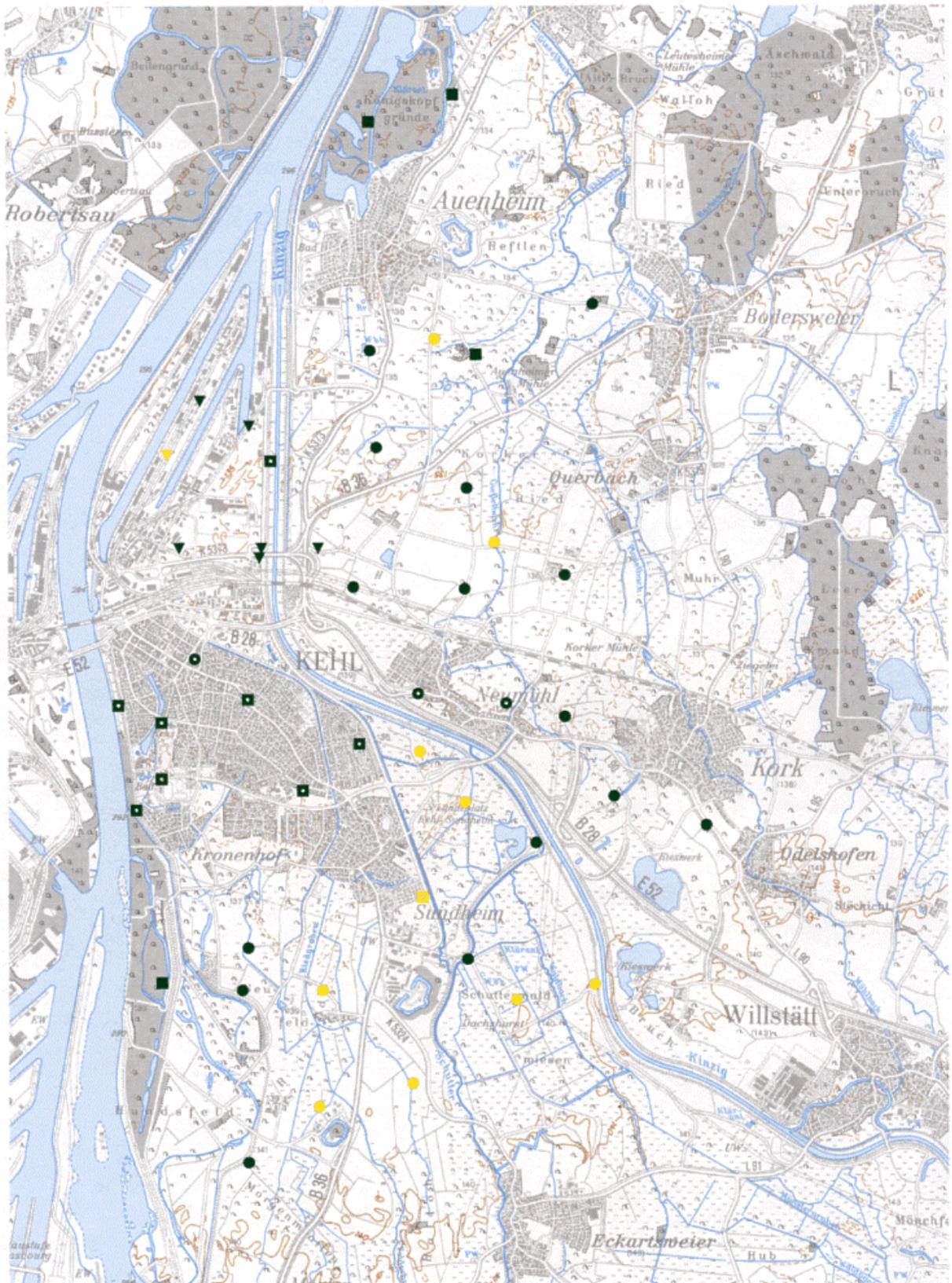
mg/kg

- <0,2...1
- >0,2...1 - 1...1,5
- >1...1,5 - 3
- >3 - 15
- >15
- ... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

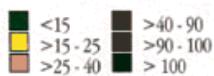
- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeitland.
- Kinderspielplatz

Karte 4.2-1: Cadmium-Gesamtgehalte in Kehler Böden



Mobiles Cadmium

µg/kg



Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielplatz

Karte 4.2-2: Gebalte an mobilem Cadmium in Kehler Böden

4.3 Kobalt

Die Kobaltgehalte der Kehler Böden sind überwiegend natürlich; 90% der Gehalte liegen unterhalb 9,5 mg/kg (Tabelle 4.3-1). Die Gehalte nehmen mit steigendem Tongehalt der Böden kontinuierlich zu (Abbildung 4.3-1). Die linksschiefe Verteilung der Daten in der Tongehaltsgruppe T5 ist durch einen Ausreißer bedingt. Im Profil 301.43, das dem Bereich Gewerbe und Verkehr zugeordnet wird, wurde mit 46 mg/kg eine deutliche Kobalt-Anreicherung gegenüber dem natürlichen Hintergrundbereich festgestellt. An diesem Standort liegen auch erhöhte Cadmium-, Chrom-, Quecksilber- und Zink-Gehalte vor. In den Siedlungs- und Gewerbebereichen des Erhebungsgebietes sind jedoch keine flächenhaften Anreicherungen zu verzeichnen (Abbildung 4.3-2).

Aufgrund der vorwiegend hohen pH-Werte im Raum Kehl ist die Mobilität des Kobalts gering.

Bei künftigen Untersuchungen anorganischer Schadstoffe in Böden des Raums Kehl ist daher der Einbezug des Elements Kobalt in der Regel nicht erforderlich.

Tabelle 4.3-1: Statistische Kenndaten der Kobaltgehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	97	7,0	9,5	7,0	9,8	6,8	8,9

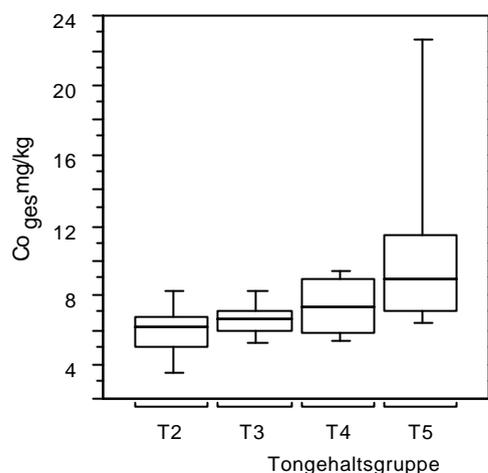


Abbildung 4.3-1: Kobalt-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen

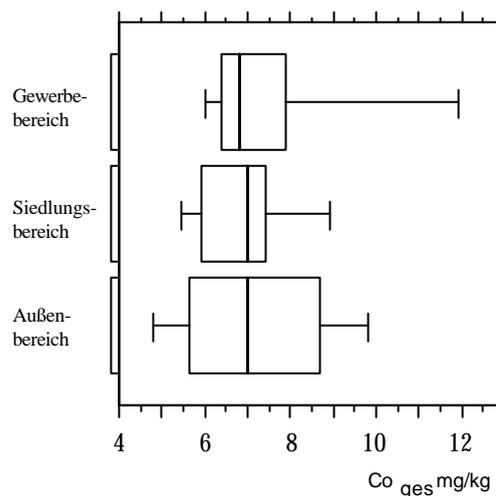


Abbildung 4.3-2: Kobalt-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach dem Bodenumfeld

4.4 Chrom

Die Chromgehalte der Kehler Böden sind im Vergleich zum landesweiten Hintergrundbereich hoch; 10% der Gehalte liegen oberhalb 76 mg/kg (Tabelle 4.4-1).

Wie in Abbildung 4.4-1 zu erkennen ist, stammen die Gehalte überwiegend aus dem Ausgangsmaterial der Bodenbildung, denn die Gehalte nehmen mit steigendem Tongehalt der Böden zu. Ebenso wie bei Kobalt werden linksschiefe Verteilungen durch Ausreißer im Rheinhafengebiet hervorgerufen.

In Karte 4.4-1 und Abbildung 4.4-2 fällt auf, daß sich erhöhte Chromgehalte – im Gegensatz zu den Cadmiumgehalten – überwiegend im Außenbereich befinden. Dies ist durch die tonigeren Böden im Außenbereich im Vergleich zum Siedlungsbereich bedingt (vgl. Karte 4.0-2).

Nach den vorliegenden Daten können für die Böden im Raum Kehl folgende, gebietstypische 90.P-Hintergrundwerte angesetzt werden: 50 mg/kg für T2, 60 mg/kg für T3, 75 mg/kg für T4 und 95 mg/kg für T5.

Da die Chromgesamtgehalte im Erhebungsraum insgesamt hoch sind und darüber hinaus die Boden-pH-Werte hoch sind, können sich erhöhte mobile Anteile an Chrom ergeben. Deshalb sollten in künftigen Untersuchungen von Böden stets die Gesamtgehalte und die mobilen Anteile an Chrom untersucht werden.

Tabelle 4.4-1: Statistische Kenndaten der Chromgehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	111	51	76	54	86	48	69

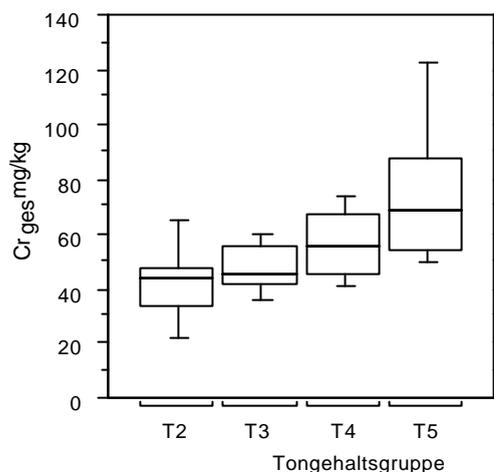


Abbildung 4.4-1: Chrom-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen

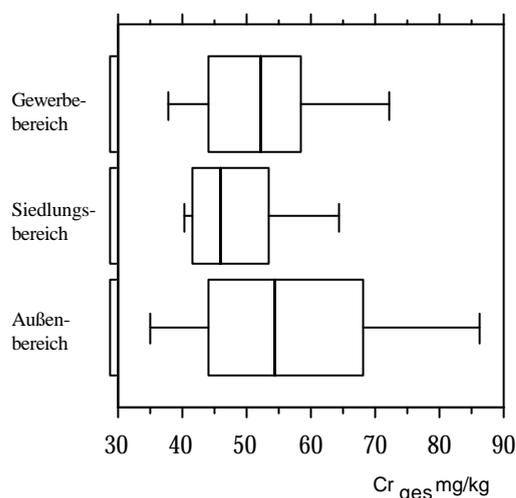
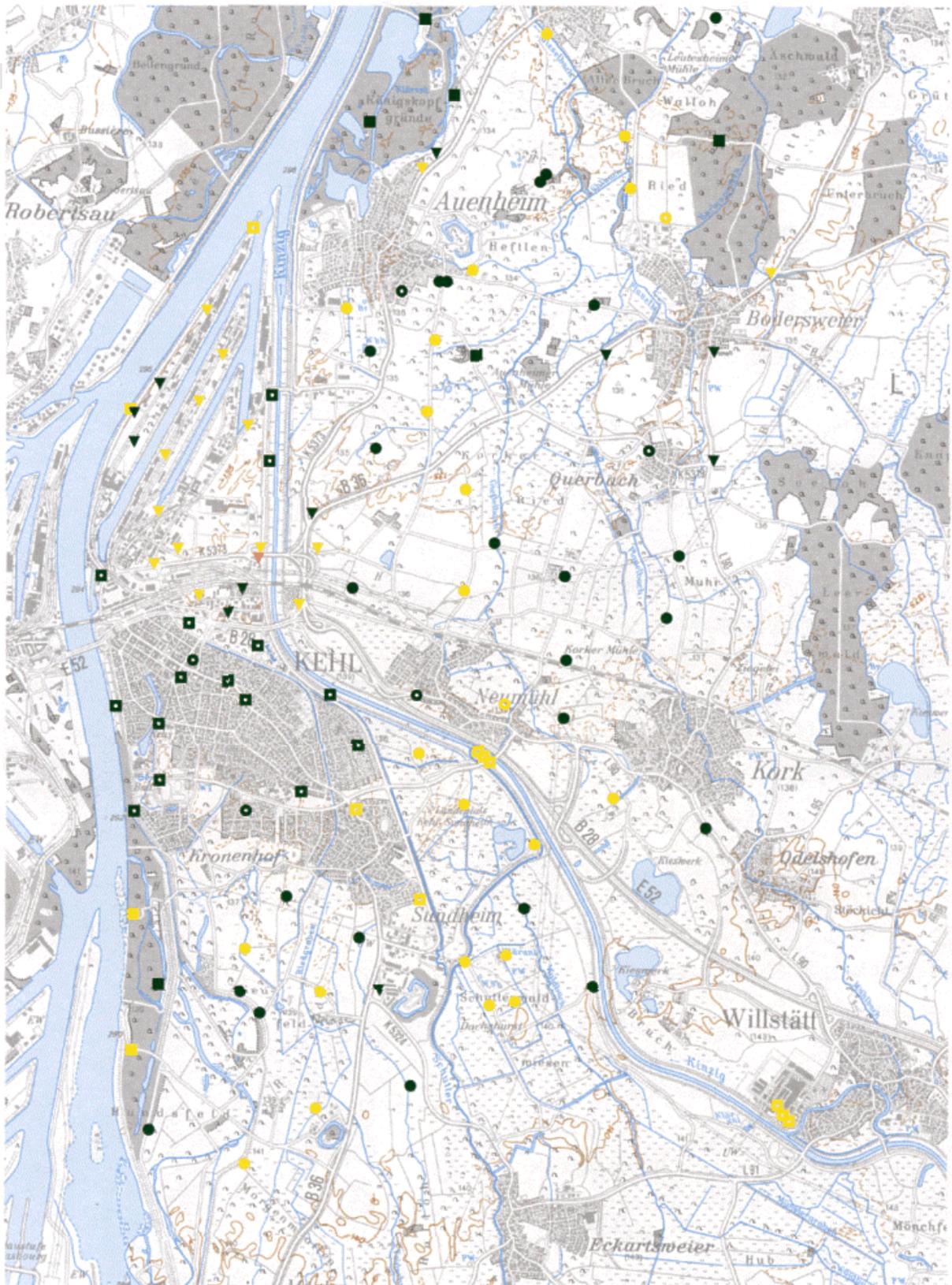


Abbildung 4.4-2: Chrom-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach dem Bodenumfeld



Chrom-Gesamtgehalt

mg/kg

- <20...90
 - >20...90 - 100
 - >100 - 500
 - >500
- ... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeit anl.
- Kinderspielplatz

Karte 4.4-1: Chrom-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.5 Kupfer

Die Böden des Raumes Kehl weisen erhöhte Kupfergehalte auf; 10% der Gehalte übersteigen 40 mg/kg (Tabelle 4.5-1). Die Differenzierung der Kupfergehalte nach Tongehaltsgruppen ist wenig ausgeprägt.

In Abbildung 4.5-1 ist jedoch zu erkennen, daß in den Böden der Gewerbebereiche gegenüber dem Außenbereich deutlich erhöhte Gehalte vorliegen.

Kupfergehalte oberhalb 60 mg/kg wurden an zwei Standorten im Kehler Rheinhafen sowie in der Kinzig-Aue, im Bereich des Gewerbegebietes Willstätt, angetroffen (Karte 4.5-1). Betroffen sind Standorte der Nutzungskategorien Gewerbe und Verkehr sowie Park- und Grünanlage (Abbildung 4.5-2).

Schafe sind gegenüber erhöhten Kupfergehalten in Futtermitteln besonders empfindlich. Sofern an Standorten mit Verdacht auf erhöhte Kupfergehalte des Bodens – z.B. im Gewerbebereich – eine Beweidung durch Schafe oder die Gewinnung von Futtermitteln für Schafe beabsichtigt wird, wird daher empfohlen, diese Böden zuvor auf Kupfer-Gesamtgehalte und mobile Anteile zu untersuchen (Bewertung nach 3.VwV).

Tabelle 4.5-1: Statistische Kenndaten der Kupfergehalte in Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	152	23	40	20	32	27	59

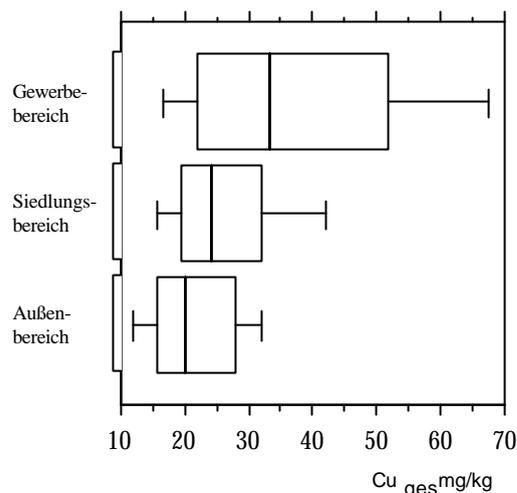


Abbildung 4.5-1: Kupfer-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

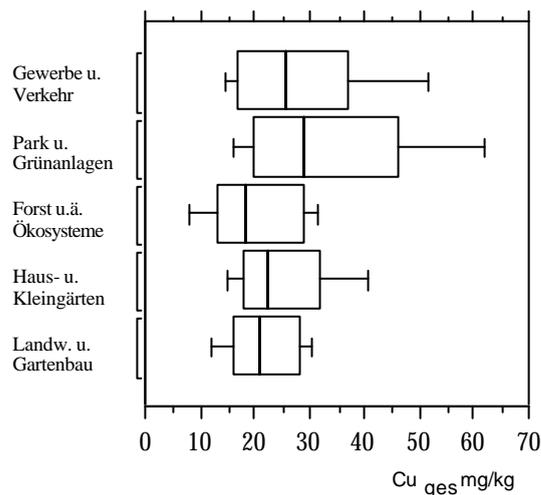
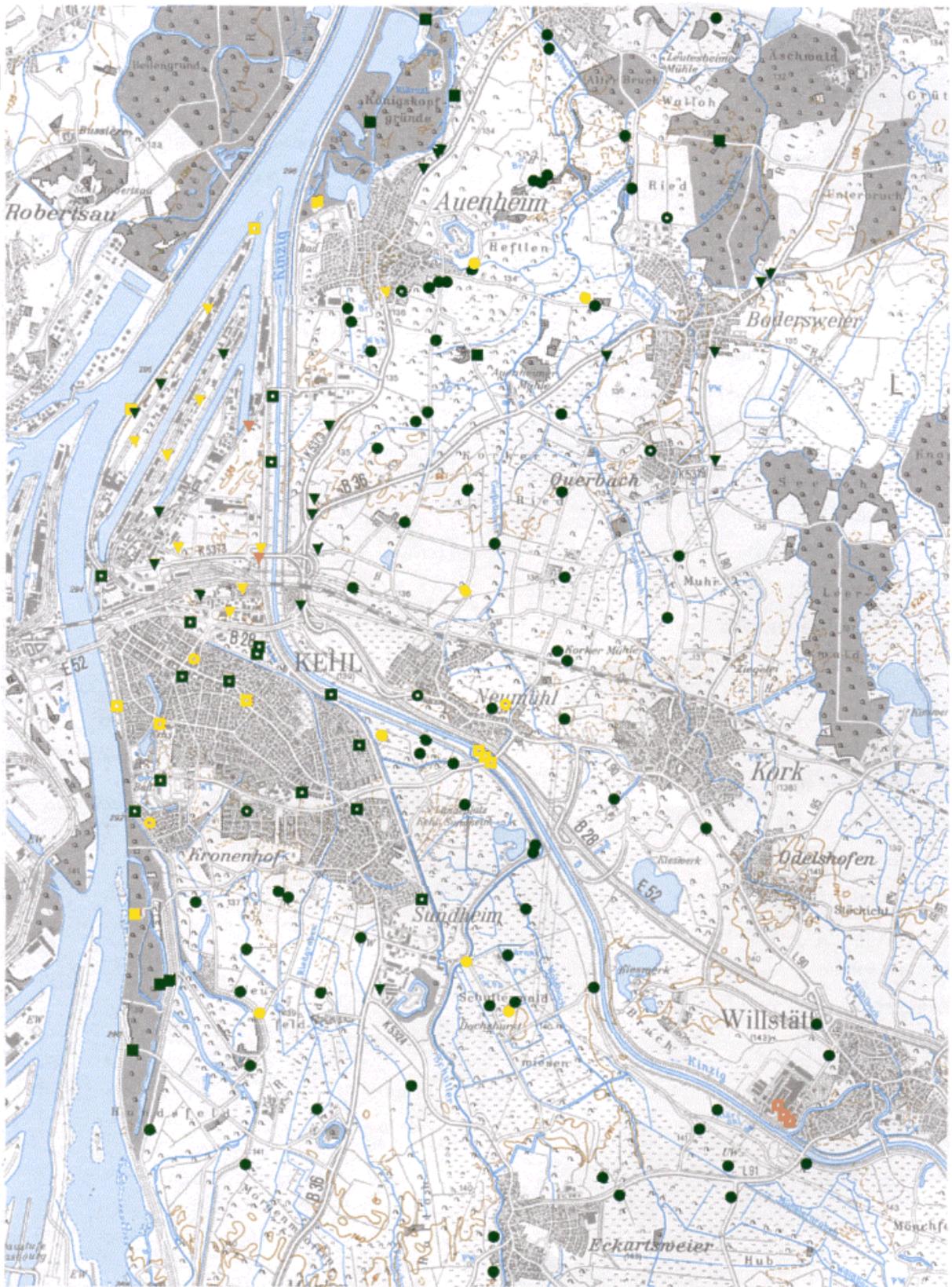
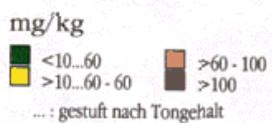


Abbildung 4.5-2: Kupfer-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung



Kupfer-Gesamtgehalt



Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u. ö. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeitanl.
- Kinderspielplatz

Karte 4.5-1: Kupfer-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.6 Quecksilber

Die Kehler Böden weisen erhöhte Quecksilbergehalte auf, 10% der untersuchten Böden übersteigen 0,42 mg/kg (Tabelle 4.6-1). Eine Differenzierung der Gehalte nach Tongehaltsgruppen ist nicht erkennbar.

Im gesamten Untersuchungsgebiet werden die landesweiten 90.P-Hintergrundwerte häufig überschritten (Karte 4.6-1). Auffallend erhöhte Quecksilber-Gehalte ziehen sich entlang des Rheins, was durch den Emissions-einfluß dort ansässiger Industrie mitverursacht sein könnte.

Die Abhängigkeit der Quecksilberverteilung von der Siedlungsstruktur ist deutlich (Abbildung 4.6-1).

Auf Grundlage der in den Böden des Kehler Außenbereichs vorherrschenden Quecksilbergehalte kann als gebietstypischer 90.P-Hintergrundwert unabhängig von der Bodenart 0,3 mg/kg angesetzt werden.

Bodenorganismen sind die empfindlichsten Schutzgüter gegenüber Quecksilberbelastungen des Bodens. Über die Mobilität des Quecksilbers im Boden, die u.a. für Bodenorganismen bedeutsam ist, liegen bislang keine Daten vor. Nach der 3. VwV zum BodSchG sind ab Quecksilbergesamtgehalten über 1 mg/kg auch die mobilen Anteile zu untersuchen. An vier Standorten im Hafengelände wird der Prüfwert von 1 mg/kg Boden überschritten.

Tabelle 4.6-1: Statistische Kenndaten der Quecksilbergehalte in Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	111	0,16	0,42	0,14	0,28	0,20	0,94

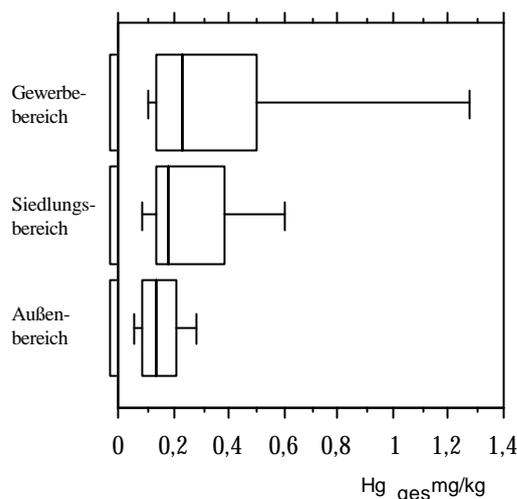


Abbildung 4.6-1: Quecksilber-Gesamtgehalten in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

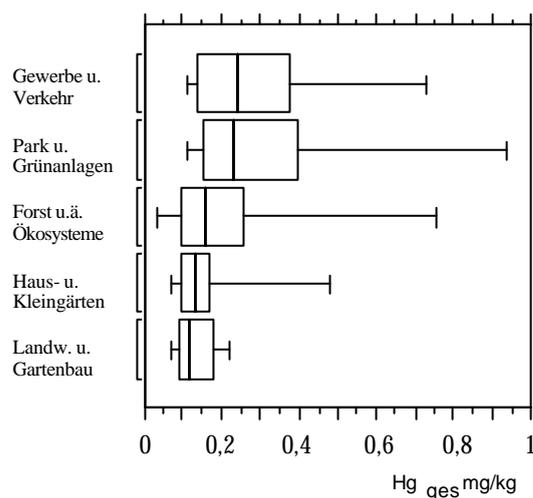
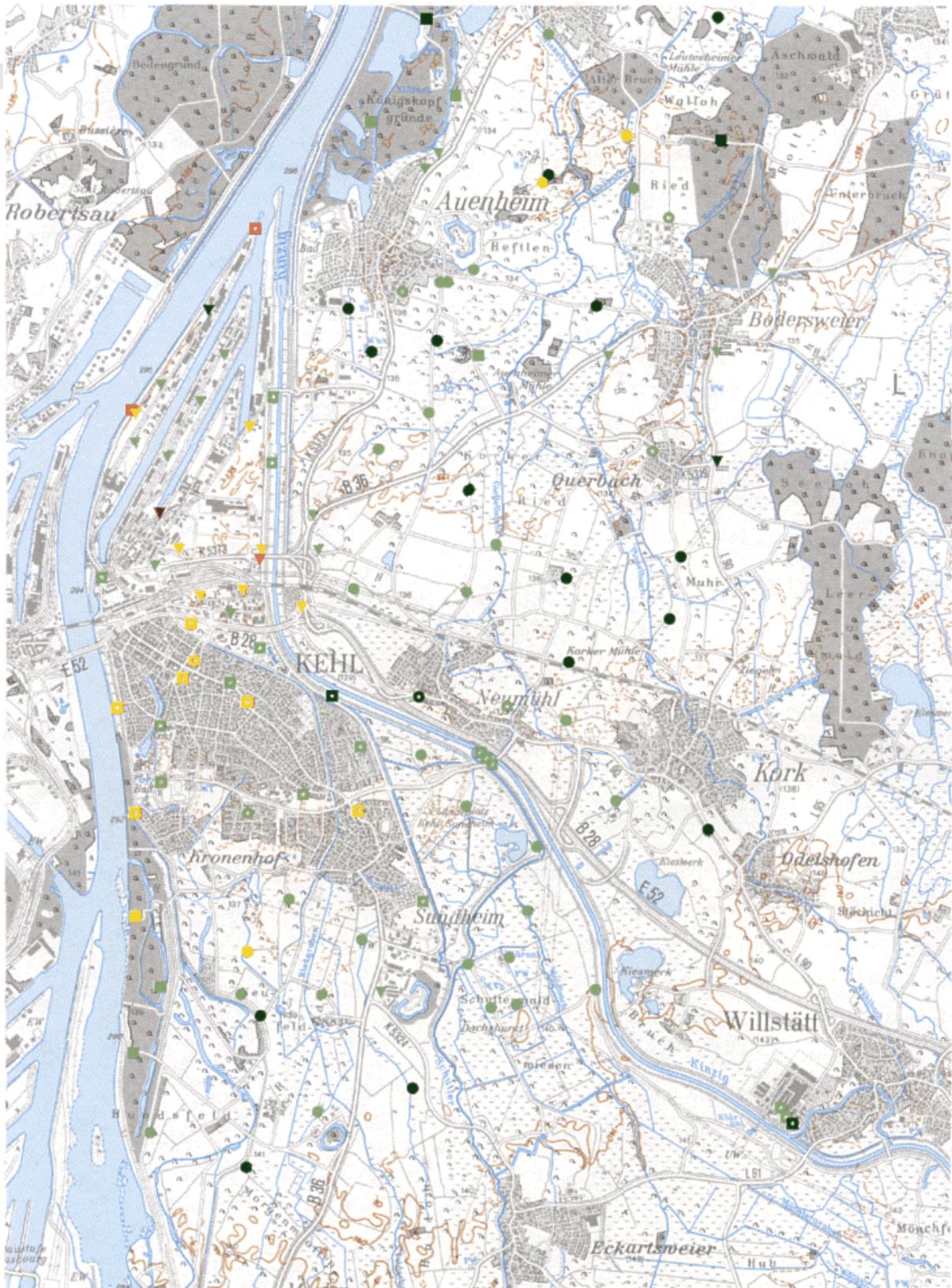


Abbildung 4.6-2: Quecksilber-Gesamtgehalten in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung



Quecksilber-Gesamtgehalt



Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielplatz

Karte 4.6-1: Quecksilber-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.7 Nickel

Die Nickelgehalte der Kehler Böden sind im landesweiten Vergleich gering; 90% der Gehalte unterschreiten 28 mg/kg (Tabelle 4.7-1). Die Nickelgehalte nehmen mit steigendem Tongehalt der Böden zu (Abbildung 4.7-1). Sie sind damit weitgehend natürlichen Ursprungs.

In den Tongehaltsgruppen T3 bis T5 liegen die Gehalte 30% unter dem landesweiten Hintergrundbereich. Dies liegt darin begründet, daß in diesen Tongehaltsgruppen die nickelreichen Böden des *Jura* in SW-Deutschland weit verbreitet sind, welche zu einer Erhöhung des landesweiten Hintergrundwerts beitragen.

In der Tongehaltsgruppe T2 sind überwiegend Böden aus Sedimenten des Rheines enthalten. Die Nickelgehalte dieser Böden entsprechen dagegen recht genau dem landesweiten Hintergrundbereich.

Im Erhebungsgebiet Kehl sind die Böden des Außenbereiches toniger als in den Siedlungs- und Gewerbebereichen. Diese höheren Tongehalte erklären die relativ zum Siedlungs- und Gewerbebereich erhöhten Nickelgehalte (Abbildung 4.7-2).

Anthropogene Nickelanreicherungen sind damit in den Böden des Raums Kehl nicht festzustellen.

Aufgrund der überwiegend neutralen Boden-pH-Werte im Raum Kehl ist die Mobilität des Nickels gering. Bei künftigen Untersuchungen von Böden im Raum Kehl ist daher der Einbezug des Schwermetalls Nickel nicht zwingend erforderlich.

Tabelle 4.7-1: Statistische Kenndaten der Nickelgehalte in Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	107	21	28	21	29	20	25

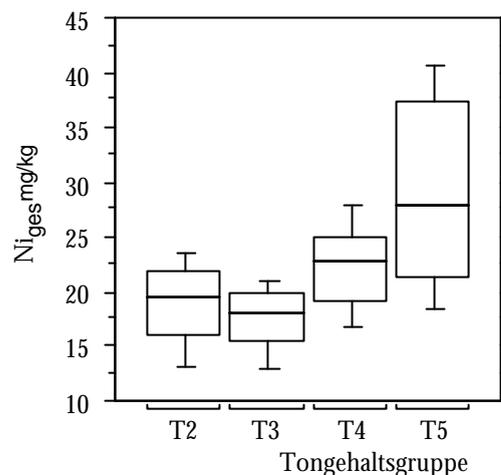


Abbildung 4.7-1: Nickel-Gesamtgehalte in Kehler Böden gestuft nach Tongehaltsgruppen

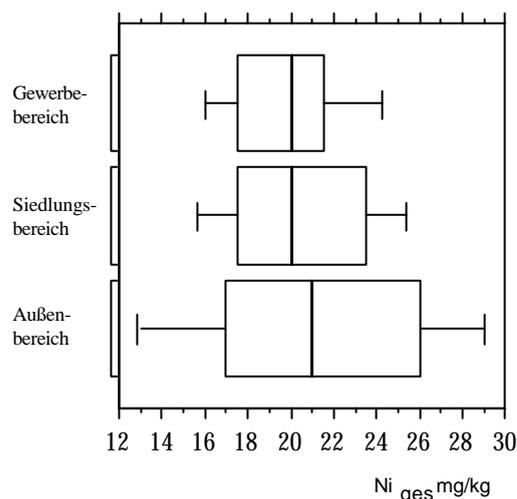
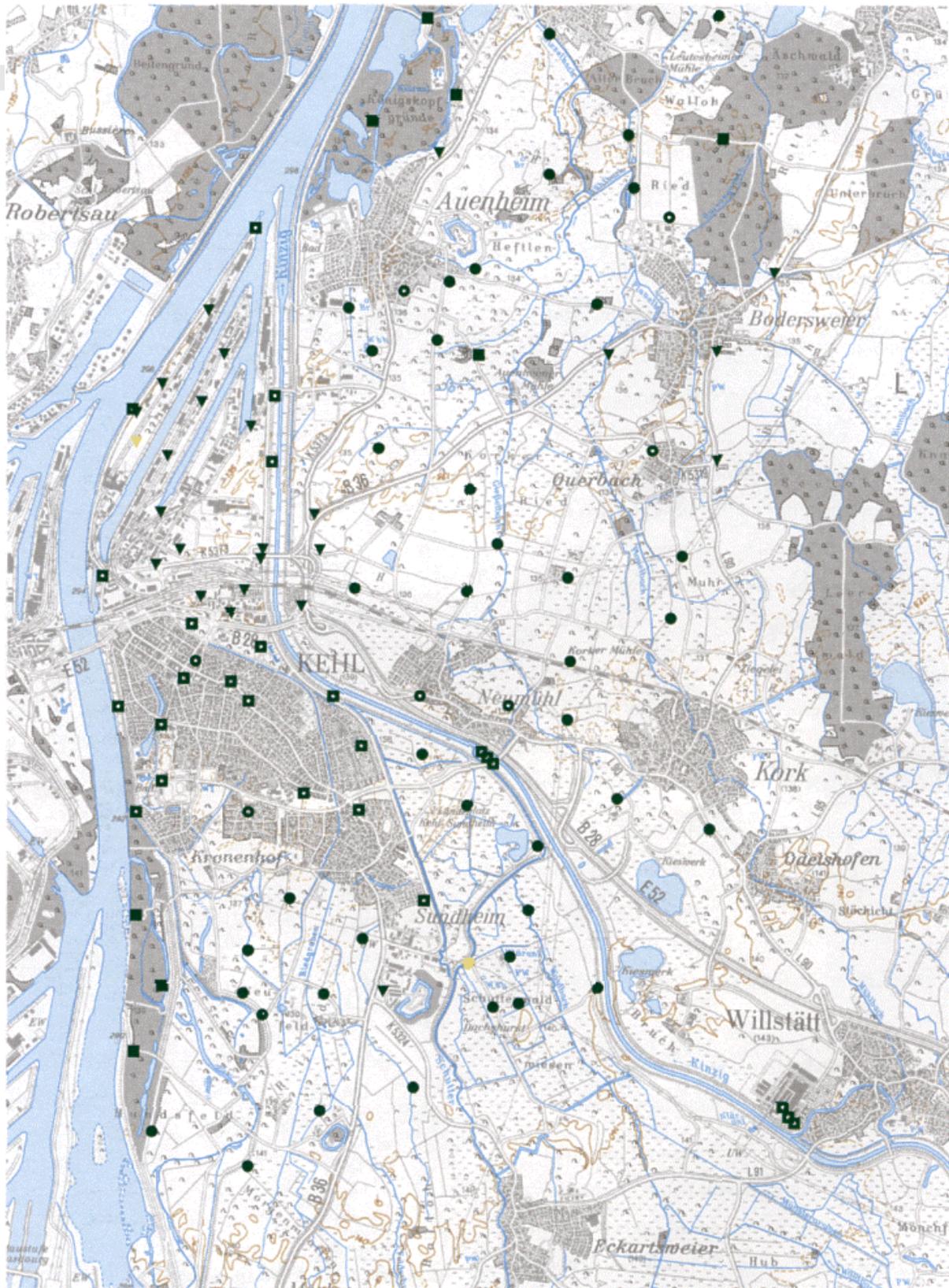


Abbildung 4.7-2: Nickel-Gesamtgehalte in Kehler Böden gestuft nach Bodenumfeld



Nickel-Gesamtgehalt mg/kg

 <15...50	 >100 - 300
 >15...50 - 50	 > 300
 >50 - 100	... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

 Landw. u. Gartenbau	 Gewerbe und Verkehr
 Haus- u. Kleingärten	 Sport u. Freizeitanl.
 Forst u.ä. Ökosysteme	 Kinderspielplatz
 Park u. Grünanlagen	

Karte 4.7-1: Nickel-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.8 Blei

Die Kehler Böden weisen allgemein hohe Bleigehalte auf; 10% der bislang gemessenen Gehalte übersteigen 110 mg/kg (Tabelle 4.8-1) und damit den Prüfwert der 3. VwV zum BodSchG (Tabelle 1.3-1).

Diese erhöhten Gehalte sind nur teilweise durch die hohen Tongehalte der Böden bedingt und damit natürlichen Ursprungs. Eine Differenzierung der Bleigehalte der Böden nach den Tongehaltsgruppen ist wenig ausgeprägt (Abbildung 4.8-1).

Die Bleigehalte liegen im Außenbereich – abseits von vielbefahrenen Verkehrsstraßen – überwiegend im Hintergrundbereich (Abbildung 4.8-2, Karte 4.8-1). Im Siedlungs- und Gewerbebereich sowie im Bereich der Schutter-Sedimente wurden dagegen häufig Gehalte über 100 mg/kg vorgefunden. Erhöhte Gehalte sind in Park- und Grünanlagen, vereinzelt in Haus- und Kleingärten sowie in Böden unter Grünlandnutzung vorhanden (Abbildung 4.8-3).

In Sedimenten einiger Schwarzwaldflüsse werden erhöhte Bleigehalte auf den historischen Bergbau und damit einhergehende Aktivitäten, z.B. Erzaufbereitung, zurückgeführt. Der historische Bergbau im Einzugsbereich der Schutter ist vermutlich auch im Raum Kehl Ursache erhöhter Bleigehalte der Schutteraue. Darauf weist auch das in Karte 4.8-1 dargestellte Tiefenprofil der Bleigehalte hin. Die deutlich erhöhten Bleigehalte in den oberen 50 cm des Profils zeigen auf den Einfluß des Bergbaus im Einzugsgebiet.

Tabelle 4.8-1: Statistische Kenndaten der Bleigehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	162	50	110	41	93	62	140

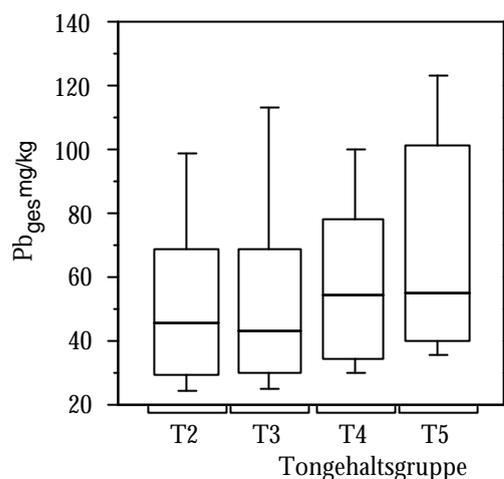


Abbildung 4.8-1: Bleigehalte in Kehler Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen

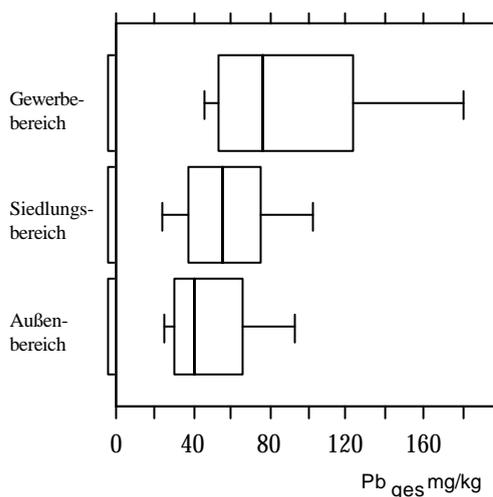


Abbildung 4.8-2: Bleigehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

Vergleichbare Beobachtungen wurden auch im Bereich des südlichen Schwarzwalds gemacht. Die Erhöhung der Bleigehalte in den oberen Profilabschnitten konnte dort eindeutig dem Einsetzen des mittelalterlichen Bergbaus zugeordnet werden.

Im Gewerbegebiet hingegen sind Böden mit erhöhten Bleigehalten teils überdeckt, wie an der Schichtung des in der Karte dargestellten zweiten Profils zu erkennen ist.

Nach der 3. VwV zum BodSchG sind in Böden mit Bleigehalten oberhalb 100 mg/kg auch die mobilen Bleianteile zu untersuchen.

Für die Mobilität von Blei in Böden ist der Boden-pH von besonderer Bedeutung. Mit sinkendem Boden-pH (< pH 5,5) erfolgt eine starke Mobilisierung von Blei, welches dann von Pflanzen aufgenommen oder mit dem Sickerwasser verlagert werden kann. Da die bleireichen Böden der Schuttersedimente im Trinkwasserschutzgebiet Eckartsweier liegen, sollte hier künftig die Mobilität des Bleis und der Boden-pH durch regelmäßige Untersuchungen überwacht werden.

Böden von Kinderspielflächen wurden bislang nicht auf Blei untersucht. Im Hinblick auf die Blei-Immissionen durch Gewerbe, Verkehr und Hausbrand im Siedlungsgebiet sollten langfristig nicht bearbeitete, vegetationslose Oberböden von Spielplätzen auf ihre Bleigesamtgehalte untersucht werden.

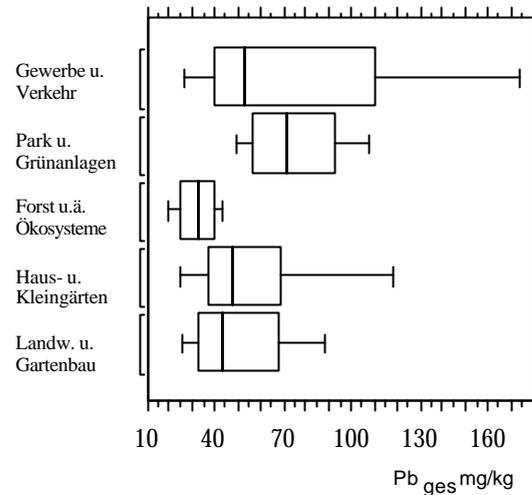
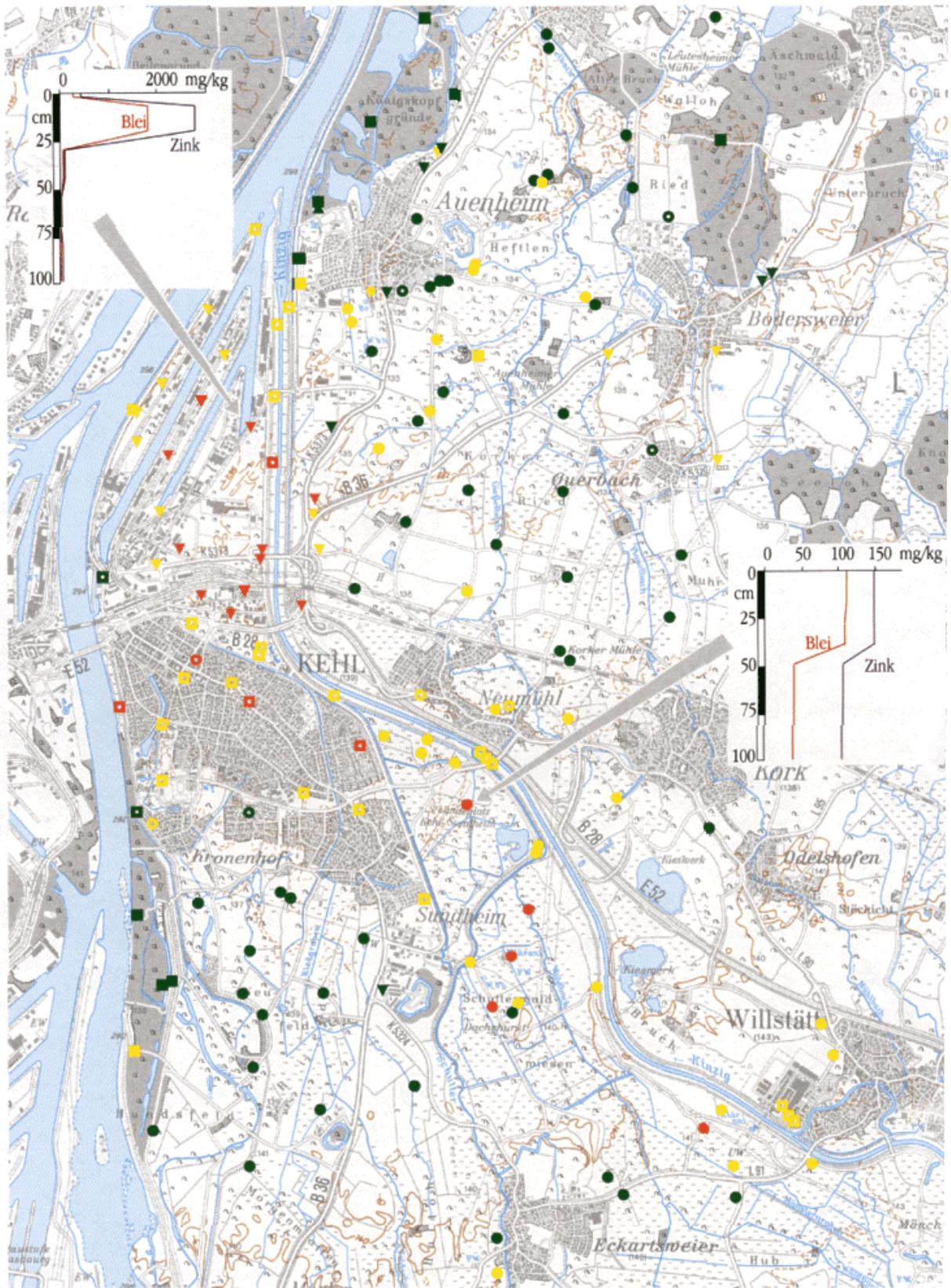


Abbildung 4.8-3: Bleigehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung



Blei-Gesamtgehalt

in Oberböden sowie zwei Profile bis 1 m Tiefe für Blei und Zink

mg/kg

- <25..55
- >25..55 - 100
- >100 - 200
- >200 - 500
- >500
- ... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielplatz

Karte 4.8-1: Blei-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.9 Vanadium

Tabelle 4.9-1 gibt die statistischen Kenndaten der Vanadiumgehalte im Erhebungsgebiet wieder. Die Gehalte nehmen mit dem Tongehalt der Böden kontinuierlich zu (Abbildung 4.9-1).

Für Vanadium sind bislang keine landesweiten Hintergrund und Prüfwerte verfügbar. In Karte 4.9-1 wurden daher gebietstypische Gehaltsklassen gebildet.

Es ergibt sich eine deutliche Differenzierung der Vanadiumgehalte nach dem Tongehalt der Böden. Die sandig-kiesigen Böden des Gewerbegebietes weisen geringere Vanadiumgehalte auf als die lehmig-tonigen Böden des Außenbereiches (Abbildung 4.9-2).

Bodenorganismen sind empfindlich gegenüber erhöhten Vanadiumgehalten in Böden. Vanadium kann mit steigendem Boden-pH mobilisiert und damit für Bodenorganismen verfügbar werden. Da in Kehl pH-neutrale bis schwach alkalische Böden vorherrschen, ist hier mit erhöhten mobilen Vanadiumanteilen zu rechnen.

Vordringlicher Untersuchungsbedarf wird jedoch diesbezüglich nicht gesehen.

Tabelle 4.9-1: Statistische Kenndaten der Vanadiumgehalte in Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe-		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	97	42	72	46	82	40	57

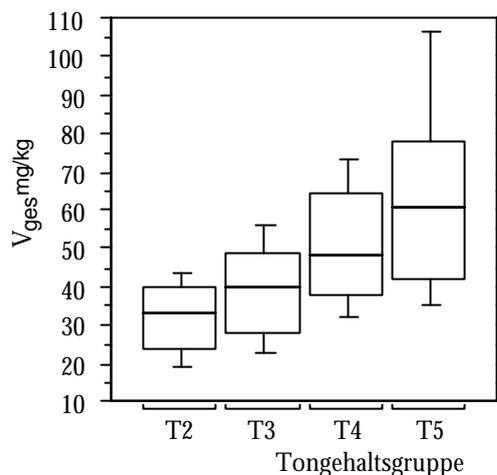


Abbildung 4.9-1: Vanadium-Gesamtgehalte in Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen

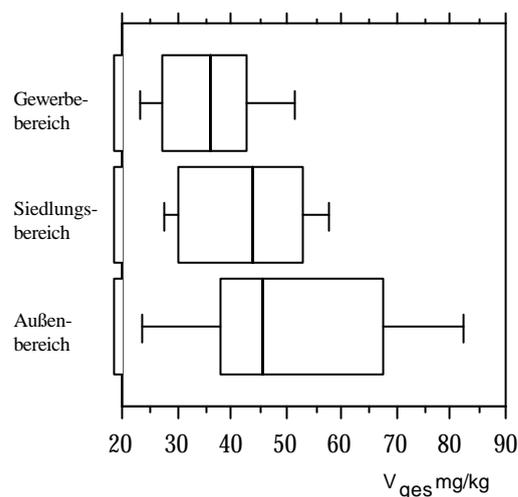
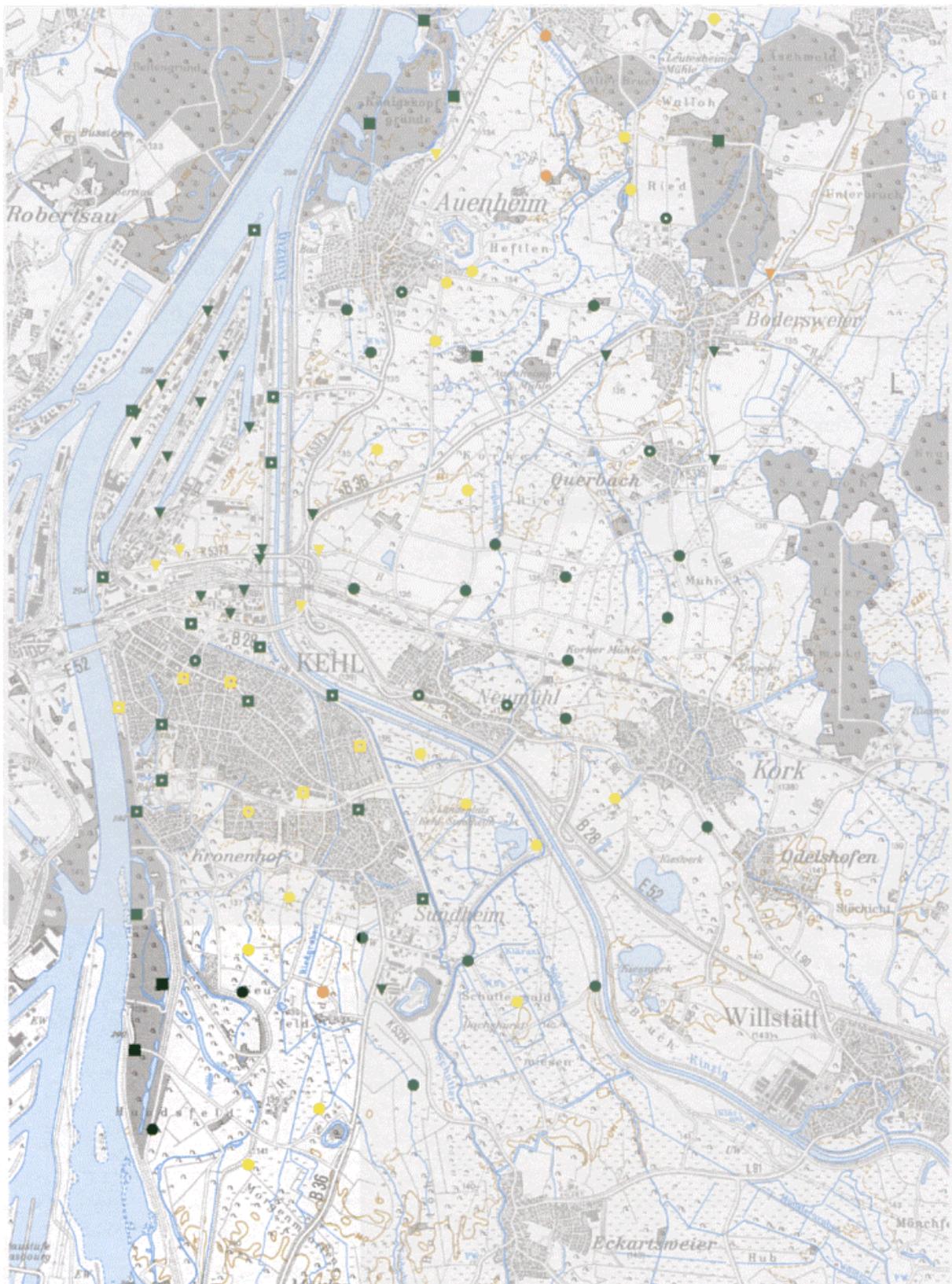


Abbildung 4.9-2: Vanadium-Gesamtgehalte in Böden, gestuft nach Bodenumfeld



Vanadium-Gesamtgehalt mg/kg

- <50
- >50 - 100
- >100... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- Gewerbe und Verkehr
- Sport u. Freizeit anl.
- Kinderspielplatz

Karte 4.9-1: Vanadium-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.10 Zink

Die Zinkgehalte der Böden im Raum Kehl sind insgesamt hoch, 10% überschreiten 240 mg/kg (Tabelle 4.10-1). Geringfügig erhöhte Gehalte sind durch den hohen Tongehalt der Böden erklärbar, eine Differenzierung der Zinkgehalte nach dem Tongehalt ist jedoch wenig ausgeprägt.

Eine wesentliche Quelle erhöhter Zinkgehalte in Böden sind Staubdepositionen (Kapitel 2.3) Im zentralen Siedlungsbereich tragen die derzeitigen Immissionen an Zink dazu bei, daß in natürlichen Oberböden in weniger als 100 Jahren Zinkgehalte bis zum Prüfwert für Pflanzen angereichert werden.

Dementsprechend weisen die stärker immissions-geprägten Siedlungs- und Gewerbebereiche gegenüber dem Außenbereich deutlich erhöhte Zinkgehalte im Boden auf (Abbildung 4.10-1 und Karte 4.10-1).

In Kehl treten vereinzelt auch Böden von Haus- und Kleingärten mit erhöhten Gehalten hervor, 25% übersteigen 200 mg/kg (Abbildung 4.10-2). Hier sind Anreicherungen im Boden durch Auftrag unterschiedlicher Stoffe zur "Bodenverbesserung", z.B. Kohleaschen, wahrscheinlich. Die erhöhten Zinkgehalte sind für Menschen unbedenklich, auf zinkreichen Böden können jedoch Wachstumsdepressionen von Pflanzen auftreten.

Künftig sollten neben den Zink-Gesamtgehalten auch die mobilen Anteile bestimmt werden.

Tabelle 4.10-1: Statistische Kenndaten der Zink-Gehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	139	100	240	83	130	160	450

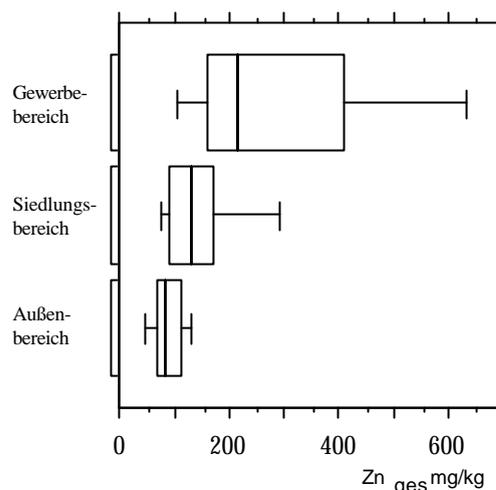


Abbildung 4.10-1: Zink-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

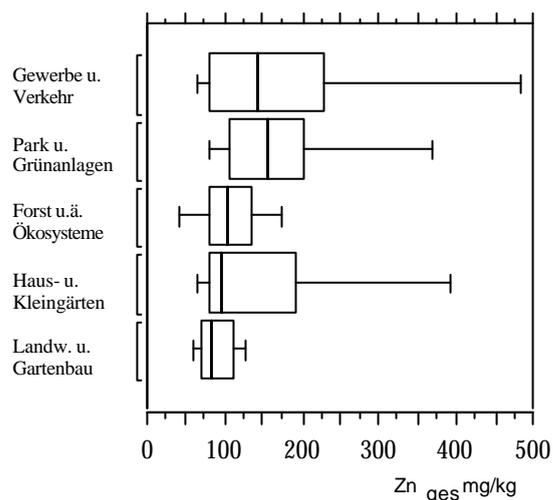
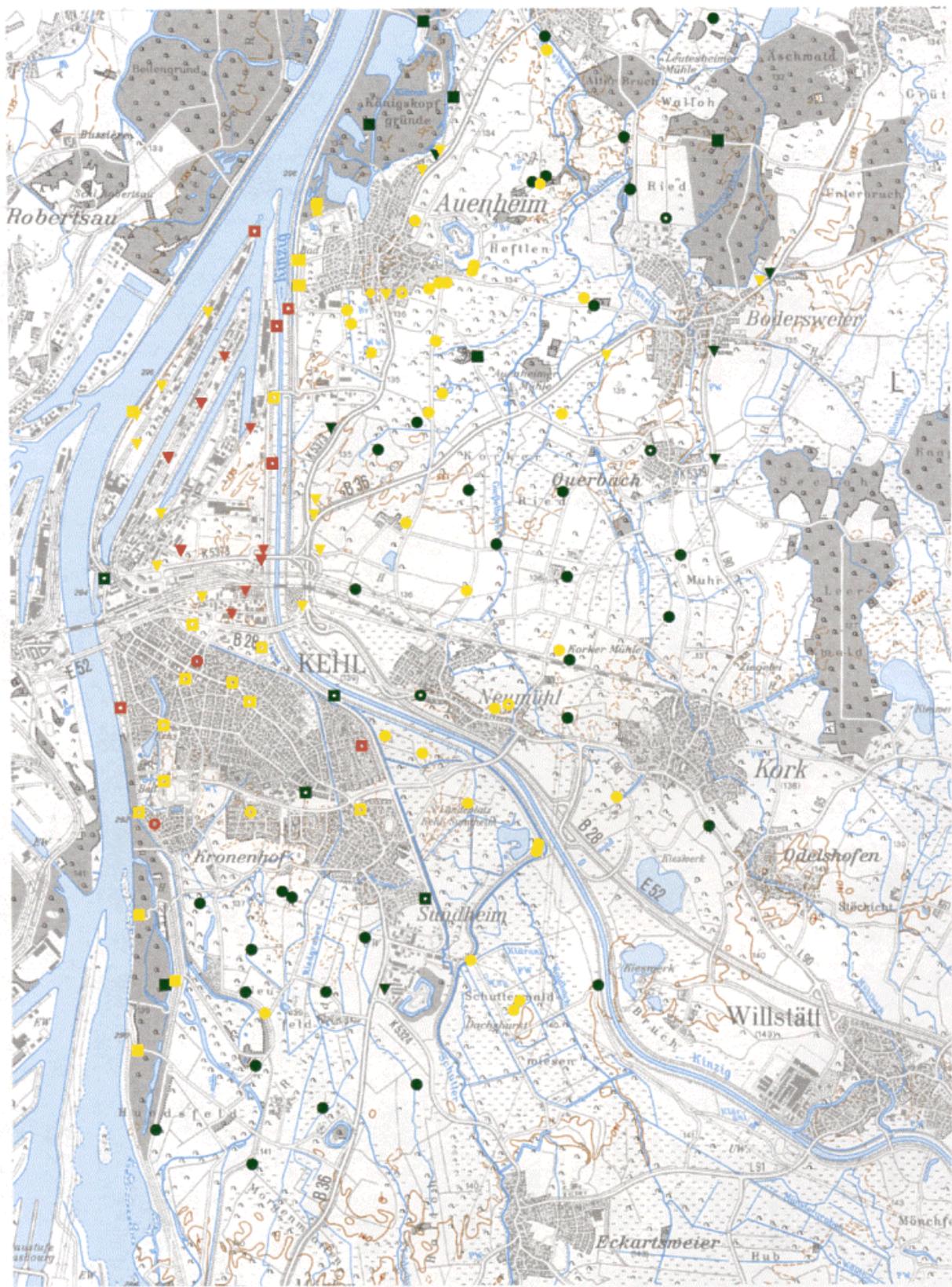


Abbildung 4.10-2: Zink-Gesamtgehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung



Zink-Gesamtgehalt

mg/kg

- <35...150
 - >35...150 - 150...200
 - >150...200 - 400
 - >400
- ... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeit anl.
- ◆ Kinderspielplatz

Karte 4.10-1: Zink-Gesamtgehalte in Kehler Böden

4.11 Nitrat

Im Rahmen der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung werden alljährlich in den Wasserschutzgebieten (WSG) im Herbst Bodenproben auf Nitrat-Stickstoff untersucht und die Ergebnisse ausgewertet [MLR 1990, 1991]. 1990 wurde ein landesweiter Durchschnitt der Nitratgehalte im Boden von 46 kg N/ha (0-90cm) ermittelt, 1989 waren es 69 kg N/ha.

Im Raum Kehl wurden über den Zeitraum 1989 bis 1993 insgesamt 567 Standorte in drei Tiefenstufen auf Nitrat-N untersucht. In Abbildung 4.11-1 ist die Häufigkeitsverteilung der gemessenen Nitrat-Gehalte, bezogen auf einen ha in der Tiefe bis 90 cm aufgetragen. In allen WSG fällt ein von Jahr zu Jahr deutlich variierender Verlauf der Nitratgehalte auf. Dies stimmt mit Ergebnissen aus anderen Gebieten überein (vgl. Bodenzustandsbericht Karlsruhe, Pforzheim).

Die zeitliche Variation der Nitratgehalte ist auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse zurückzuführen.

Flächenmäßig ist das WSG-Eckartsweiler bedeutsam. Hier entfielen 1992 43% der angebauten Fruchtarten auf Getreide (überwiegend Winterweizen), 24% auf Dauergrünland und 17% auf Körnermais. Die Böden der Grünlandstandorte weisen mit Abstand die geringsten Nitratmengen auf (90.P: 25 mg N/ha). Die Nutzung der Böden in den WSG ist über den Erhebungszeitraum kaum verändert worden. Gegenüber 1989 ist dennoch eine beträchtliche Abnahme der Nitratgehalte im WSG-Eckartsweiler zu verzeichnen.

Die Nitratgehalte der Böden aller Wasserschutzgebiete im Erhebungsraum unterscheiden sich insgesamt nur geringfügig und liegen im landesweiten Hintergrundbereich.

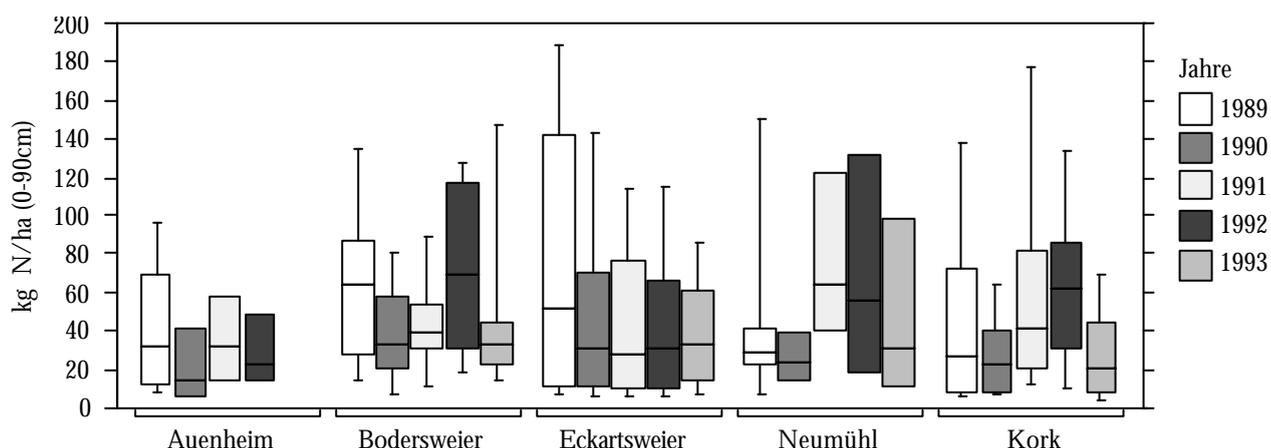


Abbildung 4.11-1: Nitratgehalte in Böden von Kehler Trinkwasserschutzgebieten, getrennt für die Jahre 1989 bis 1993

4.12 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Im Raum Kehl wurden bislang auch in Böden nur die sechs PAK-Komponenten nach der TrinkwV untersucht. Da heute die Beurteilung der PAK-Gehalte in Böden entweder an der Summe der 16 Komponenten nach US-EPA (Liste Nr. 610, PAK₁₆) und zusätzlich an den Gehalten der Einzelkomponente Benzo[a]pyren erfolgt, das sowohl in der Liste der TrinkwV als auch in der US-EPA Liste enthalten ist, muß diese Auswertung auf Benzo[a]pyren beschränkt werden. Die Benzo[a]pyren-Gehalte betragen in diffus belasteten Böden i.d.R. 10% der PAK₁₆-Gehalte.

Das 90.Perzentil der Benzo[a]pyren-Gehalte beträgt nach den vorliegenden Daten 0,54 mg/kg (Tabelle 4.12-1, Abbildung 4.12-1).

Die Benzo[a]pyren-Gehalte liegen in Böden der Gewerbe- und Siedlungsbereiche deutlich über den Gehalten der Böden im Außenbereich (Karte 4.12-1, Abbildung 4.12-2).

Benzo[a]pyren ist – wie auch Blei – bei der oralen Aufnahme von Boden durch Kleinkinder als besonderer Problemschadstoff einzustufen. Bislang liegen im Raum Kehl keine Befunde von Kinderspielflächen vor. Nach den Daten aus anderen Siedlungsräumen sollten auch im Siedlungsgebiet Kehl langjährig unbearbeitete, vegetationslose Oberböden von Spielflächen auf Benzo[a]pyren untersucht werden.

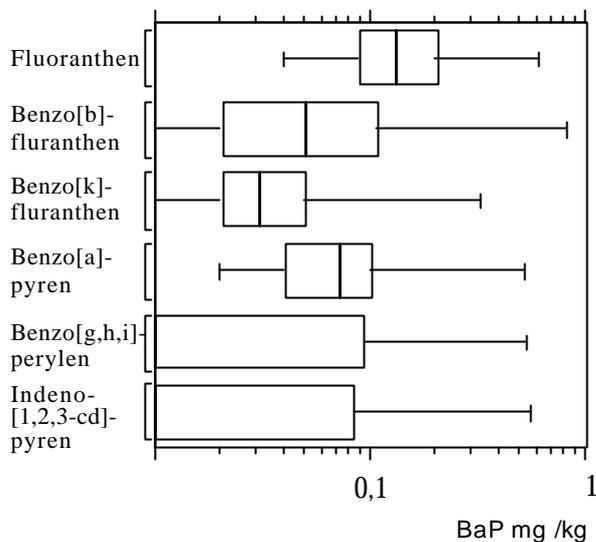


Abbildung 4.12-1: Häufigkeitsverteilung der PAK-Komponenten in Böden

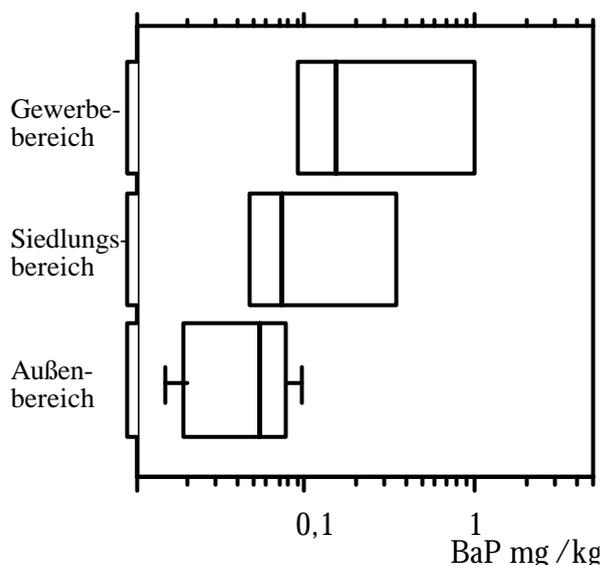
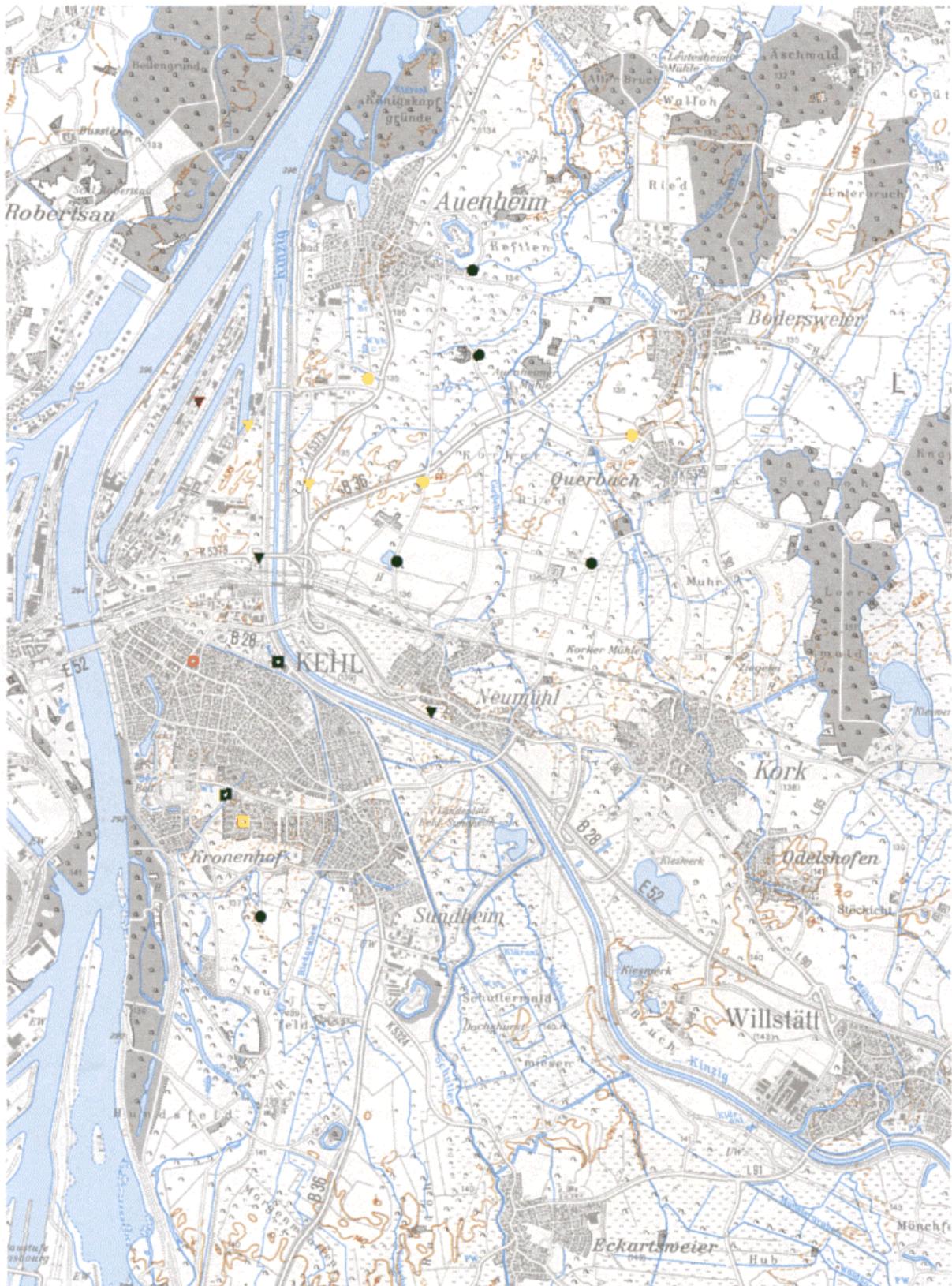


Abbildung 4.12-3: Benzo[a]pyren-Gehalte in Kehler Böden, gruppiert nach dem Bodenumfeld

Tabelle 4.12-1: Statistische Kenndaten der Benzo[a]pyren-Gehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
BaP mg/kg	17	0,07	0,54	0,05	0,10	0,10	1,2



Benzo(a)pyren
 Einzelkomponente
 polyzyklischer aromatischer
 Kohlenwasserstoffe

mg/kg
 <0,07
 0,07-0,5
 0,5-1
 1-2,5
 > 2,5
 ... : gestuft nach Tongehalt

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▼ Gewerbe und Verkehr
- ▲ Sport u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielplatz

Karte 4.12-1: Gehalte an Benzo(a)pyren in Kehler Böden

4.13 Polychlorierte Biphenyle

90% der bisher im Raum Kehl untersuchten Böden weisen PCB₆-Gehalte (Summe von 6 Komponenten nach Ballschmitter) unterhalb 42 µg/kg auf (Tabelle 4.13-1).

Das durchschnittliche PCB-Profil dieser Böden setzt sich aus <4% PCB28, <4% PCB52, 9% PCB101, 33% PCB138, 32% PCB153 und 21% PCB180 zusammen (vgl. Abbildung 4.13-1). Tri- und Tetrachlorbiphenyle (PCB28, PCB52) sind gegenüber höher chlorierten Biphenylen in diffus kontaminierten Böden abgereichert, da sie schlechter sorbiert werden, besser wasserlöslich sind und schneller abgebaut werden.

Böden mit erhöhten PCB-Gehalten sind überwiegend im Gebiet des Kehler Rheinhafens vorhanden (Karte 4.13-1, Abbildung 4.13-2). Der Prüfwert von 300 µg/kg wird an keinem Standort erreicht.

Zwar liegen insgesamt nur wenige PCB-Daten vor, dennoch spiegeln die Werte eine Erhöhung der PCB-Gehalte in einer für Gewerbegebiete in Siedlungsräumen typischen Größenordnung wider. Eine Beeinträchtigung der aktuellen Bodennutzung durch die Gehalte an PCB ist nicht festzustellen.

Tabelle 4.13-1: Statistische Kenndaten der PCB-Gehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
PCB ₆ µg/kg	18	<30	42	-	<30	<30	130

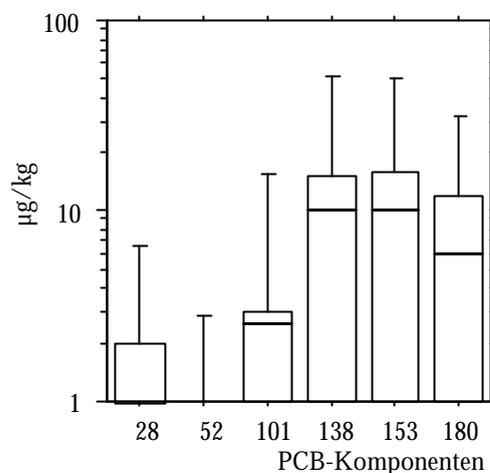


Abbildung 4.13-1: Häufigkeitsverteilung der PCB-Komponenten in Böden

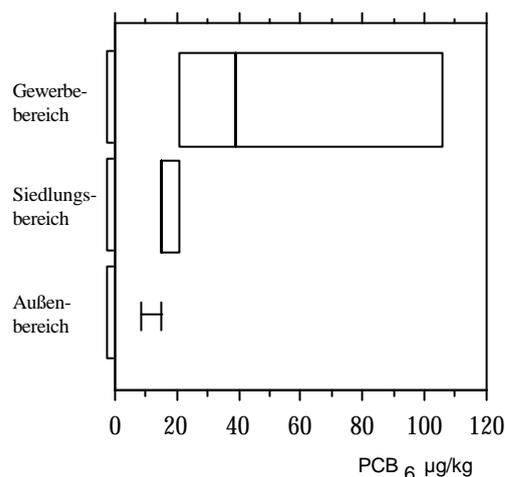
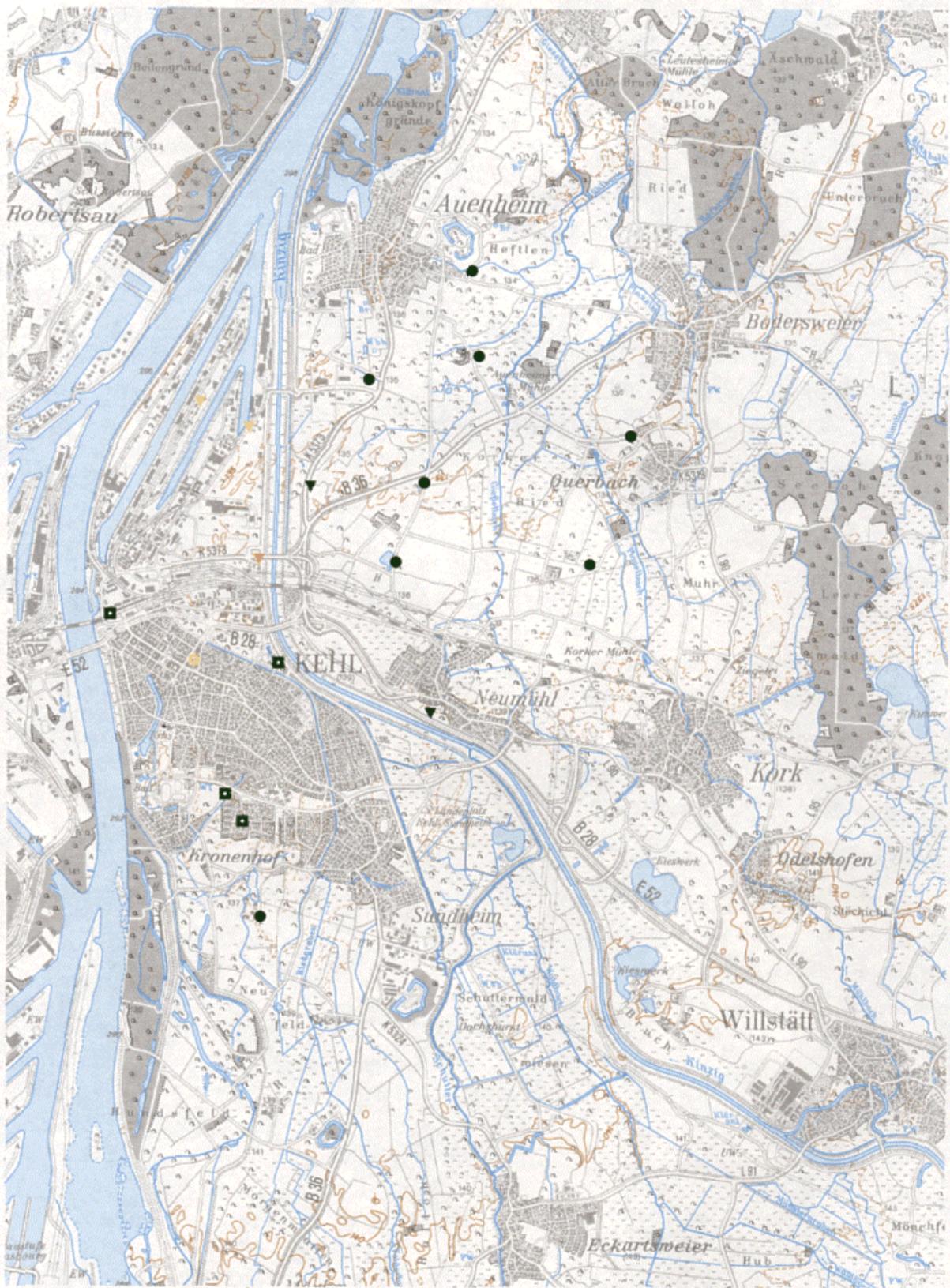


Abbildung 4.13-2: Häufigkeitsverteilung der PCB-Gehalte in Böden, gruppiert nach dem Bodenumfeld



Polychlorierte Biphenyle (PCB₆) $\mu\text{g}/\text{kg}$

	≤ 15
	$>15-60$
	$>60-300$
	>300

Bodennutzung

	Landw. u. Gartenbau		Gewerbe und Verkehr
	Haus- u. Kleingärten		Sport u. Freizeit anl.
	Forst u.ä. Ökosysteme		Kinderspielplatz
	Park u. Grünanlagen		

Karte 4.13-1: Gebalte an polychlorierten Biphenylen in Kehler Böden

4.14 Polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane

ne

Abbildung 4.14-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der PCDD/F-Kongeneren in Kehler Oberböden. Hepta- und Oktachlordibenzo-p-dioxine (HpCDD, OCDD) und Dibenzofurane (HpCDF, OCDF) weisen die höchsten Gehalte auf. Tetrachlordibenzo-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD) wurde in 16% der Oberböden nachgewiesen (> 0,001 ng/kg).

Um die unterschiedliche Toxizität der Kongeneren zu berücksichtigen, wird der PCDD/F-Gehalt in Umweltmedien anhand von internationalen Toxizitätsäquivalenten (I-TEq) beurteilt (vgl. Abbildung 4.14-1).

Für den Raum Kehl wurde ein 90.Perzentil der PCDD/F-Gehalte von 24 ng I-TEq/kg errechnet (Tabelle 4.14-1). Aus dieser Berechnung wurden die Daten des Projektes 309 ausgeschlossen, da es sich um Nachbeprobungen einer mit PCDD/F kontaminierten Fläche handelte.

Im Kehler Außenbereich liegen die PCDD/F-Gehalte weitgehend unter dem landesweiten Hintergrundwert von 2 ng/kg. Auch weisen die Böden der Siedlungsbereiche für städtische Böden typische PCDD/F-Gehalte auf (Abbildung 4.14-2).

PCDD/F-Anreicherungen sind überwiegend in Böden im Bereich von Gewerbe und Verkehr und von öffentlichen Park- und Grünanlagen vorhanden (Abbildung 4.14-3, Karte 4.14-1).

Tabelle 4.14-1: Statistische Kenndaten der PCDD/F-Gehalte in Kehler Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- u. Gewerbe.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
ng I-TEq/kg	44	2,1	24	1,6	2,9	2,6	31

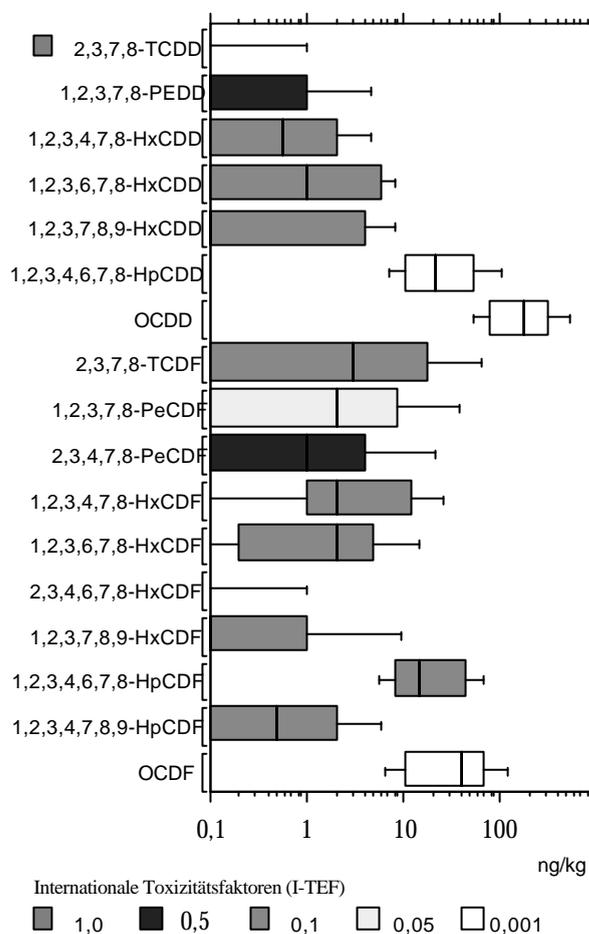


Abbildung 4.14-1 Häufigkeitsverteilung von 17 PCDD/F-Kongeneren in Kehler Böden

Im Bereich des Kehler Rheinhafens mit seiner 35-jährigen industriellen Nutzung wurden in der Vergangenheit einige PCDD/F-Emittenten bekannt. Aber auch die heutigen PCDD/F-Depositionen tragen deutlich zur Anreicherung im Boden bei (vgl. Kap. 2.3).

Die Verteilung der PCDD/F-Homologen im Boden kann durch die Herkunft der Emissionen und die Verweilzeit der PCDD/F im Boden charakterisiert werden. Homologenprofile werden aus dem Anteil einer Homologen-Gruppe an der Summe von 10 PCDD/F-Homologen-Gruppen errechnet. In Abbildung 4.14-4 ist die Häufigkeitsverteilung der Homologenprofile unterschieden nach dem Bodenumfeld dargestellt. In Böden des Außenbereiches sind höherchlorierte Dibenzo-p-dioxine (HpCDD, OCDD) gegenüber den niederchlorierten deutlich angereichert.

Dies entspricht dem typischen PCDD/F-Homologenprofil in diffus kontaminierten Böden.

Die PCDD/F-Verteilung in Böden des Siedlungsgebietes unterscheidet sich hiervon nicht signifikant. Die Homologenprofile der Böden im Gewerbegebiet weichen jedoch geringfügig ab. Eine signifikant unterschiedliche Verteilung weist eine ca. 1 ha große Teilfläche im NO des Hafengebietes auf (Projekt 309). Hier sind TCDF und PeCDF sowie TCDD und PeCDD angereichert. Dies spricht für eine andere Herkunft und/oder für ein anderes Alter dieser speziellen Kontamination.

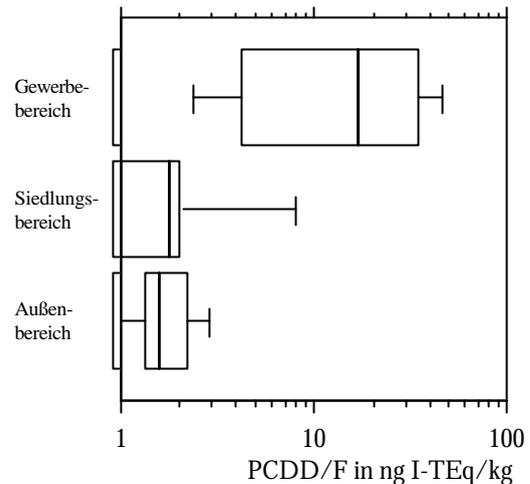


Abbildung 4.14-2 PCDD/F-Gehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodenumfeld

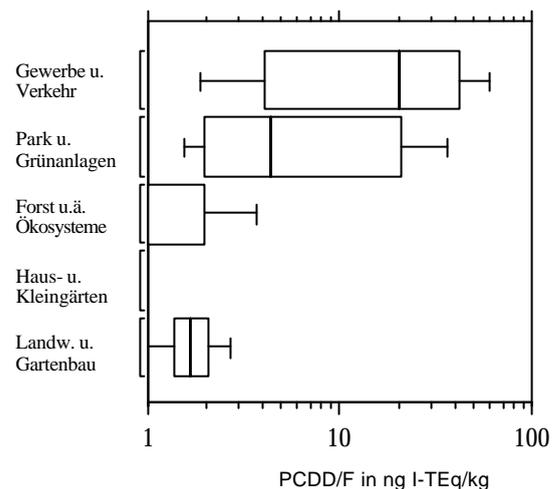


Abbildung 4.14-3 PCDD/F-Gehalte in Kehler Böden, gestuft nach Bodennutzung

PCDD/F können durch den Verzehr von tierischen Lebensmitteln, die bei der bodengebundenen Nutztierhaltung produziert wurden, die Gesundheit des Menschen beeinträchtigen. In Böden unter Grünlandnutzung wurde bislang keine Überschreitung des hierfür geltenden Prüfwertes von 5 ng I-TEq/kg festgestellt.

Bei künftigen Nutzungsänderungen ist jedoch zu beachten, daß Böden innerhalb und im "Nahbereich" des Gewerbe- und Siedlungsgebietes Kehl – wie auch in anderen Städten – vereinzelt PCDD/F-Gehalte oberhalb 5 ng I-TEq/kg aufweisen. Aus Gründen der Vorsorge wird empfohlen, auf solchen Flächen die bodengebundene Nutztierhaltung einzuschränken.

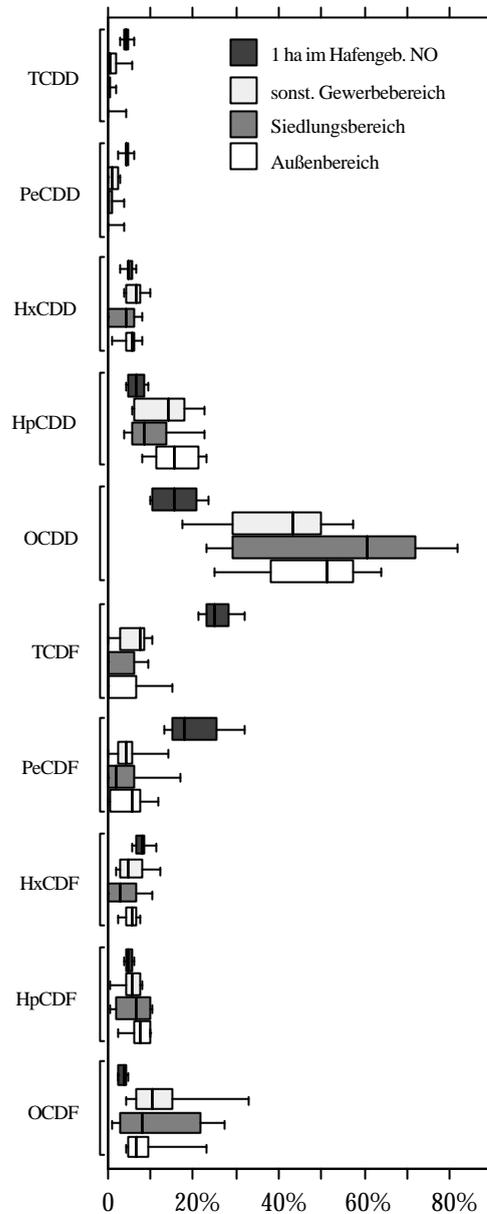
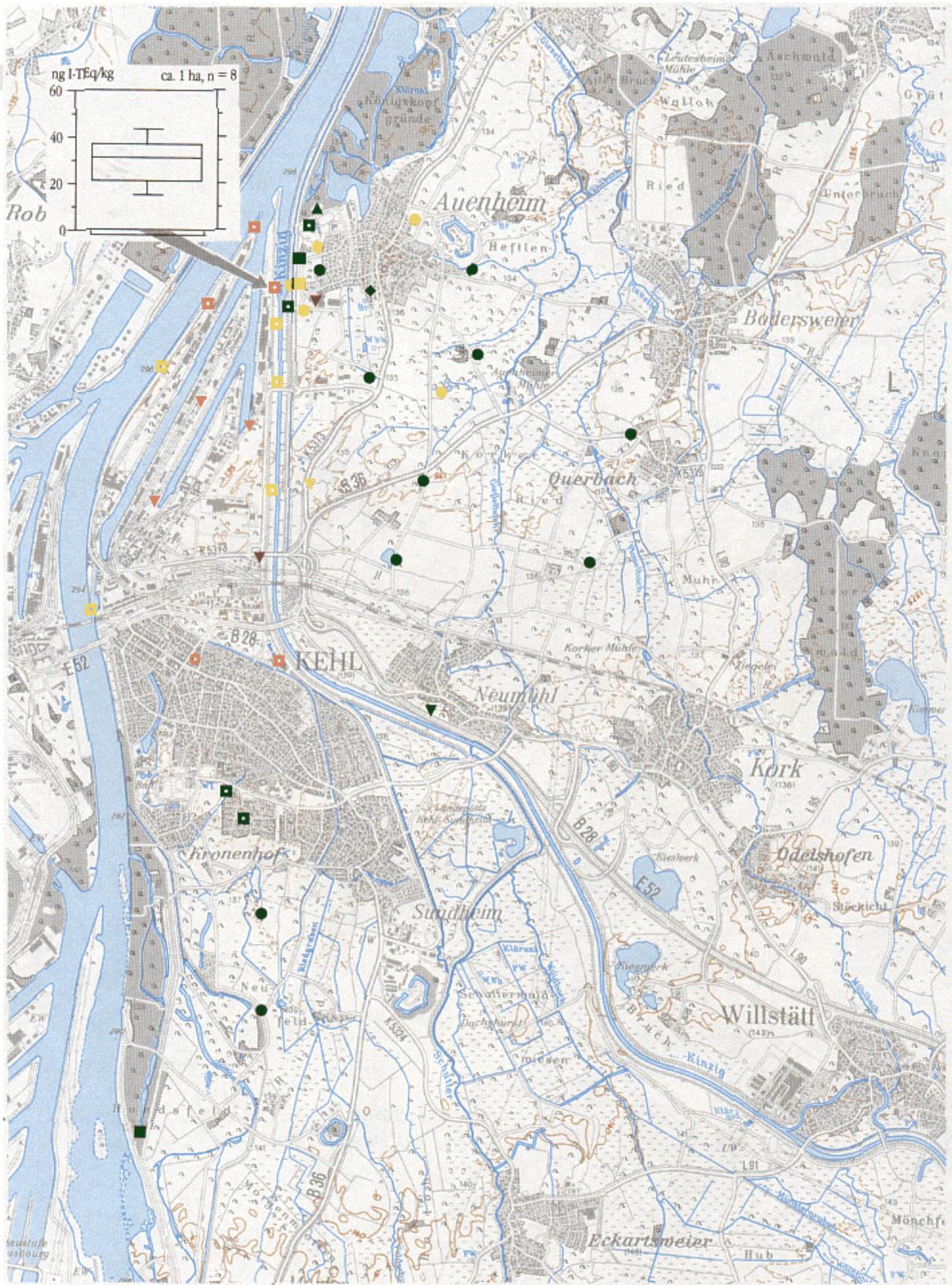


Abbildung 4.14-4: PCDD/F-Homologenprofile gestuft nach Bodenumfeld



Polychlorierte
Dibenzo-p-dioxine
und Dibenzofurane

ng I-TEq/kg

■ < 2	■ > 40 - 100
■ > 2 - 5	■ > 100
■ > 5 - 40	

Bodennutzung

● Landw. u. Gartenbau	▼ Gewerbe und Verkehr
○ Haus- u. Kleingärten	▲ Sport u. Freizeitlan.
■ Forst u.ä. Ökosysteme	◆ Kinderspielplatz
■ Park u. Grünanlagen	

Karte 4.14-1: Gehalte an polych. Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen in Kehler Böden

5 Schlußfolgerungen

5.1 Aktuelle Beeinträchtigung der Schutzgüter

Für die Beurteilung der Funktionserfüllung von Böden wurden schutzgutbezogene Prüfwerte festgelegt (Tabelle 1.3-1). Für die folgende Beurteilung der aktuellen Beeinträchtigung der Schutzgüter werden die jeweils zutreffenden Prüfwerte herangezogen. So wird z.B. der Prüfwert hinsichtlich der Pflanzenqualität nur für Äcker und Kleingärten, nicht jedoch bei einer Parkanlage berücksichtigt.

5.1.1 Direktpfad Boden-Mensch

Auf vegetationsfreien Flächen, z.B. Sportplätzen, kann die Feinfraktion von Böden aufgewirbelt und von Menschen in Form von Staub eingeatmet werden (**inhalativer Aufnahme-pfad**). Nach den vorliegenden Ergebnissen sind jedoch keine Standorte bekannt, an denen dieser Expositionspfad bedeutsam sein könnte [vgl. auch UM 1993c].

Kleinkinder nehmen Böden durch die Hand-zu-Mund-Aktivität beim Spielen auf (**orale Aufnahme**). Böden von Kinderspielplätzen wurden mit einer Ausnahme in Kehl bislang jedoch nicht untersucht. Wie aus anderen Stadtgebieten bekannt und nach der vorgefundenen Schadstoffverteilung zu schließen ist, stellen auch in Kehl Blei und Benzo[a]pyren Problemschadstoffe bzgl. der oralen Aufnahme von Boden durch Kleinkinder dar. *Langjährig (> 10 Jahre) nicht bearbeitete, vegetationsfreie Oberböden von Spielplätzen sollten auf Blei und Benzo[a]pyren untersucht werden.*

5.1.2 Pfad Boden-Pflanze-Mensch/Tier

Im Gewerbe- und Siedlungsgebiet treten vereinzelt erhöhte Cadmium-Gehalte im Boden auf. Deshalb sollten in den dort befindlichen

Nutzgärten die Cadmium-Gesamtgehalte, der Boden-pH und mobiles Cadmium weiter kontrolliert werden.

Relativ häufige Zinkanreicherungen in Kleingärten bleiben für die Qualität der Nutzpflanzen unbedeutend, in Extremfällen kann dies dort jedoch zu Wachstumsdepressionen führen.

Die bei einer früheren Untersuchung vereinzelt festgestellten Blei- und Quecksilberanreicherungen in Pflanzen [STANDORT 1991] sind eher auf einen Eintrag über die Luft als auf eine Aufnahme aus dem Boden zurückzuführen.

5.1.3 Pfad Boden (-Pflanze) -Tier-Mensch

Innerhalb und im Nahbereich des Kehler Gewerbegebietes sollte wegen möglicher PCDD/F-Anreicherungen im Boden oberhalb 5 ng I-TEq/kg auf die bodengebundene Tierhaltung verzichtet werden.

5.1.4 Pfad Boden-Pflanze

Das Pflanzenwachstum wird auf den derzeit forst- oder landwirtschaftlich genutzten Böden durch die hierfür relevanten Schadstoffe nicht beeinträchtigt. Bedingt durch die überwiegend neutralen Boden-pH-Werte und hohen Tongehalte werden Schwermetalle im Boden fest gebunden und können von der Pflanzenwurzel kaum aufgenommen werden.

5.1.5 Pfad Boden-Sickerwasser

Die Filter- und Puffereigenschaften der Oberböden und Unterböden sind in Kehl unterschiedlich. Die Oberböden sind gute Filter und Puffer gegenüber dem Grundwasser, jedoch ist die Filterstrecke bedingt durch die geringen Flurabstände kurz. Der Untergrund weist hingegen bei vorherrschend kiesigen Lagen nur eine geringe Filterkapazität auf. Im Trinkwasserschutzgebiet Eckartsweier sollte daher im Hinblick auf die Erhaltung der Filter- und Pufferfunktion der Oberböden, insbesondere für Blei, der Boden-pH bzw. die Elementmobilität

überwacht werden (Messungen z.B. im 4-Jahres Rhythmus).

5.2 Häufigkeit von Schadstoffanreicherungen

Für die Beurteilung der Schadstoffgehalte ist ein Vergleich der Daten mit dem Hintergrundbereich im ländlichen Raum Baden-Württembergs hilfreich. In Abbildung 5.3-1 ist die Häufigkeit dargestellt, mit der die landesweiten 90.P-Hintergrundwerte überschritten werden. In der Reihenfolge Zn, Pb, PCDD/F > PAK > Cd, Cu nimmt die Häufigkeit für Überschreitungen der landesweiten Hintergrundwerte ab. Neben Kobalt und Vanadium (in der 3. VwV nicht enthalten) sind auch Chrom und Quecksilber nicht in die Abbildung aufgenommen, weil vermutlich die Kehler Böden geogen erhöhte Chrom- und Quecksilbergehalte aufweisen. Dennoch ist auch Quecksilber zu den vorrangigen Schadstoffen zu zählen, denn in Kehl treten vereinzelt Kontaminationen bis über 1 mg/kg auf.

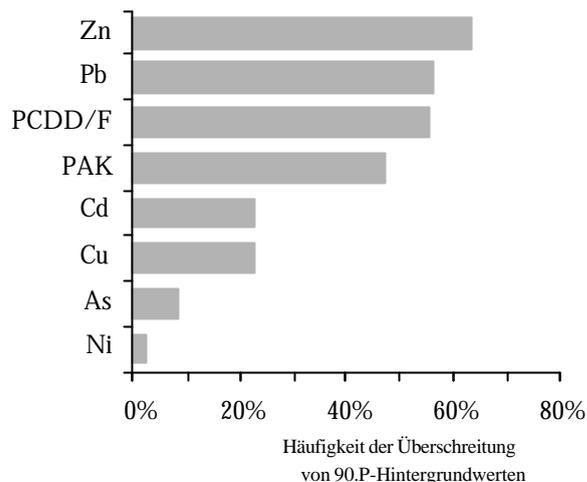


Abbildung 5.3-1: Häufigkeit der Überschreitung der landesweiten 90.P-Hintergrundwerte in Kehler Böden (Hinweis: eine Häufigkeit von 10% entspricht dem Landeshintergrund)

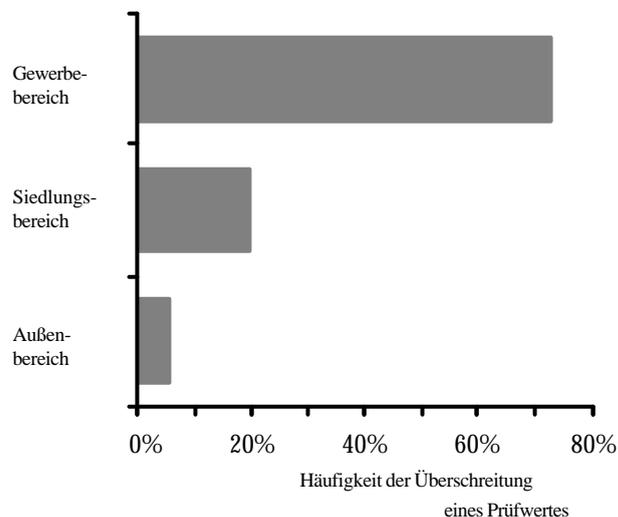


Abbildung 5.3-2: Häufigkeit der Überschreitung von Prüfwerten in Kehler Böden

Die Abbildung 5.3-2 gibt die Häufigkeit von Prüfwert-Überschreitung getrennt nach der Siedlungsstruktur wieder. Demnach weisen in Kehler Gewerbegebieten ca. drei von vier Böden mindestens eine Prüfwert-Überschreitung auf. Bei dieser Darstellung ist zu beachten, daß die Prüfwerte unabhängig von der aktuellen Nutzung angewendet wurden (vgl. Kap. 5.1).

5.3 Verwertung von Bodenaushub

Kehler Siedlungs- und Gewerbegebiete werden zunehmend erweitert, bereits bebaute Flächen werden rückgebaut. Zum Erhalt natürlichen Bodens ist eine Wiedernutzung von Bodenaushub - auch außerhalb der Bautätigkeit - wünschenswert [UM 1991]. Außerdem wird durch ein "Recycling von Böden" teurer Deponieraum eingespart [LAGA 1994]. Im Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub [UM 1994b] sind grundlegende Aspekte für den Umgang mit Bodenaushub aufgeführt. Folgende Hinweise sollen für den Raum Kehl berücksichtigt werden.

(1) Kehler Rheinhafen

Bei Böden aus dem Kehler Rheinhafen besteht grundsätzlich Verdacht auf Kontaminationen durch Cadmium, Zink, Quecksilber, Blei sowie PAK, PCB und PCDD/F. Der anstehende Boden sollte bereits vor den Baumaßnahmen in mehreren Horizonten kleinräumig beprobt und untersucht werden. Die Verbringung von Bodenaushub aus dem Gewerbegebiet in den Außenbereich sollte grundsätzlich vermieden werden.

(2) Siedlungsgebiet

Aufgrund der vorliegenden Befunde muß auch das Siedlungsgebiet insbesondere bzgl. Blei, Zink und Benzo[a]pyren als Verdachtsfläche für Bodenkontaminationen angesehen werden. Eine Verbringung von Aushubmaterial in

Tabelle 5.3-1: Gebietstypische 90.P-Hintergrundwerte für Chrom, Quecksilber und Blei in Böden des Raumes Kehl

	gestuft nach Tongehaltsgruppe				
	T2	T3	T4	T5	Schutter-Aue
Cr mg/kg	50	60	75	95	-
Hg mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Pb mg/kg	35	40	50	55	80 - 120*

*: Verwendbarkeit nur innerhalb dieser Standorteinheit: auf mobiles Blei untersuchen

den Außenbereich kann grundsätzlich nicht empfohlen werden.

(3) Außenbereich

Die Kehler Böden weisen geogen höhere Chrom- und Quecksilbergehalte auf als der Landesdurchschnitt, weshalb die landesweiten Hintergrundwerte nicht angewendet werden können. In Tabelle 5.3-1 sind daher gebietstypische 90.P-Hintergrundwerte für die Beurteilung von Kehler Bodenaushub aufgelistet. Diese gebietstypischen 90.P-Hintergrundwerte können bei der Verbringung von Bodenaushub nach dem "Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub" [UM 1994b] anstelle der landesweiten 90.P-Hintergrundwerte verwendet werden.

Im Bereich der Schutteraue (zwischen Kinzig, Kehl-Sundheim und Willstätt-Eckartsweier) sind erhöhte Bleigehalte vorhanden, weshalb die dortigen Böden weiter untersucht und bei Bestätigung erhöhter Gehalte nur innerhalb dieser Standorteinheit wiederverwendet werden sollten (Verschlechterungsverbot). In diesem Fall sollte auch die Blei-Mobilität überwacht werden.

5.4 Kehler Böden im Vergleich mit anderen Siedlungsräumen

In Tabelle 5.4-1 sind im Vergleich zu Kehl die Schadstoffgehalte der Böden im Raum Karlsruhe [UM 1995a] und Pforzheim [UM 1995b] dargestellt. Die 50. und 90. Perzentile ermöglichen unter Berücksichtigung der jeweiligen Daten-Verteilung nach Siedlungsstruktur und Bodennutzung, der Repräsentativität der Standorte (Häufigkeit beprobter Verdachtsstandorte) sowie der natürlichen Bodengesellschaften einen Vergleich der Siedlungsräume. Die entsprechende Aufteilung der Daten kann den jeweiligen Bodenzustandsberichten entnommen werden.

Insgesamt läßt sich feststellen, daß im Vergleich mit Karlsruhe in Kehl ähnliche Blei, Kupfer, PCB und PCDD/F-Gehalte, aber geringere Cadmiumgehalte vorliegen. Im Vergleich dazu weisen die Pforzheimer Böden, bedingt durch den gebietstypischen gewerblichen Einfluß und zum Teil auch natürlich bedingt deutlich höhere Schwermetallgehalte auf.

Tabelle 5.4-1: Schadstoffgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume [UM 1995a,b]

			Karlsruhe				Kehl				Pforzheim				
			Außenb.		Siedl.ber. *		Außenb.		Siedl.ber.*		Außenb.		Siedl.ber.*		
			50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P	
As	Arsen	gesamt	mg/kg	5,7	15	6,9	16	4,9	10	7,4	15	9	20	14	29
		mobil	µg/kg	19	46	17	37	-	-	-	-	26	44	28	49
Be	Beryllium	gesamt	mg/kg	0,5	1,6	0,5	1,4	-	-	-	-	1,5	2,9	1,7	2,8
		mobil	µg/kg	3	28	<1	29	-	-	-	-	6,9	64	5,8	15
Cd	Cadmium	gesamt	mg/kg	0,2	0,6	0,4	1,0	<0,1	0,3	0,3	1,0	0,4	2,2	0,6	7,2
		mobil	µg/kg	10	43	8	62	6,4	19	3,4	16	49	360	15	220
Co	Kobalt	gesamt	mg/kg	-	-	-	-	7,0	9,8	6,8	8,9	-	-	-	-
		mobil	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	Chrom	gesamt	mg/kg	30	55	24	70	54	86	48	69	57	130	31	100
		mobil	µg/kg	14	38	13	24	-	-	-	-	31	53	36	51
Cu	Kupfer	gesamt	mg/kg	9	29	25	59	20	32	27	59	19	76	61	290
		mobil	µg/kg	-	<400	-	<400	-	-	-	-	<40	430	<400	720
Hg	Quecksilber	gesamt	mg/kg	0,06	0,29	0,09	0,50	0,14	0,28	0,20	0,94	0,06	0,21	0,23	0,90
		mobil	µg/kg	-	<1,0	-	<1,0	-	-	-	-	-	<1,0	-	<1,0
Ni	Nickel	gesamt	mg/kg	9	31	16	28	21	29	20	25	31	78	27	47
		mobil	µg/kg	210	510	80	260	-	-	-	-	210	680	170	790
Pb	Blei	gesamt	mg/kg	30	60	47	140	41	93	62	140	34	60	51	180
		mobil	µg/kg	140	2500	<20	1100	-	-	-	-	<20	920	<20	86
Pt	Platin	gesamt	mg/kg	<0,0	0,01	<0,0	0,02	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	0,04
		mobil	µg/kg	1	1	1	1	-	-	-	-	1,4	2,5	1,1	2,9
Sb	Antimon	gesamt	mg/kg	0,3	1,5	0,6	3,1	-	-	-	-	0,5	1,2	1,0	1,9
		mobil	µg/kg	6	17	7	39	-	-	-	-	5	12	7	34
Tl	Thallium	gesamt	mg/kg	0,2	0,4	0,1	0,3	-	-	-	-	0,4	0,8	0,4	0,6
		mobil	µg/kg	3	8	4	12	-	-	-	-	4,1	6,4	4,6	6,3
V	Vanadi.	gesamt	mg/kg	-	-	-	-	46	82	40	57	-	-	-	-
		mobil	µg/kg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Zink	gesamt	mg/kg	38	130	71	200	83	130	160	450	69	160	110	400
		mobil	µg/kg	<100	4800	<100	6900	-	-	-	-	930	5900	110	5300
Cs	Cäsium	134	Bq/kg	2,9	5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		137	Bq/kg	34	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pu	Plutonium	239	Bq/kg	-	<1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		239+240	Bq/kg	-	<1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻	Nitrat	1992	kg _{0.90} /ha	-	180	-	-	-	120	-	-	-	120	-	-
PAK ₁₆			mg/kg	0,9	2,6	3,5	15	-	-	-	-	1,1	2,1	1,8	17
BaP	Ben- zo[a]pyren		mg/kg	0,07	0,3	0,15	1,6	0,05	0,10	0,10	1,2	0,1	0,2	0,3	1,9
PCB ₆			µg/kg	3,6	14	7,9	110	-	<30	<30	130	7,2	27	9,3	160
PCDD/F	I-TEq		ng/kg	0,5	2,3	3,0	20	1,6	2,9	2,6	31	-	-	4,2	21
HCB			µg/kg	0,7	1,8	0,7	3,8	-	-	-	-	0,6	5,0	1,0	17

*: einschl. Spielflächen, Siedlungsflächen und Gewerbeflächen

6 Abkürzungen

50.P	50. Perzentil (Median)	Pb	Blei
90.P	90. Perzentil	PCB	Polychlorierte Biphenyle
AbfKlärV	Klärschlammverordnung	PCB ₆	Summe folgender PCB's:
As	Arsen	PCB 28	2,4,4'-Trichlorbiphenyl
BaP	Benzo[a]pyren	PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl
Be	Beryllium	PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl
BMU	Bundes-Umweltministerium	PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl
BodSchG	Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg	PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl
Bq	Becquerel	PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl
Cd	Cadmium	PCDD	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine
Cr	Chrom	PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
Cs	Cäsium	PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
Cu	Kupfer	pH(CaCl ₂)	Boden-pH in CaCl ₂ -Lösung
EPA	US-Amerikanische Umweltbehörde	Pt	Platin
FVA	Forstwirtschaftliche Versuchsanstalt	Pu	Plutonium
ges	Gesamtgehalt eines Elementes im Boden (Königswasseraufschluß)	Sb	Antimon
HCB	Hexachlorbenzol	SchAIV	Schutzgebietsausgleichsverordnung
Hg	Quecksilber	SE	Spurenelemente
I-TEq	Internationale Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS	SM	Sozialministerium
KfK	Kernforschungszentrum	SO ₂	Schwefeldioxid
LABfG	Landesabfallgesetz	T1...T6	Tongehaltsgruppen nach 3.VwV (mit der Fingerprobe zu ermitteln)
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz	T1	0-8 % Ton
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt	T2	>8 - 17 % Ton
mob	mobiler Anteil eines Elementes im Boden (Ammoniumnitrat-Extraktion)	T3	>17 - 27 % Ton
mg/kg	10 ⁻⁶	T4	>27 - 45 % Ton
mob	mobiler Anteil	T5	>45 - 65 % Ton
n	Anzahl	T6	>65 % Ton
ng/kg	10 ⁻¹²	TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin
Ni	Nickel	Tl	Thallium
NO ₃	Nitrat	TrinkwV	Trinkwasserverordnung
NO _x	Stickstoffoxide	UM	Umweltministerium
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	V	Vanadium
PAK ₁₆	Summe 16 PAK nach EPA	VwV	Verwaltungsvorschrift (zum BodSchG)
		WBA	Amt für Wasserw. und Bodenschutz
		Zn	Zink
		µg/kg	10 ⁻⁹

7 Literaturverzeichnis

- Blume H.-P. (Hrsg.) (1992): Handbuch des Bodenschutzes - Bodenökologie und -belastung Vorbeugend und abwehrende Schutzmaßnahmen.- Ecomed-Verlag, 2. Auflage: 794 S.; Landsberg.
- BodSchG [Staatsministerium Baden-Württemberg, Hrsg.] (1991): Gesetz zum Schutz des Bodens (Bodenschutzgesetz - BodSchG).- Gesetzblatt für Baden-Württemberg, Nr. 16: 434-440; Stuttgart.
- BSW [Badische Stahlwerke GmbH] (1994): Zusammenfassende Darstellung der Eigenschaften der für die Dammschüttungen und Zufahrten zu den Brückenbaustellen verwendeten EOS.- Badische Stahlwerke, Jahresbericht 1993: 88 S.; Kehl.
- Eikmann T. & A. Kloke (1993): Nutzungs- und schutzgutbezogene Orientierungswerte für (Schad-) Stoffe in Böden.- In: Rosenkranz, Bachmann, Einsele & Harreß [Hrsg.], Kennziffer 3590: 26 S.; Berlin.
- Hiersche E.-U. (1990): Untersuchungen an Elektroofenschlacke und Schlackengranulat im Hinblick auf ihre Verwendung im Straßenbau.- Gutachten im Auftrag der Badischen Stahlwerke AG, 25/89: 36 S.; Karlsruhe.
- GLA [Geologisches Landesamt Baden-Württemberg] (1994): Hydrogeologischer Schnitt durch das Untersuchungsgebiet Kehl/Eckartsweier.- Gutachtem i.A. der Stadtwerke Kehl, Bearb. Wendt & Stober: 1 S.; Freiburg.
- Hornburg V., G. Welp & G.W. Brümmer (1993): CaCl₂- und NH₄NO₃-extrahierbare Schwermetallgehalte in Böden - ein Methodenvergleich.- Mitt. Dtsch. Bodenkdl. Ges., 72: 373-376; Oldenburg.
- Jahn-Deesbach W. (1994): Gutachterliche Stellungnahme von BSW-Elektroofen-Schlacke als Bodenverbesserungsmittel.- Studie im Auftrag der Badischen Stahlwerke, 15 S.; Gießen.
- Kehl [Stadt Kehl] (1978): Erläuterungsbericht zum Flächennutzungsplan.- Große Kreisstadt Kehl, Stadtbauamt-Planungsabteilung: Karte 1:20.000, 101 S.; Kehl.
- Kehl [Stadt Kehl] (1994a): Klärschlammanalysen vom 1.6. und 15.11.1993.- Untersuchungen im Auftrag der Stadt Kehl: 6 S.; Kehl.
- Kehl [Stadt Kehl] (1994b): Kommunale Altlasten - Verdachtsflächen auf der Gemarkung der Stadt Kehl.- 4 S., Kehl
- Krause (1994): Bodenkarte 1:25.000 Appenweier.- Geologisches Landesamt Baden-Württemberg [Hrsg.], [in Vorbereitung]; Freiburg.
- LABO [Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz] (1994): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.- Bericht der ad-hoc AG "Referenzwerte bzw. Hintergrundwerte für Böden" des LABO-Arbeitskreises IV "Bodenbelastung", [unveröffentlichter Entwurf]: 146 S.; Berlin.
- LAGA [Länderarbeitsgemeinschaft Abfall] (1994): Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen / Abfällen - Technische Regeln.- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall, : 58 S.
- LfU [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Hrsg.] (1991): Flutungen der Polder Altenheim.- Materialien zum Integrierten Rheinprogramm, Bd. 3, Heft 2: Anlagen; Karlsruhe.
- LI [Lahmeyer International GmbH] (1989): Geologie und Boden.- In: SBW 1991 [Hrsg.], Kap. 5.3: 82 S.; Frankfurt.
- LUFÄ [Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt] (1994): Abfrage der Nitrat-Datenbank der LUFÄ vom 20.6.1994.- luK, : 40 Kilobyte Daten; Karlsruhe.

- MLR [Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Hrsg.] (1990): Informationen für die Pflanzenproduktion - Ergebnisse der Nitratuntersuchungen in den Böden der Wasserschutzgebiete Baden-Württembergs zu Vegetationsende 1989.- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, 1/1990: 192 S.; Stuttgart.
- MLR [Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, Hrsg.] (1991): Nitrat-Bericht 1990 - Pflanzenbeuliche Auswertungen der Nitratuntersuchungen der Böden im Rahmen der SchAIVO-Kontrolle zu Vegetationsende 1990.- Ministerium Ländlicher Raum Baden-Württemberg, : 184 S.; Stuttgart.
- Müller G. (1989): Bestandsaufnahme im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung zur Thermischen Sonderabfallbehandlungsanlagen Kehl.- Institut für Sedimentforschung, Universität Heidelberg: 28 S., Anhang; Heidelberg.
- Prüß A. (1992): Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden.- Verlag Ulrich E. Grauer: 145 S.; Wendlingen.
- Prüß A. (1994): Einstufung mobiler Spurenelemente in Böden.- In: Rosenkranz, Bachmann, Einsele & Harreß [Hrsg.], Kennziffer 3600: 59 S.; Berlin.
- Rosenkranz D., Bachmann G., Einsele G. & H.-M. Harreß [Hrsg.] (1994): Bodenschutz.- E.Schmidt Verlag, Ergänzbares Handbuch; Berlin.
- SBW [Sonderabfallentsorgung Baden-Württemberg GmbH, Hrsg.] (1991): Umweltverträglichkeitsuntersuchung im Planfeststellungsverfahren für die Sonderabfallverbrennungsanlage SAV Kehl.- Studie im Auftrag der SBW, vertreten durch die LEG Landesentwicklungsgesellschaft Baden-Württemberg GmbH; Durchführung durch LI Lahmeyer International GmbH, TÜV Südwest u.A., Antrag auf Planfeststellung, Beilage 3; Stuttgart.
- Schachtschabel P., Blume H.-P., Brümmer G., Hartge K.-H., Schwertmann U., Fischer W.R., Renger M. & O. Strebel (1992): Lehrbuch der Bodenkunde.- Ferdinand Enke Verlag, 13. Auflage: 491 S.; Stuttgart.
- Schuldt M.: (1990): Hamburger Ansätze zur Beurteilung von Bodenverunreinigungen.- In: Rosenkranz, Bachmann, Einsele, Harres [Hrsg.], 3540: 1-20; Berlin.
- Standort - Institut für Boden- und Umweltanalyse (1991): Schwermetallbelastung von Vegetation und Böden des Raumes Kehl.- Studie im Auftrag der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: 51 S.; Stuttgart.
- ULP/INRA [Universite Louis Pateur Strasbourg, Institut National de la Recherche Agronomique Colmar] (1993): Etude de Synthèse sur la situation de la pollution des sols a Strasbourg. 62 S., Strasbourg.
- UM [Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg] (1991): Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen.- Luft Boden Abfall, Heft 10: 35 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1992): Richtwerte für dioxinbelastete Böden.- Erlaß vom 21.1.1992, Az.: 44-8810.30/80: 9 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1993a): Zweite Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz über die Probenahme und -aufbereitung (VwV Bodenproben).- Gemeinsames Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg (GABL), Heft 30: 1017-1028; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1993b): 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; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1993c): Emissionen und Immissionen im Raum Kehl-Offenburg.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-14-93: 187 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1994a): Kompostierungserlaß.- Erlaß vom 30.6.1994, Az.: 48-8981.31/264: 10 S.; Stuttgart.

- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1994b): Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub.- Luft, Boden, Abfall, Heft 28: 29 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1995a): Bodenzustandsbericht Karlsruhe.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, Heft UM-14-95: 66 S., Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1995b): Bodenzustandsbericht Pforzheim.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, Heft UM-15-95: 61 S., Stuttgart.
- UM/SM [Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg, Umweltministerium Baden-Württemberg, Hrsg.] (1993): Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen.- Az.: 57-8490.1.40.: 22 S.; Stuttgart.
- UMEG [Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen GmbH] (1993): Immissionen von Dioxinen und Furanen in Baden-Württemberg 1992/1993.- UMEG, Bericht Nr. 32-12/93: 23 S.; Karlsruhe.