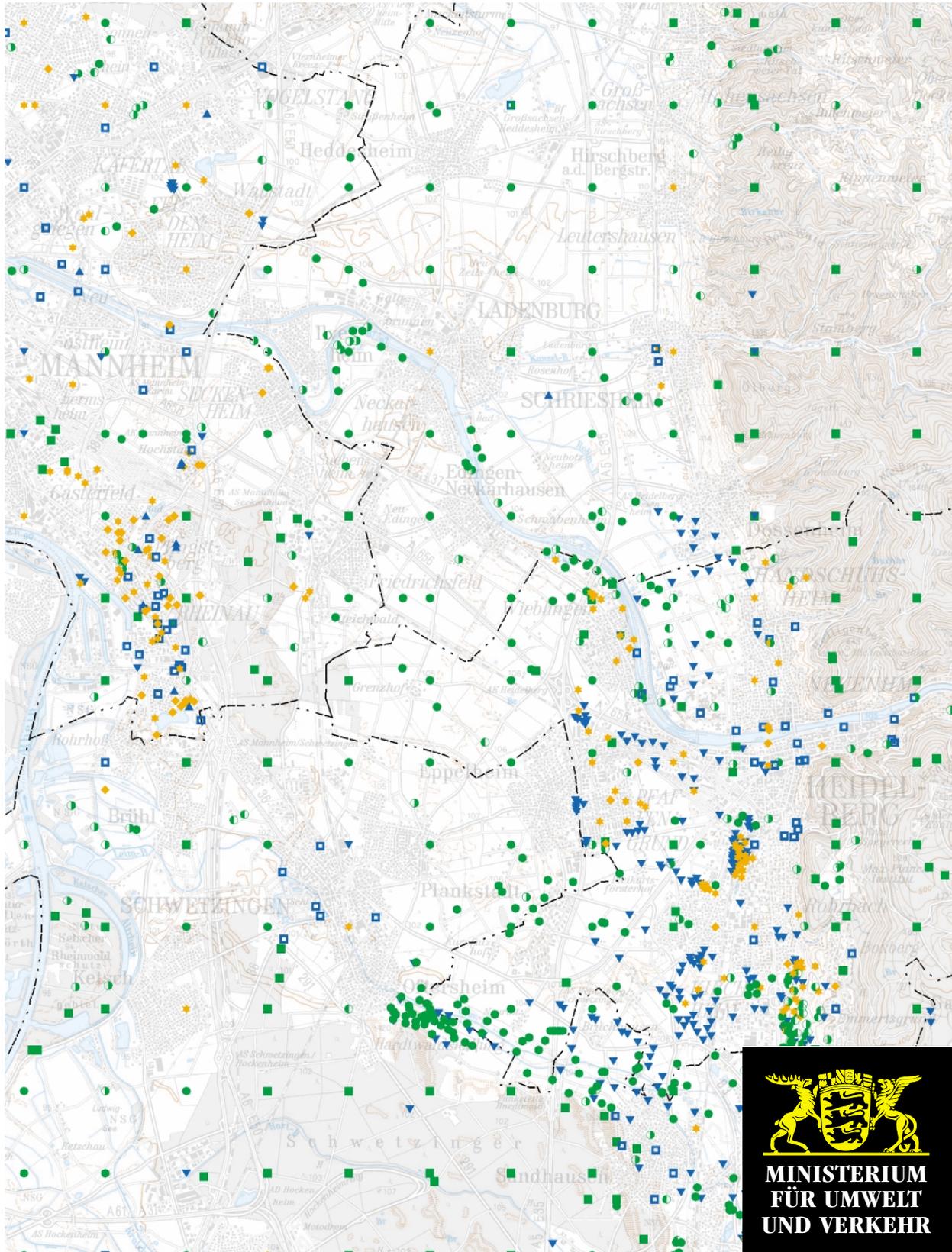


# Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg

## Schadstoffgehalte der Böden



BODENZUSTANDSBERICHT GROSSRAUM  
MANNHEIM / HEIDELBERG  
SCHADSTOFFGEHALTE DER BÖDEN

HERAUSGEBER

*Ministerium für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg*

AUFTRAGGEBER

*Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg*

*Stadt Mannheim*

*Stadt Heidelberg*

*Rhein-Neckar-Kreis*

VERFASSER

*UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen  
und Umwelterhebungen mbH*



## **Impressum**

- Herausgeber:** *Ministerium für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg  
70029 Stuttgart*
- Auftraggeber** *Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU)  
Abteilung 2 - Ökologie, Boden- und Naturschutz  
76 185 Karlsruhe*
- Stadt Mannheim  
Amt für Baurecht und Umweltschutz  
68 133 Mannheim*
- Stadt Heidelberg  
Amt für Umweltschutz und Gesundheitsförderung  
69 117 Heidelberg*
- Landratsamt Rhein-Neckar-Kreis  
Wasserrechtsamt  
69 115 Heidelberg*
- Verfasser:** *Gesellschaft für Umweltmessungen  
und Umwelterhebungen mbH (UMEG)  
76185 Karlsruhe*
- Kartengrundlage:** *Digitale Rasterdaten der Topographischen Karte 1:100 000,  
Bl. C6714, C6718 mit Erlaubnis des Landesvermessungsamts  
Baden-Württemberg, Genehmigung unter Az. 5.13-D/247  
vom 16.07.1997*
- Kartengestaltung:** *UMEG GmbH*
- Druckdatum** *Dezember 1998*
- Druck** *Kraft Druck und Verlag GmbH, Eitlingen*
- gedruckt auf** *Recyclingpapier aus 100 % Altpapieranteilen, 80 g/m<sup>2</sup>  
Umschlagkarton aus 100 % Altpapieranteilen, 250 g/m<sup>2</sup>*
- Bezug** *Verlagsauslieferung der LfU  
bei der JVA Mannheim – Druckerei  
Herzogenriedstrasse 111  
68 169 Mannheim  
Fax: 0621/398-222*
- Preis** *18,- DM*
- Nachdruck - auch auszugsweise - nur unter Quellenangabe  
und Überlassung von Belegexemplaren gestattet*

# VORWORT

Der Boden ist eine elementare Grundlage unserer Existenz. Zugleich wird das Vorhandensein und eine hohe Qualität dieses Umweltmediums als selbstverständlich empfunden und von einem Großteil der Bevölkerung kaum bewußt wahrgenommen. Erst wenn Böden nicht mehr wie gewohnt "funktionieren" und es zu einer Verschlechterung einzelner Eigenschaften kommt, finden sie Beachtung. Mit der Verabschiedung des Bundesbodenschutzgesetzes am 17. März 1998 wurde dem Boden auch auf Bundesebene die Bedeutung beigemessen, welche die Umweltmedien Wasser und Luft schon seit geraumer Zeit haben. In Baden-Württemberg wurde freilich als erstem Bundesland schon 1991 ein Bodenschutzgesetz eingeführt.

Stoffeinträge in Böden dürfen bestimmte Grenzen der Belastbarkeit nicht überschreiten. In Anbetracht des begrenzten Reaktionsvermögens von Böden auf die Einträge und Eingriffe durch den Menschen ("Böden haben ein langes Gedächtnis") hat das Ministerium für Umwelt und Verkehr den vorliegenden Bericht in Auftrag gegeben. Er soll dazu beitragen, die Einträge von Schadstoffen in Böden aus industriellen und gewerblichen Anlagen, aus der Landwirtschaft, aus privaten Haushalten, aus dem Straßenverkehr und weiteren Quellen besser zu erkennen. Der Bericht ist somit eine Basis, um rechtzeitig Maßnahmen zur Erhaltung und

Wiederherstellung der Bodenfunktionen ergreifen zu können.

Auf der Umweltkonferenz der Vereinten Nationen in Rio de Janeiro im Jahr 1992 wurde vereinbart, gerade auch auf lokaler Ebene den Prozeß des nachhaltigen Wirtschaftens mit den Umweltgütern einzuleiten. Insbesondere bei der Diskussion von Stadtentwicklungszielen muß auf die Schonung der Ressource Boden ein besonderes Augenmerk gelegt werden. Die Daten des Bodenzustandsberichts liefern deshalb auch bei der Umsetzung der "Lokalen Agenda 21" eine wertvolle Grundlage.

Der Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg steht in einer Reihe mit den bereits vorliegenden Berichten für die Räume Karlsruhe, Kehl und Pforzheim. Ein weiterer Bericht für den Großraum Stuttgart ist in Vorbereitung. Die Erarbeitung dieses Bodenzustandsberichts war geprägt von der engagierten und fruchtbaren fachlichen Diskussion mit den Vertretern der Städte Mannheim, Heidelberg und des Rhein-Neckar-Kreises. Mein besonderer Dank gilt deshalb den beiden Kommunen und dem Landkreis für die inhaltlichen und nicht zuletzt auch finanziellen Beiträge. Ich bin mir sicher, daß die vorgelegten Daten und Hinweise wichtige Impulse für die tägliche Arbeit liefern können.



Ulrich Müller MdL  
Minister für Umwelt und Verkehr

***In urban-industriellen Siedlungsräumen*** unterliegt der Boden seit Jahrhunderten einem starken Veränderungsdruck. Die Inanspruchnahme des Bodens als Siedlungs-, Verkehrs-, und Gewerbefläche ist in Baden-Württemberg inzwischen auf etwa 12,7 % der Landesfläche angewachsen. Mit der hohen Wirtschaftsleistung und dem wachsenden Lebensstandard ist ein zunehmender Verbrauch nicht nur von Energie und Rohstoffen, sondern auch von Fläche und damit des kaum erneuerbaren Naturguts Boden verbunden.

Die Böden dienen aber auch seit langer Zeit als Senke für Schwermetalle und andere Schadstoffe. Besonders in stark industrialisierten Siedlungsräumen kam und kommt es einerseits durch Emissionen von Industrie, Gewerbe, Verkehr und Hausbrand zu großräumigen Einträgen von Problemstoffen. Andererseits spiegeln die heutigen Schadstoffgehalte im Boden der Siedlungsräume auch die vielen unterschiedlichen Arten der Bodennutzung und -bewirtschaftung wider, die oftmals auf ein und derselben Fläche im Lauf der Zeit stattfanden.

Gerade aber die wiederholte Änderung der Bodennutzung kann zur Mobilisierung und Freisetzung der darin über lange Zeit angereicherten Schadstoffe führen. Gesundheitliche Risiken können für die Bevölkerung durch den Verzehr von Kulturpflanzen

entstehen, die auf kontaminierten Böden angebaut werden. Ein weiteres Gefährdungspotential besteht insbesondere für spielende Kinder durch direkten Kontakt mit schadstoffbelasteten Böden.

Im Jahresgutachten 1996 hat der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen empfohlen, fortschreibbare, bilanzierende Bodenzustandsberichte im Hinblick auf die langfristige Erhaltung der Bodenqualität zu erstellen. Mit dem Bodenzustandsbericht für den Raum Mannheim-Heidelberg liegt nun der vierte Band einer Berichtsreihe vor, in der Daten zur aktuellen stofflichen Beschaffenheit der Böden in den großen Siedlungsräumen des Landes zusammengetragen, dokumentiert und bewertet werden. Aufgrund der vielfältigen und langfristigen Einwirkungen unterscheidet sich der Bodenzustand in den Siedlungszentren deutlich von dem ländlicher Räume, die mehr oder weniger den natürlichen Schadstoffhintergrund repräsentieren. Der Bericht leistet damit einen wichtigen Beitrag zu einem vorsorgenden Bodenschutz. Er gibt den zuständigen Behörden vor Ort die vorhandenen Erkenntnisse an die Hand, um mögliche Maßnahmen zum Schutz der Bevölkerung und des Umweltgutes ergreifen zu können. Die Bodenzustandsberichte sollen darüber hinaus den Städten und Gemeinden eine Entscheidungs- und Abwägungshilfe für künftige Planungen bieten.



Margareta Barth, Präsidentin der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg

**„Boden - elementare Lebensgrundlage für  
uns und künftige Generationen“**

Der Boden ist eine leicht zerstörbare, nicht vermehrbare und kaum erneuerbare Ressource. Wie die anderen elementaren Umweltgüter Wasser und Luft bestimmt auch der Boden unsere Lebensgrundlagen und unsere Lebensqualität. Der Schutz des Bodens sowie der sparsame und schonende Umgang mit dem Boden ist deshalb eine unserer wichtigsten Aufgaben. Dies bezieht sich nicht nur auf die Gegenwart, sondern auch auf die Zukunft, denn nur eine nachhaltige, d. h. dauerhaft umweltgerechte Entwicklung kann den Boden als Lebensgrundlage und Lebensraum für Menschen, Tiere und Pflanzen zukunftsorientiert sichern.

Seit der Konferenz für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro ist der Begriff „nachhaltige Entwicklung“ weltweit bestimmend für die Umweltdiskussion geworden. Um dies mit Leben zu erfüllen und der Bedeutung des Bodens im Rahmen einer umwelt- und gesellschaftsverträglichen Wirtschafts- und Lebensweise tatsächlich gerecht zu

werden, sind regionale und lokale Handlungsprogramme zur Erhaltung bzw. Wiederherstellung der Bodenfunktionen erforderlich. Hierzu müssen bei Stadt- und Landkreisen umfassende Kenntnisse über die Bodenqualität vorhanden sein. Dies gilt natürlich auch für den Großraum Mannheim/Heidelberg, der durch intensive Nutzung des Bodens in vielfältiger Hinsicht geprägt ist.

Dieser Bericht zum Zustand der Böden in den Stadtkreisen Mannheim und Heidelberg sowie in einem Teilbereich des Rhein-Neckar-Kreises ist eine wichtige Informations- und Arbeitsgrundlage und muß bei allen bodenbezogenen Nutzungen und flächenbezogenen Planungen Beachtung finden. Unsere intensive Mitarbeit und der Einsatz finanzieller Mittel bei der Erstellung dieses Berichtes möge dazu beitragen, die Nutzung der Böden ohne Risiko für die anderen Umweltmedien sowie für die Menschen zu ermöglichen und mit dem Boden so nachhaltig umzugehen, wie ihm dies als elementare Lebensgrundlage gebührt.



Dr. Gerhardt Widder,  
Oberbürgermeister der  
Stadt Mannheim



Beate Weber,  
Oberbürgermeisterin der  
Stadt Heidelberg



Dr. Jürgen Schütz,  
Landrat des Rhein-Neckar-  
Kreises



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>0</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Anlaß und Ziel des Bodenzustandsberichts	3
1.2	Schadstoffe in Böden	3
1.3	Beurteilungsgrundlagen	5
<b>2</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet</b>	<b>8</b>
2.1	Bodengesellschaften und typische Bodennutzungen	8
2.1.1	Oberrheinische Niederterrasse	8
2.1.2	Vorhügelland	8
2.1.3	Odenwald	9
2.2	Statistik der Bodennutzungen	9
2.3	Hydrologische Aspekte der Bodennutzung	10
2.4	Kontaminationsquellen	10
2.4.1	Immissionen	10
2.4.2	Düngemittel und Pestizide	11
2.5	In früheren Untersuchungen festgestellte, flächenhafte Bodenbelastungen	11
<b>3</b>	<b>Methodik</b>	<b>12</b>
3.1	Datenaggregation	12
3.1.1	Erhebung vorhandener Bodendaten	12
3.1.2	Ergänzende Messungen	13
3.2	Datenauswertung	13
3.2.1	Datenverarbeitung	13
3.2.2	Datengruppierung	14
3.2.3	Kartographische Darstellung	14
3.2.4	Beschreibende Statistik	15
<b>4</b>	<b>Schadstoffgehalte der Böden</b>	<b>22</b>
4.0	Boden-pH und Tongehalt	22
4.1	Arsen	23
4.2	Cadmium	32
4.3	Chrom	33
4.4	Kupfer	42
4.5	Quecksilber	43
4.6	Nickel	50
4.7	Blei	51
4.8	Thallium	58
4.9	Zink	59

4.10	Weitere Spurenelemente	68
4.11	Nitrat	69
4.12	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	70
4.13	Polychlorierte Biphenyle	76
4.14	Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane	77
4.15	Chlorpestizide	79
<b>5</b>	<b>Schlußfolgerungen</b>	<b>91</b>
5.1	Beeinträchtigung von Schutzgütern	91
5.1.1	Schutzgut Mensch	91
5.1.2	Schutzgut Pflanzen und Tiere	94
5.1.3	Schutzgut Wasser	98
5.2	Nutzungsänderungen und Verwertbarkeit von Oberbodenmaterial	100
5.3	Böden des Raums Mannheim/Heidelberg im Vergleich	102
<b>6</b>	<b>Abkürzungen</b>	<b>106</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>107</b>

## 0 ZUSAMMENFASSUNG

Im vorliegenden Bericht werden die im Großraum Mannheim-Heidelberg aus zahlreichen Einzeluntersuchungen vorhandenen Daten zu Schadstoffgehalten in Oberböden zusammengestellt, kartographisch dokumentiert und bewertet. Anhand der Daten werden Vergleiche gezogen mit anderen Siedlungsräumen des Landes sowie mit der Situation im ländlichen Raum.

Um Schadstoffgehalte im Boden zu ermitteln, die als typisch für den Erhebungsraum angesehen werden können, wurden aus dem Datenkollektiv alle Erhebungen im Umfeld bekannter Emittenten ausgeschlossen. Aus den verbleibenden Daten wurden dann die Schadstoffgehalte berechnet, die in 50 % bzw. 90 % der Oberböden des Erhebungsraums unterschritten werden (50. und 90. Perzentilwerte). Anhand der landesweiten Hintergrundwerte für Schadstoffe in Böden (ebenfalls 90. Perzentilwerte) wird der regionale Bodenzustand beurteilt.

In den Siedlungsbereichen sind die Gehalte an Cadmium, Quecksilber, Blei, Zink, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) einschließlich Benzo[a]pyren (BaP), polychlorierten Biphenylen (PCB) und polychlorierten Dibenzop-dioxinen und Dibenzofuranen (PCDD/F) gegenüber Böden des ländlichen Raums erhöht. Bei 60 bis 70% der untersuchten Oberböden wurden hier Prüfwerte bei mindestens einem Schadstoff überschritten. Über die Schadstoffgehalte und -verteilung im Unterboden und Untergrund liegen kaum Daten vor.

Bei etwa 25% der Kinderspielflächen überschreiten die Arsen-, Blei- oder BaP-Gehalte die hier gültigen Prüfwerte. Dagegen wurde der Prüfwert bei BaP für Siedlungsflächen zum Schutz von Menschen nur auf einer Fläche überschritten. In 25 bis 30% der Haus- und Kleingartenböden sind BaP- oder DDT-Gehalte

vorhanden, bei denen eine eingeschränkte Verwendung bestimmter Nahrungspflanzen nicht immer ausgeschlossen werden kann.

In den Ackerböden im Umland der Siedlungsbereiche werden kritische Werte für den Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen bei Cadmium und Zink vereinzelt überschritten. Dies ist weniger auf ballungsraumtypische Schadstoffeinträge, als auf niedrige Boden-pH-Werte zurückzuführen. Mit regelmäßigen Erhaltungskalkungen können diese Schwermetalle, insbesondere in sandigen Böden, immobilisiert werden. Böden unter Sonderkulturnutzung (z. B. Weinbau) weisen erhöhte Kupferwerte häufiger auf als Ackerböden. In drei Fällen wurde der Belastungswert bei DDT überschritten. Langjährig für Wein- und intensiven Gartenbau genutzte Böden sollten insbesondere auf Kupfer, Arsen und DDT (Pflanzenbehandlungsmittel) untersucht werden.

Forstwirtschaftlich genutzte Böden des Odenwalds können aufgrund niedriger Boden-pH-Werte Blei- und Zinkgehalte über den Prüfwerten hinsichtlich des Schutzguts „Bodensickerwasser“ aufweisen. Inwieweit dies im Zusammenhang steht mit den diffusen atmosphärischen Schadstoffeinträgen aus dem benachbarten, stark industrialisierten Ballungsraum und welche Auswirkungen sich auf das Sickerwasser, insbesondere in den Trinkwasser-einzugsgebieten, ergeben, ist nicht abschließend geklärt. Auch hier können großflächige Erhaltungskalkungen zur Immobilisierung der Schwermetalle im Boden beitragen.

Im Heidelberger Süden und bei Leimen/Nußloch wurden insbesondere bei Thallium kritische Werte für den Anbau von Nahrungs- bzw. Futterpflanzen häufig überschritten. Anbaubeschränkungen wurden

hier deshalb seit längerem erlassen. Auch außerhalb der Bereiche mit Anbaubeschränkungen ist vereinzelt mit erhöhten Thalliumgehalten im Boden zu rechnen. Vor allem Kohlarten und Raps können Thallium aus dem Boden anreichern.

Eine Bodenbelastung durch PAK in der Umgebung eines ehemaligen Gaswerks liegt im Norden von Mannheim vor. Frühere Industrie-Emissionen sind auch die Ursache für lokal erhöhte PCDD/F-Gehalte.

Der Schadstoffeintrag in die Oberböden ist in dem Erhebungsraum (wie in anderen Landesteilen) einerseits auf großräumige Immissionen durch Industrie, Gewerbe, Verkehr und Hausbrand zurückzuführen. Andererseits spiegeln die heutigen Schadstoffgehalte die zahlreichen unterschiedlichen Arten der Bodennutzung und -bewirtschaftung wider, die auf den Flächen im Lauf der Zeit stattfanden. Insoweit stellen die Schadstoffgehalte der Böden in Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten ein kleinräumiges Mosaik dar, das in der Regel - je nach Betrachtungsmaßstab - durch punktuelle Belastungen zustande kommt.

Bei der Darstellung und Auswertung der Ergebnisse muß berücksichtigt werden, daß sich die Bodennutzung an den vor längerer Zeit untersuchten Standorten geändert haben oder der Boden zwischenzeitlich überdeckt bzw. umgelagert worden sein kann. Bodenproben wurden früher z. T. nach anderen Verfahren als heute beprobt und untersucht. Ergebnisse älterer Untersuchungen müssen im Zweifelsfall nach den jetzigen Beprobungs- und Untersuchungsstandards überprüft werden. Es ist deshalb davon auszugehen, daß sich die hier als „typisch“ ermittelten Schadstoffgehalte im Boden aufgrund künftiger Untersuchungen noch verändern

werden, insbesondere bei Schadstoffen, für die bisher weniger als ca. 100 Einzeldaten vorliegen.

In Fällen bekannter Bodenbelastungen haben die Bodenschutzbehörden der Städte Mannheim, Heidelberg bzw. des Rhein-Neckar-Kreises, soweit notwendig in Abstimmung mit den Gesundheitsbehörden, weitere Maßnahmen veranlaßt (nähere Erkundung, Sicherung, eingeschränkte Bodenbewirtschaftung). Ausgehend von der vorliegenden Untersuchung erscheinen weitere Untersuchungen langjährig als Kinderspielflächen genutzter Böden auf Arsen-, Blei- und BaP sowie von Haus- und Kleingartenböden auf BaP und DDT empfehlenswert.

In den Böden des Großraums Mannheim-Heidelberg liegen die Gehalte der für die Quellengruppen Hausbrand, Gewerbe und Verkehr typischen Schadstoffe Cadmium, Blei, Zink, PAK und PCDD/F in einer ähnlichen Größenordnung, wie sie in anderen Siedlungsräumen des Landes mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten bekannt geworden sind. Bedingt durch die Persistenz der Schadstoffe im Boden ist auch bei rückläufigen Emissionen nicht mit einer kurzfristigen Änderung der jetzigen Situation zu rechnen. Eine weitere Reduzierung des Schadstoffausstoßes und der Schadstofffreisetzung ist deshalb anzustreben.

# 1 EINLEITUNG

Im Siedlungsraum Mannheim/Heidelberg kam es bedingt durch die teils hohe Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsdichte in den zurückliegenden Jahrzehnten großräumig zu diffusen Schadstoffeinträgen in die Böden. Schwermetalle und persistente organische Schadstoffe (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, polychlorierte Biphenyle, polychlorierte Dibenzop-dioxine und Dibenzofurane, Pestizide) reicherten sich dabei in den Böden an, da diese Stoffe kaum abgebaut oder verlagert werden. Die aktuellen Schadstoffgehalte sind daher ein Spiegel der Bodenentwicklung sowie der Siedlungs- und Industriegeschichte.

Ziel des Bodenschutzes ist die Beschränkung dieser Schadstoffeinträge auf das nach den Umständen vermeidbare Maß und die Sicherung der nachhaltigen Nutzbarkeit der Böden.

## 1.1 Anlaß und Ziel des Bodenzustandsberichts

Der Bodenzustandsbericht wurde vom MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG über die LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ in Auftrag gegeben. Der Untersuchungsumfang wurde im Auftrag der STADT MANNHEIM, der STADT HEIDELBERG und des RHEIN-NECKAR-KREISES erweitert.

Der Bericht dokumentiert die Schadstoffgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg. Datengrundlage für diesen Bericht sind die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen sowie ergänzender Messungen aus den Jahren 1996/97.

Der Bodenzustandsbericht leistet einen Beitrag zum vorsorgenden Bodenschutz und zeigt Problem-schwerpunkte auf. Er soll als Planungshilfe für künftige Schadstoffuntersuchungen genutzt werden

und der Information der Öffentlichkeit dienen. Der Bericht soll außerdem dazu beitragen, unter dem Blickwinkel der regionalen Verteilung der Schadstoffe, angemessene Schutz-, Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen für den Einzelfall festlegen zu können.

Eine Fortschreibung des Bodenzustandsberichts kann künftig erforderlich werden, wenn der Bestand an Bodenuntersuchungen ein dichteres Abbild der flächenhaften Bodenbeschaffenheit ermöglicht.

Bodenbelastungen, die von Bodenversiegelungen oder -verdichtungen oder dem Abtrag von Böden ausgehen, sind nicht Gegenstand dieses Berichts.

Die bisherigen Bodenzustandsberichte wurden in folgenden Heften veröffentlicht: Karlsruhe [UM-14-95], Pforzheim [UM-15-95], Kehl [UM-16-95]. Ein Bodenzustandsbericht für den Großraum Stuttgart ist in Vorbereitung.

## 1.2 Schadstoffe in Böden

Schwefeldioxid- ( $\text{SO}_2$ ) und Stickoxid-Immissionen ( $\text{NO}_x$ ) beschleunigen die natürliche **Bodenversauerung**. 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.

**Schwermetalle** und Halbmetalle sind in geringen Konzentrationen 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 schließlich

auf Böden. Während Cadmium, Blei und Thallium über den Pflanzenpfad primär für Menschen und Tiere bedenklich sind, sind Kupfer, Nickel und Zink schädlich für die Pflanzengesundheit. Arsen und Blei stehen bei der Betrachtung der oralen Bodenaufnahme durch spielende Kinder im Vordergrund. Für die Beurteilung des Schwermetall-Transfers werden neben den Gesamtgehalten auch die mobilen Anteile herangezogen.

**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.

**Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe** (PAK) bestehen aus zwei oder mehr kondensierten Ringen. PAK entstehen bei unvollständigen Verbrennungsprozessen (z. B. Holzkohle). Sie gehören zu den weit verbreiteten Schadstoffen. Die Löslichkeit und Verlagerbarkeit von PAK in Böden ist gering, kann jedoch z. B. 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.

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

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

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. Die Gehalte an PCDD/F werden in internationalen Toxizitätsäquivalenten (I-TEq) angegeben.

Chlorierte Kohlenwasserstoffe wurden als besonders wirksame **Pestizide** in der Landwirtschaft und im Gartenbau eingesetzt. Die meisten Organochlorpestizide sind mittlerweile in Deutschland verboten (Hexachlorbenzol HCB 1977, Alpha-HCH 1980, Beta-HCH 1980, Aldrin 1981, Heptachlor 1986, Dieldrin 1971, Chlordan 1971, DDT 1972), werden jedoch im Ausland vereinzelt noch angewendet. Bedingt durch die geringe Löslichkeit, Flüchtigkeit, biol. Abbaubarkeit und Mobilität der chlorierten Pestizide haben sie sich im Laufe der Zeit im Boden angereichert. Wegen ihrer hohen Persistenz und ihrer lipophilen Eigenschaften, sind diese Pestizide zudem weltweit in Vögeln, Fischen und Säugetieren zu finden.

### 1.3 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung der Funktionserfüllung von Böden werden Hintergrundwerte und schutzgutbezogene Prüf- und Belastungswerte der 3. und 4. Verwaltungsvorschrift (VwV) zum Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg (BodSchG) herangezogen. Nach Überschreiten eines Prüfwertes sind nach den Maßgaben der VwV einzelfallbezogene Prüfungen vorzunehmen, bei Überschreitung von Belastungswerten können je nach aktueller Bodennutzung Nutzungsbeschränkungen notwendig werden.

Die **Hintergrundwerte** in Tabelle 1.3-1 bis 1.3-3 entsprechen dem 90. Perzentil der landesweit in Böden vorhandenen Gehalte (90. P-Hintergrundwerte, vgl. PRÜER 1994). Im Kap. 5.3 dieses Berichtes sind die Schadstoffgehalte in den Böden einiger Siedlungsräume des Landes aus den bisherigen Bodenzustandsberichten zusammengestellt. Die 90. P-Hintergrundwerte können so gedeutet werden, daß die Schadstoffgehalte in der Regel, d.h. in 90% der Fälle, „bis zu“ diesen Werten reichen. Die 50. Perzentile werden im folgenden zusätzlich angegeben, um die Häufigkeitsverteilungen besser vergleichen zu können.

**Tabelle 1.3-1:** Hintergrundwerte für Schwermetallgesamtgehalte (90. Perzentile; [mg/kg]), gestuft nach Tongehaltsgruppen

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Arsen	6	15	17	17	17	17
Blei	25	35	40	50	55	55
Cadmium	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1
Chrom	20	35	50	60	75	90
Kupfer	10	20	30	35	50	60
Nickel	15	25	40	55	70	100
Quecksilber	0,05	0,1	0,1	0,1	0,12	0,2
Thallium	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Zink	35	60	75	95	110	150

**Tabelle 1.3-2:** Hintergrundwerte für mobile Schwermetalle (90. Perzentile; Auszug; [µg/kg]), gestuft nach Boden-pH

	4-4,5	5-5,5	6-6,5	7-7,5	>7,5
Arsen	50	40	40	45	50
Blei	2500	90	15	5	4
Cadmium	65	18	8	5	5
Chrom	40	13	11	15	15
Kupfer	250	250	250	300	400
Nickel	1000	450	250	200	200
Quecksilber	1	1	1	1	1
Thallium	40	18	11	13	15
Zink	4000	2000	250	150	120

**Tabelle 1.3-3:** Hintergrundwerte für organische Schadstoffe in Böden

	Mineralböden (Oberböden)	Organische Auflage
PAK-16 [mg/kg]	1	3
Benzo[a]pyren [mg/kg]	0,1	0,16
PCB28,52 [µg/kg]	1	-
PCB101 [µg/kg]	2	-
PCB138/153/180 [µg/kg]	3	-
PCB-6 [µg/kg]	13	100
PCDD/F [ng/kg] I-TEq	2	26
HCB [µg/kg]	2	7
Alpha-/Beta-HCH [µg/kg]	1	-
Gamma-HCH (Lindan)	2	-
HCH-Summe [µg/kg]	4	55
Heptachlor/Dieldrin/ Endrin/Chlordan [µg/kg]	1	-
DDT-Summe [µg/kg]	15	25

Die Prüfwerte für den Aufenthalt von Kindern auf Spielflächen (**Direktpfad Boden-Mensch**, Tabelle 1.3-4) basieren auf der Annahme, daß dort spielende Kinder durchschnittlich 0,5 g Boden / Tag aufnehmen (orale Aufnahme durch Hand-zu-Mund-Aktivität). Unbefestigte Flächen von Haus- und Kleingärten oder öffentlichen Park- und Grünanlagen, die wie Kinderspielflächen genutzt werden, werden nach Anlage 3 der 3. VwV als solche eingestuft.

Schadstoffe, die im Boden in einer mobilen Bindungsform vorliegen, können mit dem Sickerwasser verlagert werden (**Pfad Boden-Sickerwasser**, Tabelle 1.3-5). Bei Schwermetallen ist der Boden-pH von zentraler Bedeutung, bei organischen Schadstoffen begünstigen Lösungsvermittler wie z. B. lösliche Huminsäuren eine Verlagerung. Für eine sachgerechte Beurteilung einer möglichen Schadstoffverlagerung müssen im Einzelfall die Schadstoffverteilung im Profil, die Mobilisierbarkeit, die Anwesenheit von Lösungsvermittlern und die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens berücksichtigt werden.

**Tabelle: 1.3-4: Prüfwerte für Schadstoffe in Böden zum Schutz des Menschen (Direktpfad)**

	Kinderspiel- fläche	Siedlungs- fläche	Gewerbe- fläche
Arsen-ges [mg/kg]	20	30	130
Blei-ges [mg/kg]	100	500	4.000
Cadmium-ges [mg/kg]	3	15	60
Chrom-ges [mg/kg]	100	500	-
Nickel-ges [mg/kg]	100	100	300
Quecksilber-ges [mg/kg]	2	10	40
Thallium-ges [mg/kg]	1	4	15
PAK-16 [mg/kg]	5	25	100
Benzo[a]pyren [mg/kg]	0,5	2,5	10
PCB-6 [µg/kg]	600	-	-
PCDD/F [ng/kg] I-TEq*	100	1.000	10.000
Beta-HCH [µg/kg]	2.000	-	-
HCH-Summe [µg/kg]	15.000	15.000	15.000

**Tabelle 1.3-5: Prüfwerte zum Schutz von Wasser (Bodensickerwasser, Kontaktgrundwasser)**

	Sickerwasser	
	0-30cm	> 30 cm
Arsen-mob [µg/kg]	140	70
Blei-mob [µg/kg]	3.500	250
Cadmium-mob [µg/kg]	100	30
Chrom-mob [µg/kg]	130	130
Kupfer-mob [µg/kg]	1.200	450
Quecksilber-mob [µg/kg]	7	7
Nickel-mob [µg/kg]	1.200	700
Zink-mob [µg/kg]	5.000	1.500
PAK-16 [µg/kg]	5000	-
Benzo[a]pyren [µg/kg]	200	-
PCB-Isomer [µg/kg]	20	-
PCB-6 [µg/kg]	100	-
HCB, HCH-Isomer [µg/kg]	20	-
Heptachlor, Dieldrin, Endrin Chlordan [µg/kg]	20	-
DDT-Summe [µg/kg]	20	-

Mobile Schwermetalle können aus dem Boden systemisch über die Wurzel von Pflanzen aufgenommen werden oder durch anhaftende Verschmutzung in Nahrungs- und Futterpflanzen gelangen (**Pfad Boden-Pflanze/Tier**, Tabelle 1.3-6).

Bei der Beweidung wird Boden auch direkt von Tieren aufgenommen.

Die Prüfwerte und Belastungswerte für Schwermetalle basieren in der Regel auf Korrelationen, die den Zusammenhang zwischen den Schadstoffgehalten in Böden und den Gehalten in Pflanzen belegen. Die mobilen Gehalte im Boden lassen sich mit den in Pflanzen zu erwartenden Gehalten i.d.R. gut korrelieren, wenn die Pflanzen die Schwermetalle bevorzugt anreichern (z. B. Cadmium im Weizenkorn).

Organische Schadstoffe gelangen aus Böden in der Regel durch Verschmutzung von bodennah wachsenden Nahrungs- und Futterpflanzen auf bzw. in Pflanzen.

**Tabelle 1.3-6:** Prüfwerte (P) und Belastungswerte (B) zum Schutz von Pflanzen und Tieren

		Nahrungs- -pflanze	Futter- pflanze	Pflanzen- wachstum	Boden- organis
Arsen ges [mg/kg]	P	----- 20...40 (wenn pH ≥ 5) -----			
Arsen-mob [µg/kg]	P	140	140	800	-
Blei ges [mg/kg]	P	-----100 (wenn pH ≥ 5) -----			
Blei-mob [µg/kg]	P	400	400	-	-
Cadmium ges [mg/kg]	P	----- 1...1,5 (wenn pH ≥ 5) -----			
Cadmium-mob [µg/kg]	P	25	25	-	-
	B	40	40	-	-
Chrom ges [mg/kg]	P	-----100 (wenn pH ≥ 5) -----			
Chrom-mob [µg/kg]	P	-	-	60	130
Kupfer ges [mg/kg]	P	----- 60 (wenn pH ≥ 5) -----			
Kupfer-mob [µg/kg]	P	-	1.000	2.400	1.200
Quecksilber ges [mg/kg]	P	----- 1 (wenn pH ≥ 5) -----			
Quecksilber-mob [µg/kg]	P	-	-	-	7
Nickel ges [mg/kg]	P	----- 50 (wenn pH ≥ 5) -----			
Nickel-mob [µg/kg]	P	-	-	1.200	-
Thallium ges [mg/kg]	P	----- 0,5...1 (wenn pH ≥ 5) -----			
Thallium-mob [µg/kg]	P	40	40	-	-
	B	130	130	-	-
Zink ges [mg/kg]	P	----- 150...200 (wenn pH ≥ 5) -----			
Zink-mob [µg/kg]	P	-	5.000	10.000	-
PAK-16 [mg/kg]	B	10	10	-	-
Benzo[a]pyren [mg/kg]	B	1	1	-	-
PCB-Isomer [µg/kg]	B	50	50	-	-
PCDD/F [ng/kg] I-TEq	P	5	5	-	-
	B	40	40	-	-
HCB, HCH-Isomer [µg/kg]	B	50	50	-	-
Heptachlor, Dieldrin, Endrin Chlordan [µg/kg]	B	50	50	-	-
DDT-Summe [µg/kg]	B	100	100	-	-



## 2 DAS UNTERSUCHUNGSGEBIET

Das Untersuchungsgebiet ist der baden-württembergische Teil der Fläche R-Wert 3458 bis 3483 und H-Wert 5465 bis 5495 (25 mal 30 km). Neben den Städten Mannheim und Heidelberg liegen folgende Gemeinden des Rhein-Neckar-Kreises ganz oder teilweise in dem Erhebungsgebiet: Weinheim, Heddesheim, Hirschberg a.d. Bergstraße, Ladenburg, Ilvesheim, Edingen-Neckarhausen, Schriesheim, Dossenheim, Eppelheim, Plankstadt, Schwetzingen, Oftersheim, Ketsch, Hockenheim, Sandhausen und Leimen (vgl. Kartenausschnitt).

### 2.1 Bodengesellschaften und typische

#### Bodennutzungen

Die Bodengesellschaften im Großraum Mannheim/Heidelberg lassen sich nach den von SCHMITHÜSEN [1952] und KLAUSING [1967] dargestellten naturräumlichen Einheiten gliedern. Die Beschreibung der Bodentypen wurde den Bodenübersichtskarten 1:200.000, Blatt CC 7118 und CC 7110 des GEOLOGISCHEN LANDESAMTES BADEN-WÜRTTEMBERG entnommen.

#### 2.1.1 Oberrheinische Niederterrasse

Die Niederterrasse gliedert sich naturräumlich in die Neckar-Rhein-Ebene, die Oberrhein-Niederung, die Hessische Rheinebene und die Hardtebene.

Die *Neckar-Rhein-Ebene* reicht vom Austritt des Neckars aus dem Odenwald bis zum Eintritt in die Rheinaue und umfaßt damit den größten Teil des Raumes Mannheim/Heidelberg. Im Bereich des Neckarschwemmkügels werden eiszeitliche Sande und Kiese von bis zu 7 m mächtigem, kalkhaltigem Decklehm überlagert. Hier kommen humose Parabraunerden und braune Auenböden aus (schluffigem) Lehm über kalkreichem Schluff vor. In

den Rinnen ehemaliger Neckarläufe sind stark humose bis anmoorige Böden anzutreffen.

Der Neckarschwemmkegel ist durch ackerbauliche Nutzung geprägt. Die für die Rheinauen und die Auen des unteren Neckars charakteristischen Auwälder der Hart- und Weichholzaunen kommen nur noch an wenigen Stellen vor.

Die *Oberrhein-Niederung* umfaßt die Auenlandschaft des Rheins mit Aue-Naßgleyen im unmittelbaren Einflußbereich des Flusses und mit Auengleyen in seltener überschwemmten Gebieten.

Die *Hessische Rheinebene und die Hardtebene*, jeweils im Norden und Süden des Raumes gelegen, sind große mit sandreichen Hochflutsedimenten und Flugsand bedeckte Schotterflächen. Auf den Schotterflächen der Niederterrasse wechseln Sand-schichten unterschiedlicher Mächtigkeit. Hier dominieren (podsolige) Bänder(para)braunerden. Die Ebenen sind durch großflächige Waldbestockung (Kiefer mit Hainbuche, Buche, Stieleiche) gekennzeichnet. Ackerbaulich sind der Tabak- und Spargelanbau bedeutend.

#### 2.1.2 Vorhügelland

Die durch dichte Besiedlung und intensive landwirtschaftliche Nutzung charakterisierte Vorhügelzone (*Bergstraße*) markiert den Übergang von der Rheinebene zum Odenwald. Im *Vorhügelland* dominieren auf dem anstehenden Löss Parabraunerden. Die Vegetation läßt sich in eine Weinstufe (120-220 m ü. NN), die heute durch Obst- und Rebkulturen, Gemüsebau (Unterglaskulturen), Gärten und Parkanlagen geprägt wird und in eine höhere Eichenstufe einteilen, in der heute noch naturnahe Laubwälder erhalten sind.

### 2.1.3 Odenwald

#### 2.1.3.1 Grundgebirgs-Odenwald

Der *Grundgebirgs-Odenwald* (auch *Vordere Odenwald*) besteht aus einem bewaldeten, kuppigen Gebirge mit tief eingeschnittenen Tälern. Im Grundgebirgs-Odenwald kommen Braunerden aus basischem Metamorphit und teils podsolige Braunerden aus Granitschutt und Quarzporphyr-schutt vor. In den Niederungen des Grundgebirgs-Odenwaldes sind Auenböden aus grusführendem schluffigem Sand anzutreffen. Am westlichen Odenwaldrand vorkommende Pararendzina-Rigosole aus lehmigem Schluff werden als Rebland genutzt. In den Wäldern des *Grundgebirgs-Odenwalds* finden sich heute ca. 2/3 Laubwald und 1/3 Nadelwald, bestehend aus Fichte, Kiefer, Lärche und Douglasie.

#### 2.1.3.2 Sandstein-Odenwald im Bereich des Unteren und Mittleren Buntsandsteins

Der *Sandstein-Odenwald* begrenzt das Erhebungsgebiet im Osten. Hier haben sich im Unteren und Mittleren Buntsandstein zumeist podsolige Braunerden ausgebildet. Der Podsolierungsgrad der Böden auf Westhängen ist im allgemeinen stärker als auf Osthängen. Auf mit Lösslehm bedeckten Buntsandsteinhängen haben sich vereinzelt Parabraunerden ausgebildet. Der Lösslehm wirkt hier hinsichtlich seines Kalkgehaltes puffernd.

#### 2.1.3.3 Sandstein-Odenwald im Bereich des Oberen Buntsandsteins mit Übergang zum Muschelkalk-Gäu

Im Bereich des Oberen Buntsandsteins, südöstlich von Heidelberg ist der Podsolierungsgrad der Böden weniger ausgeprägt als im Bereich des Unteren und Mittleren Buntsandsteins. Auf den teils mit Löss und

**Tabelle 2.3-1: Amtliche Statistik der Bodennutzungen im Großraum Mannheim/Heidelberg**

Bodennutzungen	Stadt Mannheim	Stadt Heidelberg	Rhein-Neckar-Kreis
Bodenfläche insges. km <sup>2</sup>	145	109	1062
Siedlung und Verkehr	55%	28%	17%
Gebäude- u. Freifläche	33%	17%	10%
Erholungsfläche	6%	2%	1%
Verkehrsfläche	16%	8%	6%
Sonstige	<1%	<1%	<1%
Landwirtschaft	26%	28%	45%
Forst	12%	40%	35%
Gewässer	5%	3%	1%
Sonstige	<2%	<1%	<2%

Lösslehm bedeckten Platten im Übergangsbereich zur Lösslandschaft des Kraichgaus sind (Pseudogley) Parabraunerden und im Bereich von Röttonplatten auch (Pelosol-) Braunerden anzutreffen.

### 2.2 Statistik der Bodennutzungen

Die Tabelle 2.3.-1 gibt die anteilige Bodennutzung in den Stadt- und Landkreisen des Untersuchungsgebietes wieder (LANDES-INFORMATIONSSYSTEM BADEN-WÜRTTEMBERG 21.4.1997). Während die Gesamtfläche der Stadt Mannheim vollständig in dem Bearbeitungsgebiet liegt, wird von der Fläche der Stadt Heidelberg ca. 90% erfaßt und vom Rhein-Neckar-Kreis ca. 40%. Der Anteil an Siedlungs- und Verkehrsfläche an der Gesamtfläche ist im Stadtkreis Mannheim mit heute 55% besonders hoch, gefolgt von Heidelberg mit 28% und dem Rhein-Neckar-Kreis mit 17%. Forstflächen sind in Heidelberg mit 40% der Gesamtfläche besonders häufig. In Mannheim haben öffentliche Erholungsflächen einen Anteil von 6% an der Gesamtfläche.

### 2.3 Hydrologische Aspekte der Bodennutzung

Hohe Niederschläge begünstigen die Bodenversauerung, die bei Böden aus pufferarmen Gesteinen des Grundgebirgs- und Sandstein-Odenwaldes bis hin zur Podsolierung führen kann (Podsol: früher „Bleicherde“). Mit zunehmender Podsolierung werden Schwermetalle ausgewaschen. Gegen den Odenwald steigt die mittlere jährliche *Niederschlagsmenge* an und beträgt in Heidelberg ca. 120 mm mehr als in Mannheim (ca. 641 mm). Die Randhöhen des Odenwaldes bewirken Stauniederschläge. Auf den Höhen des Odenwaldes wird durchschnittlich 1100 mm jährlicher Niederschlag gemessen.

Liefergebiet für das *Grundwasser* im Großraum Mannheim/Heidelberg sind neben den Niederschlägen die östlich gelegenen Höhenlagen des Kraichgaus und Odenwaldes. Der Neckar und der Rhein speisen das Gebiet in Hochwasserzeiten zusätzlich mit Grundwasser. Das Wasser aus dem Buntsandsteingebiet und dem Grundgebirge im Nordosten fließt sowohl unterirdisch als auch über zahlreiche kleine Nebenflüsse in die Kiese des Rheintales. Der Rhein ist der eigentliche Vorfluter für das Grundwasser im gesamten Gebiet. Der mittlere Wasserstand des Rheins sinkt von 92 m ü. NN im Süden des Gebietes bis auf 87 m ü. NN im Norden des Gebietes.

### 2.4 Kontaminationsquellen

#### 2.4.1 Immissionen

Die industrielle Struktur im Großraum Mannheim/Heidelberg ist geprägt durch das verarbeitende Gewerbe, überwiegend aus den Bereichen Holz- und Metallbe- und -verarbeitung. Durch das Gebiet verlaufen einige stark befahrene Fernstraßen, wie

**Tabelle 2.4-1:** Mittlere Immissionen im Planquadratkilometer mit der jeweils höchsten Belastung in g/ha a [UM 1995e]

	Mannheim [g/ha a]	Heidelberg [g/ha a]	Rhein-Neckar [g/ha a]
Arsen	29	29	34
Blei	430	230	160
Cadmium	11,7	5,1	5,8
Thallium	1,5	4,0	3,7

die A5, die A6 und die A 656. Im Untersuchungsgebiet, das nahezu deckungsgleich mit dem Plangebiet des Luftreinhalteplans Großraum Mannheim/Heidelberg ist [UM 1995e], werden jährlich ca. 2.200 t Stäube emittiert. Die schadstoffhaltigen Stäube tragen unmittelbar zur Veränderung der Bodenbeschaffenheit bei. Der Großteil der Staubemissionen entsteht in den im Westen und im Süden von Mannheim gelegenen Gewerbegebieten, westlich von Ladenburg, nördlich von Weinheim sowie nördlich von Leimen. Im Großraum Mannheim/Heidelberg werden jährlich 13.000 t Schwefeldioxid, überwiegend aus Industrie und Gewerbe und 24.000 t Stickoxide je zur Hälfte aus dem Verkehr und aus Industrie und Gewerbe emittiert. Diese gasförmigen Emissionen begünstigen nach Reaktionen in der Luft über die Niederschläge die Bodenversauerung.

In Tabelle 2.4-1 sind die mittleren Immissionen im Planquadratkilometer mit der jeweils höchsten Belastung für die drei Teilgebiete Mannheim, Heidelberg und Rhein-Neckar-Kreis aufgeführt. Bei Blei sinken die Depositionsmeßwerte in der Reihenfolge Mannheim > Heidelberg > Rhein-Neckar-Kreis deutlich ab; bei Cadmium wurden ebenfalls in Mannheim erhöhte Meßwerte ermittelt. In der Umgebung des Zementwerkes Leimen wurden die

höchsten Depositionsmeßwerte für Thallium ermittelt.

Für Benzo[a]pyren existieren derzeit keine Meßdaten für die Gesamtdeposition auf Böden. Im Großraum Mannheim/Heidelberg wurde Benzo[a]pyren im Jahr 1992 jedoch im Schwebstaub ermittelt [UM 1995e].

Die höchsten Benzo[a]pyrengelalte im Schwebstaub (Mittelwerte: I1-Wert) wurden im Bereich der Friesenheimer Insel mit 3,5 ng/m<sup>3</sup>, gefolgt von 1,1 bis 1,6 ng/m<sup>3</sup> Luft an vier Stationen im Stadtgebiet Mannheim gemessen.

#### **2.4.2 Düngemittel und Pestizide**

Im Großraum Mannheim/Heidelberg ist hinsichtlich der Verwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmittel der in der Vorbergzone verbreitete Weinbau von Bedeutung. Kupferhaltige Präparate sind aus Sicht des Bodenschutzes problematische Fungizide, welche im Weinbau auch heute noch in großen Mengen eingesetzt werden.

### **2.5 In früheren Untersuchungen festgestellte, flächenhafte Bodenbelastungen**

In den vergangenen 10 Jahren wurden im Stadtgebiet Leimen und im Süden von Heidelberg, im Umfeld des Zementwerkes Leimen sowie weiter südlich, in dem Randbereich zum historischen Bergbauggebiet Nußloch/Walldorf/Wiesloch umfangreiche Bodenuntersuchungen auf Schwermetalle vorgenommen [vgl. auch LfU 1997]. Der Kernbereich des alten Bergbauggebietes im Raum Walldorf/-Wiesloch grenzt unmittelbar süd-südwestlich an das Erhebungsgebiet zum vorliegenden Bericht an.

Bodenuntersuchungen aus den Jahren 1992 bis 1995 waren Grundlage für Anbaubeschränkungen nach der 3. VwV zum BodSchG durch die STADT

HEIDELBERG [1995] und das LANDRATSAMT RHEIN-NECKAR-KREIS [1996]. Während im Raum Leimen/Heidelberg die Anbaubeschränkungen auf die Thalliumbelastungen abheben, sind es in dem Randbereich zum historischen Bergbauggebiet die Cadmium- und Thalliumbelastungen.

Im Stadtgebiet Mannheim wurden in den Jahren 1989 bis 1992 Bodenbelastungen mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen im Umfeld eines ehemaligen Gaswerks in Mannheim-Luzenberg und Bodenbelastungen mit polychlorierten Dibenzop-dioxinen und -furanen im Stadtteil Mannheim-Rheinau festgestellt.

# 3 METHODIK

## 3.1 Datenaggregation

### 3.1.1 Erhebung vorhandener Bodendaten

Die folgende Liste stellt die im Großraum Mannheim/Heidelberg durchgeführten und erfaßten Projekte mit Bodenuntersuchungen auf Schadstoffe zusammen. Die Bodenproben wurden im Zeitraum vom 1.10.1985 bis zum 14.8.1996 entnommen.

Projektbeschreibungen sind der von der LANDES-

- 2 **Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg**
- 2/1 Bodenmeßnetz
- 2/3 SM-Belastungen Zementwerk
- 2/4 Bodendauerbeobachtung II (Intensivmeßnetz)
- 2/5 Schadstoffgehalte an Straßenrändern
- 2/6 SM in Böden und Gesteinen
- 2/7 Überschwemmungsgebiete
- 2/16 PCB (Hintergrundgehalte)
- 2/18 Dioxine und Schwermetalle Friesenheimer Insel
- 2/19 Dioxine Umschmelzwerke, Müllverbrennungsanlagen, Kabelverschmelzanlagen
- 2/20 Dioxine Waldböden
- 2/21 Dioxine BMN / LFU
- 2/28 Dioxine Umfeld von Emittenten
- 2/29 Dioxine Landwirtschaft
- 2/32 SM-Raster Rhein-Neckar-Kreis
- 2/33 Dioxine Spiel- und Sportplätze
- 2/34 Grundbelastung Ballungsgebiete
- 2/35 Bodenuntersuchungen Bergbaurandbereich
- 2/37 Erhebung Belastung in Ballungsgebieten
- 2/41 Dioxine in Überschwemmungsgebieten
- 2/42 Dioxine in Umgebung von Krematorien
- 2/57 Richtwerte für mobile Spurenelemente
- 2/61 Bodenzustandsbericht Großraum Mannheim/Heidelberg
  
- 7 **Regierungspräsidium Karlsruhe**
- 7/3 Schwermetallbelastung Zementwerk
- 7/7 Schwermetallbelastung Randbereich historischer Bergbau
  
- 13 **Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz Heidelberg (heute eingegliedert)**
- 13/3 Schwermetallbelastungen Zementwerk
- 13/6 Schwermetalle in Böden

ANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ geführten Bodendatenbank zu entnehmen. In Karte 3.2-1 sind alle erfaßten Standorte mit Schadstoffuntersuchungen aufgeführt.

- 13/7 Überschwemmungsgebiete
- 13/11 Schadstoffgehalte in Unterwasserböden
- 13/35 Bodenuntersuchungen Bergbaurandbereich
  
- 40 **Stadt Heidelberg**
- 40/1 PCDD/F-Untersuchungen im Umfeld potentieller Emittenten
- 40/2 PCDD/F-Untersuchungen im Umfeld potentieller Emittenten
- 40/3 PCDD/F-Untersuchungen im Umfeld potentieller Emittenten
- 40/4 PCDD/F-Untersuchungen auf Spielplätzen
- 40/5 Dioxinuntersuchung der Böden 1993
- 40/6 PCB und Chlorpestizide in Böden des nördlichen Rhein-Neckar-Raumes [KETTERER 1991]
- 40/7 Schwermetallgehalte in Böden und Pflanzen im Heidelberger Süden [TÜV 1995, hier nicht erfaßt]
- 40/8 Altablagerung Kleingartenanlage Speyerer Straße [IBL 1997, hier nicht erfaßt]
  
- 41 **Stadt Mannheim**
- 41/1 Oberböden auf Altablagerungen
- 41/2 Umfeld ehemaliges Gaswerk Luzenberg
- 41/3 Umweltstudie Kupolofen
- 41/4 Erweiterung des Müllheizkraftwerkes Nord
- 41/5 Bodenuntersuchung Reißinsel
- 41/6 Kleingarten Friesenheimer Insel
- 41/7 Klärschlammausbringung
- 41/8 Fachgutachten Boden, Ausbau der Waldstraße
  
- 43 **Rhein-Neckar-Kreis**
- 43/3 Zementwerk (Anbauempfehlung)

### 3.1.2 Ergänzende Messungen

Im Jahr 1996 wurden ergänzende Messungen durchgeführt (Projekt 2/61). Ziel der neuen Messungen war die weitere Verdichtung des bisherigen stichprobenartigen Abbilds der Schadstoffgehalte in den Böden. 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 auf eine repräsentative Bodennutzung gelegt. Standorte, an denen bereits Kontaminationen bekannt waren (z.B. Altlasten), wurden ausgeschlossen. Karte 3.2-1 gibt die bei der Meßplanung ausgewählten Standorte wieder.

An 120 Standorten wurden Oberböden auf folgende Komponenten untersucht: As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Pt, Sb, Tl und Zn (Gesamtgehalt und mobiler Anteil), polychlorierte Biphenyle, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Chlorpestizide nach der 4. VwV.

Die Probennahme, -vorbereitung und Analyse erfolgten nach der 2., 3. und 4. VwV zum BodSchG [UM 1993a,b]. Die Probennahmetiefe betrug somit in Abhängigkeit von der Bodennutzung, der Bearbeitungstiefe und dem Bodentyp 0 bis max. 30 cm bei Äckern, 0 bis 10 cm bei Haus- und Kleingärten, 0 bis 10 cm bei Grünland, Ödland, Park- und Grünanlagen sowie Forst und 0 bis 2 cm bei Spielflächen. In Kleingärten wurden Mischproben von Gemüsebeeten aus 3 bis 4 Parzellen hergestellt.

Die Extraktionen der Spurenelemente wurde nach DIN 38414, Teil 7 (Königswasseraufschluß) und DIN

19730 (Ammoniumnitratextraktion), die Messung mittels Massenspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) und bei Hg mit Hybrid-AAS durchgeführt.

Die PAK-Extraktion wurde mit einem Aceton/Cyclohexan-Gemisch durchgeführt und die Komponenten mittels HPLC mit DAD- und FLD-Detektor gemessen. Der PCB- und Pestizid-Bestimmung war eine Soxhlet-Extraktion in Toluol vorgeschaltet. Zur Analyse wurde ein GC mit ECD-Detektor eingesetzt.

## 3.2 Datenauswertung

### 3.2.1 Datenverarbeitung

Aus den vorhandenen Analysendaten wurden für die statistische Auswertung folgende Daten herangezogen: Projekt-Nr., Standort-Nr., Rechts- und Hochwert, Nutzung, Gemarkungs-Nr., Bodenabteilung. Darüberhinaus wurden folgende Datenverarbeitungen durchgeführt: Ausgliederung aller Auflagen und Unterbodenschichten und Abschätzung fehlender Tongehaltsgruppen soweit möglich aus der Bodenart oder der Fraktion < 2 µm. Für die kartographische Darstellung wurden Meßdaten mit Nachweisgrenzen oberhalb der Hintergrundwerte eliminiert und Nachweisgrenzen mit halben Nachweisgrenzen ersetzt.

Für die statistische Auswertung der Daten wurden die Projekte in folgende Gruppen eingeteilt:

- Untersuchungen am Zementwerk Leimen (Projekte 2/3, 7/3, 13/3 und 43/3; ZEMENTWERKKOLLEKTIV)
- Untersuchungen im Randbereich des ehemaligen Bergbaugebiets Nußloch/Wiesloch (Projekte 2/6, 2/35, 13/6; Datenkollektiv BERGBAURANDBEREICH)

- Untersuchungen an Standorten mit bekannter Belastung (Projekte 2/7, 2/28, 2/57 und 41/2).
- Sonstige Untersuchungen (HINTERGRUNDDATENKOLLEKTIV)

### 3.2.2 Datengruppierung

Eine Bezugsgröße für die Beurteilung der Schadstoffverteilung ist die Bodennutzung nach Tabelle 3.2-1. Die Bodennutzung ist für die Beurteilung aktueller Beeinträchtigungen von Schutzgütern maßgeblich.

Desweiteren werden für statistische Zwecke die Nutzungsarten gemäß Tabelle 3.2-1 nach Nutzungen im Außenbereich und Nutzungen im Siedlungsbereich differenziert (vgl. auch Bodenzustandberichte Karlsruhe und Pforzheim). Im Regelfall entspricht die Zuordnung der für raumplanerische Aspekte gültigen Einteilung.

Für die Beurteilung der anorganischen Schadstoffe werden die Böden zudem nach Tongehaltsgruppen (für den Gesamtgehalt) oder dem pH-Wert (für die mobilen Anteile) differenziert.

Die Anzahl ausgewerteter Meßdaten kann den Ergebnistabellen in Kapitel 4 entnommen werden. Bei den Angaben ist zu beachten, daß die Summe der Meßdaten von Teilkollektiven nicht mit der Summe der Meßdaten des Gesamtkollektivs übereinstimmt, wenn der zur Gruppierung erforderliche Parameter (z. B. Tongehaltsgruppe) nicht für alle Proben vorhanden ist.

### 3.2.3 Kartographische Darstellung

In den Karten sind unabhängig von der Klassifizierung nach Hintergrund- oder anderen Datenkollektiven alle erhobenen Daten dargestellt.

**Tabelle 3.2-1: Kategorien für Bodennutzungen**

Kategorie	Nutzung (Schlüssel nach 2. VwV)
<b>Außenbereich</b>	
Ackerbau	Acker (10)
Grünland	Grünland (20), Weide (21), Mähweide (22), Wiese (23), Streuwiese (24), Hutung (41)
Sonderkulturen	Sonderkulturanbau (60), Baumschulen (61), Hopfen (62), Weinbau (63), Spargel (64), Gemüsebau (65), Obstbau (66), Zierpflanzenbau (67)
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)
<b>Siedlungsbereich</b>	
Haus- u. Kleingärten	Hausgärten/Kleingärten (150), Rasen (151), Ziergarten (152), Gemüsebeete (153), Dauerkulturen (154)
Park- und 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)

Die Schadstoffgehalte werden in den Karten in den Farben grün, gelb oder rot abgebildet. Die Farbgebung orientiert sich an den bestehenden Hintergrund- und Prüfwerten, wobei der Übergang zwischen gelb und rot in jedem Fall die Überschreitung eines Prüfwertes markiert. Die jeweilige Nutzung ist in Karte 3.2-2 als Symbol dargestellt. Der anhand der aktuellen Nutzung der Standorte zutreffende Prüfwert kann den Tabellen 1.3-4 bis 1.3-6 entnommen werden.

Für die Darstellung der Meßdaten in den Karten wurden folgende Parameter gewählt. Der Kartenmaßstab beträgt 1:100.000 (1 mm auf der Karte entspr. 100 m). Die Farbgebung in einem Durchmesser von 0,8 mm (innerer Kreis, ca. 0,5 ha im Gelände) um den Meßpunkt richtet sich nach dem Schadstoffgehalt am Standort. Die Farbgebung in einem Durchmesser von 2 mm (äußerer Kreis, ca. 3 ha) um den Meßpunkt, wird mit den Ergebnissen benachbarter Meßpunkte linear interpoliert, wenn sich die äußeren Kreise benachbarter Standorte überschneiden. Liegt ein Nachbarmesspunkt mehr als 2 mm (200 m) entfernt, ist die Farbgebung des inneren Kreises und des äußeren Kreises identisch und es erfolgt keine Verschneidung bzw. Interpolation.

### 3.2.4 Beschreibende Statistik

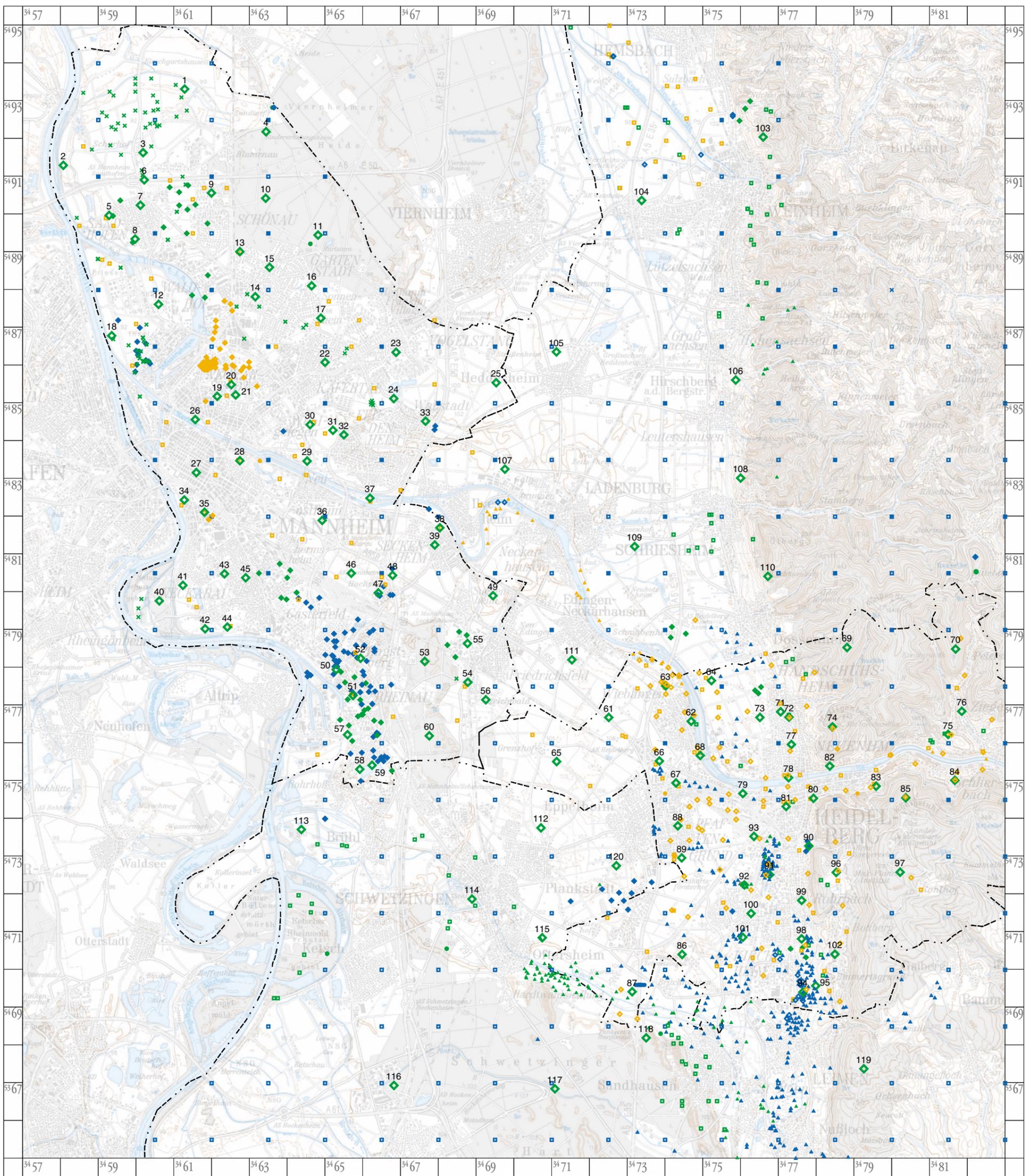
Die Stichproben werden durch das 50. und das 90. Perzentil charakterisiert (50.P bzw. 90. P). Die Perzentile sind nach folgender linearer Interpolation berechnet:

$$p. \text{ Perzentil} = (1-f) x_k + f x_{k+1} \text{ und} \\ v = np/100 + 0,5$$

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

Die ermittelten Perzentile können von den tatsächlichen Perzentilen der Grundgesamtheit ("wahre Hintergrundgehalte") abweichen. Die Zuverlässigkeit der Perzentilwerte hängt von der Repräsentativität der untersuchten Standorte (Meßplanung) und dem Stichprobenumfang ab. Das 50.P ist gegen Ausreißer unempfindlich und zur Charakterisierung kleiner Teilstichproben besser geeignet als das 90. P. Der Maximalwert hat nach der linearen Inter-

polation ab einem Stichprobenumfang von  $n \geq 15$  keinen Einfluß auf das 90. P, ab  $n \geq 26$  haben die zwei höchsten Meßwerte keinen Einfluß. Die 90. Perzentile werden als „Gehalte bis zu“ bezeichnet.

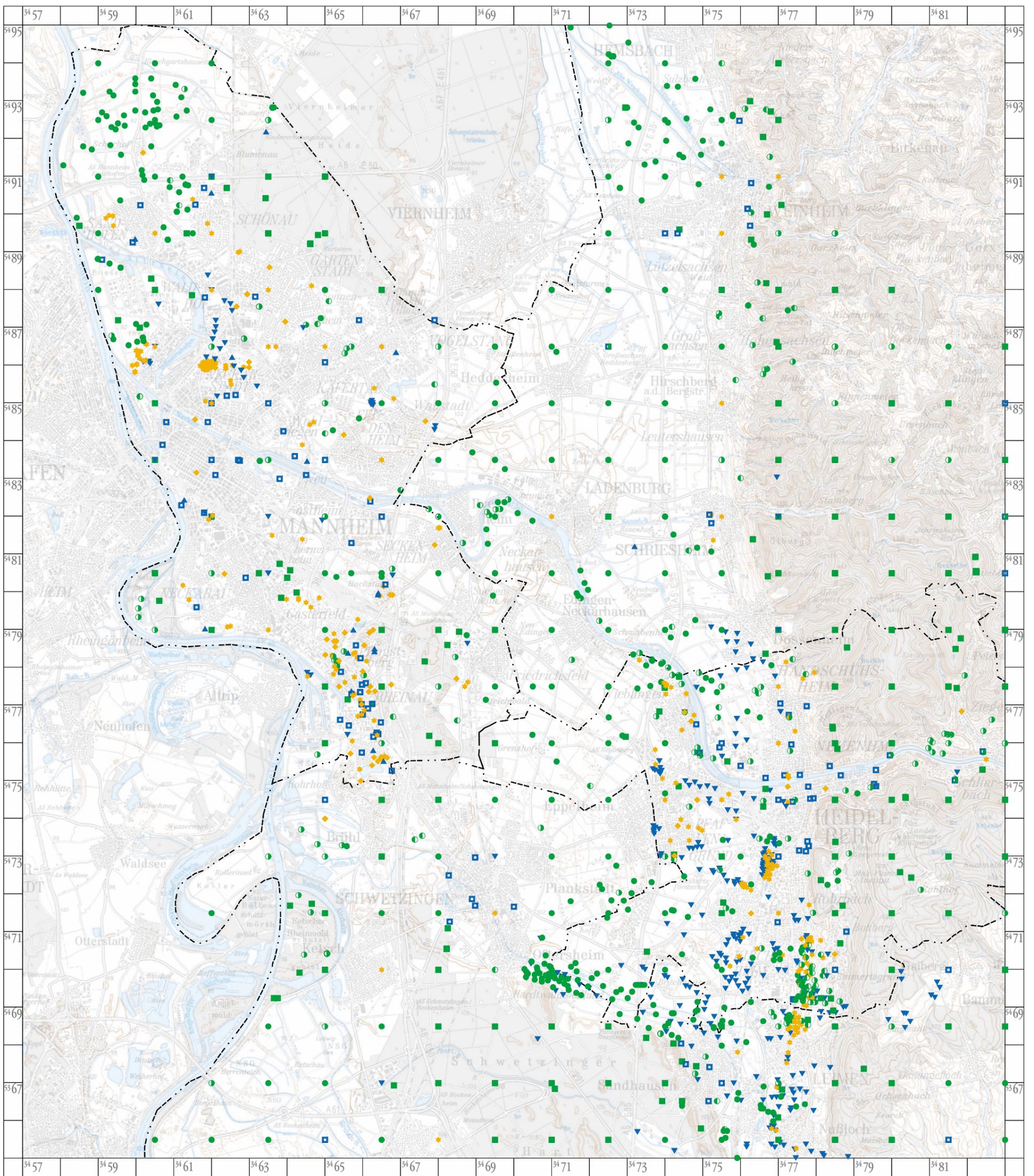


**Projektbezeichnung**

- ▲ Zementwerkkollektiv 2/3, 7/3, 13/3, 43/3
- ▲ Bergbaukollektiv 2/6, 2/35, 7/7, 13/6, 13/35
- ▲ Überschwemmungsgebiete 2/7, 13/7
- ◆ Dioxinerhebungen 2/18, 2/19, 2/20, 2/21, 2/29, 2/33, 2/41, 2/42
- ◆ Dioxine im Emittentenumfeld 2/28
- ◆ Umfeld ehem. Gaswerk Luzenberg 41/2
- Schadstoffgehalte an Straßenrändern 2/5
- Bodenmeßnetz 2/1 bis 2/4
- Hintergrundgehalte PCB 2/16
- SM-Raster Rhein-Neckar 2/32
- Grundbelastung Ballungsgebiete 2/34
- Erhebung in Ballungsgebieten 2/37
- ◆ Richtwerte für mobile Spurenelemente 2/57
- ◆ Bodenzustandsbericht Mannheim/Heidelberg 2/61 (Standortnummern oberhalb)
- ◆ Dioxinuntersuchungen Stadt Heidelberg 40/1 bis 40/5
- × PCB und Chlorpestizide im Rhein-Neckar-Raum 40/6
- × Erhebungen Stadt Mannheim 41/1 bis 41/8



**Karte 3.2-1:** Kennzeichnung der Probennahmestandorte nach Projekten im Zeitraum 1985-1997 im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Nutzungsarten**

**Außenbereich**

- Ackerbau
- Grünland
- Sonderkultur
- Forst o.ä. Ökosystem

**Siedlungsbereich**

- Park- oder Grünanlage
- ▼ Gewerbe oder Verkehr
- ▲ Sport- o. Freizeitanlage
- ★ Haus- oder Kleingarten
- ◆ Kinderspielplatz



**Karte 3.2-2:** Kennzeichnung der Probennahmestandorte nach der Bodennutzung im Großraum Mannheim/Heidelberg

**Tabelle 3.2-2a:** Anzahl untersuchter Schadstoffe in Oberböden, getrennt nach Projekten und Teilkollektiven (Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Nickel)

	As <sub>ges</sub>	As <sub>mob</sub>	Cd <sub>ges</sub>	Cd <sub>mob</sub>	Cr <sub>ges</sub>	Cr <sub>mob</sub>	Cu <sub>ges</sub>	Cu <sub>mob</sub>	Hg <sub>ges</sub>	Hg <sub>mob</sub>	Ni <sub>ges</sub>	Ni <sub>mob</sub>
<b>Gesamtkol.</b>	646	321	1283	415	952	272	944	282	1155	269	953	282
<b>Hintergrundkollektiv</b>	269	229	759	229	770	229	761	229	758	226	770	229
Prj. 2/1	13	13	59	13	59	13	59	13	57	13	59	13
Prj. 2/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/18	-	-	2	-	7	-	7	-	7	-	7	-
Prj. 2/19	13	-	13	-	13	-	13	-	13	-	13	-
Prj. 2/20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/32	-	-	266	-	266	-	266	-	266	-	266	-
Prj. 2/33	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-	4	-
Prj. 2/34	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93
Prj. 2/35	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Prj. 2/37	-	-	123	-	141	-	123	-	141	-	141	-
Prj. 2/41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/42	-	-	4	-	-	-	-	-	4	-	-	-
Prj. 2/61	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Prj. 40/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 40/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 40/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 40/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 40/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 40/6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 41/1	5	-	5	-	5	-	6	-	5	-	5	-
Prj. 41/3	10	-	10	-	10	-	10	-	-	-	10	-
Prj. 41/4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	3	3
Prj. 41/5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 41/6	-	-	15	-	7	-	15	-	7	-	7	-
Prj. 41/7	-	-	37	-	37	-	37	-	37	-	37	-
Prj. 41/8	4	-	4	-	4	-	4	-	-	-	4	-
<b>Zementwerkkollektiv</b>	301	35	334	55	-	-	-	-	246	-	-	-
Prj. 2/3	246	-	279	-	-	-	-	-	246	-	-	-
Prj. 7/3	20	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/3	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 43/3	20	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bergbaurandbereich</b>	51	30	105	94	98	16	98	16	98	16	98	16
Prj. 2/6	17	7	71	71	71	-	71	-	71	-	71	-
Prj. 2/35	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	-
Prj. 7/7	7	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/6	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Prj. 13/35	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-	10	-
<b>Sonstige Kollektive</b>												
Prj. 2/5	-	-	10	10	10	-	10	10	-	-	10	10
Prj. 2/7	-	-	23	-	23	-	23	-	23	-	23	-
Prj. 2/28	11	-	28	-	27	-	28	-	28	-	28	-
Prj. 2/57	12	27	22	27	22	27	22	27	-	27	22	27
Prj. 13/7	3	-	3	-	3	-	3	-	3	-	3	-
Prj. 41/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 3.2-2b:** Anzahl untersuchter Schadstoffe in Oberböden, getrennt nach Projekten und Teilkollektiven (Blei, Thallium, Zink, Benzo[a]pyren, PAK, PCB, PCDD/F, DDT, HCH und HCB)

	Pb <sub>ges</sub>	Pb <sub>mob</sub>	Tl <sub>ges</sub>	Tl <sub>mob</sub>	Zn <sub>ges</sub>	Zn <sub>mob</sub>	BaP	PAK <sub>16</sub>	PCB <sub>6</sub>	PCDD/F	DDT	HCH	HCB
<b>Gesamtkol.</b>	1277	297	734	328	1248	297	250	250	279	294	209	209	232
<b>Hintergrundkollektiv</b>	765	229	333	216	778	229	132	132	279	235	209	209	232
Prj. 2/1	59	13	46	-	58	13	-	-	-	-	-	-	19
Prj. 2/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/16	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
Prj. 2/18	7	-	-	-	7	-	-	-	-	15	-	-	-
Prj. 2/19	13	-	-	-	13	-	-	-	-	41	-	-	-
Prj. 2/20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Prj. 2/21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Prj. 2/29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
Prj. 2/32	266	-	-	-	266	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/33	4	-	-	-	4	-	-	-	-	40	-	-	-
Prj. 2/34	93	93	93	93	93	93	-	-	63	-	-	-	-
Prj. 2/35	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/37	123	-	60	-	141	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Prj. 2/42	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-
Prj. 2/61	120	120	120	120	120	120	120	120	120	-	120	120	120
Prj. 40/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
Prj. 40/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
Prj. 40/3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-
Prj. 40/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-
Prj. 40/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	-	-	-
Prj. 40/6	-	-	-	-	-	-	-	-	89	-	89	89	89
Prj. 41/1	6	-	-	-	6	-	5	5	-	-	-	-	-
Prj. 41/3	10	-	10	-	10	-	-	-	-	6	-	-	-
Prj. 41/4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	-	-	-
Prj. 41/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 41/6	15	-	-	-	15	-	-	-	-	13	-	-	-
Prj. 41/7	37	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 41/8	4	-	-	-	4	-	4	4	-	-	-	-	-
<b>Zementwerkkollektiv</b>	301	15	334	55	280	15	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/3	246	-	279	-	245	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 7/3	20	-	20	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/3	15	15	15	15	15	15	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 43/3	20	-	20	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Bergbaurandbereich</b>	105	16	51	30	105	16	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/6	71	-	17	7	71	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/35	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 7/7	7	-	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/6	16	16	16	16	16	16	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/35	10	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Sonstige Kollektive</b>													
Prj. 2/5	10	10	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/7	23	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 2/28	28	-	17	-	28	-	-	-	-	59	-	-	-
Prj. 2/57	22	27	-	27	22	27	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 13/7	3	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Prj. 41/2	21	-	-	-	-	-	118	118	-	-	-	-	-

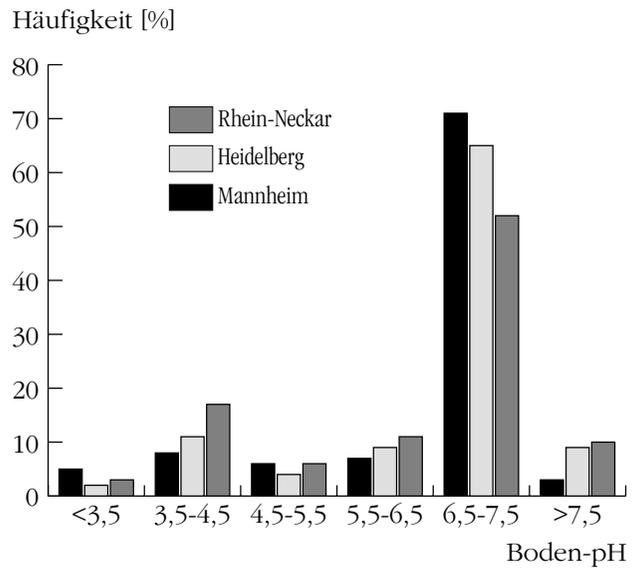
# 4 SCHADSTOFFGEHALTE DER BÖDEN

## 4.0 Boden-pH und Tongehalt

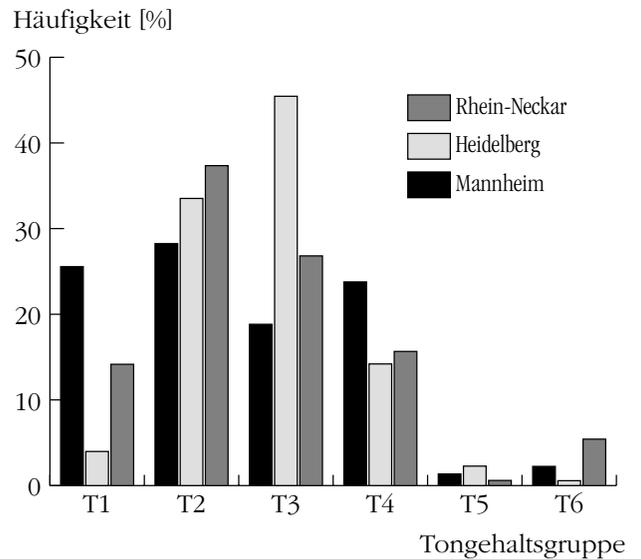
Für die Beurteilung von anorganischen Schadstoffen im Boden nach der 3. VwV BodSchG sind der Boden-pH und der Tongehalt wesentliche Grundparameter.

Die Karten 4.0-1 und 4.0-2 stellen die räumliche Verteilung der Boden-pH- und Tongehaltsklassen dar, die Abbildungen 4.0-1 und 4.0-2 deren relative Häufigkeit innerhalb des Erhebungsgebietes.

Im Großraum Mannheim/Heidelberg dominieren pH-neutrale Böden mit pH-Werten oberhalb 6,5 und die Tongehaltsgruppen T2 und T3. In Mannheim sind stark saure Böden mit pH < 3,5 (5%) und Sandböden der Tongehaltsgruppe T1 (26%) häufiger als im Raum Heidelberg/Rhein-Neckar vorhanden. Saure, sandige Substrate sind meist in den Dünen- und Flugsanden der *Hardtebene* und in den Hanglagen des *Sandstein-Odenwaldes* unter Forstnutzung vorhanden.



**Abbildung 4.0-1:** Häufigkeitsverteilung des Boden-pH in Böden des Raumes Mannheim/Heidelberg



**Abbildung 4.0-2:** Häufigkeitsverteilung der Tongehaltsgruppen in Böden des Raumes Mannheim/Heidelberg

#### 4.1 Arsen

Die Arsengesamtgehalte liegen im Außenbereich Mannheim mit bis zu 12 mg/kg deutlich unter den Gehalten in den Räumen Heidelberg und Rhein-Neckar (90. Perzentil-Werte, Tabelle 4.1-1). Erhöhte Gehalte treten insbesondere im Heidelberger Süden, im Raum Leimen/Nußloch sowie in der Leimbachau von Nußloch bis hin zur Gemarkung Mannheim auf (Karten 4.1-1 und 4.1-2).

Nördlich von Leimen, im Einflußbereich des Zementwerkes, erreichen die Arsengesamtgehalte bis zu 49 mg/kg und im Einflußbereich des historischen Bergbaus bei Nußloch bis zu 74 mg/kg (siehe sonstige Datenkollektive, Tabelle 4.1-1).

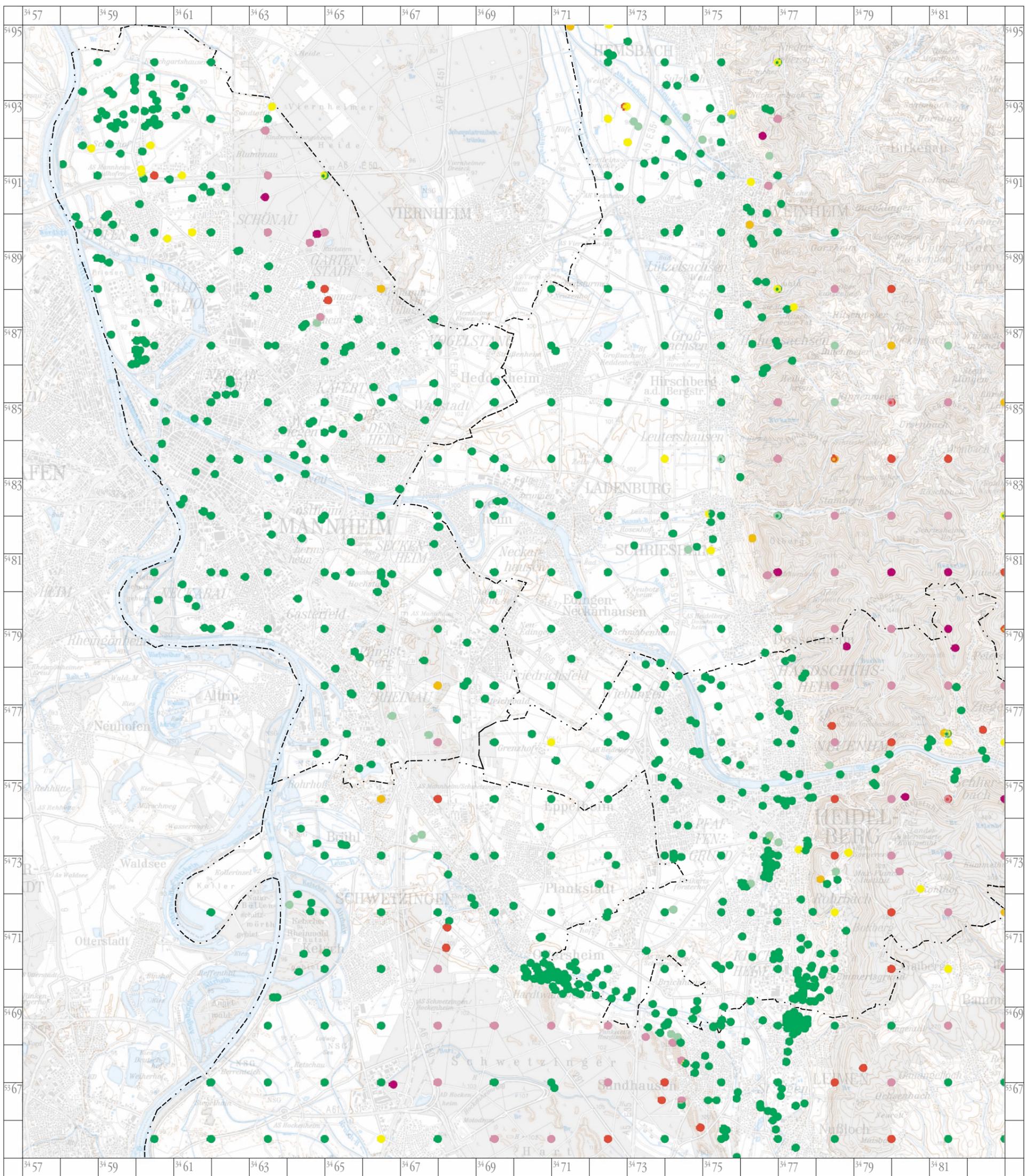
Der Tongehalt der Böden weist keinen deutlichen Einfluß auf die Arsengesamtgehalte auf.

Die Gehalte an mobilem Arsen steigen sowohl mit sinkendem als auch mit steigendem pH an. Mobiles Arsen oberhalb 100 µg/kg ist nur bei Böden mit pH > 7,5, in Böden unter Sonderkulturen bzw. in Böden im Raum Leimen/Nußloch anzutreffen.

Im Raum Leimen/Nußloch und in der Leimbachau ist mit Prüfwertüberschreitungen für Arsen zu rechnen (vgl. Kapitel 5.1).

**Tabelle 4.1-1:** Statistische Kenndaten der Arsengehalte der Böden des Großraumes Mannheim/-Heidelberg

	As <sub>ges</sub> [mg/kg]			As <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek.</b>	269	10	20	229	24	80
<b>nach Siedlungsstruktur</b>						
Außenbereich	141	10	22	131	17	71
Mannheim	34	7	12	25	7	34
Heidelberg	29	14	24	29	30	87
Rhein-Neckar	78	9	32	77	17	68
Siedlungsbereich	128	10	19	98	33	91
Mannheim	75	9	19	46	34	97
Heidelberg	31	13	19	31	36	70
Rhein-Neckar	22	8	21	21	18	61
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	44	10	17	45	8	29
Grünland	40	10	24	29	26	47
Sonderkultur	18	12	37	18	37	185
Haus- u. Kleingärten	31	11	21	20	49	96
Forst u.ä. Ökosyst.	39	7	19	39	19	80
Park- u. Grünanl.	35	9	17	35	19	58
Gewerbe u. Verkehr	24	11	33	15	45	95
Sport u. Freizeit	13	9	16	9	27	34
Kinderspielplatz	25	9	19	19	42	98
<b>nach Tongehaltsgruppe</b>						
T1 (< 8% Ton)	29	6	19	-	-	-
T2 (- 17%)	81	10	30	-	-	-
T3 (-27%)	60	12	22	-	-	-
T4 (-45%)	42	11	19	-	-	-
T5 (-65%)	9	15	22	-	-	-
T6 (>65%)	-	-	-	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	31	72
3,5 - 4,5	-	-	-	17	23	67
4,5 - 5,5	-	-	-	17	9	26
5,5 - 6,5	-	-	-	25	12	21
6,5 - 7,5	-	-	-	149	30	91
> 7,5	-	-	-	8	24	118
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Zementwerk	301	14	49	35	98	153
Bergbaurandbereich	51	14	74	30	22	120

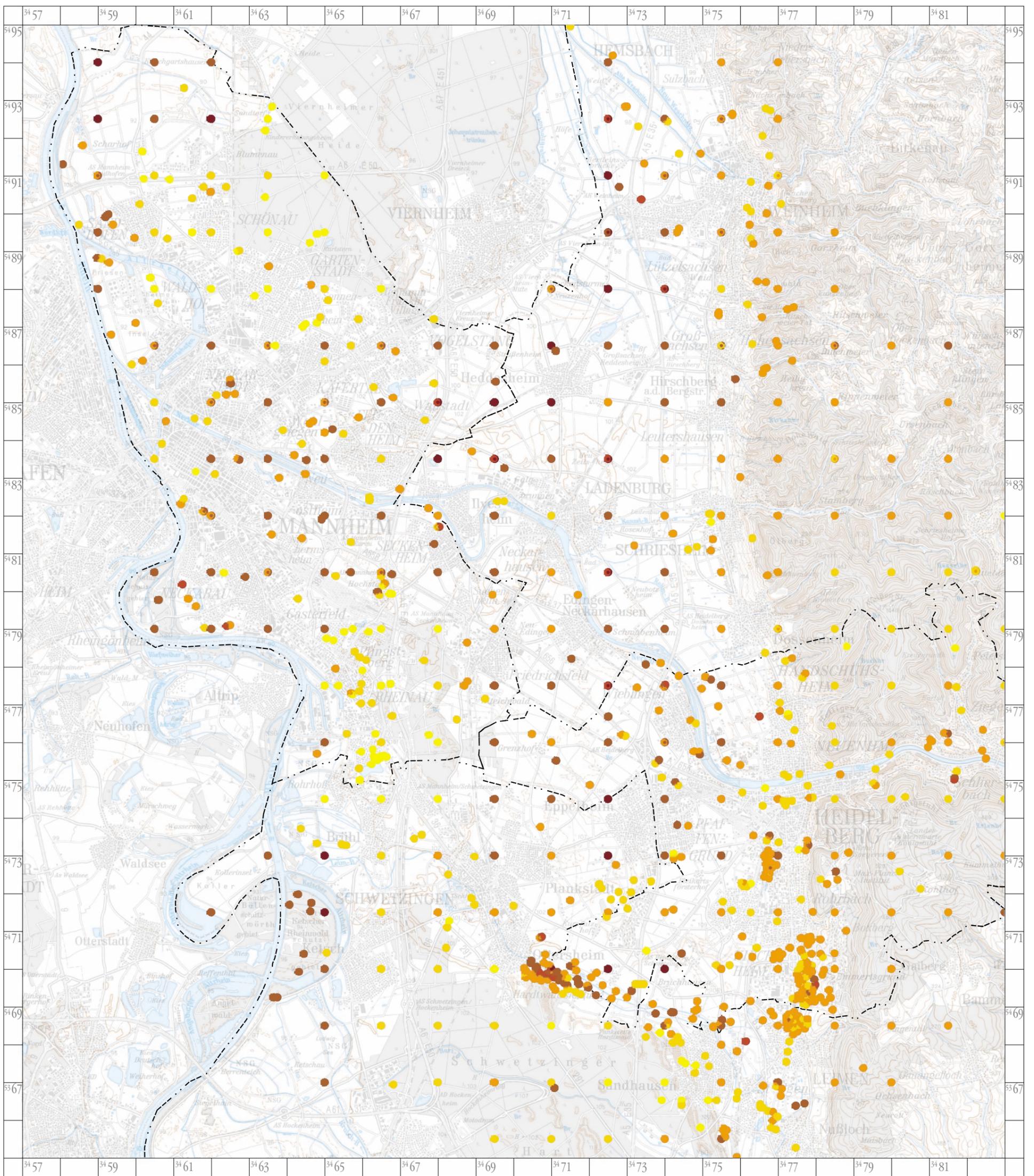


**pH-Wert (CaCl<sub>2</sub>)**



**Karte 4.0-1:** Bodenacidität im Großraum Mannheim/Heidelberg



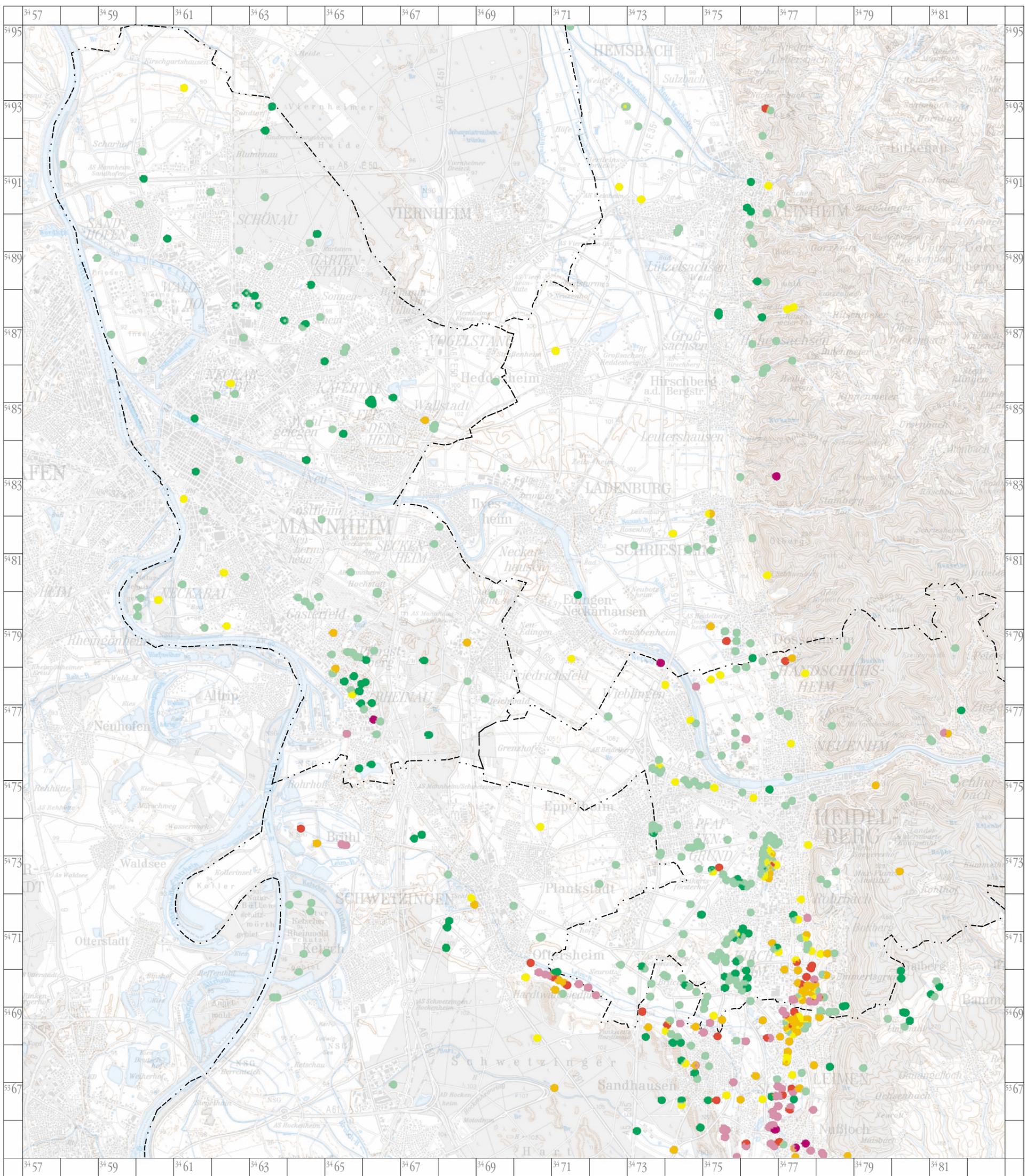


**Tongehalt in % Ton**

- ≥ 0 bis < 8** Tongehaltsgruppe 1
- ≥ 8 bis < 17** Tongehaltsgruppe 2
- ≥ 17 bis < 25** Tongehaltsgruppe 3
- ≥ 25 bis < 45** Tongehaltsgruppe 4
- ≥ 45 bis < 65** Tongehaltsgruppe 5
- ≥ 65** Tongehaltsgruppe 6

**Karte 4.0-2:** Tongehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



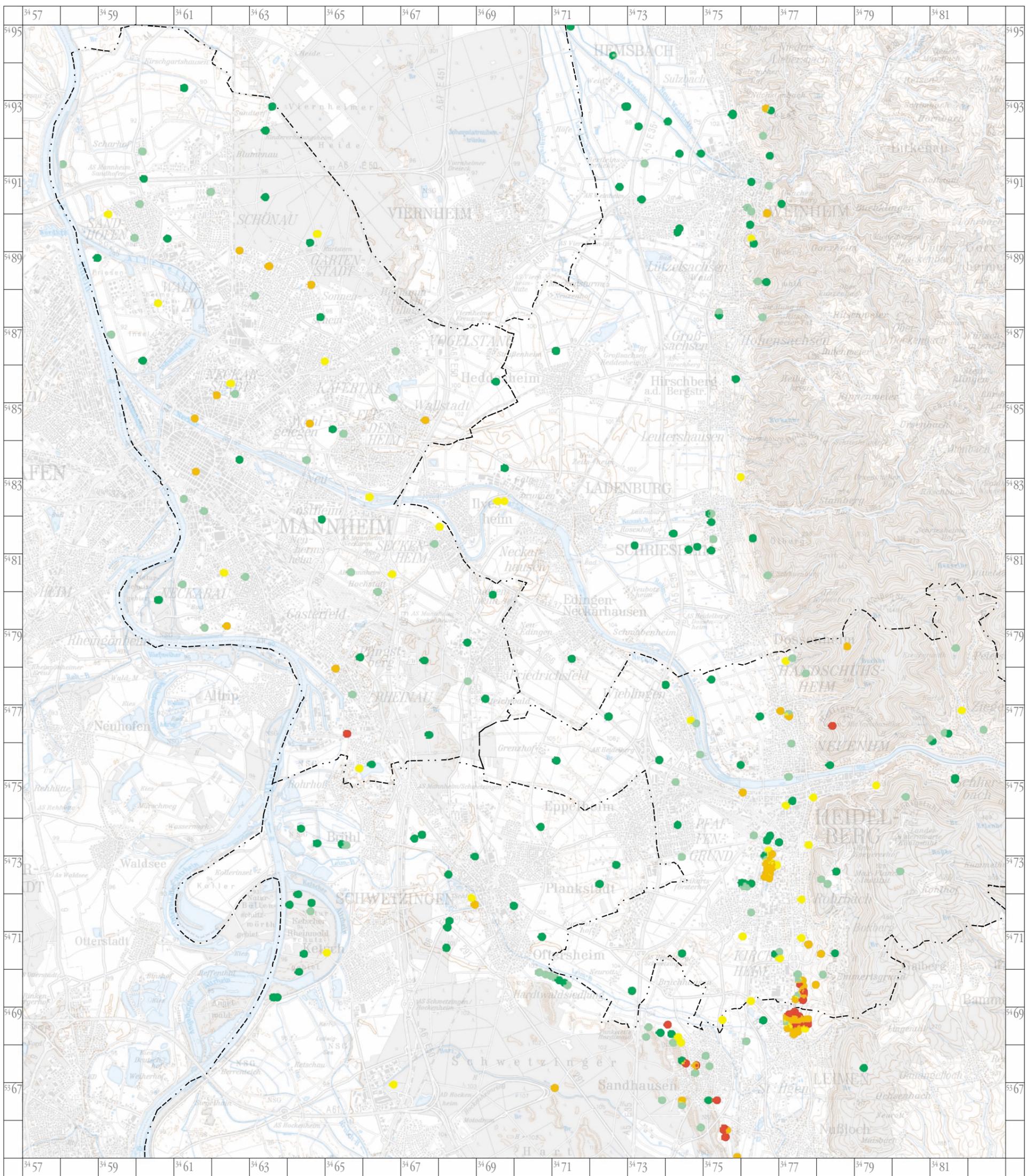


**Arsen-Gesamtgehalt in mg/kg**

< 6	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	6
≥ 6 bis < 15	Hintergrundwert TGr 2 (8-17% Ton):	15
≥ 15 bis < 20	Prüfwert Kinderspielfläche:	20
≥ 20 bis < 30	Prüfwert Siedlungsfläche:	30
≥ 30 bis < 40	Prüfwert Pflanzen und Wasser (TGr2 - TGr6):	40
≥ 40 bis < 130	Prüfwert Gewerbefläche:	130
≥ 130		

**Karte 4.1-1:** Arsen-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg





**Mobiles Arsen in µg/kg**

< 20		
≥ 20 bis < 40	Hintergrundwert pH 4,5-7,0:	40
≥ 40 bis < 70	Prüfwert Sickerwasser, Unterboden:	70
≥ 70 bis < 140	Prüfwert Sickerwasser, Oberboden:	140
≥ 140 bis < 800	Prüfwert Nahrungspflanzen:	140
≥ 800	Prüfwert Pflanzenwachstum:	800

**Karte 4.1-2:** Gebalte an mobilem Arsen in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



## 4.2 Cadmium

Die Cadmiumgesamtgehalte liegen im Großraum Mannheim/Heidelberg insgesamt auf einem auch für andere Verdichtungsräume des Landes typischen Niveau, von bis zu 0,7 mg/kg im Außenbereich und bis zu 1,0 mg/kg im Siedlungsbereich (Tabelle 4.2-1). Unter den Grünlandstandorten treten entlang des Rheins und Neckars vereinzelt erhöhte Gehalte bis über den Prüfwert von 1,5 mg/kg hervor (Karte 4.2-1). Auch die Park- und Grünanlagen von Mannheim und Heidelberg weisen mit bis zu 1,3 mg/kg etwas erhöhte Gehalte auf.

Deutlich erhöhte Cadmiumgehalte sind im Raum Leimen/Nußloch vorhanden (Karten 4.2-1 und 4.2-2). Sie ziehen sich vom Bergbaurandbereich Nußloch bis nördlich des Zementwerks Leimen hin.

Erhöhte Cadmiumgesamtgehalte treten auch in den Überschwemmungsflächen des Neckars auf (Tabelle 4.2-1, Karte 4.2-1).

Das mobile Cadmium folgt allgemein dem Boden-pH, wobei Böden mit pH-Werten über 5,5 in der Regel den Prüfwert von 25 µg/kg unterschreiten.

Aufgrund der um das Zementwerk Leimen und entlang des Neckars hohen pH-Werte wird hier der Belastungswert für mobiles Cadmium, trotz erhöhter Cadmiumgesamtgehalte im Boden i.d.R. nicht erreicht.

Bedingt durch die Bergbauaktivitäten und die Einträge des Neckars gehört Cadmium im Großraum Mannheim/Heidelberg zu den prioritären Problem-schadstoffen (vgl. Kapitel 5.1).

**Tabelle 4.2-1:** Ausgewählte statistische Kenndaten der Cadmiumgehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Cd <sub>ges</sub> [mg/kg]			Cd <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollektiv</b>	759	0,2	0,9	229	8	40
<b>nach Siedlungsstruk.</b>						
Außenbereich	500	0,2	0,7	131	8	57
Mannheim	151	0,2	0,6	25	11	27
Heidelberg	99	0,2	1,0	29	9	65
Rhein-Neckar	250	0,2	0,7	77	5	59
Siedlungsbereich	259	0,3	1,0	98	8	18
Mannheim	144	0,3	1,0	46	10	17
Heidelberg	71	0,5	1,0	31	8	16
Rhein-Neckar	44	0,2	0,8	21	4	37
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	195	0,2	0,5	45	8	23
Grünland	111	0,2	0,9	29	4	26
Mannheim	22	0,3	2,5	2	9	-
Heidelberg	20	0,2	1,7	8	19	76
Rhein-Neckar	69	0,2	0,8	19	3	7
Sonderkultur	33	0,2	1,4	18	5	16
Haus- u. Kleingärten	94	0,2	1,0	20	7	11
Forst u.ä. Ökosyst.	161	0,2	0,6	39	30	66
Park- u. Grünanl.	94	0,3	1,0	35	7	25
Mannheim	34	0,3	1,2	7	9	18
Heidelberg	32	0,5	1,3	10	8	19
Rhein-Neckar	28	0,2	0,7	18	4	42
Gewerbe u. Verkehr	33	0,4	1,1	15	10	18
Sport u. Freizeit	13	0,3	0,6	9	10	13
Kinderspielpl.	25	0,4	0,9	19	10	18
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	60	0,2	0,6	-	-	-
T2 (8 - 17%)	176	0,2	1,0	-	-	-
T3 (17 - 27%)	193	0,2	0,9	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	0,2	0,7	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	0,5	1,5	-	-	-
T6 (> 65%)	24	0,2	0,2	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	50	64
3,5 - 4,5	-	-	-	17	59	90
4,5 - 5,5	-	-	-	17	19	60
5,5 - 6,5	-	-	-	25	8	13
6,5 - 7,5	-	-	-	149	7	16
> 7,5	-	-	-	8	4	10
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Zementwerk	334	1,9	4,6	55	10	26
Bergbaurandbereich	105	0,6	2,2	94	3	10
Überschwem.fl.	26	1,7	4,0	-	-	-

### 4.3 Chrom

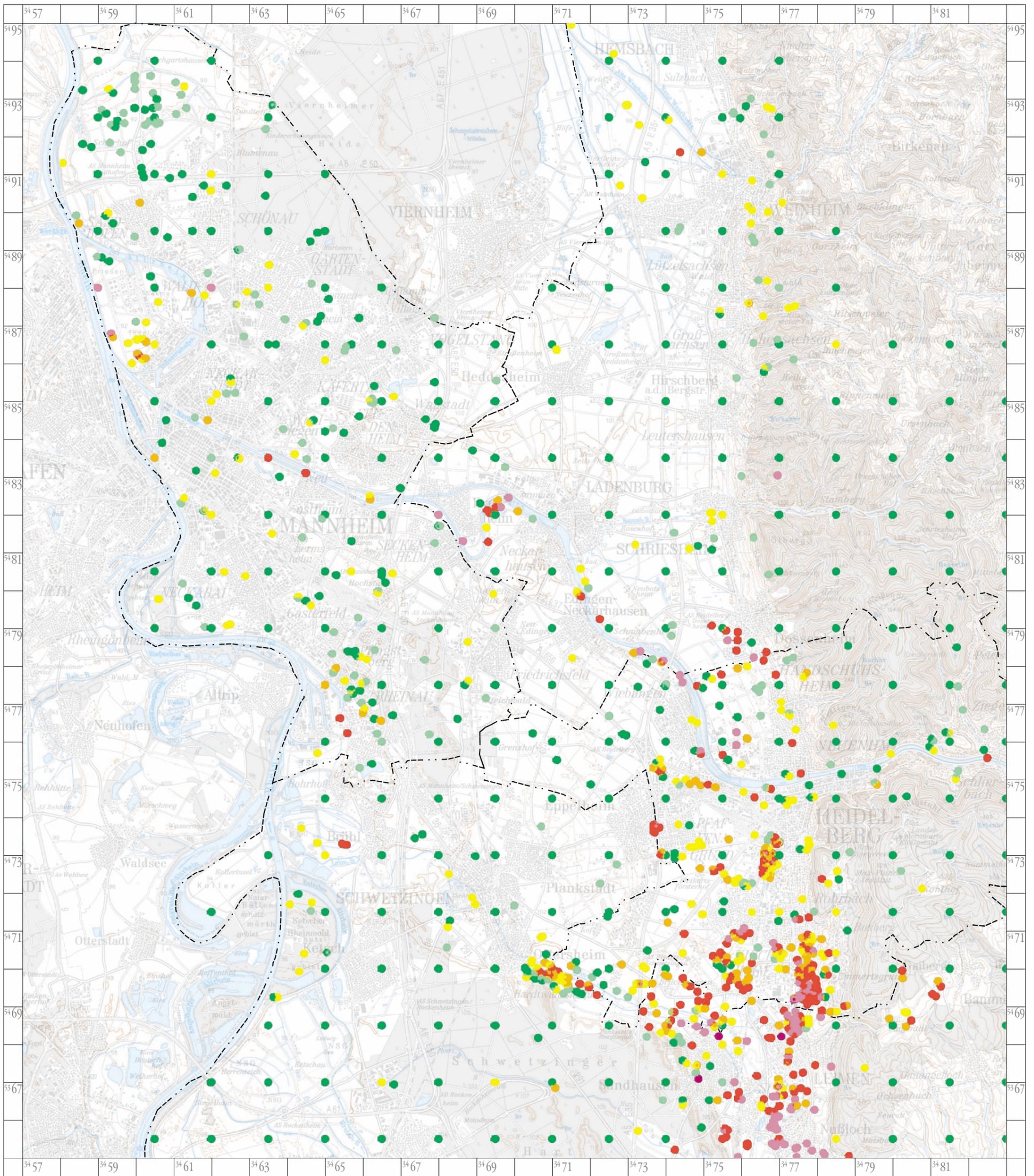
Die Chromgesamtgehalte der Böden unterscheiden sich nicht zwischen den Außenbereichen und den Siedlungsbereichen (Karten 4.3-1 und 4.3-2); die Gehalte erreichen bis zu 71 mg/kg (Tabelle 4.3-1). Zwischen den Gemarkungen sind jedoch deutliche Unterschiede festzustellen. Während sich die Böden von Mannheim und Heidelberg im typischen Bereich für Verdichtungsräume bewegen, sind die Gehalte im Rhein-Neckar-Kreis deutlich erhöht (Außenbereich bis zu 98 mg/kg, Siedlungsbereich bis zu 108 mg/kg).

Hiervon sind Ackerflächen, Haus- und Kleingärten und Park- und Grünanlagen im Raum Weinheim betroffen (Karte 4.3-1). Ursächlich für erhöhte Chromgehalte nordwestlich von Weinheim sind Produkte der Lederindustrie, die ehemals zu Düngezwecken eingesetzt wurden. Im Projekt 2/57 wurden im Raum Weinheim in solchen Böden deutlich erhöhte Chromgehalte ermittelt. Die mobilen Gehalte bewegen sich in diesen Böden jedoch, abgesehen von einem ehemaligen Lagerplatz für Lederabfälle, unterhalb der Prüfwerte für die Wasserqualität.

Der Tongehalt der Böden hat für die Chromgesamtgehalte einen hohen Erklärungswert, die Gehalte steigen von bis zu 34 mg/kg für die Tongehaltsgruppe T1 auf bis zu 141 mg/kg für die Tongehaltsgruppe T6 nahezu kontinuierlich an (Tabelle 4.3-1). Das mobile Chrom ist im Großraum Mannheim/Heidelberg unauffällig und folgt recht gut dem Boden-pH. In sehr sauren Forstböden mit  $\text{pH} < 3,5$  werden Gehalte bis 57  $\mu\text{g}/\text{kg}$  erreicht.

**Tabelle 4.3-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Chromgehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

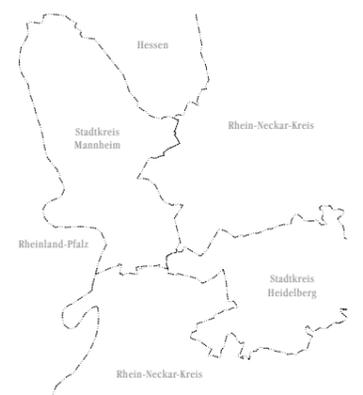
	Cr <sub>ges</sub> [mg/kg]			Cr <sub>mob</sub> [ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollektiv nach Siedlungsstruk.</b>	770	34	71	229	10	34
Außenbereich	515	32	71	131	6	29
Mannheim	148	30	57	25	10	37
Heidelberg	99	35	63	29	4	19
Rhein-Neckar	268	33	98	77	10	28
Siedlungsbereich	255	36	71	98	12	38
Mannheim	143	37	65	46	12	42
Heidelberg	68	37	72	31	13	19
Rhein-Neckar	44	33	106	21	8	38
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	210	43	101	45	5	29
Mannheim	85	34	55	17	5	32
Heidelberg	27	47	70	8	<10	4
Rhein-Neckar	98	58	145	20	15	29
Grünland	111	30	68	29	6	22
Sonderkultur	33	31	58	18	4	16
Haus- u. Kleingärten	94	45	76	20	9	44
Mannheim	61	45	69	12	<10	48
Heidelberg	21	41	79	6	16	22
Rhein-Neckar	12	41	105	2	5	-
Forst u.ä. Ökosyst.	161	18	47	39	15	43
Park- u. Grünanl.	90	37	81	35	12	34
Mannheim	33	41	78	7	28	46
Heidelberg	29	46	71	10	12	14
Rhein-Neckar	28	31	180	18	8	41
Gewerbe u. Verkehr	33	32	64	15	13	42
Sport u. Freizeit	13	25	38	9	15	41
Kinderspielplatz	25	23	36	19	11	26
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	60	12	34	-	-	-
T2 (8 - 17%)	175	30	66	-	-	-
T3 (17 - 27%)	190	38	73	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	41	72	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	36	134	-	-	-
T6 (> 65%)	24	60	141	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	41	57
3,5 - 4,5	-	-	-	17	20	37
4,5 - 5,5	-	-	-	17	5	13
5,5 - 6,5	-	-	-	25	4	24
6,5 - 7,5	-	-	-	149	10	33
> 7,5	-	-	-	8	9	15
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Projekt 2/57, (Standorte Weinheim)	10	272	1.305	9	23	331

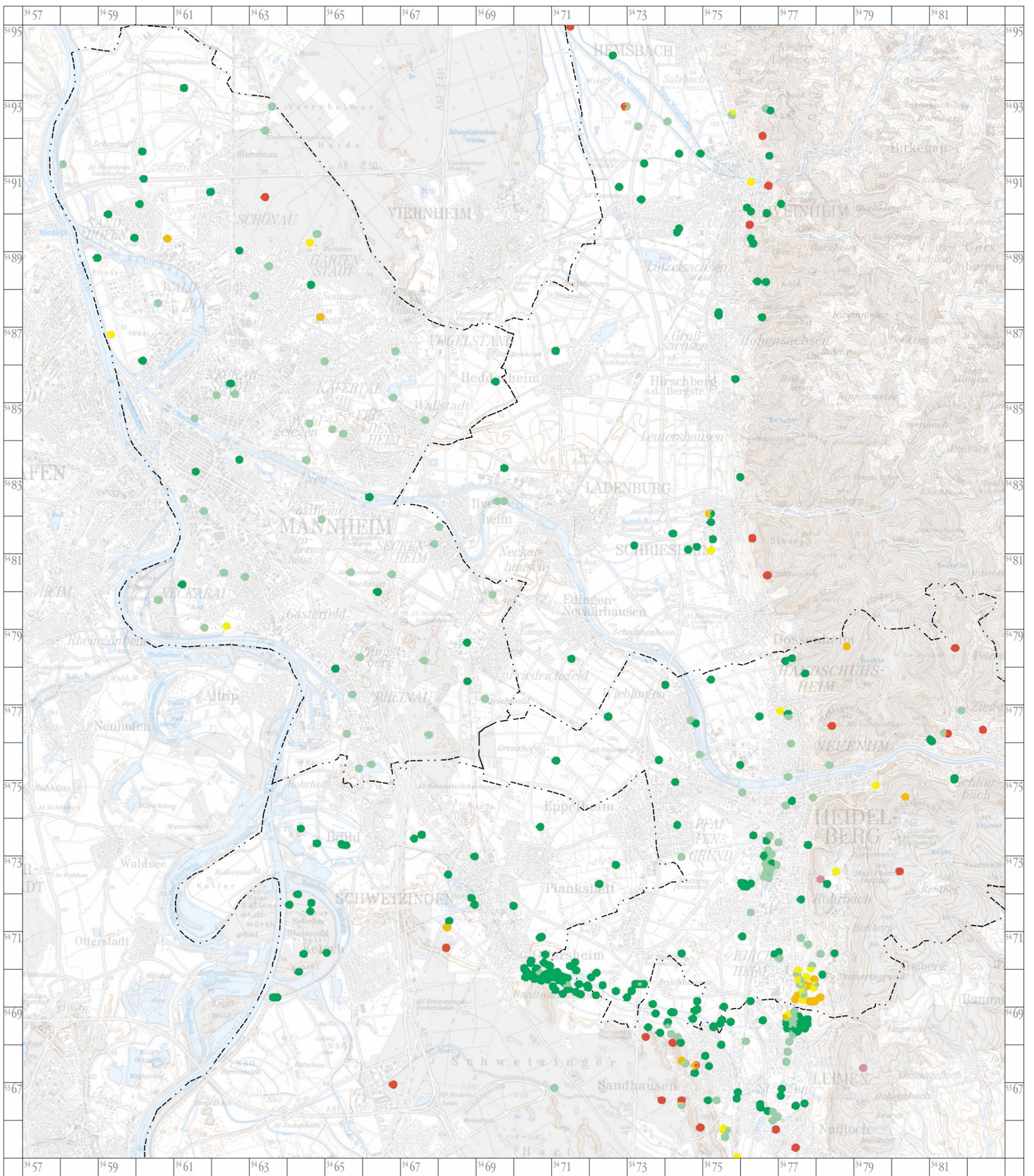


**Cadmium-Gesamtgehalt in mg/kg**

<b>&lt; 0,2</b>	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	0,2
<b>≥ 0,2 bis &lt; 0,4</b>	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	0,4
<b>≥ 0,4 bis &lt; 1,0</b>	Prüfwert Pflanzen und Wasser (pH < 6):	1,0
<b>≥ 1,0 bis &lt; 1,5</b>	Prüfwert Pflanzen und Wasser (pH ≥ 6):	1,5
<b>≥ 1,5 bis &lt; 3,0</b>	Prüfwert Kinderspielfläche:	3,0
<b>≥ 3,0 bis &lt; 15,0</b>	Prüfwert Siedlungsfläche:	15,0
<b>≥ 15,0</b>		

**Karte 4.2-1:** Cadmium-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



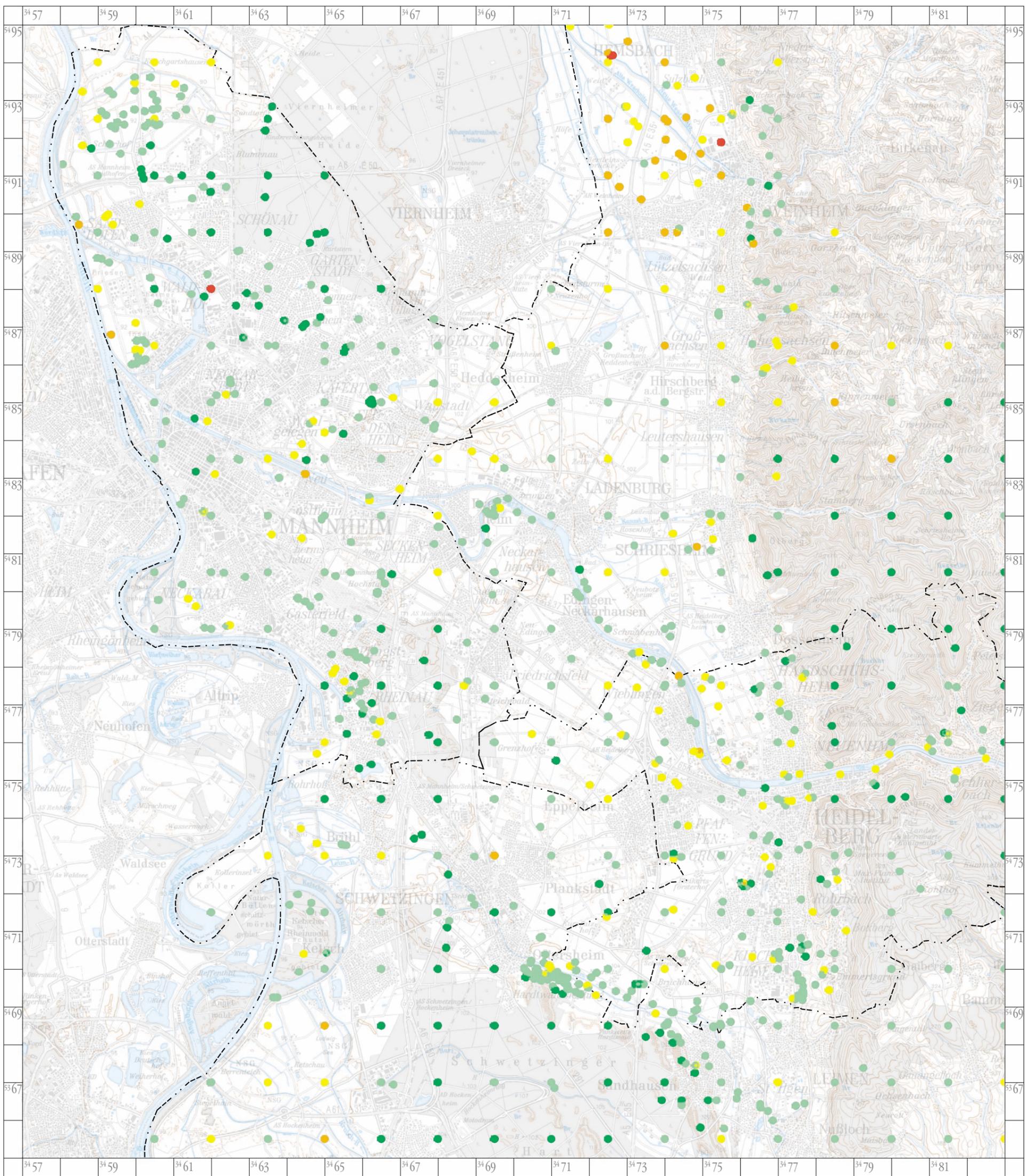


**Mobiles Cadmium in µg/kg**

< 8	Hintergrundwert pH 6-6,5:	8
≥ 8 bis < 18	Hintergrundwert pH 5-5,5:	18
≥ 18 bis < 25	Prüfwert Nahrungspflanzenqualität:	25
≥ 25 bis < 40	Belastungswert Nahrungs- und Futterpflanzen:	40
≥ 40 bis < 100	Prüfwert Wasser, Oberboden:	100
≥ 100		

**Karte 4.2-2:** Gebalte an mobilem Cadmium in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



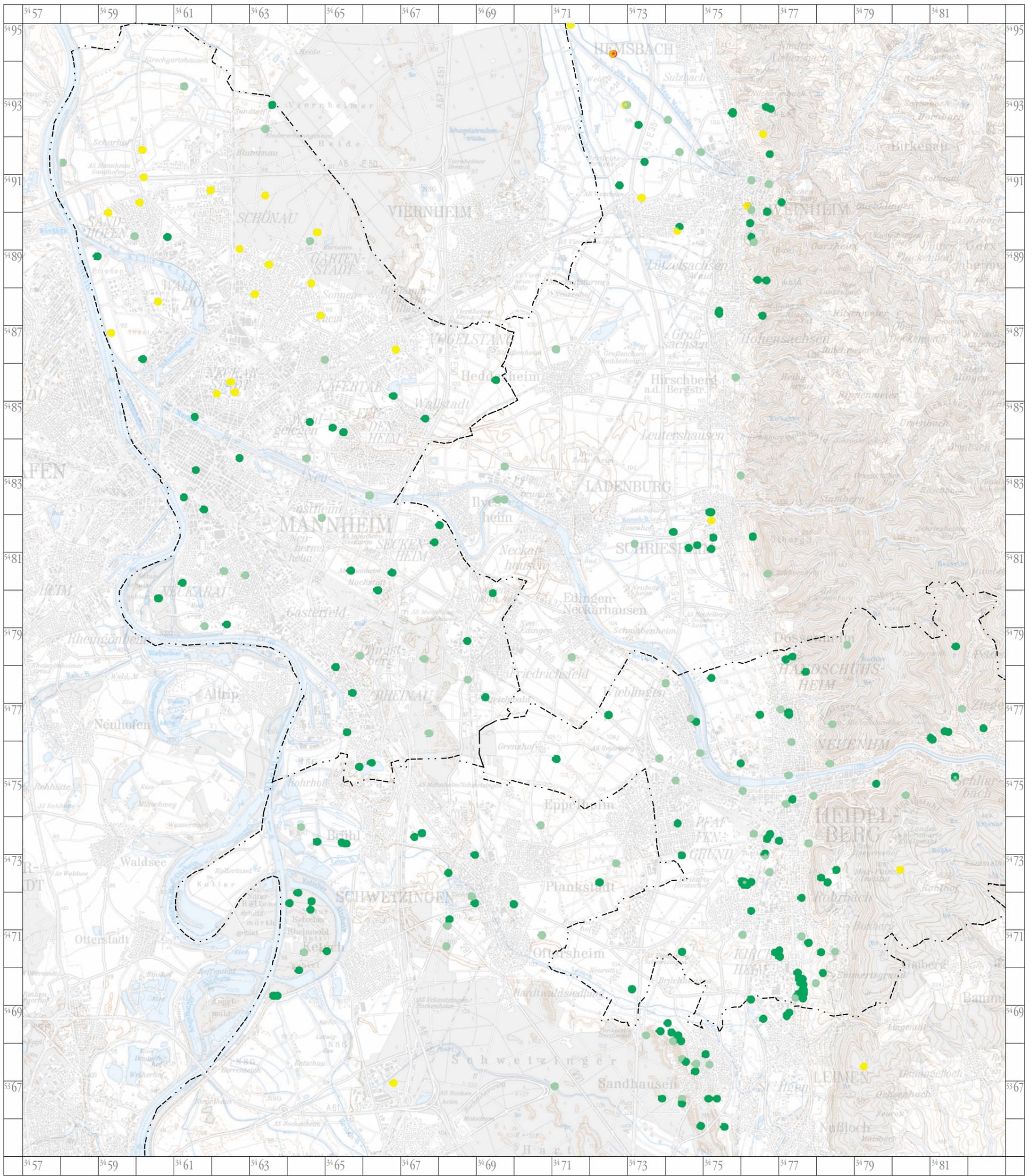


**Chrom-Gesamtgehalt in mg/kg**

< 20	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	20
≥ 20 bis < 50	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	50
≥ 50 bis < 100	Prüfwert Pflanzen und Wasser:	100
≥ 100 bis < 500	Prüfwert Kinderspielfläche:	100
≥ 500	Prüfwert Siedlungsfläche:	500



**Karte 4.3-1:** Chrom-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Mobiles Chrom in µg/kg**

< 11	Hintergrundwert pH 6-6,5:	11
≥ 11 bis < 30	Hintergrundwert pH 4,5-5:	30
≥ 30 bis < 60	Prüfwert Pflanzenwachstum:	60
≥ 60 bis < 130	Prüfwert Wasser:	130
≥ 130		



**Karte 4.3-2:** Gebalte an mobilem Chrom in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

#### 4.4 Kupfer

Die Kupfergehalte im Großraum Mannheim/Heidelberg liegen in den Siedlungsbereichen mit bis zu 60 mg/kg deutlich über den Gehalten in den Außenbereichen (Tabelle 4.4-1). Die Böden der Stadtkreise Mannheim und Heidelberg weisen dabei höhere Gehalte auf als die Böden im Rhein-Neckar-Kreis (Karten 4.4-1 und 4.4-2).

Unter den Nutzungen fallen insbesondere die Böden von Sonderkulturen gefolgt von Gewerbe- und Verkehrsflächen, Park- und Grünanlagen und Haus- und Kleingärten mit Gehalten über dem Prüfwert von 60 mg/kg auf. Unter den Sonderkulturnutzungen werden die höchsten Bodenkonzentrationen an Kupfer durch den Weinbau verursacht.

Vereinzelt sind auch im Siedlungsgebiet industriell bedingte Kontaminationen vorhanden. Die Kupfergehalte im Raum Leimen-Nußloch sind unauffällig.

Der Tongehalt erklärt nur bei Sanden deutlich niedrigere Gehalte als in anderen Bodenarten, die sich ansonsten nur geringfügig unterscheiden.

Die Gehalte an mobilem Kupfer steigen sowohl mit sinkendem als auch mit steigendem pH. Deutlich erhöhte Gehalte sind in der Regel nur in Böden unter Weinbau anzutreffen. Die Prüfwerte bzgl. der Bodenfunktionen „Lebensraum für Mikroorganismen“ und „Qualität von Futterpflanzen“ werden hier in mehr als 10% der untersuchten Flächen überschritten. Auch im umweltverträglichen Weinbau werden nach wie vor Fungizide eingesetzt, die erhebliche Kupferkonzentrationen enthalten können (Kapitel 5.1).

**Tabelle 4.4-1:** Ausgewählte statistische Kenndaten der Kupfergehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Cu <sub>ox</sub> [mg/kg]			Cu <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek. nach Siedlungsstruk.</b>	761	20	48	229	113	361
Außenbereich	500	18	34	131	87	408
Mannheim	151	22	45	25	66	281
Heidelberg	99	16	41	29	67	458
Rhein-Neckar	250	16	27	77	98	413
Siedlungsbereich	261	25	60	98	147	324
Mannheim	149	27	63	46	152	279
Heidelberg	68	25	64	31	193	387
Rhein-Neckar	44	19	34	21	85	236
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	195	21	34	45	47	130
Grünland	111	19	31	29	181	426
Sonderkultur	33	22	120	18	313	1207
Haus- u. Kleingärten	99	28	63	20	107	179
Forst u.ä. Ökosyst.	161	7	26	39	95	311
Park- u. Grünanl.	90	23	65	35	193	364
Gewerbe u. Verkehr	33	30	71	15	201	412
Sport u. Freizeit	13	20	34	9	177	277
Kinderspielplatz	26	21	34	19	150	256
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	60	8	27	-	-	-
T2 (8 - 17%)	175	18	48	-	-	-
T3 (17 - 27%)	190	20	53	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	22	44	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	24	86	-	-	-
T6 (> 65%)	24	25	32	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	106	208
3,5 - 4,5	-	-	-	17	33	126
4,5 - 5,5	-	-	-	17	58	70
5,5 - 6,5	-	-	-	25	46	121
6,5 - 7,5	-	-	-	149	153	398
> 7,5	-	-	-	8	131	297

#### 4.5 Quecksilber

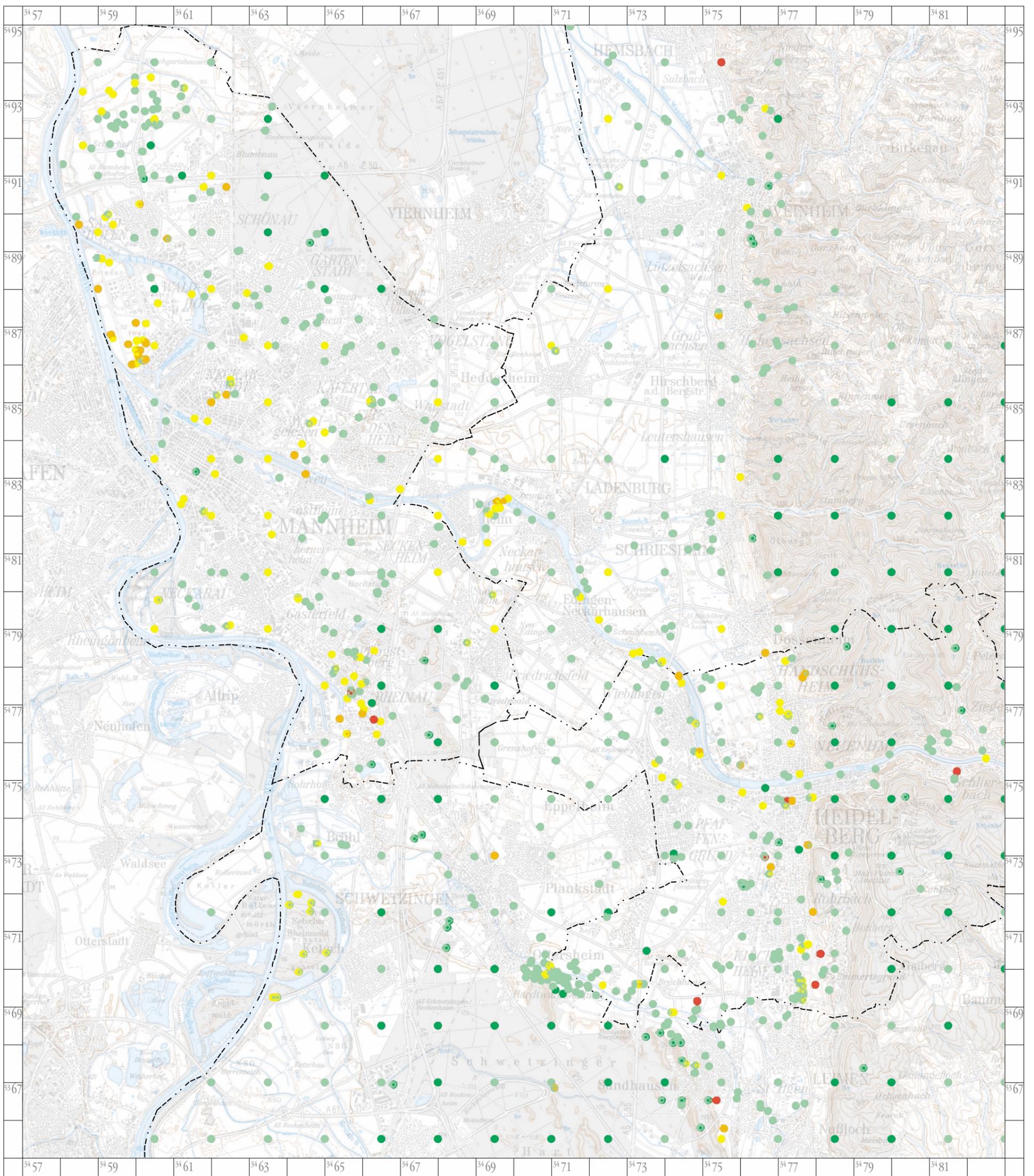
Die Quecksilbergehalte der Böden unterliegen einem deutlichen Einfluß durch die Siedlungsstruktur. Während im Außenbereich Mannheim/Heidelberg lediglich 0,28 mg/kg erreicht werden, sind es im Siedlungsbereich 0,70 mg/kg (Tabelle 4.5-1). Die Gehalte steigen in der Reihenfolge Rhein-Neckar < Heidelberg < Mannheim an (Karte 4.5-1). Böden unter Haus- und Kleingärten und Gewerbe- und Verkehrsflächen weisen die höchsten Gehalte auf.

Die Gehalte steigen geringfügig mit zunehmendem Tongehalt der Böden. Die 50. Perzentile entsprechen dabei weitgehend den 90. Perzentilen der landesweiten Hintergrundgehalte. Hieraus läßt sich schließen, daß die Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg erhöhte Quecksilbergehalte gegenüber dem ländlichen Raum aufweisen.

Messungen des mobilen Quecksilbers mit einer ausreichenden Nachweisgrenze liegen bislang nur für die 120 für den Bodenzustandsbericht gemessenen Proben vor. Die mobilen Quecksilbergehalte steigen mit zunehmendem Boden-pH an.

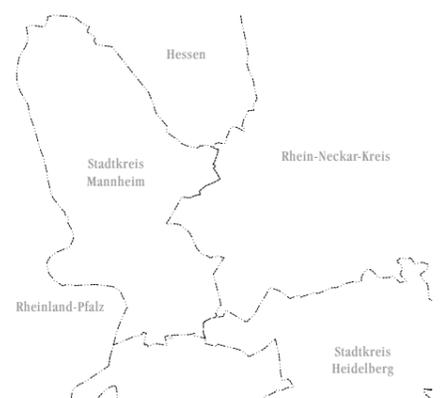
**Tabelle 4.5-1:** Ausgewählte statistische Kenndaten der Quecksilbergehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Hg <sub>org</sub> [mg/kg]			Hg <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek.</b>	758	0,12	0,49	120	<0,1	0,3
<b>nach Siedlungsstruk.</b>						
Außenbereich	506	0,10	0,28	47	<0,1	0,1
Mannheim	141	0,12	0,41	15	<0,1	0,3
Heidelberg	99	0,12	0,34	16	<0,1	0,1
Rhein-Neckar	266	0,08	0,21	16	<0,1	<0,1
Siedlungsbereich	252	0,19	0,70	73	<0,1	0,3
Mannheim	137	0,23	0,75	45	<0,1	0,3
Heidelberg	71	0,18	0,73	26	<0,1	0,1
Rhein-Neckar	44	0,07	0,30	2	<0,1	-
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	210	0,12	0,31	19	<0,1	<0,1
Grünland	102	0,09	0,25	9	<0,1	0,4
Sonderkultur	33	0,10	0,32	3	<0,1	-
Haus- u. Kleingärten	94	0,22	0,80	17	<0,1	<0,1
Forst u.ä. Ökosyst.	161	0,08	0,24	16	<0,1	0,1
Park- u. Grünanl.	94	0,16	0,64	14	0,2	0,4
Gewerbe u. Verkehr	32	0,28	0,89	14	<0,1	0,3
Sport u. Freizeit	13	0,16	0,25	9	0,2	0,3
Kinderspielplatz	19	0,15	0,40	19	<0,1	0,3
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	58	0,05	0,19	-	-	-
T2 (8 - 17%)	176	0,13	0,58	-	-	-
T3 (17 - 27%)	193	0,12	0,49	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	0,14	0,36	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	0,19	1,13	-	-	-
T6 (> 65%)	24	0,17	1,29	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	7	<0,1	0,06
3,5 - 4,5	-	-	-	7	<0,1	0,14
4,5 - 5,5	-	-	-	1	<0,1	-
5,5 - 6,5	-	-	-	10	<0,1	0,20
6,5 - 7,5	-	-	-	91	<0,1	0,30
> 7,5	-	-	-	4	<0,1	-
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Zementwerk	246	0,13	0,50	-	-	-
Bergbaurandbereich	98	0,07	0,12	-	-	-
Überschwemm.fl.	26	0,25	0,63	-	-	-

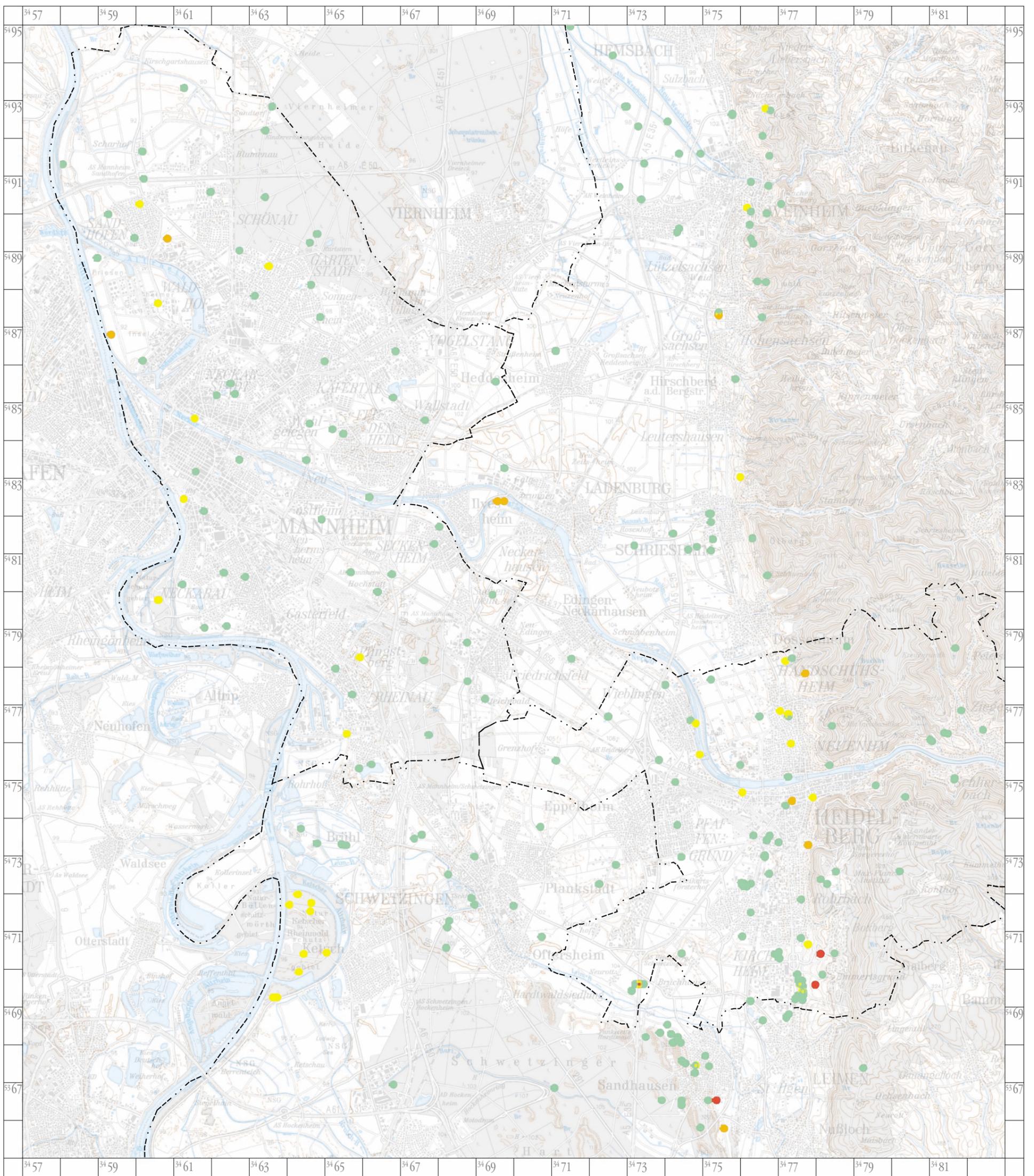


**Kupfer-Gesamtgehalt in mg/kg**

<b>&lt; 10</b>	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	10
<b>≥ 10 bis &lt; 30</b>	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	30
<b>≥ 30 bis &lt; 60</b>	Prüfwert Pflanzen und Wasser:	60
<b>≥ 60 bis &lt; 110</b>		
<b>≥ 110</b>		



**Karte 4.4-1:** Kupfer-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

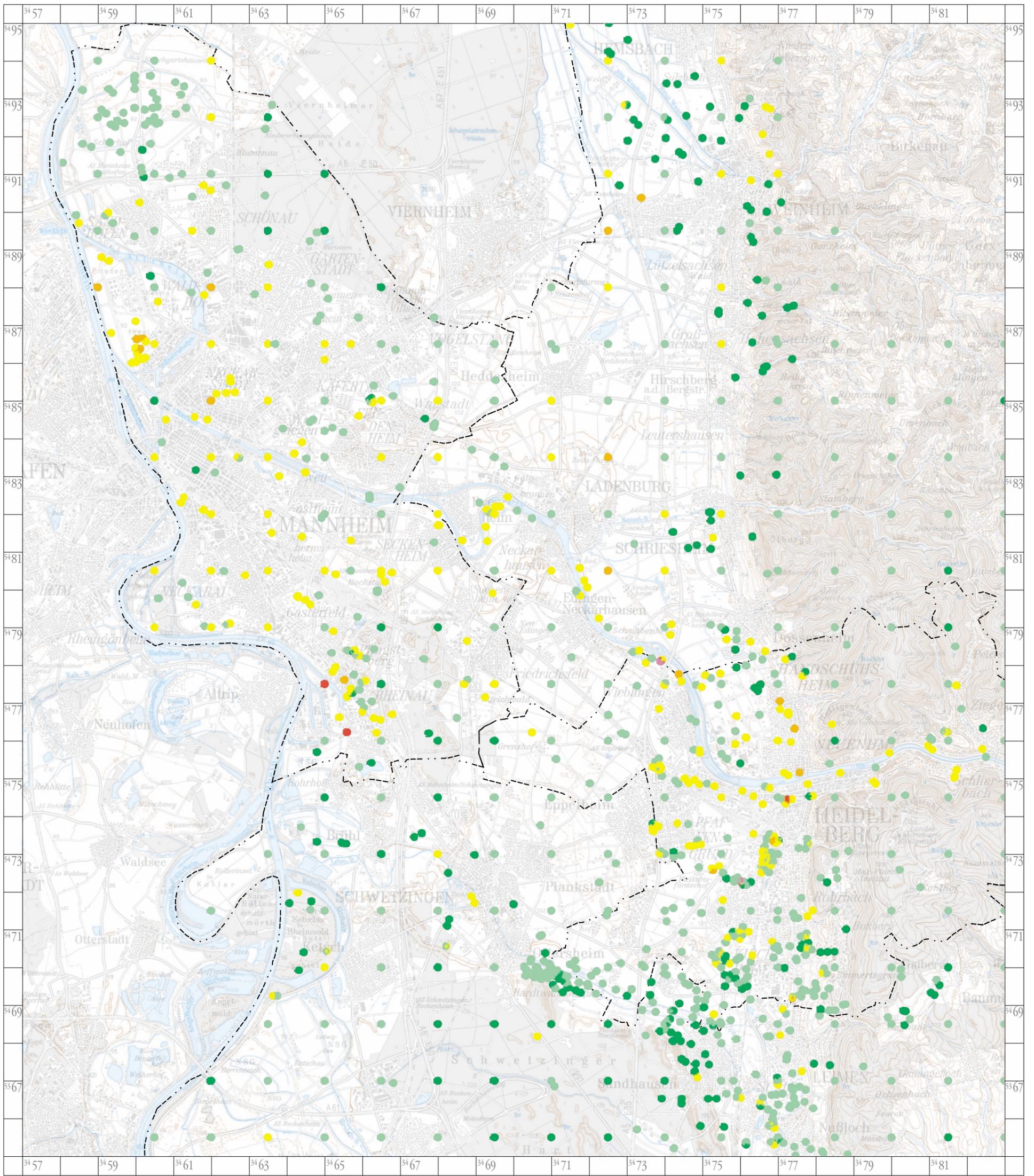


**Mobiles Kupfer in µg/kg**

≤ 250	Hintergrundwert pH 5-5,5:	250
≥ 250 bis < 450	Prüfwert Wasser, Unterboden:	450
≥ 450 bis < 1.000	Prüfwert Futterpflanzenqualität:	1000
≥ 1.000		



**Karte 4.4-2:** Gebalte an mobilem Kupfer in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Quecksilber-Gesamtgehalt in mg/kg**

<b>&lt; 0,05</b>	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	0,05
<b>≥ 0,05 bis &lt; 0,2</b>	Hintergrundwert TGr 6 (>65% Ton):	0,2
<b>≥ 0,2 bis &lt; 1,0</b>	Prüfwert Pflanzen und Wasser:	1,0
<b>≥ 1,0 bis &lt; 2,0</b>	Prüfwert Kinderspielfläche:	2,0
<b>≥ 2,0 bis &lt; 5,0</b>		
<b>≥ 5,0</b>		



**Karte 4.5-1:** Quecksilber-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

#### 4.6 Nickel

In dem gesamten Untersuchungsraum sind praktisch keine Variationen der Nickelgesamtgehalte in Abhängigkeit von der Bodennutzung festzustellen (Tabelle 4.6-1, Karte 4.6-1).

Die Nickelgesamtgehalte steigen mit den Tongehalten der Böden an. Die Gehalte unterschreiten bei den Tongehaltsgruppen T3 bis T6 die landesweiten Hintergrundwerte. Die Nickelgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg sind durchweg auf einem natürlichen Niveau. Im Untersuchungsraum tritt kein Projekt mit erhöhten Gehalten hervor.

Typisch sind die erhöhten Gehalte an mobilem Nickel in sauren Böden. Die mobilen Anteile steigen mit sinkendem pH und erreichen Gehalte bis ca. 700 µg/kg in Böden mit pH < 3,5.

Aufgrund der vorhandenen Daten kann bei künftigen Schadstoffuntersuchungen in Böden des Raums Mannheim/Heidelberg, wenn keine Anhaltspunkte für erhöhte Gehalte vorliegen, auf die Bestimmung von Nickel verzichtet werden.

**Tabelle 4.6-1:** Ausgewählte, statistische Kenndaten der Nickelgehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Ni <sub>ges</sub> [mg/kg]			Ni <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek.</b>	770	20	34	229	20	325
<b>nach Siedlungsstruk.</b>						
Außenbereich	515	20	35	131	69	406
Mannheim	148	22	39	25	<100	424
Heidelberg	99	20	29	29	29	258
Rhein-Neckar	268	19	36	77	146	413
Siedlungsbereich	255	20	32	98	<100	<100
Mannheim	143	22	34	46	<100	<100
Heidelberg	68	21	28	31	<100	<100
Rhein-Neckar	44	19	30	21	69	340
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	210	26	40	45	32	359
Grünland	111	17	34	29	45	362
Sonderkultur	33	19	29	18	34	73
Haus- u. Kleingärten	94	22	34	20	<100	<100
Forst u.ä. Ökosyst.	161	10	26	39	225	557
Park- u. Grünanl.	90	21	29	35	61	161
Gewerbe u. Verkehr	33	21	32	15	<100	<100
Sport u. Freizeit	13	19	28	9	<100	<100
Kinderspielplatz	25	17	22	19	<100	<100
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	60	7	18	-	-	-
T2 (8 - 17%)	175	15	27	-	-	-
T3 (17 - 27%)	190	21	31	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	26	35	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	22	34	-	-	-
T6 (> 65%)	24	34	41	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	478	703
3,5 - 4,5	-	-	-	17	303	536
4,5 - 5,5	-	-	-	17	149	546
5,5 - 6,5	-	-	-	25	22	215
6,5 - 7,5	-	-	-	149	<100	147
> 7,5	-	-	-	8	<100	219

#### 4.7 Blei

Die Bleigehalte der Böden sind im Außenbereich erwartungsgemäß deutlich niedriger als die Gehalte im Siedlungsbereich. In den Siedlungsbereichen Mannheim/Heidelberg werden mit bis zu 127 mg/kg für Siedlungsräume des Landes typische Bleigehalte erreicht (Tabelle 4.7-1, Karte 4.7-1).

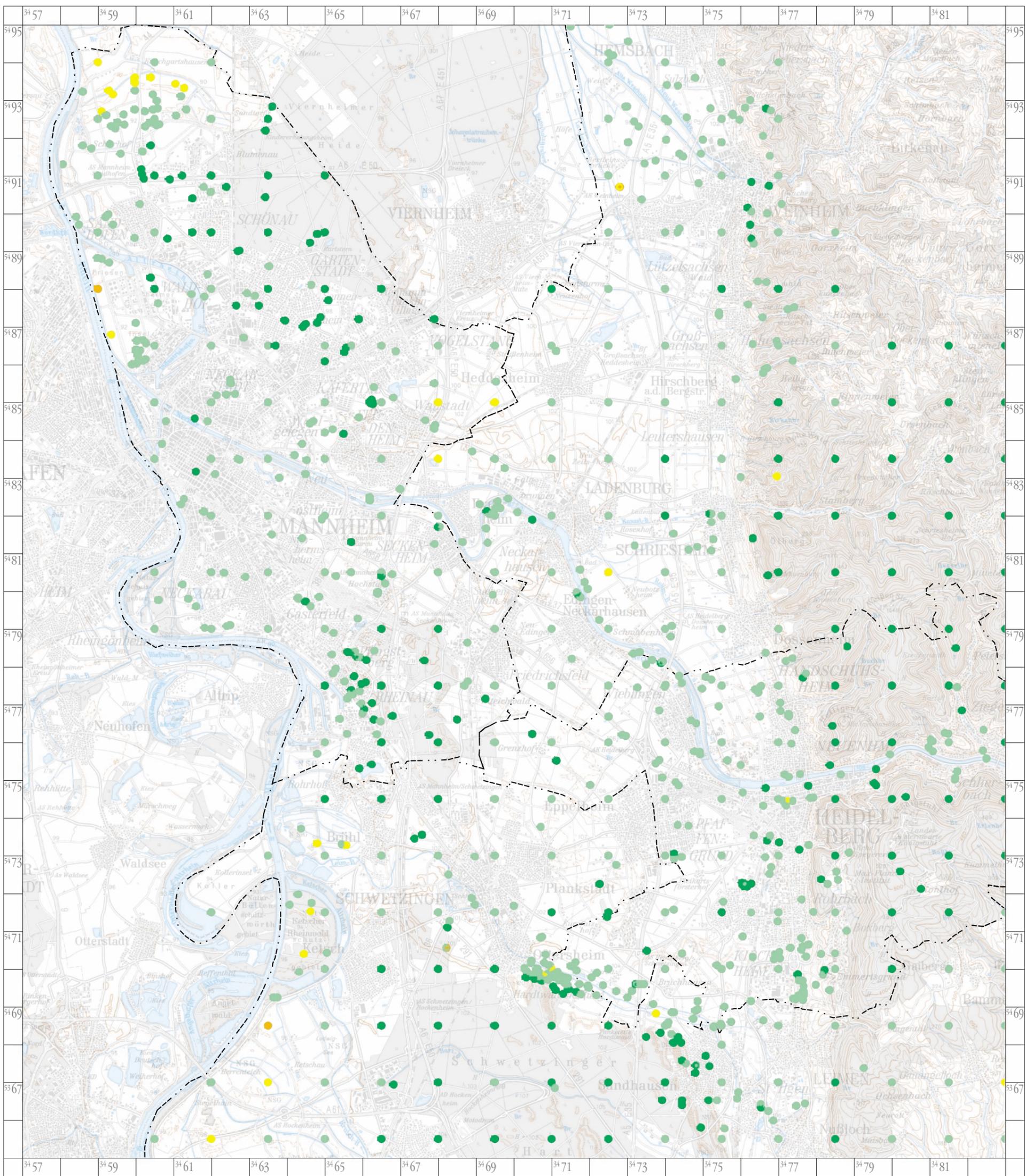
Haus- und Kleingärten sind von erhöhten Gehalten in allen drei Kreisen gleichermaßen betroffen (vgl. Kapitel 5.1), Böden unter Forst sowie Park- und Grünanlagen sind in den Kreisen Mannheim und Heidelberg höher kontaminiert als im Rhein-Neckar-Kreis.

Unter den Projekten, die nicht im Hintergrunddatenkollektiv integriert sind, weisen die Projekte 2/5 (Straßenränder: 205 mg/kg), 2/18 (Friesenheimer Insel: 548 mg/kg) sowie das Zementwerk-Datenkollektiv (206 mg/kg) 90. Perzentil-Werte über 200 mg/kg auf. Hierdurch wird deutlich, daß Gewerbe und Verkehr die dominierenden Quellen für allgemein erhöhte Bleigehalte in Böden sind oder waren.

Die Gehalte an mobilem Blei folgen sehr eng dem Boden-pH. Sie erreichen in sehr sauren Forstböden im Raum Heidelberg bis zu 58.441 µg/kg (Tabelle 4.7-1, Karte 4.7-2) und überschreiten vereinzelt den Prüfwert für die Sickerwasserqualität. Im Bereich des *Buntsandsteins* bei Wilhelmsfeld wurde an einem Forststandort bei ebenfalls sehr hohen Gehalten an mobilem Blei ein Bleiaustrag mit dem Sickerwasser bis in 75 cm Tiefe nachgewiesen (LfU 1998; siehe auch Kapitel 5.1.3).

**Tabelle 4.7-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Bleigehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Pb <sub>ges</sub> [mg/kg]			Pb <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50P.	90P.	n	50P.	90P.
<b>Hintergrunddatenkollek.</b>	765	39	97	229	<10	292
<b>nach Siedlungsstruk.</b>						
Außenbereich	500	34	73	131	<10	1839
Mannheim	151	32	75	25	<10	360
Heidelberg	99	42	95	29	<10	22839
Rhein-Neckar	250	32	64	77	<10	1454
Siedlungsbereich	265	54	127	98	<10	33
Mannheim	150	54	127	46	<10	17
Heidelberg	71	56	130	31	<10	54
Rhein-Neckar	44	41	124	21	<10	98
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	195	35	64	45	<10	48
Grünland	111	39	62	29	<10	27
Sonderkultur	33	34	90	18	<10	<10
Haus- u. Kleingärten	99	62	137	20	<10	<10
Mannheim	66	64	138	12	<10	17
Heidelberg	21	69	151	6	<10	<10
Rhein-Neckar	12	47	181	2	<10	-
Forst u.ä. Ökosyst.	161	28	96	39	306	14718
Mannheim	33	19	108	6	17	1951
Heidelberg	41	47	119	6	22069	58441
Rhein-Neckar	87	27	70	27	150	5099
Park- u. Grünanl.	94	54	123	35	<10	78
Mannheim	34	57	244	7	<10	<10
Heidelberg	32	56	122	10	<10	65
Rhein-Neckar	28	36	77	18	<10	109
Gewerbe u. Verkehr	33	60	334	15	<10	74
Mannheim	20	60	276	8	<10	1162
Heidelberg	10	60	288	7	<10	71
Rhein-Neckar	3	160	-	-	-	-
Sport u. Freizeit	13	38	65	9	<10	35
Kinderspielplatz	26	36	73	19	<10	14
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	60	21	59	-	-	-
T2 (8 - 17%)	176	47	112	-	-	-
T3 (17 - 27%)	193	43	101	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	43	94	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	42	124	-	-	-
T6 (> 65%)	24	43	70	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	6449	53472
3,5 - 4,5	-	-	-	17	1390	8615
4,5 - 5,5	-	-	-	17	15	144
5,5 - 6,5	-	-	-	25	<10	17
6,5 - 7,5	-	-	-	149	<10	13
> 7,5	-	-	-	8	<10	34

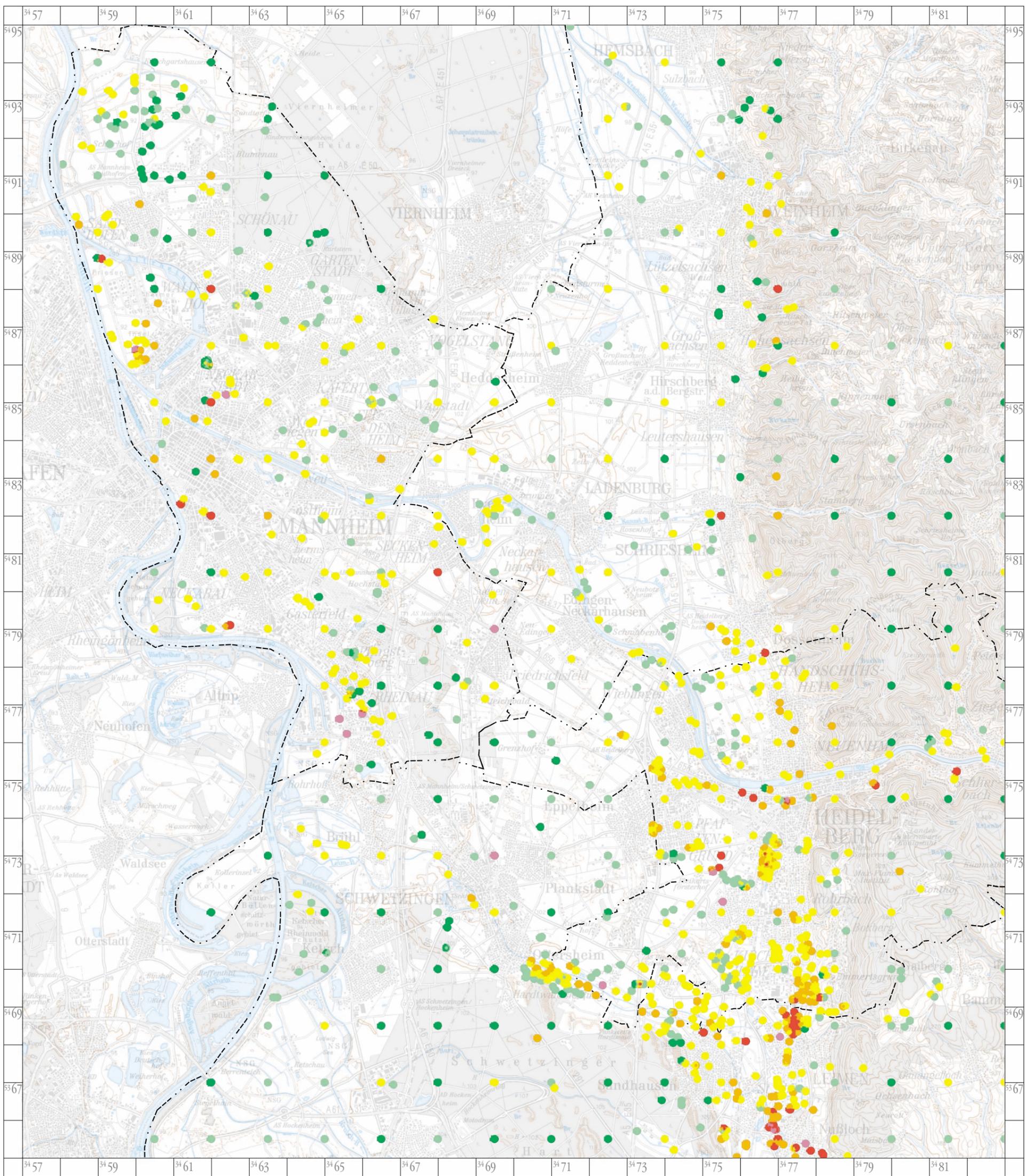


**Nickel-Gesamtgehalt in mg/kg**

<b>&lt; 15</b>	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	15
<b>≥ 15 bis &lt; 40</b>	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	40
<b>≥ 40 bis &lt; 50</b>	Prüfwert Pflanzen und Wasser:	50
<b>≥ 50 bis &lt; 100</b>	Prüfwert Siedlungsfläche:	100
<b>≥ 100 bis &lt; 300</b>	Prüfwert Kinderspielfläche:	100
<b>≥ 300</b>	Prüfwert Gewerbefläche:	300



**Karte 4.6-1:** Nickel-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

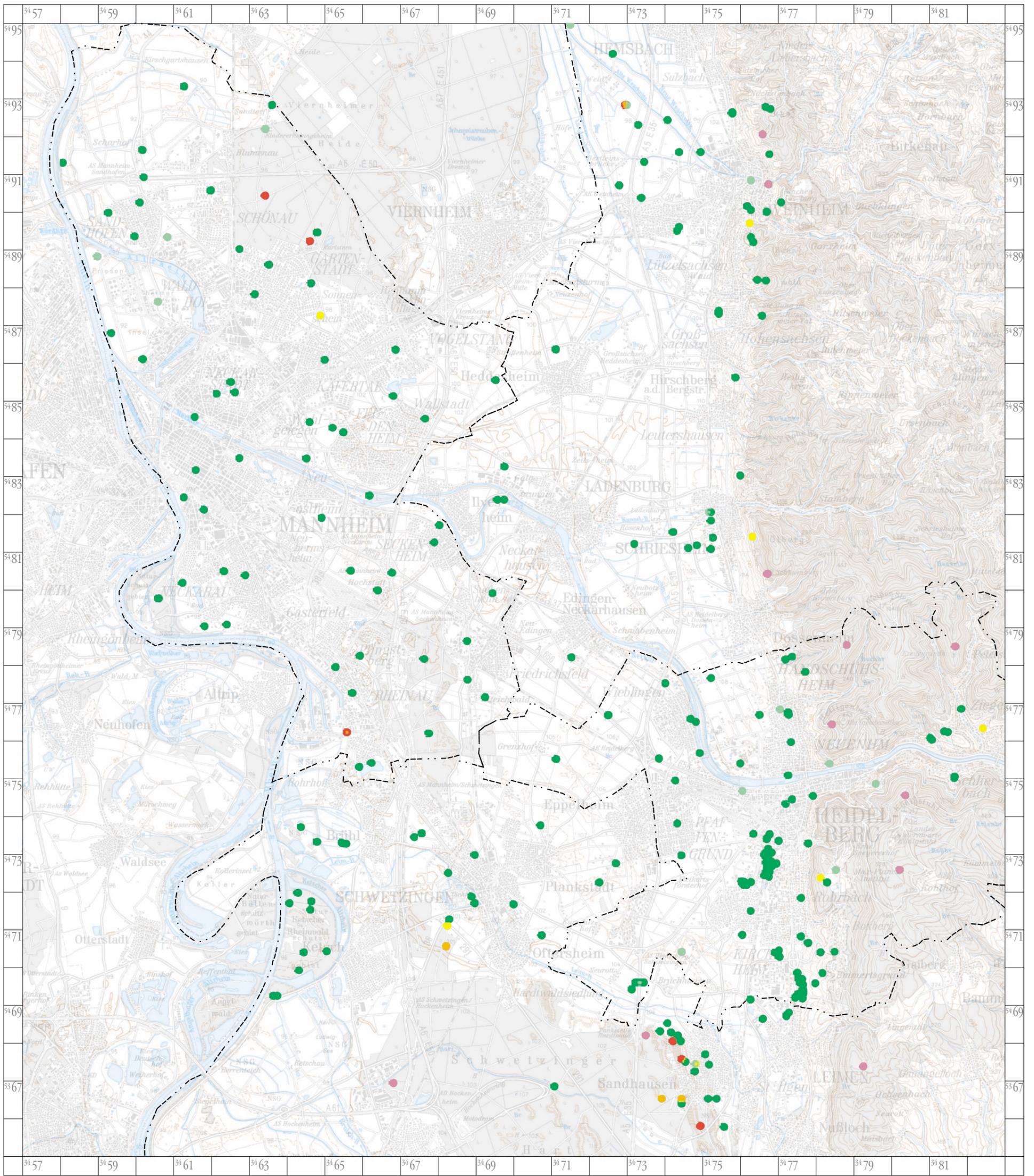


**Blei-Gesamtgehalt in mg/kg**

< 25	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	25
≥ 25 bis < 40	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	40
≥ 40 bis < 100	Prüfwert Kinderspielfläche:	100
≥ 100 bis < 200	Prüfwert Pflanzen und Wasser:	100
≥ 200 bis < 500	Prüfwert Siedlungsfläche:	500
≥ 500		



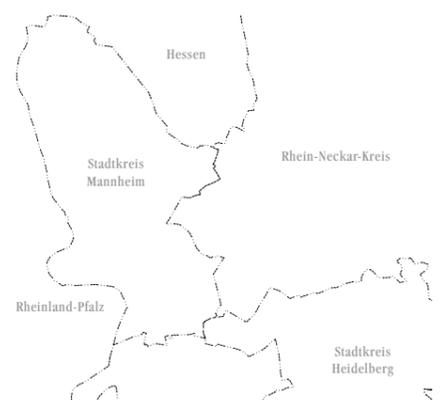
**Karte 4.7-1:** Blei-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Mobiles Blei in µg/kg**

< 25	Hintergrundwert pH 5,5-6:	25
≥ 25 bis < 90	Hintergrundwert pH 5-5,5:	90
≥ 90 bis < 400	Prüfwert Nahrungspflanzenqualität:	400
≥ 400 bis < 1000		
≥ 1000 bis < 3500	Prüfwert Wasser, Oberboden:	3500
≥ 3500		

**Karte 4.7-2:** Gebalte an mobilem Blei in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



#### 4.8 Thallium

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Schwermetallen liegen die Thalliumgehalte im Großraum Mannheim/Heidelberg in den Außenbereichen höher als in den Siedlungsbereichen (Tabelle 4.8-1, Karten 4.8-1 und 4.8-2). Offenbar haben die siedlungstypischen Schadstoffquellen wie Verkehr und Hausbrand bei Thallium nahezu keine Bedeutung.

Sowohl im Einflußbereich des Zementwerkes Leimen als auch im Bergbaurandbereich Nußloch und entlang des Leimbaches sind gleichermaßen erhöhte Thalliumgesamtgehalte vorhanden. Die mobilen Thalliumgehalte unterscheiden sich in diesen Gebieten jedoch beträchtlich. Während im Bergbaurandbereich das mobile Thallium im Boden im Hintergrundbereich liegt, werden östlich des Zementwerkes Leimen erhöhte Gehalte bis 201 µg/kg erreicht. Die Mobilität des Thalliums im Boden (Anteil des mobilen Thalliums am Gesamtgehalt) kann herangezogen werden, um zwischen dem durch vererzte Gesteine verursachten und aus industriellen Produktionsprozessen emittiertem Thallium zu unterscheiden. Frühere Emissionen des Zementwerkes Leimen sind als Ursache für die dort erhöhten mobilen Thalliumgehalte im Boden nicht auszuschließen (vgl. auch Kapitel 5.1).

Die in den Nutzungsklassen Grünland und Sonderkulturen vorhandenen erhöhten Thalliumgehalte (Tabelle 4.8-1) liegen benachbart um das Zementwerk und sind damit nicht ursächlich mit der Nutzung verbunden. Bedingt durch die geogenen und anthropogenen Besonderheiten im Untersuchungsraum liefert der Tongehalt der Böden keinen Erklärungswert für die Thalliumgesamtgehalte im Boden.

**Tabelle 4.8-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Thalliumgehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Tl <sub>ges</sub> [mg/kg]			Tl <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50P.	90P.	n	50P.	90P.
<b>Hintergrunddatenkollek. nach Siedlungsstruk.</b>	333	0,2	0,5	216	8	36
Außenbereich	190	0,2	0,7	118	7	52
Mannheim	56	0,2	0,4	17	6	19
Heidelberg	29	0,3	1,0	29	14	151
Rhein-Neckar	105	0,2	0,7	72	6	34
Siedlungsbereich	143	0,2	0,4	98	9	31
Mannheim	90	0,2	0,3	46	8	18
Heidelberg	31	0,2	0,4	31	16	39
Rhein-Neckar	22	0,2	0,9	21	7	25
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	54	0,2	0,5	38	5	18
Grünland	60	0,1	0,6	25	6	42
Sonderkultur	27	0,3	1,2	18	9	75
Mannheim	8	0,2	0,4	-	-	-
Heidelberg	7	0,6	1,0	7	12	157
Rhein-Neckar	12	0,2	2,5	11	9	40
Haus- u. Kleingärten	38	0,2	0,4	20	9	21
Forst u.ä. Ökosyst.	49	0,2	0,5	37	12	94
Mannheim	15	0,2	0,3	5	7	-
Heidelberg	6	0,4	1,0	6	40	175
Rhein-Neckar	28	0,2	0,4	26	7	36
Park- u. Grünanl.	55	0,2	0,5	35	8	31
Gewerbe u. Verkehr	16	0,2	0,8	15	12	40
Sport u. Freizeit	9	0,2	0,3	9	6	20
Kinderspielplatz	25	0,2	0,4	19	9	30
<b>nach Tongehaltsgr.</b>						
T1 (< 8% Ton)	34	0,1	0,3	-	-	-
T2 (8 - 17%)	106	0,2	0,8	-	-	-
T3 (17 - 27%)	86	0,3	0,6	-	-	-
T4 (27 - 45%)	43	0,2	0,4	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	0,2	0,7	-	-	-
T6 (> 65%)	-	-	-	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>						
< 3,5	-	-	-	8	17	116
3,5 - 4,5	-	-	-	15	29	68
4,5 - 5,5	-	-	-	11	11	98
5,5 - 6,5	-	-	-	24	7	17
6,5 - 7,5	-	-	-	147	8	33
> 7,5	-	-	-	8	5	15
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
<b>Zementwerk</b>	334	0,7	2,2	55	48	201
<b>Bergbaurandbereich</b>	51	0,6	2,5	30	<5	15

#### 4.9 Zink

Die Zinkgehalte zeichnen, wie bereits das Blei, sehr ausgeprägt die Siedlungsstruktur nach (Karten 4.9-1 und 4.9-2). Während in den Außenbereichen bis zu 149 mg/kg erreicht werden, sind es in den Siedlungsbereichen bis zu 322 mg/kg (Tabelle 4.9-1). Die Zinkgehalte der Böden steigen in der Rangfolge Rhein-Neckar < Heidelberg < Mannheim.

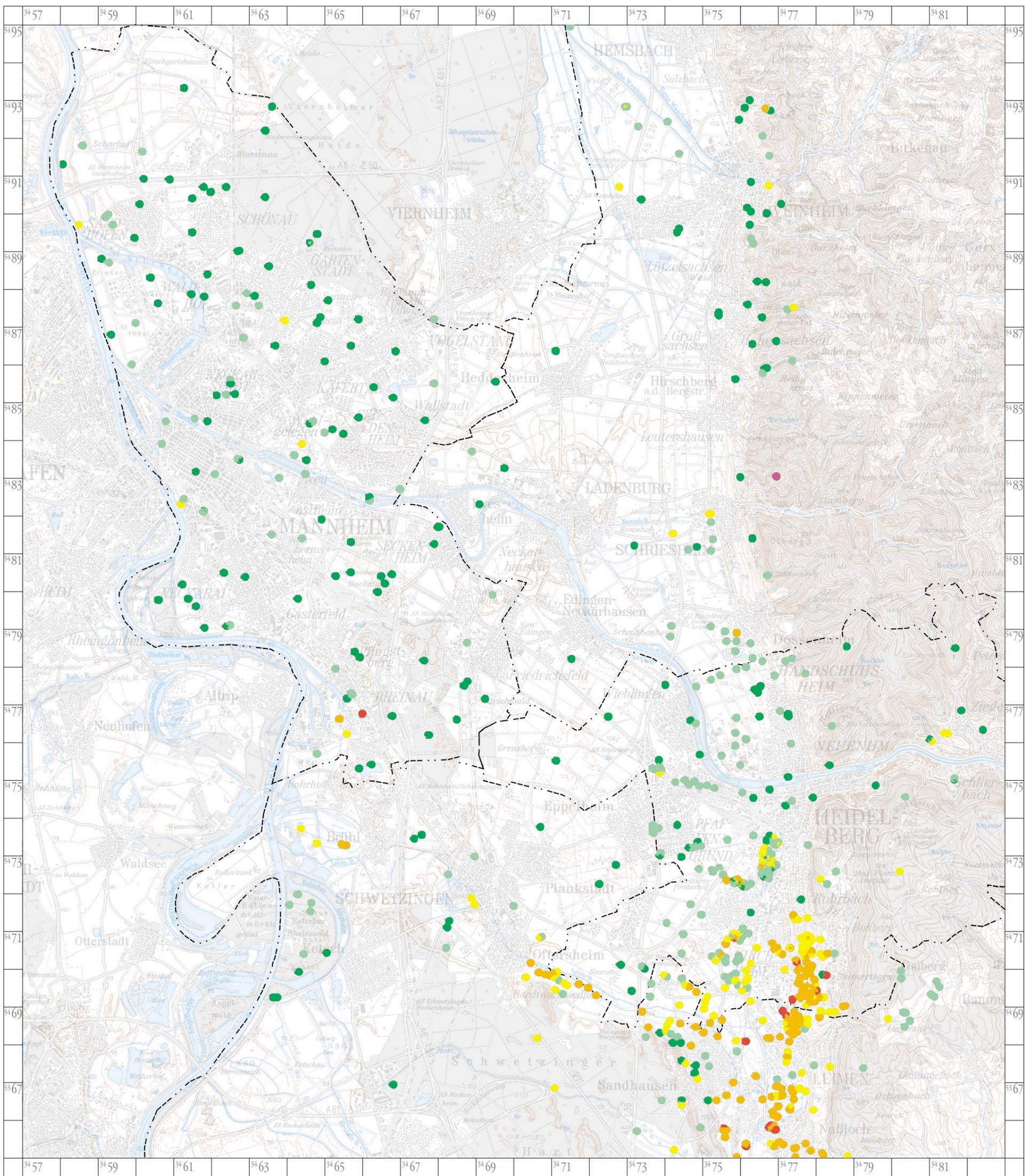
Die höchsten Gehalte über 400 mg/kg werden in Gewerbeflächen erreicht, gefolgt von Haus- und Kleingärten, Sport- und Freizeitanlagen sowie Park- und Grünanlagen.

Um das Zementwerk Leimen und im Bergbaurandbereich sind leicht erhöhte Gehalte bis zu 375 bzw. 338 mg/kg vorhanden.

Das mobile Zink folgt deutlich dem Boden-pH. Demzufolge sind in den Forstböden im Raum Heidelberg die höchsten Gehalte bis 21.000 µg/kg anzutreffen. Wie Blei und Cadmium gehört auch Zink zu den durch die Bodenversauerung besonders leicht mobilisierbaren Schwermetallen.

**Tabelle 4.9-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Zinkgehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	Zn <sub>ges</sub> [mg/kg]			Zn <sub>mob</sub> [µg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek. nach Siedlungsstruk.</b>	778	84	221	229	132	2725
Außenbereich	517	74	149	131	109	4557
Mannheim	151	74	186	25	282	2022
Heidelberg	99	81	183	29	147	14310
Rhein-Neckar	267	71	138	77	48	3861
Siedlungsbereich	261	126	322	98	159	1132
Mannheim	149	136	367	46	223	1024
Heidelberg	68	125	257	31	122	693
Rhein-Neckar	44	95	188	21	61	1776
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	213	84	138	45	107	1391
Grünland	110	77	158	29	21	2074
Sonderkultur	33	75	210	18	65	228
Haus- u. Kleingärten	99	150	368	20	114	756
Mannheim	66	177	390	12	202	1568
Heidelberg	21	135	297	6	<2	118
Rhein-Neckar	12	126	233	2	56	-
Forst u.ä. Ökosyst.	161	44	117	39	1470	11966
Mannheim	33	27	258	6	140	2005
Heidelberg	41	49	200	6	10307	20721
Rhein-Neckar	87	46	98	27	1120	10050
Park- u. Grünanl.	90	103	247	35	121	2350
Gewerbe u. Verkehr	33	148	637	15	424	2307
Mannheim	20	137	684	8	483	16306
Heidelberg	10	117	251	7	126	671
Rhein-Neckar	3	445	-	-	-	-
Sport u. Freizeit	13	84	267	9	137	1210
Kinderspielplatz	26	113	155	19	228	461
<b>nach Tongehaltsgr.</b>	778	84	221	-	-	-
T1 (< 8% Ton)	60	32	124	-	-	-
T2 (8 - 17%)	175	82	233	-	-	-
T3 (17 - 27%)	190	89	216	-	-	-
T4 (27 - 45%)	125	96	216	-	-	-
T5 (45 - 65%)	9	132	346	-	-	-
T6 (> 65%)	24	104	174	-	-	-
<b>nach Boden-pH</b>	-	-	-	229	132	2725
< 3,5	-	-	-	8	4589	16179
3,5 - 4,5	-	-	-	17	3207	13531
4,5 - 5,5	-	-	-	17	1160	8926
5,5 - 6,5	-	-	-	25	132	570
6,5 - 7,5	-	-	-	149	92	476
> 7,5	-	-	-	8	27	189
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Zementwerk	280	124	375	15	64	185
Bergbaurandbereich	105	130	338	16	39	477

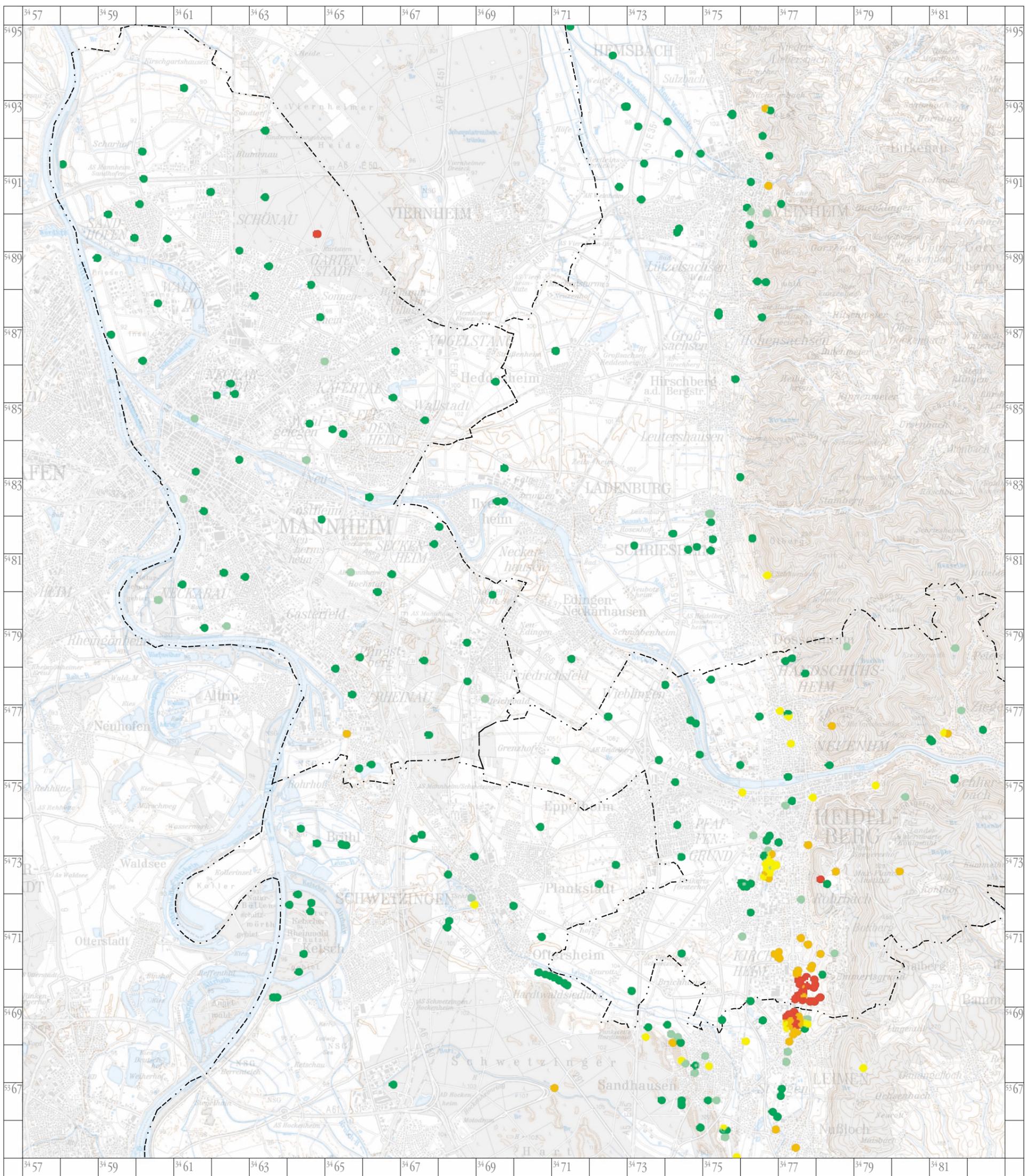


**Thallium-Gesamtgehalt in mg/kg**

< 0,2	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	0,2
≥ 0,2 bis < 0,5	Prüfwert Pflanzen, Tiere und Wasser (TGr1):	0,5
≥ 0,5 bis < 1,0	Prüfwert Kinderspielfläche: Prüfwert Pflanzen, Tiere und Wasser (TGr2-TGr6):	1,0
≥ 1,0 bis < 4,0	Prüfwert Siedlungsfläche:	4,0
≥ 4,0 bis < 15,0	Prüfwert Gewerbefläche:	15
≥ 15,0		



**Karte 4.8-1:** Thallium-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

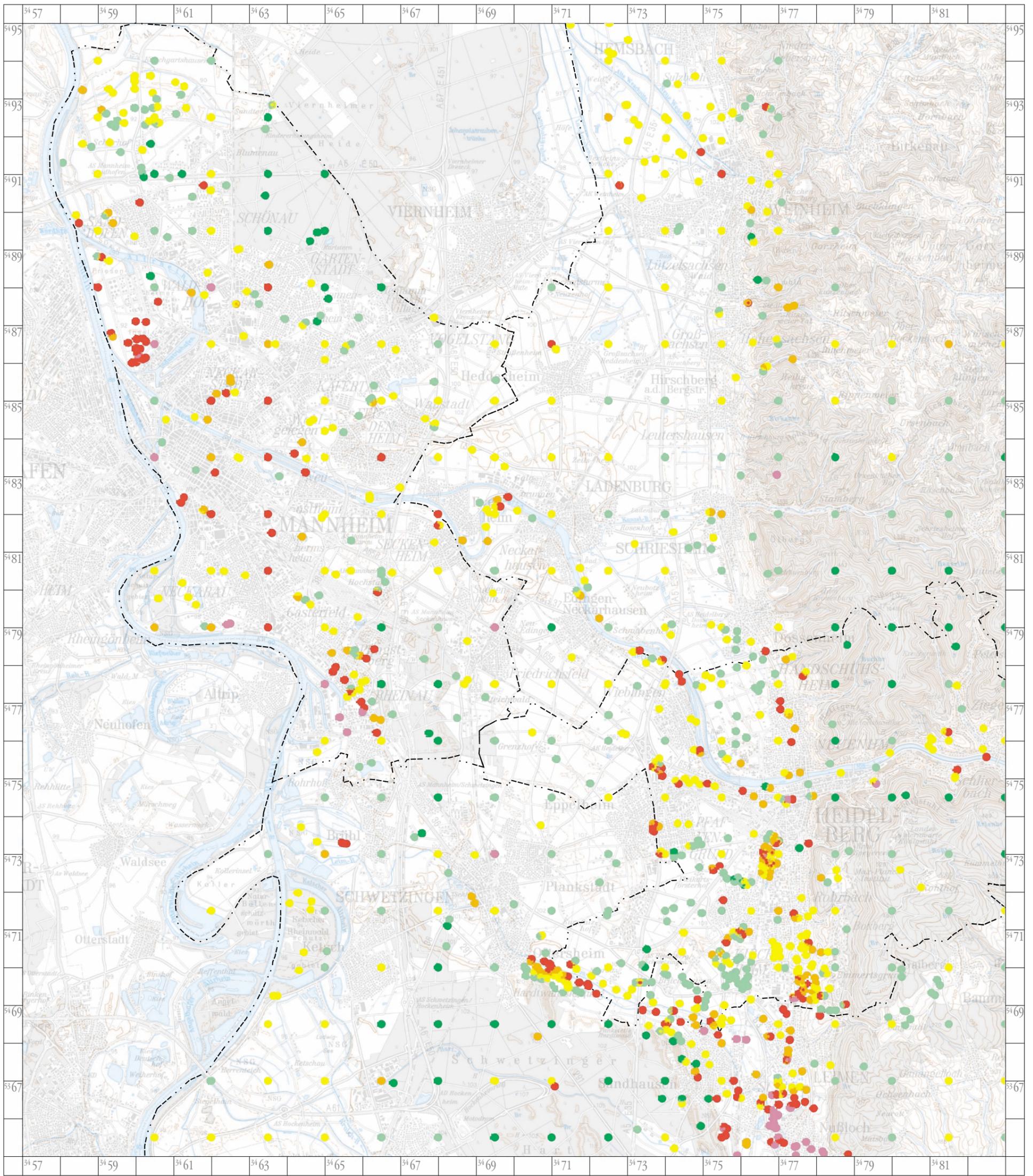


**Mobiles Thallium in µg/kg**

< 14	Hintergrundwert pH >5,5:	14
≥ 14 bis < 25	Hintergrundwert pH 4,5-5:	25
≥ 25 bis < 40	Prüfwert Nahrungs- und Futterpflanzen:	40
≥ 40 bis < 130	Belastungswert Nahrungs- und Futterpflanzen:	130
≥ 130		



**Karte 4.8-2:** Gebalte an mobilem Thallium in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

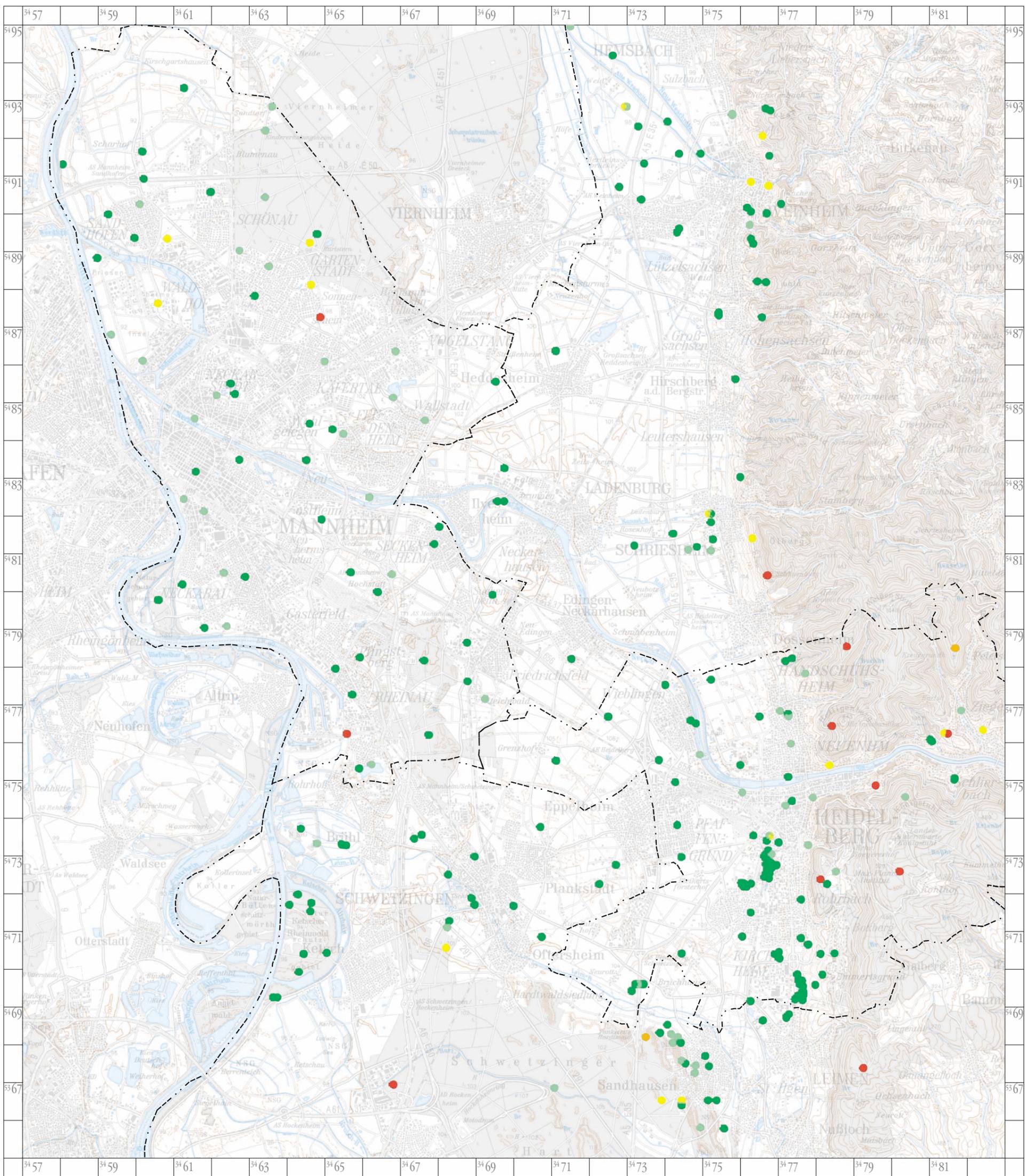


**Zink-Gesamtgehalt in mg/kg**

<b>&lt; 35</b>	Hintergrundwert TGr 1 (0-8% Ton):	35
<b>≥ 35 bis &lt; 75</b>	Hintergrundwert TGr 3 (17-27% Ton):	75
<b>≥ 75 bis &lt; 150</b>	Prüfwert Pflanzen, Tiere und Wasser TGr1:	150
<b>≥ 150 bis &lt; 200</b>	Prüfwert Pflanzen, Tiere und Wasser TGr2-TGr6:	200
<b>≥ 200 bis &lt; 400</b>		
<b>≥ 400</b>		



**Karte 4.9-1:** Zink-Gesamtgehalte der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Mobiles Zink in µg/kg**

< 250	Hintergrundwert pH >6:	250
≥ 250 bis < 2000	Hintergrundwert pH 5-5,5:	2 000
≥ 2000 bis < 5000	Prüfwert Futterpflanzenqualität:	5 000
≥ 5000 bis < 10000	Prüfwert Pflanzenwachstum:	10 000
≥ 10000		



**Karte 4.9-2:** Gebalte an mobilem Zink in Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

#### 4.10 Weitere Spurenelemente

Die Verteilung der Beryllium-, Kobalt-, Uran- und Wismutgesamtgehalte in Böden des Raums Mannheim/Heidelberg dürfte kaum von der Siedlungsstruktur oder durch die Bodennutzung beeinflusst sein (vgl. Tabelle 4.10-1). Das mobile Beryllium erreicht in sehr sauren Forstböden (pH < 3,5) Werte bis 25 µg/kg, das mobile Kobalt erreicht hier Werte bis 1.300 µg/kg.

Erhöhte Antimonergehalte bis 5 mg/kg sind vereinzelt in Gewerbe- und Verkehrsbereichen vorhanden. In den Böden der Siedlungsbereiche sind geringfügig höhere Silbergehalte als in den Außenbereichen vorhanden. Erhöhte Vanadiumgehalte bis ca. 90 mg/kg sind vereinzelt unter Haus- und Kleingärten anzutreffen; erhöhte Zinngehalte bis ca. 9 mg/kg sind vereinzelt unter Sonderkulturen sowie Haus- und Kleingärten vorhanden (nicht dargestellt).

**Tabelle 4.10-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Antimon-, Beryllium-, Kobalt-, Silber-, Uran-, Vanadium-, Wismut- und Zinngehalte (Hintergrunddatenkollektiv)

	ges [mg/kg]			mob [µg/kg]		
	n	50P.	90P.	n	50P.	90P.
<b>Antimon (Sb)</b>						
Außenbereich	116	0,8	1,8	116	3	9
Siedlungsbereich	98	0,8	1,8	97	7	18
<b>Beryllium (Be)</b>						
Außenbereich	116	0,9	1,5	116	<2,0	10,0
Siedlungsbereich	98	0,8	1,4	97	-	<2,0
<b>Kobalt (Co)</b>						
Außenbereich	331	7	11	116	23	118
Siedlungsbereich	149	7	10	97	47	112
<b>Silber (Ag)</b>						
Außenbereich	69	0,2	0,3	69	0,3	0,9
Siedlungsbereich	25	0,2	0,6	24	0,5	0,8
<b>Uran (U)</b>						
Außenbereich	69	0,9	1,7	69	0,7	1,8
Siedlungsbereich	25	0,8	1,6	24	0,6	1,1
<b>Vanadium (V)</b>						
Außenbereich	47	35	56	116	6	28
Siedlungsbereich	73	29	55	97	5	18
<b>Wismut (Bi)</b>						
Außenbereich	69	0,7	1,6	69	<0,1	0,7
Siedlungsbereich	25	0,7	1,6	24	<0,1	0,4
<b>Zinn (Sn)</b>						
Außenbereich	72	2,0	4,4	69	-	<1
Siedlungsbereich	30	2,7	8,3	24	-	<1

#### 4.11 Nitrat

In Tabelle 4.11-1 sind die statistischen Kenndaten der Nitratgehalte aus Trinkwasserschutzgebieten des Großraumes Mannheim/Heidelberg dargestellt.

Während in den Jahren 1991 bis 1993 die Nitratgehalte noch häufig Gehalte bis über 100 kg N/ha erreichen, trifft dies seit 1995 für kein Trinkwasserschutzgebiet mehr zu.

Die von Jahr zu Jahr variierenden Nitratgehalte im Boden sind zum einen auf unterschiedliche Witterungsverhältnisse und zum anderen auf unterschiedlichen Düngemiteleinsetz zurückzuführen.

Die Nitratgehalte der Trinkwasserschutzgebiete unterscheiden sich insgesamt nur geringfügig und liegen im Mittel im landesweiten Durchschnitt (Bezugsjahre 1991/1992).

**Tabelle 4.11-1:** Statistische Kenndaten der Nitratgehalte in Trinkwasserschutzgebieten (WSG) des Großraumes Mannheim/Heidelberg (Angaben in kg Nitrat-N/ha bezogen auf 0-90 cm Bodentiefe; n: mittlere Anzahl der Proben; Datenquelle: LANDWIRTSCHAFTLICHEN UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT AUGUSTENBERG 1997)

WSG-Nr.	WSG-Name	n	1991		1992		1993		1994		1995		1996	
			50.P	90.P										
226_19	Wassergewinnungsverb. Hardtw.-S	45	42	95	31	71	30	85	22	75	16	37	9	34
226_21	Walldorf - Wiesloch	300	63	172	44	138	50	172	41	130	34	92	20	72
226_23	Gem. Nußloch-OT Nußloch	90	53	158	23	89	46	121	21	66	20	57	14	46
226_24	ZV WV Hardtgruppe-Sandhausen	25	38	215	19	65	38	145	24	354	26	76	13	64
226_26	ZV WV Kurpfalz-Heidelberg	217	57	138	36	95	30	74	28	71	21	52	13	52
226_28	Stadtwerke Heidelberg-Kirchhei.	70	65	145	17	59	36	108	27	97	21	66	12	29
226_29	Gemeinde Eppelheim	76	62	146	29	82	40	117	14	61	24	67	16	60
226_30	WV Neckargr.-Edingen-Neckarh.-	399	69	187	31	88	40	114	26	83	25	61	19	50
226_31	RHE, WW MA-Rheinau	383	61	155	48	112	33	91	26	69	21	57	16	53
226_32	Stadtw.HD AG.-HD-Entensee	9	63	107	81	224	53	111	40	76	31	58	17	47
226_38	RHE, WW Ilvesheim	230	68	170	59	106	43	105	33	83	21	49	15	37
226_39	RHE, WW MA-Käfertal	250	58	159	48	128	44	128	32	89	21	50	22	57
226_40	Wasser ZV Bad.Bergstr.-Weinheim	138	77	237	44	117	43	118	30	86	23	55	17	49
226_42	ZV Gruppen-WV Eichelbg./Wilhelms.	81	70	146	38	101	39	112	30	85	37	78	18	51
226_43	Ladenburg/Rosenhof	9	47	416	36	69	28	46	13	72	26	42	12	40
226_44	Wassergewinnungsverb.Lobdengeu	117	68	164	42	123	43	154	25	69	18	76	18	60
226_45	Gruppen WV Obere Bergstr.,Hedd.	145	76	192	42	97	47	118	28	77	29	84	16	56
226_47	ZV WV Kurpfalz-Heidelberg	373	95	256	44	153	59	181	31	102	26	78	27	71
226_50	Gemeinde Plankstadt	73	73	171	28	75	71	198	32	104	18	48	22	71

## 4.12 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Für die Beurteilung der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) wird sowohl die als krebserregend eingestufte Einzelkomponente Benzol[*a*]pyren (BaP) als auch die aus 16 Einzelkomponenten bestehende Summe (PAK<sub>16</sub>) herangezogen. Beide Parameter sind in den Karten und Tabellen nebeneinander dargestellt. Die Gehalte an BaP in Böden betragen in der Regel ca. 10% von PAK<sub>16</sub>. Die Häufigkeitsverteilung beider Parameter ist nahezu identisch.

Die BaP-Gehalte in den Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg sind deutlich durch die Siedlungsstruktur und die Bodennutzung geprägt. Während in den Außenbereichen bis zu 0,4 mg/kg BaP erreicht werden, sind es in den Siedlungsbereichen bis zu 1,0 mg/kg BaP (Tabelle 4.12-1). Sowohl im Außenbereich als auch im Siedlungsbereich liegen in Mannheim höhere BaP-Gehalte vor als in Heidelberg (Karten 4.12-1 und 4.12-2).

Die BaP-Gehalte sind insbesondere in Haus- und Kleingärten sowie im Bereich Gewerbe und Verkehr erhöht, wo die 90. Perzentile den Belastungswert für den Transfer in Nahrungspflanzen von 1,0 mg/kg deutlich überschreiten.

Bei Haus- und Kleingärten liegen die 50. Perzentile für Mannheim und Heidelberg auf dem gleichen Niveau von 0,3 mg/kg. In Haus- und Kleingärten können BaP-Belastungen der Böden beispielsweise von der Verwendung angebrannter Kohlereste zur Düngung entstammen [LENZ et al. 1997].

**Tabelle 4.12-1:** Ausgewählte statistische Kenndaten der PAK-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	BaP [mg/kg]			PAK <sub>16</sub> [mg/kg]		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollek. nach Siedlungsstruk.</b>	132	0,1	0,8	132	1,7	7,7
Außenbereich	52	0,1	0,4	52	0,8	4,0
Mannheim	20	0,1	0,8	20	1,5	6,7
Heidelberg	16	<0,1	0,1	16	0,3	1,7
Rhein-Neckar	16	0,1	0,1	16	0,6	1,8
Siedlungsbereich	80	0,3	1,0	80	2,7	10,9
Mannheim	52	0,3	1,2	52	2,7	15,8
Heidelberg	26	0,3	0,8	26	2,6	7,8
Rhein-Neckar	2	0,1	-	2	1,0	-
<b>nach Nutzungen</b>						
Ackerbau	21	<0,1	0,2	21	0,1	1,5
Grünland	12	0,1	1,1	12	1,0	7,4
Sonderkultur	3	<0,1	-	3	<0,1	-
Haus- u. Kleingärten	17	0,3	1,7	17	2,7	17,0
Forst u.ä. Ökosyst.	16	0,1	0,2	16	1,4	3,1
Park- u. Grünanl.	14	0,3	0,8	14	2,9	7,4
Gewerbe u. Verkehr	21	0,4	1,1	21	3,6	19,4
Sport u. Freizeit	9	0,2	0,4	9	2,4	4,1
Kinderspielplatz	19	0,2	0,5	19	1,4	4,6
<b>sonstige Datenkollektive</b>						
Projekt 41/2 (Gaswerk Luzenberg)	118	0,3	1,0	118	3,4	13,6

Im Bereich Gewerbe und Verkehr liegen die PAK-Gehalte in Mannheim deutlich über den Gehalten in Heidelberg. Diese Beobachtung gilt gleichermaßen, wenn als Hintergrunddatenkollektiv ausschließlich die jüngste Erhebung zum Bodenzustandsbericht betrachtet wird (Projekt 2/61).

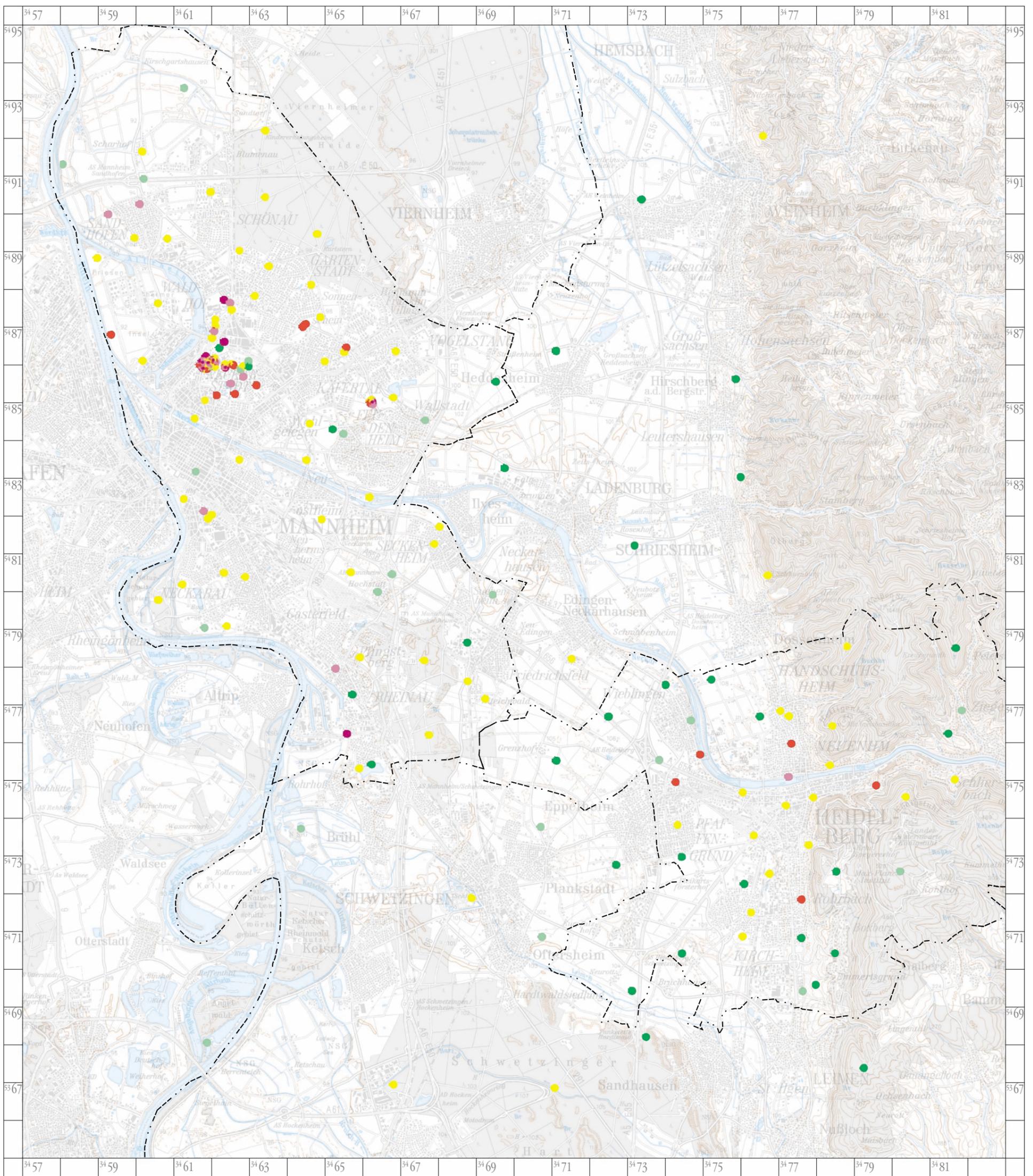
Im Umfeld des ehem. Gaswerks Luzenberg, Mannheim wurden in den Jahren 1989 bis 1992 erhöhte PAK-Gehalte festgestellt (Projekt 41/2). Die Anwohner wurden informiert und auf Einschränkungen hinsichtlich der gärtnerischen Nutzung ihrer Hausgärten hingewiesen.

Im Jahr 1997 wurden auch in Heidelberg an der über einer Altablagerung gelegenen „Kleingartenanlage Speyerer Straße“ Bodenbelastungen mit Benzo[a]pyren und DDT festgestellt [IBL 1997].

In Tabelle 4.12-2 sind die 50. und 90. Perzentile für die PAK-Einzelkomponenten unterschieden nach Außenbereich und Siedlungsbereich dargestellt. Neben Benzo[a]pyren sind auch Fluoranthen und Pyren mengenbedeutsame Einzelkomponenten, während die leicht flüchtigen Komponenten Naphthalin, Acenaphtylen, Acenaphten und Fluoren in Konzentrationen unter 0,1 mg/kg in der Regel unbedeutend sind.

**Tabelle 4.12-2: Häufigkeitsverteilung der PAK-Einzelkomponenten der Böden (n = 132)**

	n	[mg/kg]		%
		50.P	90.P (50.P)	
<b>Außenbereich</b>				
Naphthalin	52	-	<0,10	-
Acenaphtylen	52	-	<0,10	-
Acenaphten	52	-	<0,10	-
Fluoren	52	-	<0,10	-
Phenan-thren	52	0,06	0,28	7,1%
Anthracen	52	<0,10	0,09	2,2%
Fluoranthen	52	0,16	0,71	17,8%
Pyren	52	0,15	0,60	15,0%
Benzo[a]anthracen	52	0,08	0,35	8,7%
Chrysen	52	0,08	0,35	8,7%
Benzo[b]fluoranthen	52	<0,10	0,32	7,9%
Benzo[k]fluoranthen	52	0,05	0,25	6,3%
Benzo[a]pyren	52	0,09	0,38	9,6%
Indeno[c,d]pyren	52	0,06	0,18	4,6%
Dibenz[a,h]anthracen	52	<0,10	0,11	2,7%
Benzo[ghi]perylen	52	0,08	0,32	8,0%
PAK-Summe (16)	52	0,82	3,99	100,0%
<b>Siedlungsbereich</b>				
Naphthalin	80	-	<0,10	-
Acenaphtylen	80	-	<0,10	-
Acenaphten	80	-	<0,10	-
Fluoren	80	<0,10	0,08	0,7%
Phenan-thren	80	0,14	0,66	6,0%
Anthracen	80	<0,10	0,20	1,9%
Fluoranthen	80	0,45	1,99	18,2%
Pyren	80	0,42	2,04	18,7%
Benzo[a]anthracen	80	0,29	1,06	9,7%
Chrysen	80	0,24	0,79	7,2%
Benzo[b]fluoranthen	80	0,14	0,66	6,1%
Benzo[k]fluoranthen	80	0,17	0,63	5,7%
Benzo[a]pyren	80	0,30	1,01	9,3%
Indeno[c,d]pyren	80	0,19	0,70	6,4%
Dibenz[a,h]anthracen	80	0,06	0,25	2,3%
Benzo[ghi]perylen	80	0,24	0,83	7,6%
PAK-Summe (16)	80	2,67	10,92	100,0%

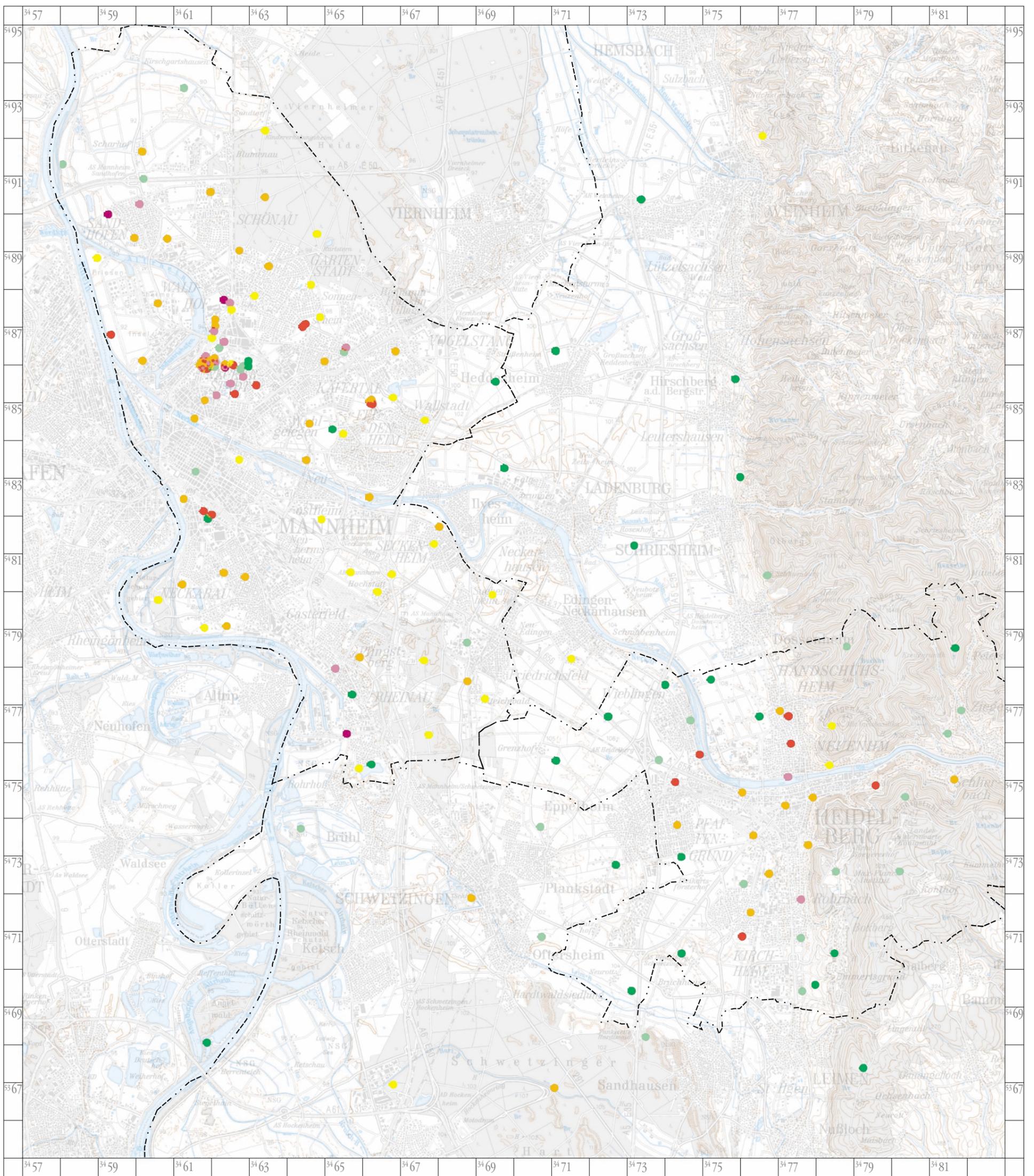


**PAK-Gesamtgehalt in  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (16 PAK nach EPA)**

<b>&lt; 500</b>	
<b><math>\geq 500</math> bis &lt; 1000</b>	
<b><math>\geq 1000</math> bis &lt; 5000</b>	Hintergrundwert Mineralböden: 1 000
<b><math>\geq 5000</math> bis &lt; 10000</b>	Prüfwert Kinderspielfläche: 5 000
<b><math>\geq 10000</math> bis &lt; 25000</b>	Prüfwert Wasser: 5 000
<b><math>\geq 25000</math></b>	Belastungswert Pflanzen und Tiere: 10 000
	Prüfwert Siedlungsfläche: 25 000



**Karte 4.12-1:** Gebalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**Benzo[a]pyren-Gesamtgehalt in µg/kg**

< 50		
≥ 50 bis < 100	Hintergrundwert Mineralböden:	100
≥ 100 bis < 200	Prüfwert Wasser:	200
≥ 200 bis < 500	Prüfwert Kinderspielfläche:	500
≥ 500 bis < 1000	Belastungswert Pflanzen und Tiere:	1000
≥ 1000 bis < 2500	Prüfwert Siedlungsfläche:	2500
≥ 2500		

**Karte 4.12-2:** Gebalte an Benzo[a]pyren der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



### 4.13 Polychlorierte Biphenyle

Die Gehalte an polychlorierten Biphenylen (PCB) in Böden des Raums Mannheim/Heidelberg variieren nach der Siedlungsstruktur und der Bodennutzung. In den Böden der Außenbereiche werden bis zu 26 µg/kg PCB<sub>6</sub> erreicht, in den Böden der Siedlungsbereiche bis zu 70 µg/kg (Tabelle und Karte 4.13-1).

Erhöhte Gehalte werden in Böden von Haus- und Kleingärten, im Bereich Gewerbe und Verkehr und vereinzelt bei Grünlandnutzung sowie Park- und Grünanlagen angetroffen. Zudem weisen die organischen Auflagen der Forstböden insgesamt ein erhöhtes Niveau auf, was durch ein hohes 50. Perzentil von 28,5 µg/kg zum Ausdruck kommt.

PCB<sub>6</sub>-Gehalte oberhalb 100 µg/kg treten lokal gehäuft im Raum Mannheim auf (Karte 4.13-1).

Die PCB-Einzelkongenere weisen ein für diffus kontaminierte Böden typisches Profil auf [vgl. UM 1995], wobei die Tri- und Tetrachlorbiphenyle (PCB 28 und PCB 52) gegenüber den Penta- bis Heptachlorbiphenylen (PCB 101 - 180) abgereichert sind.

**Tabelle 4.13-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der PCB-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	n	[µg/kg]		%
		50.P	90.P	
<b>Hintergrunddatenkollek.</b>	279	5,5	49,3	-
<b>Summe PCB<sub>6</sub></b>				
<b>nach Siedlungsstruk.</b>				
Außenbereich	167	2,7	26,2	-
Mannheim	19	8,1	51,2	-
Heidelberg	32	2,9	16,6	-
Rhein-Neckar	116	2,2	28,3	-
Siedlungsbereich	112	15,1	70,2	-
Mannheim	46	19,2	194,5	-
Heidelberg	32	14,0	57,9	-
Rhein-Neckar	34	9,6	56,0	-
<b>nach Nutzungen</b>				
Ackerbau	62	2,4	7,5	-
Grünland	39	4,3	68,9	-
Sonderkultur	13	<1,0	8,7	-
Haus- u. Kleingärten	33	19,5	183,2	-
Forst u.ä. Ökosyst.				
Mineralböden	53	2,6	28,4	-
Organ. Auflagen	49	28,5	55,8	-
Park- u. Grünanl.	30	8,9	71,8	-
Gewerbe u. Verkehr	21	21,6	55,8	-
Sport u. Freizeit	9	12,0	31,4	-
Kinderspielpl	19	11,0	31,0	-
<b>Einzelkongenere</b>				
<b>nach Siedlungsstruk.</b>				
Außenbereich				
PCB 28	167	-	<1,0	3%
PCB 52	167	-	<1,0	3%
PCB 101	167	<1,0	1,9	8%
PCB 138	167	1,2	6,5	29%
PCB 153	167	1,1	7,9	35%
PCB 180	167	<1,0	5,1	22%
Siedlungsbereich				
PCB 28	112	<1,0	2,1	3%
PCB 52	112	<1,0	3,3	4%
PCB 101	112	1,4	7,1	9%
PCB 138	112	5,3	26,1	34%
PCB 153	112	4,7	23,3	31%
PCB 180	112	2,9	14,2	19%

#### 4.14 Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane

Im Unterschied zu den bislang behandelten Schadstoffen, liegen für polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) erst für den Stadtkreis Heidelberg flächenrepräsentative Meßdaten vor. Die Daten des Stadtkreises Mannheim wurden zumeist in den Stadtteilen Rheinau, Casterfeld, Sandhofen, Schönau und Friesenheimer Insel erhoben und repräsentieren erst einen Ausschnitt aus dem Stadtgebiet (vgl. Karte 4.14-1).

Im Stadtkreis Heidelberg werden PCDD/F-Gehalte bis zu 10 ng/kg I-TEq erreicht. Die PCDD/F-Gehalte im Raum Heidelberg liegen im Vergleich zu anderen Verdichtungsräumen des Landes auf einem niedrigen Niveau (vgl. Kapitel 5.3).

In den bislang untersuchten Stadtteilen von Mannheim wurden Gehalte bis zu 38 ng/kg I-TEq im Außenbereich und 26 ng/kg I-TEq im Siedlungsbereich ermittelt (Tabelle und Karte 4.14-1).

Erhöhte PCDD/F-Gehalte in Mannheim sind überwiegend in Böden unter Grünlandnutzung sowie in Park- und Grünanlagen vorhanden. Die erhöhten Gehalte dieser Standorte sind in der Regel nicht ursächlich mit der Nutzung dieser Standorte verknüpft.

Im Umfeld von Emittenten wurden in Ma-Rheinau bis 126 ng/kg I-TEq ermittelt (Projekt 2/28, Tabelle 4.14.1). Industrielle Emissionen dürften hier ursächlich für die in diesem Stadtteil erhöhten PCDD/F-Gehalte verantwortlich sein. In Ma-Rheinau wurden 18 Gärten durch Austausch des Oberbodens saniert. Für die betroffenen Bereiche wurden Nutzungsbeschränkungen ausgesprochen.

**Tabelle 4.14-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der PCDD/F-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	PCDD/F als I-TEq [ng/kg]		
	n	50.P	90.P
<b>Hintergrunddatenkollektiv</b>	235	5	19
<b>Nach Siedlungsstruktur</b>			
Außenbereich	97	4	14
Mannheim	24	7	38
Heidelberg	63	2	10
Rhein-Neckar	10	5	7
Siedlungsbereich	138	5	22
Mannheim	88	10	26
Heidelberg	46	2	9
Rhein-Neckar	4	2	-
<b>Nach Nutzungen</b>			
Ackerbau	33	2	7
Grünland	48	4	14
Mannheim	12	10	39
Heidelberg	35	2	7
Rhein-Neckar	1	7	-
Sonderkultur	2	8	-
Haus- u. Kleingärten	58	8	17
Mannheim	33	10	23
Heidelberg	25	4	13
Rhein-Neckar	-	-	-
Forst u.ä. Ökosyst.	14	9	20
Park- u. Grünanl.	12	14	142
Mannheim	6	40	296
Heidelberg	6	2	18
Rhein-Neckar	-	-	-
Gewerbe u. Verkehr	18	2	13
Sport u. Freizeit	8	7	24
Kinderspielplatz	42	5	21
<b>Sonstiges Datenkollektiv</b>			
<b>Projekt 2/28 (PCDD/F im Umfeld von Emittenten)</b>	59	5	84
Mannheim(-Rheinau)	47	8	126
Heidelberg	6	1	2
Rhein-Neckar	6	1	2

Die Tabelle 4.14-2 schlüsselt die 17 untersuchten PCDD/F-Komponenten, die für die Bewertung nach den internationalen Toxizitätsäquivalenten (I-TEq) herangezogen werden, getrennt auf. Die Tabelle gibt darüber hinaus das durchschnittliche Homologenprofil wieder, welches für die Beurteilung künftiger Messungen herangezogen werden kann. Auf die Einbeziehung der Daten aus Mannheim wurde verzichtet, da diese Daten in nicht für das gesamte Stadtgebiet repräsentativen Stadtteilen erhoben wurden.

**Tabelle 4.14-2: Häufigkeitsverteilung der 17 PCDD/F-Einzelkongenere und das durchschnittliche Homologenprofil in Böden der Kreise Heidelberg und Rhein-Neckar**

	I-TEF	n	[ng/kg]		%
			50.P	90.P	
<b>Hintergrunddatenkollektiv</b>					
<b>Heidelberg/Rhein-Neckar</b>					
2,3,7,8-TCDD	1,0	121	<0,5	1,0	-
1,2,3,7,8-PCDD	0,5	122	<0,5	1,1	-
1,2,3,4,7,8-HCDD	0,1	122	<0,5	2,0	-
1,2,3,6,7,8-HCDD	0,1	122	1,4	7,9	-
1,2,3,7,8,9-HCDD	0,1	122	<0,5	2,7	-
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDD	0,01	122	16,2	79,4	-
Octa-CDD	0,001	122	95,5	806,7	-
2,3,7,8-TCDF	0,1	122	1,6	4,4	-
1,2,3,7,8-PCDF	0,05	122	1,9	5,9	-
2,3,4,7,8-PCDF	0,5	122	1,5	4,5	-
1,2,3,4,7,8-HCDF	0,1	122	2,3	8,3	-
1,2,3,6,7,8-HCDF	0,1	117	1,9	7,4	-
1,2,3,7,8,9-HCDF	0,1	122	<0,5	0,0	-
2,3,4,6,7,8-HCDF	0,1	122	1,3	5,0	-
1,2,3,4,6,7,8-HeptaCDF	0,01	122	10,3	33,2	-
1,2,3,4,7,8,9-HeptaCDF	0,01	122	0,8	3,1	-
Octa-CDF	0,001	121	23,7	123,2	-
<b>I-TEq nach NATO</b>	-	<b>123</b>	<b>2,6</b>	<b>9,1</b>	-
Summe TCDD	-	122	7,9	25,8	3%
Summe PCDD	-	122	9,2	26,8	3%
Summe HexaCDD	-	122	16,0	67,6	6%
Summe Hepta CDD	-	122	28,1	138,6	10%
Summe Octa-CDD	0,001	122	95,5	806,7	35%
Summe TCDF	-	121	28,7	77,1	11%
Summe PCDF	-	122	25,9	88,2	9%
Summe HexaCDF	-	122	19,5	73,7	7%
Summe Hepta CDF	-	122	17,8	60,2	7%
Summe Octa-CDF	0,001	121	23,7	123,2	9%
SUM. TETRA-OKTA-CDD	-	118	146,7	1003,1	59%
SUM. TETRA-OKTA-CDF	-	118	102,8	423,1	41%

#### 4.15 Chlorpestizide

Von den in der 4. Verwaltungsvorschrift zum BodSchG genannten chlorierten Pestiziden sind in den Böden des Raums Mannheim/Heidelberg HCB,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH (Lindan), Dieldrin und DDT in mehr als 10% der Böden nachweisbar (Tabelle 4.15-1 bis 4.15-4).  $\alpha$ -HCH, Heptachlor und Endrin sind in der Regel in Böden nicht nachweisbar.

Die Pestizid-Gehalte sind insgesamt im Außenbereich höher als im Siedlungsbereich, wobei die Forstböden immer die niedrigsten Gehalte aufweisen (vgl. auch Karten 4.15-1 bis 4.15-3).

Während HCB überwiegend in Böden unter Ackerbau zu finden ist, wo es als Fungizid eingesetzt wurde, ist HCH vorwiegend in den Bereichen Haus- und Kleingärten sowie Gewerbe und Verkehr zu finden. DDT tritt vorwiegend in Haus- und Kleingärten und unter Sonderkulturnutzung auf. Auffällig sind erhöhte DDT-Gehalte an Weinbaustandorten (vgl. Kapitel 5.1).

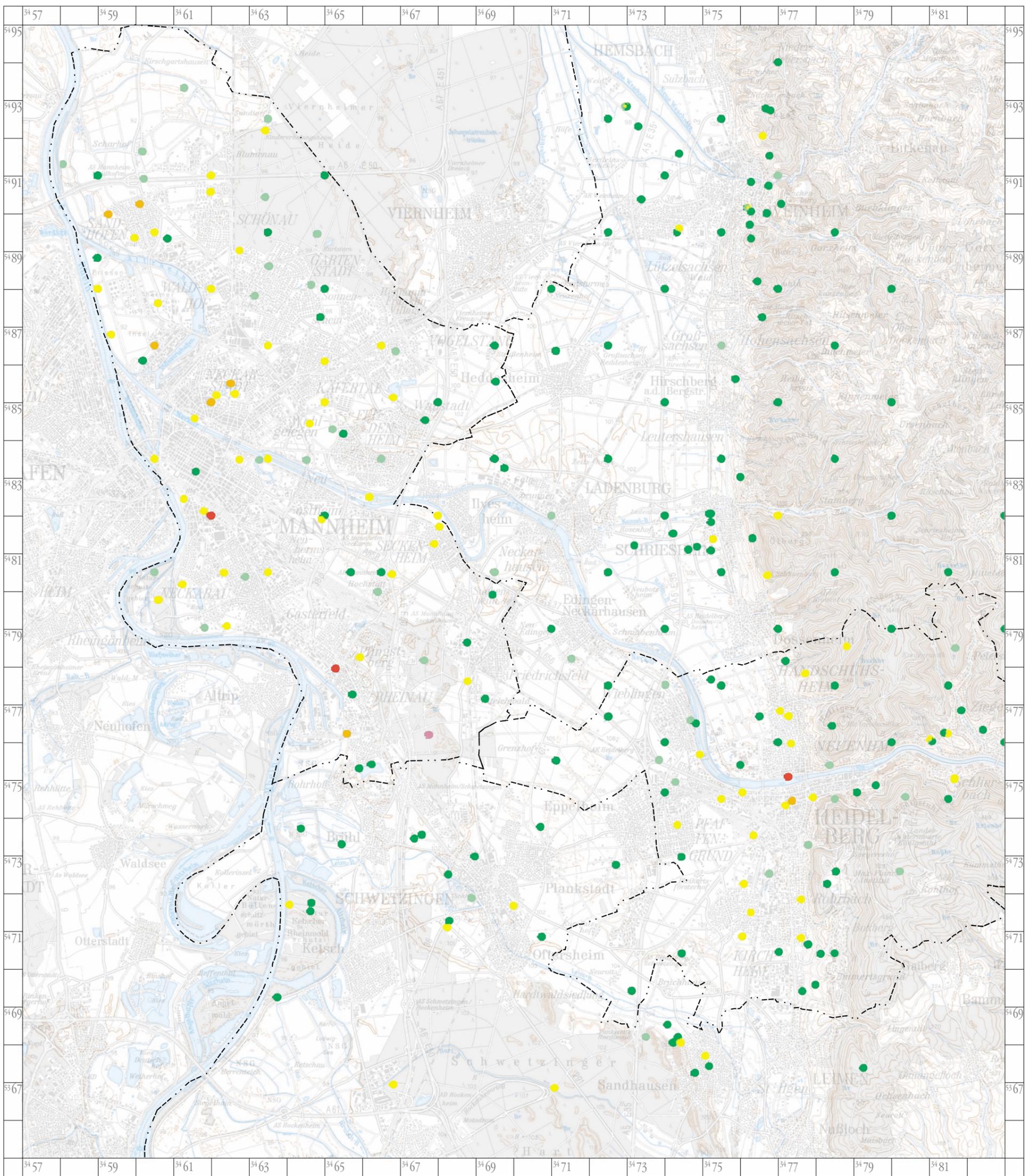
Mit Ausnahme von DDT liegen die Pestizidgehalte in der Regel weit unterhalb von Prüfwerten.

**Tabelle 4.15-1:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der HCB-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	n	[ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	
		50P.	90P.
<b>Hexachlorbenzol</b>	232	<1,0	5,3
<b>nach Siedlungsstruk.</b>			
Außenbereich	140	<1,0	5,9
Mannheim	24	<1,0	5,0
Heidelberg	22	<1,0	3,0
Rhein-Neckar	94	<1,0	6,7
Siedlungsbereich	92	<1,0	3,5
Mannheim	45	<1,0	4,1
Heidelberg	28	<1,0	2,5
Rhein-Neckar	19	<1,0	3,2
<b>nach Nutzungen</b>			
Ackerbau	56	2,6	8,3
Grünland	38	<1,0	3,8
Sonderkultur	3	<1,0	-
Haus- u. Kleingärten	30	<1,0	2,8
Forst u.ä. Ökosystem	43	<1,0	2,1
Park- u. Grünanlage	14	0,4	9,3
Gewerbe u. Verkehr	20	<1,0	3,5
Sport u. Freizeit	9	<1,0	3,0
Kinderspielplatz	19	<1,0	3,8

**Tabelle 4.15-2:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der Aldrin-, Heptachlor-, Dieldrin-, Endrin- und Chlordan-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	n	[ $\mu\text{g}/\text{kg}$ ]	
		50.P	90.P
Aldrin	89	-	<1,0
Heptachlor	120	-	<1,0
Dieldrin	209	<1,0	2,2
Endrin	209	-	<1,0
Alpha-Chlordan	120	-	<1,0
Gamma-Chlordan	124	-	<1,0
<b>Chlordan-Summe</b>	120	-	<1,0

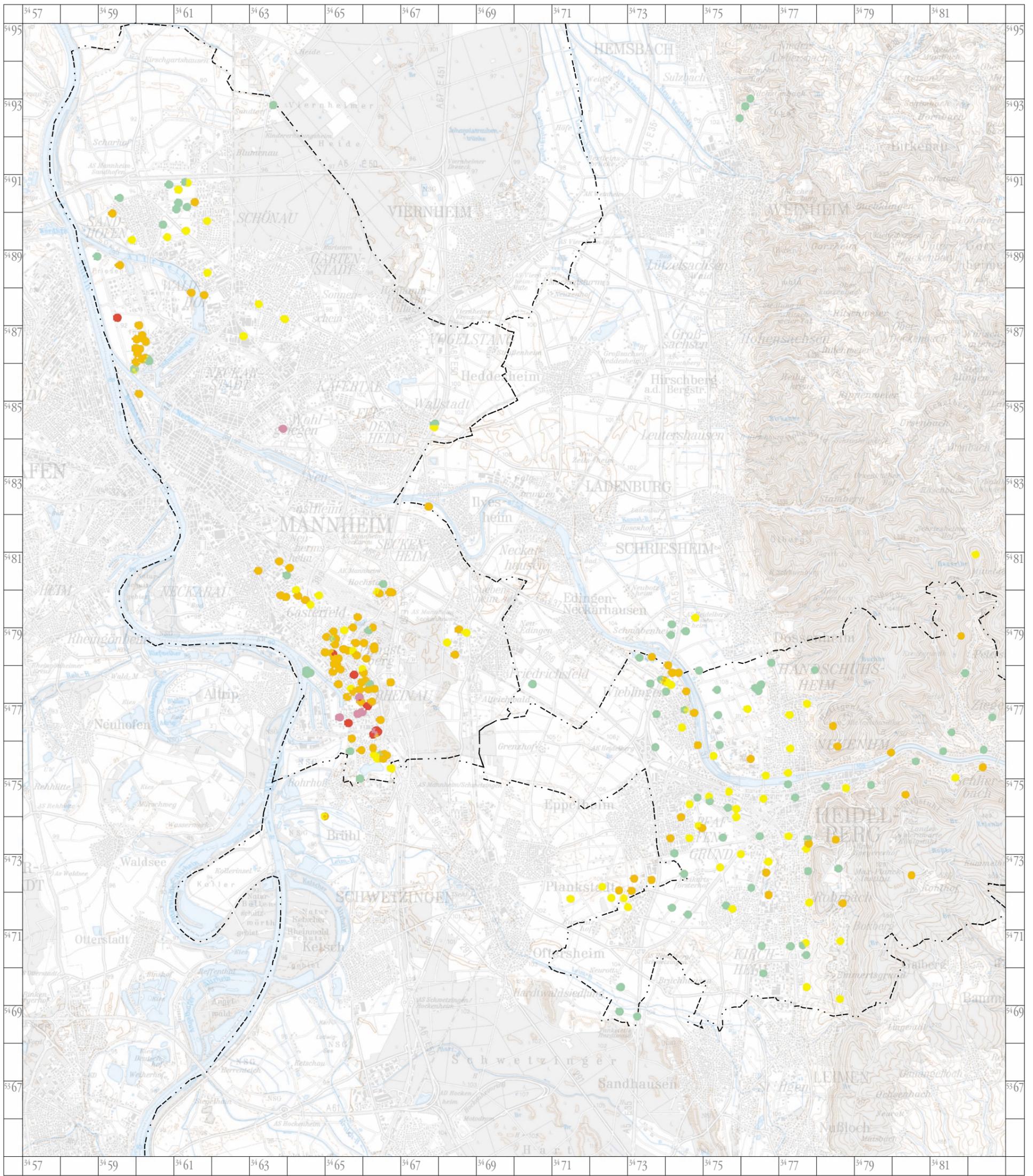


**PCB-Gesamtgehalt in µg/kg (Summe der 6 PCB-Kongenere PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180)**

<b>&lt; 6,5</b>	
<b>≥ 6,5 bis &lt; 13</b>	Hintergrundwert Mineralböden: 13
<b>≥ 13 bis &lt; 100</b>	Prüfwert Wasser: 100
<b>≥ 100 bis &lt; 300</b>	Belastungswert Pflanzen und Tiere: 300
<b>≥ 300 bis &lt; 600</b>	
<b>≥ 600</b>	



**Karte 4.13-1:** Gebalte an polychlorierten Biphenylen der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

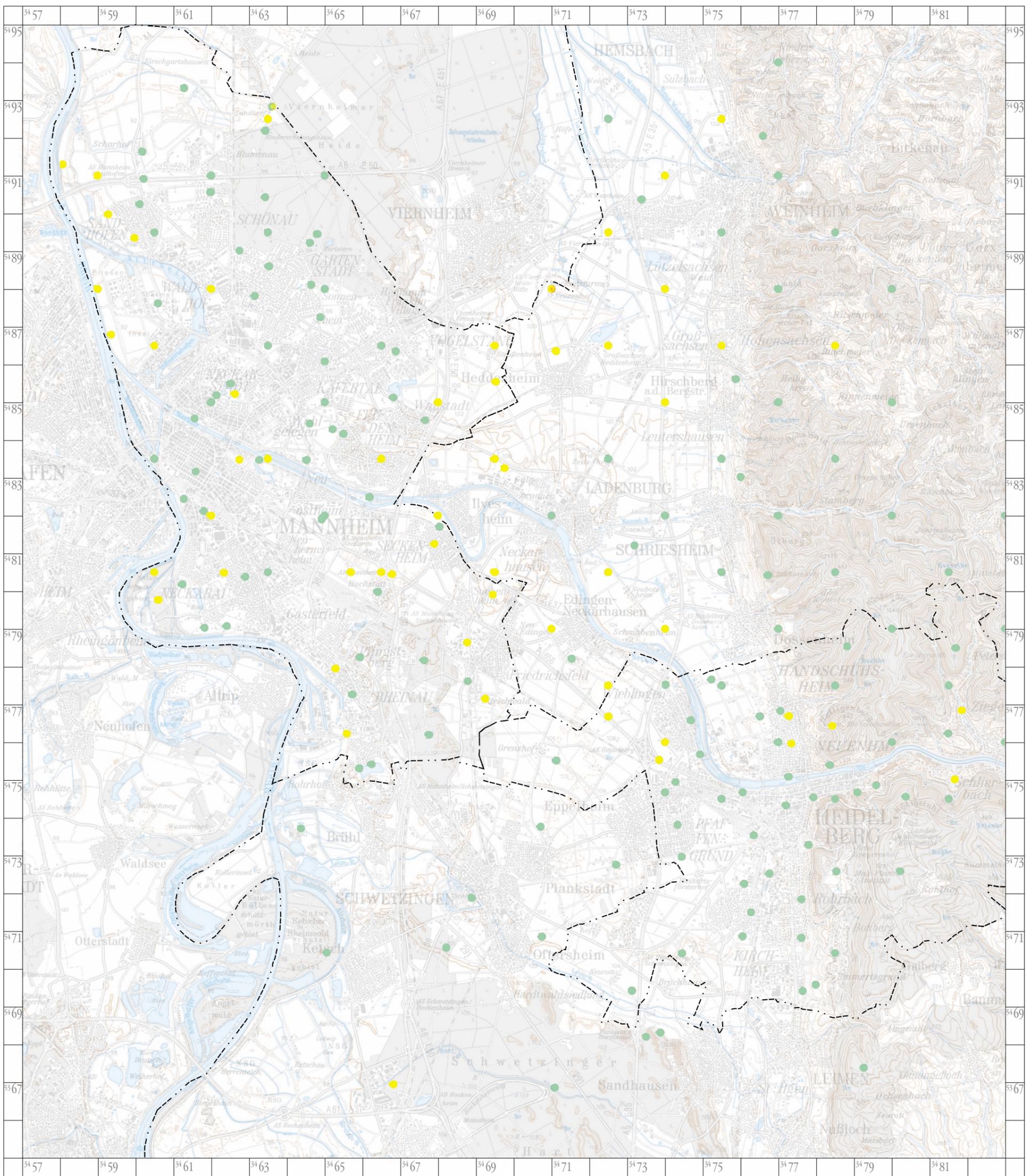


**PCDD/F-Gesamtgehalt in ng[I-TEq]/kg**

≤ 2	Hintergrundwert:	2
≥ 2 bis < 5	Prüfwert Pflanzen und Tiere:	5
≥ 5 bis < 40	Belastungswert Pflanzen und Tiere:	40
≥ 40 bis < 100		
≥ 100		

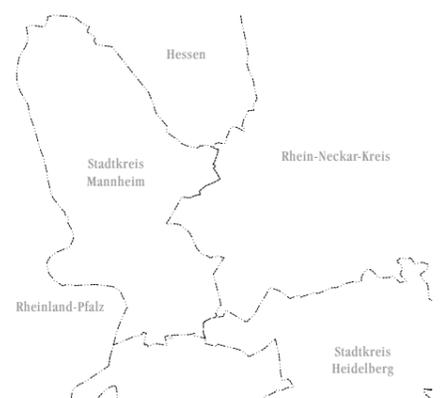


**Karte 4.14-1:** Gebalte an polychlorierten Dibenzo-p-dioxinen und Dibenzofuranen der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

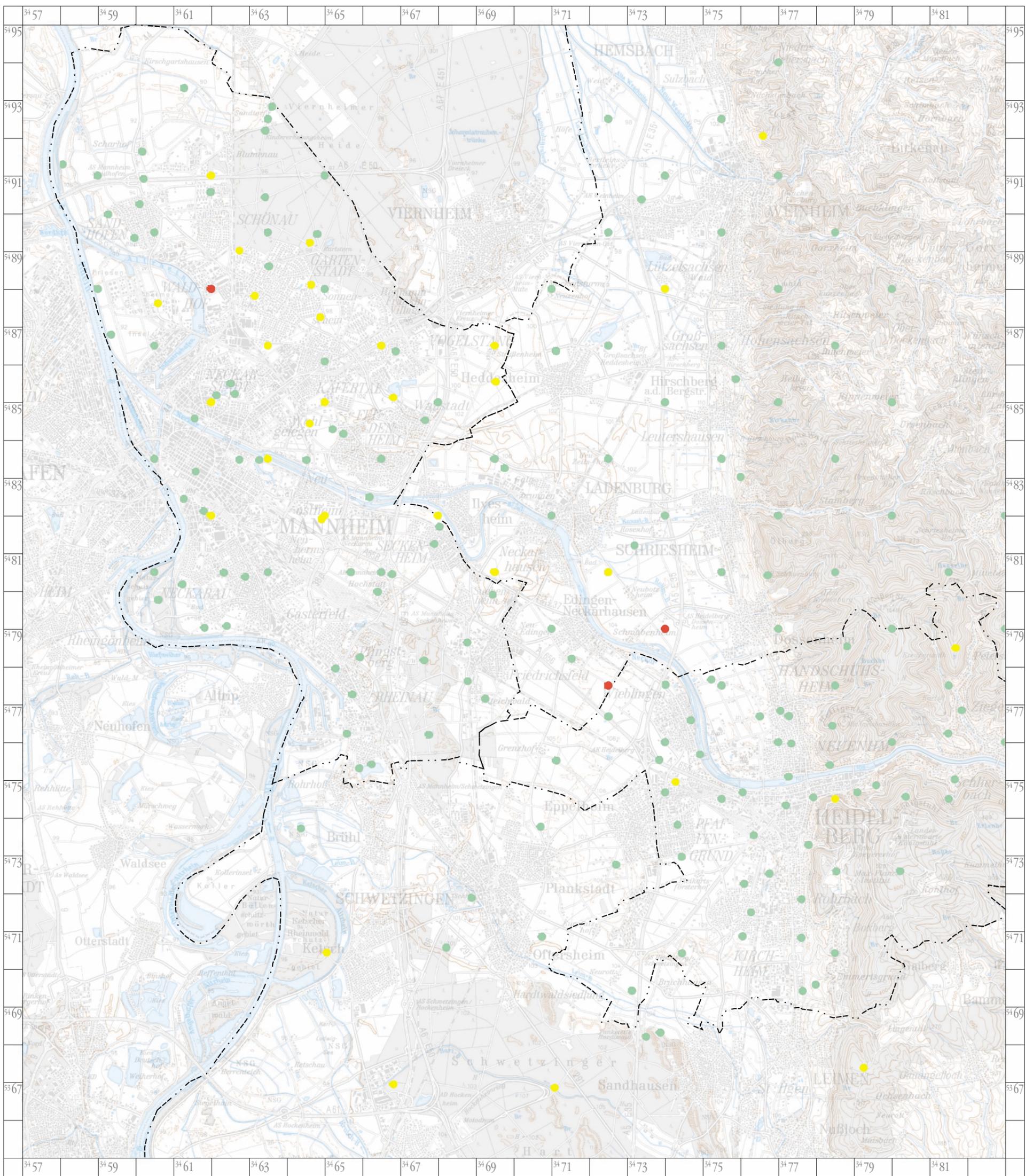


**HCB-Gesamtgehalt in µg/kg**

≤ 2	Hintergrundwert Mineralböden:	2
≥ 2 bis < 20	Prüfwert Wasser:	20
≥ 20 bis < 50	Belastungswert Pflanzen und Tiere:	50
≥ 50		



**Karte 4.15-1:** Gebalte an Hexachlorbenzol der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

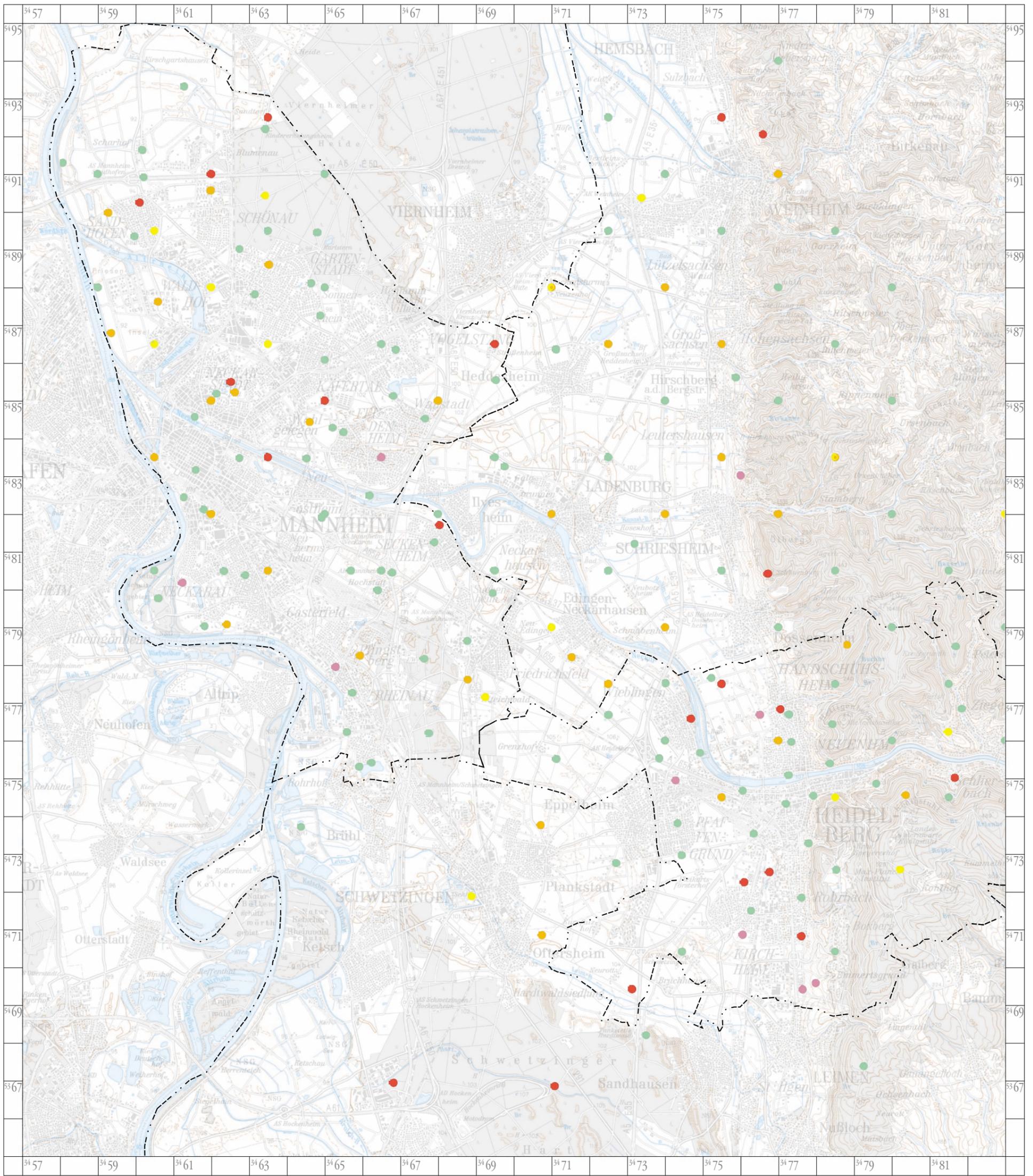


**Lindan-Gesamtgehalt in µg/kg**

≤ 2	Hintergrundwert Mineralböden:	2
≥ 2 bis < 20	Prüfwert Wasser:	20
≥ 20 bis < 50	Belastungswert Pflanzen und Tiere:	50
≥ 50 bis < 2000		
≥ 2000		



**Karte 4.15-2:** Gebalte an Lindan der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg



**DDT-Gesamtgehalt in µg/kg**

≤ 15	Hintergrundwert:	15
≥ 15 bis < 20	Prüfwert Wasser:	20
≥ 20 bis < 50		
≥ 50 bis < 100	Belastungswert Pflanzen und Tiere:	100
≥ 100		



**Karte 4.15-3:** Gebalte an DDT der Böden im Großraum Mannheim/Heidelberg

**Tabelle 4.15-3:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der HCH-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	n	[µg/kg]	
		50P.	90P.
<b>Alpha-HCH</b>			
Außenbereich	140	-	<1,0
Siedlungsbereich	92	-	<1,0
<b>Beta-HCH</b>			
Außenbereich	140	<1,0	1,1
Siedlungsbereich	92	<1,0	0,6
<b>Gamma-HCH (Lindan)</b>			
Außenbereich	140	<1,0	3,6
Siedlungsbereich	92	<1,0	2,6
<b>Delta-HCH</b>	112	<1,0	1,9
<b>HCH-Summe</b>	209	<1,0	3,7
<b>nach Siedlungsstruk.</b>			
Außenbereich	117	<1,0	4,1
Mannheim	15	<1,0	2,1
Heidelberg	20	<1,0	4,0
Rhein-Neckar	82	1,2	4,3
Siedlungsbereich	92	<1,0	3,4
Mannheim	45	<1,0	2,6
Heidelberg	28	<1,0	1,5
Rhein-Neckar	19	3,3	23,3
<b>nach Nutzungen</b>			
Ackerbau	46	1,2	4,5
Grünland	27	1,2	6,1
Sonderkultur	3	<1,0	-
Haus- u. Kleingärten	30	<1,0	9,3
Forst u.ä. Ökosyst.	41	<1,0	2,7
Park- u. Grünanl.	14	<1,0	2,9
Gewerbe u. Verkehr	20	<1,0	6,4
Sport u. Freizeit	9	-	<1,0
Kinderspielpl	19	-	<1,0

**Tabelle 4.15-4:** Ausgewählte statistische Kenngrößen der DDT-Gehalte der Böden des Großraumes Mannheim/Heidelberg

	n	[µg/kg]	
		50P.	90P.
<b>DDE p,p'</b>	232	3,1	24,7
Außenbereich	140	2,3	18,1
Siedlungsbereich	92	4,3	29,0
<b>DDE o,p'</b>	209	-	<1,0
Außenbereich	117	-	<1,0
Siedlungsbereich	92	-	<1,0
<b>DDD o,p'</b>	232	-	<1,0
Außenbereich	140	-	<1,0
Siedlungsbereich	92	-	<1,0
<b>DDD p,p'</b>	232	<1,0	2,8
Außenbereich	140	<1,0	2,1
Siedlungsbereich	92	<1,0	4,2
<b>DDT o,p'</b>	232	<1,0	4,2
Außenbereich	140	<1,0	3,7
Siedlungsbereich	92	<1,0	5,3
<b>DDT p,p'</b>	232	3,6	27,3
Außenbereich	140	3,0	22,0
Siedlungsbereich	92	4,5	31,3
<b>DDT-Summe</b>	209	9,9	66,7
<b>nach Siedlungsstruktur</b>			
Außenbereich	117	8,4	63,8
Mannheim	15	7,0	18,8
Heidelberg	20	13,4	155,9
Rhein-Neckar	82	8,6	62,3
Siedlungsbereich	92	11,2	68,5
Mannheim	45	6,4	55,6
Heidelberg	28	9,9	79,9
Rhein-Neckar	19	20,0	60,7
<b>nach Nutzungen</b>			
Ackerbau	46	11,0	47,3
Grünland	27	18,1	72,4
Sonderkultur	3	243,1	-
Haus- u. Kleingärten	30	26,5	124,3
Forst u.ä. Ökosyst.	41	3,6	39,4
Park- u. Grünanl.	14	9,9	64,5
Gewerbe u. Verkehr	20	9,6	54,6
Sport u. Freizeit	9	5,2	29,6
Kinderspielplätze	19	3,7	52,2

# 5 SCHLUßFOLGERUNGEN

## 5.1 Beeinträchtigung von Schutzgütern

In den Jahren 1996/97 wurden im Großraum Mannheim/Heidelberg Oberböden von 120 Standorten auf ihre Schadstoffgehalte nach der 3. und 4. Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz untersucht (außer PCDD/F). Diese 120 Standorte wurden gezielt ausgewählt, um die in dem Erhebungsraum aus früheren Untersuchungen vorhandenen Daten über Schadstoffgehalte der Oberböden weiter zu verdichten.

Im folgenden wird die aktuelle Beschaffenheit der Böden sowie die mögliche Beeinträchtigung weiterer Schutzgüter (Mensch, Tiere, Pflanzen, Wasser) standortspezifisch, insbesondere anhand der neueren Ergebnisse aus 1996/97, dargestellt, weil diese Daten nach den Vorgaben der VwV'en BodSchG erhoben worden sind. Bei den älteren Untersuchungen wurden z. B. die Entnahme der Bodenproben (wichtig für die Flächenrepräsentativität der Ergebnisse) oder die chemischen Analysen oftmals nach anderen Vorgaben oder Verfahren durchgeführt. Deshalb sind die Ergebnisse dieser älteren Untersuchungen nicht immer mit den neueren Daten direkt vergleichbar. Altdaten wurden deshalb vorwiegend nur zur statistischen Darstellung des großräumigen Bodenzustands herangezogen. Grundsätzlich sollen ältere Daten zwar fakultativ auch in Einzelfallbetrachtungen einbezogen werden, in Zweifelsfällen werden jedoch gezielte Nachuntersuchungen nötig sein.

### 5.1.1 Schutzgut Mensch

Für die orale Aufnahme von Boden durch spielende Kinder sind in der 3. und 4. VwV Prüfwerte festgelegt (vgl. Kapitel 1.3). Diese Prüfwerte basieren auf der Annahme, daß spielende Kinder auf

Spielflächen durchschnittlich 0,5 g Boden / Tag durch die Hand-zu-Mund-Aktivität aufnehmen.

Die Anwendung der Prüfwerte für den Boden hinsichtlich des Schutzguts Mensch (hier: Nutzung „Kinderspielfläche“) setzt voraus, daß auf den betroffenen Flächen regelmäßig Kinder spielen und dabei Boden durch Hand-zu-Mund-Kontakt aufnehmen können. In der Regel werden diese Prüfwerte bei ausgewiesenen Kinderspielflächen angewandt.

Bei Grünflächen, Parkanlagen und Hausgärten sind grundsätzlich die Prüfwerte (Nutzung „Siedlungsfläche“; „PM2-Werte“) als erster Maßstab heranzuziehen. Nach Anlage 3 der 3. VwV BodSchG können unbefestigte Flächen innerhalb von Siedlungsbereichen allerdings auch wie Kinderspielflächen behandelt werden, wenn sie entsprechend genutzt werden.

Eine Bewertung möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen muß sich jedoch immer nach dem Einzelfall richten. Im Zusammenhang mit Haus- und Kleingärten ist zu beachten, daß im Fall eines Wechsels des Eigentümers oder Nutzers einer Fläche kurzfristige Nutzungsänderungen (z. B. von Beet- zu Rasenspielflächen) eintreten können.

In diesem Bericht werden die Prüfwerte für Kinderspielflächen für eine fakultative und vorsorgende Einstufung auch bei Park- und Grünanlagen, Haus- und Kleingärten sowie Sport- und Freizeitflächen herangezogen, weil gerade in Siedlungs- und Verdichtungsräumen z. B. städtische Grünanlagen einer intensiven Freizeitnutzung unterliegen und dann empfindlichere Nutzungen (z. B. spielende Kinder, Liegewiesen etc.) stattfinden als in stärker überbauten Wohnbereichen.

Nicht angewandt werden die Prüfwerte für Kinderspielflächen bei Nutzungen, die den regelmäßigen Aufenthalt spielender Kinder weitgehend ausschließen (Acker, Grünland, Gewerbe-, Verkehrsflächen, etc.).

In 1996/97 wurden in dem Untersuchungsraum 19 Spielplätze untersucht (11 im Stadtgebiet von Mannheim, 8 im Stadtgebiet von Heidelberg). An 5 Spielplätzen (MA: 3, HD: 2) wurden Prüfwerte im Oberboden überschritten (Tabelle 5.1-1).

An 6 von 14 untersuchten Park- und Grünanlagen (MA-Karl-Schweizer-Park, MA-Herzogenriedpark, HD-Werder-Platz, HD-Stadtgarten, HD-Schloßgarten, RN-Schloßpark Schwetzingen) und an 6 von 17 Haus- und Kleingärten (MA-Verein der Gartenfreunde Sandhofen, MA-Verein der Gartenfreunde Herzogenried, MA-Hausgarten Neckarau, MA-Verein Rheinau, HD-Verein am Bhf Wieblingen, HD-Verein Kirchheim) wurden Spielflächen-Prüfwerte für Benzol[a]pyren, Blei und/oder Arsen erreicht. An keiner der 9 untersuchten Sport- und Freizeitanlagen wurde eine Überschreitung eines Spielflächen-Prüfwertes festgestellt.

Die Spielplätze und möglichen Aufenthaltsbereiche für spielende Kinder, bei denen Prüfwerte überschritten waren, wurden von den Unteren Bodenschutzbehörden in Abstimmung mit den beteiligten Behörden fallbezogen geprüft. Die Ergebnisse und veranlaßten Maßnahmen sind in Tabelle 5.1-1 zusammengestellt.

In den betroffenen Park- und Grünanlagen muß beispielsweise darauf geachtet werden, daß eine dichte Grasnarbe erhalten bleibt, um den regelmäßigen Kontakt spielender Kinder mit Boden zu minimieren.

**Tabelle 5.1-1: Überschreitung von Prüfwerten zum Schutz des Menschen bei Kinderspielflächen bei Untersuchungen im Jahr 1996/97 (Projekt 2/61, n = 19)**

Standortname [Standort-Nr.]	Bemerkung
MA-Dammstraße [2/61.26]	Der Prüfwert für <b>Blei</b> wird bedingt durch den Verkehrseinfluß um 5% überschritten (105 mg/kg). In Abstimmung mit dem GESUNDHEITSAMT besteht derzeit kein akuter Handlungsbedarf. Mittelfristig sollte eine Kontrollmessung durchgeführt werden.
MA-Römerstraße [2/61.33]	Eine Überschreitung des Prüfwertes für <b>Arsen</b> konnte durch eine Nachbeprobung bestätigt werden. In der benachbarten Grünanlagen wurden keine erhöhten Arsengehalte ermittelt. Als Quelle für die erhöhten As-Gehalte wurde das Wegebaumaterial (Gelbschotter) identifiziert. Die Deckschicht aus Felsensand wurde erneuert.
MA-Rheinaus Schule [2/61.51]	Der Spielplatz-Prüfwert für <b>Arsen</b> wird mit 20 mg/kg knapp erreicht. Auch hier wurde als Quelle das Wegebaumaterial identifiziert (vgl. 2/61.33). Entsprechend den Empfehlungen des GESUNDHEITSAMTES wird die arsenhaltige Deckschicht des Spielplatzes ausgetauscht.
HD-Graham-Garten [2/61.72]	An der um den Spielplatz benachbarten Wiesenfläche wurde mit 514 µg/kg <b>Benzo[a]pyren</b> eine knappe Überschreitung des Prüfwertes ermittelt. Mittelfristig sollten hier Kontrollmessungen durchgeführt werden.
HD-Neckarvorland [2/61.78]	An den vegetationsarmen Flächen um die Spielgeräte wurden mit 1.122 µg/kg eine deutliche Überschreitung des Spielflächenprüfwertes für <b>Benzo[a]pyren</b> ermittelt. Neben städtischen Immissionen kommen hier Ablagerungen des Neckars als Quelle in Betracht.

Zusammenfassend ergibt sich anhand der Untersuchungen aus 1996/97, daß an 26% der untersuchten Kinderspielflächen (5 von 19), an 43% der untersuchten Park- und Grünanlagen (6 von 14), an 35% der untersuchten Haus- und Kleingärten (6 von 17) und an keiner der untersuchten Sport- und Freizeitanlagen (9) Spielflächen-Prüfwerte für

Benzo[a]pyren, Blei und/oder Arsen überschritten wurden.

Daraus kann für die anderen, bislang nicht untersuchten Spielflächen gefolgert werden:

Mit einzelnen Überschreitungen der Prüfwerte für Kinderspielflächen bei PAK bzw. Benzo[a]pyren und Blei, aufgrund langjähriger Stoffeinträge über die Luft, muß in Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten je nach Lage der Flächen grundsätzlich gerechnet werden. Die Häufigkeit von Überschreitungen ist im Raum Mannheim/Heidelberg vergleichbar mit anderen Siedlungsräumen des Landes wie z. B. Karlsruhe. Insbesondere auf langjährig unbearbeiteten Grünflächen (z. B. > 10 Jahre) in verkehrsnahen und innerstädtischen Bereichen finden sich erhöhte Gehalte. Trotz der seit einiger Zeit rückgängigen Schadstoffgehalte in den Industrie- und Verkehrsemissionen liegen die Benzo[a]pyren-Gehalte im Schwebstaub in Mannheim zwischen 0,7 und 1,6 ng/m<sup>3</sup> und in Heidelberg bei 0,8 ng/m<sup>3</sup> (Jahresmittelwerte). Aus anderen Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten sind vergleichbare Verhältnisse bekannt. Der von der WHO empfohlene Wert von 1,3 ng/m<sup>3</sup> wird damit auch heute noch in Siedlungs- und Verdichtungsräumen verhältnismäßig weitgehend ausgeschöpft oder geringfügig überschritten [UMEG 1997].

Im Bereich der Mannheimer Stadtgemarkung fallen vereinzelte erhöhte Arsengehalte im Oberboden auf, die offensichtlich auf die Verwendung von Quarzporphyr als Wegebauaterial in öffentlichen Anlagen zurückzuführen sind. Inzwischen konnten natürliche Verwitterungsprodukte des Quarzporphyrs als Träger des Arsens nachgewiesen

werden. Zwar handelt es sich somit um das natürliche Arsen des Quarzporphyrs, das in Verwitterungskrusten angereichert ist, dennoch hat die Stadt Mannheim jetzt sichergestellt, daß bei der künftigen Anlage von Wegen derartige Material nicht mehr eingesetzt wird und daß der arsenhaltige Porphyrschotter auf den Kinderspielflächen Römerstraße und Rheinaus Schule ausgetauscht wird.

Im Gebiet von Nußloch/Wiesloch muß infolge der hier großräumig erhöhten Schwermetall- und Arsengehalte im Boden mit Überschreitungen des Prüfwerts für Spielplätze gerechnet werden, wenn Kinderspielflächen auf „gewachsenem“ Boden (d. h. ohne Überdeckung mit Material bekannter Zusammensetzung) angelegt wurden.

Bei Spielplätzen oder anderen Flächen, die als Aufenthaltsort für spielende Kinder in Siedlungsgebieten mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten dienen, ist generell zu empfehlen, langjährig (> 10 Jahre) nicht bearbeitete oder erneuerte Böden insbesondere auf Blei und Benzo[a]pyren zu untersuchen. Im Raum von Nußloch/Wiesloch sollten dabei weitere Schwermetalle und Arsen als regionale Besonderheit einbezogen werden. Ausgenommen sind Flächen, die mit Material bekannter Schadstoffgehalte angelegt oder abgedeckt wurden.

### 5.1.2 Schutzgut Pflanzen und Tiere

In der 3. und 4. VwV sind Prüfwerte und Belastungswerte zum Schutz von Pflanzen und Tieren festgelegt (vgl. Kapitel 1.3).

In den Jahren 1996/97 wurden insgesamt 48 Standorte untersucht, die dem Anbau von Nahrungs- und Futterpflanzen oder der Beweidung dienen (19 Ackerbau, 9 Grünland, 3 Sonderkultur und 17 Haus- und Kleingärten). An 13 Standorten zeigten sich nach der Erstuntersuchung in der Tiefe 0-10 cm Überschreitungen von Prüfwerten oder Belastungswerten. An zwei Kleingartenstandorten konnte die Besorgnis einer Bodenbelastung mit der Nachuntersuchung in der Tiefe 0-25 cm ausgeräumt werden. Die Tabellen 5.1-2 bis 5.1-5 geben die für die einzelnen Standorte bedeutsamen Ergebnisse wieder.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß bei den Untersuchungen in den Jahren 1996/97 bei 10% der Ackerstandorte (2 von 19), bei 3 von 9 Grünlandstandorten, bei 2 von 3 Sonderkulturstandorten und bei 35% der Haus- und Kleingärten (6 von 17) Schadstoffgehalte im Bereich von Prüfwerten oder Belastungswerten zum Schutz von Pflanzen und Tieren ermittelt wurden.

**Table 5.1-2:** Überschreitung von Prüfwerten und Belastungswerten zum Schutz von Pflanzen und Tieren bei Untersuchungen im Jahr 1996/97 an Ackerbaustandorten (Projekt 2/61, n = 19)

Standortname [-Nr.]	Bemerkung
MA-Gewann Vorderer Scharpfad [2/61.17]	Bedingt durch eine sehr stark saure Bodenreaktion (pH 3,9) liegen die Gehalte an mobilem Cadmium und Zink über den Prüfwerten für die Nahrungspflanzenqualität und das Pflanzenwachstum. Da die Gesamtgehalte niedrig sind, reicht an diesem Standort eine Meliorationskalkung zur Absenkung der Schwermetallmobilität. Der Benutzer wurde durch das ALLB über die notwendige pH-Erhöhung informiert.
HD-Gewann Pfädelsacker [2/61.73]	Der DDT-Gehalt überschreitet den Belastungswert um 6%. Die Anwendung von DDT in dem nördlich von Heidelberg durch intensiven Gartenbau geprägten Areal ist wahrscheinlich Ursache der noch heute erhöhten Gehalte. Weitere Untersuchungen sollten hier Aufschluß geben.

**Table 5.1-3:** Überschreitung von Prüfwerten und Belastungswerten zum Schutz von Pflanzen und Tieren bei Untersuchungen im Jahr 1996/97 an Sonderkulturstandorten (Projekt 2/61, n = 3)

Standortname [-Nr.]	Bemerkung
HD-Gewann Münchberg [2/61.95]	Der Standort liegt ca. 1 km östlich des Zementwerkes Leimen (Weinbau). Neben einer zu erwartenden Überschreitung des Belastungswertes für Thallium sind hier für DDT der Belastungswert und für Kupfer die Prüfwerte für Futterpflanzen und Bodenorganismen überschritten. Bewirtschaftungsbedingte DDT- und Kupfer-Einträge sind wahrscheinlich.
Schriesheim [2/61.108]	Der Standort liegt nördlich von Heidelberg (Weinbau). Der Belastungswert für DDT wird in der Tiefenstufe 0-10 cm deutlich überschritten. Bewirtschaftungsbedingte DDT-Einträge sind wahrscheinlich.

**Tabelle 5.1-4:** Überschreitung von Prüfwerten und Belastungswerten zum Schutz von Pflanzen und Tieren bei Untersuchungen im Jahr 1996/97 an Grünlandstandorten (Projekt 2/61, n = 9)

Standortname [-Nr.]	Bemerkung
HD-Gewann Köpfel [2/61.75]	Bedingt durch die stark saure Bodenreaktion (pH 4,9) liegen die Gehalte an mobilem Cadmium und Zink, aber auch Thallium über Prüfwerten und Belastungswerten für Nahrungspflanzenqualität und Pflanzenwachstum. Die Cadmium- und Thalliumgesamtgehalte überschreiten den Hintergrundwert geringfügig, der Zinkgehalt den Hintergrundwert jedoch deutlich. An diesem Standort bleibt daher nachzuprüfen, ob eine Meliorationskalkung zur Reduzierung der mobilen Schwermetallgehalte ausreicht.
HD-Gewann Pfehlig [2/61.94]	Der Standort liegt ca. 500 m entfernt vom Zementwerk Leimen, in der Zone mit Anbaubeschränkungen. Neben einer zu erwartenden Überschreitung des Belastungswertes für Thallium ist hier, bezogen auf die Probennahmetiefe 0-2 cm der Belastungswert für DDT überschritten, bezogen auf 0-10 cm jedoch unterschritten. Der Eintrag von DDT in dem von Gärten und Rebanlagen dominierten Gebiet als Pestizid ist wahrscheinlich.
HD-Bierhelderhof [2/61.96]	Der Standort liegt 3,5 km nordöstlich vom Zementwerk Leimen entfernt und weist mit 53 µg/kg eine geringfügige Überschreitung des Thallium-Prüfwertes auf, der Belastungswert wird jedoch deutlich unterschritten. Der Thallium-Gesamtgehalt liegt im Hintergrundbereich. Bei der andauernden Grünlandnutzung besteht keine Besorgnis einer Nutzungsbeeinträchtigung.

**Tabelle 5.1-5:** Überschreitung von Prüfwerten und Belastungswerten zum Schutz von Pflanzen und Tieren bei Untersuchungen im Jahr 1996/97 an Haus- und Kleingärten (Projekt 2/61, n = 17)

Standortname [-Nr.]	Bemerkung
MA-Gartenfreunde Sandhofen e.V. [2/61.5]	An einer von fünf untersuchten Parzellen wird der Benzo[a]pyren-Belastungswert bezogen auf die Probennahmetiefe 0-25 cm überschritten. Die in 0-10 cm festgestellte Überschreitung des Belastungswertes für PCB wurde in der Tiefenstufe 0-25 cm nicht bestätigt. Ein Eintrag von PAK durch Holzkohleaschen ist an diesem Standort wahrscheinlich. Der Pächter der betroffenen Parzelle wurde über die vom REGIERUNGSPRÄSIDIUM KARLSRUHE festgelegten Handlungsempfehlungen informiert.
MA-Gartenfreunde Herzogenried e.V. [2/61.20]	An einer Mischprobe aus 6 Parzellen der Tiefe 0-10 cm wurde eine Überschreitung des Belastungswertes für PCB und Benzo[a]pyren ermittelt. Die Nachuntersuchung in der Tiefe 0-25 cm ergab für beide Komponenten eine Unterschreitung der Belastungswerte.
MA-Verein Süd e.V. [2/61.41]	An einer Mischprobe aus 4 Parzellen der Tiefen 0-10 cm wurde zunächst eine Überschreitung des Belastungswertes für DDT ermittelt. Die Nachuntersuchung in der Tiefe 0-25 cm ergab eine Unterschreitung des Belastungswertes.
MA-Verein Rheinau [2/61.50]	An allen 10 untersuchten Parzellen wird der Benzo[a]pyren-Belastungswert in der Tiefe 0-25cm überschritten. An einer Parzelle wird zudem der Belastungswert für PCB überschritten. Für DDT wurden an einer Mischprobe zwar in 0-10 cm erhöhte Werte gefunden, jedoch unterschritten die DDT-Gehalte hier in 0-25 cm deutlich den Belastungswert. Wegen der flächenhaften PAK-Belastung wurde für 1997 ein Anbauverbot verfügt, welches für 1998 aufgehoben und durch allgemeine Handlungsempfehlungen ersetzt wurde. Die Analyse von 22 Pflanzenproben auf PAK ergaben bis auf eine Ausnahme nur geringe PAK bzw. Benzo[a]pyren-Gehalte in den Nutzpflanzen. Im Rahmen einer Untersuchung des REGIERUNGSPRÄSIDIUMS KA und der LfU sind für die Jahre 1998/99 weitere Boden- und Pflanzenuntersuchungen auf PAK vorgesehen.
HD-Verein Bhf Wieblingen [2/61.67]	Der DDT-Belastungswert wird in einer Mischprobe aus 4 Parzellen bezogen auf die Probennahmetiefen 0-25 cm überschritten.
HD-Verein Kirchheim e.V. [2/61.101]	Der DDT-Belastungswert wird in einer Mischprobe aus 4 Parzellen bezogen auf die Probennahmetiefe 0-10 überschritten, jedoch in der Tiefe 0-25 cm unterschritten.

Anhand der insgesamt für den Großraum Mannheim/Heidelberg vorliegenden Daten lassen sich folgende Schlüsse hinsichtlich des Transfers von Schadstoffen ziehen (Pfad Boden-Pflanze(-Tier)).

Bei Acker- und Grünlandstandorten ist vereinzelt eine sehr saure Bodenreaktion Ursache von Prüfwertüberschreitungen bei mobilem Cadmium und Zink (in 2 von 28 untersuchten Fällen, < 10%).

Die **pufferarmen Sandböden** der *Hardtebene* und des *Grundgebirgs-* und *Sandstein-Odenwaldes* neigen sehr leicht zur Bodenversauerung. Bei diesen Standorten muß eine regelmäßige Erhaltungskalkung durchgeführt werden, um die Schwermetallmobilität unter den Prüfwerten für die Pflanzenqualität zu halten.

Die Cadmiumgesamtgehalte sind in der Umgebung des Zementwerkes Leimen, im Randbereich zum alten Bergbaugelände Nußloch/Wiesloch und in Überschwemmungsflächen von Neckar und Rhein erhöht (Kapitel 4.2). Allerdings sind die pH-Werte an diesen Standorten in der Regel hoch und die Gehalte an mobilem Cadmium - mit Ausnahme der Zementwerkumgebung - in der Regel unterhalb der Prüfwerte.

In einem Bereich von etwa 2 bis 3 km nördlich sowie östlich des Zementwerkes Leimen werden die Belastungswerte zum Schutz von Nahrungs- und Futterpflanzen, bei Cadmium vereinzelt, bei Thallium häufig überschritten (vgl. Tabellen 4.2-1 und 4.8-1 sowie die Karten 4.2-2 und 4.8-2). In diesem Bereich wurden von den unteren Bodenschutzbehörden Anbaubeschränkungen erlassen [STADT HEIDELBERG 1995; LANDRATSAMT RHEIN-NECKAR-KREIS 1996].

Prüfwertüberschreitungen für mobiles Thallium treten nordöstlich des Zementwerkes vereinzelt auch in größerer Entfernung auf (vgl. Karte 4.8-2). Bei Überschreitung des Prüfwertes für mobiles Thallium zum Schutz von Nahrungs- und Futterpflanzen können bei besonders empfindlichen Kulturpflanzen wie Grünkohl, Kohlrabi, Wirsing und Raps vereinzelt die Richtwerte für Nahrungsmittel (ZEBS-Werte) bzw. die Grenzwerte für Futtermittel überschritten werden.

Insbesondere nordöstlich von **Leimen** und im Süden von Heidelberg, im Raum **Nußloch/Wiesloch** sowie in den Auenbereichen des **Leimbaches** und **Hartbaches** ist gehäuft mit Überschreitungen des Prüfwertes für mobiles Thallium zu rechnen. Bei Prüfwertüberschreitungen sollten ggf. besonders empfindliche Kulturpflanzen wie Grünkohl, Kohlrabi, Wirsing oder Raps kontrolliert werden.

Unter den organischen Schadstoffen, die überwiegend durch Verschmutzung der Nahrungspflanzen mit anhaftenden bzw. eingewachsenen Bodenfeinpartikeln aufgenommen werden, erreichen die Benzo[a]pyren- und DDT-Gehalte vereinzelt Gehalte über dem Belastungswert, insbesondere bei Böden von Sonderkulturstandorten sowie von Haus- und Kleingärten. Im Falle des DDT rührt dies von der Anwendung als Insektizid. Eine Quelle der Benzo[a]pyren-Kontaminationen in Gärten stellen häufig Rückstände von Kohleheizungen dar, wenn diese als Düngemittel eingesetzt wurden.

Ausgehend von diesen Befunden wird empfohlen, weitere Böden von **Haus- und Kleingärten**, insbesondere ältere Anlagen, auf Benzo[a]pyren- und DDT zu untersuchen.

Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und -furane (PCDD/F) wurden bei der Erhebung in 1996/97 nicht untersucht, da bereits aus den Jahren 1990 bis 1994 zahlreiche Meßdaten vorlagen. Über die bodengebundene Nutztierhaltung können PCDD/F in bedeutsamen Mengen in die Nahrungskette zum Menschen gelangen. Hierfür wurde ein angesichts der Hintergrundgehalte in Siedlungsgebieten strenger Prüfwert von 5 ng/kg I-TEq festgelegt. In den bislang untersuchten Mannheimer Stadtteilen (insbes. Ma-Rheinau, Ma-Casterfeld, und Ma-Friesenheimer Insel) überschreitet das 90. Perzentil diesen Prüfwert um das 5,3-fache, während der entsprechende 90. Perzentil-Wert im Raum Heidelberg/Rhein-Neckar nur um das 1,8-fache den Prüfwert überschreitet (Kapitel 4.14).

Im Hinblick auf die häufige Überschreitung des Prüfwertes für PCDD/F in den Stadtteilen Ma-Rheinau, Ma-Casterfeld, und Ma-Friesenheimer Insel sollte dort bei künftigen Untersuchungen von Böden, die der **bodengebundenen Nutztierhaltung** dienen, PCDD/F einbezogen werden.

Die Gesundheit von Schafen kann durch Bodenbelastungen mit Kupfer beeinträchtigt werden.

Langjährig genutzte **Weinbergsböden**, auf denen kupferhaltige Pflanzenschutzmittel noch heute eingesetzt werden, sind für eine Folgenutzung mit Feldfutterbau oder für die unmittelbare Beweidung durch Schafe nicht nutzbar. Zudem ist an diesen Standorten mit Beeinträchtigungen der biologischen Aktivität im Boden, z. B. der biologische Stickstofffixierung zu rechnen. Im Falle der andauernden Anwendung von Kupferpräparaten und bei künftigen Nutzungswechsel sollte dies beachtet werden.

Der Boden als Standort für Kulturpflanzen wird im Großraum Mannheim/Heidelberg vorwiegend durch die Auswirkungen der Bodenversauerung beeinträchtigt. In landwirtschaftlichen Flächen können sich insbesondere die Gehalte an mobilem Zink schädlich auf das Pflanzenwachstum auswirken, während es an Forststandorten die Nährstoffverarmung und Mobilisierung von Aluminium ist. Mobiles Aluminium kann das Wachstum von Bäumen beeinträchtigen.

### 5.1.3 Schutzgut Wasser

In der 3. und 4. VwV sind Prüfwerte zum Schutz des Wassers (Bodensickerwasser oder Kontaktgrundwasser) festgelegt. Diese Prüfwerte beziehen sich auf die Probennahmetiefe 0-30 cm. Gemäß der Erstuntersuchung in den Jahren 1996/97 in den Tiefen 0-2 bis 0-25 cm wurden an 73 der 120 beprobten Böden Überschreitungen von Sickerwasser-Prüfwerten bei Benzo[a]pyren und/oder DDT und vereinzelt bei Cadmium, Blei, Zink und PCB ermittelt. Um aus diesen Fällen die besonders bedeutsamen herauszufiltern, wurde der ermittelte Schadstoffgehalt rechnerisch auf die Tiefe 0-30 cm bezogen (Beispiel: 30 µg/kg bezogen auf 0-5 cm entsprechen 5 µg/kg bezogen auf 0-30 cm).

Nach dieser Vorauswahl waren noch an 22 der 120 Standorte Prüfwertüberschreitungen bei mindestens einem Schadstoff zu verzeichnen.

Neben den in Tabelle 5.1-6 dargestellten Forststandorten und Park- und Grünanlagen waren dies die bereits in Tabelle 5.1-2 bis 5.1-5 dargestellten Standorte zuzüglich einem Ackerstandort bei DDT (HD-Neurott 2/61.87) und zwei Grünlandstandorten bei Benzo[a]pyren (MA-Am Neugraben 2/61.18 und HD-Rizal-Ufer 2/61.68).

Bei großflächiger Betrachtung der Bodenbeschaffenheit als Filter und Puffer für Schadstoffe gegenüber dem Grundwasser kommt in Siedlungsräumen den Forstflächen und den Park- und Grünanlagen eine herausragende Bedeutung zu. Diese Standorte wurden daher in Tabelle 5.1-6 gesondert bzgl. des Schutzgutes Wasser dargestellt.

Bei **Forstböden** werden die Prüfwerte zum Schutz des Sickerwassers bei mobilem Blei und bei mobilem Zink häufig überschritten. Blei und Zink werden (wie Aluminium, das hier jedoch nicht untersucht wurde) bei fortschreitender Bodenversauerung zunehmend ausgewaschen.

An 5 von 16 untersuchten Forststandorten, alle im Bereich des *Buntsandsteins* gelegen, wurden die Sickerwasser-Prüfwerte bei mobilem Blei und/oder mobilem Zink überschritten. Vereinzelt waren in den untersuchten Forstböden auch die Blei- und Zinkgesamtgehalte hoch, so daß eine Kalkung nicht unbedingt die Schwermetallmobilität in ausreichendem Umfang mindern wird.

An der Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmeßstelle Wilhelmsfeld der LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG wurden deutliche Bleiausträge bis in 75 cm Tiefe und Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte ermittelt [LfU 1998, in Vorbereitung].

Im Bereich des **Grundgebirgs-Odenwaldes** und des **Sandstein-Odenwaldes** sind Belastungen des Sickerwassers vielerorts zu erwarten. Es wird empfohlen in den Einzugsgebieten von Trinkwasserquellen die Bodenversauerung zu überwachen. Damit können auch Hinweise auf die Bemessung und den Erfolg von Kalkungsmaßnahmen erhalten werden.

**Tabelle 5.1-6:** Überschreitung von Prüfwerten zum Schutz von Wasser bei Forststandorten und Park- und Grünanlagen nach Gewichtung der Probennahmetiefe bei Untersuchungen in den Jahren 1996/97 (Projekt 2/61, n = 16 bzw. 14)

Standortname [-Nr.]	Bemerkung
MA-Distrikt III, Unterer Dossenwald [2/61.60]	Das untersuchte Waldstück wurde bis vor 35 Jahren als Truppenübungs Gelände genutzt. An einer 400 m <sup>2</sup> großen Fläche wurde mit einem PCB <sub>6</sub> -Gehalt von 1.015 µg/kg der Sickerwasser-Prüfwert überschritten. 20 und 140 m entfernt konnten im Oberboden keine erhöhten PCB-Gehalte ermittelt werden. Auch wies das Wasser eines benachbarten Brunnens keine meßbaren PCB-Gehalte auf. Eine weiterführende, von der Energie- und Wasserwerke Rhein-Neckar AG in Auftrag gegebene Rasteruntersuchung konnte die festgestellte PCB-Belastung nicht näher eingrenzen und die Höhe der Belastung konnte nicht bestätigt werden. Künftig wird das Wasser aus den umliegenden Brunnen des Wasserwerks Rheinau dennoch vorsorglich auch auf PCB routinemäßig untersucht.
HD-Hohe Nistler [2/61.69] und	
HD-Saustallweg [2/61.70] und	
HD-Chaisenweg [2/61.74] und	
HD-Oberer Schloßhang [2/61.85] und	
HD-Reha-Klinik-Königstuhl [2/61.97]	Alle 5 Forststandorte liegen auf <i>Buntsandstein</i> nördlich, nordöstlich und östlich von Heidelberg in exponierter Hanglage und weisen bedingt durch sehr stark saure bis stark saure Bodenreaktion (pH 3,0 bis 4,3) extrem hohe Blei- und Zinkmobilitäten auf. Auch die Blei- oder Zinkgesamtgehalte sind bei allen Standorten deutlich erhöht. An allen <i>Buntsandstein</i> -Standorten ist eine Kalkung zwingend erforderlich und die gewünschte Schwermetallimmobilisierung sollte durch Nachmessungen überprüft werden. Bei Nachmessungen sollten auch tiefere Bodenschichten untersucht werden.
MA-Karl-Schweizer-Park [2/61.7]	In der Parkanlage wird der Sickerwasser-Prüfwert für Benzo[a]pyren mit 2.385 µg/kg deutlich überschritten. Da im Bereich des untersuchten Standortes keine Grundwassernutzung erfolgt, besteht kein weiterer Handlungsbedarf.
HD-Schloßgarten [2/61.83]	Bedingt durch einen sehr hohen Zinkgesamtgehalt mit 759 mg/kg bei einer sehr schwach sauren Bodenreaktion (pH 6,7) liegen die mobilen Zinkgehalte über dem Prüfwert für die Sickerwasserqualität und dem Pflanzenwachstum. Eine Kalkung ist hier vermutlich nicht ausreichend.

Die Sickerwässer saurer Waldböden weisen hohe Gehalte mobiler Fulvo- und Huminsäuren auf. Mit den mobilen Fulvo- und Huminsäuren können auch organische Schadstoffe wie Benzo[a]pyren verlagert werden. An der Intensiv-Bodendauerbeobachtungsmeßstelle Wilhelmsfeld konnten in den Wintermonaten PAK bzw. BaP-Austräge ermittelt werden [LfU 1998]. Hierzu bleiben weitere Meßergebnisse zur Verlagerung organischer Schadstoffe aus Forstböden abzuwarten.

In den Siedlungsgebieten sind im Bereich von Altstandorten, Altablagerungen und Schadensfälle mancherorts lokal eingetragene Mineralöle und Lösemittel grundwasserrelevante Schadstoffe. Bzgl. der flächenhaften Beschaffenheit der Oberböden kommen den Komponenten Benzo[a]pyren und DDT eine herausragende Bedeutung zu. Im gesamten Datenkollektiv der Tiefen 0-2 bis 0-30 cm werden die Sickerwasser-Prüfwerte der Tiefe 0-30 cm von 200 µg/kg Benzo[a]pyren in 45% der Fälle und 20 µg/kg DDT in 31% der Fälle überschritten (vgl. Auswertung in Kapitel 5.2).

Innerhalb der **Siedlungsgebiete** liegen die Benzo[a]pyren- und DDT-Gehalte häufig oberhalb der Sickerwasser-Prüfwerte. Benzo[a]pyren und vermutlich DDT kann in Anwesenheit von Lösungsvermittlern, wie z. B. mobilen Fulvo- und Huminsäuren in Böden verlagert werden. Zur Untersuchung verlagerbarer organischer Schadstoffe in Böden stehen derzeit nach DIN V 19736 verschiedene und unterschiedlich aufwendige Verfahren zur Verfügung.

## 5.2 Nutzungsänderungen und Verwertbarkeit von Oberbodenmaterial

Bei Baumaßnahmen in Siedlungsräumen fällt vor allem Material von Unterböden und des Untergrunds (aus einer Tiefe von 30 Zentimetern bis zu einigen Metern) an. Die Verwertbarkeit des Aushubs von Baumaßnahmen wird deshalb nur in Ausnahmefällen anhand der Stoffgehalte in der obersten Bodenschicht (0-30 cm) bewertet werden können. Aus diesem Grund ist es aber auch besonders wichtig, die Verwertbarkeit von Ober- und Unterbodenaushub getrennt zu bewerten, wenn aufgrund der Herkunft des Materials - wie im Fall der Böden in Siedlungsräumen mit hohem Anteil an Industrie- und Gewerbegebieten - mit unterschiedlichen Stoffeintragungspfadern und somit unterschiedlichen Stoffgehalten in diesen Materialien zu rechnen ist.

Bei Nutzungsänderungen und der Prüfung der Verwertbarkeit von Bodenaushub sind die Schadstoffgehalte der Böden ein maßgebliches Entscheidungskriterium.

Insbesondere wenn Flächen künftig empfindlicher als bisher genutzt werden sollen (z. B. Einrichtung eines Spielplatzes in einer Parkanlage) ist es wichtig, daß die für die künftige Nutzung gültigen Prüfwerte eingehalten werden.

Im Falle der Überschreitung eines Prüfwertes in Bodenaushub ist keine freie Verwertung des Materials möglich. Weitere Hinweise zur Verwertbarkeit von Bodenaushub sind im „Leitfaden zum Schutz der Böden beim Auftrag von kultivierbarem Bodenaushub“ [UM 1994] enthalten.

**Tabelle 5.2-1:** Häufigkeit der Überschreitung von Prüfwerten für Schadstoffgehalte in Böden des Raums Mannheim/Heidelberg (Datengrundlage: Hintergrunddatenkollektiv)

Komponente	Prüfwert	n	Übersch.-häufig.
Arsen-ges	20 mg/kg	269	13%
Arsen-mob	140 µg/kg	229	3%
Cadmium-ges	1,5 mg/kg	759	4%
Cadmium-mob	25 µg/kg	229	14%
Chrom-ges	100 mg/kg	770	5%
Chrom-mob	60 µg/kg	229	<1%
Kupfer-ges	60 mg/kg	760	5%
Kupfer-mob	1000 µg/kg	229	1%
Quecksilber-ges	1 mg/kg	758	2%
Quecksilber-mob	7 µg/kg	120	<1%
Nickel-ges	50 mg/kg	770	<1%
Nickel-mob	1200 µg/kg	229	<1%
Blei-ges	100 mg/kg	765	9%
Blei-mob	400 µg/kg	223	7%
Thallium-ges	1 mg/kg	332	2%
Thallium-mob	40 µg/kg	216	8%
Zink-ges	150 mg/kg	778	19%
Zink-mob	5000 µg/kg	229	6%
PAK16	5 mg/kg	132	16%
BaP	0,2 mg/kg	132	45%
PCB6	100 µg/kg	279	4%
PCDD/F	5 ng/kg I-TEq	233	44%
HCB	20 µg/kg	232	<1%
Alpha-HCH	20 µg/kg	232	<1%
Beta-HCH	20 µg/kg	232	<1%
Gamma-HCH	20 µg/kg	231	1%
Heptachlor	20 µg/kg	120	<1%
Dieldrin	20 µg/kg	209	<1%
Endrin	20 µg/kg	209	<1%
Chlordan	20 µg/kg	120	<1%
DDT	20 µg/kg	209	31%

Die Schadstoffgehalte der Unterböden des Erhebungsraumes liegen erst anhand weniger Stichproben vor. Deshalb können für diese Böden noch keine statistischen Kenndaten hergeleitet werden.

Hinsichtlich der Oberbodenbeschaffenheit liefert das Hintergrunddatenkollektiv, insbesondere die Erhebung in 1996/97, Hinweise für die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Prüfwertüberschreitungen im Großraum Mannheim/Heidelberg (vgl. Kapitel 3.2).

Danach wurden an 65% der untersuchten Standorte bei mindestens einem Schadstoff ein Prüfwert überschritten.

Tabelle 5.2-1 gibt die festgestellten Häufigkeiten von Prüfwertüberschreitungen - bezogen auf das gesamte Hintergrunddatenkollektiv - differenziert nach Komponenten wieder. Demnach werden bei **Benzo[a]pyren** in 45% und bei **DDT** in 31% der Fälle die Prüfwerte zum Schutz des Wassers und bei **PCDD/F** in 45 % der Fälle die Prüfwerte zum Schutz von Pflanzen und Tieren überschritten. Bei den Arsengesamtgehalten werden die Spielflächen-Prüfwerte, bei den Zinkgesamtgehalten und den Gehalten an mobilem Cadmium die Prüfwerte zum Schutz von Pflanzen in 10 bis 20% der Fälle überschritten. Die übrigen Komponenten überschreiten in weniger als 10% der Böden einen Prüfwert. Aus der Häufigkeit der Prüfwertüberschreitungen bei den verschiedenen Schadstoffen ergibt sich eine Rangfolge aller insgesamt problematischen Stoffe der Oberböden des Großraums Mannheim/-Heidelberg.

Bei Untersuchungen von Schadstoffen in Böden nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Prüfwert-

überschreitung mit der Anzahl der untersuchten Komponenten zu. Bei Untersuchung aller in der 3. und 4. VwV enthaltener Schadstoffe - was in der Praxis kaum der Fall sein dürfte - liegt die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden mindestens einer Prüfwertüberschreitung im Bereich von 60 bis 70%.

### 5.3 Böden des Raums Mannheim/Heidelberg im Vergleich

Für die Beurteilung der Schadstoffrelevanz im Großraum Mannheim/Heidelberg ist ein Vergleich mit den Böden anderer Siedlungsräume hilfreich. Hierfür sind in den Tabellen 5.3-1 bis 5.3-15 die verfügbaren 50. und 90. Perzentilwerte baden-württembergischer Siedlungsräume zusammengestellt [UM 1995]. Dabei wurden 90. Perzentilwerte erst ab einem Probenumfang von  $\geq 20$  berücksichtigt, da kleinere Stichprobenumfänge mit großen Unsicherheiten behaftet sind.

Unter den **anorganischen Schadstoffen** sind im Großraum Mannheim/Heidelberg die Arsen- und Thalliumgehalte gegenüber den Räumen Karlsruhe und Kehl erhöht. Die Belastungen beschränken sich jedoch auf die Umgebung eines emittierenden Betriebs und auf den durch historischen Bergbau geprägten Raum Leimen/Nußloch sowie den Heidelberger Süden.

Die Cadmium- und Bleigesamtgehalte der Böden, die ein Indikator für die allgemein durch Siedlung und Verkehr verursachten Anreicherungen sind, bewegen sich im Großraum Mannheim/Heidelberg auf einem durchschnittlichen Niveau. Hingegen ist die durch die Bodenversauerung verursachte Mobilisierung von Blei und Zink im Raum Heidelberg hoch. Die Bodenversauerung ist insbesondere an exponierten Hanglagen des Odenwaldes fortgeschritten.

Auch bei den **organischen Schadstoffen** sind Unterschiede zu anderen Siedlungsräumen erkennbar. Während die Benzoflapyren- und PCB-Gehalte

auf einem mit den anderen Siedlungsräumen vergleichbaren Niveau liegen, sind bei PCDD/F im Raum Mannheim und bei DDT im Raum Heidelberg häufiger erhöhte Gehalte als in anderen Siedlungsräumen ermittelt worden.

In Mannheim sind Industrie und Gewerbe ursächlich für erhöhte PCDD/F-Gehalte verantwortlich. Allerdings repräsentieren die PCDD/F-Daten hier nur einen Ausschnitt mit hoher Industrie- und Gewerbedichte aus dem gesamten Stadtgebiet.

DDT ist - wie auch Benzoflapyren - ein allgemein in Böden alter Haus- und Kleingärten häufiger Problemschadstoff.

In Heidelberg ergaben sich darüber hinaus Hinweise, daß auch Böden unter Weinbau erhöhte DDT-Gehalte aufweisen. Repräsentative Erhebungen der DDT-Gehalte von Böden unter Weinbau liegen in dem Erhebungsraum jedoch nicht vor.

**Tabelle 5.3-1:** Arsengehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Arsen-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	34	7	12	75	9	19
Heidelberg'97	29	14	24	31	13	19
Rhein-Neckar'97	78	9	32	22	8	20
Karlsruhe'93	44	6	15	32	7	16
Pforzheim'93	13	9	-	25	14	29
Kehl'94	6	5	-	19	7	-
<b>Arsen-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	7	34	46	34	97
Heidelberg'97	29	30	87	31	36	70
Rhein-Neckar'97	77	17	68	21	18	61
Karlsruhe'93	39	19	46	23	17	37
Pforzheim'93	13	26	-	25	28	49

**Tabelle 5.3-2:** Cadmiumgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Cadmium-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	151	0,2	0,6	144	0,3	1,0
Heidelberg'97	99	0,2	1,0	71	0,5	1,0
Rhein-Neckar'97	250	0,2	0,7	44	0,2	0,8
Karlsruhe'93	129	0,2	0,6	162	0,4	1,0
Pforzheim'93	22	0,4	2,2	108	0,6	7,2
Kehl'94	80	<0,1	0,3	54	0,3	1,0
<b>Cadmium-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	11	27	46	10	17
Heidelberg'97	29	9	65	31	8	16
Rhein-Neckar'97	77	5	59	21	4	37
Karlsruhe'93	39	10	43	23	8	62
Pforzheim'93	13	49	360	25	15	220
Kehl'94	29	6	19	18	3	-

**Tabelle 5.3-3:** Chromgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Chrom-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	148	30	57	143	37	65
Heidelberg'97	99	35	63	68	37	72
Rhein-Neckar'97	268	33	98	44	33	108
Karlsruhe'93	82	30	55	90	24	70
Pforzheim'93	19	57	-	101	31	100
Kehl'94	66	54	86	45	48	69
<b>Chrom-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	10	37	46	12	42
Heidelberg'97	29	4	19	31	13	19
Rhein-Neckar'97	77	10	28	21	8	38
Karlsruhe'93	39	14	38	23	13	24
Pforzheim'93	13	31	-	25	36	51

**Tabelle 5.3-4:** Kupfergehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Kupfer-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	151	22	45	149	27	63
Heidelberg'97	99	16	41	68	25	64
Rhein-Neckar'97	250	16	27	44	19	34
Karlsruhe'93	79	9	29	91	25	59
Pforzheim'93	18	19	-	101	61	290
Kehl'94	103	20	32	49	27	59
<b>Kupfer-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	66	281	46	152	279
Heidelberg'97	29	67	458	31	193	387
Rhein-Neckar'97	77	98	413	21	85	236
Karlsruhe'93	39	-	<400	23	-	<400
Pforzheim'93	13	<400	-	25	<400	720

**Tabelle 5.3-5:** Quecksilbergehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Quecksilber-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	141	0,12	0,41	137	0,23	0,75
Heidelberg'97	99	0,12	0,34	71	0,18	0,73
Rhein-Neckar'97	266	0,08	0,21	44	0,07	0,31
Karlsruhe'93	49	0,06	0,29	81	0,09	0,50
Pforzheim'93	14	0,06	-	88	0,23	0,90
Kehl'94	66	0,14	0,28	45	0,20	0,94
<b>Quecksilber-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	15	<0,1	-	73	<0,1	0,3
Heidelberg'97	16	<0,1	-	45	<0,1	0,1
Rhein-Neckar'97	16	-	<0,1	26	<0,1	-
Karlsruhe'93	39	-	<1,0	23	-	<1,0
Pforzheim'93	13	-	<1,0	25	-	<1,0

**Tabelle 5.3-6:** Nickelgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Nickel-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	148	22	39	143	22	34
Heidelberg'97	99	20	29	68	21	28
Rhein-Neckar'97	268	19	36	44	19	30
Karlsruhe'93	79	9	31	55	16	28
Pforzheim'93	18	31	-	101	27	47
Kehl'94	62	21	29	45	20	25
<b>Nickel-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	<100	424	46	-	<100
Heidelberg'97	29	29	258	31	-	<100
Rhein-Neckar'97	77	146	413	21	69	340
Karlsruhe'93	39	210	510	23	80	260
Pforzheim'93	13	210	-	25	170	790

**Tabelle 5.3-7:** Bleigehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Blei-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	151	32	75	150	54	127
Heidelberg'97	99	42	95	71	56	130
Rhein-Neckar'97	250	32	64	44	41	91
Karlsruhe'93	129	30	60	174	47	140
Pforzheim'93	19	34	-	104	51	180
Kehl'94	104	41	93	58	62	140
<b>Blei-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	<20	360	46	<20	17
Heidelberg'97	29	<20	22839	31	<20	54
Rhein-Neckar'97	77	<20	1454	21	<20	98
Karlsruhe'93	39	140	2500	23	<20	1100
Pforzheim'93	13	<20	-	25	<20	86

**Tabelle 5.3-8:** Thalliumgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Thallium-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	56	0,2	0,4	90	0,2	0,3
Heidelberg'97	29	0,3	1,0	31	0,2	0,4
Rhein-Neckar'97	105	0,2	0,7	22	0,2	0,9
Karlsruhe'93	48	0,2	0,4	48	0,1	0,3
Pforzheim'93	13	0,4	-	25	0,4	0,6
<b>Thallium-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	17	6	19	46	8	18
Heidelberg'97	29	14	151	31	16	39
Rhein-Neckar'97	72	6	34	21	7	25
Karlsruhe'93	39	3	8	23	4	12
Pforzheim'93	13	4	-	25	5	6

**Tabelle 5.3-9** Zinkgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Zink-ges [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	151	74	186	149	136	367
Heidelberg'97	99	81	183	68	125	257
Rhein-Neckar'97	267	71	138	44	95	181
Karlsruhe'93	82	38	130	89	71	200
Pforzheim'93	19	69	-	101	110	400
Kehl'94	85	83	130	54	160	450
<b>Zink-mob [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	25	282	2022	46	223	1024
Heidelberg'97	29	147	14310	31	122	693
Rhein-Neckar'97	77	48	3861	21	61	1776
Karlsruhe'93	39	<100	4800	23	<100	6900
Pforzheim'93	13	930	-	25	110	5300

**Tabelle 5.3-10:** Spurenelementgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>Antimon-ges [mg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	116	0,8	1,8	98	0,8	1,8
Karlsruhe'93	39	0,3	1,5	23	0,6	3,1
Pforzheim'93	13	0,5	1,2	25	1,0	1,9
<b>Antimon-mob [µg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	116	2,8	8,9	97	7,0	17,8
Karlsruhe'93	39	6,0	17,0	23	7,0	39,0
Pforzheim'93	13	5,0	12,0	25	7,0	34,0
<b>Beryllium-ges [mg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	116	0,9	1,5	98	0,8	1,4
Karlsruhe'93	39	0,5	1,6	23	0,5	1,4
Pforzheim'93	13	1,5	2,9	25	1,7	2,8
<b>Beryllium-mob [µg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	116	<1,0	10,0	97	<1,0	<2,0
Karlsruhe'93	39	3,0	28,0	23	<1,0	29,0
Pforzheim'93	13	6,9	64,0	25	5,8	15,0
<b>Kobalt-ges [mg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	331	7	11	149	7	10
Kehl'94	-	7	9,8	-	6,8	8,9
<b>Vanadium-ges [mg/kg]</b>						
Mannh./Heidelb.'97	47	35	56	73	29	55
Kehl'94	116	46	82	79	40	57

**Tabelle 5.3-12:** PAK-Gehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsgebiete

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>PAK-16 [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	20	1,5	6,7	52	2,7	15,8
Heidelberg'97	16	0,3	-	26	2,6	7,8
Rhein-Neckar'97	16	0,6	-	2	1,0	-
Karlsruhe'93	44	0,9	2,6	32	3,5	15,0
Pforzheim'93	13	1,1	-	35	1,8	17,0
<b>Benzo[a]pyren [mg/kg]</b>						
Mannheim'97	20	0,14	0,79	52	0,32	1,22
Heidelberg'97	16	<0,10	-	26	0,29	0,80
Rhein-Neckar'97	16	0,07	-	2	0,08	-
Karlsruhe'93	44	0,07	0,30	32	0,15	1,60
Pforzheim'93	13	0,10	-	35	0,30	1,90
Kehl'94	10	0,05	-	7	0,10	-

**Tabelle 5.3-13:** PCB-Gehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>PCB-6 [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	19	8	-	46	19	195
Heidelberg'97	32	3	17	32	14	58
Rhein-Neckar'97	116	2	28	34	10	56
Karlsruhe'93	45	4	14	31	8	110
Pforzheim'93	13	7	-	25	9	160
Kehl'94	10	-	<30	8	<30	-

**Tabelle 5.3-14:** PCDD/F-Gehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>PCDD/F [ng/kg] I-TEq</b>						
Mannheim'97	24	6,6	37,8	88	9,5	26,1
Heidelberg'97	63	2,4	9,7	46	2,5	9,2
Rhein-Neckar'97	10	4,8	-	4	1,6	-
Karlsruhe'93	15	0,5	-	75	3,0	20,0
Pforzheim'93	0	-	-	17	4,2	-
Kehl'94	15	1,6	-	35	2,6	31,0

**Tabelle 5.3-15:** Pestizidgehalte in Böden baden-württembergischer Siedlungsräume

	Außenber.			Siedlungsber.		
	n	50.P	90.P	n	50.P	90.P
<b>HCB [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	24	<1,0	5,0	45	<1,0	4,1
Heidelberg'97	22	<1,0	3,0	28	<1,0	2,5
Rhein-Neckar'97	94	<1,0	6,7	19	<1,0	-
Karlsruhe'93	39	0,7	1,8	23	0,7	3,8
Pforzheim'93	13	0,6	-	25	1,0	17,0
<b>HCH-Summe [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	15	<1,0	-	45	<1,0	2,6
Heidelberg'97	20	<1,0	4,0	28	<1,0	1,5
Rhein-Neckar'97	82	1,2	4,3	19	3,3	-
<b>DDT-Summe [µg/kg]</b>						
Mannheim'97	15	7,0	-	45	6,4	55,6
Heidelberg'97	20	13,4	155,9	28	9,9	79,9
Rhein-Neckar'97	82	8,6	62,3	19	20,0	-

## 6 ABKÜRZUNGEN

50.P	50. Perzentil	Pu	Plutonium
90.P	90. Perzentil	Sb	Antimon
AbfKlärV	Klärschlammverordnung	SchAlV	Schutzgebietsausgleichsverordnung
As	Arsen	SM	Sozialministerium
BaP	Benzof[ <i>a</i> ]pyren	SO <sub>2</sub>	Schwefeldioxid
Be	Beryllium	ges	Gesamtgehalt eines Elementes im Boden (Königswasseraufschluß)
BMU	Bundes-Umweltministerium	T1...T6	Tongehaltsgruppen nach 3.VwV (mit der Fingerprobe zu ermitteln)
BodSchG	Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg	T1	0-8 % Ton
Bq	Becquerel	T2	>8 - 17 % Ton
Cd	Cadmium	T3	>17 - 27 % Ton
Cr	Chrom	T4	>27 - 45 % Ton
Cs	Cäsium	T5	>45 - 65 % Ton
Cu	Kupfer	T6	>65 % Ton
DDT	1,1,1-Trichlor-2,2-bis-(4-chlorphenyl)- ethan	TCDD	2,3,7,8-Tetrachlordibenzodioxin
EPA	US-Amerikanische Umweltbehörde	Tl	Thallium
FVA	Forstwirtschaftliche Versuchsanstalt	TrinkwV	Trinkwasserverordnung
HCB	Hexachlorbenzol	UVM	Umwelt- und Verkehrsministerium
HCH	Hexachlorcyclohexan	V	Vanadium
Hg	Quecksilber	VwV	Verwaltungsvorschrift (zum BodSchG)
I-TEq	Internationale Toxizitätsäquivalente nach NATO/CCMS	WBA	Amt für Wasserw. und Bodenschutz
LABfG	Landesabfallgesetz	Zn	Zink
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz	µg/kg	10 <sup>-9</sup> bzw. 1.000 ng/kg
LUFA	Landwirtschaftliche Untersuchungs- und Forschungsanstalt		
mob	mobiler Anteil eines Elementes im Boden (Ammoniumnitrat-Extraktion)		
mg/kg	10 <sup>-6</sup> bzw. 1.000 µg/kg		
n	Anzahl		
ng/kg	10 <sup>-12</sup>		
Ni	Nickel		
NO <sub>3</sub>	Nitrat		
NO <sub>x</sub>	Stickstoffoxide		
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlen- wasserstoffe		
PAK <sub>16</sub>	Summe 16 PAK nach EPA		
Pb	Blei		
PCB	Polychlorierte Biphenyle		
PCB <sub>6</sub>	Summe folgender 6 PCB-Isomere:		
PCB 28	2,4,4'-Trichlorbiphenyl		
PCB 52	2,2',5,5'-Tetrachlorbiphenyl		
PCB 101	2,2',4,5,5'-Pentachlorbiphenyl		
PCB 138	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorbiphenyl		
PCB 153	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorbiphenyl		
PCB 180	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorbiphenyl		
PCDD	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine		
PCDD/F	Polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane		
PCDF	Polychlorierte Dibenzofurane		
pH(CaCl <sub>2</sub> )	Boden-pH in CaCl <sub>2</sub> -Lösung		
Pt	Platin		

Begriffserklärungen sind bzgl. der Schadstoffe im Kapitel 1.2, bzgl. der Prüf- und Belastungswerte in Kapitel 1.3 und bzgl. der verwendeten statistischen Kenngrößen in Kapitel 3.2 enthalten.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

- BodSchG [Staatsministerium Baden-Württemberg, Hrsg.] (1991): Gesetz zum Schutz des Bodens (Bodenschutzgesetz - BodSchG).- Staatsministerium Baden-Württemberg (Hrsg.), Gesetzblatt für Baden-Württemberg, Nr. 16: 434-440; Stuttgart.
- IBL [Umwelttechnik Biotechnik Heidelberg] (1997): Altablagerung "Kleingartenanlage Speyerer Straße".- Untersuchung im Auftrag der Stadt Heidelberg, Vermerke 7/97 und 14/97; Heidelberg.
- KETTERER S. (1991): Polychlorierte Biphenyle und ausgewählte chlororganische Pestizide in Böden.- Heidelberger Geowissenschaftliche Abhandlung, Band 42: 162 S. + Anhang; Heidelberg.
- KLAUSING O. (1967): Geographische Landesaufnahme 1:200.000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands, Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 151 Darmstadt.- Institut für Landeskunde [Hrsg.], Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung; Bad Godesberg.
- LABO [Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz] (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden.- Bericht der ad-hoc AG "Referenzwerte bzw. Hintergrundwerte für Böden" des LABO-Arbeitskreises IV "Bodenbelastung": 146 S.; Berlin.
- LANDRATSAMT RHEIN-NECKAR-KREIS (1996): Allgemeinverfügung: Anbaubeschränkungen für Nahrungs- und Futterpflanzen auf Gemarkungen Walldorf und Nußloch und im Stadtgebiet von Leimen vom 19.4.1996.- Heidelberg.
- LANDWIRTSCHAFTLICHE UNTERSUCHUNGS- UND FORSCHUNGSANSTALT AUGUSTENBERG (1997): Auszug aus dem Schwermetallkataster und dem Nitratkataster der LUFA vom 25.7.1997.- Karlsruhe.
- LENZ H., PAMPERIN L. & E. PLUQUET (1997): PAK in Kleingartenböden - Eingrenzung möglicher Belastungsursachen mit Hilfe von PAK-Profilen.- Mitt.Dtsch.Bodenkd.Ges., 85, II: 737-740; Oldenburg.
- LfU [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg.] (1997): Schwermetallbelastungen durch den historischen Bergbau im Raum Wiesloch – Verfasser L.H. Hildenbrandt.- Handbuch Boden, Materialien Band 7, 191 S.; Karlsruhe.
- LfU [Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Hrsg.] (1998): Bodendauerbeobachtungsmeßstellen Forst, Wilhemsfeld, Baltmannsweiler - Ergebnisbericht 1996 und 1997.- Verfasser: UMEG [Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen GmbH], [Bericht in Vorbereitung]; Karlsruhe.
- PRÜß A. (1994): Einstufung mobiler Spurenelemente in Böden.- In: Rosenkranz, Bachmann, Einsele & Harreß [Hrsg.]: Bodenschutz.- E.Schmidt Verlag, Ergänzbare Handbuch, Kennziffer 3600: 59 S.; Berlin.
- SCHMITHÜSEN J. (1952): Geographische Landesaufnahme 1:200.000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands, Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 161 Karlsruhe.- Amt für Landeskunde [Hrsg.], Reise- und Verkehrsverlag; Stuttgart.
- STADT HEIDELBERG [Hrsg.] (1995): Anbaubeschränkungen 1995 für Nahrungs- und Futterpflanzen im südlichen Stadtgebiet

- Heidelberg.- Stadtblatt, Nr. 23 vom 08.06.95:  
Seite 8; Heidelberg (noch gültig).
- STADT MANNHEIM (1992): Altlastenbericht.-  
Beiträge zur Mannheimer Stadtentwicklung, Amt  
für Baurecht und Umweltschutz: 388 S.; Mann-  
heim.
- TÜV [TÜV Energie und Umwelt GmbH, Nieder-  
lassung Stuttgart] (1995): Schwermetallgehalte in  
Böden und Pflanzen im Heidelberger Süden.-  
Studie im Auftrag der Stadt Heidelberg, vom  
25.04.95: 135 S. + Anhang; Stuttgart.
- UM [Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg]  
(1991): Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen  
Bodens bei Flächeninanspruchnahmen.- Luft,  
Boden, Abfall, Heft 10: 35; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.]  
(1993): Zweite Verwaltungsvorschrift des  
Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz  
über die Probenahme und -aufbereitung (VwV  
Bodenproben).- Gemeinsames Amtsblatt des  
Landes Baden-Württemberg (GABL), Heft 30:  
1017-1028; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.]  
(1993): Dritte Verwaltungsvorschrift des  
Umweltministeriums zum Bodenschutzgesetz  
über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten  
anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV  
Anorganische Schadstoffe).- Gemeinsames  
Amtsblatt des Landes Baden-Württemberg  
(GABL), Heft 30: 1029-1036; 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.]  
(1995): Bodenzustandsbericht Karlsruhe.-  
Umweltschutz in Baden-Württemberg, UM-14-95:  
68 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.]  
(1995): Emissionskataster Baden-Württemberg  
1992.- Umweltschutz in Baden-Württemberg,  
UM-21-95: 88 S.; Stuttgart.
- UM [Umweltministerium Baden-Württemberg Hrsg.]  
(1995): Luftreinhalteplan Großraum  
Mannheim/Heidelberg 1995.- Umweltschutz in  
Baden-Württemberg, UM-8-95: 199 S.; Stuttgart.
- UMEG [Gesellschaft für Umweltmessungen und  
Umwelterhebungen GmbH] (1997): Jahresbericht  
1996 - Luftschadstoffmessungen.- 219 S.;  
Karlsruhe.