

Fachbeiträge des Landesumweltamtes

Heft-Nr. 48

**Die Bodenbelastung  
brandenburgischer Haus- und Kleingärten  
durch Schadstoffe**



LANDESUMWELTAMT  
BRANDENBURG



Fachbeiträge des Landesumweltamtes - Titelreihe, **Heft-Nr. 48**

**Die Bodenbelastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten durch Schadstoffe**

Herausgeber:

Landesumweltamt Brandenburg (LUA)

Berliner Straße 21 - 25

14467 Potsdam

Tel.: 0331/23 23 259 Fax.: 0331/29 21 08

e-mail: [infoline@lua.brandenbrug.de](mailto:infoline@lua.brandenbrug.de)

Bearbeitung:

LUA, Abteilung Abfallwirtschaft, Altlasten und Bodenschutz

Referat Bodenschutz

Ritschel, J. auf der Basis des FE-Vorhabens: *“Die Belastung von Böden Brandenburger Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Schadstoffe”* (1997) in Bearbeitung durch die

Agrar- und Umweltanalytik GmbH, Außenstelle Vetschau

Wilhelm-Pieck-Str. 36, 03226 Vetschau [Pohl, A.; Dornberger, U.; Hundt, I. u.a.]

Potsdam, im Mai 2000

Gesamtherstellung: LUA, gedruckt auf 100 % RC-Papier

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Brandenburg herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

# Inhaltsverzeichnis

		Seite
<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Arbeitsprogramm</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Rechercheergebnisse</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Analytische Untersuchungen der Hauptstudie</b>	<b>11</b>
4.1	Probenahmestandorte und Untersuchungsprogramm	11
4.2	Probenahme Boden / Pflanze	13
4.3	Untersuchungsmethoden	13
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>16</b>
5.1	Allgemeine Bodeneigenschaften und Nährstoffversorgung	16
5.2	Anorganische Schadstoffe in Gartenböden und Ernteprodukten	17
5.2.1	Allgemeine Verbreitung	17
5.2.1.1	Boden	17
5.2.1.2	Pflanze	21
5.2.2	Standorte mit besonderer Belastungsproblematik	24
5.3	Organische Schadstoffe in Gartenböden und Ernteprodukten	33
5.3.1	Boden	33
5.3.2	Pflanze	36
<b>6</b>	<b>Nutzungsempfehlungen</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>40</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>44</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>45</b>

# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Die Ermittlung des Ist-Zustandes der Bodenbelastung mit anorganischen und organischen Schadstoffen war in den letzten Jahren Gegenstand verschiedener Untersuchungen im Rahmen von Forschungsvorhaben im Land Brandenburg. Zu diesen zählen u.a.:

- Bodennormwerte für das Land Brandenburg: Organische Schadstoffe und Schwermetalle (1994-98)
- Rieselfelder südlich Berlins, Altlast, Grundwasser, Oberflächengewässer - Gemeinsamer Abschlußbericht 1996 (LUA, 1997)
- Erfassung der stofflichen Belastung von Böden mit PCDD/F, PAK, PCB und ausgewählten Pestiziden im Elbe-Elster-Kreis (1995)
- Ermittlung der Hintergrundbelastung Brandenburger Böden mit ausgewählten Schadstoffen und deren Bestimmung im Klärschlamm (1995)
- Fachinformationssystem Bodenschutz Brandenburg:  
Teilauftrag zur geochemischen Erkundung des Kreises Oranienburg (1993)  
Teilauftrag zur rasterförmigen Beprobung des ehemaligen Kreises Neuruppin (1995)
- Pedogene Hintergrundwerte ausgewählter Böden Brandenburgs (1995)
- Schwermetallbelastung der Böden Brandenburgs (1995)

sowie Untersuchungen vor 1989:

- Umwelthygienische Relevanz der Schwermetallbelastung in Zentren der Stahlproduktion (1986)
- Schwermetallgehalte der systematischen Bodenuntersuchung der ehemaligen DDR (1986-1991)
- Schwermetallgehalte von Böden und Pflanzen der Rieselfelder südlich Berlins (1984-1989).

Nicht zuletzt sind auch die Arbeiten des wissenschaftlich-technischen Beirates Rieselfelder des Landesumweltamtes Brandenburg (LUA) zur Rieselfeldnachnutzung im Umland von Berlin zu erwähnen (Bericht 1995).

Mit den Ergebnissen dieser Projekte liegt eine umfangreiche Übersicht über die Belastung Brandenburger Böden mit anorganischen und organischen Schadstoffen vor. Haus- und Kleingärten wurden dabei jedoch nur in beschränktem Umfang in die Untersuchungen einbezogen. Aber gerade für diese Standorte ist mit einer Belastungssituation zu rechnen, die die Hintergrundbelastung der Böden überschreitet.

Dies ist in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen worden (siehe auch CRÖB-MANN/WÜSTEMANN, 1995) - für Brandenburg u.a. im Projekt "Bodennormwerte für das Land Brandenburg: Organische Schadstoffe und Schwermetalle" - und darauf zurückzuführen, dass

- Haus- und Kleingärten insbesondere in Ballungsräumen auf vorbelasteten Flächen

- angelegt wurden,  
teilweise eine erhebliche Immissionsbelastung bestand und
- in Haus- und Kleingärten häufig schadstoffbelastete Materialien zu "Düngungs" - bzw. "Bodenverbesserungszwecken" eingesetzt wurden (z. B. Asche, Flusssedimente, Stäube und Klärschlämme).

Folgende Transferpfade stellen dabei die Hauptbelastungswege für Schadstoffe in Haus- und Kleingärten dar:

- Boden ⇒ Nahrungspflanze ⇒ Mensch
- Boden ⇒ Futterpflanze ⇒ Tier ⇒ Mensch
- Boden ⇒ Mensch, insbesondere Kleinkinder (Direktpfad).

Schadstoffbelastete Haus- und Kleingärten können einen erheblichen Anteil an der Schadstoffaufnahme des Menschen haben, wenn man bedenkt, dass bei einigen Schadstoffen mehr als 90 % über die Nahrung aufgenommen werden. Obwohl sich gegenwärtig der Charakter der Gärten mehr in Richtung "Erholungsfunktion" verschiebt, ist der Anbau von Obst und Gemüse für den Eigenverbrauch nicht zu unterschätzen.

Für das Land Brandenburg ist zusätzlich relevant, dass hier vorwiegend leichte Böden mit einer in der Regel geringen Akkumulationsfähigkeit, aber hohen potentiellen Mobilität für Schadstoffe vorhanden sind. Auf Grund dieses erhöhten Gefährdungspotentials hat das LUA, Referat Bodenschutz, 1995 das Projekt "Belastung der Böden Brandenburger Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe" initiiert. Ziel dieses Projektes war es:

- eine Übersicht über die Schadstoffbelastung brandenburger Haus- und Kleingärten zu erarbeiten,
- das Gefährdungspotential abzuschätzen,
- für die zuständigen Behörden eine Handlungsanleitung für den Umgang mit möglichen Bodenbelastungen in Kleingärten zu erstellen.

Die Bearbeitung dieses Projektes erfolgte in einer Vorstudie durch die uve GmbH Potsdam Fernerkundungszentrum und einer Hauptstudie durch die Agrar- und Umweltanalytik GmbH, Außenstelle Vetschau.

## 2 Arbeitsprogramm

Die Vorstudie zum Projekt hatte das Ziel, unter Nutzung und Zusammenführung bisheriger Erkenntnisse ein Konzept für das in der Hauptstudie durchzuführende Untersuchungsprogramm zu entwickeln. Folgende Teilaufgaben wurden in der Vorstudie bearbeitet:

- Erarbeitung einer Methodik, incl. Kriterien, zur Ausweisung von Verdachtsflächen potenzieller flächenhafter Bodenbelastungen, die im folgenden als "Untersuchungsräume" bezeichnet werden,
- Auswahl einzelner Gartenanlagen, die als "Testgebiete" beispielhaft für bestimmte Belastungstypen im Rahmen der Hauptstudie untersucht werden sollten,

- Recherche, Aufbereitung und Digitalisierung von Informationen über die Testgebiete im ARC/INFO-Format,
- Aufstellung von Listen relevanter Boden- und Schadstoffparameter für die einzelnen Testgebiete in Abhängigkeit der ermittelten Belastungsmuster als Grundlage für Screening- und Detailuntersuchungsprogramme in der Hauptstudie.

Folgende Untersuchungsräume, in denen die Testgebiete für die weiteren Untersuchungen liegen sollten, wurden ermittelt:

- Standorte unterschiedlicher Siedlungsstruktur,
- Standorte auf anthropogenem Substrat,
- Standorte im Umfeld von Verkehrswegen und Flugplätzen,
- Standorte auf Rieselfeldern und in Überschwemmungsgebieten,
- Industriestandorte.

In der Vorstudie sind sieben Testgebiete folgender Belastungsmuster für weitere Untersuchungen ausgewählt worden (vgl. auch Tab. 5):

- Kernstadt im Verdichtungsraum ohne Altindustrie: Potsdam (Nr. 1)
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie: Eberswalde I (Nr. 2)
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie und auf Aufschüttungsfläche: Eberswalde II (Nr. 3)
- Stahlindustrie: Brandenburg (Nr. 4)
- Zementindustrie: Hennickendorf (Nr. 5)
- Glasindustrie: Döbern (Nr. 6)
- Braunkohlenverarbeitung: Lauchhammer (Nr. 7)

Im Rahmen der Hauptstudie sind ergänzend weitere Belastungsmuster in die Untersuchungen einbezogen worden:

- Flugplätze: Bohnsdorf (Nr. 8) und Selchow/Waßmannsdorf (Nr. 9)
- Rieselfelder: Genshagener Heide (Nr. 10)
- Verkehrswege: Seeberg/Neuenhagen (Nr. 11)
- Kraftwerk: Vetschau I (Nr. 12)
- Anthropogene Substrate/Materialien:  
Aschetransport über Bahn (Verwehungen): Vetschau II (Nr. 13)  
Deponie: Großräschen (Nr. 14)  
Aufbringung von belastetem Baggergut aus einem Gewässer: Rangsdorf (Nr. 15)
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie (chemische Industrie): Cottbus (Nr. 16).

Die Festlegung und Untersuchung der Testgebiete erfolgten dabei stufenweise.

Es wurde jeweils versucht, aufbauend auf Analysenergebnissen und Rechercheinformationen die Testgebiete zielgerichtet in die Hauptstudie zu integrieren. Hierbei wurde wie folgt vorgegangen:

#### **Phase 1:**

Untersuchung der in der Vorstudie ausgewählten Testgebiete (Nr. 1-7) mit unterschiedlichen (potentiellen) Belastungsmustern. Im Ergebnis dieser Untersuchung war festzustellen, dass eine allgemeine (anthropogene) Belastung der Gartenflächen nachgewiesen werden konnte, typische Belastungsmuster aber nicht auftraten.

## Phase 2:

Einbeziehung von Testgebieten mit weiteren (potentiellen) Belastungsmustern (Nr. 8, 9, 10, 11, 12, 14). Durch die Recherche war bekannt, dass für die Kleingartenanlagen Genshagener Heide (Nr. 10) und Großbräschen (Nr. 14) Analysenergebnisse vorliegen, die eine Schwermetallbelastung von Boden und Pflanze belegen.

Im Ergebnis wurde wiederum eine allgemeine ("zivilisatorische") Belastung der Gartenflächen nachgewiesen. Die Kleingartenanlagen Genshagener Heide und Großbräschen wiesen aber darüber hinaus ein spezifisches Belastungsmuster auf, das über die allgemeine Belastung der Gartenflächen hinausgeht.

## Phase 3:

Einbeziehung von Testgebieten mit begründetem Verdacht und weiteren Belastungsmustern (Nr. 13, 15, 16). Durch die Recherche war bekannt, dass für die Gartenanlage Rangsdorf (Nr. 15) Analysenergebnisse vorliegen, die eine Belastung des Bodens mit Schwermetallen anzeigen.

Das stufenweise Vorgehen bei der Einbeziehung von Testgebieten in die Untersuchungen erlaubte eine effektive, kostengünstige Bearbeitung. Von Stufe zu Stufe konnte auf einem Erkenntnisgewinn aufgebaut werden, d. h. die "Analysen ohne konkreten Verdacht" wurden minimiert. In ähnlicher Weise erfolgte die Auswahl der zu analysierenden Parameter.

In allen Gärten wurden folgende Grundparameter bestimmt:

- Erhebung von Metainformationen nach LUA-Mindestdatensatz
- Bodenansprache nach bodenkundlicher Kartieranleitung (KA<sub>4</sub>, 1994)
- Bodenzustandsparameter (pH-Wert, Humus-, Tongehalt, Kationenaustauschkapazität)
- Nährstoffversorgung (N<sub>ges.</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, P, K, Mg)
- Anorganika (Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Hg, As, Tl)
- Organika (PAK, PCB, Aldrin, Dieldrin, Endrin, DDT und Abbauprodukte/Isomere, HCB, HCH, PCDD/PCDF)

Die Auswahl der Parameter erfolgte auf der Basis der Ergebnisse von CRÖBMAN/WÜSTEMANN (1995) und der möglichen Verbreitung dieser Substanzen als Umweltschadstoffe. Für verschiedene Belastungsmuster wurden Zusatzparameter analysiert (vgl. Tab. 5). Pflanzen und extrahierbare ("mobile") Schadstoffe im Boden wurden nur bei nachgewiesenen Kontaminationen des Bodens untersucht, so dass auch hier die Zahl der "Analysen ohne konkreten Verdacht" minimiert wurde.

## 3 Rechercheergebnisse

In die Recherche wurden folgende Institutionen/Datensammlungen einbezogen:

- Landesumweltamt Brandenburg
- Landkreise/kreisfreie Städte
- Daten der ehemaligen Bezirkshygieneinstitute (BHI) Cottbus, Frankfurt und Potsdam
- Daten des ehemaligen Wissenschaftlich-Technischen-Zentrums (WTZ) der Landwirtschaft des Bezirkes Cottbus
- Daten der Technischen Universität Dresden, Wissenschaftsbereich Pflanzenchemie
- Daten des ehemaligen Instituts für Pflanzenernährung Jena (IPE).

Folgende im Sinne der Hauptstudie verwertbare Datenbestände wurden ermittelt:

### Genshagener Heide (ehemalige Rieselflächen)

Tabelle 1 enthält die Untersuchungsergebnisse der Erhebungsuntersuchungen von 1987 des ehemaligen BHI Potsdam und des ehemaligen IPE Jena.

Tab. 1: Schwermetallgehalte (mg/kg TS) von Boden und Pflanzen, Kleingartenanlage Genshagener Heide

	Cd	Cu	Pb	Zn
Boden n = 18				
arithm. Mittel	6,8	74	149	444
Minimum	0,75	12	61	107
Maximum	19	226	448	1264
Erdbeere n = 8				
arithm. Mittel	1,2	5,8	1,5	34
Minimum	0,39	4,0	0,12	18
Maximum	2,0	7,2	5,1	59
Stachelbeere n = 7				
arithm. Mittel	0,29	5,3	0,27	36
Minimum	0,17	4,5	n.n.	31
Maximum	0,59	6,3	0,68	44
Rhabarber n = 7				
arithm. Mittel	1,8	6,1	0,44	112
Minimum	0,81	4,2	n.n.	57
Maximum	4,8	9,6	0,81	169

Die Untersuchungsergebnisse zeigen eine Belastung des Bodens mit den untersuchten vier Elementen Cd, Cu, Pb und Zn an. Die Pflanzengehalte sind ebenfalls erhöht.

### Großbräschen (ehemalige Deponie)

Tabelle 2 enthält die Schwermetall- und As-Untersuchungsergebnisse der Trischler und Partner Consult GmbH aus dem Jahr 1996.

Tab. 2: Schwermetallgehalte Boden (Entnahmetiefe 0-0,5 m, n=21), Kleingartenanlage Großbräschen

		Minimum	Maximum
As	mg/kg TS	< 1	3,1
Pb	mg/kg TS	< 8	1700
Cd	mg/kg TS	< 0,5	108
Se	mg/kg TS	0,1	0,22
Cr	mg/kg TS	< 5	10,1
Cu	mg/kg TS	< 5	72
Hg	mg/kg TS	< 0,1	1,16
Zn	mg/kg TS	< 10	970



Die Untersuchungsergebnisse zeigen für Pb, Cd, Cu, Hg und Zn erhöhte Gehalte.

### Rangsdorf (Aufbringung von kontaminiertem Baggergut aus einem Gewässer)

Die uve GmbH ermittelte in Boden- und Sedimentproben die in Tabelle 3 dargestellten Schadstoffgehalte. Die Maximalwerte zeigen eine erhebliche Kontamination des Standortes an.

Tab. 3: Schwermetall- und As-Gehalte von Boden- und Sedimentproben (mg/kg TS), Kleingartenanlage Rangsdorf

	Maximum Boden	Maximum Sediment
As	< 7	12,1
Pb	< 100	122
Cd	74,6	2.760
Cr	882	1.220
Cu	< 100	109
Zn	2.180	548

### Brandenburg/Havel (Stahlindustrie)

Durch MÖLLER u.a. (1986) wurden im Umfeld des Stahl- und Walzwerkes Brandenburg im Boden erhöhte Konzentrationen der Schwermetalle Zn, Pb und Cd registriert (vgl. Tab. 4). Die Maximalwerte betrafen Flächen aus unmittelbarer Nähe des Stahl- und Walzwerkes.

Tab. 4: Schwermetallgehalte Boden, (Entnahmetiefe 0-10 cm, n=59) aus dem Umfeld des Stahl- und Walzwerkes Brandenburg

		Median	90er Perzentil	Minimum	Maximum
Pb	mg/kg TS	46	112	17	236
Cd	mg/kg TS	1,0	2,0	< 0,6	5,0
Zn	mg/kg TS	83	244	23	621

Auch untersuchte Pflanzenproben (Getreide, Kartoffel) wiesen erhöhte Schwermetallgehalte auf.

## 4 Analytische Untersuchungen der Hauptstudie

### 4.1 Probenahmestandorte und Untersuchungsprogramm

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

1. Grunduntersuchung von Haus- und Kleingärten auf Bodeneigenschaften, Nähr- und Schadstoffe,
2. erweiterte Untersuchung ausgewählter Anlagen in Abhängigkeit der Lage zu Emittenten,
3. vertiefende Untersuchungen zum Transfer bei festgestellter Belastung,
4. Charakterisierung des Transfers einer Kleingartenanlage mit typischem Belastungsmuster.

Die Grunduntersuchung auf Schwermetalle (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Tl, Zn) und As sowie verschiedene organische Schadstoffe (PAK, PCB, Pflanzenschutzmittel, PCDD/F) erfolgte an 94 Oberböden (bei PCDD/F n=16) aus insgesamt 16 Kleingartenanlagen verschiedener Regionen Brandenburgs (je sechs Proben pro Anlage, Cottbus vier Proben).

Gleichzeitig wurden bodenphysikalische (Tongehalt) und bodenchemische Parameter (pH-Wert, Austauschkapazität) einschließlich der organischen Substanz und der Nährstoffe (N, P, K, Mg) bestimmt.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über alle untersuchten Haus- und Kleingartenanlagen, über Emittenten bzw. Belastungsursachen in der unmittelbaren Umgebung sowie das in diesem Zusammenhang z.T. erweiterte Untersuchungsspektrum. Detaillierte Angaben zu den vorgefundenen Standortbedingungen und zur Vornutzung der Haus- und Kleingärten wurden ebenfalls erhoben.

Die Gartenanlagen Nr. 1 bis 7 wurden im Rahmen der Vorstudie als Testgebiete unter dem Aspekt der Erfassung unterschiedlicher siedlungs- und belastungsstruktureller Bereiche ausgewählt. Auf Grund der Befragungsergebnisse am Standort Eberswalde war eine neue Einordnung der Gartenanlagen notwendig.

Die Kleingartenanlage Eberswalde I wurde dem Muster Kernstadt im Verdichtungsraum, altindustrialisiert, zugeordnet, da nach Aussagen befragter Personen im westlichen Bereich (stadtnächste Lage) keine Aufschüttung bekannt ist.

Demgegenüber ist die nordöstlich an die Kleingartenanlage Eberswalde II angrenzende Fläche auf einer mit anthropogenem Substrat (Bodenaushub, Abbruchmassen, kaum hausmüllähnliche Bestandteile) verfüllten Senke entstanden. Seit Mitte der siebziger Jahre wird die Fläche als Kleingartenanlage bewirtschaftet.

Mit Ausnahme der Hausgärten in Döbern (Nr. 6) liegen alle untersuchten Gärten in typischen Kleingartenanlagen.

Die Nutzung der Gärten ist unterschiedlich, z.T. können sie noch als Ertragsgärten bezeichnet werden, teilweise dominiert der Erholungscharakter. Die Übergänge sind fließend, der Trend geht in Richtung Erholungsgärten mit Rasenflächen, Staudenbeeten und Rabatten.

Tab. 5: Untersuchte Haus- und Kleingartenanlagen Brandenburgs

Nr.	Standort	Belastungssituation	Zusatzparameter
1	Potsdam	Kernstadt im Verdichtungsraum ohne Altindustrie	-
2	Eberswalde I	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie	-
3	Eberswalde II	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie, anthrop. Substrat	-
4	Brandenburg/ Havel	Stahlindustrie	P <sub>ges</sub> , Fe, Mn, CN (gesamt), KW, EOX, Phenolindex
5	Hennickendorf	Zementindustrie	P <sub>ges</sub> , V, Fe, Mn, B, F, Al
6	Döbern	Glasindustrie	Se, Sn, Ba, Mn, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , S <sup>2-</sup> , P, F
7	Lauchhammer	Braunkohleverarbeitung	P <sub>ges</sub> , CN, Fe, Mn, Mg <sub>ges</sub> , Al, Sb, Co,

Nr.	Standort	Belastungssituation	Zusatzparameter
			Sn, F, B, Cl <sup>-</sup> , KW, BETX, LHKW, EOX, arom. Amine, Phenolindex, NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
8	Bohnsdorf	Einflugschneise Flughafen Schönefeld	-
9	Selchow/ Waßmannsdorf	Ausflugschneise Flughafen Schönefeld	-
10	Genshagener Heide	ehemalige Rieselfeldflächen	-
11	Seeberg/ Neuenhagen	starke Verkehrsbeeinflussung (Nähe Bundesautobahn)	-
12	Vetschau I	Kraftwerk	-
13	Vetschau II	Aschetransport über Bahn	B, F, Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Salzgehalt
14	Großräschen	ehemals Gelände einer Deponie	-
15	Rangsdorf	Aufbringung von belastetem Baggergut aus einem Gewässer	-
16	Cottbus	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie (chem. Industrie)	MKW

Aufbauend auf den Ergebnissen der Hauptuntersuchung und zusätzlichen Recherchen wurden weitere Gartenanlagen in das Untersuchungsprogramm einbezogen (Nr. 8-16). Typische Kleingärten sind hier nur auf den Standorten Genshagener Heide, Großräschen und Vetschau II angetroffen worden. Bei allen anderen Untersuchungsgebieten handelt es sich um Hausgärten. Die Nutzungsintensität ist sehr unterschiedlich. Neben einem besonders in ländlichen Gegenden intensiven Anbau verschiedener Nutzgartenkulturen wurden auch Gärten mit fast reiner Erholungsfunktion angetroffen. Hier beschränkt sich der Anbau auf wenige Edelgemüsearten, Beeren und Sträucher.

Die Testgebiete Seeberg/Neuenhagen und Vetschau I nehmen auf Grund der aufgelockerten Siedlungslage größere Flächen ein. Hier liegen die Probenahmeareale bis etwa 1,5 km entfernt voneinander.

In den Anlagen Großräschen, Genshagener Heide und Rangsdorf wurde im Rahmen von Rechercharbeiten bzw. der Grunduntersuchung eine toxikologisch relevante Belastung mit Schwermetallen registriert (vgl. Kap. 3 und Tabelle 12). Für diese Anlagen erfolgte eine vertiefende Betrachtung hinsichtlich eines möglichen Transfers von Schwermetallen in die Nahrungskette bzw. das Grundwasser.

Dazu wurden an jeweils 18 Ernteprodukten und den zugehörigen Ober- und Unterböden folgende Untersuchungen durchgeführt:

Nr.	Standort	Pflanze	Oberboden	Unterboden
10	Genshagener Heide	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn nach KW-Aufschluss*, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> - Extraktion, Wasserextraktion	Cd, Hg nach KW- Aufschluss NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> - Extraktion, Wasser- extraktion
14	Großräschen	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn nach KW-Aufschluss, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> - Extraktion, Wasserextraktion	Cd nach KW-Aufschluss NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Extraktion, Wasser- extraktion
15	Rangsdorf	As, Pb, Cd, Cr,	As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn	Cd, Cr, Zn nach KW-Auf-

	Cu, Ni, Hg, Zn	nach KW-Aufschluss, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Extraktion, Wasserextraktion	schluss, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> -Extraktion, Wasserextraktion
--	----------------	---	--

\* KW-Aufschluss: Königswasseraufschluss

Um das generelle Verhalten von Schadstoffen in Haus- und Kleingärten mit typischem Belastungsmuster hinsichtlich der Nahrungskette zu charakterisieren, wurde für die Kleingartenanlage Potsdam ebenfalls eine Pflanzenuntersuchung durchgeführt. In diesem Fall erfolgte in Pflanzen und zugehörigem Oberboden eine Bestimmung aller im Rahmen des Grundprogramms erfassten Schadstoffe (Schwermetalle, As, PAK, PCB, Pflanzenschutzmittel).

#### 4.2 Probenahme Boden/Pflanze

Für die Durchführung der Probenahme war eine Abstimmung mit den Nutzern/Besitzern der Haus- und Kleingärten erforderlich. Von diesem Personenkreis stammen die Informationen zur Entstehungs- und Nutzungsgeschichte der Anlagen.

Bei der Auswahl der Gärten wurde auf die Lage zu Emittenten sowie die Bodenverhältnisse geachtet, um ein möglichst repräsentatives Bild der Anlagen zu erhalten. Die Zuordnung der Proben zu den beprobten Gärten erfolgt über die Gartennummer, die Hausnummer (Döbern) oder den Namen des Gartenbesitzers (Potsdam).

Im Rahmen der Grunduntersuchung wurden je Untersuchungsgebiet (Gartenanlage) sechs Proben aus unterschiedlichen Gärten gewonnen. Die Proben wurden als Mischprobe aus jeweils fünfzehn Einstichen mit einem 50 mm Edelstahlkernbohrer aus der Tiefe 0-30 cm entnommen. Die Einzelproben wurden in Edelstahlgefäße gefüllt, gemischt, anschließend in zwei Braunglasflaschen (Volumen 1 Liter) abgefüllt und gekühlt zur Untersuchung gebracht.

Zur vertiefenden Untersuchung (Transfer Boden-Pflanze) wurde in vier ausgewählten Anlagen eine zweite Probenahme durchgeführt. Sie betraf 18 Pflanzenproben (je 6 x Blattfrucht, 6 x Spross-/Wurzelgemüse, 6 x Obst) und die dazugehörigen Ober- und Unterböden.

Neben der Probenahme wurde eine Nutstangensondierung bis in die Tiefe von einem Meter zur Aufnahme des Bodenprofils vorgenommen.

#### 4.3 Untersuchungsmethoden

Die Bestimmung bodenphysikalischer und bodenchemischer Parameter erfolgte auf der Grundlage von DIN-Verfahren bzw. den in Brandenburg üblichen landwirtschaftlichen Untersuchungsmethoden:

Parameter	Methode	DIN-Verfahren
pH-Wert	0,01 M CaCl <sub>2</sub> -Extrakt, elektrometrisch	DIN 19684, Teil 1
Carbonat	gasvolumetrisch Scheibler-Apparatur	DIN 16684, Teil 5
Organische Substanz	Elementaranalyse	DIN 19684, Teil 2
Kationenaustauschkapazität (KAK <sub>pot</sub> , H-Wert)	Methode nach Mehlich	DIN 16684, Teil 8
Tongehalt	Pipettanalyse nach Köhn	DIN 19683, Blatt 1/2
N, gesamt	nach Kjeldahl	

NH <sub>4</sub> -N, NO <sub>3</sub> -N	CaCl <sub>2</sub> -Extraktion, photometrisch	
P, K	DL - Extraktion	
Mg	0,0125M CaCl <sub>2</sub> -Extraktion	

Schwermetalle und As wurden in der 2 mm Fraktion nach Aufschluss mit Königswasser gemäß DIN 38 414-S7 bestimmt.

Die angewendeten Messmethoden zum quantitativen Nachweis der Elemente in der Aufschlusslösung sind Tabelle 6 zu entnehmen.

Tab. 6: Analysenverfahren für Schwermetalle und As in Böden (Königswasser) und ihre Nachweisgrenzen

Element	Methode	DIN-Verfahren	NWG (mg/kg TS)
As	Hydrid - AAS	DIN 38 405 D 18	0,02
Pb	Flammen - AAS	DIN 38 406 E 6-1	5,0
Cd	Graphitrohr - AAS	EN ISO 5961 E19	0,01
Cr	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	2,0
Co	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	2,0
Cu	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	2,0
Ni	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	2,0
Hg	Kaltdampf - AAS	DIN 38 406 E 12-1	0,01
Tl	Graphitrohr - AAS	analog EN ISO 5961 E19	1,0
Zn	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	2,0

Die NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion wurde gemäß E DIN 19730 mit 1M NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> bei einem Verhältnis von Boden zu Extraktionsmittel von 1:2,5, die Extraktion mit (bidestilliertem) Wasser im Verhältnis Boden zu Wasser von 1:10 gemäß DIN 38409-S4 durchgeführt. Der quantitative Nachweis der Elemente erfolgte gemäß den Methoden der Tabelle 7.

Zur Aufarbeitung des Pflanzenmaterials wurde den Empfehlungen zur Probenaufbereitung gemäß § 35 LMBG gefolgt. Das bedeutet, dass das Material von beschädigten, kranken oder aus anderen Gründen nicht verzehrbaren Pflanzenteilen befreit wurde. Die essbaren Anteile wurden dann gewaschen.

Zur Schwermetall- und As-Bestimmung wurde das so gewonnene Probenmaterial getrocknet, gemahlen und trocken verascht (480°C; Pb; Cd, Cr, Cu, Ni, Zn) bzw. mit HNO<sub>3</sub> unter Druck aufgeschlossen (As, Hg). Die Messung der Elemente erfolgte ebenfalls gemäß den Methoden der Tabelle 7.

Tab. 7: Analysenverfahren für Schwermetalle und As in NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-/Wasser-Extrakten (DIN 38414-S4) bzw. Pflanzen und ihre Nachweisgrenzen

Element	Methode	DIN-Verfahren	NWG Extrakte (µg/l)	NWG Pflanze (mg/kg TS)
As	Hydrid - AAS	DIN 38 405 D 18	1	0,010
Pb	Graphitrohr - AAS	DIN 38 406 E 6-3	5	0,025
Cd	Graphitrohr - AAS	EN ISO 5961 E19	0,5	0,005
Cr	Graphitrohr - AAS	DIN 38 406 E 10-2	5	0,025

Cu	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	50	0,25
Ni	Graphitrohr - AAS	DIN 38 406 E 11-2	5	0,025
Hg	Kaltdampf - AAS	DIN 38 406 E 12-1	0,1	0,010
Zn	ICP - OES	DIN 38 406 E 22	50	0,25

Zur Bestimmung organischer Schadstoffe in Boden und Pflanze wurden die in Tabelle 8 aufgeführten Methoden angewendet. Dieser Tabelle können ebenfalls Kurzinformationen zum Verfahren und ihre Nachweisgrenzen entnommen werden.

Tab. 8: Untersuchungsverfahren für organische Schadstoffe in Boden und Pflanze

Parameter	Methode	Verfahren	NWG
PAK <sub>16</sub> (n. US-EPA)	EPA-Methode 610	HPLC mit UV + Fluoreszenzdetektor	1 µg/kg TS* (Acenaphthylen -10 µg/kg TS)
PCB (Boden)	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	1 µg/kg TS*
PCB (Pflanze)	gemäß AbfklärV	GC-MSD	1 µg/kg FS*
HCB	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	1 µg/kg TS*
DDT und Isomere	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	1 µg/kg TS*
HCH und Isomere	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	2 µg/kg TS*
Aldrin, Dieldrin, Endrin	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	1 µg/kg TS*
Heptachlorepoxid	analog DIN 38407 F2	GC-MSD	1 µg/kg TS*
PCDD / PCDF	nach AbfklärV	GC-MSD	Tetra, Penta 0,5 bzw. Hexa-Okta 2 ng/kg TS
Nitroaromaten	-	GC-MSD / ECD	1 - 14 µg/kg TS
EOX	DIN 38 414 - S17	mikrocoulometrisch	1 mg/kg TS
MKW	DIN 38 409 - S18	IR-Spektroskopie	10 mg/kg TS
Phenolindex	anal. DIN 38 409-H16	photometrisch	0,1 mg/kg TS
BETX / LHKW	VDI 3865	Headspace-Technik	0,5 mg/kg TS

\* je Einzelverbindung

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Allgemeine Bodeneigenschaften und Nährstoffversorgung

Zur allgemeinen Charakterisierung der Haus- und Kleingartenstandorte wurden im Rahmen des Grundprogrammes an je sechs Proben einer Anlage der Tongehalt, der pH-Wert, die Austauschkapazität (KAK und H-Wert), der Gehalt an organischer Substanz (OS) sowie den Nährstoffen N, P, K und Mg ermittelt. Bei erweitertem Probenumfang erfolgte an den zusätzlichen Proben nur die Bestimmung von pH-Wert, Tongehalt und OS.

In Tabelle 9 sind die Untersuchungsergebnisse zusammenfassend für Gartenböden dargestellt. Wie erwartet ist der Tongehalt der Böden allgemein niedrig. Er beträgt im Mittel 2,3 %. 99 % der Proben haben einen Tongehalt < 5 %. In der Regel weisen Schadstoffe, insbesondere verschiedene Schwermetalle, in leichten Böden eine höhere Mobilität auf.

Die pH-Werte (arithmetisches Mittel 6,5) spiegeln die meist gute Kalkversorgung von Kleingartenböden wider. 50 % der Proben bewegen sich in einem pH-Bereich von 6,2 bis 7,0, sodass daraus resultierend keine erhöhte Mobilität der Schwermetalle zu erwarten ist. Nur zwei der untersuchten Böden weisen pH-Werte < 5 auf.

Der OS-Gehalt ist in den untersuchten Gartenböden durch häufige und intensive Zufuhr von organischer Substanz sowie durch das Recycling von Ernte- und Wurzelrückständen im Mittel auf 4,1 % angehoben. Im Vergleich dazu bewegen sich die Gehalte landwirtschaftlich genutzter Ackerböden bei 1-3 % OS.

Der im Vergleich zu Ackerböden erhöhte Gehalt verbessert zum einen die physikalischen Eigenschaften der Böden (Struktur), zum anderen werden auch chemische Eigenschaften deutlich beeinflusst. Eine damit verbundene erhöhte Sorptionskapazität kann zu einer relativ festen Bindung und in diesem Zusammenhang zu einer stärkeren Akkumulation von Schwermetallen und organischen Schadstoffen im Boden führen.

Die Nährstoffversorgung der Gartenböden (vgl. Tab. 9 und 10) liegt deutlich über der landwirtschaftlich genutzter Böden. Das ist typisch für die intensive Wirtschaftsweise in Haus- und Kleingärten.

Tab. 9: Bodenphysikalische und bodenchemische Eigenschaften der untersuchten Gartenböden

	Ton %	pH- Wert	OS % TS	H-Wert mval/100g TS	KAK <sub>pot</sub>	N <sub>ges.</sub> % TS	P mg/100g TS	K	Mg
n	94	94	78	78	78	90	94	94	94
arithm. Mittel	2,3	6,5	4,1	3,5	20	0,19	31	19	9,3
Minimum	0,30	3,9	1,2	< 0,1	5,3	0,080	7,3	3,1	1,0
Maximum	5,7	7,5	24	16	68	0,50	110	66	27
90er Perzent	3,9	7,1	7,5	7,9	48	0,29	52	34	15
Geh.-Kl. E*	-	5,5-6,2	-	-	-	-	> 12,1	> 15	> 6,5

\* Bodengruppe 1

Tab. 10: Arithmetisches Mittel bodenphysikalischer und bodenchemischer Eigenschaften der untersuchten Gartenanlagen

Nr.	Anlage	Ton %	pH- Wert	OS % TS	H- Wert mval/100gTS	KAK <sub>pot</sub>	N <sub>ges.</sub> % TS	P mg/100g TS	K	Mg
1	Potsdam	1,8	6,7	3,8	2,3	21	0,21	34	14	9,0
2	Eberswalde I	1,6	7,0	3,2	1,3	12	0,18	43	12	9,8
3	Eberswalde II	1,6	7,1	3,3	1,2	17	0,14	35	16	9,0
4	Brandenburg / H.	1,1	6,7	2,7	1,3	27	0,16	43	11	8,3
5	Hennickendorf	0,9	7,1	2,6	0,7	22	0,14	23	22	6,6
6	Döbern	2,4	5,7	4,1	5,3	31	0,21	28	9,7	9,4
7	Lauchhammer	4,4	5,9	17	12	57	0,35	28	32	22
8	Bohnsdorf	2,1	6,4	2,5	2,0	11	0,13	21	26	6,5
9	Selchow / Waßmannsdorf	1,8	6,8	2,6	4,3	14	0,20	56	31	8,1
10	Genshagener Heide	1,9	6,8	2,5	2,4	9,3	0,15	37	12	5,9
11	Seeberg / Neuenhagen	2,1	6,6	2,1	3,9	11	0,14	28	16	5,0

12	Vetschau I	3,8	5,8	2,2	4,4	13	0,17	24	21	7,1
13	Vetschau II	2,7	6,3		-	-	0,14	19	18	8,8
14	Großräschen	2,9	6,5	4,9	3,9	17	0,18	19	23	11
15	Rangsdorf	4,5	7,4	9,2	-	-	0,36	24	23	12
16	Cottbus	2,3	6,6	-	-	-	-	27	16	10

## 5.2 Anorganische Schadstoffe in Gartenböden und Ernteprodukten

### 5.2.1 Allgemeine Verbreitung

#### 5.2.1.1 Boden

Der Schwermetall- und As-Gehalt der untersuchten Gartenböden ist in Tabelle 12 und zusammenfassend in Tabelle 11 dargestellt, welche gleichzeitig einen Vergleich mit verschiedenen Richt- und Orientierungswerten sowie mit den von CRÖBMAN/WÜSTEMANN (1995) im Rahmen einer bundesweiten Studie für Gartenböden erhobenen Schwermetallkonzentrationen erlaubt.

Der Vergleich mit Hintergrundwerten für Schwermetalle in brandenburgischen Böden (Bodenart Sand) zeigt, dass Gartenböden in Brandenburg in der Regel höhere Schwermetallgehalte aufweisen als ackerbaulich genutzte Böden vergleichbarer Standorte. Die Vorsorgewerte der BBodSchV für die Bodenart Sand, bei deren Überschreitung davon auszugehen ist, dass die Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung besteht, werden durch die medianen Gehalte der Elemente Hg und Zn und durch einzelne Proben bei den Elementen Pb, Cd, Cu und Ni überschritten. Der relativ "strenge" Vorsorgewert für Quecksilber begründet sich im hohen toxischen Potential von organischen Quecksilberverbindungen und orientiert sich deshalb am unteren Niveau von Wirkungsdaten bzw. wenig oberhalb der Hintergrundwerte. Der Prüfwert für Hg zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Boden-Nutzpflanze auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten von 5 mg Hg/kg TS wird weit unterschritten. Vorsorgewerte für Zn sind in erster Linie auf Grund der Phytotoxizität abgeleitet worden.

Aus einer Überschreitung der Vorsorgewerte in Gartenböden kann keine Gefährdung der menschlichen Gesundheit abgeleitet werden. Die Prüfwerte nach BBodSchV für Wohngebiete im Zusammenhang mit einer direkten oralen bzw. einer inhalativen Aufnahme werden nicht überschritten. In der Regel spiegeln die ermittelten Schwermetallgehalte keine wesentliche Kontamination wider. Eine mögliche toxikologische/ökotoxikologische Relevanz kann nur in Einzelfällen abgeleitet werden. Das betrifft die Cd- und Cr-Gehalte des Standortes Rangsdorf und den Cd-Gehalt des Standortes Großräschen. Ebenfalls erhöhte Elementgehalte für Cd und Hg wurden am Standort Genshagener Heide festgestellt.

Tab. 11: Schwermetall- und As-Gehalte in Gartenböden (Datenbasis: 6 Oberböden je Anlage bzw. Cottbus 4 Oberböden;  $n_{ges} = 94$ )

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
		mg/kg TS								
	Median	3,4	38	0,28	9,8	14	4,4	0,14	<0,25	116
	Min	77	15	0,056	< 2	3,3	< 2	0,036	<0,25	16
	Max	15	115	14	67	106	22	1,3	< 1	316
	90 Perz.	6,5	78	1,0	28	33	9,1	0,52	< 1	195
LABO <sup>(1)</sup>	Median	3	12	0,1	4	4	2	<0,05	0,2 <sup>(4)</sup>	15
	90 Perz.	4	21	0,2	7	9	5	0,06	-	25
	BBodSchV <sup>(2)</sup>	-	40	0,4	30	20	15	0,1	-	60
	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>(3)</sup>	-	65	0,5	26	24	14	0,2	-	151



BBodSchV <sup>(5)</sup>	50	400	20	400	-	140	20	-	-
-------------------------	----	-----	----	-----	---	-----	----	---	---

(1) LABO: Hintergrundwerte für organische und anorganische Stoffe in Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburgs, Ackernutzung

(2) BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

(3) CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

(4) BOWEN: Environmental Chemistry of the Elements

(5) BBodSchV: Prüfwerte für die direkte orale und inhalative Aufnahme schwer bzw. nicht flüchtiger Schadstoffe in Wohngebieten

Folgende Schwermetalle weisen in den jeweiligen Gartenanlagen (meistens leicht) erhöhte Gehalte auf und liegen teilweise deutlich über den Hintergrundwerten für Sandböden Brandenburgs (LABO):

Nr.	Standort der Anlage	Element	
1	Potsdam	Zn, Pb, Hg	
2	Eberswalde I	Zn, Hg	
3	Eberswalde II	Zn	
4	Brandenburg / Havel	Zn, Hg	
5	Hennickendorf	-	
6	Döbern	(Zn)	
7	Lauchhammer	Zn, Hg	
8	Bohnsdorf	Cd, Zn	
9	Selchow/ Waßmannsdorf	(Pb), Cd,	
10	Genshagener Heide	<b>Cd, Hg, Zn</b>	
11	Seeberg / Neuenhagen	(Zn)	
12	Vetschau I	-	
13	Vetschau II	-	
14	Großräschen	<b>Cd, (Zn)</b>	Legende:
15	Rangsdorf	Cd, Pb, Zn	(Zn)-leichte Erhöhung
16	Cottbus	(Pb), Hg, Zn	<b>Zn</b> -starke Erhöhung

Tab. 12: Schwermetallgehalte Gartenböden in Abhängigkeit vom Testgebiet [mg/kg TS]

Nr.	Anlage		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Tl	Zn
1	Potsdam (n=24)	Median	2,4	92	0,28	6,1	25	3,9	0,47	< 1	173
		Min	16	25	0,06	< 2	8,1	< 2	0,19	< 1	55
		Max	40	203	0,41	13	113	7,5	1,3	< 1	294
2	Eberswalde I (n=6)	Median	2,8	49	0,21	9,4	21	4,1	0,25	< 1	133
		Min	20	23	0,12	5,4	11	3,5	0,09	< 1	50
		Max	3,7	60	0,35	44	37	22	0,58	< 1	282
3	Eberswalde II (n=6)	Median	3,3	49	0,2	7	19	4,8	0,1	< 1	114
		Min	24	28	0,16	5,2	12	3,2	0,08	< 1	68
		Max	6	92	0,27	9,6	106	6,7	0,2	< 1	187
4	Brandenburg (n=6)	Median	3,1	48	0,34	11	18	3,1	0,21	< 1	134
		Min	15	28	0,21	7,8	11	< 2	0,12	< 1	58
		Max	15	51	0,47	19	28	4,2	0,28	< 1	195
5	Hennickendorf (n=6)	Median	3,4	20	0,21	7,1	10	4	0,05	< 1	57
		Min	26	17	0,17	5	8,7	3,1	0,04	< 1	40

		Max	8,6	45	0,33	15	20	10	0,11	< 1	105
6	Döbern	Median	3,8	42	0,23	12	12	3,2	0,07	< 1	101
	(n=6)	Min	31	32	0,18	6,7	8,8	< 2	0,06	< 1	49
		Max	8	93	0,25	38	21	6,2	0,19	< 1	120
7	Lauchhammer	Median	6,8	39	0,21	28	15	7,6	0,18	< 1	149
	(n=6)	Min	6,2	26	0,17	14	9,6	6,3	0,13	< 1	81
		Max	9,4	58	0,24	38	31	14	0,85	< 1	194
8	Bohnsdorf	Median	3,2	39	0,61	11	13	6,2	0,09	< 0,3	164
	(n=6)	Min	2,6	17	0,19	9,2	8,5	5,6	0,08	< 0,3	72
		Max	3,6	66	0,75	13	22	6,5	0,34	0,3	198
9	Selchow/Waß.	Median	4,8	60	0,68	11	29	6,2	0,48	< 0,3	151
	(n=6)	Min	3,7	23	0,41	8	15	4,3	0,33	< 0,3	83
		Max	6	107	1,2	23	49	8	0,73	< 0,3	220
10	Gensh. Heide	Median	1,8	42	1,4	14	16	5,6	0,54	< 0,3	152
	(n=24)	Min	0,77	11	0,11	4,8	3,8	< 2	0,06	< 0,3	31
		Max	4,3	194	6,6	46	94	13	2,6	< 0,3	687
11	Seeb. Neuenh.	Median	2,8	33	0,29	10	16	5,8	0,11	< 0,3	113
	(n=6)	Min	2,3	31	0,21	8,1	7,4	5	0,05	< 0,3	81
		Max	3,7	42	0,62	14	17	8,2	0,16	< 0,3	136
12	Vetschau I	Median	3	22	0,16	6	8,6	< 2	0,07	< 0,3	60
	(n=6)	Min	2,3	17	0,07	< 2	7,2	< 2	0,06	< 0,3	16
		Max	4,9	44	0,18	10	10	3,7	0,14	0,39	75
13	Vetschau II	Median	2,4	20	0,1	9,5	10	4,3	0,1	<0,25	54
	(n=6)	Min	2	15	0,06	6,2	6,7	2,6	0,09	<0,25	41
		Max	2,7	38	0,18	11	14	5	0,11	<0,25	155
14	Großbräschen	Median	3,5	28	1,5	12	7,3	5,6	0,11	< 0,3	118
	(n=24)	Min	2,1	16	0,33	6,7	3,7	2,8	0,05	< 0,3	27
		Max	7,5	181	42	38	44	18	0,4	< 0,3	360
15	Rangsdorf	Median	6,3	20	0,6	9,4	8,5	3,8	0,12	<0,25	80
	(n=18)	Min	2,6	16	0,32	6,4	3,2	2,9	0,07	<0,25	34
		Max	9,9	47	26	529	43	11	0,24	<0,25	267
16	Cottbus	Median	4,4	74	0,32	27	25	10	0,25	<0,25	179
	(n=4)	Min	3,9	53	0,21	12	16	8,9	0,19	<0,25	113
		Max	6,4	88	0,38	67	31	11	0,32	<0,25	215
	LABO <sup>(1)</sup>	Median	3	12	0,1	4	4	2	<0,05	0,2 <sup>(4)</sup>	15
	90 Perz.		4	21	0,2	7	9	5	0,06	-	25
	BBodSchV <sup>(2)</sup>		-	40	0,4	30	20	15	0,1	-	60
	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>(3)</sup>		-	65	0,5	26	24	14	0,2	-	151
	BBodSchV <sup>(5)</sup>		50	400	20	400	-	140	20	-	-

<sup>(1)</sup> LABO: Hintergrundwerte für organische und anorganische Stoffe in Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburgs, Ackernutzung

<sup>(2)</sup> BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

<sup>(3)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

<sup>(4)</sup> BOWEN: Environmental Chemistry of the Elements

<sup>(5)</sup> BBodSchV: Prüfwerte für die direkte orale und inhalative Aufnahme schwer bzw. nicht flüchtiger Schadstoffe in Wohngebieten

In den Haus- und Kleingärten Döbern (Glasindustrie), Lauchhammer (Braunkohleverarbeitung), Vetschau II (Aschetransport), Brandenburg (Stahlindustrie) und Hennickendorf (Zementindustrie) wurden im Zusammenhang mit den spezifischen Emittenten zusätzlich ausgewählte Elemente bestimmt (Tab. 13 und 14). In keinem Fall konnte eine "spezifische" Belastung nachgewiesen werden. Die gefundenen Konzentrationen entsprechen weitgehend den von ADRIANO (1986) bzw. SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1989) veröffentlichten "Normalgehalten". Der erhöhte Fe- und B-Gehalt der Böden aus Lauchhammer ergibt sich aus der im Vergleich zu den anderen Anlagen differierenden Bodenbeschaffenheit (insb. hohe Versorgung mit organischer Substanz, vgl. auch Kap. 5.1).

Tab. 13: Elementgehalte von Gartenböden ausgewählter Testgebiete

		Sn	Se	Ba	Sb	Co	B	V	Al
		mg/kg TS							
Döbern	arithm. Mittel	< 5	0,13	70	-	-	-	-	-
	Standardabw.	-	0,03	15	-	-	-	-	-
Lauchhammer	arithm. Mittel	< 5	-	-	0,75	3,7	67	-	7.680
	Standardabw.	-	-	-	0,36	0,45	8,3	-	1.166
Hennickendorf	arithm. Mittel	-	-	-	-	-	20	13	6.228
	Standardabw.	-	-	-	-	-	7,5	5,5	1.695
Vetschau II	arithm. Mittel	-	-	-	-	-	22	-	-
	Standardabw.	-	-	-	-	-	8,8	-	-
ADRIANO (1986)		100 <sup>(2)</sup>	0,05	20	<0,3 <sup>(1)</sup>	100 <sup>(2)</sup>	35	20	3.000 - 16.000 <sup>(3)</sup>

(1) LABO: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden (1995) hier: länderübergreifender Hintergrundwert, Acker, Sand - Median

(2) "Brandenburger Liste" zur Bewertung kontaminierter Standorte, Prüfwerte für Flächen mit sensiblen Nutzungen

(3) SCHEFFER, F., P. SCHACHTSCHABEL: Gesamtgehalte

Tab. 14: Elementgehalte von Gartenböden ausgewählter Testgebiete

		Mn	P ges.	Fe	Mg
		mg/kg TS			
Döbern	arithm. Mittel	195	1.056	-	-
	Standardabw.	58	263	-	-
Lauchhammer	arithm. Mittel	446	1.224	23.400	1.493
	Standardabw.	56	354	3.015	147
Brandenburg	arithm. Mittel	199	923	5.695	-
	Standardabw.	33	284	1.146	-
Hennickendorf	arithm. Mittel	274	895	8.428	-
	Standardabw.	58	305	2.334	-
SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL (1989)		20...800	200...800	2.000...50.000	500

### 5.2.1.2 Pflanze

Die in verschiedenen Gärten durchgeführten Bodenuntersuchungen belegen, dass in der Regel

für Schwermetalle mit im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen leicht erhöhten Gehalten zu rechnen ist. Aus diesem Grund wurde der Schwermetalltransfer Boden-Pflanze für eine typische Kleingartenanlage (Potsdam) untersucht. Es ist davon auszugehen, dass die dort gewonnenen Ergebnisse auf andere Haus- und Kleingartenanlagen Brandenburgs ohne spezifische Belastung übertragen werden können.

Insgesamt wurden in der Kleingartenanlage Potsdam je sechs Blattgemüse-/Küchenkräuter-, Sprossgemüse- und Obstproben entnommen. Wurzelgemüse konnte saisonbedingt nicht in die Untersuchungen einbezogen werden. Allerdings wiesen CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) in Wurzelgemüse für die meisten Elemente vergleichsweise geringere Schwermetallgehalte als in den übrigen Fruchtarten aus, so dass ausgehend von den geringen Gehalten der untersuchten Fruchtarten auch dafür keine Belastung zu erwarten ist.

As wurde in den Ernteprodukten in niedrigen Konzentrationen von 0,001 bis 0,01 mg/kg FS nachgewiesen (vgl. Tab. 15). In der Literatur werden As-Gehalte unter 1 mg/kg TS als normal angesehen (WHO, 1981; NRIAGU, 1994). Der Richtwert des BGA aus dem Jahr 1976 von 0,20 mg As/kg FS für Obst und Gemüse (von der ZEBS zurückgezogen, weil im Vollzug nicht handhabbar) wird deutlich unterschritten. Eine Differenzierung der Gehalte einzelner Fruchtarten ist anhand der wenigen Befunde nicht festzustellen.

Tab. 15: As-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,004	0,0009-0,01	< 0,01 (n=52)
Sprossgemüse	6	0,005	0,004 - 0,006	< 0,01 (n=132)
Wurzelgemüse	0	-	-	< 0,01 (n=91)
Küchenkräuter	1	-	0,007	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,005	0,001 - 0,01	< 0,01 (n=14) <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

<sup>2)</sup> Kernobst

Der Pb-Gehalt der untersuchten Pflanzenproben ist mit 0,01 bis 0,08 mg/kg FS ebenfalls niedrig (vgl. Tab. 16). Eine Ausnahme bilden die Küchenkräuter, die im Bleigehalt um den Faktor 10 höher als die übrigen Fruchtarten liegen. Die Ergebnisse decken sich mit den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN zusammengestellten Gehalten, wenn man berücksichtigt, dass bei Blattgemüse und Sprossgemüse die stärker Pb aufnehmenden Arten Spinat und Grünkohl einfließen. Für Spinat und Grünkohl beobachteten CRÖBMANN/WÜSTEMANN den Küchenkräutern vergleichbare Gehalte. Eine Überschreitung der durch das BgVV festgelegten Richtwerte wurde nicht festgestellt.

Der Cd-Gehalt der untersuchten Ernteprodukte lag zwischen < 0,0006 mg/kg FS und 0,01 mg/kg FS (vgl. Tab. 17). Mehr als 80 % der untersuchten Proben wiesen Cd-Gehalte < 0,005 mg/kg FS auf, unterschritten also den BgVV-Richtwert um ein Vielfaches. Selbst der Maximalwert, der in einer Probe Schnittlauch nachgewiesen wurde, unterschreitet den BgVV-Richtwert um 90 %. Die gefundenen Konzentrationen liegen unter den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN für Gemüse und Obst aus Kleingartenanlagen veröffentlichten Cd-Gehalten, die allerdings auf einem wesentlich größeren Probenumfang basieren und eine beträchtliche Anzahl stärker Cd akkumulierende Fruchtarten wie Spinat und Sellerie enthalten.

Die Untersuchungen bestätigen, dass in brandenburgischen Haus- und Kleingärten ohne

spezifische Schadstoffbelastung auch Cd kein Problem darstellt. Dazu trägt sicher auch die allgemein gute Kalkversorgung von Gartenböden bei, die die Mobilität von Cd weitestgehend einschränkt.

Tab. 16: Pb-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	BgVV-Richtwert <sup>1)</sup>	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>2)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,03	0,01 - 0,08	0,8	0,13 <sup>3)</sup> (n=367)
Sprossgemüse	6	0,04	0,04 - 0,06	0,5	0,15 (n=761)
Wurzelgemüse	0	-	-	0,25	0,04 (n=682)
Küchenkräuter	2	-	0,34 / 0,82	2,0	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,03	0,01 - 0,03	0,5	0,06 (n=20) <sup>4)</sup>

1) Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln

2) CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

3) Kopfsalat 0,04 mg/kg FS

4) Kernobst

Tab. 17: Cd-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	BgVV-Richtw. <sup>1)</sup>	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>2)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,002	0,0006-0,004	0,10	0,04 (n=384)
Sprossgemüse	6	0,004	0,003-0,006	0,10	0,02 (n=796)
Wurzelgemüse	0	-	-	0,10	0,04 (n=682)
Küchenkräuter	2	-	0,004/0,01	0,10	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,0009	<0,0006-0,003	0,05	0,01 (n=20) <sup>3)</sup>

1) Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln

2) CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

3) Kernobst

Der Cr-Gehalt der untersuchten Fruchtarten ist niedrig (vgl. Tab. 18) und erreicht ebenfalls nicht das Niveau der von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) zusammengestellten Befunde. Die Küchenkräuter heben sich wiederum in ihrem Gehalt von den übrigen Fruchtarten ab.

Tab. 18: Cr-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,01	0,0097 - 0,014	0,09 (n=73)
Sprossgemüse	6	0,02	0,002 - 0,02	0,09 (n=179)
Wurzelgemüse	-	-	-	0,02 (n=94)
Küchenkräuter	2	-	0,07 / 0,09	-

Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,02	0,006 - 0,02	-
----------------------------------	---	------	--------------	---

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Auch der Cu-Gehalt der Gartenfrüchte (vgl. Tab. 19) ist unauffällig. Er bewegt sich in dem für Biomasse als durchschnittlich angesehenen Bereich von 0,2-2 mg/kg FS (SCHEFFER u.a.1989) und deckt sich mit den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) zusammen gestellten Befunden.

Tab. 19: Cu-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,48	0,35 - 0,55	0,55 (n=195)
Sprossgemüse	6	0,46	0,38 - 0,53	0,40 (n=243)
Wurzelgemüse	-	-	-	0,44 (n=201)
Küchenkräuter	2	-	0,68 / 0,88	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,42	0,18 - 0,77	-

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Der Ni-Gehalt der untersuchten Fruchtarten lag zwischen 0,02 und 0,15 mg/kg FS (vgl. Tab. 20). Der Maximalwert wurde mit 0,15 mg/kg FS in Zwiebel festgestellt. In der Literatur werden Ni-Gehalte von 0,05-0,3 mg/kg FS als normal angegeben.

Tab. 20: Ni-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,05	0,04-0,11	0,07 (n=178)
Sprossgemüse	6	0,03	0,02-0,15	0,08 (n=233)
Wurzelgemüse	-	-	-	0,06 (n=201)
Küchenkräuter	2	-	0,04/0,09	
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,04	0,03-0,09	

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Hg ist im Boden wenig mobil, d.h. ein Transfer in Ernteprodukte ist eingeschränkt. Auch spielen eine mögliche Hg-Verflüchtigung aus dem Boden und die anschließende Blattaufnahme bei "normalen" Bodengehalten keine Rolle. Dementsprechend wurde Hg bei einer Nachweisgrenze von 0,01 mg/kg TS nur zweimal in Blattsalat nachgewiesen. Der vom BgVV für alle Gemüsearten festgelegte Richtwert von 0,05 mg/kg FS wird mit 0,001 mg/kg FS deutlich unterschritten. Der BgVV-Richtwert für Hg in Obst beträgt 0,03 mg/kg TS. Im Rahmen der modellhaften Untersuchung von sechs Obstproben konnte Hg ebenfalls nicht nachgewiesen werden. Auch CRÖBMANN/WÜSTEMANN zeigen, dass Hg-Anreicherungen in Gemüse und Obst unter normalen Bedingungen nicht zu erwarten sind. Nach LABO (1997) ergab sich zwischen dem Hg-Gehalt des

Bodens (Königswasseraufschluss) und der Hg-Konzentration verschiedener Pflanzenarten keine oder nur eine sehr schwache Korrelation ( $B=0,04-0,37$ ).

TI konnte bei einer Nachweisgrenze von 0,25 mg/kg TS (entsprechend etwa 0,01-0,04 mg/kg FS) in keiner der untersuchten Obst- und Gemüseproben nachgewiesen werden. Der Richtwert des BgVV von 0,1 mg/kg FS wird somit nicht erreicht. Das verwundert nicht, da auch die TI-Gehalte brandenburger Gartenböden niedrig sind ( $< 1$  mg/kg TS). Fruchtarten wie Grünkohl und Brokkoli, die TI verstärkt aufnehmen, waren nicht in die Untersuchung einbezogen.

Für Zn-Konzentrationen in Obst und Gemüse gibt es keine Richtwerte, weil die humantoxikologisch relevanten Gehalte weit über phytotoxischen Gehalten liegen. Der Zn-Gehalt der untersuchten Fruchtarten (vgl. Tab. 21) entspricht weitgehend in der Literatur veröffentlichten bzw. von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) für Obst und Gemüse aus Kleingärten zusammen gestellten Konzentrationen.

Tab. 21: Zn-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	4,4	3,6-6,3	3,5 (n=342)
Sprossgemüse	6	6,9	5,1-11	3,6 (n=616)
Wurzelgemüse	-	-	-	3,0 (n=476)
Küchenkräuter	2	-	3,9/5,0	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	2,4	1,3-4,4	

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das untersuchte Gemüse und Obst aus einer Kleingartenanlage, deren Böden keinen spezifischen Stoffeinträgen ausgesetzt sind (Kleingartenanlage Potsdam), gemessen an den Richtwerten des BgVV und im Vergleich zu den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) veröffentlichten Gehalten weitgehend unauffällig im Hinblick auf eine Anreicherung von anorganischen Schadstoffen in den Pflanzenteilen ist.

Dieser Befund entspricht den Erwartungen, da die Schwermetallgehalte der Gartenböden im Vergleich zu den "Hintergrundwerten" für Ackerböden nur leicht erhöht sind. Ein im Hinblick auf die menschliche Ernährung bedenklicher Schwermetalltransfer in die Pflanze ist deshalb nicht zu befürchten. Diese Aussage wird auch dadurch untermauert, dass Schwermetalle in Abhängigkeit von Bodenart, pH-Wert und Gehalt an organischer Substanz unterschiedlich verfügbar sind. So sind Pb, Cr, Hg im Boden relativ fest gebunden und der Transfer Boden-Pflanze generell eingeschränkt. Aber auch für die mobileren Elemente wie Cd, Zn, Ni ist auf den brandenburgischen Gartenböden kein bedenklicher Schadstofftransfer in die Pflanze zu befürchten.

Bei der Beurteilung der in den Nahrungsmitteln gefundenen Schwermetallkonzentrationen, insbesondere auch im Vergleich zu den Ergebnissen von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995), ist zu berücksichtigen, dass die Probenzahl außerordentlich niedrig war.

### 5.2.2 Standorte mit besonderer Belastungsproblematik

Erhöhte Schwermetallgehalte wurden in den Böden folgender Gartenanlagen nachgewiesen:

- Genshagener Heide (ehemalige Rieselfeldflächen)
- Großräschen (ehemalige Deponie)
- Rangsdorf (Aufbringung von belastetem Baggergut).

Zur Charakterisierung einer davon ausgehenden Gefährdung wurden vertiefende Untersuchungen zur Mobilität der Schwermetalle angestellt (vgl. auch Kap. 4.1.).

Es erfolgten eine  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion des Bodens zur Erfassung pflanzenverfügbarer Schwermetallgehalte, eine Wasserextraktion im Hinblick auf mögliche Gefährdungen des Grundwassers, eine Extraktion der Gesamtgehalte in tieferen Bodenschichten und die Untersuchung von verzehrbaren Pflanzenteilen zur Verifizierung einer möglichen Belastung der Nahrungskette.

### Genshagener Heide (ehemalige Rieselflächen)

Im Rahmen der Erstuntersuchung wurden insbesondere erhöhte Cd- aber auch leicht erhöhte Hg- und Zn-Gehalte festgestellt.

Die  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion (Tab. 22) ergab folgende Ergebnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Cr, Ni und Hg unterschreitet die durch die VwV Anorganische Schadstoffe Baden-Württembergs definierten Prüfwerte  $P_{\text{mob}}$  für die verschiedenen Schutzgüter selbst mit Maximalwerten deutlich. Der Prüfwert der BBodSchV für die Beurteilung der Pflanzenqualität auf Ackerbauflächen und in Nutzgärten von 0,1 mg Pb/kg wird nur durch eine Probe leicht überschritten.
- Die  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -löslichen Cu- und Zn- Gehalte sind demgegenüber erhöht, unterschreiten jedoch auch die Prüfwerte der VwV Anorganische Schadstoffe Baden-Württembergs.
- Beim Element Cd wurden vereinzelt Überschreitungen des Prüfwertes  $P_{\text{mob}}$  für das Schutzgut Pflanze festgestellt, so dass auch in den Pflanzenteilen mit erhöhten Gehalten zu rechnen ist. Der Maßnahmenwert der BBodSchV von 0,1 mg Cd/kg TS für mäßig und gering anreichernde Gemüsearten wird nicht, der Maßnahmenwert von 0,04 mg Cd/kg TS für Brotweizen und andere hoch Cd anreichernde Pflanzen wird nur in einem Fall überschritten. Eine unmittelbare Gefährdung kann aus den gefundenen Gehalten nicht abgeleitet werden.

Tab. 22:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -extrahierbare Schwermetallgehalte (mg/kg TS, n = 18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Genshagener Heide

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Oberböden	Median	0,0066	0,024	0,0078	< 0,012	0,28	< 0,012	< 0,0002	0,22
	90er Perz.	0,0089	0,082	0,023	0,023	0,59	0,014	0,00020	2,0
	Min	< 0,002	0,014	< 0,001	< 0,012	0,15	< 0,012	< 0,0002	< 0,12
	Max	0,012	0,13	0,064	0,046	0,71	0,016	0,00045	2,9
Unterböden	Median	-	-	0,0062	-	-	-	< 0,0002	-
	90er Perz.	-	-	0,085	-	-	-	< 0,0002	-
	Min	-	-	< 0,001	-	-	-	-	-
	Max	-	-	0,14	-	-	-	< 0,0002	-
(1) $P_{\text{mob}}$									
Nahrungspflanze		14	0,4	0,025	-	1	-	-	-



Futterpflanze	0,14	0,4	0,025	-	2,4	-	-	5
Bodensickerwasser	0,14	3,5	0,1	0,13	1,2	1,2	0,007	5
(1) B <sub>mob</sub>	-	12	0,04	-	2,7	-	-	-
(2) Prüfwert	-	0,1	-	-	-	-	-	-
(2) Maßnahmenwert	-	-	0,04/1	-	-	-	-	-

(1) Umweltministerium Baden-Württemberg: Dritte Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV Anorganische Schadstoffe)

P<sub>mob</sub>... Prüfwert für entsprechende Schutzgüter

B<sub>mob</sub>... Belastungswert für das Schutzgut Nahrungs- /Futterpflanze

(2) BBodSchV: Prüf- und Maßnahmenwerte für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze; Cd - auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg TM, ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg TM

Auffällig ist der erhöhte NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-lösliche Cd-Gehalt im Unterboden der Gartenanlage Genshagener Heide, der mit den ebenfalls erhöhten Königswassergehalten korrespondiert (vgl. Tab. 23).

Tab. 23: Schwermetallgehalt (Königswasser) von Unterböden (30 - 60 cm) der Gartenanlage Genshagener Heide im Vergleich zu Hintergrund-/Vorsorgewerten für Oberböden

Genshagener Heide (Nr. 10)		Cd	Hg	Zn
		mg/kg TS		
(n=18)	Median	0,70	0,51	-
	Minimum	0,07	0,049	-
	Maximum	6,7	3,6	-
LABO <sup>(1)</sup>		0,1	< 0,05	15
BBodSchV <sup>(2)</sup>		0,4	0,1	60
CRÖBM./WÜSTEM. <sup>(3)</sup>		0,5	0,2	151

(1) LABO: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburg, Acker - Median

(2) BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

(3) CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Im Wasserextrakt gemäß DIN 38 414 - S4 (Tab. 24) wurden die Elemente As, Pb, Cd, Cr, Ni, Hg und Zn nur in seltenen Fällen mit Gehalten über der Nachweisgrenze ermittelt. Alle gefundenen Konzentrationen liegen deutlich unter den beispielsweise in der Trinkwasserverordnung (1990) verankerten Grenzwerten. Erhöhte Cu-Gehalte in den Wasserextrakten sind immer auch mit Cu-Bodengehalten (Königswasser) verknüpft, welche ein Vielfaches des Hintergrundgehaltes brandenburgischer Ackerböden auf Sandstandorten betragen.

Tab. 24: Wasser-extrahierbare Schwermetallgehalte (µg/l, n = 18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Genshagener Heide

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Ober-	Median	< 1	< 5	< 0,5	< 5	56	< 5	< 0,1	< 50

böden	90er Perz.	< 1	13	< 0,5	< 5	84	11	< 0,1	59
	Min	-	< 5	< 0,5	-	< 50	< 5	-	< 50
	Max	< 1	49	0,60	< 5	100	17	< 0,1	71
Unter- böden	Median	-	-	< 0,5	-	-	-	< 0,1	-
	90er Perz.	-	-	0,83	-	-	-	< 0,1	-
	Min	-	-	< 0,5	-	-	-	-	-
	Max	-	-	0,89	-	-	-	< 0,1	-
(1) TVO	10	40	5	50	3.000	50	1	5.000	
(2) BBodSchV	10	25	5	50	50	50	1	500	

(1) Grenzwerte der Trinkwasserverordnung

(2) BBodSchV: Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Die Ergebnisse der Pflanzenuntersuchung bestätigen die über die NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion gewonnenen Erkenntnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Cr, Ni und Hg in den Pflanzenteilen ist niedrig, deckt sich mit den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) zusammengestellten Ergebnissen für Ernteprodukte aus deutschen Klein- und Hausgärten und unterschreitet die durch das BgVV vorgegebenen Richtwerte für Pb und Hg deutlich.
- Die Cu- und Zn-Gehalte sind z.B. im Vergleich zu den im Rahmen dieses Projektes in der Potsdamer Anlage gefundenen und auch zu den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) ausgewiesenen Gehalten leicht erhöht, stellen jedoch aus human- wie phytotoxischer Sicht kein Problem dar.
- Beim Element Cd werden die BgVV-Richtwerte durch zwei Proben über- und durch verschiedene Proben nur knapp unterschritten. Da es sich bei der Überschreitung einmal um Erdbeeren und einmal um Schnittlauch handelt, ist trotz der "küchenfertigen" Zubereitung eine exogene Kontamination nicht völlig auszuschließen.

Eine doppelte Richtwertüberschreitung, die in der Praxis der Lebensmittelüberwachung als Indikator einer "echten" Richtwertüberschreitung gebräuchlich ist (vgl. auch Fleischhygiene-VO), wurde nicht registriert (vgl. Tab. 25).

Tab. 25: Cd-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst der Kleingartenanlage Genshagener Heide

Fruchtart	n	Median	Spannweite	BgVV-Richtwert <sup>1)</sup>	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>2)</sup> (Median)
Blattgemüse	6	0,006	0,002 - 0,02	0,10	0,04 (n=384)
Sprossgemüse	6	0,03	< 0,001 - 0,09	0,10	0,02 (n=796)
Küchenkräuter	2	-	0,01 / 0,18	0,10	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	6	0,008	0,005 - 0,06	0,05	0,01 (n=20) <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln

<sup>2)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

<sup>3)</sup> Kernobst

## Kleingartenanlage Großbräschen (ehemalige Deponie)

Im Rahmen der Erstuntersuchung wurden insbesondere erhöhte Cd- sowie leicht erhöhte Zn-Gehalte festgestellt.

Die  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion (Tab. 26) brachte folgende Ergebnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Cr, Ni, Cu, Hg und Zn unterschreitet die durch die VwV Anorganische Schadstoffe Baden-Württembergs definierten Prüfwerte  $P_{\text{mob}}$  für die verschiedenen Schutzgüter selbst mit Maximalwerten deutlich.
- Beim Element Cd wurden vereinzelt Überschreitungen des Prüfwertes  $P_{\text{mob}}$  für das Schutzgut Grundwasser und damit auch des Belastungswertes  $B_{\text{mob}}$  für das Schutzgut Nahrungs-/Futterpflanze festgestellt, so dass in den Pflanzenteilen mit erhöhten Gehalten zu rechnen ist.

Der Maßnahmewert für Ackerbauflächen und Nutzgärten nach BBodSchV von 0,1 mg Cd/kg TS für mäßig und gering anreichernde Gemüsearten wird durch eine Probe, der Maßnahmewert von 0,04 mg Cd/kg TS (vgl. auch  $B_{\text{mob}}$ ) für Brotweizen und andere hoch Cd anreichernde Pflanzen in drei Fällen überschritten.

Tab. 26:  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -extrahierbare Schwermetallgehalte (mg/kg TS, n=18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Großbräschen

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Oberböden	Median	0,0054	0,018	0,0061	< 0,012	0,14	< 0,012	< 0,0002	0,14
	90er Perz.	0,019	0,031	0,056	< 0,012	0,18	< 0,012	< 0,0002	0,54
	Min	< 0,002	0,011	0,0031	< 0,012	< 0,12	< 0,012	< 0,0002	< 0,12
	Max	0,036	0,17	0,15	0,013	0,25	< 0,012	< 0,0002	0,81
Unterböden	Median	-	-	0,0047	-	-	-	-	-
	90er Perz.	-	-	0,078	-	-	-	-	-
	Min	-	-	< 0,001	-	-	-	-	-
	Max	-	-	0,56	-	-	-	-	-
(1) $P_{\text{mob}}$									
Nahrungspflanze	14	0,4	25	-	10	-	-	-	
Futterpflanze	14	0,4	25	-	24	-	-	50	
Bodensickerwasser	14	3,5	100	0,13	12	12	7	50	
(1) $B_{\text{mob}}$	-	12	0,04	-	2,7	-	-	-	
(2) Prüfwert	-	0,1	-	-	-	-	-	-	
(2) Maßnahmenwert	-	-	0,04/1	-	-	-	-	-	

(1) Umweltministerium Baden-Württemberg: Dritte Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV Anorganische Schadstoffe)

$P_{\text{mob}}$ ... Prüfwert für entsprechende Schutzgüter

$B_{\text{mob}}$ ... Belastungswert für das Schutzgut Nahrungs- /Futterpflanze

(2) BBodSchV: Prüf- und Maßnahmenwerte für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze; Cd - auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg TM, ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg TM

Auffällig ist der hohe NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-lösliche Cd-Gehalt im Unterboden der Gartenanlage Großbräschen, der jedoch auf Grund der hohen Cd-Königswassergehalte (vgl. Tab. 27) zu erwarten war.

Tab. 27: Schwermetallgehalt von Unterböden der Gartenanlage Großbräschen im Vergleich zu Vorsorge-/Hintergrundwerten für Oberböden

Großbräschen (Nr. 14)		Cd (mg/kg TS)
(n=18)	Median	1,1
	Min	0,52
	Max	253
LABO <sup>(1)</sup>		0,1
BBodSchV <sup>(2)</sup>		0,4
CRÖBM./WÜSTEM. <sup>(3)</sup>		0,5

(1) LABO: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburg, Acker - Median

(2) BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

(3) CRÖBMAN/WÜSTEMANN : Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Im Wasserextrakt (Tab. 28) wurden die Elemente As, Pb, Cr, Cu, Ni, Hg und Zn nur in seltenen Fällen mit Gehalten über der Nachweisgrenze ermittelt. Die gefundenen Konzentrationen liegen deutlich unter den der Trinkwasserverordnung (1990) verankerten Grenzwerten und unterschreiten mit Ausnahme des Cu auch die Prüfwerte der BBodSchV zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser.

Das Element Cd, welches nach Königswasseraufschluss in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen wurde, war in mehr als 80 % der Wasserextrakte von Ober- als auch Unterböden nicht nachzuweisen (NWG < 0,5 µg/l). Dieser Befund zeigt, dass selbst das "mobile" Element Cd immer noch relativ fest im Boden gebunden ist und die Perkolation zum Grundwasser erschwert wird. In einem Fall wurde im Wasser-Extrakt eines Unterbodens mit 12 µg Cd/l ein Gehalt über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung und dem Prüfwert der BBodSchV zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser registriert. Dieser Unterboden enthielt allerdings 253 mg Cd/kg TS (Königswasseraufschluss).

Tab. 28: Wasser-extrahierbare Schwermetallgehalte (µg/l, n=18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Großbräschen

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Oberböden	Median	3,6	< 5	< 0,5	< 5	52	< 5	< 0,1	< 50
	90er Perz.	5,6	8,8	0,69	< 5	70	< 5	< 0,1	< 50
	Min	1,4	< 5	< 0,5	< 5	< 50	< 5	< 0,1	< 50
	Max	7,0	11	1,5	< 5	85	< 5	< 0,1	64
Unterböden	Median	-	-	< 0,5	-	-	-	-	-
	90er Perz.	-	-	1,6	-	-	-	-	-
	Min	-	-	< 0,5	-	-	-	-	-
	Max	-	-	12	-	-	-	-	-
(1) TVO		10	40	5	50	3.000	50	1	5.000

(2) BBodSchV	10	25	5	50	50	50	1	500
--------------	----	----	---	----	----	----	---	-----

(1) Grenzwerte der Trinkwasserverordnung

(2) BBodSchV: Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Die Ergebnisse der Pflanzenuntersuchung in der Anlage Großräschen bestätigen die über die  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ -Extraktion gewonnenen Erkenntnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Cr, Ni, Hg und Zn in den Pflanzenteilen ist niedrig, deckt sich mit den von Cröbmann/Wüstemann (1995) zusammengestellten Ergebnissen für Ernteprodukte aus deutschen Klein- und Hausgärten und unterschreitet die durch das BgVV vorgegebenen Richtwerte für Pb und Hg bzw. den BGA-Richtwert (1976) für As deutlich. Es besteht eine Tendenz zu vergleichsweise höheren As-Gehalten, als in den Ernteprodukten der Anlagen Potsdam und Genshagener Heide, ein Befund, der auch bei den Wasserextrakten beobachtet wurde.
- Die Cu-Gehalte sind z.B. im Vergleich zu den im Rahmen dieses Projektes in der Potsdamer Anlage gefundenen und auch zu den von Cröbmann/Wüstemann (1995) ausgewiesenen Gehalten leicht erhöht. Sie korrespondieren mit den ebenfalls erhöhten Cu-Befunden der  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ - und Wasser-Extrakte. Aus phyto- und humantoxikologischer Sicht stellen sie jedoch kein Problem dar (vgl. Tab. 29).
- Beim Element Cd werden die BgVV-Richtwerte durch drei Proben über- und durch verschiedene Proben nur knapp unterschritten. Es handelt sich in zwei Fällen um Blattsalat von Gartenböden mit Cd-Gehalten von 7,4 bzw. 1,0 mg/kg TS und einmal um Zwiebel auf einem Boden mit 11 mg Cd/kg TS. Eine doppelte Richtwertüberschreitung, die in der Praxis der Lebensmittelüberwachung als Indikator einer "relevanten" Richtwertüberschreitung gebräuchlich ist (vgl. auch Fleischhygiene-VO), wurde nur bei einer Probe (Zwiebel) registriert (vgl. Tab. 30).

Tab. 29: Cu-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst der Kleingartenanlage Großräschen

Fruchtart	n	Median	Spannweite	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>1)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,6	0,4 - 1,0	0,55 (n=195)
Sprossgemüse	7	0,7	0,6 - 1,1	0,40 (n=243)
Fruchtgemüse	1	-	0,8	0,70 (n=39)
Küchenkräuter	2	-	1,1 / 1,5	-
Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	4	0,7	0,6 - 1,0	-

<sup>1)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Tab. 30: Cd-Gehalte (mg/kg FS) in Gemüse und Obst der Kleingartenanlage Großräschen

Fruchtart	n	Median	Spannweite	BgVV-Richtwert <sup>1)</sup>	CRÖBM./WÜSTEM. <sup>2)</sup> (Median)
Blattgemüse	4	0,1	0,02 - 0,16	0,10	0,04 (n=384)
Sprossgemüse	7	0,07	0,03 - 0,3	0,10	0,02 (n=796)
Fruchtgemüse	1	-	< 0,0005	0,10	0,01 (n=143)
Küchenkräuter	2	-	0,02 / 0,03	0,10	-

Obst (Beeren-, Kern-, Steinobst)	4	0,01	< 0,001 - 0,04	0,05	0,01 (n=20) <sup>3)</sup>
----------------------------------	---	------	----------------	------	---------------------------

1) Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin: Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln

2) CRÖßMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

3) Kernobst

### Kleingartenanlage Rangsdorf (Aufbringung von belastetem Baggergut)

Im Rahmen von Untersuchungen durch verschiedene Einrichtungen (vgl. Kap. 3) wurden auf dem Gelände insbesondere erhöhte Cd-, Cr- und Zn-Gehalte festgestellt. Durch die im Rahmen des vorliegenden Projektes durchgeführten Untersuchungen wurde dieser Befund bestätigt und vertiefende Untersuchungen im Sinne einer Gefährdungsabschätzung veranlasst.

Die NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion (Tab. 31) ergab folgende Ergebnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Ni, Cu und Hg unterschreitet die durch die VwV Anorganische Schadstoffe Baden-Württembergs definierten Prüfwerte P<sub>mob</sub> für die verschiedenen Schutzgüter selbst mit Maximalwerten deutlich.
- Auch der Cr- und Zn-Gehalt der NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extrakte ist nicht auffällig, selbst Elementgehalte von 529 mg Cr/kg TS bzw. 227 mg Zn/kg TS nach Königswasseraufschluss liegen mit Konzentrationen von 0,085 mg Cr/kg TS bzw. 0,21 mg Zn/kg TS nach NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion deutlich unter den Prüfwerten der VwV Anorganische Schadstoffe Baden-Württembergs.
- Beim Element Cd wurden vereinzelt im Ober- und Unterboden Überschreitungen des Prüfwertes P<sub>mob</sub> für die Schutzgüter Nahrungs-/Futterpflanze festgestellt, so dass in den Pflanzenteilen mit erhöhten Gehalten zu rechnen ist. Der Maßnahmewert für Acker- und Nutzgärten der BBodSchV von 0,1 mg Cd/kg TS für mäßig und gering anreichernde Gemüsearten wird nicht, der Maßnahmewert von 0,04 mg Cd/kg TS für Brotweizen und andere hoch Cd anreichernde Pflanzen wird nur in einem Fall überschritten.

Tab. 31: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-extrahierbare Schwermetallgehalte (mg/kg TS, n=18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Rangsdorf

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Oberböden	Median	0,020	0,012	< 0,001	< 0,012	0,30	< 0,012	< 0,0002	< 0,12
	90er Perz.	0,045	0,018	0,0074	0,021	0,55	< 0,012	< 0,0002	0,23
	Min	< 0,002	< 0,01	< 0,001	< 0,012	0,18	< 0,012	-	< 0,12
	Max	0,057	0,021	0,085	0,066	0,75	0,29	< 0,0002	0,29
Unterböden	Median	-	-	0,0013	< 0,012	-	-	-	0,13
	90er Perz.	-	-	0,020	0,013	-	-	-	0,30
	Min	-	-	< 0,001	< 0,012	-	-	-	< 0,12
	Max	-	-	0,054	0,045	-	-	-	1,0
(1) P <sub>mob</sub>									
Nahrungspflanze		14	0,4	0,025	-	1	-	-	-
Futterpflanze		14	0,4	0,025	-	2,4	-	-	50
Bodensickerwasser		14	3,5	0,1	0,13	1,2	1,2	7	50

(1) B <sub>mob</sub>	-	12	0,04	-				
(2) Prüfwerte	-	0,1	-	-	-	-	-	-
(2) Maßnahmenw.	-	-	0,04/1	-				

(1) Umweltministerium Baden-Württemberg: Dritte Verwaltungsvorschrift zum Bodenschutzgesetz über die Ermittlung und Einstufung von Gehalten anorganischer Schadstoffe im Boden (VwV Anorganische Schadstoffe)

P<sub>mob...</sub> Prüfwert für entsprechende Schutzgüter

B<sub>mob...</sub> Belastungswert für das Schutzgut Nahrungs- /Futterpflanze

(2) BBodSchV: Prüf- und Maßnahmenwerte für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze; Cd - auf Flächen mit Brotweizenanbau oder Anbau stark Cadmium-anreichernder Gemüsearten gilt als Maßnahmenwert 0,04 mg/kg TM, ansonsten gilt als Maßnahmenwert 0,1 mg/kg TM

Im Wasserextrakt gemäß DIN 38 414 - S4 (Tab. 32) wurden die Elemente Cr, Cu, Ni, Hg und Zn nur in seltenen Fällen mit Gehalten über der Nachweisgrenze ermittelt, die gefundenen Konzentrationen liegen deutlich unter den beispielsweise in der Trinkwasserverordnung (1990) verankerten Grenzwerten. Die Prüfwerte der BBodSchV zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser werden mit Ausnahme des Cu nicht überschritten.

Auch das Element Cd, welches nach Königswasseraufschluß sowohl im Ober- als auch im Unterboden (Tab. 33) in erhöhten Konzentrationen nachgewiesen wurde, liegt im Wasserextrakt nur in geringen Konzentrationen, meistens < 0,5 µg/l, vor. Ein Gehalt über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung wurde nicht registriert. Dieser Befund demonstriert wiederum die begrenzte Löslichkeit selbst des mobilen Elementes Cd. Leicht erhöht ist der As- und Pb-Gehalt einiger Wasserextrakte, ohne dass daraus eine unmittelbare Gefährdung abgeleitet werden kann.

Tab. 32: Wasser-extrahierbare Schwermetallgehalte (µg/l, n=18) in Ober- und Unterböden der Kleingartenanlage Rangsdorf

		As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn
Oberböden	Median	4,2	< 5	< 0,5	< 5	56	< 5	< 0,1	< 50
	90er Perz.	5,8	8,2	< 0,5	< 5	68	< 5	< 0,1	< 50
	Min	1,8	< 5	< 0,5	< 5	< 50	-	-	-
	Max	6,0	23	0,89	9,2	90	< 5	< 0,1	< 50
Unterböden	Median	-	-	< 0,5	< 5	-	-	-	< 50
	90er Perz.	-	-	< 0,5	< 5	-	-	-	< 50
	Min	-	-	< 0,5	-	-	-	-	-
	Max	-	-	0,60	< 5	-	-	-	< 50
(1) TVO	10	40	5	50	3.000	50	1	5.000	
(2) BBodSchV	10	25	5	50	50	50	1	500	

(1) Grenzwerte der Trinkwasserverordnung

(2) BBodSchV: Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser

Tab. 33: Schwermetallgehalt von Unterböden im Vergleich zu Vorsorge-/Hintergrundwerten für Oberböden

<b>Rangsdorf (Nr. 15)</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Zn</b>
-------------------------------	-----------	-----------	-----------

		mg/kg TS		
(n=18)	Median	0,42	8,3	68
	Min	0,096	6,0	22
	Max	21	352	272
LABO <sup>(1)</sup>		0,1	4	15
BBodSchV <sup>(2)</sup>		0,4	30	60
CRÖBM./WÜSTEM. <sup>(3)</sup>		0,5	26	151

<sup>(1)</sup> LABO: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden hier: Hintergrundwerte für Sandböden Brandenburg, Acker - Median

<sup>(2)</sup> BBodSchV: Vorsorgewerte zum Schutz des Bodens. hier: Bodenart Sand

<sup>(3)</sup> CRÖBMANN/WÜSTEMANN: Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential

Die Ergebnisse der Pflanzenuntersuchung bestätigen die über die NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>-Extraktion gewonnenen Erkenntnisse:

- Der Gehalt der Elemente As, Pb, Ni, Cu und Hg in den Pflanzenteilen ist niedrig, deckt sich mit den von CRÖBMANN/WÜSTEMANN (1995) zusammengestellten Ergebnissen für Ernteprodukte aus deutschen Klein- und Hausgärten und den in der Kleingartenanlage Potsdam analysierten Gehalten.

Die durch das BgVV vorgegebenen Richtwerte für Pb und Hg und der BGA-Richtwert für As werden deutlich unterschritten.

- Auch die Cd-, Cr- und Zn-Gehalte sind wenig auffällig. Eine Überschreitung des BgVV-Richtwertes für Cd ist selbst bei Blattgemüse nicht festzustellen.

### 5.3 Organische Schadstoffe in Gartenböden und Ernteprodukten

#### 5.3.1 Boden

Der Gehalt ausgewählter organischer Schadstoffe in den untersuchten Gartenböden ist zusammenfassend in der Tabelle 34 dargestellt. Ergebnisse der einzelnen Gartenanlagen sind in Tabelle 35 zusammengestellt. Nicht aufgeführt sind Nitroaromate, BETX, LHKW sowie die Pflanzenschutzmittel Aldrin und Dieldrin, da diese Verbindungen in keinem Fall nachgewiesen wurden.

Die Tabellen erlauben gleichzeitig einen Vergleich dieser Werte mit den Referenz- und Eingreifwerten des Leidraad Bodemsanering (1994), dem Prüfwert Ib der "Brandenburger Liste" und Konzentrationen, wie sie im Rahmen des Projektes "Bodennormwerte für das Land Brandenburg" auf Ackerstandorten gefunden wurden. In der BBodSchV wird bei den organischen Schadstoffen nur für die PAK-Einzelsubstanz Benzo(a)pyren ein Prüfwert für Nutzgärten (1 mg/kg TM) vorgegeben.

Tab. 34: Organische Schadstoffe in brandenburger Gartenböden (n = 94)

	S HCH/ Isomere µg/kg TS	HCB	S DDT/ Isom./Abb	Endrin	S 7 PCB	S PAK gem. EPA mg/kg TS
Median	< 5	< 1	104	1	< 7	3,7



Minimum	< 5	< 1	< 6	< 1	< 7	0,15
Maximum	212	6	4.109	14	55	221
90er Perzentil	7	2	693	1	27	14,7
Befunde über NWG	15 %	29 %	98 %	2 %	87 %	100 %
(1) Leidraad Bodem- sanering						
Referenzwert	-	2,5	2,5	-	20	1 <sup>(4)</sup>
Eingreifwert	2.000	-	4.000	-	1.000	40 <sup>(4)</sup>
Brandenburg: (2) häufige Gehalte (Ackerland)	n.n.	< 1	< 250	< 1	< 5	< 0,45
(3) Prüfwert Ib			2.000* (500)**		1.000	1

(1) Leidraad Bodemsanering: Mitteilung des Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieuhygiene

(2) MUNR: "Bodennormwerte für das Land Brandenburg" Abschlußbericht

(3) "Brandenburger Liste" zur Bewertung kontaminierter Standorte (1993), Prüfwerte für Flächen mit sensiblen Nutzungen \* Pestizide gesamt, \*\* Einzelverbindung

(4) Summe der 10 Verbindungen gemäß Leidraad Bodemsanering

Die brandenburger Gartenböden weisen im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden erhöhte Gehalte an verschiedenen Pflanzenschutzmitteln auf, was mit dem früher intensiveren Einsatz und der Persistenz dieser Wirkstoffe in Verbindung zu bringen ist.

Insbesondere sind hier DDT/Isomere/Abbauprodukte zu nennen. Der Referenzwert des Leidraad Bodemsanering wird durch die Summe DDT/Isomere/Abbauprodukte um ein Vielfaches überschritten, der Eingreifwert jedoch nur in einem Falle erreicht.

Ebenfalls erhöht ist der Gehalt an PAK in den untersuchten Gartenböden, was auf die Lage der Gärten in Verdichtungsgebieten, die frühere Gewohnheit der Gärtner, Gartenrückstände zu verbrennen, und die gute Versorgung der Böden mit organischer Substanz zurückzuführen ist. Der Prüfwert der BBodSchV für Benzo(a)pyren wurde aber nur bei einer Gartenanlage (Cottbus) im Median geringfügig überschritten.

Auch der PCB-Gehalt ist allgemein anthropogen bedingt erhöht. Eine toxikologische/ökotoxikologische Relevanz kann jedoch aus den gefundenen Konzentrationen nicht abgeleitet werden.

Tab. 35: Organische Schadstoffe in brandenburgischen Gartenböden in Abhängigkeit vom Testgebiet

Nr.	Anlage		S HCH, Isom. µg/kg TS	HCB	S DDT, Isom.	Endrin	SPCB <sub>7</sub>	S PAK (EPA) mg/kg TS
1	Potsdam	Median	< 5	1	94	< 2	9	9,8
	(n=24)	Min	< 5	< 1	11	< 2	< 7	2,8
		Max	30	2	981	< 2	12	45
2	Eberswalde I	Median	< 5	< 1	44	< 2	8	15
	(n=6)	Min	< 5	< 1	9	< 2	< 7	5,3
		Max	< 5	1	464	< 2	37	28
3	Eberswalde II	Median	< 5	< 1	18	< 2	< 7	6,8

	(n=6)	Min	< 5	< 1	10	< 2	< 7	4,4
		Max	< 5	1	71	< 2	17	13
4	Brandenburg	Median	< 5	< 1	294	< 2	32	1,4
	(n=6)	Min	< 5	< 1	27	< 2	13	0,8
		Max	< 5	1	1126	< 2	55	2,9
5	Hennickendorf	Median	< 5	< 1	25	< 2	< 7	6,2
	(n=6)	Min	< 5	< 1	11	< 2	< 7	2,5
		Max	7	1	406	< 2	8	15
6	Döbern	Median	< 5	< 1	235	< 2	< 7	1,9
	(n=6)	Min	< 5	< 1	51	< 2	< 7	1,5
		Max	34	1	403	14	13	8,6
7	Lauchhammer	Median	26	3	994	< 2	< 7	2,3
	(n=6)	Min	< 5	3	132	< 2	< 7	0,86
		Max	37	3	2672	< 2	< 7	5,2
8	Bohnsdorf	Median	< 5	< 1	261	< 2	9	5,4
	(n=6)	Min	< 5	< 1	29	< 2	< 7	1,4
		Max	212	2	843	< 2	29	21
9	Selchow/Waß.	Median	< 5	< 1	262	< 2	8	2,4
	(n=6)	Min	< 5	< 1	70	< 2	< 7	0,83
		Max	< 5	1	4109	< 2	9	5,1
10	Gensh. Heide	Median	< 5	< 1	32	< 2	17	0,76
	(n=6)	Min	< 5	< 1	25	< 2	8	0,56
		Max	< 5	1	48	< 2	30	1,5
11	Seeberg/Neu.	Median	< 5	< 1	177	< 2	< 7	4,1
	(n=6)	Min	< 5	< 1	53	< 2	< 7	2
		Max	< 5	< 1	1154	< 2	9	4,7
12	Vetschau I	Median	< 5	< 1	103	< 2	< 7	1
	(n=6)	Min	< 5	< 1	< 7	< 2	< 7	0,15
		Max	< 5	< 1	282	< 2	< 7	6,1
13	Vetschau II	Median	< 5	< 1	31	< 2	< 7	0,78
	(n=6)	Min	< 5	< 1	< 7	< 2	< 7	0,27
		Max	< 5	1	818	< 2	< 7	2,8
14	Großräschen	Median	< 5	2	128	< 2	< 7	2,9
	(n=6)	Min	< 5	< 1	96	< 2	< 7	0,45
		Max	6	6	424	< 2	< 7	27
15	Rangsdorf	Median	< 5	< 1	68	< 2	19	4,2
	(n=6)	Min	< 5	< 1	8	< 2	13	1,3
		Max	< 5	1	177	< 2	31	13
16	Cottbus	Median	< 5	< 1	33	< 2	< 7	14
	(n=4)	Min	< 5	< 1	19	< 2	< 7	10
		Max	< 5	< 1	113	< 2	12	221
(1) Leidraad Bodemsanering								
Referenzwert			-	2,5	2,5	-	20	1 <sup>(4)</sup>
Eingreifwert			2.000	-	4.000	-	1.000	40 <sup>(4)</sup>
Brandenburg:								

(2) häufige (Ackerland)	Gehalte	n.n.	< 1	< 250	< 1	< 5	< 0,45
(3) Prüfwert lb		2.000*	(500)**			1.000	1

- (1) Leidraad Bodemsanering (1994): Mitteilung des Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieuhygiene  
(2) MUNR (1995): "Bodennormwerte für das Land Brandenburg" Abschlußbericht  
(3) "Brandenburger Liste" zur Bewertung kontaminierter Standorte (1993), Prüfwerte für Flächen mit sensiblen Nutzungen \* Pestizide gesamt, \*\* Einzelverbindung  
(4) Summe der 10 Verbindungen gemäß Leidraad Bodemsanering

In den Böden ausgewählter Haus- und Kleingärten wurden zusätzlich folgende organische Summenparameter bestimmt:

Lauchhammer: CN- (gesamt und leicht freisetzbar), Phenolindex, EOX, MKW  
Brandenburg: CN- (gesamt), Phenolindex, EOX, MKW  
Cottbus: MKW

In keinem Fall konnte eine "spezifische" Belastung nachgewiesen werden.

Der Gehalt Polychlorierter Dibenzodioxine und -furane wurde anhand einer Mischprobe jeweils für die gesamte Gartenanlage geprüft. Die Ergebnisse sind für die einzelnen Anlagen in Tabelle 36 dargestellt.

Es wurden PCDD/F-Gehalte zwischen 1,3 und 4,4 ng I-TE/kg TS registriert, wobei die Kongenere 2,3,7,8 (Tetrachlordibenzodioxin) und 1,2,3,7,8 (Pentachlordibenzodioxin), die ein besonders hohes toxisches Potential aufweisen, nur in wenigen Fällen nachgewiesen wurden. Die Summe I-TE der analysierten PCDD/F wird zu mehr als 50 % durch Polychlorierte Furane bestimmt. In einem hohen Prozentsatz der Proben tritt 2,3,4,7,8 (Pentachlordibenzofuran) mit ebenfalls hohem toxischen Potential in Konzentrationen > 1 ng I-TE/kg TS auf.

Wie auch für andere anthropogen weit verbreitete Schadstoffe festgestellt wurde, ist der PCDD/F-Gehalt brandenburgischer Gartenböden gegenüber landwirtschaftlichen Standorten leicht erhöht. Hier macht sich wiederum der Einfluss einer relativ hohen Siedlungsdichte mit Straßenverkehr und Hausbrand sowie der Emissionen der ansässigen Industrie bemerkbar. Eine Gefährdung kann von den gefundenen Gehalten nicht abgeleitet werden. Auch aus einem Vergleich mit den Richtwerten der Bund-/Länder-Arbeitsgruppe Dioxine (BLAG, 1993, siehe Tab. 37) ergibt sich kein Handlungsbedarf.

Tab. 36: PCDD/F-Gehalt brandenburger Gartenböden (Mischprobe aus je 6 Oberböden pro Gartenanlage, ng I-TE/kg TS)

Nr.	Testgebiet	Belastungssituation	PCDD/F
1	Potsdam	Kernstadt im Verdichtungsraum ohne Altindustrie	3,2
2	Eberswalde I	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie	2,6
3	Eberswalde II	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie, auf anthrop. Substrat	1,5
4	Brandenburg	Stahlindustrie	3,8
5	Hennickendorf	Zementindustrie	1,8
6	Döbern	Glasindustrie	3,0

7	Lauchhammer	Braunkohlenverarbeitung	4,4
8	Bohnsdorf	Einflugschneise Flughafen Schönefeld	3,5
9	Selchow / Waß.	Ausflugschneise Flughafen Schönefeld	2,6
10	Gensh. Heide	ehemalige Rieselfeldflächen	3,4
11	Seeberg/ Neuen.	starke Verkehrsbeeinflussung	1,3
12	Vetschau I	Kraftwerk	4,0
13	Vetschau II	Aschetransport über Bahn	1,4
14	Großräschen	ehemals Gelände einer Deponie	3,5
15	Rangsdorf	Aufbringung von belastetem Baggergut	1,7
16	Cottbus	Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie	2,4
Hintergrundwert Ackerböden Brandenburg <sup>(1)</sup>			1

<sup>(1)</sup> LABO: Hintergrund- und Referenzwerte für Böden

Tab. 37: Richtwerte und Handlungsempfehlungen der BLAG Dioxine (1993) zur Bodennutzung und Bodensanierung

PCDD/F-Gehalt (ng I-TE/kg TS)	Empfehlung / Maßnahme
< 5	Zielgröße, jegliche Nutzung ungeprüft möglich
5 - 40	Prüfaufträge und Handlungsempfehlungen im Sinne der Vorsorge
> 40	Einschränkung auf bestimmte landwirtschaftliche und gärtnerische Bodennutzungen, uneingeschränkte Nutzung bei nachgewiesenem minimalen Dioxintransfer

### 5.3.2 Pflanze

Die in verschiedenen Gärten durchgeführten Bodenuntersuchungen belegen, dass in Gartenböden mit einer im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Flächen leicht erhöhten Belastung an organischen Schadstoffen zu rechnen ist. Aus diesem Grund wurden in den in der Kleingartenanlage Potsdam als Anlage mit typischem Belastungsmuster gewonnenen Obst- und Gemüseproben ebenfalls der Gehalt organischer Schadstoffe bestimmt. Dazu gehörten PAK, PCB, Aldrin, Dieldrin, Endrin, DDT/Isomere/Abbauprodukte, HCB sowie  $\gamma$ -HCH und Isomere. PCDD/F wurden in je einer Mischprobe der Fruchtartengruppen Blattgemüse, Sprossgemüse, Küchenkräuter und Obst bestimmt.

Es ist davon auszugehen, dass die gewonnenen Ergebnisse auf andere Haus- und Kleingärten Brandenburgs ohne spezifische Belastung übertragen werden können.

Es ist bekannt, dass organische Schadstoffe auf Grund ihrer festen Bindung an die organische Substanz des Bodens und auch die Zellwände der Wurzel nur in äußerst geringem Umfang in oberirdische Pflanzenteile eingebaut werden. Dementsprechend wurden in den untersuchten Ernteprodukten die meisten der genannten Verbindungen nicht nachgewiesen. Eine Ausnahme bilden hierbei die PAK (Tab. 38). Einzelne Verbindungen dieser Stoffgruppe traten regelmäßig auf, das betraf insbesondere das Phenanthren, Fluoranthen und Pyren, Verbindungen aus der Gruppe der PAK, für die durch den NRC (1983) im Tierversuch keine krebserzeugende Wirkung nachgewiesen werden konnte. Niedrigkondensierte PAK, wie die angetroffenen Einzelverbindungen, sind für ihre Mobilität auf dem Wirkungspfad Boden-Pflanze bekannt.

Neben dem möglichen Transfer über die Wurzel sind in Haus- und Kleingärten Immissionseinflüsse zu beachten. Phenanthren, Fluoranthen und Pyren sind in PAK-Profilen der stadttypischen

Luftbelastung stets stark vertreten. Das Untersuchungsergebnis entspricht den Erwartungen.

Benzo(a)pyren, das im allgemeinen als Leitsubstanz innerhalb der PAK betrachtet wird und das durch die Kommission der Europäischen Gemeinschaft in die Gruppe der Verbindungen mit dem höchsten kanzerogenen Potential eingestuft ist, wurde nur in zwei Fällen mit Konzentrationen > 1 µg/kg FS nachgewiesen.

Als pentacyclische Verbindung ist Benzo(a)pyren nur eingeschränkt pflanzenpfadgänglich. Seine Transferrate liegt für die Fruchtartengruppe Blattgemüse etwa eine Zehnerpotenz unter der von Fluoranthen, das die Wurzel Aufnahme der PAK beispielhaft abbildet.

Der Summengehalt der PAK (16 Verbindungen gemäß EPA) lag zwischen 2 und 88 µg/kg FS (Summe der positiven Befunde). Der PAK-Gehalt der untersuchten Sprossgemüse- und Obstproben ist wiederum niedriger als in Blattgemüse und Küchenkräutern. Blattgemüse und Küchenkräuter besitzen große Depositionsareale für PAK-haltige Luft- und Bodenstäube, die auch durch die küchenfertige Zubereitung nicht vollständig zu entfernen sind.

Die ermittelten Ergebnisse decken sich mit den von CRÖBMAN/WÜSTEMANN (1995) veröffentlichten Befunden. Sie stimmen auch mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen des Projektes "Schadstofftransferfaktoren Boden-Pflanze für typische Brandenburger Böden und Fruchtarten" überein (MUNR 1997).

Tab. 38: PAK-Gehalt (µg/kg FS) in Gemüse und Obst einer Kleingartenanlage ohne besondere Belastungsspezifika

		Naphthalen	Acenaphthalen	Acenaphthen	Fluoren	Phenanthren	Anthracen	Fluoranthen	Pyren	Benzo(a)anthracen
Blattg. / Küchenkr. (n=6)	Median	< 1	< 10	< 1	1	4	1	4	5	1
	Min	< 1	< 10	< 1	< 1	1	< 1	< 1	1	< 1
	Max	3	< 10	8	8	21	1	14	11	3
Spross- gemüse (n=6)	Median	< 1	< 10	< 1	< 1	1	< 1	1	2	< 1
	Min	< 1	< 10	< 1	< 1	1	< 1	< 1	1	< 1
	Max	< 1	< 10	< 1	< 1	2	< 1	5	4	1
Obst (n=6)	Median	1	< 10	< 1	< 1	1	< 1	1	2	< 1
	Min	< 1	< 10	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	1	< 1
	Max	2	< 10	3	2	8	< 1	1	3	1

Fortsetzung Tab. 38		Chrysen	Benzo(b)fluoranth.	Benzo(k)fluoranth.	Benzo(a)pyren	Dibenzo(a,h)anthr.	Benzo(g,h,i)perylene	Indeno(1,2,3-cd)pyren	S PAK
Blattg. / Küchenkr. (n=6)	Median	2	2	2	1	< 1	< 1	< 1	23
	Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2
	Max	10	11	6	4	< 1	7	6	88
Spross- gemüse (n=6)	Median	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	6
	Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2
	Max	4	3	1	1	< 1	3	2	25

Obst (n=6)	Median	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	8
	Min	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3
	Max	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	20

PCDD/F wurden in den Pflanzen in geringen Konzentrationen von 0,11 - 0,57 ng TE/kg TS ermittelt. Nach UBA-LISTE (1992) weist Gras in städtischen Gebieten einen PCDD/F-Gehalt von 0,5-1 ng TE/kg TS auf.

## 6 Nutzungsempfehlungen

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass brandenburgische Haus- und Kleingärten in der Regel nur gering mit Schwermetallen und organischen Schadstoffen belastet sind, so dass im Allgemeinen die "gute gärtnerische Praxis" ausreicht, um einen nur minimalen Schadstofftransfer in die Nahrungskette bzw. in das Grund- und Oberflächenwasser zu garantieren. Zur "guten gärtnerischen Praxis" zählen u.a. nach CRÖBMAN/WÜSTEMANN (1995):

- bodenart- und nutzungsangepaßte mechanische Bodenbearbeitung,
- Kalkung,
- bedarfsgerechte Nährstoffversorgung (P, K, Mg, N...),
- Zufuhr organischer Substanz,
- bodenschonender Artenwechsel,
- bedarfsgerechte, ökologisch vertretbare Anwendung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln,
- Einsatz von schadstoffarmen Bodenverbesserungsmitteln und -hilfsstoffen zur Verbesserung des Filter-, Puffer- und Transformationsvermögens,
- Verwendung schadstoffarmer Gießwässer,
- kein Einsatz von belasteten Abfällen.

Für die Gartenanlagen Genshagener Heide (ehemalige Rieselfeldflächen), Rangsdorf (Aufbringung Baggergut) und Großräschen (ehemalige Deponie) wurde demgegenüber eine Belastung des Bodens mit verschiedenen Schwermetallen nachgewiesen. Meistens war der Transfer in die Pflanze gering. Trotzdem sollten in belasteten Gärten bestimmte Nutzungs- und Anbauempfehlungen beachtet werden. Diese hängen von der konkreten Belastungssituation ab und sind detailliert erst nach erweiterten Untersuchungen festzulegen.

Folgende Hinweise sind jedoch generell zu beachten:

- Aufkalkung der Böden bei niedrigen pH-Werten,
- bei der küchenmäßigen Aufbereitung sorgfältige Reinigung durch gründliches Waschen. Wurzel- und Knollengemüse ist zu schälen. Bei Blattgemüse sollten die äußeren Blätter nicht mit verzehrt werden,
- Vermeidung übermäßiger Verschmutzung der Pflanzen (verschmutzungsgefährdetes Gemüse und Obst: Grünkohl, Wirsing, Blumenkohl/Brokkoli, Feldsalat, Spinat, Küchenkräuter, Erdbeeren)
- Einschränkung bzw. Verzicht des Anbaus von Gemüsearten mit elementspezifisch hohem Transfer, hohem Blattanteil und großer Blattfläche (vgl. Tab. 39 bis 41),
- Anpflanzung von Hecken zum Schutz vor luftgetragenen Stäuben und Bodenpartikeln (Ablagerungen auf Pflanzen),
- Mulchen zur Verhinderung von Bodenanhäufung,
- Bodenüberdeckung/ -austausch, Anlegen von Hochbeeten,
- Einsatz von Folien zur zeitweisen Abdeckung.

Tab. 39: Transferkoeffizienten Boden-Pflanze für verschiedene Schwermetalle in Abhän-

gigkeit von der Pflanzenart (SAUERBECK UND STYPEREK 1988)

Cd	Zn	Ni	Cu	Pb	Cr
0,01 - 0,5	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5	0,01 - 0,5
Getreide	Kartoffel	Getreide	Getreide	Getreide	Porree
Mais		Sellerie	Mais	Kartoffel	Getreide
Kartoffel	0,5 - 1,0	Porree	Sellerie	Weißkohl	Weißkohl
	Getreide	Kartoffel	Porree	Mais	Sellerie
0,5 - 1,0	Weißkohl	Weißkohl		Sellerie	Kartoffel
Rübe	Porree	Mais	0,5 - 1,0	Porree	Rübe
Weißkohl	Sellerie	Rübe	Kartoffel	Spinat	Mais
Porree		Möhre	Grünkohl	Möhre	Salat
	1,0 - 2,0	Spinat	Spinat	Rübe	Spinat
1,0 - 2,0	Mais	Salat		Rübenblatt	Möhre
Grünkohl	Rübe		1,0 - 2,0	Grünkohl	Rübenblatt
Rübenblatt		0,5 - 1,0	Salat	Salat	
Sellerie	2,0 - 10	Rübenblatt	Rübe		0,5 - 1,0
	Möhre		Rübenblatt		Grünkohl
2,0 - 10	Salat	1,0 - 2,0			
Möhre	Grünkohl	Grünkohl	2,0 - 10		
Salat	Rübenblatt	Möhre	Möhre		
Spinat	Spinat				

Tab. 40: Cd-Akkumulation verschiedener Pflanzen (GRÜN u. a. 1994, leicht verändert)

hoch	mittel	niedrig
Rübe (Blatt, Körper)	Möhre, Radieschen	Erdbeere
Salat	Kohlrabi	Kohlrabi
Spinat	Rhabarber (Stiel)	Buschbohne
Mais	Hafer-, Roggen-, Weizenstroh	Johannis-, Stachelbeere
Schnittlauch	Weizenkorn	Hafer-, Roggenkorn
Rhabarber (Blatt)	Zwiebelschlotte	Spargel
Dill	Luzerne	Gurke
Kartoffelkraut	Lupine	Tomate
Sellerie (Blatt, Körper)	Porree	Zwiebel
Sonnenblume	Gras	Kartoffel
Schwarzwurzel		Blumenkohl
		Maiskolben

Tab. 41: Relatives Anreicherungsvermögen verschiedener Pflanzenarten für Cd und Pb aus Böden im Hinblick auf die Überschreitung der geltenden Lebensmittelrichtwerte (kursiv = unsicher, Quelle: LABO 1997)

Anreicherungs- vermögen	Cadmium	Blei
hoch	Endivie, Lollo rosso, Mangold, Sellerie, Weizen	Endivie, Lollo rosso, Möhren, Radies/Rettich
mäßig	Blumenkohl, Broccoli, Chinakohl, Grünkohl, Kohlrabi, Möhren, Porree, Roggen, Rote Beete, Kopfsalat, Schwarzwurzel, Spinat	Blumenkohl, Broccoli, Chinakohl, Feldsalat, Grünkohl, Kohlrabi, Mangold, Porree, Roggen, Rosenkohl, Rote Beete, Rotkohl, Schwarzwurzel, Sellerie, Spinat, Spitzkohl, Weißkohl, Weizen, Wirsing

Anreicherungsvermögen	Cadmium	Blei
		<i>Zwiebel</i>
niedrig	Buschbohne, Erbse, Feldsalat, <i>Gurke</i> , Kartoffel, Kürbis, Paprika, Radies/Rettich, <i>Rosenkohl</i> , Rotkohl, <i>Spitzkohl</i> , <i>Zucchini</i> Stangenbohne, <i>Tomate</i> , Weißkohl, <i>Wirsing</i> , <i>Zucchini</i> , <i>Zwiebel</i>	Buschbohne, <i>Erbse</i> , <i>Gurke</i> , Kartoffel, Kopfsalat, Stangenbohne, <i>Tomate</i>

## 7 Zusammenfassung

Recherche und Untersuchungen zur Belastung brandenburgischer Haus- und Kleingärten mit Schwermetallen, organischen Schadstoffen und Nährstoffen brachten folgende Ergebnisse:

1. Böden von Haus- und Kleingärten weisen in der Regel höhere Gehalte an Schwermetallen und organischen Schadstoffen auf als landwirtschaftlich genutzte Böden, d.h. die entsprechenden Hintergrundwerte werden überschritten. Dieser Befund ist darauf zurück zu führen, dass
  - Haus- und Kleingärten insbesondere in Ballungsräumen und teilweise auf vorbelasteten Flächen angelegt wurden,
  - z. T. eine erhebliche Immissionsbelastung bestand (insbesondere im Vergleich zu ländlichen Gebieten) und
  - in Haus- und Kleingärten häufig schadstoffbelastetes Material zu "Düngungs-" bzw. "Bodenverbesserungszwecken" eingesetzt wurde (Asche, Sedimente, Schlämme).
2. Die in den Gartenböden nachgewiesenen Schwermetallkonzentrationen (C) überschreiten die Hintergrundwerte für Ackerland nach LABO im Mittel (Median) wie folgt ( $C_{\text{Gartenboden}} : C_{\text{Ackerboden}}$ ):

As:	1,1	Ni:	2,2
Pb:	3,2	Hg:	> 2,8
Cd:	2,8	Tl:	ca. 1
Cr:	2,4	Zn:	7,7
Cu:	3,5		

Dieser Vergleich zeigt, dass fast alle untersuchten Elemente (Ausnahme: As, Tl) in den Gartenböden im Vergleich zu Hintergrundwerten (Ackerboden) > 2 fach angereichert sind. Selbst Cr und Ni, also Elemente, die in der Regel anthropogen nicht so weit verbreitet sind, weisen einen solchen Anreicherungsfaktor auf.

Die in der BBodSchV für Sandböden vorgegebenen Vorsorgewerte werden im Median bei Hg und Zn überschritten. Die Prüfwerte der BBodSchV für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze (As und Hg, Extraktionsverfahren: Königswasser) werden nicht erreicht.

Die Prüfwerte für Flächen mit sensibler Nutzung nach der "Brandenburger Liste" werden jedoch im Median in keinem Fall überschritten, sie werden lediglich zu folgenden



Prozentsätzen ausgeschöpft:

As:	49 %	Cu:	14 %
Pb:	38 %	Ni:	9 %
Cd:	19 %	Hg:	28 %
Cr:	10 %	Zn:	39 %

Dieser Befund demonstriert, dass die in den Gartenböden gefundenen Schwermetallgehalte im Mittel aus phyto-, zoo-, human- und ökotoxikologischer Sicht nicht relevant sind.

3. Die in den Gartenböden ermittelten Konzentrationen an organischen Schadstoffen überschreiten die Medianwerte von Ackerböden ("Bodennormwerte organischer Schadstoffe und Schwermetalle", 1995) wie folgt ( $C_{\text{Gartenboden}} : C_{\text{Ackerboden}}$ ):

HCH und Isomere, HCB, keine Überschreitung bzw. auf Grund nur weniger Befunde über der Nachweisgrenze nicht auswertbar.

DDT/Isomere/Abbauprod. 1,8

PAK 25

PCDD/F 2,8

In den Gartenböden sind insbesondere die PAK im Vergleich zu den Hintergrundwerten von Ackerböden angereichert (25-fach). Im Median wird der PAK-Vorsorgewert der BBodSchV für Böden mit Humusgehalten  $\leq 8\%$  (3 mg/kg TM) überschritten; der Eingreifwert nach Leidraad Bodemsanering von 40 mg/kg TS wird jedoch deutlich unterschritten.

Der Prüfwert für den Schadstoffübergang Boden-Pflanze nach BBodSchV wird im ~~Mittel~~ bei Benzo(a)pyren nur bei einer Gartenanlage überschritten. Der Prüfwert für Wohngebiete nach BBodSchV für die direkte orale oder inhalative Aufnahme von 4 mg Benzo(a)pyren wird von 2 Proben mit 4,3 bzw. 13 mg/kg TS überschritten, was weitere Prüfschritte erfordert.

DDT/Isomere/Abbauprodukte sind demgegenüber nur um den Faktor 2 erhöht. Die Prüfwerte für sensible Nutzungen nach der Brandenburger Liste werden jedoch bei DDT/Isomeren/Abbauprodukten bei weitem nicht erreicht.

PCDD/F sind etwa um den Faktor 3 erhöht. Der Richtwert der Bund-/Länder-AG Dioxine von  $< 5$  ng ITE/kg TS für eine multifunktionale Nutzung wird jedoch in keinem Fall überschritten.

4. Obwohl im Mittel in den Böden der brandenburgischen Haus- und Kleingärten im Vergleich zu landwirtschaftlich genutzten Böden höhere Schadstoffgehalte ermittelt wurden, ist kein aus toxikologischer Sicht relevanter Transfer in die Nahrungskette festgestellt worden. Diese Feststellung wird durch Pflanzenuntersuchungen bestätigt. In der Kleingartenanlage "Potsdam" - einer für Brandenburg aus der Sicht der Belastungssituation typischen Anlage - sind keine Überschreitungen der BgVV-Richtwerte für Lebensmittel festgestellt worden. Sowohl die Schwermetallkonzentrationen als auch die Gehalte an organischen Schadstoffen bewegten sich im Normalbereich.
5. Folgende Gärten sind über das "normale Maß" hinaus mit Schwermetallen belastet: Gärten der Anlagen Genshagener Heide (ehemalige Rieselfeldflächen), Großbräschen (ehemalige Deponie) und Rangsdorf (Verbringung von belastetem Baggergut). Pfad-

untersuchungen zeigen, dass auch ein erhöhter Schwermetalltransfer in die Ernteprodukte bzw. in das Grundwasser vorkommen kann. Überschreitungen der Richtwerte für Lebensmittel bzw. der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung können nicht ausgeschlossen werden.

6. Für brandenburger Gartenböden wurde ein typisches "Grundbelastungsmuster" ermittelt. Im Vergleich zu den Hintergrundwerten sind insbesondere folgende Schadstoffe angereichert:

Schwermetalle: Zn, Cu, Pb, Hg, Cd, Cr, Ni  
Organische Schadstoffe: PAK, PCDD/F, DDT/Isomere/Abbauprodukte

Diese Schadstoffakkumulation ist jedoch aus phyto- zoo-, human- und ökotoxikologischer Sicht i.d.R. nicht relevant.

7. Spezifische Belastungsmuster für die Belastungssituationen:

- Kernstadt im Verdichtungsraum ohne Altindustrie
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie
- Kernstadt im Verdichtungsraum mit Altindustrie, auf anthropogenem Substrat
- Stahlindustrie
- Glasindustrie
- Zementindustrie
- Braunkohlenverarbeitung
- Flugplätze
- Verkehr
- Kraftwerk
- Aschetransport mit der Bahn

konnten nicht festgestellt werden.

Der Befund ist mit hoher Sicherheit jedoch nicht darauf zurückzuführen, dass es diese Belastungsmuster nicht gibt, sondern muss vielmehr damit erklärt werden, dass die allgemeine "Grundbelastung" das spezielle Belastungsmuster überlagert bzw. dass die untersuchten Gärten nicht (mehr) dem direkten und intensiven Einfluss o.g. Belastungsquellen ausgesetzt sind.

8. Kontaminationen wurden für die speziellen Belastungsmuster ehemalige Rieselfelder (Genshagener Heide: Cd, Hg, Zn), anthropogene Substrate/Materialien (Deponie Großbräschen: Cd, Zn) und Baggergut (Rangsdorf: Cd, Cr, Zn) ermittelt. Der Befund ist jedoch nicht zu verallgemeinern, da Quelle der Belastung immer ein spezieller, anthropogener Einfluss ist (Bsp. Cd aus der Deponie Großbräschen).
9. Die Kleingartenanlagen Brandenburgs mit "normalem" Belastungsmuster können nach "guter gärtnerischer Praxis" genutzt werden.
10. Belastete Gartenanlagen sollten detailliert untersucht werden. In Abhängigkeit der Analyseergebnisse sind Nutzungsempfehlungen zu erstellen. Diese Hinweise sind prinzipiell unter Kapitel 6 beschrieben. Sie hängen von der Intensität der Belastung und den jeweils relevanten Schadstoffen ab. Besonders kritisch zu sehen sind die aus humantoxikologischer Sicht bedeutungsvollen Schadstoffe:

Cd, Hg, Pb, (Tl), PCDD/F, PAK, PCB und Pflanzenschutzmittel.

Dabei ist zu bedenken, daß die Pflanzenschutzmittel in der Regel vom Kleingärtner selbst in nicht sachgerechter Weise angewendet wurden.

## Abkürzungsverzeichnis

AAS	-	Atomabsorptionsspektrometrie
As	-	Arsen
BBodSchV	-	Bodenschutz- und Altlastenverordnung
BETX	-	Benzen, Ethylbenzen, Toluol, Xylene
BGA	-	Bundesgesundheitsamt
BgVV	-	Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin
BHI	-	Bezirkshygieneinstitut
Cd	-	Cadmium
CN	-	Cyanid
Co	-	Kobalt
Cr	-	Chrom
Cu	-	Kupfer
DDT	-	Dichlor-diphenyl-trichlorethan
EOX	-	extrahierbare organische Halogene
FS	-	Frischsubstanz
GC-MSD	-	Gaschromatograph mit massenselektivem Detektor
HCB	-	Hexachlorbenzol
HCH	-	Hexachlorcyclohexan
Hepta-Cl	-	Heptachlortetrahydroendomethylenindin
Hg	-	Quecksilber
HPLC	-	Hochdruckflüssigkeitschromatograph
H-Wert	-	austauschbare H- und Al-Ionen
K	-	Kalium
KAK <sub>pot</sub>	-	potentielle Kationenaustauschkapazität (T-Wert)
ICP-OES	-	Atomemissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma
IPE Jena	-	Institut für Pflanzenernährung Jena
I-TE	-	internationale Toxizitätsäquivalente
LABO	-	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz
LHKW	-	leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
LMBG	-	Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetz
LUA	-	Landesumweltamt Brandenburg
Mg	-	Magnesium
MKW	-	Mineralölkohlenwasserstoffe
n	-	Anzahl
N <sub>ges</sub>	-	Gesamtstickstoff
NH <sub>4</sub>	-	Ammoniumstickstoff
NO <sub>3</sub>	-	Nitratstickstoff
NWG	-	Nachweisgrenze
OS	-	organische Substanz
P	-	Phosphor
PAK	-	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	-	Blei
PCB	-	polychlorierte Biphenyle
PCDD/F	-	polychlorierte Dibenzodioxine und -furane
S-Wert	-	austauschbare Basen (Mg, K-, Na-Ionen)
Tl	-	Thalium
TrinkwV	-	Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe
TS	-	Trockensubstanz
UBA	-	Umweltbundesamt
WTZ	-	Wissenschaftlich-Technisches Zentrum

ZEBS - Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien  
Zn - Zink

## Literaturverzeichnis

- ADRIANO, D.C (1986).: Trace Elements in the Terrestrial Environment.- Springerverl., N.Y., Berlin
- BGA (1976): Richtwerte für As-, Pb-, Cd- und Hg-Gehalte in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 20, S. 20 - 21
- BGR (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung (KA4), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- BLAG (1993): 2. Bericht der Bund- / Länder-Arbeitsgruppe Dioxine
- BOWEN, H.J.M. (1979): Environmental Chemistry of the Elements.- Acad.Press,New York 1979
- CRÖBMAN, G., WÜSTEMANN, M. (1995): Belastungen in Haus- und Kleingärten durch anorganische und organische Stoffe mit Schädigungspotential, UBA-Texte 11/95
- GRÜN, M., ET AL. (1994): Schwermetalle in der Nahrungskette unter besonderer Berücksichtigung des Transfers vom Boden zur Pflanze. In: Grenzwerte für umweltrelevante Spurenstoffe. DLG-Verlag, Frankfurt / Main
- Leidraad Bodemsanering (1994): Mitteilung des Rijksinstituut voor Volksgezondheit en Milieuhygiene.
- LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1995): Hintergrund- und Referenzwerte für Böden
- LABO Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Bodenschutz (1997): Eckpunkte zur Gefahrenbeurteilung des Wirkungspfades Bodenverunreinigungen/Altlast - Pflanze
- LUA (1995): Rieselfelder Brandenburg-Berlin, In: Studien und Tagungsberichte (ISSN 0949-0838) Band 9
- LUA (1997) Rieselfelder südlich Berlin, In: Studien und Tagungsberichte (ISSN 0949-0838) Band 13/14
- MÖLLER, F., ET AL. (1986): Umwelthygienische Relevanz der Schwermetallbelastung in Zentren der Stahlproduktion, Forschungsbericht im Auftrag des Rates des Bezirkes Potsdam
- MUNR (1997): Schadstofftransferfaktoren Boden - Pflanze für typische Brandenburger Böden und Fruchtarten
- National Research Council (NRC), Committee Pyrene and Selected Analogues, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Commission on Life Sciences (1983): Polycyclic aromatic hydrocarbons: Evaluation of sources and effects. National Academy, Washington D.C.
- NRIAGU, J. O. (1994): Arsenic in the Environment, John Wiley & Sons, New York
- SAUERBECK, D., P. STYPEREK (1988): Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Abfallwirtschaft - Forschungsbericht 107 01 003, UBA-FB 87-033
- SCHAEFFER, F. & P. SCHACHTSCHABEL (1989): Lehrbuch der Bodenkunde.- F. Enke Verl., Stuttgart
- UBA - Liste (1992): Bericht der Arbeitsgruppe des UA Luft/Technik des Länderausschusses für Im

missionsschutz, 2. Entwurf

Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasserverordnung) (1990)

WHO (1981): Arsenic. Environmental Health Criteria 18