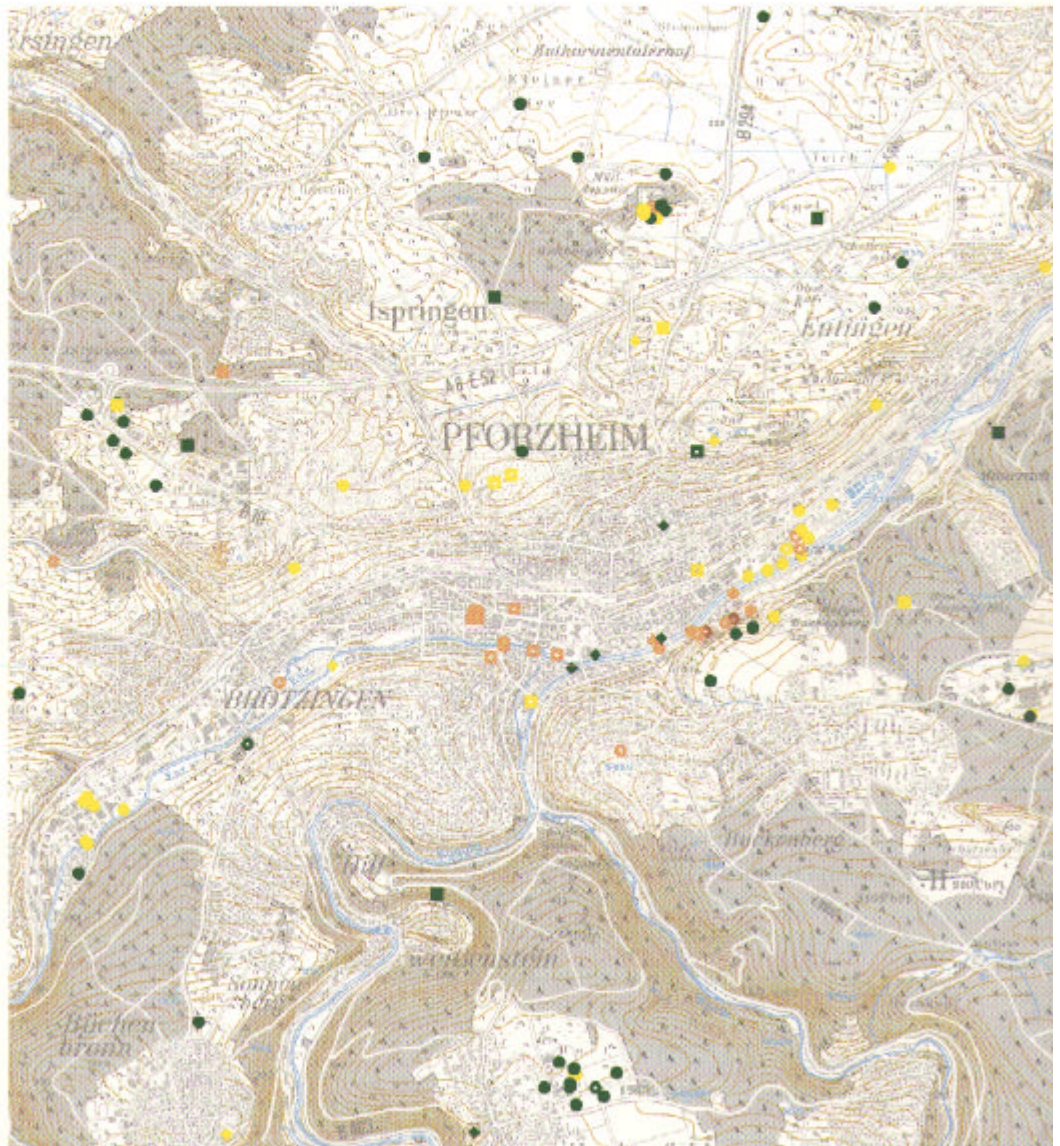


# Umweltschutz in Baden-Württemberg

BADEN-  
WÜRTTEMBERG

## Bodenzustandsbericht Pforzheim Schadstoffgehalte der Böden



UMEG

dfu



UMWELT-  
MINISTERIUM

The logo for BofaWeb, featuring the text 'BofaWeb' in a bold, sans-serif font. The text is white and set against a dark red, curved background element that resembles a stylized wave or a ribbon.

Bodenschutzfachinformation im WWW

***Impressum***

*Herausgeber:*

*Umweltministerium Baden-Württemberg  
70029 Stuttgart*

*Auftraggeber:*

*LfU Landesanstalt für Umweltschutz  
76185 Karlsruhe*

*Verfasser:*

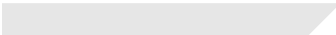
*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen  
und Umwelterhebungen mbH  
76185 Karlsruhe*

*Kartengrundlage: Digitale Rasterdaten der  
Topographischen Karte 1:50 000, Bl. L7116 und L7118  
des Landesvermessungsamtes Baden-Württemberg,  
Genehmigung unter Az.: 5.13-D/247.*

*Thematische Ergänzung der Karten,  
Satz und Grafiken: UMEG*

*Bezug über Fax 0721/983-1456 (LfU, Referat 15),  
Preis DM 15,- zuzgl. Porto und Verpackung  
UM-Bericht Nr.: UM-15-95  
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**  
**PFORZHEIM**  
– 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 erge-

ben sich immer wieder räumlich begrenzte 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

<b>Vorwort</b>	<b>III</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>2</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>2</b>
1.1 Ziel des Bodenzustandsberichtes	2
1.2 (Schad-) Stoffe in Böden	3
1.3 Beurteilungsgrundlagen	4
<b>2 Das Untersuchungsgebiet</b>	<b>6</b>
2.1 Bodengesellschaften	6
2.2 Bodennutzungen	7
2.3 Kontaminationsquellen	7
<b>3 Methodik</b>	<b>9</b>
3.1 Datenerhebung	9
3.2 Ergänzende Messungen 1993	10
3.3 Datenauswertung	12
3.3.1 Datengruppierung	12
3.3.2 Kartographische Darstellung	12
3.3.3 Beschreibende Statistik	13
<b>4 Schadstoffgehalte der Böden im Raum Pforzheim</b>	<b>14</b>
4.1 Arsen	17
4.2 Cadmium	20
4.3 Chrom	24
4.4 Kupfer	27
4.5 Quecksilber	30
4.6 Nickel	32
4.7 Blei	35
4.8 Thallium	38
4.9 Zink	40
4.10 Weitere Spurenelemente	43
4.11 Nitrat	43
4.12 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	44

4.13	Polychlorierte Biphenyle	48
4.14	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane	50
4.15	Hexachlorbenzol	52
<b>5</b>	<b>Schlußfolgerungen</b>	<b>54</b>
5.1	Aktuelle Beeinträchtigung der Schutzgüter	54
5.1.1	Direktpfad Boden-Mensch	54
5.1.2	Pfad Boden-Pflanze-Mensch/Tier	54
5.1.3	Pfad Boden(-Pflanze)-Tier-Mensch	55
5.1.4	Pfad Boden-Pflanze	55
5.1.5	Pfad Boden-Bodenorganismen	55
5.1.6	Pfad Boden-Sickerwasser	55
5.2	Nutzungsänderungen und Verwertung von Bodenaushub	56
5.3	Pforzheim im Vergleich	57
<b>6</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>60</b>

## Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht stellt eine erste Bestandsaufnahme und Auswertung der Schadstoffgehalte der Böden im Raum Pforzheim dar.

Für die Zusammenstellung des Berichts wurden neben der Erhebung vorhandener Analysedaten im Jahr 1993 ergänzende Messungen durchgeführt. Sowohl bei den früheren als auch bei den ergänzenden Messungen wurden Böden im Nahbereich von z. T. ehemaligen Emittenten einbezogen. Es muß deshalb in Betracht gezogen werden, daß mit der vorliegenden Dokumentation der Schadstoffgehalte der Böden des Untersuchungsgebiets die tatsächlichen Hintergrundgehalte ggf. etwas überschätzt werden.

An einzelnen, bereits 1981 untersuchten Standorten ist nicht auszuschließen, daß die Nutzung zwischenzeitlich geändert oder die damals untersuchten Böden überdeckt oder umgelagert wurden.

### (1) Pforzheimer Siedlungsgebiet

In der "Goldstadt Pforzheim" sind zahlreiche Schmelzanlagen für Edelmetalle angesiedelt, die zunehmend vom Stadtgebiet in den Außenbereich verlagert werden. Im Umfeld von z. T. ehemaligen Schmelzanlagen in der Innenstadt wurden 1981 stellenweise hohe Bodenbelastungen mit Cadmium und Zink, Kupfer, Quecksilber und/oder Blei ermittelt. Auch die neuen Untersuchungen bestätigen erhöhte Schwermetallgehalte. Die hier vorgefundenen Anreicherungen mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzo-

furanen (PCDD/F) sind hingegen typisch für ein Stadtgebiet.

Bedingt durch die Boden-Umlagerungen seit dem Zweiten Weltkrieg ist eine lokale Prognose der Schadstoffgehalte heute unmöglich. Nutzungsänderungen und Umlagerungen von Bodenaushub müssen in Pforzheim daher auch künftig von Bodenuntersuchungen auf Schadstoffe begleitet werden.

### (2) Kraichgau (Außenbereich nördlich der Enz)

Die Böden des Kraichgaus sind aus Kalksteinen des *Muschelkalks* unter Lößeinfluß entstanden. Der Löß verdünnt die sich bei der Verwitterung der Kalksteine anreichernden Schwermetallgehalte. Die Chrom- und Nickelgehalte sind in lößarmen Böden demnach hoch, aber fest gebunden und eher unbedeutend. Das Cadmium ist in diesen Böden jedoch sehr mobil und für den Anbau von cadmium-akkumulierenden Nahrungs- und Futterpflanzen bedenklich.

### (3) Schwarzwald-Randplatte (südlich der Enz)

Der auf der Schwarzwald-Randplatte (*Buntsandstein*) puffernd wirkende Löß fehlt an deren Steilhängen. Solche pufferarmen Böden des Pforzheimer Trinkwasserschutzgebietes sind von der Bodenversauerung und damit einhergehender Mobilisierung von Aluminium und Schwermetallen betroffen.

Auch im Pforzheimer Außenbereich finden sich inselhaft verteilt (anthropogen) mit PAK oder Cadmium und Zink belastete Böden.

# 1 Einleitung

Neben der Luft und dem Wasser stehen auch die Böden im Blickfeld der Umweltüberwachung. Ziel des Bodenschutzes ist die langfristige Erhaltung der Bodenfunktionen als wichtige Steuergröße natürlicher Stoffkreisläufe. In Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten werden Böden seit Jahrzehnten intensiv genutzt. Der Stoffbestand dieser Böden ist ein Spiegel der Siedlungsgeschichte. Dies gilt insbesondere für Schadstoffe, wie Schwermetalle, polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane sowie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, da diese Stoffe i.d.R. im Boden nicht abgebaut oder kaum verlagert werden.

In Abhängigkeit von der aktuellen Bodennutzung können Schadstoffe vom Boden in andere Schutzgüter gelangen (Abbildung 1.0-1). Bei Änderungen der Bodennutzung werden ggf. andere Schutzgüter betroffen.

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

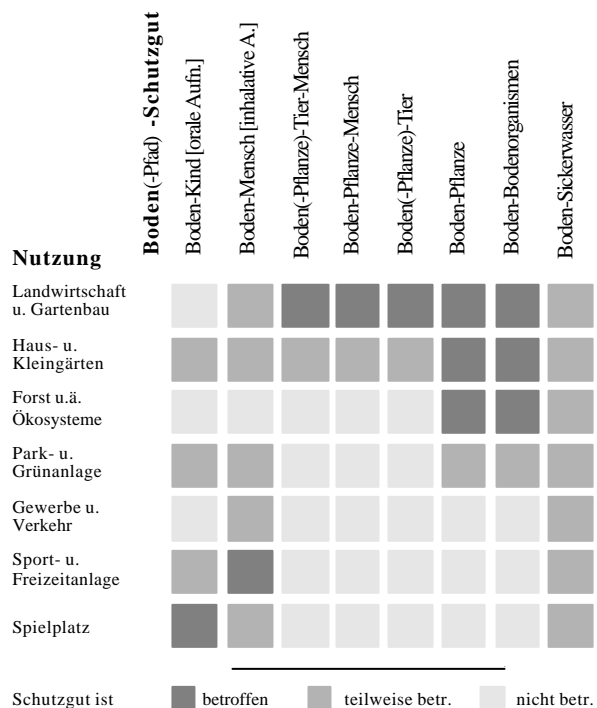
## 1.1 Ziel des Bodenzustandsberichtes

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 sowie

ergänzender Messungen aus dem Jahr 1993. Aus der ermittelten Schadstoffverteilung werden Schlußfolgerungen hinsichtlich folgender Fragen gezogen:

- Werden Schutzgüter aktuell beeinträchtigt?
- Welche Schadstoffe sind im Untersuchungsgebiet im 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



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



soll zur Information der Öffentlichkeit dienen. Eine Fortschreibung des Bodenzustandsberichtes 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. SCHACHTSCHABEL et al. 1992 und BLUME 1992].

### (1) Anorganische Stoffe und ihre Verbindungen

#### (1.1) Schwefeldioxid und Stickstoffverbindungen (Bodenacidität)

Schwefeldioxid- ( $\text{SO}_2$ ) und Stickoxid-Immisionen ( $\text{NO}_x$ ) können die natürliche Bodenversauerung beschleunigen. Die emittierten Gase reagieren mit atmosphärischem Wasser zu Säuren.  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  unterliegen jedoch einem beträchtlichen Ferntransport, so daß räumliche Zusammenhänge zwischen Emittenten 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 verlagert 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 Inverkehr-

bringen 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 Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane**

Es gibt 75 Isomere von polychlorierten Dibenzop-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 siehe Kap. 6; Quellen: UM [1992b], 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]	-----	wenn pH 5:	20...40	-----			
	mob. µg/kg	40...60	-	-	-	-	140	140	800	-	-	140	70
Cd	ges. mg/kg	0,2...1,0	3	15	60	[25]	-----	wenn pH 5:	1...1,5	-----			
	mob. µg/kg	5...80	-	-	-	-	25	25	-	-	-	100	30
Cr	ges. mg/kg	20...90	100	500	-	-	-----	wenn pH 5:	100	-----			
	mob. µg/kg	11...50	-	-	-	-	-	-	60	130	-	130	130
Cu	ges. mg/kg	10...60	-	-	-	[110]	-----	wenn pH 5:	60	-----			
	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	-	-----	wenn pH 5:	1	-----			
	mob. µg/kg	1	-	-	-	-	-	-	-	7	-	7	7
Ni	ges. mg/kg	15...100	100	100	300	[6.000]	-----	wenn pH 5:	50	-----			
	mob. µg/kg	200...1.000	-	-	-	-	-	-	1.200	-	-	1.200	700
Pb	ges. mg/kg	25...55	100	500	4.000	[700]	-----	wenn pH 5:	100	-----			
	mob. µg/kg	4...3.000	-	-	-	-	400	400	-	-	-	3.500	250
Tl	ges. mg/kg	0,2...0,7	1	4	15	-	-----	wenn pH 5:	0,5...1	-----			
	mob. µg/kg	11...50	-	-	-	-	40	40	-	-	-	-	-
Zn	ges. mg/kg	35...150	-	-	-	[6.000]	-----	wenn pH 5:	150...200	-----			
	mob. µg/kg	120...5.000	-	-	-	-	-	5.000	10.000	-	-	5.000	1.500
PAK <sub>16</sub>	mg/kg	1,0	5	25	100	-----	10	-----					
BaP	mg/kg	0,07	0,5	2,5	10	-----	1	-----					
PCB <sub>6</sub>	µg/kg	10	600	-	-	-----	300	-----					
PCDD/F <sub>1-TEq</sub>	ng/kg	2	100	1.000	-	5	40	40	-	[1.000]	-	-	-

-: Prüfwert nicht relevant oder keine Prüfwert(vorschlä)ge verfügbar

...: Wert ist abhängig vom Substrattyp (Tongehalt, pH, Ausgangsgestein, vgl. UM 1993b)

## 2 Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet Pforzheim ist Teil des Stadtkreises Pforzheim und ist durch die Gauß-Krüger-Koordinaten 3472 bis 3483 (Rechts-Wert) und 5413 bis 5422 (Hoch-Wert) begrenzt (vgl. Karte 3.2-1). Das Gebiet umfaßt 99 km<sup>2</sup>. Die Geomorphologie des Raumes Pforzheim ist von der SW-NO verlaufenden Enz geprägt. Das Enztal bildet eine scharfe Landschaftsgrenze zwischen Kraichgau im Norden und Schwarzwald im Süden.

### 2.1 Bodengesellschaften

Für die folgende Beschreibung der Bodengesellschaften werden die Erläuterungen der geologischen Karten Pforzheim-Nord und -Süd (Blattnr. 7018 und 7118, M 1:50.000) sowie die Bodenübersichtskarte Stuttgart-Nord (Blattnr. CC7118, M 1:200.000) herangezogen.

#### (1) Kraichgau

Ausläufer des Kraichgaus mit den Muschelkalkhöhen des Wallberges (bis 417 m üNN) und Wartberges (bis 373 m üNN) bilden den nördlichen Teil des Enztales. Das flachhügelige Relief des Oberen und Mittleren Muschelkalkes ist von Löß und Lößlehm bedeckt. Hier haben sich zum einen (pseudovergleyte) Parabraunerden aus lehmigem Schluff bis schluffigem Lehm über schluffig-tonigem Lehm entwickelt. Zum anderen haben sich dort, wo die Lößauflagen geringmächtig ausgebildet sind oder die Böden durch Erosion verjüngt wurden, aus dem Carbonatgestein des Muschelkalkes flachgründige Rendzinen und Braunerden bis zu tiefgründigen Braunerde-Terra fusca aus schluffig bis schluffig-tonigem Lehm gebildet.

#### (2) Schwarzwald-Randplatte

Die Buntsandsteinplatten des Nord-Schwarzwaldes (südlich der Enz) fallen in nördlicher

Richtung langsam ab und tauchen nördlich der Enz unter die Muschelkalkschichten des Kraichgaus.

Auf der Schwarzwald-Randplatte haben die Flüsse Würm und Nagold tiefe Täler eingekerbt. Würm und Nagold zerlegen den zum Untersuchungsgebiet gehörenden Teil des Schwarzwaldes in drei Teile: 1. östlich der Würm (einheitlicher Forst namens Hagenschieß, Unterer Muschelkalk und Oberer Buntsandstein), 2. Mittelstück zwischen Würm und Nagold (vorwiegend Oberer Buntsandstein), 3. westlich der Nagold (Oberer Buntsandstein).

Auch auf der Schwarzwald-Randplatte ist ein Lößeinfluß vorhanden. Im Bereich Altgefäll haben sich Braunerden bis Parabraunerden aus Löß(lehm) entwickelt. Wo der Buntsandstein vorwiegendes Ausgangsgestein der Bodenbildung ist, haben sich teils pseudovergleyte, teils podsolige Braunerden bis Parabraunerden entwickelt. Westlich von Huchenfeld, zwischen Würm und Nagold, sind inselhaft aus den Wellendolomiten des Unteren Muschelkalkes Pseudogley-Pelosole entstanden.

#### (3) Talniederungen von Enz, Würm und Nagold

Die Auen von Würm und Nagold werden von Steilhängen des unteren und mittleren Buntsandsteins umgeben.

Das Stadtzentrum von Pforzheim liegt in der Enzaue (bei ca. 250 m üNN). Für das Siedlungsgebiet liegt bislang keine Stadtbodenkartierung vor. In der Aue haben sich in der Regel aus Sandsteinkies und -geröll Auengleye und Braune Auenböden aus grusführendem Sand und sandigem Lehm entwickelt. Daneben treten Podsol-Braunerden bis podsolige Braunerden aus schuttreichem lehmigen Sand auf. Südlich von Eutigen haben sich pseudovergleyte Parabraunerden entwickelt.



Daneben treten Böden aus Fließerdedecken aus kiesartigem Lößlehm-Hochflutlehm-Gemischen auf.

## 2.2 Bodennutzungen

Der Kraichgau ist von landwirtschaftlicher Nutzung und die Schwarzwald-Randplatte von forstwirtschaftlicher Nutzung geprägt. Die engen Schwarzwaldtäler von Würm und Nagold wurden nur in natürlichen Talweitungen bebaut, wie in Dill-Weißenstein mit einer Papierfabrik. Für das gesamte Bearbeitungsgebiet stellt sich folgende Verteilung der Nutzungen dar: Im Stadtkreis Pforzheim dominiert die forstwirtschaftliche Nutzung, gefolgt von landwirtschaftlicher Nutzung und Gebäudeflächen (Tabelle 2.1-1). Um das Stadtgebiet zieht sich ein dichter Gürtel von "Gartenhausgebieten" (146 ha). Im Kraichgau sind nach dem Flächennutzungsplan des Nachbargemeinschaftsverbandes Pforzheim von 1983 Erweiterungen von Gartenhausgebieten geplant. Daneben sind Erweiterungen bestehender Gewerbegebiete, z.B. nordwestlich von Pforzheim entlang der B10 sowie Erweiterungen von Wohnbauflächen, auf Kosten landwirtschaftlich genutzter Gebiete geplant.

### Trinkwassergewinnung

Die Stadt Pforzheim bezieht ihr Trinkwasser aus Schachtbrunnen in der Enzaue zwischen Pforzheim und Niefern. Auf tonigen Schichten des Mittleren Buntsandsteins staut sich dort das Grundwasser, welches von Süden aus starken Zustrom erhält. Das Wasser im Buntsandstein-Kluftgrundwasserleiter unterliegt einer geringen Filter- und Reinigungswirkung [PF 1987]. Gleiches gilt für die Karst-Grundwässer im Muschelkalkgebiet. Die Schachtbrunnen in der Enzaue wurden 1984 durch das Trinkwasserschutzgebiet Nr. 31 (der Stadt Pforzheim, Zweckverband Eutingen, Gemeinde Niefern-Öschelbronn) unter Schutz gestellt. Die Zone II des Gebietes reicht von der Enz bis zum Gewerbegebiet Altgefäll und ist überwiegend forstwirtschaftlich, im Bereich

**Tabelle 2.1-1:** Bodennutzungen im Stadtkreis Pforzheim [LIS, 1993; PF, 1983]

	ha	%
Gebäudeflächen	1234	13%
Verkehrsflächen	771	8%
Erholungsflächen etc.	237	3%
Landwirtschaft	2386	24%
Forst	4994	51%
Gewässer	68	<1%
sonstige	92	<1%

des Hofgutes Buckenberg auch landwirtschaftlich genutzt.

## 2.3 Kontaminationsquellen

Die "Goldstadt Pforzheim" ist von der Schmuckindustrie geprägt. Schmelzanlagen für Edelmetalle sind i.d.R. nicht genehmigungsbedürftig. Sie werden häufig in handwerklichem Umfang betrieben und emittieren in niedriger Quellhöhe. Bei einer Emissionserhebung (nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen) im Bereich Gewerbe entfielen in Pforzheim 43% der Betriebe auf Metallbe- und -verarbeitung [UMEG 1993].

### (1) Industrie, Gewerbe, Hausbrand und Verkehr

In den Jahren 1983/84 sowie 1990/91 wurden im Raum Pforzheim Immissionsmessungen durchgeführt. Im Mittel hat der Staubbiederschlag 1990/91 gegenüber 1983/84 zugenommen. Die Bleidepositionen sind in diesem Zeitraum um 20% und die Cadmiumdepositionen um 50% gesunken. Erhöhte Depositionen blieben sowohl in 1983/84 als auch 1990/91 auf das Stadt-Zentrum Pforzheim beschränkt (1990/91 im Mittel bis 1,4 µg/m<sup>2</sup>d Cadmium, UM 1992a).

In den Jahren 1990/91 wurden auch Messungen an Fichtennadeln durchgeführt. In Eutingen-Nägelishalden wurden an Fichtennadeln erhöhte PAK-Gehalte gemessen und an acht von 54 untersuchten Standorten wurden durch

Emissionen des Straßenverkehrs verursachte Blei-Anreicherungen festgestellt [UM 1992].

An Straßenrändern sind in Abhängigkeit vom Verkehrsaufkommen und dem Alter der Fahrbahnen i. d. R. in einer Entfernung von 5 bis 10 m Blei, Cadmium, Zink, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, polychlorierte Biphenyle sowie polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane angereichert.

Nach Angaben des Emissionskatasters erreichten die Blei-Emissionen des Verkehrs, bezogen auf einen Hektar in der Innenstadt im

Jahr 1990 bis 1,5 kg/Jahr [UMEG 1993, UM 1993c].

## **(2) Düngemittel, Pestizide, Klärschlämme**

Seit etwa 20 Jahren werden in Pforzheim keine Klärschlämme mehr landwirtschaftlich genutzt und auf Deponien verbracht [UM 1993d, PF 1988]. Zuvor konnten jedoch schwermetallreiche (Industrie-) Klärschlämme vereinzelt Kontaminationen verursacht haben. Intensiv behandelte Sonderkulturen sind in dem von forstwirtschaftlicher Nutzung dominierten Raum Pforzheim unbedeutend.

## 3 Methodik

### 3.1 Datenerhebung

Die Tabellen 3.1-1 und 3.1-2 geben die bis 1993 durchgeführten und hier berücksichtigten Projekte nach Herkunft und untersuchten Schadstoffen wieder. In den Projekten 8 bis 201 wurden, verteilt über das gesamte Stadtgebiet, Böden im Nahbereich von Emittenten

untersucht. In der folgenden Auswertung wird die Nutzung zum Zeitpunkt der Probennahme berücksichtigt. An einzelnen, bereits 1981 untersuchten Standorten ist nicht auszuschließen, daß die Nutzung zwischenzeitlich geändert wurde oder die damals untersuchten Böden überdeckt oder umgelagert wurden. Das Projekt 202 wurde zur Erkundung einer heute

**Tabelle 3.1-1:** Projekte aus dem Erfassungsgebiet Pforzheim, in denen Böden auf persistente Schadstoffe untersucht wurden (Abkürzungen vgl. Kapitel 6)

PrjNr	Projektname	Kompon.	Ziel (Gehalte in/im ...)	Quelle
7	Landesweite Prj Überschwemmungsgebiete	SM	Auenböden	BDB
42, 54	Dioxine in Böden	PCDD/F, SM	Emittentenumfeld	BDB
8	Regionale Prj Umfeld einer Gekrätzeverasch.	Cd	Emittentenumfeld	BDB
201	Emittentenprogramm '81	SM	Emittentenumfeld	LWA Pf
202	Deponie Hohberg '90	SM	Nahbereich einer Altablagerung	Stadt-Pf
203	BUND - Katharientaler Senke '92	SM	Landwirtschaft	Stadt-Pf
204	Spielplätze '90 und '92	SM, PAK	Spielplätze	Stadt-Pf

**Tabelle 3.1-2:** Bis 1993 untersuchte Bodenkomponenten im Raum Pforzheim, gruppiert nach Untersuchungsprojekten (Abkürzungen siehe Kap. 6)

Projekt	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Tl	Zn	SM <sub>m</sub>	PAK	PCB	PCDD , PCDF	HCB
7	-	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-
8	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
42	-	3	-	-	3	-	3	-	-	-	-	-	3	-
54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
201	-	60	60	60	60	60	60	-	60	-	-	-	-	-
202*	-	10	10	10	-	10	10	-	10	-	10	-	-	-
203	-	5	5	5	-	5	5	-	5	-	-	-	-	-
204**	-	16	16	16	-	16	16	-	16	-	-	-	-	-

\*: Daten wurden für die statistische Auswertung ausgeschlossen.

\*\* : 10 Proben von Spielplatz-Unterböden, 6 Proben Spielsand

geschlossenen Deponie durchgeführt. Da die Proben zum Teil nur wenige Meter vom Rand des Deponiekörpers entfernt entnommen wurden, werden diese Daten aus der statistischen Auswertung der "Hintergrundgehalte" ausgesondert. Diese Daten sind in den Karten dargestellt.

Außerdem wurden Nitrat-Untersuchungen nach der Schutzgebietsausgleichsverordnung ausgewertet [Quelle: LUFA].

### 3.2 Ergänzende Messungen 1993

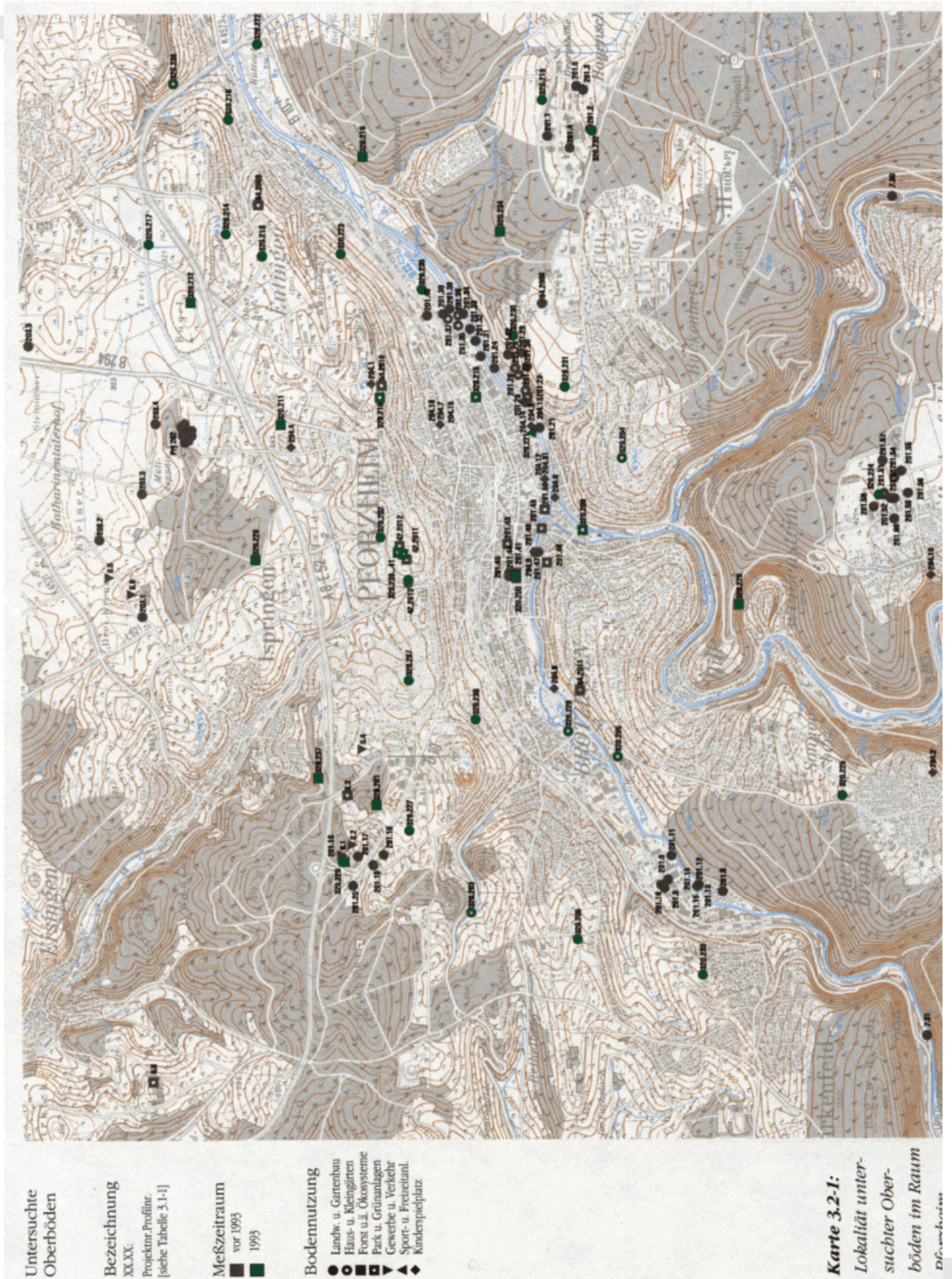
Ziel der Meßplanung war die weitere Verdichtung des bisherigen stichprobenartigen Abbilds der Schadstoffgehalte. Bei der Meßplanung wurden die natürlichen Bodengesellschaften, die typischen Bodennutzungen und die Lage von Emittenten berücksichtigt. Die Probennahmestandorte wurden zunächst nach einem Raster ausgerichtet. Der zu beprobende Standort wurde innerhalb der Rasterfläche in das Umfeld eines Emittenten, auf einen "Verdachtsstandort" oder auf eine repräsentative Bodennutzung gelegt. Standorte, an denen bereits Kontaminationen bekannt waren (z.B. Nahbereich von Straßen), wurden dabei ausgeschlossen. Nach dieser Meßplanung ist davon auszugehen, daß die in dieser Auswertung ermittelten Schadstoffgehalte die tatsächlichen Hintergrundgehalte ggf. etwas überschätzen. Karte 3.2-1 zeigt die bei der Meßplanung ausgewählten Standorte (Prj. 320) gemeinsam mit den erhobenen Standorten.

An 38 Standorten wurden Oberböden auf folgende Schadstoffe untersucht: As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pt, Sb, Tl und Zn (Gesamtgehalt und mobiler Anteil), polychlorierte Biphenyle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Hexachlorbenzol. Darüberhinaus wurden acht Oberböden im Umfeld von Gekrätzeveraschungs-Betrieben auf polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane untersucht.

Die Bodenprobennahme, -vorbereitung und -analyse erfolgte nach der zweiten und dritten VwV zum BodSchG [UM 1993a,b]. Die Probennahmetiefe betrug in Abhängigkeit von der Bodennutzung, der Bearbeitungstiefe und dem Bodentyp 0 - max. 30 cm bei Äckern und Gärten, 0 - max. 10 cm bei Grünland, Ödland, Park- und Grünanlagen sowie Forst und 0 - 2 cm bei Spielflächen. Die Probennahmefläche betrug i.d.R. 100 m<sup>2</sup>.

Die Extraktion der Spurenelemente wurde nach DIN 38414, Teil 7 (Königswasseraufschluß) und E DIN 19730 (Ammoniumnitratextraktion), die Messung mittels Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und Hydrid-AAS durchgeführt. Die Ergebnisse werden in mg/kg (Gesamtgehalt) und in µg/kg (mobiler Anteil) angegeben. Die PAK-Extraktion wurde nach einer Empfehlung der LfU [1992] mit Aceton/Cyclohexan-Gemisch durchgeführt und die Komponenten mittels HPLC mit DAD- und FLD-Detektor gemessen. Die Vorbereitung der Proben für die PCB-Bestimmung erfolgte mit Soxhlet-Extraktion in Toluol. Zur Analyse wurde ein GC mit ECD-Detektor eingesetzt.







## 3.3 Datenauswertung

### 3.3.1 Datengruppierung

Für die Beurteilung der anorganischen Schadstoffe werden die Böden zunächst nach Tongehaltsgruppen (für den Gesamtgehalt) oder dem pH-Wert (für die mobilen Anteile) differenziert. Eine Bezugsgröße für die Beurteilung anorganischer und organischer Schadstoffe ist die Bodennutzung nach Tabelle 3.3-1. Die Bodennutzung ist für die Beurteilung einer aktuellen Beeinträchtigung der Schutzgüter maßgeblich. Desweiteren werden siedlungsstrukturelle Kategorien unterschieden. Im Raum Pforzheim wird zwischen Siedlungsbereich (einschließlich Spiel-, Siedlungs- und Gewerbeflächen) und Außenbereich differenziert. Ein Standort wurde in die Kategorie Außenbereich eingestuft, wenn die Nutzungen Landwirtschaft und Gartenbau oder Forst u. ä. Ökosysteme und keine Verdachtsmomente für eine lokale Anreicherung vorlagen (vgl. UM 1994).

### 3.3.2 Kartographische Darstellung

Die Schadstoffgehalte werden in den kartographischen Darstellungen in den Farben grün, gelb oder rot abgebildet. Die Farbgebung orientiert sich an den bestehenden Hintergrund- und Prüfwerten aus Tabelle 1.3-1:

grün: 90.P-Hintergrundwert unterschritten

gelb: 90.P-Hintergrundwert überschritten

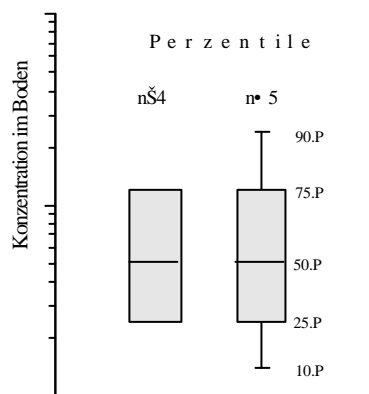
hellrot: niedrigster Prüfwert überschritten

rot: nächsthöherer Prüfwert überschritten

Die Prüfwerte werden somit unabhängig von der aktuellen Nutzung angewendet, die in den Karten jedoch als Symbol hinterlegt ist. Der anhand der aktuellen Nutzung der Standorte jeweils zutreffende Prüfwert kann der Tabelle 1.3-1 entnommen werden.

**Tabelle 3.3-1:** Kategorien für Bodennutzungen

Kategorie	Nutzung nach VwV (Schlüssel)
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)



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

### 3.3.3 Beschreibende Statistik

Zur Auswertung werden zunächst sämtliche Daten als Gesamtstichprobe aggregiert (Tabelle 3.3-2). Ausgenommen hiervon wurde das Projekt 202 (vgl. Kap. 3.1). Anschließend wurde die aggregierte Gesamtstichprobe durch das 50. und das 90. Perzentil charakterisiert (50.P, 90.P). In einem weiteren Schritt wurde die Gesamtstichprobe nach dem Substrattyp, der Bodennutzung und/oder dem Siedlungstyp aufgeteilt. Für jede der sich daraus ergebenden Teilstichproben wird die Häufigkeitsverteilung der Schadstoffe als *Boxplot* dargestellt (Abbildung 3.3-1). Auf die Abbildung wurde in einigen Fällen verzichtet, wenn die Differenzierung der Gehalte gering war. Die Perzentile sind nach einer linearen

Interpolation berechnet. Die Teilstichproben lassen sich mit Hilfe der Boxplots einfach vergleichen, jedoch ist zu beachten, daß die ermittelten Perzentile von den tatsächlichen Perzentilen der Grundgesamtheit ("wahre Hintergrundgehalte") abweichen können. Die Größe der 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 90.P. Der Maximalwert hat nach der linearen Interpolation ab einem Stichprobenumfang von  $n = 15$  keinen Einfluß auf das 90.P, ab  $n = 26$  haben die zwei höchsten Meßwerte keinen Einfluß.

**Tabelle 3.3-2:** Anzahl untersuchter Bodenkomponenten im Raum Pforzheim, die für die statistische Auswertung herangezogen wurden

Nutzung	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	PAK	PCB	PCDD/F	*
<b>nach Nutzung</b>											
Landw. u. Gartenbau	69	68	67	64		69	68	19	19	5	19
Haus- u. Kleingärten	15	15	15	15	15	15	15	5	5	1	5
Forst u. ä. Ökosysteme	9	9	9	9	9	9	9	9	9	1	9
Park- u. Grünanlagen	15	11	11	13	11	13	11	4	4	7	4
Gewerbe u. Verkehr	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sport- u. Freizeitanl.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spielplätze	16	16	16	-	16	16	16	10	-	2	-
<b>nach Siedlungstyp</b>											
Außenbereich	22	19	18	14	18	19	19	13	13	-	13
Siedlungs- und Gewerbebereich	108	101	101	88	101	104	101	35	25	17	25

\*: As, Sb, Be, Pt, mobile Schwermetalle (Messung 1993)

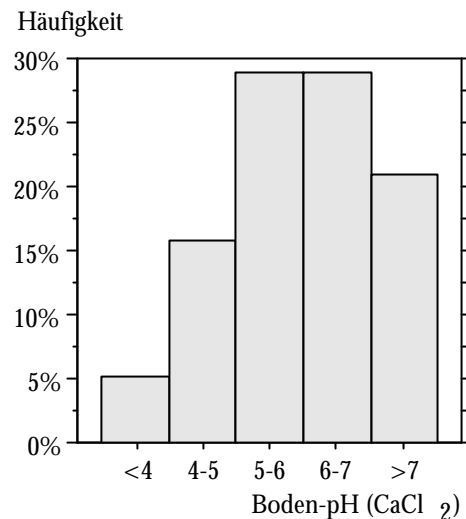
## 4 Schadstoffgehalte der Böden im Raum Pforzheim

Das Verhalten von Schadstoffen im Boden wird von seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit bestimmt. Für anorganische Schadstoffe ist der pH-Wert und der Tongehalt von vorrangiger Bedeutung.

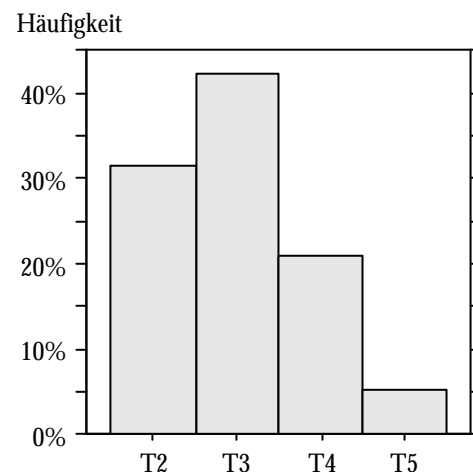
In Abbildung 4.0-1 ist die Häufigkeit der pH-Werte und in Abbildung 4.0-2 die Häufigkeit der Tongehalte bzw. Tongehaltsgruppen der Böden des Untersuchungsgebietes aufgetragen. Im Raum Pforzheim herrschen pH-neutrale bis alkalische, lehmige (T3) Böden vor (vgl. auch Karte 4.0-1).

Die Böden im nördlichen Teil des Raumes (Bereich des Aufstiegs zum Kraichgau) weisen aufgrund des hier bedeutenden Lößeinflusses schluffig bis lehmige, pH-neutrale bis alkalische Böden auf. Nur vereinzelt sind lehmig bis tonige, saure Braunerde-Terra fusca anzutreffen (vgl. Karte 4.0-2). Im südlichen Teil (Bereich der Schwarzwald-Randplatte) sowie an den Steilhängen der Täler der Würm, der Enz und der Nagold dominieren, mit Ausnahme von lößbedeckten Ebenen, saure teils podsolige, schluffig- bis lehmig-sandige Braunerden. Die Auengleye der Talniederungen sind überwiegend pH-neutral bis schwach sauer.

Böden mit hohen Gehalten an organischer Substanz befinden sich dort, wo die Bedingungen für die Mineralisierung der organischen Substanz schlecht sind. Dies sind Böden mit reduzierter bis fehlender Bodenbearbeitung (Grünland, Parkanlagen u.a.), versauerte Böden (z.B. unter Forst) sowie staunasse Böden.

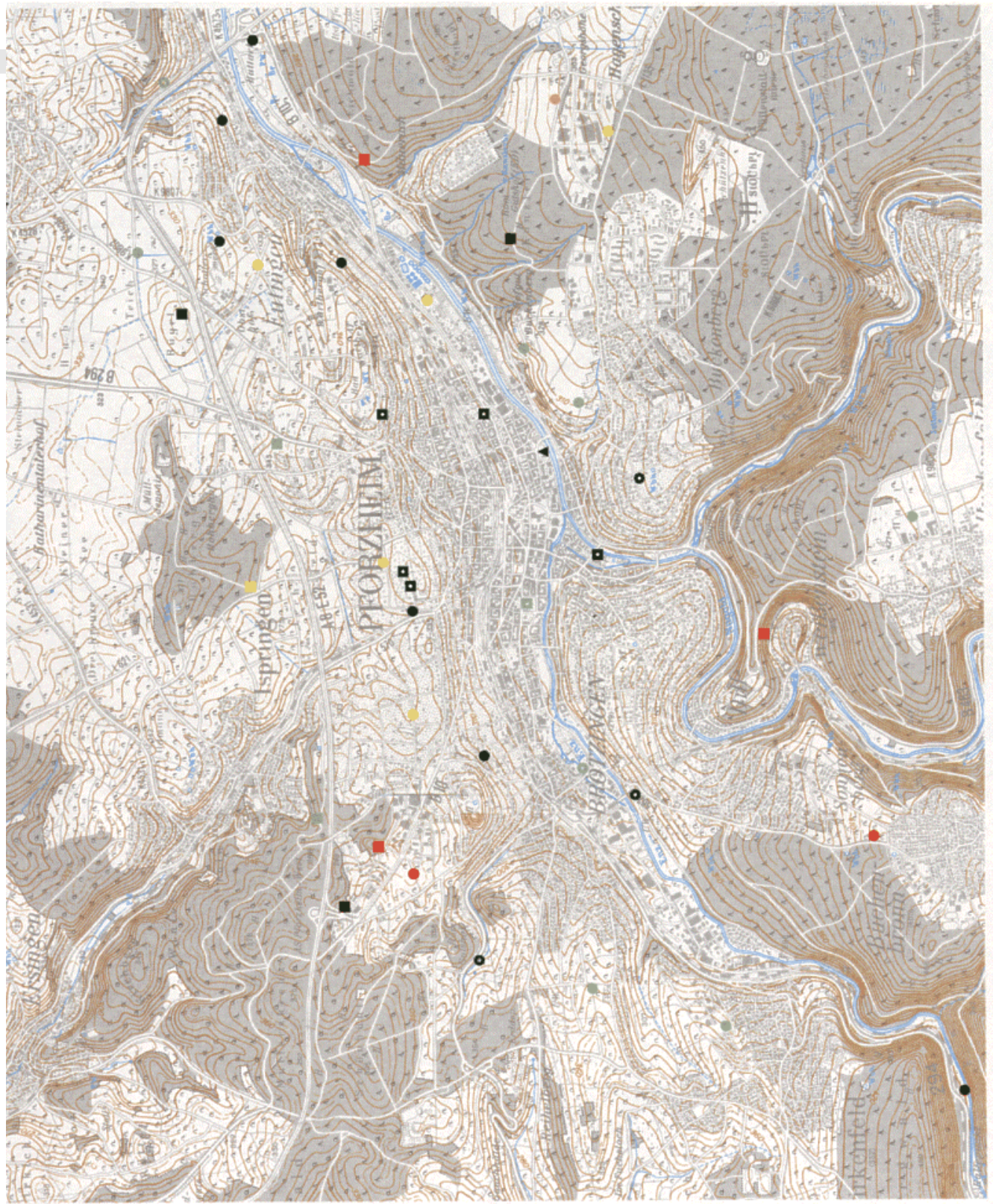


**Abbildung 4.0-1:** Häufigkeitsverteilung des Boden-pH in Böden des Raumes Pforzheim



**Abbildung 4.0-2:** Häufigkeitsverteilung der Tongehaltsgruppen in Böden des Raumes Pforzheim





Bodenacidität

pH (CaCl<sub>2</sub>)



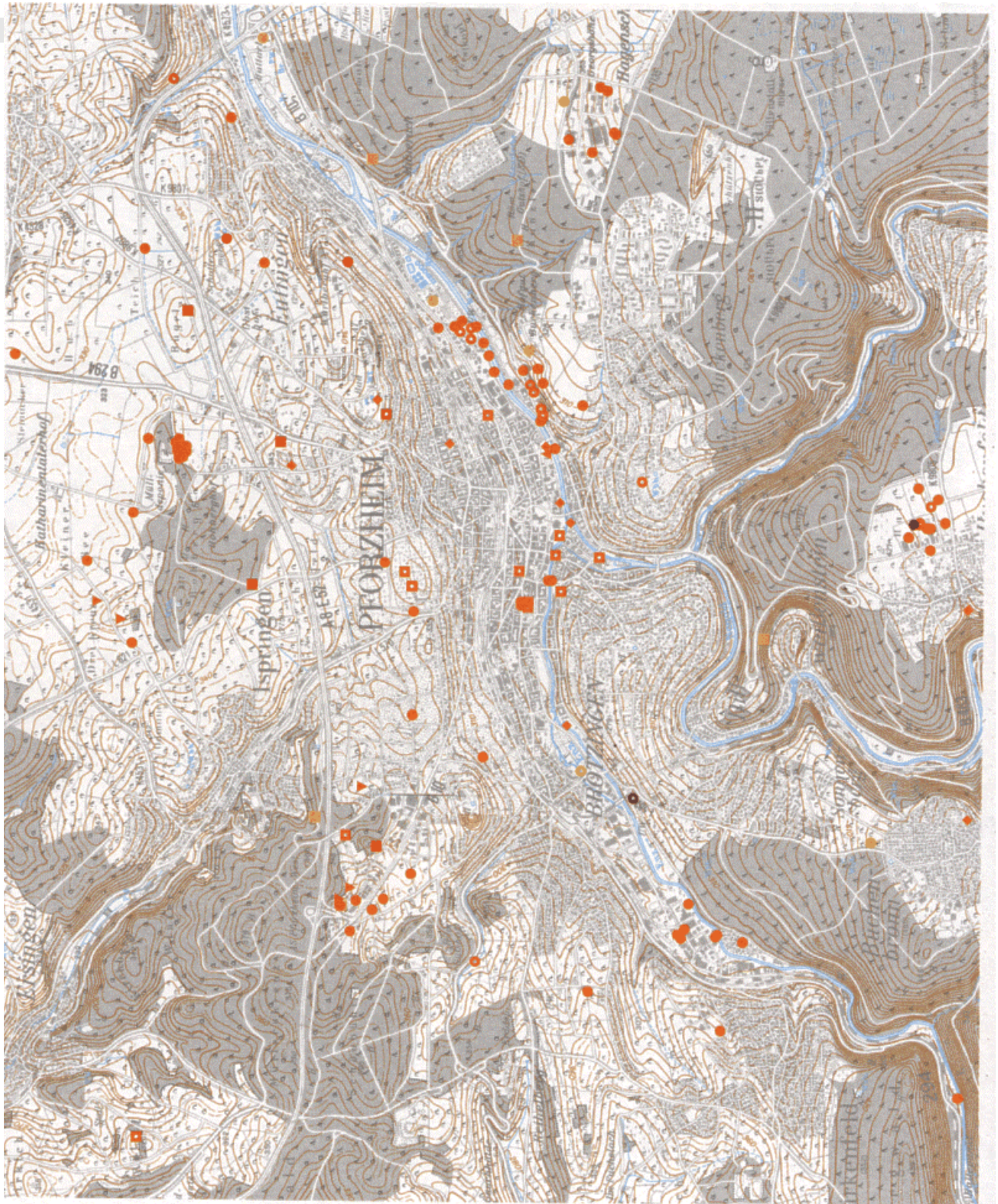
Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Meingärten
- Forst u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▽ Gewerbe u. Verkehr
- ▲ Sport- u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielplatz

**Karte 4.0-1:**

Bodenacidität  
im Raum  
Pforzheim





**Ursprungsort der Böden**

**Tongehaltsgruppe [% Ton]**

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

**Bodennutzung**

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.Ö. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▲ Gewerbe u. Verkehr
- ▲ Sport- u. Freizeitanz.
- ◆ Kinderspielplatz

**Karte 4.0-2:**  
Tongehalte der Böden im Raum Pforzheim



## 4.1 Arsen

Die Pforzheimer Böden weisen gegenüber dem landesweiten Hintergrundbereich erhöhte Arsengesamtgehalte auf, 10% der Werte überschreiten 25 mg/kg (vgl. Tabelle 4.1-1, Gesamt 90.P).

In Abbildung 4.1-1 ist die Häufigkeitsverteilung der Arsengesamtgehalte unterschieden nach den Tongehaltsgruppen der Böden dargestellt. Mit zunehmendem Tongehalt der Böden steigt der Median der Arsengehalte (mittlerer Strich der *box plots*: 50.P). Dies deutet auf eine überwiegend natürliche Herkunft des Arsens. Der höchste Arsengehalt wurde mit 64 mg/kg in einem tonreichen Braunerde-Pelosol aus Wellendolomit (T5) im Süden des Raumes Pforzheim ermittelt.

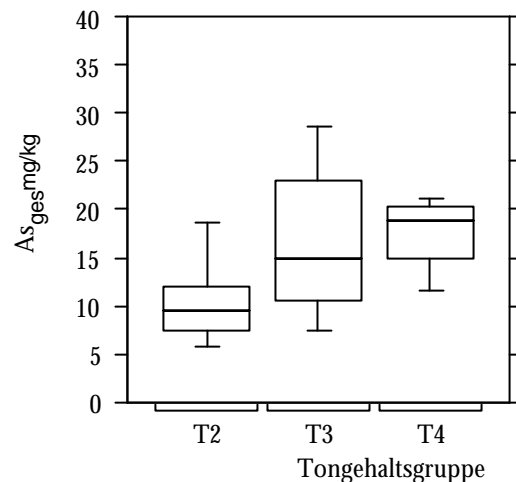
Im Siedlungsbereich sind häufiger erhöhte Arsen-Gesamtgehalte zu finden als im Außenbereich (Tabelle 4.1-1). Da die Arsen-Gesamtgehalte in den Böden des Siedlungsbereichs vereinzelt 20 mg/kg (Prüfwert für Spielflächen) überschreiten, sollten künftig die Arsengehalte der Oberböden von Spielflächen untersucht und ggf. überwacht werden.

Die Gehalte an mobilem Arsen bewegen sich weitgehend im landesweiten Hintergrundbereich. Sie sind in pH-neutralen Böden am niedrigsten (Abbildung 4.1-2, Karte 4.1-2).

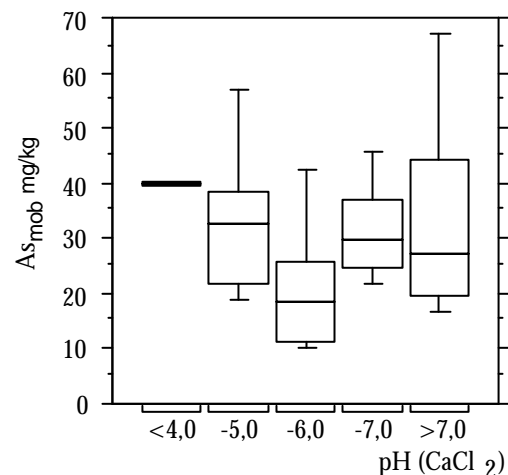
Für die Böden im Raum Pforzheim ist festzustellen, daß die teilweise erhöhten Arsengesamtgehalte i.d.R. wenig mobil sind. In diesem Fall ist keine Beeinträchtigung von Pflanzen oder des Sickerwassers zu erwarten.

**Tabelle 4.1-1:** Statistische Kenndaten der Arsen-Gehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt			Außenb.		Siedlungsb.	
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	38	14	25	9	20	14	29
mobµg/kg	38	27	48	26	44	28	49

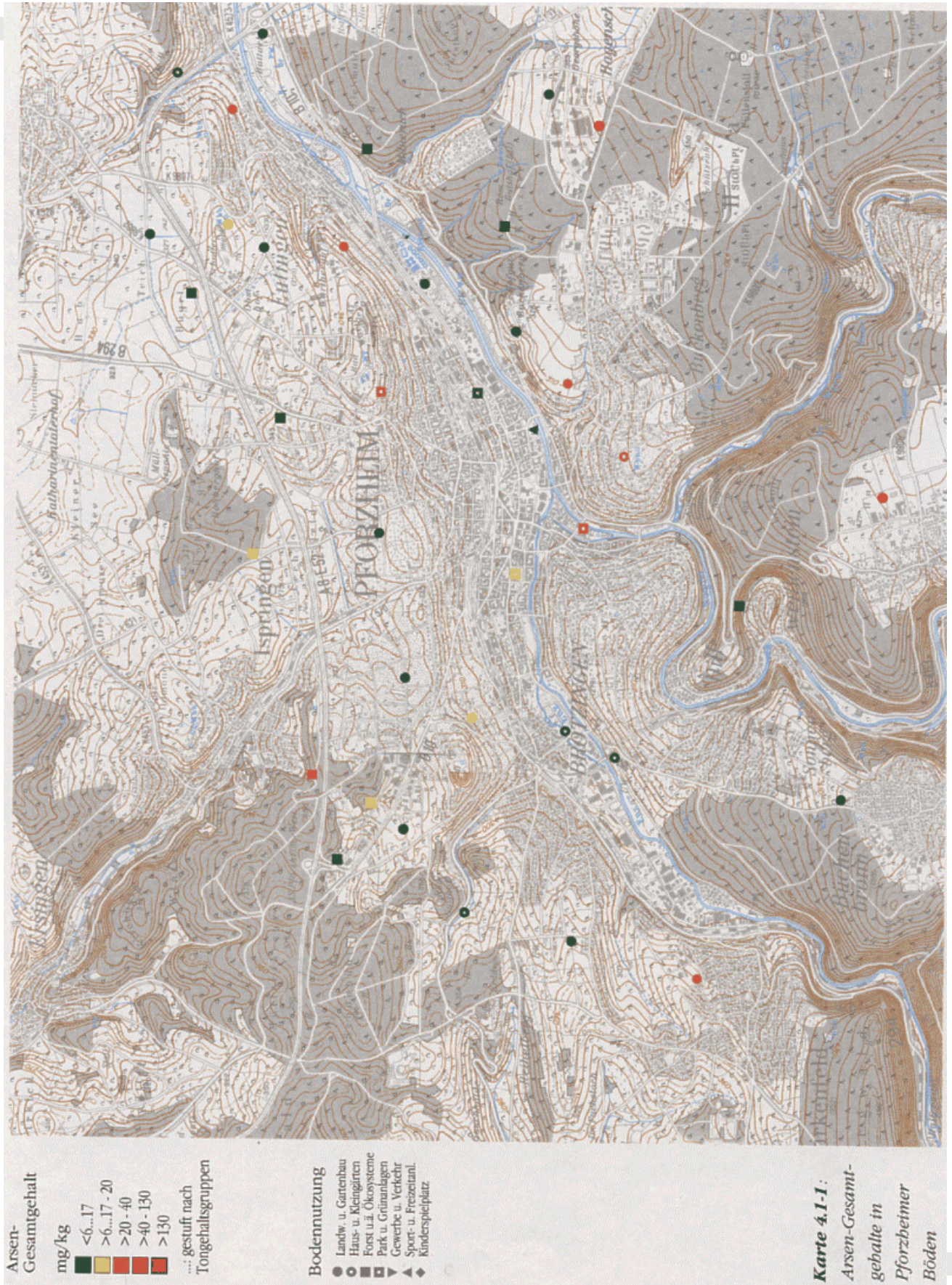


**Abbildung 4.1-1:** Arsen-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen

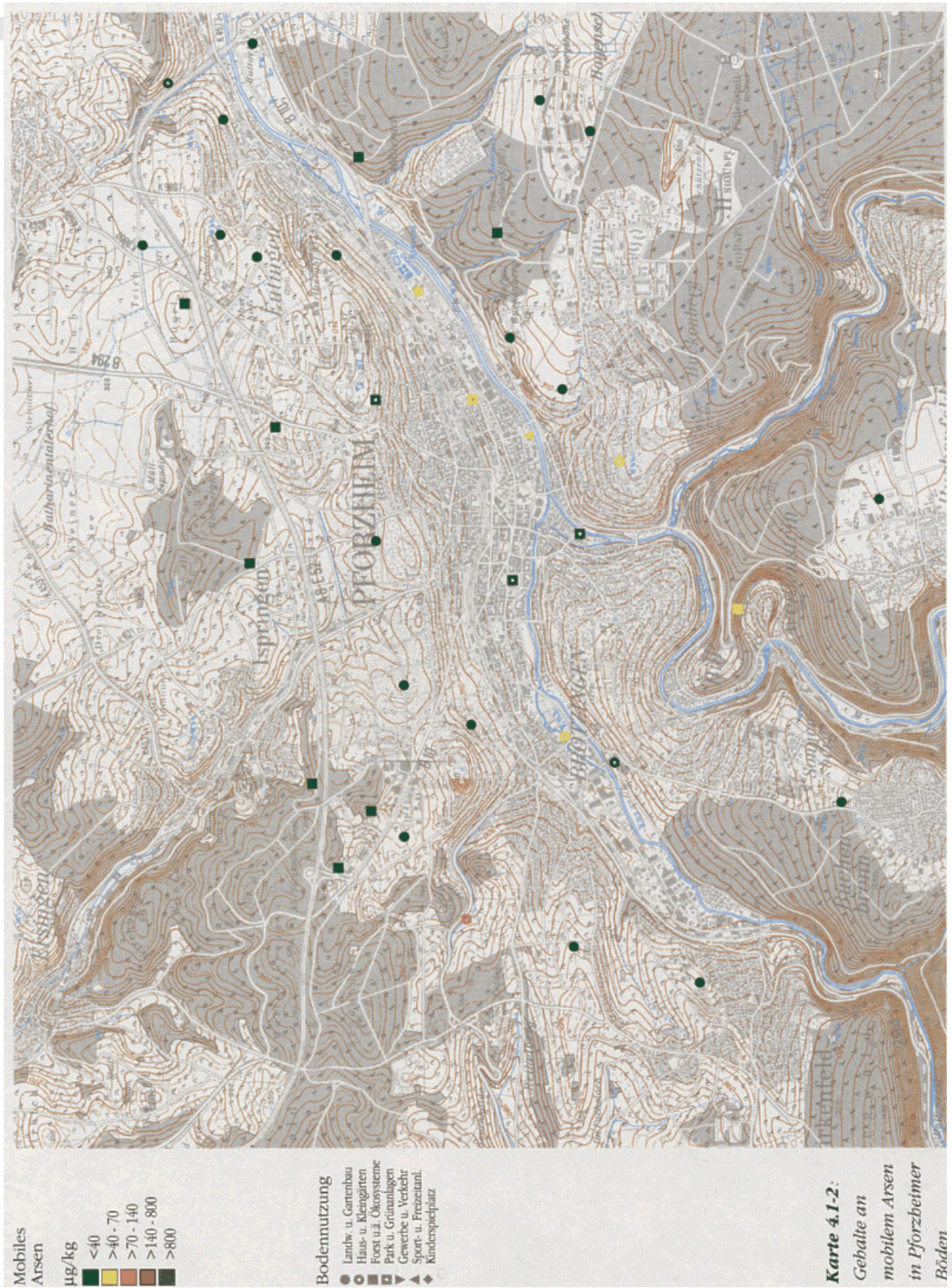


**Abbildung 4.1-2:** Mobiles Arsen in Pforzheimer Böden, gestuft nach dem Boden-pH











## 4.2 Cadmium

Die Pforzheimer Böden weisen gegenüber dem landesweiten Hintergrundbereich deutlich erhöhte Cadmium-Gesamtgehalte auf, 50% der Gehalte überschreiten 0,6 mg/kg (Tabelle 4.2-1). Die Mediane der Gesamtgehalte steigen geringfügig mit zunehmendem Tongehalt (Abbildung 4.2-1). Die Differenzierung der Cadmiumgehalte nach Tongehaltsgruppen ist jedoch unbedeutend.

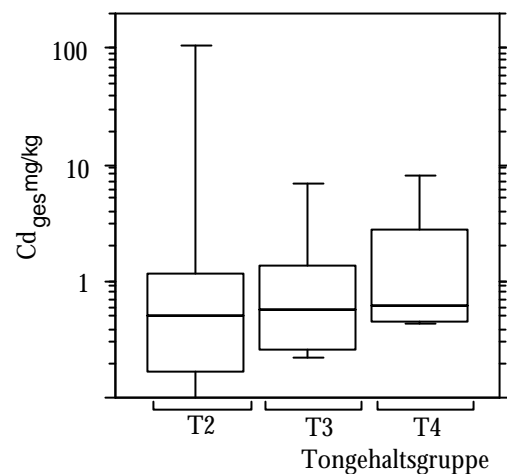
Die Karte 4.2-1 und die Abbildungen 4.2.3 und 4.2-4 lassen jedoch eine räumliche Differenzierung erkennen. In der Innenstadt treten hohe Cadmiumgehalte entlang des Enztales auf. Hier wurden bereits 1981 im Umfeld von (ehemaligen) Emittenten Kontaminationen mit Cadmium festgestellt. Cadmium-Gesamtgehalte über 1,5 mg/kg sind in Park- und Grünanlagen der Innenstadt besonders häufig.

Die Böden des südlichen Außenbereichs von Pforzheim (*Buntsandstein*) weisen überwiegend natürliche Cadmiumgehalte auf. Die Böden des nördlichen Außenbereiches (*Muschelkalk*) weisen hingegen vereinzelt ungewöhnlich hohe Gehalte bis 15 mg/kg auf (Projekt 202, Profil 320.217, Profil 320.237).

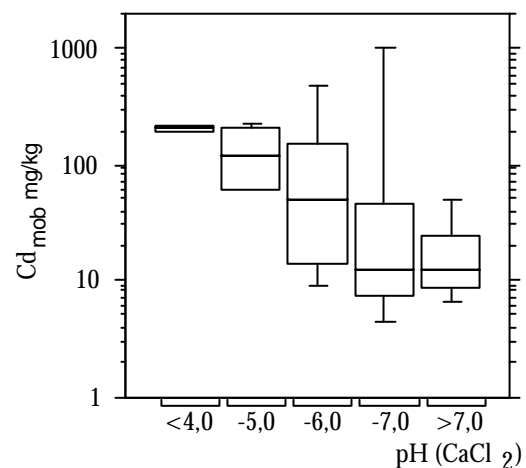
Auch die Gehalte an mobilem Cadmium sind im Raum Pforzheim deutlich erhöht; 50% der Böden weisen mobile Anteile über 28 µg/kg auf (Tabelle 4.2-1). Saure Böden enthalten allgemein deutlich höhere mobile Anteile als pH-neutrale bis alkalische Böden (Abbildung 4.2-2). Somit sind in Böden unter forstwirtschaftlicher Nutzung erhöhte mobile Cadmium-Anteile besonders häufig (Karte 4.2-2).

**Tabelle 4.2-1:** Statistische Kenndaten der Cadmiumgehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	130	0,6	6,7	0,4	2,2	0,6	7,2
mobµg/kg	38	28	220	49	360	15	220



**Abbildung 4.2-1:** Cadmium-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Tongehalt



**Abbildung 4.2-2:** Mobiles Cadmium in Pforzheimer Böden, gestuft nach Boden-pH



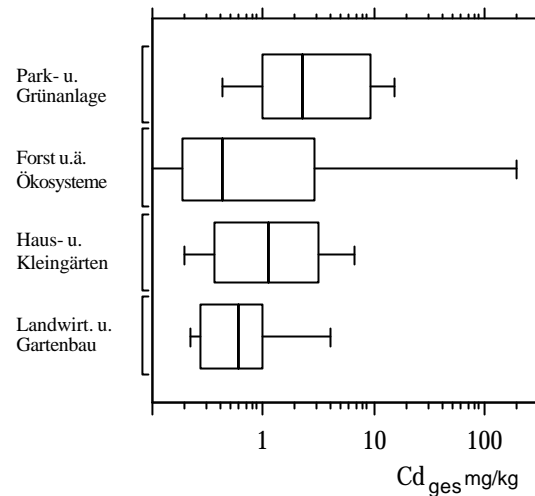
Im südlichen Außenbereich (*Buntsandstein*) befinden sich in der Zone II des Pforzheimer Trinkwasserschutzgebietes Böden mit erhöhten Gehalten an mobilem Cadmium (Profile 320.234 und 320.216). Die Cadmium-Gesamtgehalte dieser Böden liegen zwar im Hintergrundbereich, dennoch ist hier aufgrund der hohen Cadmium-Mobilität eine Beeinträchtigung des Sickerwassers nicht auszuschließen.

Um dies weiter zu klären, sollte die ungesättigte Zone der Böden im Hangbereich im Hinblick auf die laterale Verlagerung von Cadmium mit der Bodenlösung weiter untersucht und ggf. überwacht werden.

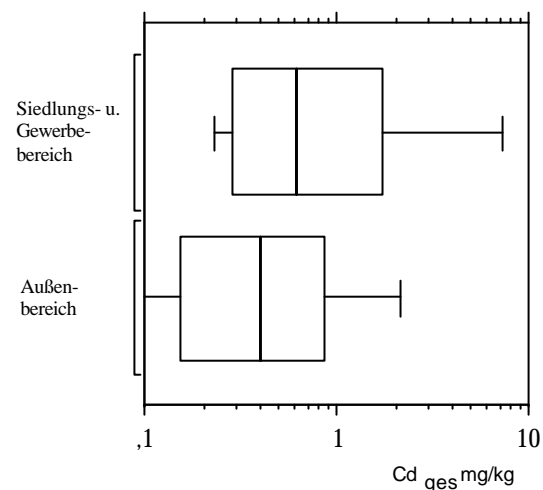
Im nördlichen Außenbereich von Pforzheim (*Muschelkalk*) weisen auch Böden unter Landwirtschaft mit nur geringfügig erhöhten Cadmium-Gesamtgehalten hohe mobile Anteile von über 100 µg/kg auf. Hier liegt eine leicht mobilisierbare Bindungsform des Cadmiums vor.

Trotz eines unterschrittenen Prüfwertes nach der 3.VwV BodSchG bzw. des Grenzwertes nach AbfKlärV (1,5 mg/kg) können diese Böden stellenweise kritische Gehalte an mobilem Cadmium aufweisen (vgl. PRÜß 1994).

Daher sollten künftig in Böden des Raums Pforzheim grundsätzlich Cadmium-Gesamtgehalte und Gehalte an mobilem Cadmium parallel gemessen werden.

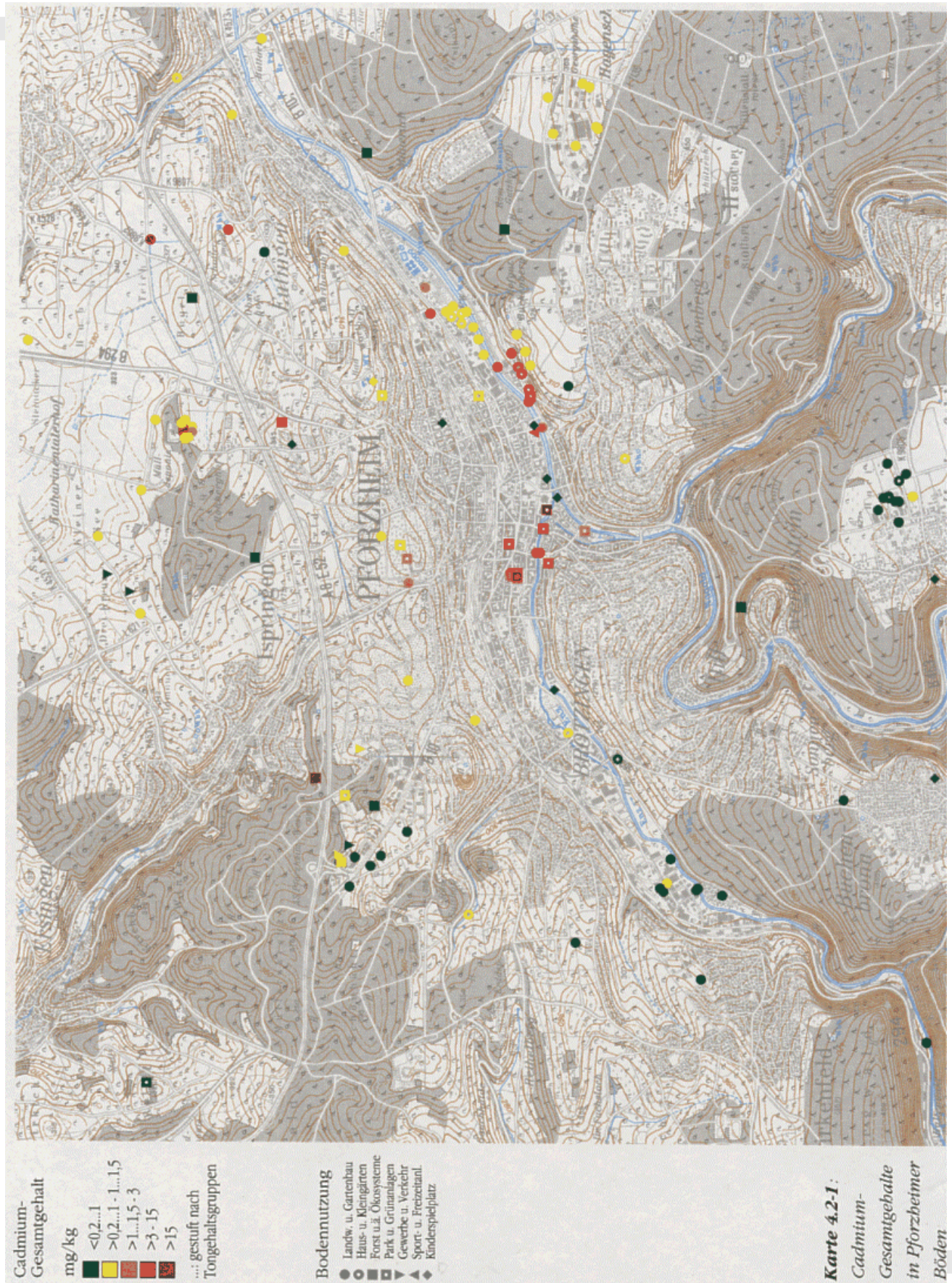


**Abbildung 4.2-3:** Cadmium-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodennutzung

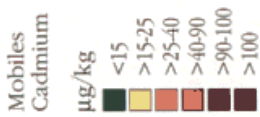
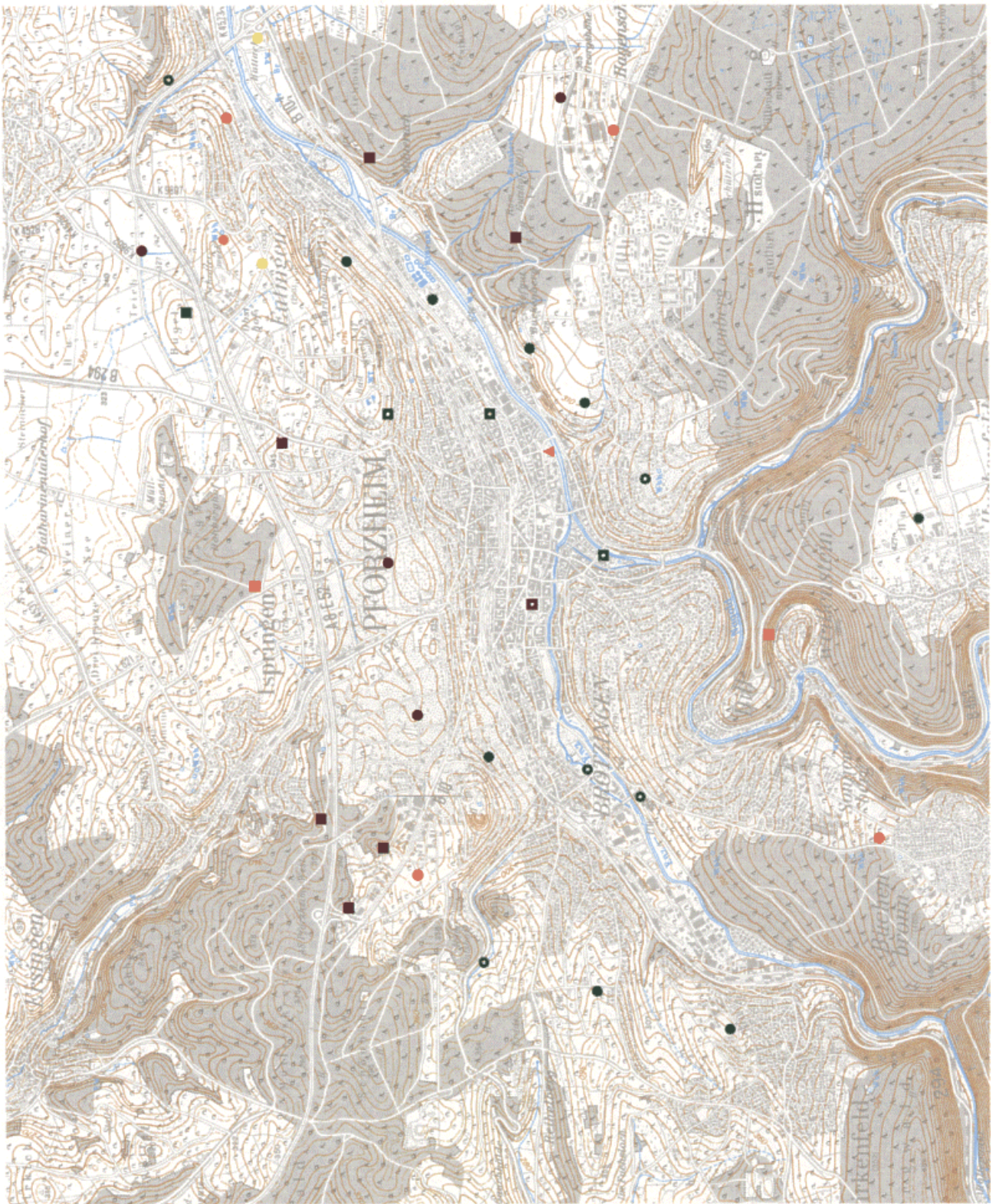


**Abbildung 4.2-4:** Cadmium-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodenumfeld









- Bodennutzung**
- Landw. u. Gartenbau
  - Haus- u. Kleingärten
  - Forst u. d. Ökosysteme
  - Park u. Grünanlagen
  - Gewerbe u. Verkehr
  - ▲ Sport- u. Freizeitanl.
  - ◆ Kinderspielplatz

**Karte 4.2-2:**  
Gehalte an mobilem Cadmium in Pforzheimer Böden



## 4.3 Chrom

Die Pforzheimer Böden weisen gegenüber dem landesweiten Hintergrund erhöhte Chrom-Gesamtgehalte auf, 10% der Werte überschreiten 110 mg/kg (Tabelle 4.3-1).

Die Chromgehalte lassen kaum eine Abhängigkeit von den Tongehaltsgruppen, der Bodennutzung oder der Siedlungsdichte erkennen.

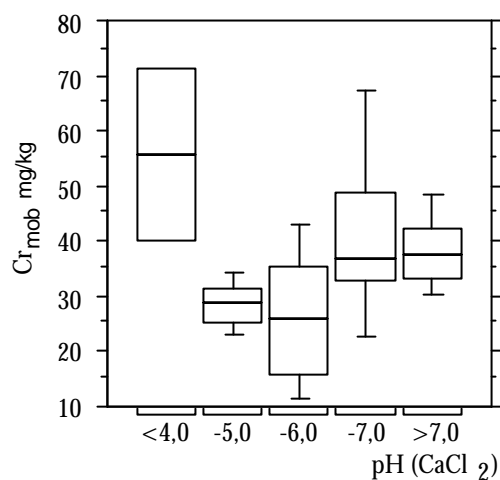
In der Innenstadt von Pforzheim wurden vermehrt hohe Chromgehalte in den Böden gefunden (Karte 4.3-1). Es ist zu vermuten, daß es sich dabei um Kontaminationen im Umfeld von z. T. ehemaligen Emittenten handelt.

In der Karten-Darstellung der Chromgehalte fällt auf, daß Werte über 100 mg/kg im nördlichen Außenbereich (*Muschelkalk*) besonders häufig sind. Die Chromgehalte sind hier wahrscheinlich natürlichen Ursprungs, da in den Verwitterungsrückständen aus Kalkstein und somit auch in den Böden u. a. Chrom angereichert wird.

Die Mobilität des Chroms in diesen Böden ist sehr gering. Die Gehalte sind in pH-neutralen Böden am niedrigsten und steigen sowohl mit abnehmenden als auch mit zunehmenden pH-Werten an (Abbildung 4.3-1). Gehalte über 60 µg/kg (Prüfwert hinsichtlich des Pflanzenwachstums) sind nur vereinzelt anzutreffen.

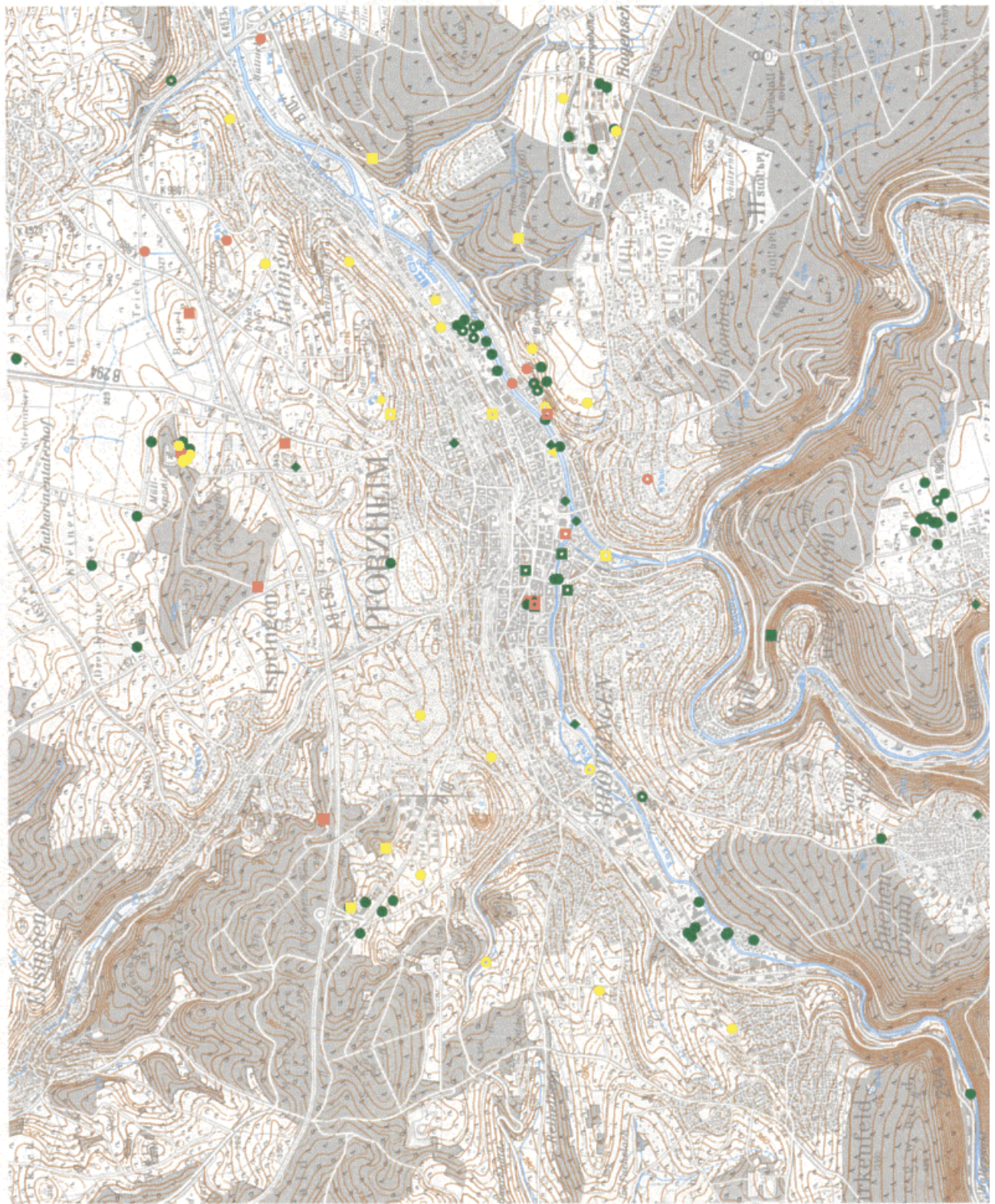
**Tabelle 4.3-1:** Statistische Kenndaten der Chromgehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	120	32	110	57	130	31	100
mobµg/kg	38	34	50	31	53	36	51



**Abbildung 4.3-1:** Mobiles Chrom in Pforzheimer Böden, gestuft nach Boden-pH





Chrom-Gesamtgehalt  
mg/kg

Green circle	<20...90
Yellow circle	>20...90 - 100
Orange circle	<100 - 500
Red circle	<500

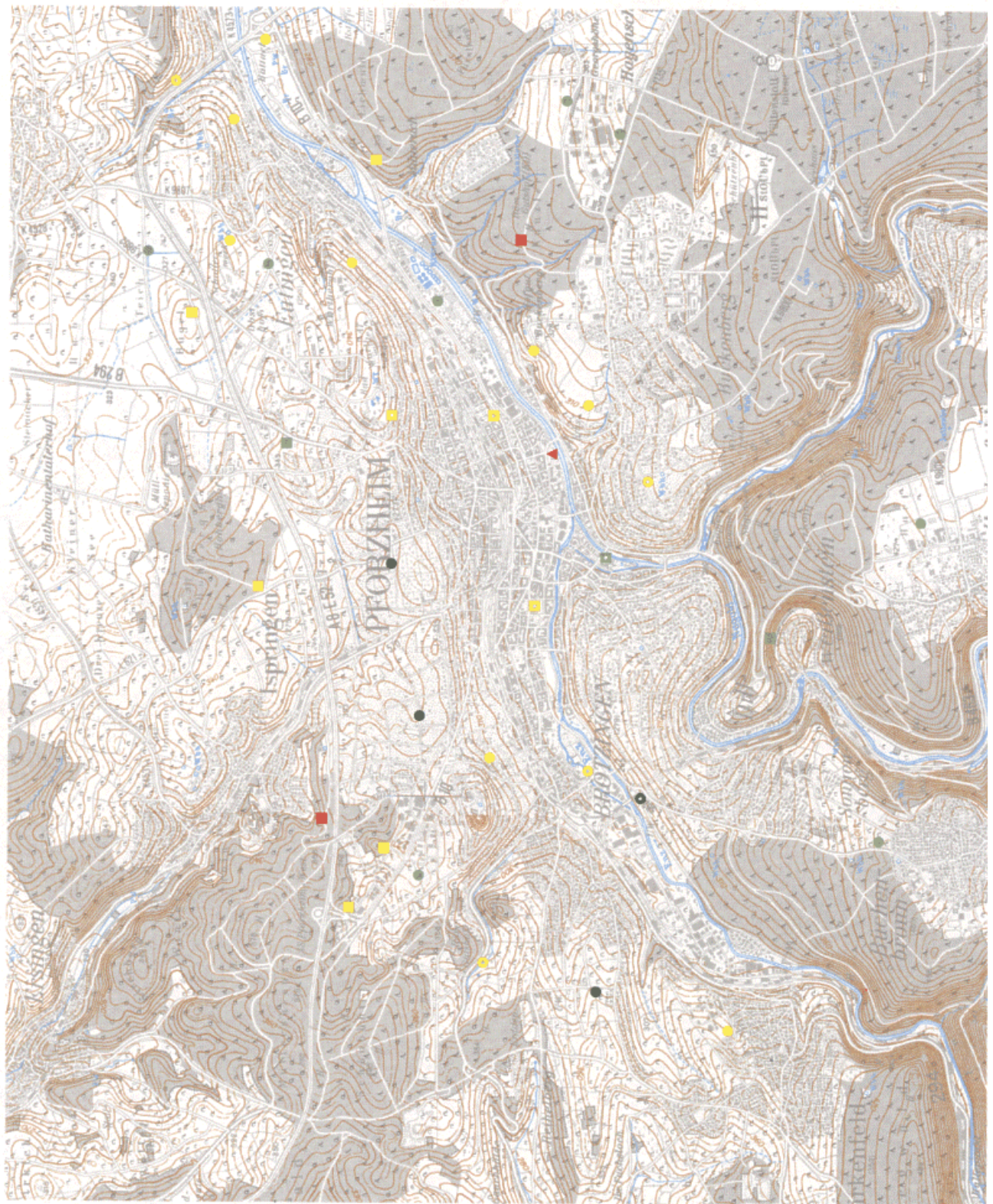
... gestuft nach  
Tongehaltsgruppen

Bodennutzung

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

**Karte 4.3-1:**  
Chrom-Gesamtgehalte in  
Pforzheimer  
Röden





Mobiles Chrom  
 µg/kg  
 <15  
 15-30  
 30-60  
 >60

**Bodennutzung**  
 Landw. u. Gartenbau  
 Haus- u. Kleingärten  
 Forst u./l. Ökosysteme  
 Park u. Grünanlagen  
 Gewerbe u. Verkehr  
 Sport- u. Freizeitanl.  
 Kinderspielplatz

**Karte 4.3-2:**  
 Gebalte an mobilem Chrom in Pforzheimer Böden



## 4.4 Kupfer

Nahezu 50% der Pforzheimer Böden weisen Kupfer-Gesamtgehalte oberhalb des Pflanzen-Prüfwertes von 60 mg/kg auf (vgl. Tabelle 4.4-1). Die Differenzierung der Kupfergehalte nach den Tongehalten der Böden ist wenig ausgeprägt.

Erhöhte Gehalte liegen insbesondere in Böden von Park- und Grünanlagen, Haus- und Kleingärten sowie vereinzelt unter forstwirtschaftlicher Nutzung vor (Abbildung 4.4-1).

Schwerpunkte der hohen Kupfergehalte liegen zum einen an Standorten der Innenstadt, an denen auch hohe Cadmium-Gehalte vorliegen. Zum anderen fallen erhöhte Kupfergehalte, mit Ausnahme des Südwestens, sporadisch verteilt über den gesamten Raum auf (Karte 4.4-1).

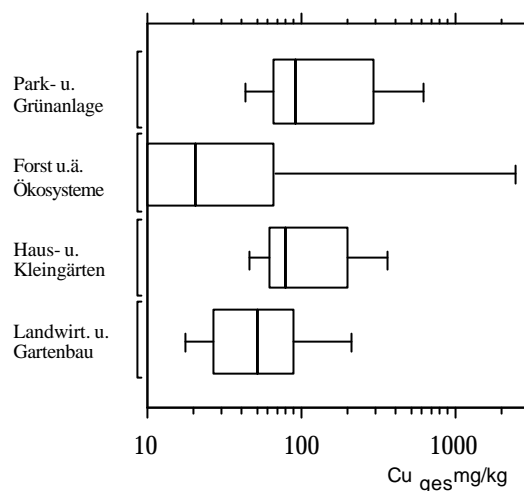
Kupferbelastungen von Böden sind hinsichtlich der menschlichen Gesundheit unabhängig vom Transferpfad unbedenklich. Kupfer gehört jedoch zu den für Pflanzen und Mikroorganismen besonders toxischen Elementen. Dementsprechend sind die mobilen Kupferanteile bedeutend.

Ca. 75% der Pforzheimer Böden weisen Gehalte an mobilem Kupfer unter 400 µg/kg auf und befinden sich damit – im Gegensatz zu den Gesamtgehalten – weitgehend im landesweiten Hintergrundbereich.

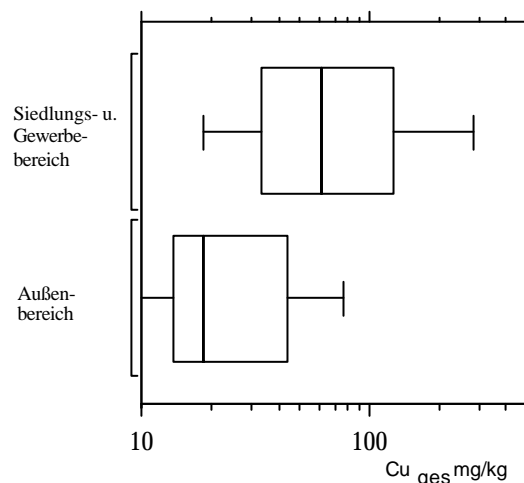
Es ist festzustellen, daß die hohen Kupfer-Gesamtgehalte der Böden überwiegend in festen Bindungsformen vorliegen. In diesem Fall sind keine Beeinträchtigungen von Pflanzen, Mikroorganismen oder dem Sickerwasser zu erwarten.

**Tabelle 4.4-1:** Statistische Kenndaten der Kupfer-Gehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	119	55	280	19	76	61	290
mobµg/kg	38	<40	510	<40	430	<40	720
		0		0		0	

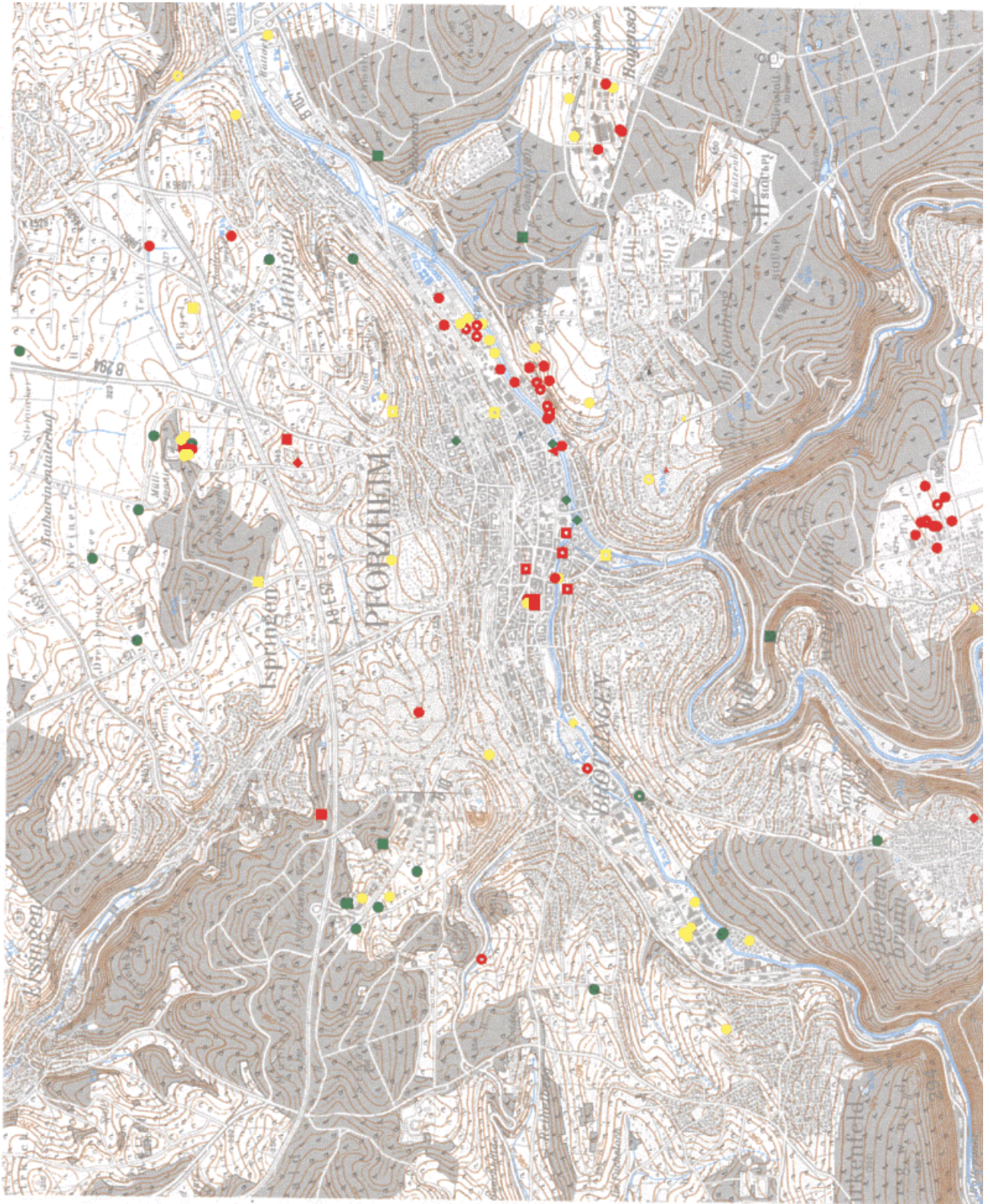


**Abbildung 4.4-1:** Kupfer-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodennutzung



**Abbildung 4.4-2:** Kupfer-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodenumfeld



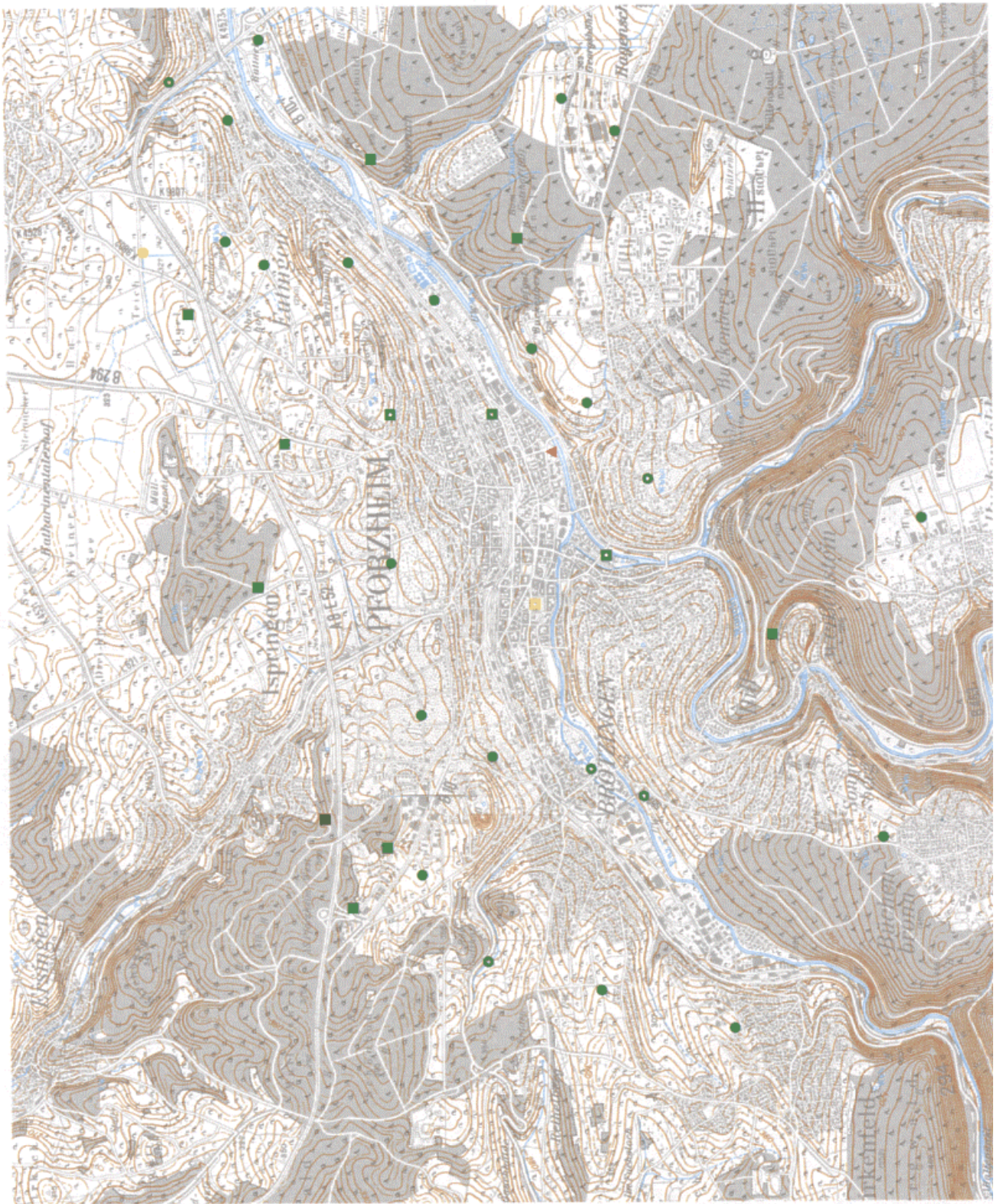


**Kupfer-Gesamtgehalt**  
 mg/kg  
 ● <10...60  
 ■ >10...60 - 60  
 ● >60  
 ...: gestuft nach Tongehaltsgruppen

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

**Karte 4.4-1:**  
 Kupfer-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden





Mobiles Kupfer  
 µg/kg

<450
>450-1.000
>1.000-1.200
>1.200-2.400
>2.400

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u. d. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▲ Gewerbe u. Verkehr
- ◆ Sport- u. Freizeitanz.
- ◇ Kinderspielplatz

**Karte 4.4-2:**  
 Gebalte an mobilem Kupfer in Pforzheim  
 B. J. 2008



## 4.5 Quecksilber

Die Pforzheimer Böden weisen erhöhte Quecksilber-Gesamtgehalte auf. 10% der untersuchten Böden zeigen Gehalte über 0,84 mg/kg (Tabelle 4.5-1). Die Gehalte an mobilem Quecksilber liegen im landesweiten Hintergrundbereich.

Die Quecksilber-Gesamtgehalte übersteigen in Park- und Grünanlagen sowie in Haus- und Kleingärten vereinzelt den Prüfwert von 1 mg/kg (Abbildung 4.5-1).

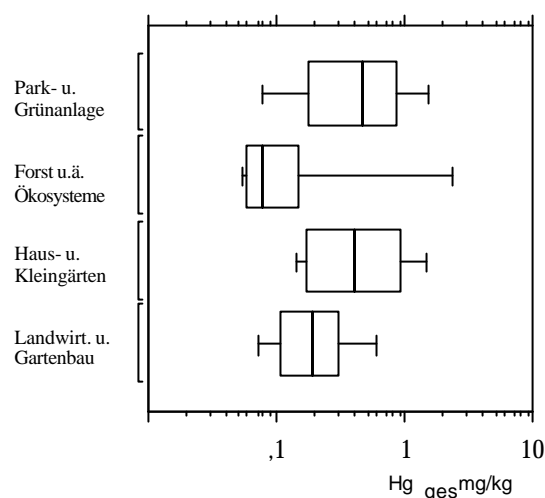
Erhöhte Gehalte finden sich gehäuft in der Innenstadt im Umfeld teils ehemaliger Emittenten (Abbildung 4.5-2, Karte 4.5-1) und am Profil 320.237.

Da die Mobilität des Quecksilbers trotz der teils hohen Quecksilber-Gesamtgehalte gering ist, ist keine Beeinträchtigung von Schutzgütern zu erwarten.

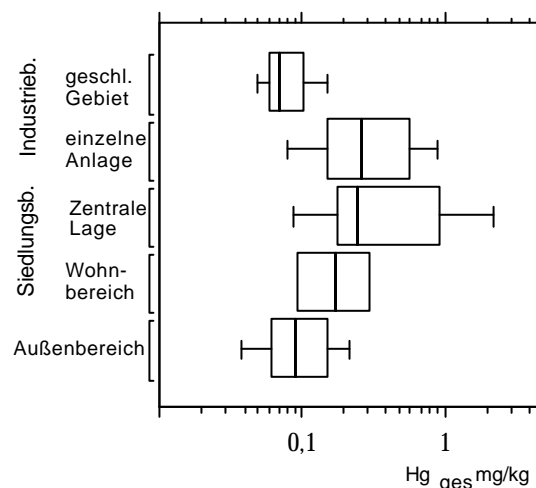
Anreicherungen gegenüber dem landesweiten Hintergrundbereich sind jedoch deutlich erkennbar. Weitere Anreicherungen sollten wegen der eventuellen schädlichen Wirkungen auch geringfügig erhöhter Gehalte auf die Bodenflora und Bodenfauna vorsorglich vermieden werden.

**Tabelle 4.5-1:** Statistische Kenndaten der Quecksilbergehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	102	0,20	0,84	0,06	0,21	0,23	0,90
mobµg/kg	38	-	<1,0	-	<1,0	-	<1,0

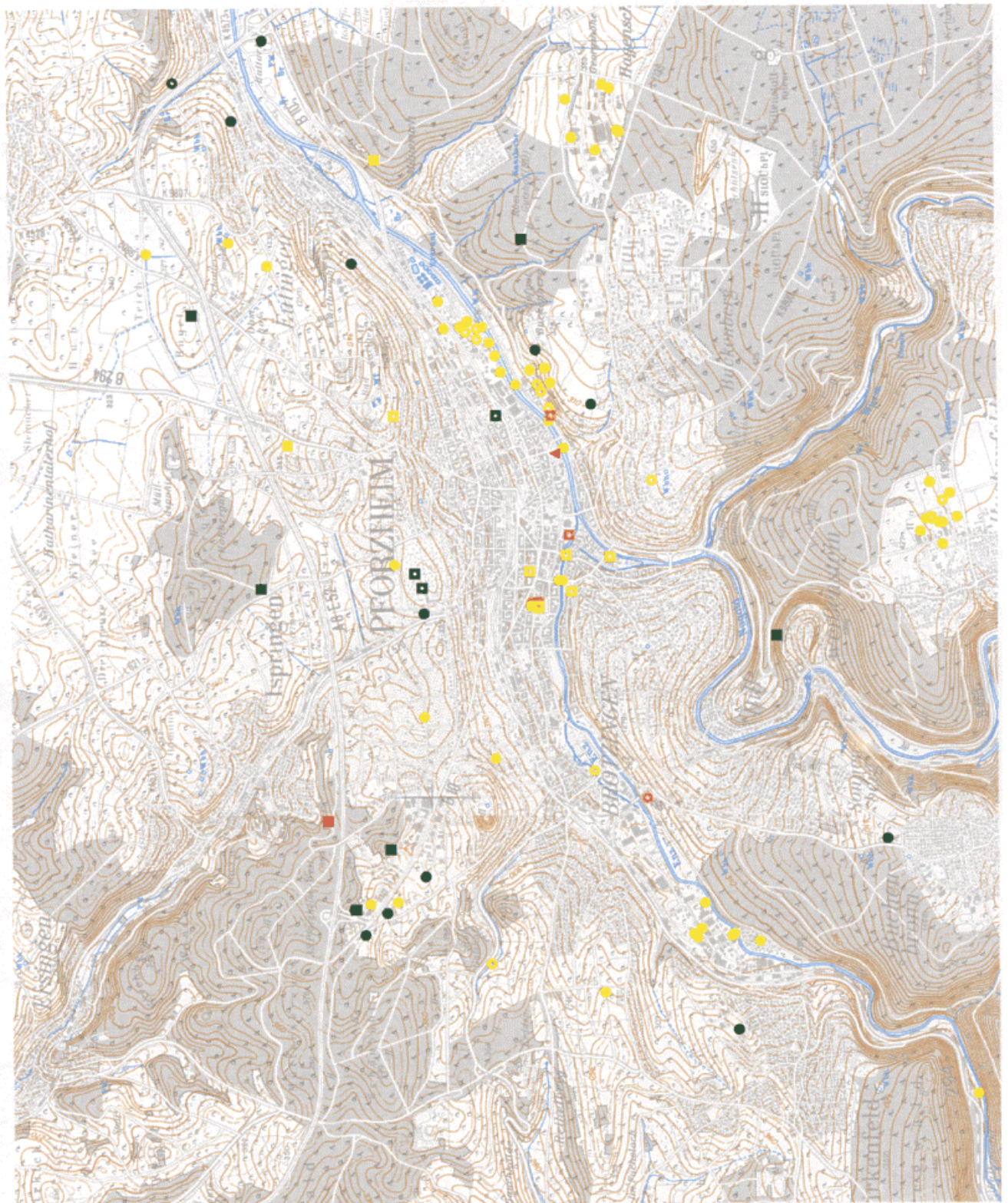


**Abbildung 4.5-1:** Quecksilber-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodennutzung



**Abbildung 4.5-2:** Quecksilber-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodenumfeld





Quecksilber-Gesamtgehalt  
mg/kg

■	<0,05...0,2
■	>0,05...0,2 - 1
■	>1 - 2
■	> 2 -10
■	> 10

... gestuft nach Tongehaltsgruppen

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u.Ök. Systeme
- Park u. Grünanlagen
- ▲ Gewerbe u. Verkehr
- ◆ Sport- u. Freizeitpl.
- ◆ Kinderspielplatz

**Karte 4-5-1:**  
Quecksilber-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden



## 4.6 Nickel

Nickel und Chrom sind geochemisch eng verwandt und kommen in Böden häufig gemeinsam vor. Auch die Pforzheimer Böden weisen neben den erhöhten Chromgehalten erhöhte Nickelgehalte auf; 10% der Werte überschreiten 51 mg/kg (Tabelle 4.6-1).

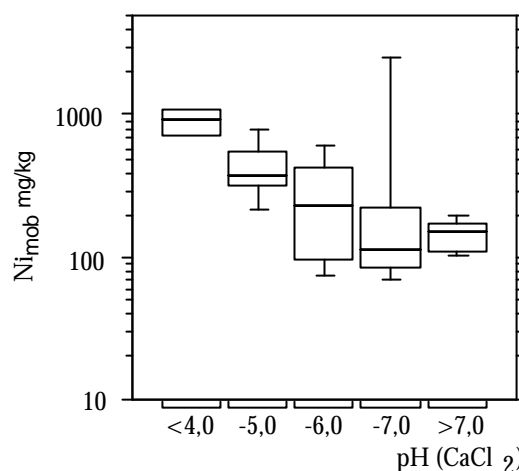
Die Nickel-Gesamtgehalte lassen keine Differenzierung nach dem Tongehalt, der Bodennutzung oder der Siedlungsstruktur erkennen. Dagegen fällt bei der Verteilung der Ni-Gehalte – wie auch der Chromgehalte – eine räumliche Differenzierung in Abhängigkeit von den verschiedenen Bodengesellschaften auf (vgl. Karte 4.6-1).

Mit Ausnahme von punktuell, vermutlich durch Emittenten, erhöhten Gehalten in den Böden der Innenstadt befinden sich Böden mit Nickelgehalten über 50 mg/kg vor allem im nördlichen Außenbereich von Pforzheim (*Muschelkalk*). Hier handelt es sich i.d.R. jedoch um geogen erhöhte Gehalte.

Anders als bei Chrom ist die Mobilität des Nickels stark pH-abhängig (Abbildung 4.6-1). Versauerte Böden unter Forstvegetation weisen vereinzelt Gehalte an mobilem Nickel über 700 µg/kg Boden auf (vgl. Abbildung 4.6-1, Karte 4.6-2).

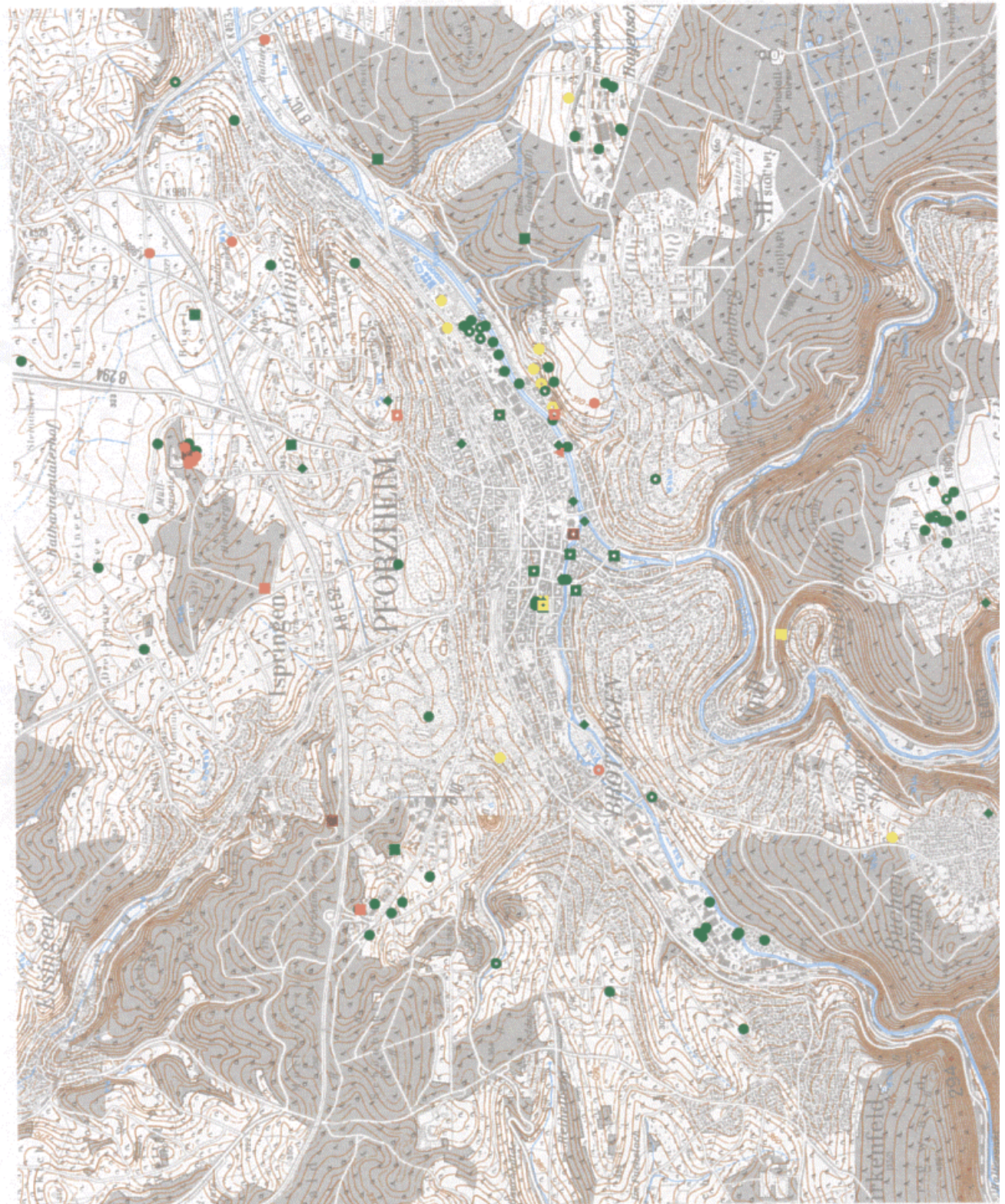
**Tabelle 4.6-1:** Statistische Kenndaten der Nickelgehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	119	27	51	31	78	27	47
mobµg/kg	38	200	710	210	680	170	790



**Abbildung 4.6-1:** Mobiles Nickel in Pforzheimer Böden, gestuft nach Boden-pH



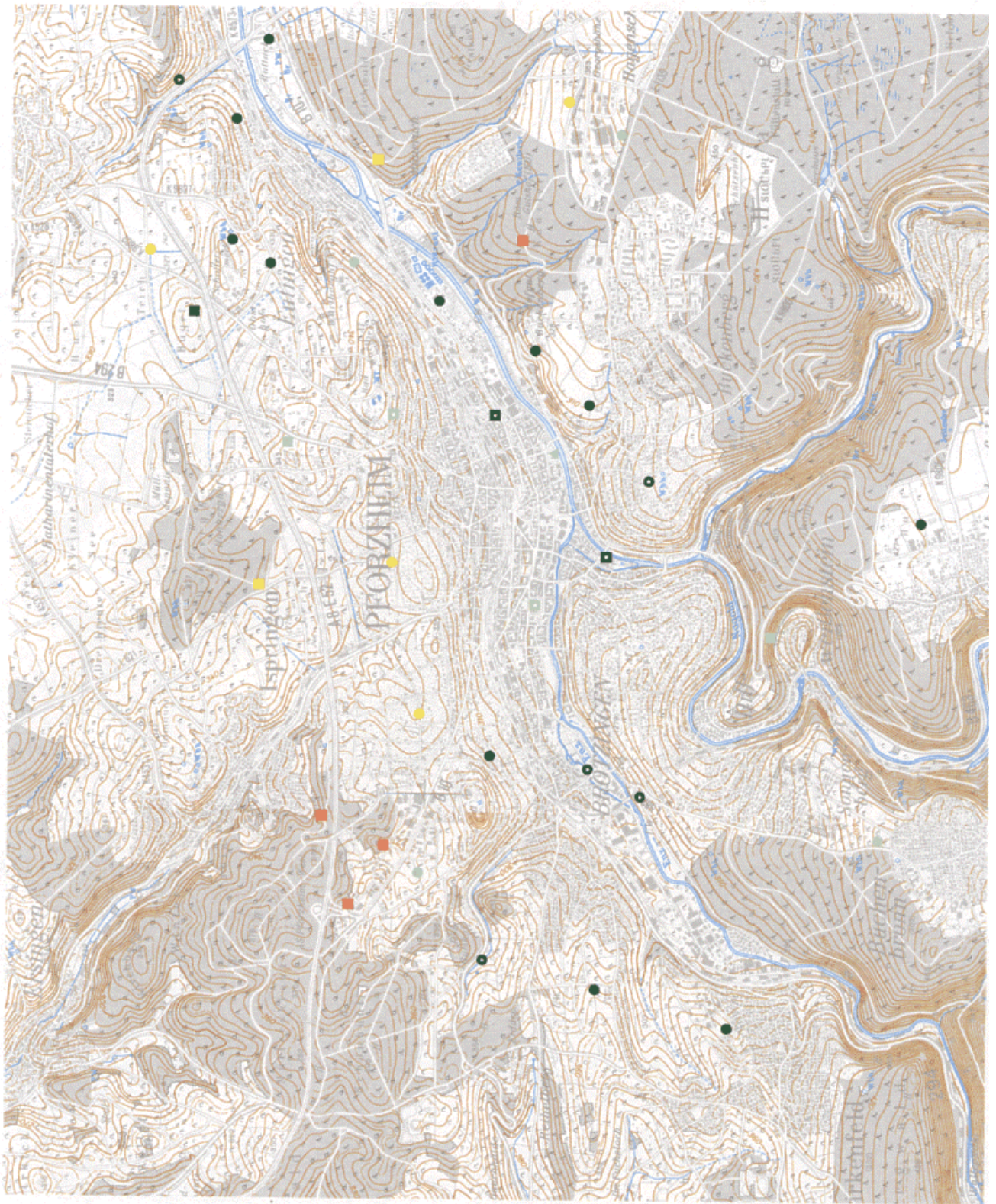


**Nickel-Gesamtgehalt**  
 mg/kg  
 <15  
 15...50  
 >15...50 - 50  
 >50 - 100  
 >100 - 300  
 > 300  
 ...: gestuft nach  
 Tongehaltsgruppen

**Bodennutzung**  
 Landw. u. Gartenbau  
 Haus- u. Kleingärten  
 Forst u.Ö. Ökosysteme  
 Park u. Grünanlagen  
 Gewerbe u. Verkehr  
 Sport- u. Freizeitanl.  
 Kinderspielplatz

**Karte 4.6-1:**  
 Nickel-Gesamt-  
 gebalte in  
 Pforzheimer





Mobiles Nickel  
µg/kg

<200
>200 - 400
>400 - 700
>700 - 1200
>1200

**Bodennutzung**

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- ▲ Forst u.d. Ökosysteme
- ◆ Park u. Grünanlagen
- ◻ Gewerbe u. Verkehr
- ▲ Sport- u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielfeld

**Karte 4.6-2:**  
Gehalte an mobilem Nickel in Pforzheimer Böden



## 4.7 Blei

Jeder vierte untersuchte Oberboden im Raum Pforzheim weist Blei-Gesamtgehalte über 100 mg/kg auf (vgl. Tabelle 4.7-1). Eine Differenzierung der Bleigehalte nach Tongehaltsgruppen ist in den Böden des Raums Pforzheim relativ unbedeutend.

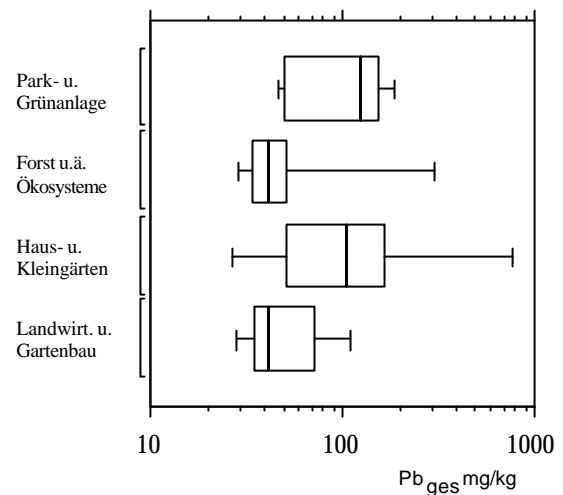
Erhöhte Bleigehalte in Pforzheimer Böden finden sich überwiegend im Umfeld von teils ehemaligen Emittenten und in verkehrsnahen Bereichen. Betroffen sind Park- und Grünanlagen, Haus- und Kleingärten (Abbildung 4.7-1) sowie die Unterböden von vier Spielplätzen (Projekt 204). Der Spielsand dieser Flächen wies Bleigehalte im landesweiten Hintergrundbereich auf (Projekt 204).

Die Böden im Außenbereich von Pforzheim weisen abseits von vielbefahrenen Straßen Bleigehalte im landesweiten Hintergrundbereich auf. In einer Entfernung von ca. 50 m von der Autobahnausfahrt A8/B10 wurden in einem Oberboden unter Grünlandnutzung 590 mg/kg Blei ermittelt (vgl. Karte 4.7-1, Profil 222). Die Ausbreitung der Immissionen des Straßenverkehrs ist hier durch die enge Tallage begrenzt. Ein Sicherheitsabstand von 5 bis 10 m zu starkbefahrenen Straßen erscheint hier nicht ausreichend. Der Standort liegt in der Zone II des Trinkwasserschutzgebiets.

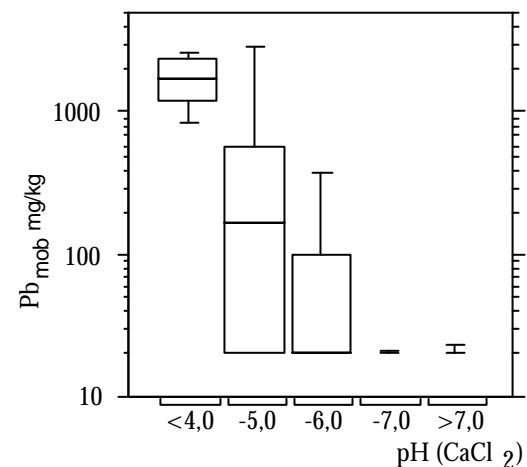
Blei wird mit zunehmender Bodenversauerung mobilisiert (Abbildung 4.7-2). Gehalte an mobilem Blei über 250 µg/kg wurden ausschließlich in (schwach) sauren Böden unter Forst gemessen (Karte 4.7-2). Die untersuchten, landwirtschaftlich genutzten Böden sind nicht durch erhöhte Bleigehalte beeinträchtigt.

**Tabelle 4.7-1:** Statistische Kenndaten der Bleigehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	123	47	180	34	60	51	180
mobµg/kg	38	<20	430	<20	920	<20	86

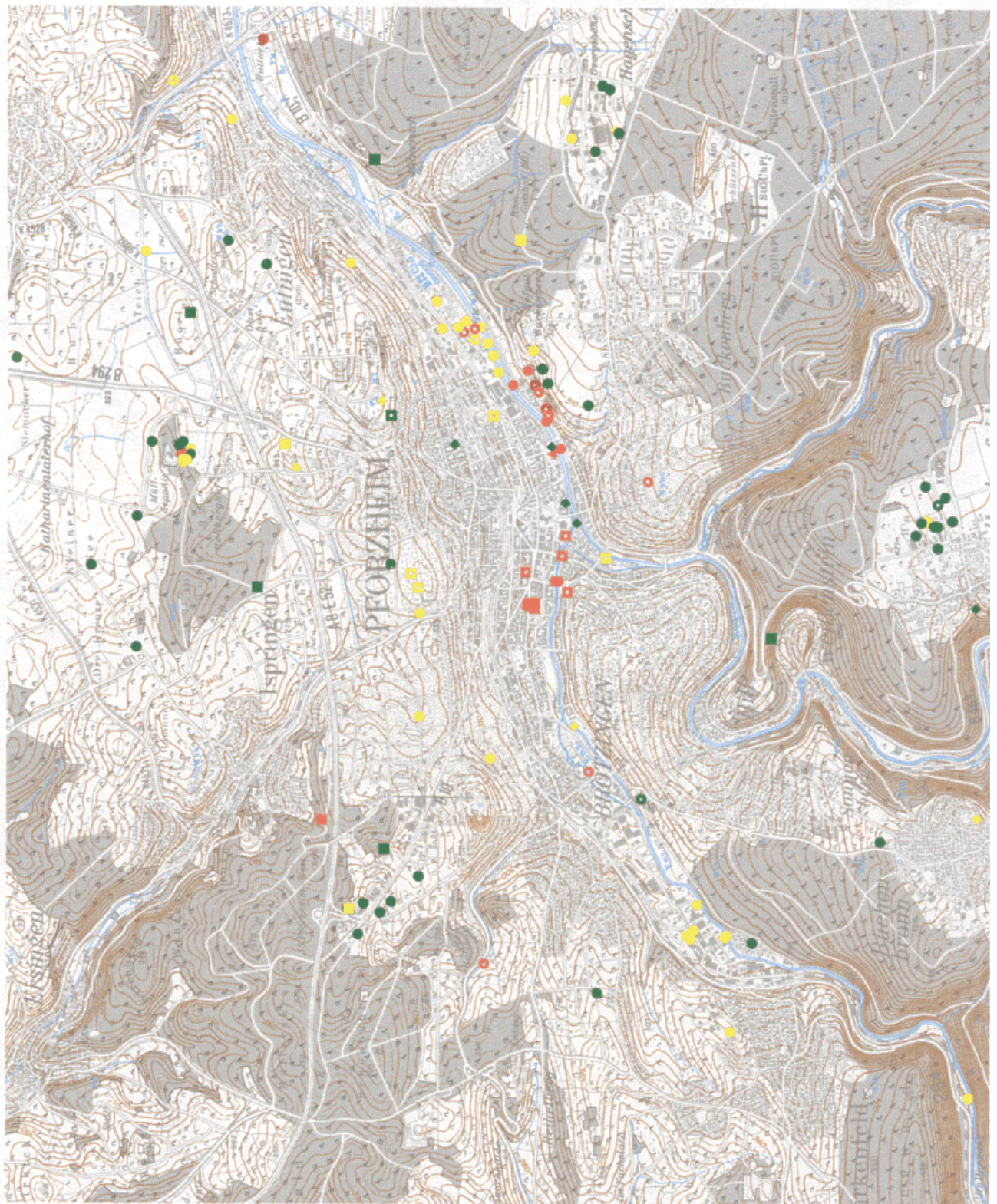


**Abbildung 4.7-1:** Bleianreicherung in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodennutzung



**Abbildung 4.7-2:** Mobiles Blei in Pforzheimer Böden, gestuft nach Boden-pH



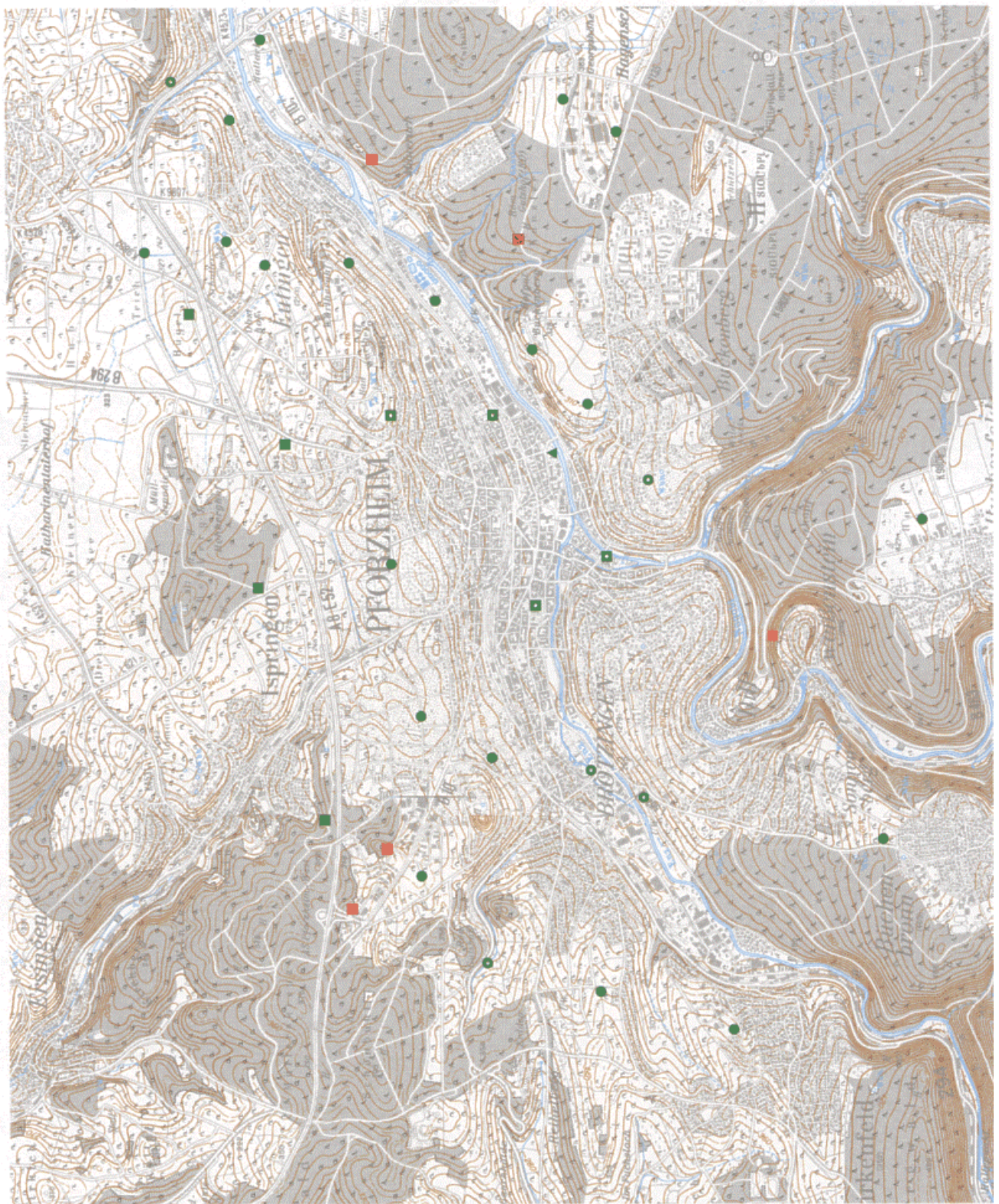


**Blei-Gesamtgehalt**  
 mg/kg  
 <25...55  
 >25...55 - 100  
 >100 - 500  
 >500 - 4.000  
 > 4.000  
 ... gestuft nach  
 Tongehaltsgruppen

**Bodennutzung**  
 Landw. u. Gartenbau  
 Haus- u. Kleingärten  
 Forst u.Ö. Ökosysteme  
 Park u. Grünanlagen  
 Gewerbe u. Verkehr  
 Sport- u. Freizeitanl.  
 Kinderspielplatz

**Karte 4.7-1:**  
 Blei-Gesamtgehalte in  
 Pforzheimer  
 Böden





Mobiles Blei  
µg/kg

<100
>100 - 250
>250 - 400
>400 - 1000
>1000 - 3500
>3500

Bodennutzung

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

**Karte 4.7-2:**  
Gehalte an mobilem Blei in Pforzheimer Böden



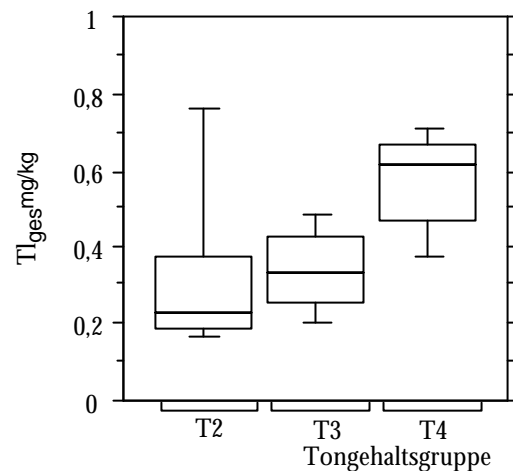
## 4.8 Thallium

Die Thallium-Gesamtgehalte liegen in über 90% der Fälle unter 0,7 mg/kg (Tabelle 4.8-1). Eine Differenzierung der Werte nach dem Tongehalt der Böden ist deutlich erkennbar (Abbildung 4.8-1). Die Thalliumgehalte der Pforzheimer Böden liegen damit im landesweiten Hintergrundbereich.

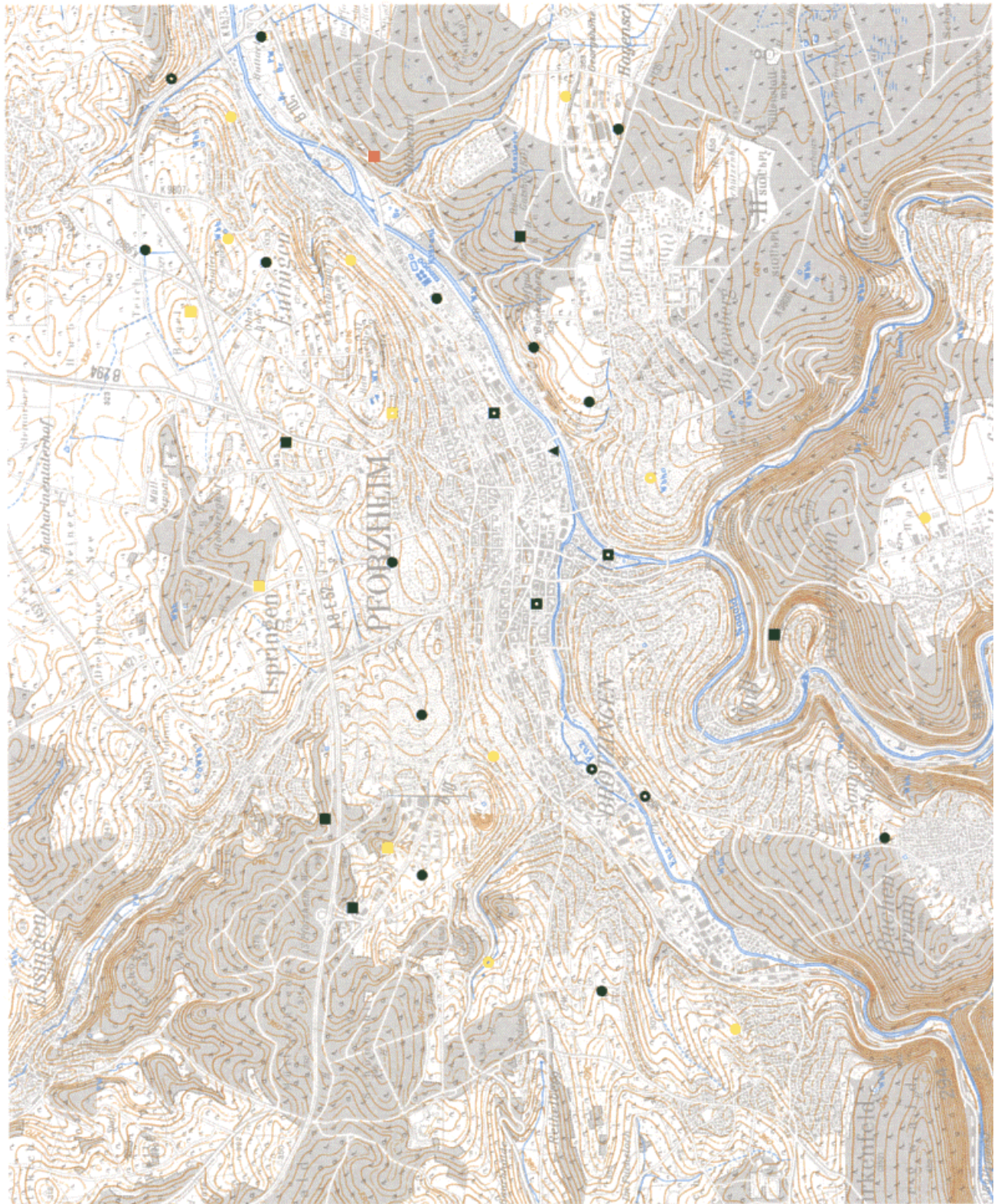
Auch die mobilen Thalliumanteile liegen im Bereich der landesweiten Hintergrundwerte. Die Herkunft des Thalliums in Pforzheimer Böden ist geogen. Auf weitere Untersuchungen von Thallium kann hier künftig im Regelfall verzichtet werden.

**Tabelle 4.8-1:** Statistische Kenndaten der Thalliumgehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	38	0,4	0,7	0,4	0,8	0,4	0,6
mobµg/kg	38	4,2	6,2	4,1	6,4	4,6	6,3



**Abbildung 4.8-1:** Thallium-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Tongehaltsgruppen



**Thallium-Gesamtgehalt**  
 mg/kg

■	<0,2...0,7
■	>0,2...0,7 - 0,5...1
■	>0,5...1 - 1
■	>1 - 4
■	>4

...: gestuft nach  
 Tongehaltsgruppen

**Bodennutzung**

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

**Karte 4.8-1:**  
 Thallium-Gesamtgehalte  
 in Pforzheimer  
 Böden



## 4.9 Zink

Die Pforzheimer Böden weisen gegenüber dem Landesdurchschnitt erhöhte Zink-Gesamtgehalte auf; 23% der Werte überschreiten 200 mg/kg (vgl. Tabelle 4.9-1). Die Differenzierung der Zinkgehalte nach Tongehaltsgruppen ist wenig ausgeprägt.

Böden mit erhöhten Gehalten sind im Umfeld von teils ehemaligen Emittenten der Innenstadt am häufigsten zu finden (Karte 4.9-1).

Daneben sind auch Kleingärten im Außenbereich betroffen (Abbildung 4.9-1). Zink wird dort u. a. durch den Auftrag unterschiedlichster Bodenverbesserungs- und Düngemittel angereichert.

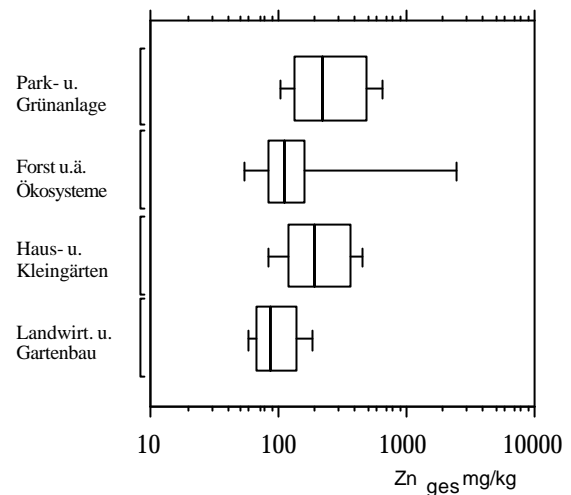
Die Gehalte des mobilen Zinks folgen überwiegend den pH-Werten im Boden (Abbildung 4.9-2, Karte 4.9-2); 18% der Böden weisen Gehalte über 5.000 µg/kg auf.

Die räumliche Verteilung des mobilen Zinks stimmt in etwa mit der Verteilung des mobilen Cadmiums überein. Neben (schwach) sauren Böden unter Forst weisen im nördlichen Außenbereich auch landwirtschaftlich genutzte Böden erhöhte mobile Anteile auf. In diesen Böden liegt, wie bei Cadmium, eine leicht mobilisierbare Bindungsform vor, die ihren Ursprung im Ausgangsgestein der Bodenbildung (*Muschelkalk*) hat.

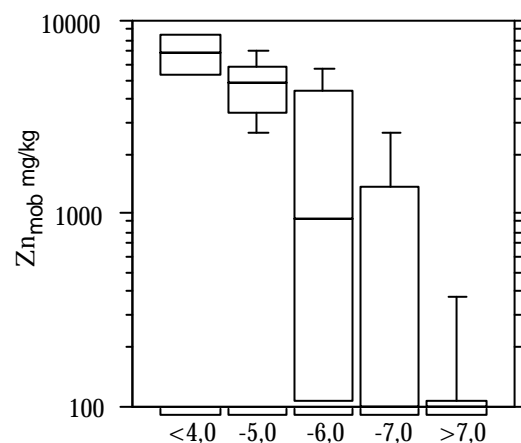
Zink und Cadmium konkurrieren bei der Aufnahme durch Pflanzen und Mikroorganismen. Schädliche Wirkungen hoher Cadmium-Gehalte können durch ein hohes Zinkangebot abgeschwächt werden. Bei Bodenuntersuchungen auf Cadmium sollten daher stets die Zinkgehalte mit untersucht und in die Bewertung einbezogen werden.

**Tabelle 4.9-1:** Statistische Kenndaten der Zinkgehalte in Pforzheimer Böden

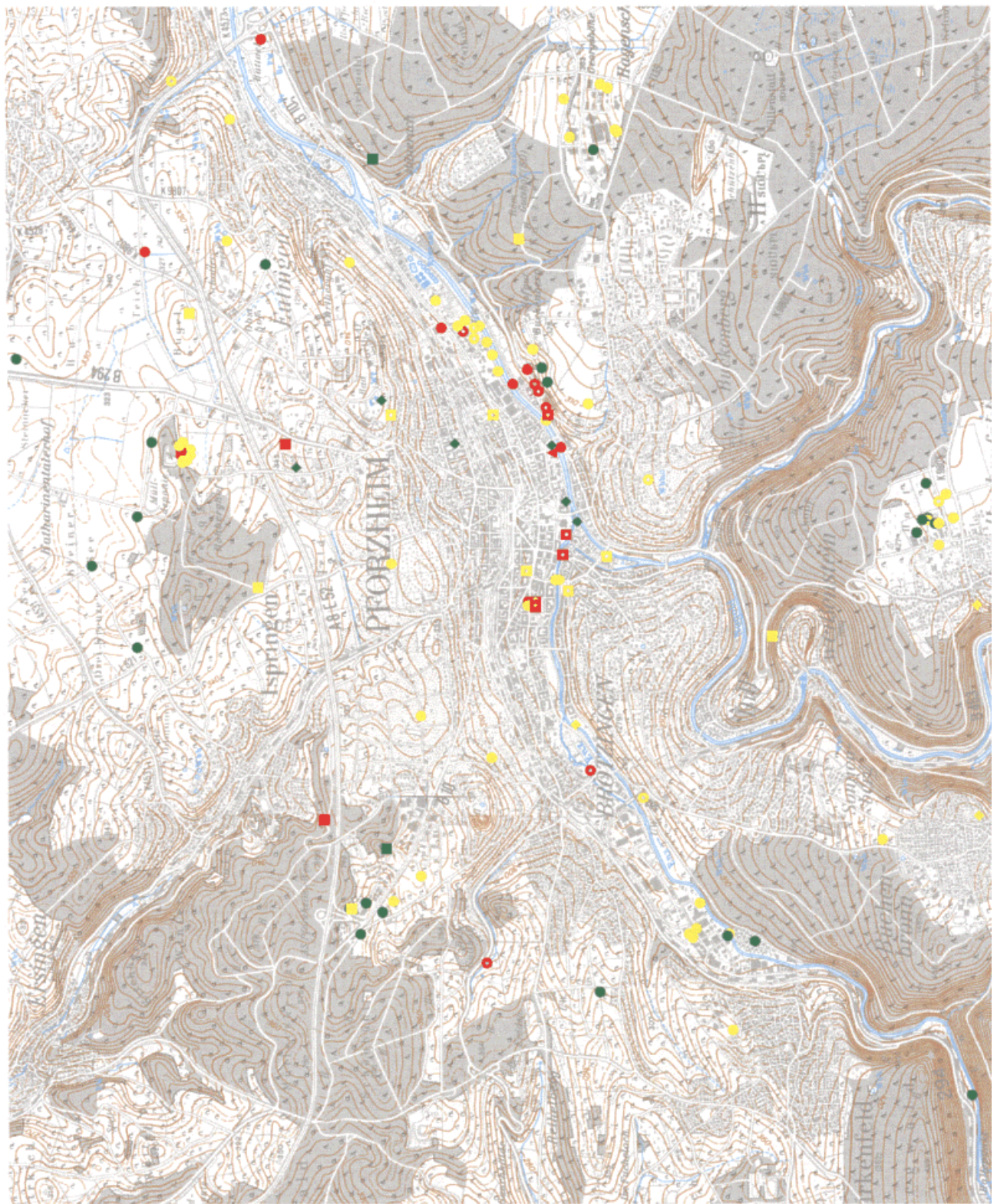
	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
gesmg/kg	120	105	390	69	160	110	400
mobµg/kg	38	440	5.700	930	5.900	110	5.300



**Abbildung 4.9-1:** Zink-Gesamtgehalte in Pforzheimer Böden, gestuft nach Bodennutzung



**Abbildung 4.9-2:** Mobiles Zink in Pforzheimer Böden, gestuft nach Boden-pH



Zink-Gesamtgehalt  
mg/kg

●	<35...150
■	150...200
■	>150...200

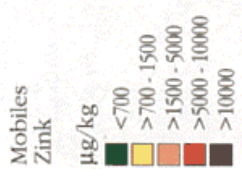
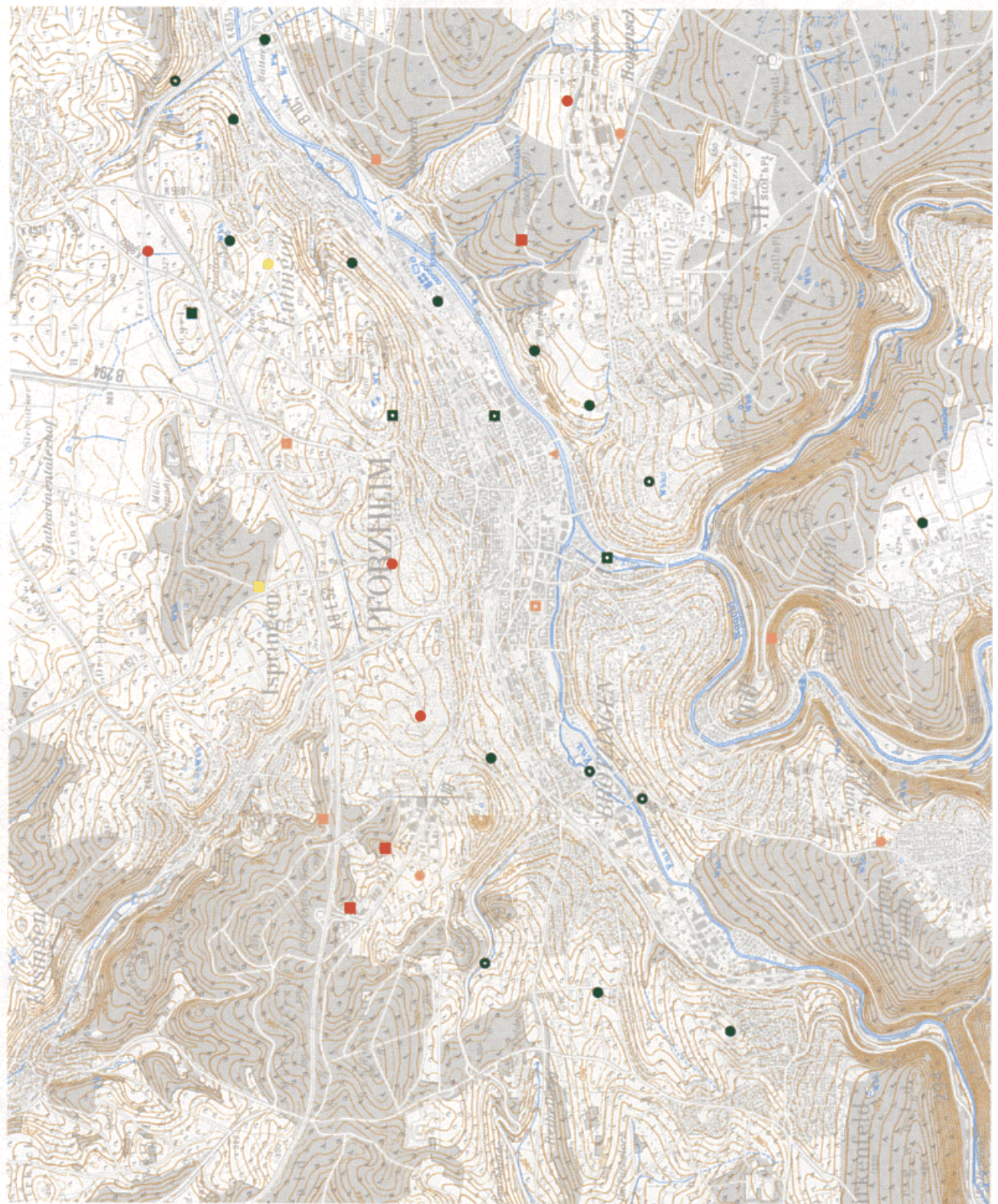
... gestuft nach  
Tongehaltsgruppen

Bodennutzung

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forst u. d. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▲ Gewerbe u. Verkehr
- ◆ Sports- u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielfeld

**Karte 4.9-1:**  
Zink-Gesamt-  
gehalte in  
Pforzheimer  
Böden





- Bodennutzung**
- Landw. u. Gartenbau
  - Haus- u. Kleingärten
  - Forst u. Ökosysteme
  - ▲ Park u. Grünanlagen
  - ▼ Gewerbe u. Verkehr
  - ◆ Sport- u. Freizeitanz.
  - ◇ Kinderspielplatz

**Karte 4.9-2:**  
*Gehalte an mobilem Zink in Pforzheim*  
*Böden*



## 4.10 Weitere Spurenelemente

Die Antimongehalte liegen unter Berücksichtigung der vorherrschenden Tongehalte in einem in Böden häufig vorkommendem Bereich (Tabelle 4.11-1, vgl. PRÜß 1994); die Berylliumgehalte sind dem gegenüber geringfügig erhöht, für Platin liegen noch keine Vergleichsdaten vor.

Am Profil 320.221 (Stadtzentrum) wurde mit 0,27 mg/kg der höchste Platiningehalt, am Profil 320.237 der höchste Antimon- (5,3 mg/kg) und Berylliumgehalt (176 mg/kg) ermittelt.

**Tabelle 4.10-1:** Statistische Kenndaten der Antimon-, Beryllium- und Platiningehalte in Pforzheimer Böden (n = 38)

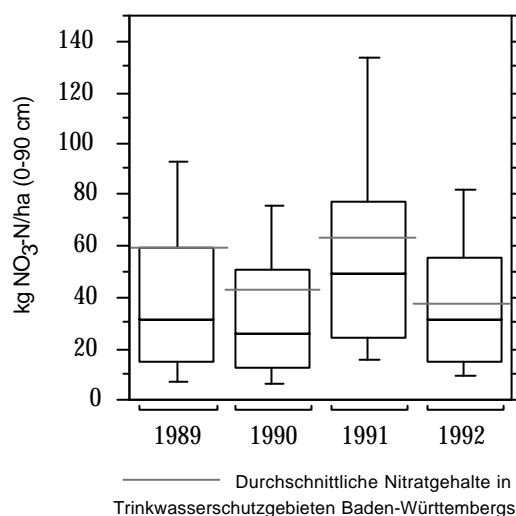
		Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.	
		50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
Be	gesmg/kg	1,7	2,9	1,5	2,9	1,7	2,8
	mobµg/kg	5,8	56	6,9	64	5,8	15
Pt	gesmg/kg	<0,0 1	0,02	-	<0,0 1	<0,0 1	0,04
	mobµg/kg	1,4	2,9	1,4	2,5	1,1	2,9
Sb	gesmg/kg	0,7	1,9	0,5	1,2	1,0	1,9
	mobµg/kg	7	33	5	12	7	34

## 4.11 Nitrat

Für den Raum Pforzheim stehen Nitratanalysen über die Jahre 1989 bis 1992 aus dem Trinkwasserschutzgebiet Nr. 31 zur Verfügung [LUFA 1993].

Die Nitratgehalte variieren von Jahr zu Jahr (Abbildung 4.11-1). 1991 wurden nach der Ernte die höchsten Gehalte gemessen, gefolgt von den Jahren 1992, 1989 und 1990. Diese zeitliche Variation der Nitratgehalte ist auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse zurückzuführen.

Insgesamt liegen die Nitrat-Gehalte im landesweiten Hintergrundbereich.



**Abbildung 4.11-1:** Häufigkeitsverteilung der Nitratgehalte in Böden (0-90cm) des Trinkwasserschutzgebietes Pforzheim (Datengrundlage: LUFA 1993)



## 4.12 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Abbildung 4.12-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der PAK-Einzelkomponenten in Pforzheimer Böden. 90% der untersuchten Böden weisen weniger als 0,1 mg/kg Naphthalin, Acenaphthylen, Acenaphthen und Fluoren auf. Bei den übrigen Komponenten liegen, mit Ausnahme von Anthracen und Dibenz(a,h)-anthracen, ca. 50% der Proben im Bereich 0,1 bis 1 mg/kg.

Die toxikologische Bewertung der Einzel-Komponenten (wie in Abbildung 4.12-1 beispielhaft dargestellt) ist bislang nicht abschließend geklärt. Die Bewertung der PAK-Gehalte erfolgt daher anhand der Summe von 16 Komponenten nach der EPA (PAK<sub>16</sub>, Liste 610) sowie der Gehalte des als krebserregend eingestuftes Benzo[a]pyren (BaP).

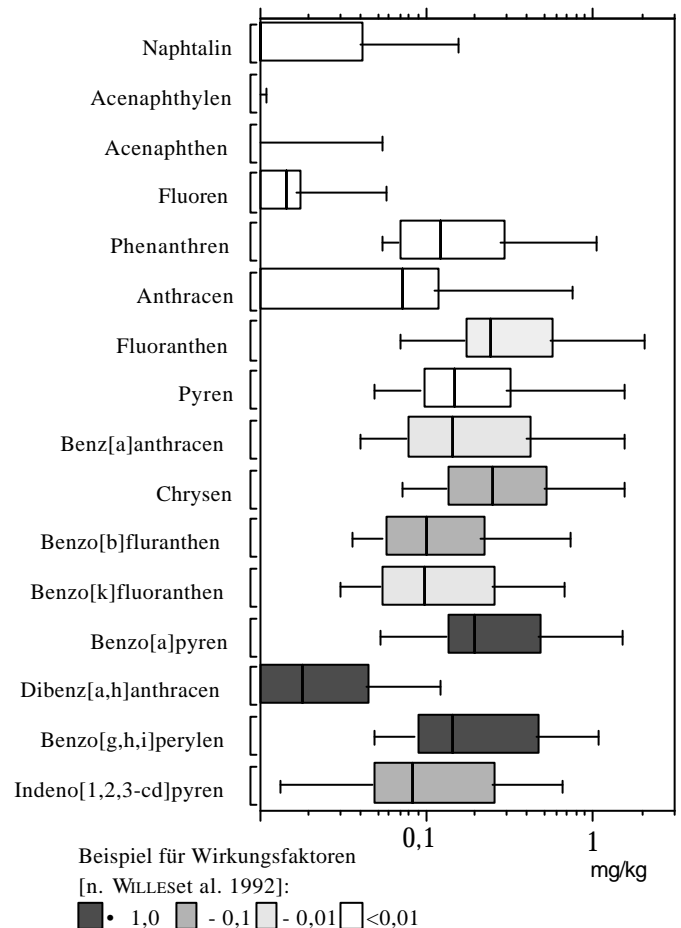
Die Auswertung der Daten ergab einen sehr engen Zusammenhang zwischen den PAK<sub>16</sub>-Gehalten und den Benzo[a]pyren-Gehalten ( $r^2 = 0,9$ ). Im Mittel beträgt der Anteil von BaP etwa 10 % des PAK<sub>16</sub>-Gesamtgehalts.

Für die statistische Auswertung der PAK-Verteilung wird daher auf eine getrennte Abbildung der PAK<sub>16</sub>- und der BaP-Gehalte verzichtet.

10% untersuchten Pforzheimer Böden weisen PAK<sub>16</sub>-Gehalte über 12 mg/kg auf (Tabelle 4.12-1).

**Tabelle 4.12-1:** Statistische Kenndaten der PAK-Gehalte in Pforzheimer Böden (n = 48)

		Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.	
		50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
PA	mg/kg	1,6	12,0	1,1	2,1	1,8	17
K <sub>16</sub>							
BaP	mg/kg	0,2	1,4	0,1	0,2	0,3	1,9



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

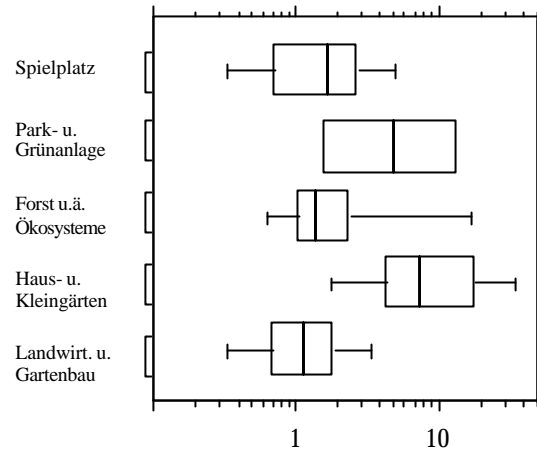
Abbildung 4.12-2 zeigt die Differenzierung der Werte nach der Bodennutzung. Es ist zu erkennen, daß insbesondere in Oberböden von Haus- und Kleingärten sowie Park- und Grünanlagen PAK angereichert sind. Böden unter Landwirtschaft und Gartenbau weisen geringe Gehalte auf.

Das gleiche Verteilungsmuster zeigt sich bei BaP. Haus- und Kleingärten weisen zu 50% bis zu 0,9 mg BaP/kg (Park und Grünanlagen 0,7 mg BaP/kg) auf.

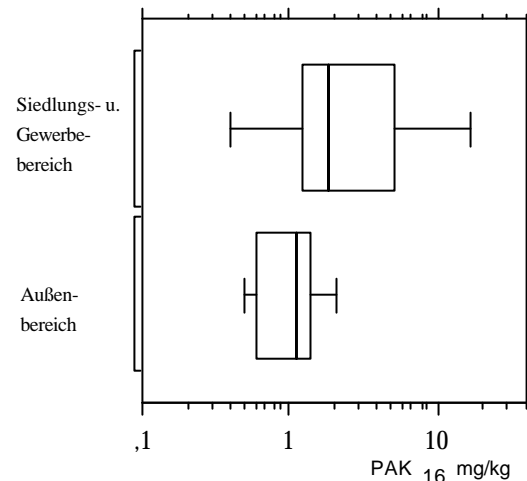
Im Raum Pforzheim sind PAK – wie auch in anderen dicht besiedelten Räumen – insbesondere in Böden im Siedlungsbereich angereichert (Abbildung 4.12-3). 90% der untersuchten Standorte der Innenstadt weisen Gehalte bis zu 13 mg/kg auf.

Die kartographische Darstellung der PAK-Gehalte verdeutlicht diese Verteilung (Karte 4.12-1 und 4.12-2). Böden mit PAK-Gehalten über 5 mg/kg sind im Kernbereich des Stadtgebietes am häufigsten vertreten.

Vereinzelt wurden dort erhöhte PAK-Gehalte in Unterböden von Spielplätzen ermittelt (Projekt 204). Der Spielsand dieser Flächen wies PAK-Gehalte im Hintergrundbereich auf. Oberböden von Spielflächen wurden bislang nicht auf PAK untersucht.

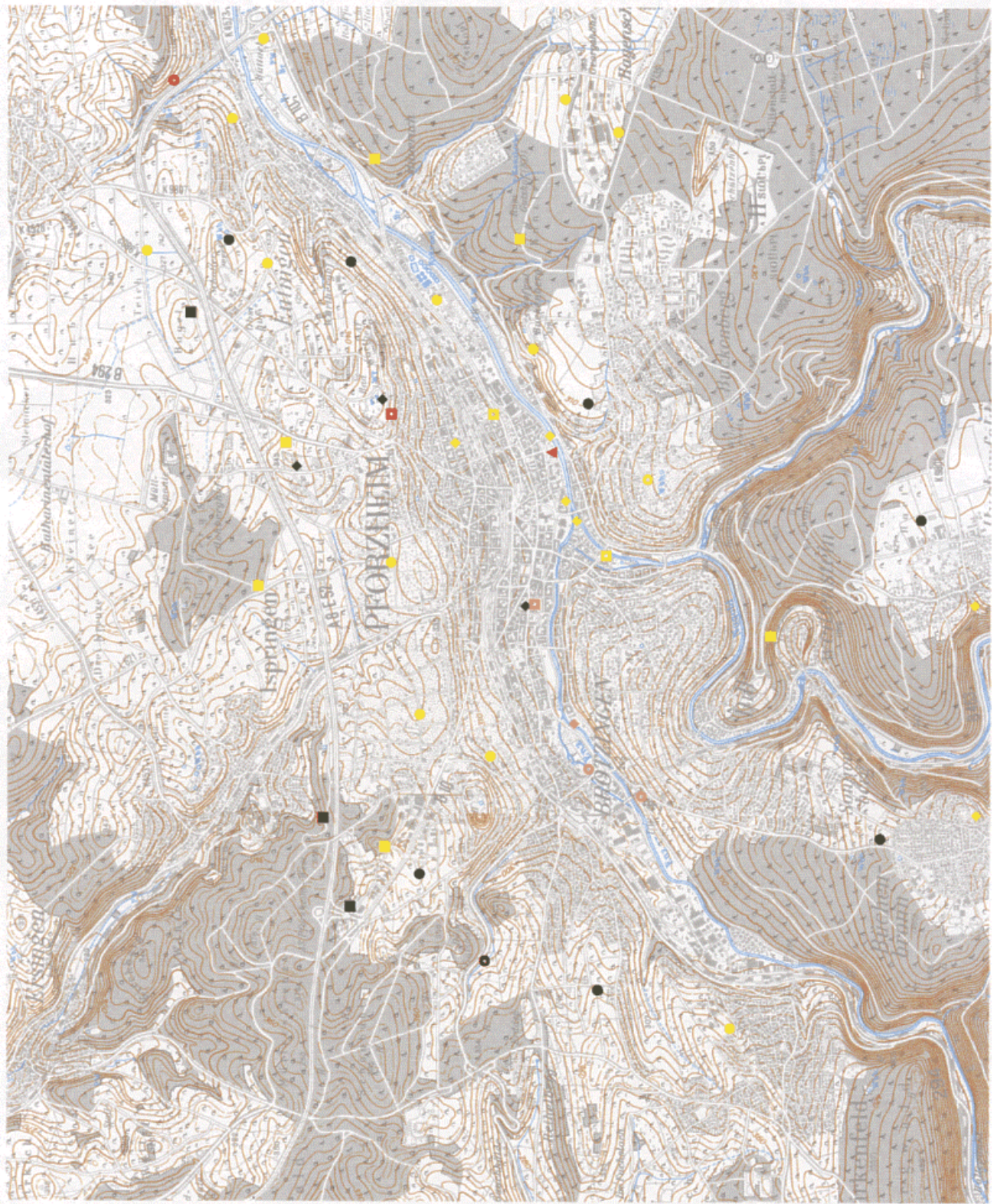


**Abbildung 4.12-2:** Häufigkeitsverteilung der PAK-Gehalte in Pforzheimer Böden, gruppiert nach der Bodennutzung



**Abbildung 4.12-3:** Häufigkeitsverteilung der PAK-Gehalte in Pforzheimer Böden, gruppiert nach dem Bodenumfeld





Polycyclische  
aromatische  
Kohlen-  
wasserstoffe  
PAK<sub>16</sub> n. EPA

mg/kg



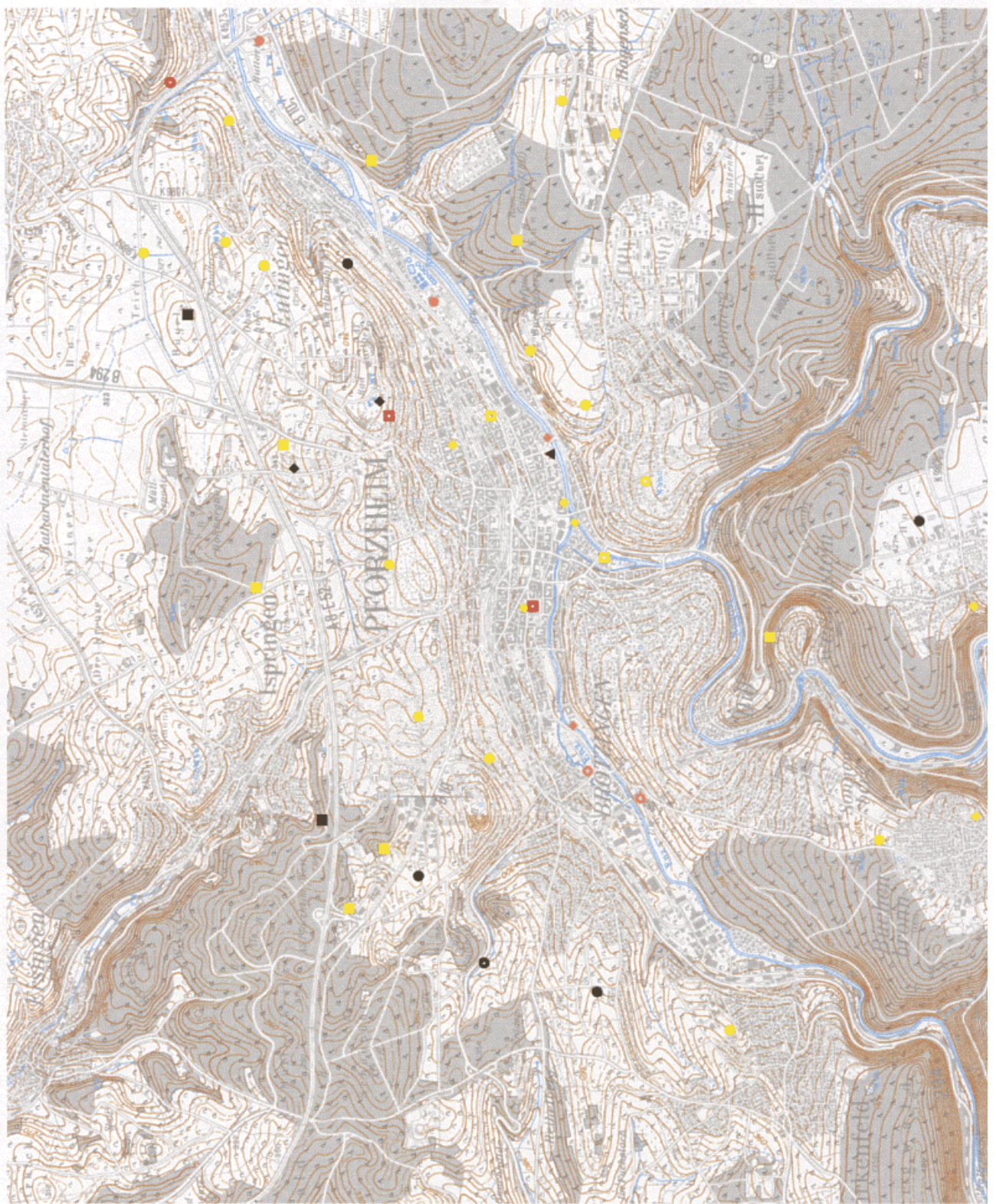
Bodennutzung

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

**Karte 4.12-1:**

Gebalte an  
PAK<sub>16</sub> in  
Pforzheimer  
Böden





**Benzolalpyren**  
 Einzelkomponente  
 polycyclischer  
 aromatischer  
 Kohlenwasserstoffe



**Bodennutzung**

- Landw. u. Gartenbau
- Haus- u. Kleingärten
- Forest u.ä. Ökosysteme
- Park u. Grünanlagen
- ▲ Gewerbe u. Verkehr
- ▲ Sport- u. Freizeitanl.
- ◆ Kinderspielfeld

**Karte 4.12-2:**  
 Gebalte an  
 Benzolalpyren  
 in Pforzheimer  
 Böden



## 4.13 Polychlorierte Biphenyle

In Abbildung 4.13-1 sind die Häufigkeitsverteilungen von sechs PCB-Kongeneren in Böden des Raumes Pforzheim dargestellt. Die Einzelkomponenten sind nach steigendem Chlorierungsgrad geordnet. Die Gehalte nehmen in der Reihenfolge PCB28 < PCB52 < PCB101 < PCB138 < PCB153 kontinuierlich zu, mit einem geringfügigen Rückgang der PCB180-Gehalte. Das durchschnittliche PCB-Profil setzt sich aus 4% PCB28, 5% PCB52, 10% PCB101, 26% PCB138, 33% PCB153 und 22% PCB180 zusammen. Es ist zu erkennen, daß die Tri- und Tetrachlorbiphenyle (PCB28, PCB52) gegenüber den Penta- bis Heptachlorbiphenylen in diffus kontaminierten Böden abgereichert sind.

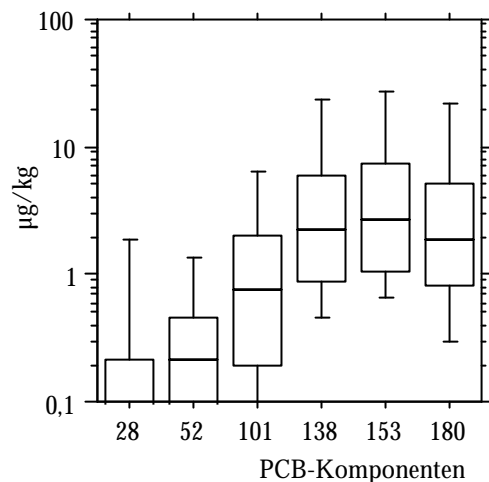
90% der gemessenen PCB<sub>6</sub>-Gehalte liegen unter 89 µg/kg (Tabelle 4.13-1). Spezifische Emittenteneinflüsse sind anhand der PCB-Profile in den Pforzheimer Böden nicht zu erkennen.

Böden unter Landwirtschaft und Gartenbau weisen die geringsten PCB Gehalte auf (90. Perzentil: 29 µg/kg Boden). In Böden von Park- und Grünanlagen sowie von Haus- und Kleingärten sind deutlich erhöhte Gehalte zu erkennen (vgl. auch Karte 4.13-1). Der Medianwert für Oberböden unter Forst liegt bei 12 µg/kg.

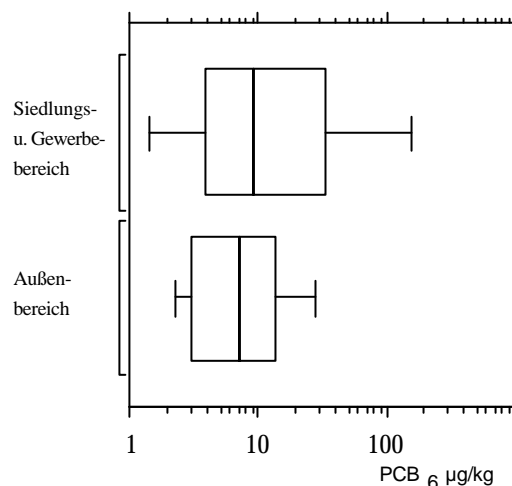
Sowohl im Außenbereich als auch in den Wohnbereichen liegen die PCB<sub>6</sub>-Gehalte nur vereinzelt über dem landesweiten Hintergrundbereich (Karte 4.13-1, Abbildung 4.13-3). Die Böden der Pforzheimer Innenstadt weisen insgesamt geringfügig höhere Gehalte auf.

**Tabelle 4.13-1:** Statistische Kenndaten der PCB-Gehalte in Pforzheimer Böden (n = 38)

	µg/k g	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.	
		50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
PCB <sub>6</sub>		8,4	89	7,2	27	9,3	160

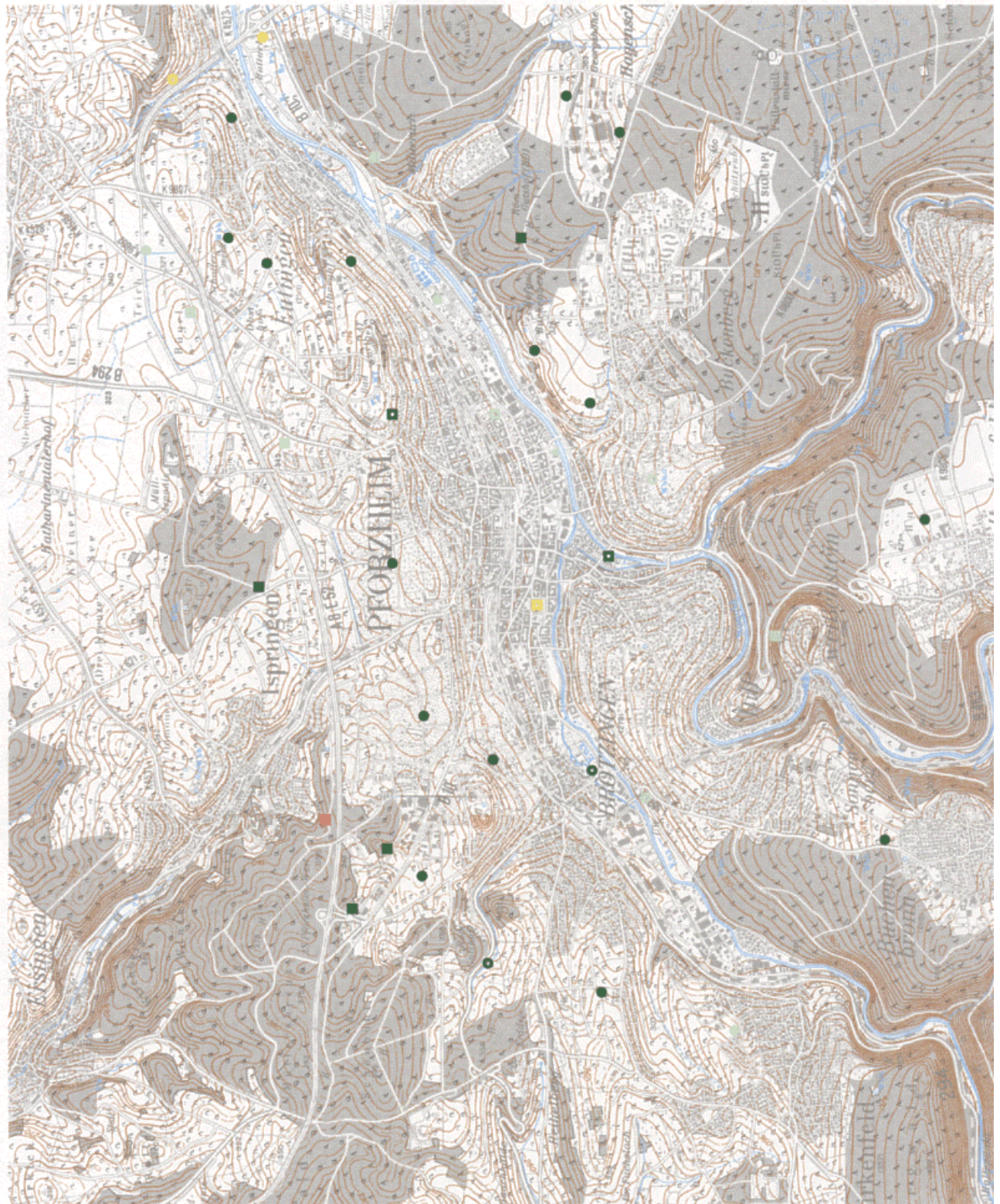


**Abbildung 4.13-1:** Häufigkeitsverteilung der PCB-Komponenten in Böden

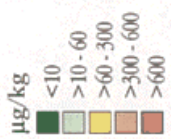


**Abbildung 4.13-2:** Häufigkeitsverteilung der PCB-Gehalte in Pforzheimer Böden, gruppiert nach dem Bodenumfeld





Polychlorierte  
Biphenyle  
PCB<sub>6</sub>



Bodennutzung

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

**Karte 4.13-1:**

Gehalte an  
PCB<sub>6</sub> in  
Pforzheimer  
Böden



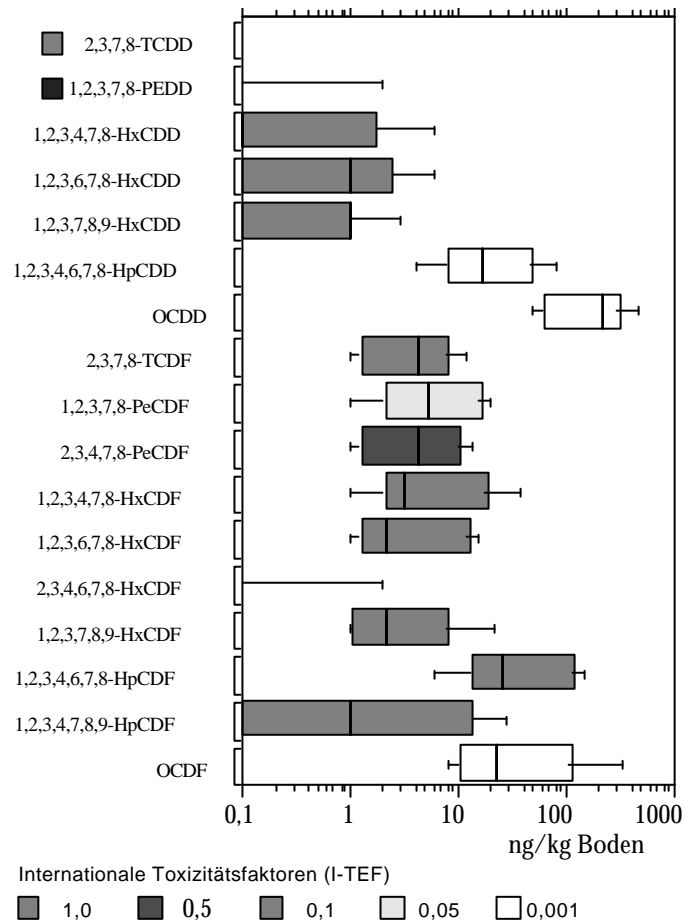
## 4.14 Polychlorierte Di-benzo-p-dioxine und Di-benzofurane

Abbildung 4.14-1 zeigt die Häufigkeitsverteilung der PCDD/F-Kongenere. Am häufigsten sind die Hepta- und Oktachlordibenzo-p-dioxine (HpCDD, OCDD) sowie die Hepta- und Oktachlordibenzofurane (HpCDF, OCDF) mit Gehalten im Bereich 5 bis 1000 ng/kg. Aufgrund der unterschiedlichen Toxizität der PCDD/F-Kongenere wird die Bewertung anhand der internationalen toxischen Äquivalente vorgenommen. Die Gehalte werden in der entsprechenden Dimension (I-TEq in ng/kg) angegeben.

90% der PCDD/F-Gehalte in Pforzheimer Böden liegen unter 21 ng I-TEq/kg Boden (Tabelle 4.14-1). Die auf PCDD/F untersuchten Proben von Oberböden wurden im Umfeld potentieller PCDD/F-Emittenten entnommen. In Böden von Park- und Grünanlagen sind erhöhte Gehalte bis 30 ng I-TEq/kg (90.P) anzutreffen. Die Karte 4.4-1 zeigt die räumliche Verteilung der PCDD/F-Gehalte. Es ist zu erkennen, daß PCDD/F-Gehalte über 5 ng I-TEq/kg auf das Siedlungsgebiet begrenzt sind. Im Umfeld des Pforzheimer Krematoriums wurde mit 31 ng I-TEq/kg der in diesem Raum höchste Einzelwert ermittelt. Nordwestlich des Untersuchungsgebietes weisen Böden der Enzaue die landesweit höchsten PCDD/F-Gehalte von Böden aus Überschwemmungsgebieten auf (25 ng I-TEq/kg, LfU 1993).

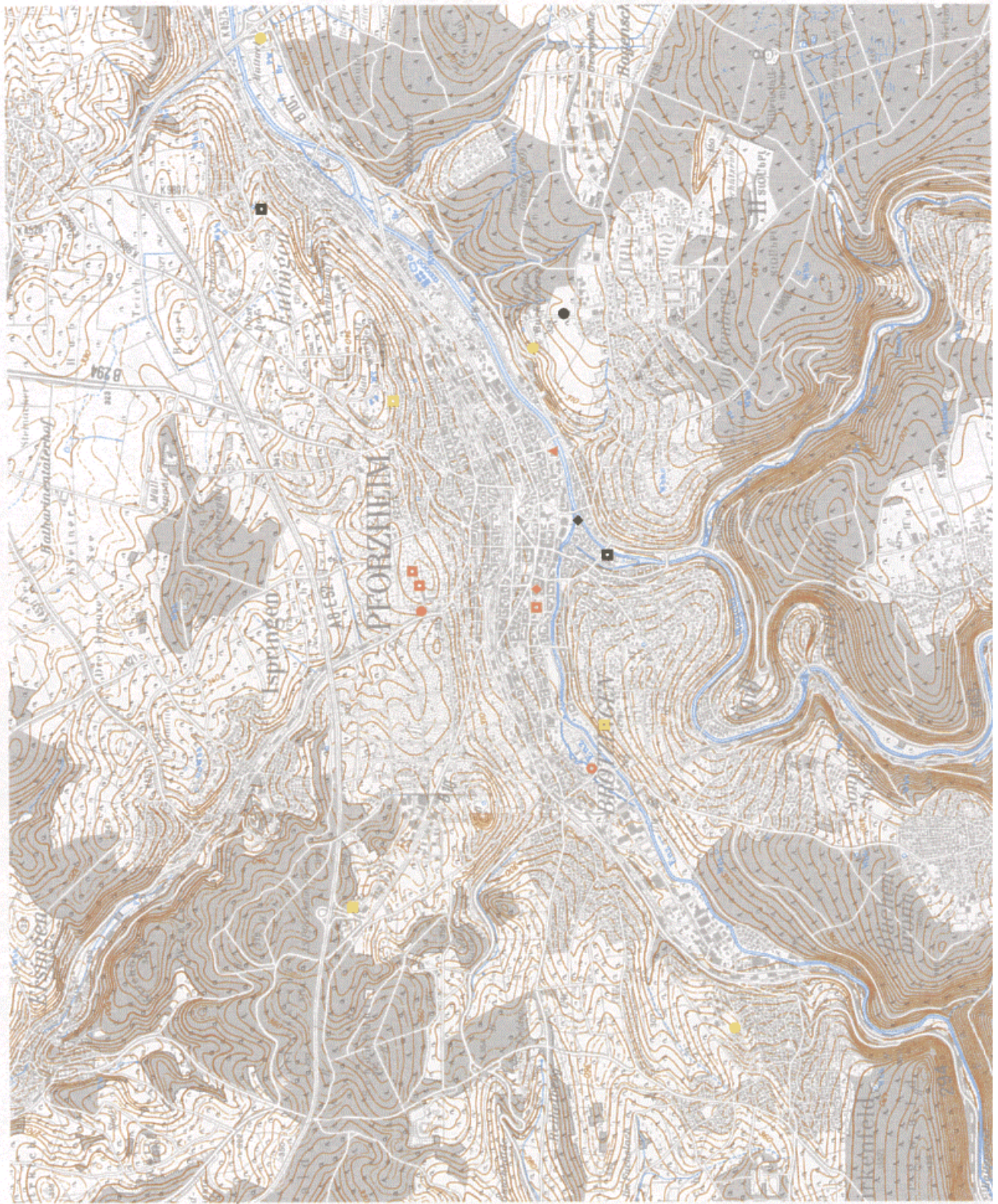
**Tabelle 4.14-1:** Statistische Kenndaten der PCDD/F-Gehalte in Pforzheimer Böden (n = 17)

	ng/k g	Gesamt		Außenb.		Siedlungs- sb.	
		50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
I-TEq		4,2	21	-	-	4,2	21



**Abbildung 4.14-1:** Häufigkeitsverteilung verschiedener PCDD/F-Kongenere in Böden





Polychlorierte  
Dibenzo-p-dioxine  
u. Dibenzofurane

ng/kg in I-TEQ



Bodennutzung

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

**Karte 4.14-1:**  
Gehalte an  
PCDD/F in  
Pforzheimer  
Böden



## 4.15 Hexachlorbenzol

Aus der Gruppe der Organochlorverbindungen wurde im Raum Pforzheim zusätzlich Hexachlorbenzol (HCB) in 38 Oberböden analysiert. HCB war in der Bundesrepublik Deutschland bis 1977 als Pflanzenschutzmittel zugelassen.

90% der HCB-Gehalte liegen unterhalb 6,3 µg/kg.

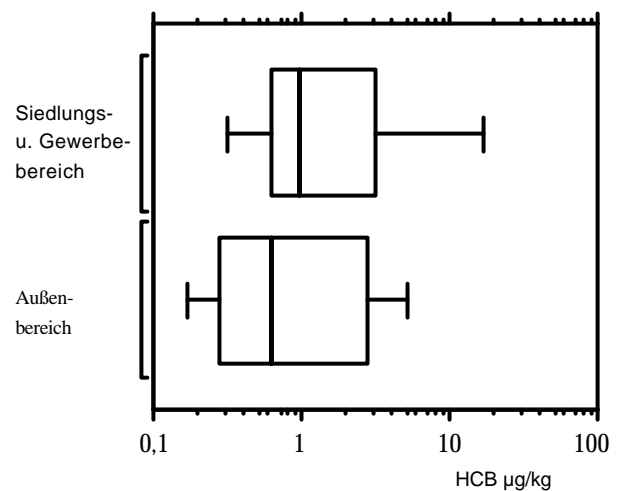
Die Mediane variieren in Böden verschiedener Nutzungen zwischen 0,6 und 1,5 µg/kg. Sie liegen damit überwiegend im landesweiten Hintergrundbereich.

Im Siedlungsbereich von Pforzheim wurden geringfügig höhere HCB-Gehalte als im Außenbereich vorgefunden (Abbildung 4.15-1, Karte 4.15-1).

HCB-Gehalte über 3 µg/kg Boden treten überwiegend außerhalb des Stadtzentrums auf.

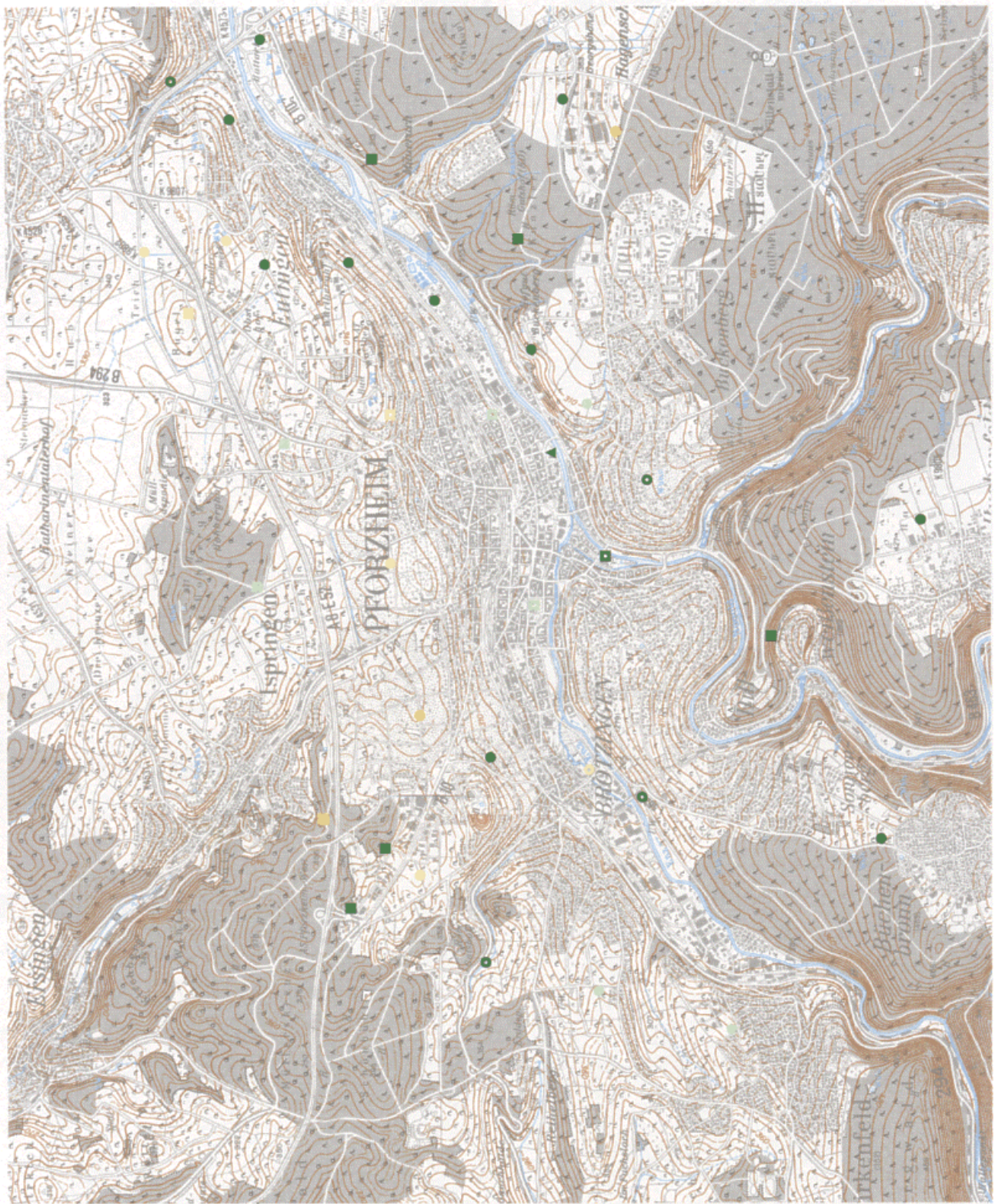
**Tabelle 4.15-1:** Statistische Kenndaten der HCB-Gehalte in Pforzheimer Böden

	Gesamt		Außenb.		Siedlungsb.		
	n	50.P	90.P	50.P	90.P	50.P	90.P
HCB µg/kg	38	1,0	6,3	0,6	5,0	1,0	17



**Abbildung 4.15-1:** Häufigkeitsverteilung der HCB-Gehalte in Pforzheimer Böden, unterschieden nach dem Bodenumfeld





Hexachlorbenzol

µg/kg

- <1
- >1-3
- >3-10
- >10-50
- >50

Bodennutzung

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

**Karte 4.15-1:**  
Gehalte an HCB  
in Pforzheimer  
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 jeweilig zutreffenden Prüfwerte herangezogen. So wird z.B. der Prüfwert hinsichtlich der Pflanzenqualität nur für landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzte Böden, nicht jedoch bei einer Parkanlage berücksichtigt.

#### 5.1.1 Direktpfad Boden-Mensch

Die Prüfwerte für den Aufenthalt von Kindern auf **Spielflächen** gelten für Oberböden (0-2 und 0-10 cm) und basieren auf der Annahme, daß dort spielende Kinder durchschnittlich 0,5 g Boden / Tag aufnehmen (orale Aufnahme durch Hand-zu-Mund-Aktivität). Im Spielsand von Kinderspielflächen wurden bei einer Untersuchung der Stadt Pforzheim (Projekt 204) keine Überschreitungen der Spielflächen-Prüfwerte ermittelt. Allerdings wurden Oberböden in Umgebung der Sandkästen und Spielgeräte nicht untersucht. In Unterböden von Spielplätzen, wo ein regelmäßiger Kontakt spielender Kinder mit Boden unwahrscheinlich ist, wurden in dieser Untersuchung an zwei (von 10) Spielflächen Überschreitungen des Prüfwertes für PAK bzw. Benzo[a]pyren und an vier Standorten Überschreitungen des Prüfwertes für Blei ermittelt. Es wird empfohlen, an Spielplätzen mit kontaminierten Unterböden langfristig auf eine ausreichend mächtige Abdeckung der belasteten Horizonte zu achten.

Die Prüfwerte für den Aufenthalt von Menschen in **Siedlungsflächen** basieren auf der Annahme, daß dort spielende Kinder durchschnittlich 0,1 g Boden / Tag aufnehmen.

Diese Prüfwerte bieten nach UM/SM [1993] auch für erwachsene Menschen ausreichend Schutz. Im Siedlungsgebiet Pforzheim werden diese Werte für PAK bzw. Benzo[a]pyren am Profil 320.221 und am Profil 320.203 überschritten.

*Wegen des möglichen Eintrags von Blei und Benzo[a]pyren über die Luft – insbesondere im unmittelbaren Einwirkungsbereich von Verkehrsemissionen – sollten im Siedlungsgebiet vegetationslose Oberböden von Spielflächen, die langfristig nicht bearbeitet bzw. nicht mit unbelasteten Böden überdeckt wurden, untersucht und ggf. überwacht werden.*

#### 5.1.2 Pfad Boden-Pflanze-Mensch/Tier

In acht landwirtschaftlich bzw. gartenbaulich genutzten Oberböden des Raums Pforzheim wird der Belastungswert für mobiles Cadmium nach der 3. VwV zum BodSchG (40 µg/kg) überschritten.

Bei Überschreitung des Belastungswertes wird Cadmium aus dem Boden von bestimmten Nutzpflanzen mit einer Wahrscheinlichkeit von über 70% bis hin zu für Menschen und Tiere kritischen Gehalten angereichert [PRÜß 1992]. Nach der 3. VwV sind daher Anbaubeschränkungen erforderlich.

Mit Ausnahme von Profil 320.217 weisen die Böden mit Überschreitung des Belastungswertes für mobiles Cadmium jedoch geringe, weitgehend natürliche Cadmium-Gesamtgehalte unter 1 mg/kg auf. Die hohen mobilen Anteile sind auf niedrige pH-Werte bzw. eine besonders leicht mobilisierbare Bindungsform des geogenen Cadmiums zurückzuführen.

Solche Verhältnisse sind in Böden aus Kalksteinen des *Muschelkalks* oder z. B. des schwäbischen *Juras* häufig anzutreffen.

An Standorten mit hoher Mobilität des geogenen Cadmiums wird empfohlen, zunächst in Feldversuchen zu prüfen, ob durch Kalkungen der Böden das Cadmium in ausreichendem Maße demobilisiert wird (bis < P<sub>mob</sub>).

Auf eine Anbaubeschränkung nach der 3. VwV kann dann ggf. verzichtet werden.

Lediglich am Standort 320.217, der in der Vergangenheit mit (Industrie-) Klärschlämmen behandelt wurde, gehen hohe mobile Anteile mit hohen, anthropogenen Cadmium-Gesamtgehalten einher. Es wird empfohlen, die belasteten Bereiche abzugrenzen und auf den Anbau cadmium-akkumulierender Nahrungs- und Futterpflanzen, wie z. B. Weizen oder Hafer (vgl. 3.VwV) zu verzichten oder den belasteten Boden abzutragen.

Neben Cadmium sind – wie in allen dicht besiedelten Räumen – auch in Pforzheim PAK problematische Schadstoffe hinsichtlich der Qualität von Nahrungspflanzen. Blatt- und Wurzelgemüse können PAK aus Böden über Spritzwasser und Verflüchtigung aus dem Boden aufnehmen. Im Raum Pforzheim wird an zwei Böden von Kleingärten (Profile 320.203 und 320.236) der PAK-Prüfwert für den Anbau von Nahrungspflanzen überschritten.

*Bei Überschreiten des Belastungswertes für mobiles Cadmium ist nach der 3. VwV zum BodSchG der Anbau von bestimmten Nahrungspflanzen einzuschränken. Im nördlichen Außenbereich von Pforzheim, mit stellenweise hoher Mobilität des geogenen Cadmiums, sollte zuvor jedoch versucht werden, das Cadmium im Boden durch Kalkung zu demobilisieren. Ggf. ist nur bei gleichzeitig hohen Cadmium-Gesamtgehalten im Boden eine Anbaubeschränkung notwendig.*

*In stadtnahen Böden von Kleingärten sind überdies Blei und PAK hinsichtlich der Qualität von Nahrungspflanzen vereinzelt kritische Schadstoffe. Von bodennah wachsenden Nahrungspflanzen sollten hier – auch wegen des möglichen Eintrags von Schadstoffen über die Luft – die äußeren Pflanzenteile entfernt werden.*

### 5.1.3 Pfad Boden(-Pflanze)-Tier-Mensch

Bereits geringfügig erhöhte PCDD/F-Gehalte in Oberböden über 5 ng I-TEq/kg sind über den Pfad Boden(-Pflanze)-Tier-Mensch für die menschliche Gesundheit bedenklich. An

einem Standort mit PCDD/F-Gehalten über 5 ng I-TEq/kg (Prüfwert für die Beweidung) befand sich zum Zeitpunkt der Probennahme Grünlandnutzung (Profil 42.2013).

*Innerhalb des Siedlungsgebietes Pforzheim weisen langjährig nicht bearbeitete Oberböden teilweise PCDD/F-Gehalte über 5 ng I-TEq/kg auf und sollten dann nicht mehr für eine - wenn auch hier selten übliche - bodengebundene Nutztierhaltung genutzt werden [vgl. UM 1992b].*

### 5.1.4 Pfad Boden-Pflanze

Für die (Forst-) Vegetation sind die Folgen der Bodenversauerung schädlicher als Anreicherungen der Böden mit anorganischen oder organischen Schadstoffen. Die lößarmen Böden der Schwarzwald-Randplatte und der Buntsandstein-Steilhänge weisen vereinzelt saure pH-Werte auf (z.B. nahe Mäuerach pH 3,4).

*An versauerten Standorten sollte die Basensättigung der Böden überprüft werden, um ggf. mit einer Kalkung einer weiteren Basenauswaschung und Mobilisierung von Aluminium entgegen zu wirken.*

### 5.1.5 Pfad Bodenorganismen

An den Standorten 320.221 und 320.237 wird der Kupfer-Prüfwert für Boden-Mikroorganismen überschritten. An diesen Standorten ist mit einer beginnenden Hemmung der natürlichen C- und N-Fixierung durch Bodenorganismen oder der Mineralisierung der organischen Substanz zu rechnen.

### 5.1.6 Pfad Boden-Sickerwasser

Bodenbelastungen durch Schadstoffeinträge aus Industrie- und Gewerbebetrieben führten in der Vergangenheit zu punktuellen Grundwasserbelastungen mit Trichlorethen, Perchlorethen, Cyaniden oder Phenolen [WENDT 1982, PF 1987]. Nach den vorliegenden Ergebnissen ist im Raum Pforzheim darüber-



hinaus Cadmium ein das Grundwasser gefährdender Schadstoff. An 29% der untersuchten Oberböden wurden hohe Gehalte an mobilem Cadmium über 100 µg/kg gemessen, in Böden aus *Muschelkalk* jedoch bei geringen Cadmium-Gesamtgehalten (vgl. Kapitel 5.1.2). An neun Standorten liegen die Gesamtgehalte über 10 mg/kg. Demnach ist in Pforzheimer Böden nicht nur die Cadmium-Mobilität an Einzelstandorten sehr hoch, sondern auch der Vorrat an potentiell mobilisierbarem und verlagerbarem Cadmium (Gesamtgehalt).

Positiv sind die Nitratgehalte der Pforzheimer Böden zu beurteilen. Im Trinkwasserschutzgebiet Pforzheim ist nach den vorliegenden Bodenanalysen keine Nitratbelastung des Sickerwassers zu erwarten.

*In Oberböden mit hohen Gehalten an mobilem Cadmium (> 100 µg/kg nach E DIN 19730) und gleichzeitig hohen Cadmium-Gesamtgehalten sollte, unter Berücksichtigung der Cadmiumgehalte der Unterböden, die Migration des Cadmiums im Boden und ggf. die Beschaffenheit der Sicker-*

*wässer überwacht werden.*

*An den Buntsandstein-Steilhängen des Pforzheimer Trinkwasserschutzgebietes sollte eine, durch die Bodenversauerung verursachte, Mobilisierung von Aluminium und Schwermetallen beachtet werden.*

## 5.2 Nutzungsänderungen und Verwertung von Bodenaushub

Böden, die heute forstwirtschaftlich oder landwirtschaftlich genutzt werden, könnten künftig anderen Nutzungen zugeführt werden (z.B. Gewerbe-, Siedlungs- oder Spielflächen). Die Schadstoffgehalte müssen daher im Rahmen des im Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg enthaltenen Vorsorgeaspektes auch unabhängig von der aktuellen Nutzung beurteilt werden.

Tabelle 5.2-1 gibt die Häufigkeit von Prüfwert-Überschreitungen hinsichtlich der Schutzgüter Menschen, Tiere und Pflanzen unab-

**Tabelle 5.2-1:** Häufigkeit für Prüfwertüberschreitungen im Raum Pforzheim im Hinblick auf die Schutzgüter Menschen (Aufenthalt auf Spielflächen, Siedlungsflächen, Gewerbeflächen), Nahrungspflanzen, Futterpflanzen, Pflanzenwachstum und Beweidung (Pfad Boden-Tiere-Mensch) – unabhängig von der derzeitigen Nutzung (Spielflächenprüfwert wird z. B. im Forst angewendet)

	Spiel- flächen	Sied- lungs- fläche	Gewerbe- fläche	Nahrungs- pflanzen	Futter- pflanzen	Pflanzen- wachstum	Beweidung
As	26%	5%	-	0%	0%	-	-
Cd	19%	5%	2%	50%	50%	-	-
Cr	15%	2%	-	-	-	8%	-
Cu	-	-	-	-	5%	0%	-
Hg	2%	-	-	-	-	-	-
Ni	16%	4%	1%	-	-	-	-
Pb	26%	3%	-	10%	10%	-	-
Tl	-	-	-	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-	20%	0%	-
PAK	25%	6%	-	13%	13%	-	-
PCB	3%	-	-	2%	2%	-	-
PCDD/F	0%	-	-	0%	0%	-	41%

hängig von der aktuellen Nutzung wieder. Im Raum Pforzheim ist demnach neben Blei und PAK auch Arsen ein Problemschadstoff im Hinblick auf die orale Aufnahme von Boden durch Kinder. Beeinträchtigungen der Pflanzenqualität sind im Raum Pforzheim durch Cadmium besonders häufig. Hinsichtlich der Beweidung der Böden sind PCDD/F-Gehalte häufig bedenklich.

Um die Verbringung belasteter Böden aus der Innenstadt in den Außenbereich auszuschließen, sollte dort entstehender Bodenaushub mindestens auf Cadmium, Blei, Kupfer, Zink und Benzo[a]pyren untersucht und in Abhängigkeit vom Schadstoffgehalt einer entsprechenden Verwertung zugeführt werden. Auch im Pforzheimer Außenbereich sind, z. B. durch die Verwertung von (Industrie-) Klärschlämmen in der Vergangenheit, vereinzelt kontaminierte Böden vorhanden, weshalb auch hier bei Nutzungsänderungen mindestens auf Cadmium und Blei untersucht werden sollte. Nähere Hinweise zum Umgang mit Bodenaushub sind in UM (1994) enthalten.

### 5.3 Pforzheim im Vergleich

Für die Beurteilung der Schadstoffgehalte ist ein Vergleich der Daten sowohl mit den Hintergrundwerten des ländlichen Raums in Baden-Württemberg als auch mit anderen dicht besiedelten Räumen hilfreich.

In Abbildung 5.3-1 ist die Häufigkeit dargestellt, mit der die 90.P-Hintergrundwerte, die die Schadstoffgehalte im ländlichen Raum Baden-Württembergs repräsentieren, überschritten werden. Am häufigsten sind in Böden des Raums Pforzheim Kontaminationen mit PCDD/F, PAK, Quecksilber, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei. Die Chrom- und Nickelgehalte sind überwiegend im Kraichgau (*Muschelkalk*) erhöht, während die Blei-, Cadmium-, Kupfer-, Quecksilber- und Zinkgehalte im Umfeld von z. T. ehemaligen Emittenten in den Böden des Siedlungsgebiets angereichert sind.

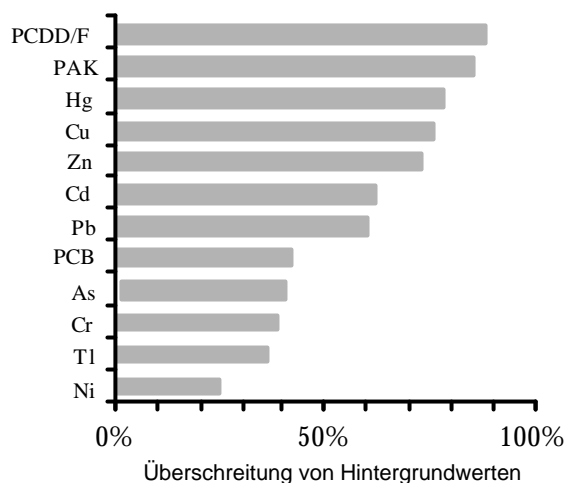


Abbildung 5.3-1: Häufigkeit der Überschreitung von Hintergrundwerten in Pforzheimer Böden, getrennt nach Komponenten

Die Gehalte an Cd, Pb, PAK, und PCDD/F sind – wie in allen bisher untersuchten dicht besiedelten Räumen – in Böden des Außenbereiches geringer als im Siedlungsbereich (vgl. Tabelle 5.3-1).

Im Vergleich zu anderen dicht besiedelten Räumen weisen die Pforzheimer Böden vergleichbare Kontaminationen mit organischen Schadstoffen auf, aufgrund der in der Vergangenheit verteilt ansässigen Gewerbebetriebe jedoch höhere Schwermetallgehalte (Cd, Cu, Zn, Hg, Pb). Die Böden der heutigen Gewerbegebiete, die vor wenigen Jahren im Außenbereich neu erschlossen wurden, weisen daher mit dem Außenbereich vergleichbare Schadstoffgehalte auf.

Stark versauerte Böden sind in Pforzheim relativ wenig verbreitet, jedoch weisen lößarme Böden im nördlichen Teil von Pforzheim (*Muschelkalk*) natürlich erhöhte Schwermetall-Gesamtgehalte auf. Die erhöhten Chrom- und Nickelgehalte dieser Böden sind wenig mobil und daher unkritisch, die erhöhten Cadmiumgehalte sind jedoch häufig mobil und dann hinsichtlich der Qualität von Nahrungspflanzen und des Sickerwassers nicht selten bedenklich.



Tabelle 5.3-1: Schadstoffgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume [UM 1995 a,b]

			Karlsruhe				Kehl				Pforzheim			
			Außenb.		Siedl.b er.*		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	Berylliumgesamt	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	Cadmiumgesamt	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	-	-	-	-	<400	430	<400	720
Hg	Quecksilberges.	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	<0,01	0,01	<0,01	0,02	-	-	-	-	-	<0,01	<0,01	0,04
	mobil	µg/kg	-	<1,0	-	<1,0	-	-	-	-	1,4	2,5	1,1	2,9
Sb	Antimongesamt	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	Thalliumgesamt	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 283	Bq/kg	-	<1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	239+240	Bq/kg	-	<1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat 1992	kg <sub>0-90</sub> /ha	-	180	-	-	-	120	-	-	-	120	-	-
PAK <sub>16</sub>		mg/kg	0,9	2,6	3,5	15	-	-	-	-	1,1	2,1	1,8	17
BaP	Benzo[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 <sub>6</sub>		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)	PCB 28	2,4,4'-Trichlorbiphenyl
90.P	90. Perzentil	PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl
AbfKlärV	Klärschlammverordnung	PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl
As	Arsen	PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl
BaP	Benzo[a]pyren	PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl
Be	Beryllium	PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl
BMU	Bundes-Umweltministerium	PCDD	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine
BodSchG	Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg	PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane
Bq	Becquerel	PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane
Cd	Cadmium	pH(CaCl <sub>2</sub> )	Boden-pH in CaCl <sub>2</sub> -Lösung
Cr	Chrom	Pt	Platin
Cs	Cäsium	Pu	Plutonium
Cu	Kupfer	Sb	Antimon
EPA	US-Amerikanische Umweltbehörde	SchAIV	Schutzgebietsausgleichsverordnung
FVA	Forstwirtschaftliche Versuchsanstalt	SE	Spurenelemente
ges	Gesamtgehalt	SM	Sozialministerium
HCB	Hexachlorbenzol	SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
Hg	Quecksilber	T1...T6	Tongehaltsgruppen nach 3.VwV (mit der Fingerprobe zu ermitteln)
I-TEq	Internationale Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS	T1	0-8 % Ton
KfK	Kernforschungszentrum	T2	>8 - 17 % Ton
LABfG	Landesabfallgesetz	T3	>17 - 27 % Ton
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz	T4	>27 - 45 % Ton
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Versuchsanstalt	T5	>45 - 65 % Ton
mg/kg	10 <sup>-6</sup>	T6	>65 % Ton
mob	mobiler Anteil (Ammoniumnitrat-Extraktion nach E DIN 19730)	TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin
n	Anzahl	Tl	Thallium
ng/kg	10 <sup>-12</sup>	TrinkwV	Trinkwasserverordnung
Ni	Nickel	UM	Umweltministerium
NO <sub>3</sub>	Nitrat	V	Vanadium
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide	VwV	Verwaltungsvorschrift (zum BodSchG)
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	WBA	Amt für Wasserw. und Bodenschutz
PAK <sub>16</sub>	Summe 16 PAK nach EPA	Zn	Zink
Pb	Blei	µg/kg	10 <sup>-9</sup>
PCB	Polychlorierte Biphenyle		
PCB <sub>6</sub>	Summe folgender 6 PCB's:		



## 7 Literaturverzeichnis

- Blume H.-P. [Hrsg.] (1992): Handbuch des Bodenschutzes.- Ecomed-Verlag, 2. Auflage: 794 S.; Landsberg.
- LfU [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg.] (1992): Richtlinie zur Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in Boden-, Abfall- und Altlastenproben.- LfU, PAK 7/92: 8 S.; Karlsruhe.
- LfU [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg.] (1993): Dioxine in Böden Baden-Württembergs.- Materialien zum Bodenschutz, Band 1: 60 S.; Karlsruhe.
- LIS [Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Hrsg.] (1993): Bildschirmtabellen des Landesinformationssystems (LIS).- Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Stand 18.1.1993: 10 S.; Stuttgart.
- 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.
- PF [Nachbarschaftsverband Pforzheim, Hrsg.] (1983): Flächennutzungsplan einschließlich Erläuterungsbericht.- Nachbarschaftsverband Pforzheim, 285 S.; Pforzheim.
- PF [Stadt Pforzheim, Hrsg.] (1987): Umweltbericht 1987 - Wasserdargebot und Wassernutzung.- Stadt Pforzheim, Amt für Umweltschutz, Teil 1: 100; Pforzheim.
- PF [Stadt Pforzheim, Hrsg.] (1988): Umweltbericht 1988 - Abwasser.- Stadt Pforzheim, Amt für Umweltschutz, Teil 2: 77 S.; Pforzheim.
- PF [Stadt Pforzheim, Hrsg.] (1988): Umweltbericht 1988 - Abfall.- Stadt Pforzheim, Amt für Umweltschutz, Teil 3: 55 S.; Pforzheim.
- Prüß A. (1992): Vorsorgewerte und Prüfwerte für mobile und mobilisierbare, potentiell ökotoxische Spurenelemente in Böden.- Verlag Ulrich E. Grauer: 145 S.; Wendlingen, Stuttgart.
- 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.
- 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.
- UM [Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Hrsg.] (1992a): Immissions- und Wirkungsmessungen in "Pforzheim-Mülacker".- Bericht, UM-4-92: 143 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1992b): 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 Probennahme 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 im Raum Pforzheim/Mühlacker 1990.- Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-18-93: 70 S.; Karlsruhe.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1993d): Stellungnahme des Umweltministeriums: Klärschlammverwertung.- Landtag von Baden-Württemberg, Drucksache 11/1351: 13 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1994): 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.- Reihe Umweltschutz in Baden-Württemberg, Heft UM-14-95: 66 S., Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.] (1995b): Bodenzustandsbericht Kehl.- Reihe Umweltschutz in Baden-Württemberg, Heft UM-16-95: 59 S., Stuttgart.
- UM/SM [Umweltministerium/Sozialministerium 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] (1993): Emissionenskataster Pforzheim.- Abfrage der Datenbank, [unveröffentlicht]: 1 S.; Karlsruhe.
- Wendt (1982): Hydrogeologisches Gutachten über die Verunreinigung des Grundwassers im Stadtgebiet Pforzheim insbesondere durch leichtflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe und andere Stoffe anthropogener Natur.- Gutachten des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg, Nr. II/3 - 1806/81: 48 S.; Freiburg.
- Willes R.F., S. Friar, J. Orr, B. Lynch & B. Lynch (1992): Application to point sources of polycyclic aromatic hydrocarbons.- 5th Colloque sur les substances toxiques, Montreal les 1 et 2 Avril 1992: 75 - 100; Montreal.