

# **Gesundes Gemüse aus kontaminierten Böden? : Schrebergartenuntersuchungen Zürich, 1993 = Healthy vegetables from polluted soil? : Studies on the heavy metal content in allotments in Zurich, 1993**

Autor(en): **Etter, Rolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und  
Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène**

Band (Jahr): **85 (1994)**

Heft 6

PDF erstellt am: **23.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-982777>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Gesundes Gemüse aus kontaminierten Böden?

### Schrebergartenuntersuchungen Zürich, 1993\*

Healthy Vegetables from Polluted Soil?  
Studies on the Heavy Metal Content in Allotments in Zurich, 1993

*Key words:* Heavy metals, Soil, Potatoes, Vegetables, Food analysis

*Rolf Etter*

Kantonales Laboratorium Zürich, Zürich

### Vorgeschichte

Die Stadt Zürich verpachtet rund 6000 Familiengartenparzellen. Im Sommer 1992 wurde für das Gebiet in der Umgebung der Kehrrechtverbrennungsanlage Hagenholz durch das Abfuhrwesen der Stadt Zürich eine Studie zur Abklärung der Belastung der Böden mit Schwermetallen, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen und polychlorierten Dibenzodioxinen und -furanen in Auftrag gegeben. Das Kantonale Laboratorium Zürich war mit der Messung der Schwermetallkonzentrationen im Gemüse beteiligt.

Bei diesen Untersuchungen (1) zeigte sich folgendes:

1. Zum Teil wurden sehr hohe Schwermetallkonzentrationen im Boden gemessen.
2. Die Belastung in den untersuchten Böden ist höher, als durch Hochrechnungen aus den geschätzten und z.T. bekannten Immissionen direkt erklärbar ist.
3. Es wurden parzellenscharfe signifikante Unterschiede festgestellt. Interpretation: Belastung stark von der Art der Bewirtschaftung abhängig.
4. Polyzyklische Aromaten und polychlorierte Dibenzodioxine und -furane konnten, soweit überhaupt messbar, nur in unbedeutenden Konzentrationen festgestellt werden.
5. Auf einzelnen Parzellen wuchs Gemüse (vor allem Kartoffeln) mit überraschend hoher Belastung an *Cadmium*, auch bei relativ tiefen Konzentrationen im Boden. Die Konzentrationen der anderen Schwermetalle im Gemüse waren unbedeutend.

\* Vortrag gehalten an der 106. Jahresversammlung der Schweiz. Gesellschaft für Lebensmittel- und Umweltchemie, Oberägeri, 9. September 1994

6. Bei der geringen Probenzahl konnte aber keine Korrelation zwischen den Cadmiumkonzentrationen im Boden und im Gemüse erkannt werden.

Die Ergebnisse dieser Studie liessen auch in anderen Arealen hohe Schwermetallkonzentrationen erwarten. Insbesondere die hohen Cadmiumkonzentrationen in Kartoffeln gaben zu Bedenken Anlass. Es war unklar, ob ausgerechnet die am stärksten belasteten Kartoffeln untersucht worden waren, oder ob auf vielen Parzellen allenfalls noch stärker belastete Knollen wuchsen. In dieser Situation stellte sich für den Bodenbesitzer, vertreten durch die Liegenschaftenverwaltung der Stadt Zürich, die Frage, ob das Bepflanzen der Familiengärten überhaupt noch vertretbar sei, allenfalls in welchen Arealen. Es wurde deshalb eine ergänzende Studie in Auftrag gegeben. Deren Ergebnisse, die in der Folge gerafft wiedergegeben werden, sind in einem Bericht (2) detailliert niedergelegt.

### Untersuchungsziele

Als erstes war die Bodenbelastung mit Schwermetallen in den Zürcher Familiengärten repräsentativ zu ermitteln. Insbesondere interessierten die Unterschiede in der Belastung der einzelnen Areale in Abhängigkeit von deren Exposition. Ein Vergleich zwischen den Konzentrationen in den Böden und den Gemüsen sollte Hinweise und Entscheidungskriterien zur Beurteilung der Gesundheitsgefährdung durch hohe Schwermetallkonzentrationen liefern. Schliesslich galt es, Empfehlungen an die Stadt beziehungsweise an die Hobbygärtner auszuarbeiten.

Die Studie sollte sich schwergewichtig mit Cadmium befassen. Cadmium ist das Element, bei dem der WTI (weekly tolerable intake) beim Durchschnitt der Schweizer Bevölkerung am weitestgehenden (d.h. zu ca. 20%) ausgeschöpft ist (3). Zudem ist bekannt, dass Cadmium von den Pflanzen vergleichsweise leicht aufgenommen wird. Auch hatte die oben erwähnte Studie aus dem Jahr 1992 (1) ergeben, dass die übrigen Elemente, neben Blei auch Zink und Kupfer, nur in gesundheitlich irrelevanten Konzentrationen vorlagen.

Als Hauptprodukt wurden Kartoffeln ausgewählt. Kartoffeln müssen als Hauptnahrungsmittel eingestuft werden. Der Verzehr an Kartoffeln beträgt im schweizerischen Durchschnitt rund 42 kg pro Person und Jahr (4). Daraus ergibt sich, dass Kartoffeln selbst bei durchschnittlicher Belastung einen Anteil von rund 15% zur Cadmiumaufnahme bei Nichtrauchern beisteuern (5). Kartoffeln werden in Familiengärten häufig angebaut.

Zudem stehen aus gesamtschweizerischen Monitoring-Untersuchungen (5) gute Vergleichsdaten zu Verfügung.

Für die Abklärungen wurden vier unterschiedlich gelegene Gartenareale in verschiedenen Gebieten der Stadt Zürich ausgewählt:

<i>Areal</i>	<i>Emissionsquellen/Exposition</i>
Au	KVA Hagenholz, Heizkraftwerk Aubrugg
Susenberg	Wohnquartier, Stadtrand
Friesenberg	Wohnquartier, Stadtrand
Juchhof	Industriegebiet, ARA, Nationalstrasse N1

Insgesamt wurden 120 Parzellen beprobt. Gleichzeitig wurde mittels Fragebogen die Bewirtschaftung möglichst präzise erfasst. Für die Auswahl der Gemüseproben wurden auch die Angaben über Anbau und möglichen Erntetermin erfragt.

Aus den 120 Parzellen wurden aufgrund der Ergebnisse der Bodenuntersuchungen deren 50 für die Entnahme der Gemüseproben so ausgewählt, dass einerseits das ganze Spektrum von Konzentrationen berücksichtigt wurde, andererseits vor allem aber sämtliche stark belasteten Parzellen überprüft wurden.

Die Untersuchung erstreckte sich über 50 Kartoffelproben. Ergänzend wurde eine Palette von 10 Gemüsearten aus Parzellen mit unterschiedlicher Belastung (eine tief, zwei hoch) ausgewählt, um in einem groben Überblick die Belastung weiterer Pflanzenarten mit Cadmium zu erkennen.

### Bodenergebnisse

Die Böden wurden auf Cadmium, Blei, Kupfer, Zink und Quecksilber untersucht. Gemessen wurde der Gesamtgehalt gemäss Bodenschutzverordnung, d.h. der mit 2 M Salpetersäure extrahierbare Anteil (Tabelle 1).

Bei hohen Schwermetallkonzentrationen wurden zusätzlich die löslichen Gehalte, d.h. die mit 0,1 M Natriumnitratlösung extrahierbaren Anteile, ermittelt.

*Tabelle 1.* Durchschnittliche Schwermetallbelastungen in den verschiedenen Arealen: Totalgehalte gemäss VSBo

Areal/	Blei (mg/kg)	Cadmium (mg/kg)	Kupfer (mg/kg)	Zink (mg/kg)	Quecksilber (mg/kg)
Richtwert	50	0,8	50	200	0,8
Friesenberg	248	0,94	98	330	0,75
In der Au	57	0,63	29	144	0,13
Juchhof	161	0,87	91	284	0,64
Susenberg	114	0,64	49	237	0,19
Alle Areale	118	0,72	58	221	0,34
Rasternetz ZH	32	0,33	22	60	0,14

Diese Daten zeigen deutlich die höhere Schwermetallbelastung in allen untersuchten Familiengärten im Vergleich zum Rasternetz des Kantons Zürich. Die Konzentrationen widerspiegeln einigermaßen das Alter der Gartenareale. So ist das mit 25 Jahren jüngste Areal (Au) trotz der eher immissionsträchtigen Exposition deutlich weniger belastet als die übrigen Gebiete. Friesenberg und Juchhof

sind rund 46 Jahre alt, Susenberg wird gar seit 78 Jahren als Familiengarten betrieben. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass die Gesamtbelastung wenig von der Exposition abhängt. Das am schwächsten belastete Gebiet, das Areal Au, wird von Immissionen wohl am stärksten betroffen, während die beiden Areale Susenberg und Friesenberg, zwischen Stadtrand und Wohnzone gelegen, stark belastet sind.

Auch diese Untersuchungen zeigten erwartungsgemäss kleinräumig, parzellenscharf sehr stark unterschiedliche Belastungen mit diversen Schwermetallen. Die Belastung ist mit Sicherheit in erster Linie durch die Art der Bewirtschaftung bestimmt.

Gemessen an den Richtwerten der Bodenschutzverordnung ergibt sich bezüglich des Totalgehalts für die verschiedenen Elemente die in Tabelle 2 aufgeführte Situation.

Tabelle 2. Anteil Richtwertüberschreitungen in den einzelnen Arealen

Areal	Anzahl Proben	Pb (% Proben)		Cd (% Proben)		Cu (% Proben)		Zn (% Proben)		Hg (% Proben)		mind. 1 El (% Proben)	
		RW	KIIW	RW	KIIW								
Werte (mg/kg)		50	300	0,8	2	50	100	200	350	0,8	1,2		
Friesenberg	10	100	30	90	10	100	50	100	40	40	30	100	80
In der Au	32	72	3	22	9	16	0	16	3	6	3	72	13
Juchhof	48	100	15	63	8	92	44	71	17	44	15	100	54
Susenberg	30	100	17	20	0	50	10	70	17	0	0	100	40
Alle Areale	120	93	13	43	7	62	24	58	15	23	9	93	40

RW = VSBo-Richtwert. Bei dessen Überschreitung ist die langfristige Bodenfruchtbarkeit nicht sichergestellt.

KIIW = Kategorie II – Orientierungswert. Bei Überschreitung darf das Bodenmaterial nicht mehr abtransportiert werden oder muss nach den Vorschriften der TVA beseitigt werden.

Diese Zusammenstellung zeigt, dass die Richtwerte der Bodenschutzverordnung nur in einigen wenigen Parzellen nicht überschritten sind. Die Bodenfruchtbarkeit ist damit langfristig nicht gewährleistet. Insbesondere die Bleibelastung ist in fast allen Parzellen ausserordentlich gross. Zum Teil kommen extrem hohe Belastungen vor. So beträgt die Bleikonzentration in 4 Parzellen über 1000 mg/kg, der Höchstwert liegt bei 1500 mg/kg.

- Für diese hohen Belastungen sind eine ganze Reihe von Ursachen denkbar:
- Holz- und Kohlenasche, die früher oft (z.T. auch heute noch) in den Gärten als Düngemittel eingesetzt wurden.
  - Klärschlamm, der früher als Dünger empfohlen wurde und zum Teil sehr hohe Schwermetallfrachten trug.

- Kehrriechtkompost, der früher ebenfalls eingesetzt und nicht auf Schwermetalle kontrolliert wurde.
- Kompost aus belastetem Grünmaterial, das oft ausserhalb der Gärten gesammelt und dann kompostiert wurde (z. B. Blätter mit Strassenstaub verunreinigt; Blei!)
- Auch mineralische Dünger mögen ihren Teil zur Belastung beigetragen haben.
- Die Belastung mit Kupfer ist sicher weitgehend durch den Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln bedingt.

## Pflanzenuntersuchungen

Im allgemeinen wurden aus den bezeichneten Parzellen Gemüseproben zu ca. 1 kg entnommen, mindestens aber 500 g. Die Analytik erfolgte gemäss den Vorschriften des Schweizerischen Lebensmittelbuches, Kapitel 45 (6). Sämtliche Proben wurden gemäss gängiger «Küchentechnologie» gerüstet. Nur die üblicherweise gegessenen Teile wurden untersucht. Die Vorbereitung umfasste Waschen, Schälen, Zerkleinern. Die Aufarbeitung erfolgte durch Extraktion mit Salpetersäure bzw. durch Mikrowellenaufschluss und die Messung mittels Graphitrohr-Atomabsorptionsspektroskopie.

Die Messungen wurden anhand von Messungen an BCR-Standards kontrolliert. Überdies wurden 10 Proben in einem unabhängigen Laboratorium ebenfalls auf Cadmium untersucht. Die Übereinstimmung der Resultate darf als sehr gut bezeichnet werden.

### *Cadmium in Kartoffeln*

Die gemessenen Cadmiumkonzentrationen sind in Abbildung 1 dargestellt. Es wird deutlich, dass die grosse Mehrheit der Proben in einem unauffälligen Konzentrationsbereich liegt. Die leichte Erhöhung gegenüber den Resultaten der Monitoring-Untersuchung ist gesundheitlich unbedeutend. Die grosse Mehrheit der Cadmiumkonzentrationen liegt im tiefen Bereich, unterhalb von 25 µg/kg Frischgewicht. Nur zwei Proben liegen über 50 µg/kg, der Hälfte des durch das Bundesgesundheitsamt Berlin (7) festgelegten «Richtwerts», der von den Schweizer Behörden entweder formal übernommen oder direkt angewendet wird.

### *Cadmium in weiteren Gemüseproben*

Die meisten Gemüse, alle in vollreifem Zustand geerntet, sind erwartungsgemäss schwach belastet. Ausnahmen bilden, wie erwartet, Karotten und Sellerie, von denen bekannt ist, dass sie Cadmium recht gut aufnehmen. Unter Berücksichtigung durchschnittlicher Konsummengen sind die Konzentrationen auch der höchstbelasteten Proben nicht als Gesundheitsgefährdung einzustufen. Die Ergebnisse sind

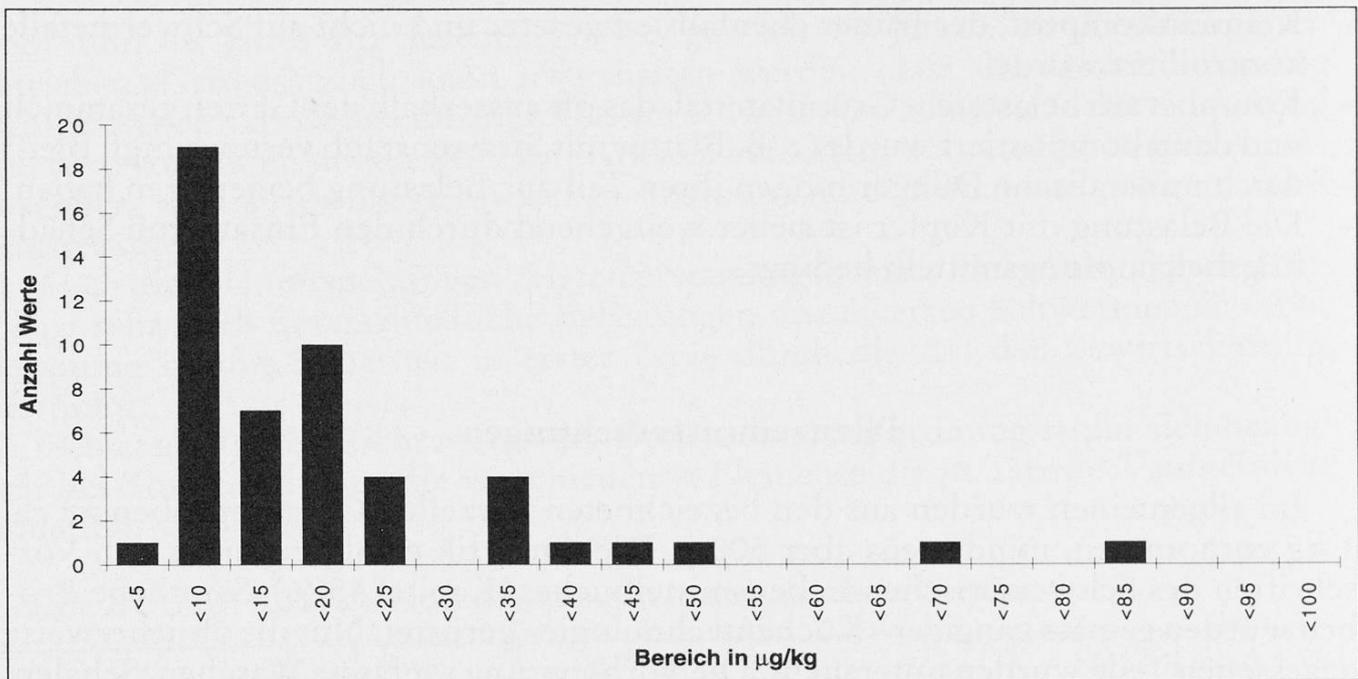


Abb. 1. Cadmiumkonzentration in Kartoffeln

in Abbildung 2 dargestellt und den Ergebnissen aus den Monitoring-Programmen für Karotten (8) und Sellerie (9) gegenübergestellt.

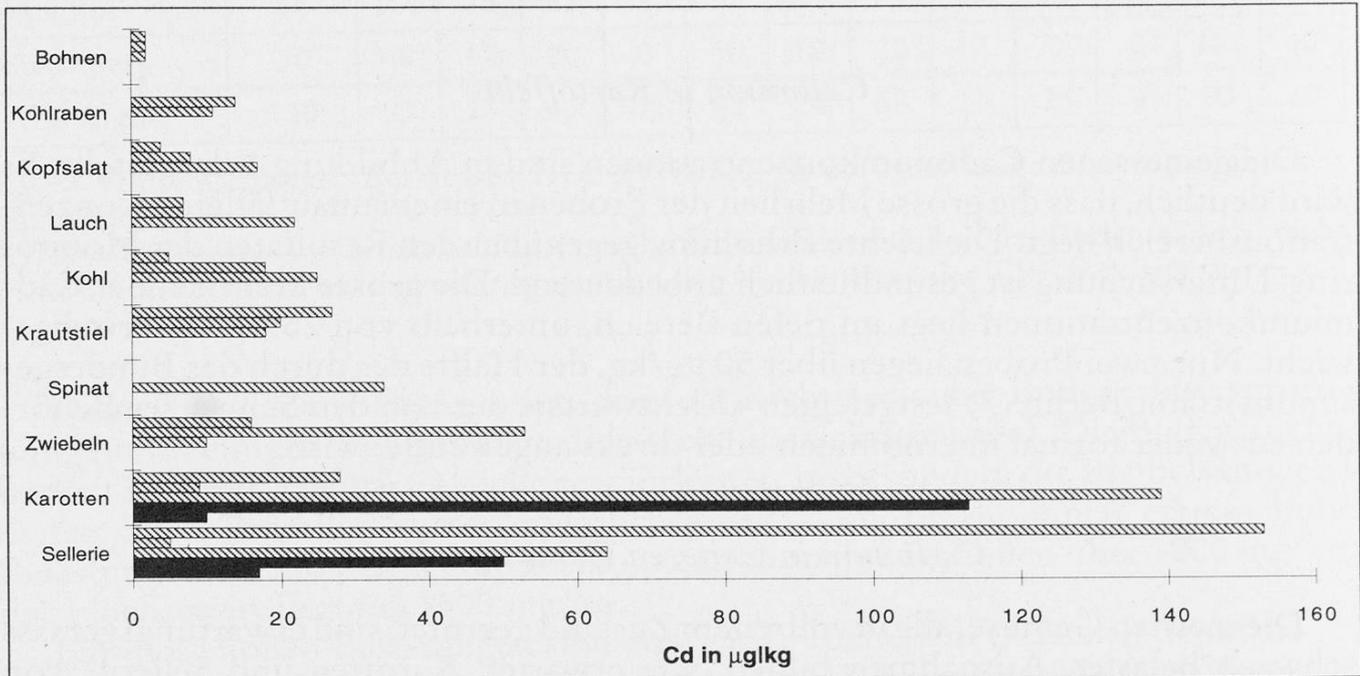


Abb. 2. Cadmiumkonzentration in verschiedenen Gemüsesorten  
Dargestellt sind die einzelnen Messwerte sowie für Karotten und Sellerie die Medianwerte (dunkel) und Maximalwerte (helldunkel) aus den Monitoring-Programmen (8) und (9)

## Weitere Schwermetalle in Kartoffeln

Obwohl sich die Studie auf Cadmium konzentrierte, wurden in einem Teil der Kartoffelproben auch weitere Schwermetalle gemessen (Tabelle 3).

Tabelle 3. Verteilung der Schwermetallkonzentrationen in Kartoffeln (gewaschen, geschält)

	Diese Studie				Monitoring-Programm (5)			
	Anzahl Werte	min. mg/kg	med. mg/kg	max. mg/kg	Anzahl Werte	min. mg/kg	med. mg/kg	max. mg/kg
Blei	50	<0,01	<0,01	0,016	101	<0,01	<0,01	0,012
Cadmium	50	<0,005	0,014	0,082	101	0,003	0,013	0,044
Kupfer	43	0,68	1,2	1,8	101	0,57	1,2	2,3
Zink	43	2,0	3,0	5,6	101	1,4	2,8	5,2

In einzelnen dieser Proben wurden durch das Bundesamt für Gesundheitswesen mittels ICP-MS auch eine weite Auswahl weiterer Elemente gemessen, um mögliche zusätzliche Kontaminationen zu entdecken. Die Ergebnisse waren in jeder Beziehung unauffällig.

## Korrelationen Boden – Kartoffeln

In Abbildung 3 sind die Konzentrationen in den Kartoffeln jenen in den Böden gegenübergestellt.

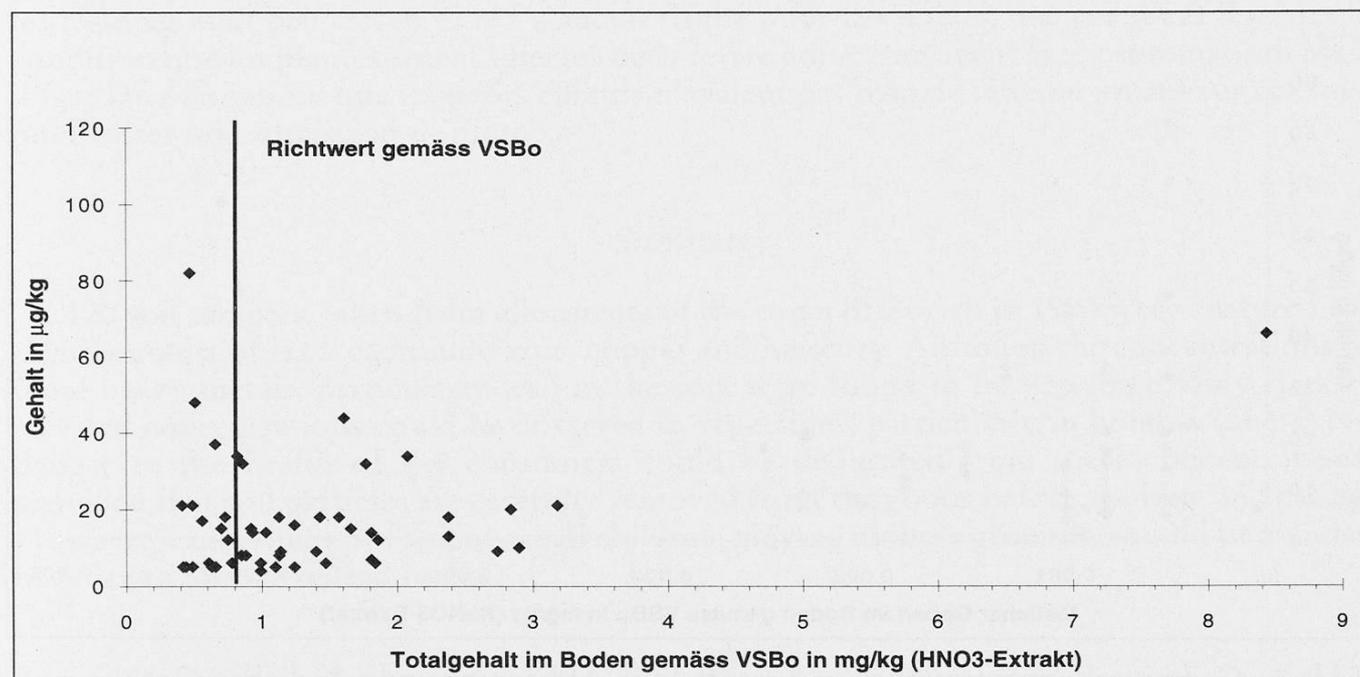


Abb. 3. Cadmiumkonzentrationen in Kartoffeln in Abhängigkeit des Totalgehalts im Boden

Aus der Abbildung wird sofort klar, dass zwischen dem Totalgehalt im Boden und den Konzentrationen in den Kartoffeln keine einfache Beziehung besteht. Offenbar sind andere Einflussfaktoren stark genug, um die erwartete Beziehung zu überlagern und zu verwischen. Durch den nur schwach sauren pH-Wert (Bereich 6,2–7,6) und die hohe Kationenaustauschkapazität (18–64 mVal/100 g) ist das Bindungsvermögen der Böden für Schwermetalle generell hoch.

Die Abbildung 4 zeigt ebenfalls keine einfach erkennbare Abhängigkeit der Konzentration in der Pflanze von der Konzentration im Boden.

Auch eine Sortenabhängigkeit lässt sich nicht sicher erkennen. Das hängt einerseits mit der beträchtlichen Sortenvielfalt zusammen, andererseits damit, dass die Sorten in vielen Fällen nicht sicher zugeordnet werden konnten. Damit waren für die einzelnen Sorten nicht genügend Daten vorhanden, um eine interpretierbare Auswertung vorzunehmen.

### Schlussfolgerungen

1. Bei den dargestellten Bodenverschmutzungen handelt es sich eindeutig um Altlasten. Schwermetalle wurden über längere Zeiträume in die Gärten getragen. Es gilt nun in erster Linie, weitere Einträge zu vermeiden.
2. Für den Anbau von Gemüse in der bisherigen Form ist kein Gesundheitsrisiko erkennbar.
3. Allerdings wird empfohlen, die Gemüse sorgfältig zu rüsten und zu waschen. Dies insbesondere, um einer vermeidbaren Bleiaufnahme auszuweichen.

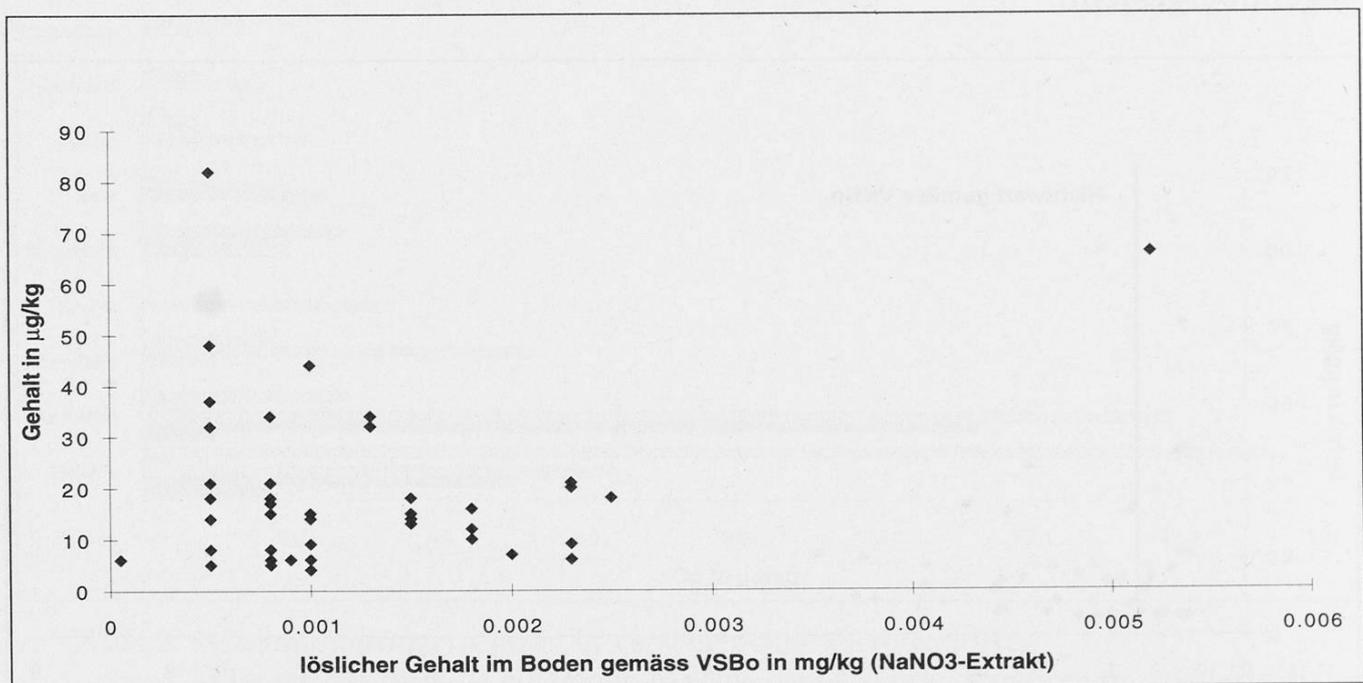


Abb. 4. Cadmiumkonzentrationen in Kartoffeln in Abhängigkeit des löslichen Gehalts im Boden

4. Eine andere Nutzung der Areale ist nicht zweckmässig und könnte nur unter einschneidenden Restriktionen durch die Umweltschutzgesetzgebung erfolgen.
5. Das Risiko der direkten Ingestion durch Kleinkinder muss im Auge behalten werden. Bodenessen und unbeabsichtigte Aufnahme wird für diese Studie auf 0,5 g pro Tag und Kleinkind geschätzt (10). Wenn man annimmt, dass ein Kleinkind einen Tag pro Woche in einem Garten spielt, dessen Boden mit 1000 mg/kg Blei belastet ist, erhöht sich die Bleiaufnahme allein aus dieser Quelle um 0,5 mg pro Woche.
6. Es scheint vertretbar und ökonomisch und ökologisch zweckmässig, die Gärten in der bisherigen Form weiter zu betreiben.

### *Zusammenfassung*

In einer gemeinsamen Studie mehrerer Amtsstellen wurden Bodenproben aus 120 Schrebergartenparzellen der Stadt Zürich auf ihre Gehalte an Blei, Cadmium, Zink, Kupfer und Quecksilber analysiert. Trotz der zum Teil extrem hohen Belastung der Böden sind die Schwermetallkonzentrationen im Gemüse nur leicht erhöht. Ihr Verzehr führt in keinem Fall zu einer Gesundheitsgefährdung, vorausgesetzt, die Pflanzen werden vor dem Verzehr von anhaftendem Erdmaterial sorgfältig befreit. Hingegen soll darauf geachtet werden, dass Kleinkinder beim Spielen keine grösseren Mengen Bodenmaterial einnehmen, um einer vermeidbaren Bleiaufnahme auszuweichen.

### *Résumé*

120 échantillons de sol pris dans des jardins ouvrier de la ville de Zurich en 1993, ont été analysés pour leurs teneurs en plomb, cadmium, zinc, cuivre et mercure. Même que les sols sont parfois extrêmement contaminés par ces métaux lourds, la concentration trouvée dans les légumes était peu élevée. Il n'y a aucun risque pour la santé en mangeant ces légumes, à condition que les plantes soient libérées de la terre adhérente avant la consommation. Mais il faut faire attention, que les petits enfants n'avalent pas trop de terre en jouant sur ces sols, pour éviter une admission de plomb.

### *Summary*

120 soil samples, taken from allotments of the town of Zurich in 1993 were analyzed for their contents of lead, cadmium, zinc, copper and mercury. Although the concentrations of these heavy metals, particularly lead in the soil, were found to be very high, only slightly elevated concentrations could be observed in vegetables, particularly in potatoe tubers. No danger to the health of the consumers could be deduced from these concentrations, provided that soil particles are carefully removed from the goods before cooking and eating. However, excess intake of soil by small children, playing in these grounds, should be avoided in order to minimize lead intake.

## Literatur

1. Fachstelle Bodenschutz im Amt für Gewässerschutz und Wasserbau des Kantons Zürich, Abfuhrwesen der Stadt Zürich und Nieder+Pozzi, 1992: Bodenuntersuchung Zürich-Nord.
2. Amt für Gewässerschutz, Kantonales Laboratorium Zürich, Liegenschaftenverwaltung der Stadt Zürich und Nieder+Pozzi: Boden- und Pflanzenuntersuchungen in Familiengärten der Stadt Zürich, Schlussbericht Juni 1994.
3. Zimmerli, B., Bosshard, Elisabeth und Knutti, K.: Nichtessentielle «toxische» Spurenelemente. In: Stähelin, H.B., Lüthi, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 149–162. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
4. Erard, M. und Sieber, R.: Verbrauch und angenäherter Verzehr von Lebensmitteln in der Schweiz. In: Stähelin, H.B., Lüthi, J., Casabianca, A., Monnier, N., Müller, H.-R., Schutz, Y. und Sieber, R. (Hrsg.), Dritter Schweizerischer Ernährungsbericht, S. 31–40. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991.
5. Andrey, D., Rihs, T. und Wirz, E.: Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». II. Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Kartoffeln. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **79**, 327–338 (1988).
6. Schweizerisches Lebensmittelbuch, Kapitel 45. Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern 1991–1993.
7. Bundesgesundheitsamt Berlin (BGA): Richtwerte für Schadstoffe in Lebensmitteln, Bundesgesundheitsblatt 5/93.
8. Beuggert, H., Andrey, D., Guggisberg, H., Herrmann, A. und Huber, D.: Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». VI. Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Karotten. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84**, 27–47 (1993).
9. Rieder, K.: Monitoring-Programm «Schwermetalle in Lebensmitteln». VI. Blei, Cadmium, Kupfer und Zink in Knollensellerie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84**, 545–556 (1993).
10. Ruck, A.: Bodenaufnahme durch Kinder, Abschätzungen und Annahmen. In: Rosenkranz, D., Einsele, G., Bachman, G. und Harress, H.-M., Bodenschutz. Ergänzbare Handbuch der Massnahmen und Empfehlungen für Schutz, Pflege und Sanierung von Böden, Landschaft und Grundwasser; Abschn.-Nr. 3520 5. Lieferung. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1988.

Dr. Rolf Etter  
Kantonales Laboratorium  
Postfach  
CH-8030 Zürich