

R. Arnold
R. Kibler
B. Brunner

Die alimentäre Aufnahme von ausgewählten Schadstoffen und Nitrat – Ergebnisse einer Duplikatstudie in bayerischen Jugend- und Seniorenheimen

Alimentary intake of selected pollutants and nitrate – results of a duplicate study in Bavarian homes for youth and elderly people

Zusammenfassung In einer Duplikatsstudie wurden im Zeitraum von 1989 bis 1991 insgesamt 478 Gesamtverzehrproben (einschließlich Getränke) aus 14 Senioren- und 10 Jugendheimen auf ausgewählte Schadstoffe und unerwünschte Stoffe untersucht. Die Analysen erstreckten sich auf bis zu 45 Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln,

17 PCB-Kongeneren sowie die Blei-, Cadmium- und Nitratgehalte. Nur in 15 % der untersuchten Proben waren Pflanzenschutzmittel nachweisbar. Die gefundenen Pflanzenschutzmittelmengen schöpften die zugehörigen FAO/WHO-Grenzwerte zu maximal 8 % (Lindan) aus. Als mittlere Gesamtaufnahme der drei bedeutendsten PCB-Kongeneren (Summe der PCB-Kongeneren 138, 153 und 180) wurden Werte von 0,9 bzw. 1,1 µg/d pro Ration bzw. Person festgestellt. Auch im ungünstigsten Fall lag die tägliche PCB-Zufuhr unter dem empfohlenen ADI-Wert der FDA von 1 µg/kg KG.

Die tägliche, ernährungsbedingte Blei- und Cadmiumaufnahme über die untersuchten Tagesrationen erreichte etwa 5,6 % und 20 % der WHO-Richtwerte (Provisionally-tolerably-weekly-intake-Werte). Der durchschnittliche Nitratgehalt der Nahrungsduplikate wurde mit 101 mg/d pro Person (Median: 79 mg/d pro Person) ermittelt. Der WHO-Grenzwert (3,65 mg/kg KG und Tag) wurde – bezogen auf den Medianwert – zu ca. 36 % ausgeschöpft.

Summary In a duplicate study during 1987–1991, 478 24-h duplicate samples from 14 homes for elderly people and 10 homes for youth were investigated for their contents of selected harmful

substances. The analyses covered 45 active substances of pesticides, 17 PCB-congeners as well as lead, cadmium, and nitrate contents. Pesticides could be detected only in 15 % of the investigated samples. The pesticide contents reached max. 8 % of the respective FAO/WHO-limits. As the mean intake of the three most important PCB-congeners (sum of the congeners 138, 153, and 180) values of 0.9 and 1.1 µg per day and ration or person, respectively, were found. Also in the worst case the daily PCB intake was below the recommended ADI value of the FDA of 1 µg/kg of body weight.

The daily nutritional intake of lead and cadmium via the investigated daily rations reached about 5.6 % and 20 % of the Provisionally Tolerably Weekly Intake values of the FAO/WHO. The mean nitrate content of the duplicate portions was 101 mg per day and person (median: 79 mg per day and person). Referred to the median value the WHO limit (3.65 mg/kg body weight and day) was exhausted to about 36 %.

Schlüsselwörter Duplikatsstudie – Heime – Bayern – Schadstoffaufnahme – unerwünschte Stoffe

Key words Duplicate study – homes – Bavaria – contaminants – undesirable substances

Eingegangen: 27. Juli 1998
Akzeptiert: 21. September 1998

Dr. R. Arnold (✉) · R. Kibler
Bayer. Landesanstalt für Ernährung
Menzinger Str. 54
D-80638 München

B. Brunner
Institut für Hygiene und Technologie
der Lebensmittel tierischen Ursprungs
Ludwig-Maximilian-Universität
Veterinärstr. 13
D-80539 München

Einleitung

In dieser Arbeit wird die Aufnahme von Rückständen und Kontaminanten sowie von Nitrat in Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung (14 Senioren- und 10 Jugendheime) in Bayern dargestellt. Die Auswahl der Schadstoffe bzw. unerwünschten Stoffe erfolgte nach ihrer gesundheitlichen Bedeutung für den Konsumenten. Dem in der Fachpresse bislang veröffentlichten Datenmaterial liegen Ergebnisse des bundesweiten Lebensmittel-Monitoring und von einzelnen Duplikatsstudien zugrunde. Auf regionaler Ebene sind bisher deutschlandweit keine Ergebnisse aus Duplikatsstudien bekannt, die vergleichbar umfassend durchgeführt wurden. Eine vergleichbare Gesamtverzehrstudie für das Gesamtgebiet der Bundesrepublik Deutschland (alte Bundesländer) im Rahmen des Umwelt-Surveys 1990/91 bezog sich auf Schadstoffe und Spurenelemente. Nicht erfaßt wurden in dieser Untersuchung aber Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln und PCB.

Methodik

Alle Untersuchungen basierten auf der **Duplikatmethode**. Ein in Menge, Zusammensetzung und Zustand identisches Nahrungsduplikat (einschl. Zwischenmahlzeiten, Getränke, usw.) wurde über mehrere, nicht aufeinanderfolgende Tage gesammelt. Die chemische Analyse erfolgte als Ganztagesprobe.

Teilnehmer

Es wurden 24 Einrichtungen der Gemeinschaftsverpflegung in die Studie einbezogen, in denen die Verpflegungsteilnehmer vollverpflegt wurden. Die Teilnehmer stammten aus 14 Senioren- und 10 Jugendheimen in den

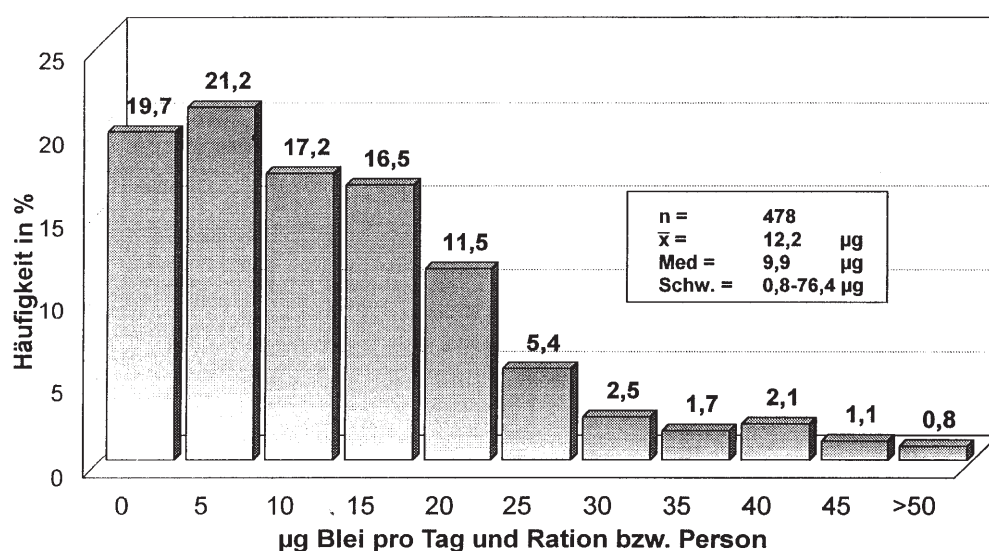
Städten Augsburg, Bayreuth, München, Nürnberg, Regensburg und Würzburg. 239 Proben wurden als Küchenrationen direkt aus den Küchen entnommen. Diese Proben entsprachen den von den Küchen an die Verpflegungsteilnehmer ausgegebenen Mahlzeiten. Die restlichen 239 Proben wurden als Duplikate der individuell von den Teilnehmern der Studie verzehrten Speisen gesammelt. Hierbei nahmen 27 weibliche und 9 männliche Senioren teil. Es handelte sich um gesunde, nicht pflegebedürftige Heimbewohner der Altenheime. In den Jugendheimen zählten 11 Mädchen und 10 Jungen zu den Teilnehmern der Studie. Das Durchschnittsalter der Senioren lag bei 79 Jahren (61–92 Jahre), das der Jugendlichen bei 16 Jahren (12–21 Jahre). Das durchschnittliche Gewicht der einbezogenen Teilnehmer lag sowohl bei den Senioren als auch bei den Jugendlichen bei etwa 60 kg.

Probenahme und Aufbereitung

Die Heimküchen der Gemeinschaftsverpflegungseinrichtungen sammelten im Zeitraum von 1989 bis 1991 an 10 verschiedenen Tagen (einschließlich Wochenende) Duplikate der Durchschnitts-Küchenrationen. Von jeweils ein bis drei Bewohnern pro untersuchtem Heim wurden vier- bis fünfmal pro Teilnehmer Ganztagesnahrungsduplikate gewonnen. Daraus ergab sich ein Gesamtprobeumfang von 478 Tagesproben.

Das Küchenpersonal wie auch die Einzelteilnehmer der Studie wurden hinsichtlich des praktischen Ablaufs der Probenahme unterwiesen. Die Einzelteilnehmer sammelten ein Duplikat der tatsächlich verzehrten Lebensmittel. Neben den Hauptmahlzeiten, die im Rahmen der Gemeinschaftsverpflegung eingenommen wurden, enthielten diese Proben zusätzlich die Zwischenmahlzeiten (z.B. Getränke, Obst, Süßigkeiten).

Abb. 1 Häufigkeitsverteilung der Bleigehalte in den Tagesproben aus bayerischen Senioren- und Jugendheimen ($\mu\text{g}/\text{Tag}$ und Ration bzw. Person)



n = Probenzahl; \bar{x} = arith. Mittelwert; Med. = Medianwert; Schw. = Schwankungsbreite

Im Labor wurden die Ganztagesproben getrennt nach Getränken und sonstigen Nahrungsbestandteilen ausgewogen, vorzerkleinert und die Speisen zusammen mit den Getränken homogenisiert. Das gefrorene Probenmaterial wurde anschließend lyophilisiert und pulverisiert.

Analytik

Zur Bestimmung der Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln erfolgte die Extraktion nach Steinwandter (16) und eine Reinigung der Proben über Gel-Permeationschromatographie (GPC/Lösungsmittelgemisch: Cyclohexan: Ethylacetat 1:1). Die Analyse der Pflanzenschutzmittelgehalte erfolgte mittels Kapillargaschromatographie an je zwei Gaschromatographen mit ECD-Detektoren und mit thermionischen N,P-Detektoren. Die Bestimmung der Dithiocarbamat- und Thiuramdisulfid-Fungizide wurde naßchemisch nach der DFG-Methode S 15 durchgeführt (4).

Die Bestimmung der Blei- und Cadmiumgehalte erfolgte atomabsorptionsspektrometrisch mit Hilfe der Graphitrohr-Technik. Die Bleianalytik erfolgte bei einer Wellenlänge von $\lambda = 217$ nm, die Cadmiumbestimmung bei $\lambda = 228,8$ nm. Die Nachweisgrenzen lagen für Blei bei 0,01 mg/kg TS und für Cadmium bei 0,005 mg/kg TS.

Die Analytik der PCB-Gehalte erfolgte wie von Kibler und von Gleissenthal (12) beschrieben. Abweichend von der dort beschriebenen Methodik erfolgte die Fettextraktion mittels Gelpermeationschromatographie.

Der Nitratgehalt wurde über die Enzym-Test-Kombination „Nitrat“ (Boehringer Mannheim GmbH) photometrisch bestimmt und die homogenisierten Proben in An-

lehnung an die Angaben des Herstellers aufgearbeitet. Die Absicherung der Meßergebnisse erfolgte mittels GC/HPLC.

Ergebnisse

I. Zufuhr an Pflanzenschutz-Wirkstoffgruppen

In den Nahrungsduplikaten aus der Gemeinschaftsverpflegung konnten 13 verschiedene Wirkstoffe nachgewiesen werden. Bei den gefundenen Stoffen handelte es sich um 7 Insektizide (Lindan, Chlorpyrifos, Dieldrin, Pirimicarb, α -Hexachlorocyclohexan, Pyrimiphos, Endosulfan), 5 Fungizide (Vinclozolin, Dichlofluanid, Hexachlorbenzol, Pyrazophos, Captan) und 1 Herbizid (Atrazin). In 85 % der untersuchten Proben waren keine Pflanzenschutzmittel nachweisbar. Die am häufigsten festgestellten Wirkstoffe waren Lindan (in 30 Proben), Vinclozolin (in 12 Proben) und Dichlofluanid (in 11 Proben). Alle anderen Wirkstoffe ließen sich nur höchstens in vier Proben nachweisen. DDT, dessen Isomere oder Dithiocarbamate konnten in keiner der Proben gefunden werden. Insgesamt bewegten sich die gefundenen Wirkstoffmengen deutlich unter den ADI-Werten der WHO. So betrug die Ausschöpfung der ADI-Werte (7) bezogen auf die höchsten jeweils gefundenen Pflanzenschutzmittelgehalte bei Lindan 7,8 %, bei Vinclozolin 0,6 % und Dichlofluanid 0,2 %. Verglichen mit den ADI-Werten (7) waren die höchsten Gehalte bei Dieldrin nachweisbar. Hier wurde der zugehörige Richtwert zu 16,7 % ausgeschöpft. Der Eintragungsweg der nachweisbaren Pflanzenschutzmittel

Tab. 1 Mittlere Tageszufuhr an Pflanzenschutzmittelwirkstoffen mit der Gesamtnahrung

Wirkstoff	Anzahl positiver Proben (in %)		Zufuhr ³⁾ (in µg/Tag und Person bzw. Ration)		Ausschöpfung des ADI- Wertes ⁴⁾ (in %)	
	Haushalte in München ¹⁾	Heimver- pflegung ²⁾	Haushalte in München ¹⁾	Heimver- pflegung ²⁾	Haushalte in München ¹⁾	Heimver- pflegung ²⁾
Lindan (I)	3,0	6,3	0,9	0,5 (0,6–37,3)	0,2	0,1 (0,1–7,5)
Vinclozolin (F)	5,5	2,5	2,8	0,3 (1,4–24,9)	0,5	0,05 (0,2–4,2)
Dichlofluanid (F)	2,4	2,3	3,7	0,7 (0,8–27,9)	0,02	0,004 (0,005–15,9)

¹⁾ nach (9) Erwachsene aus dem Großraum München, (n = 164; Jahr 1987)

²⁾ eigene Studie: Jugend- und Seniorenheime (n = 478; Zeitraum 1987–1991); Werte in (): Kleinste und größte Werte in den positiven Proben

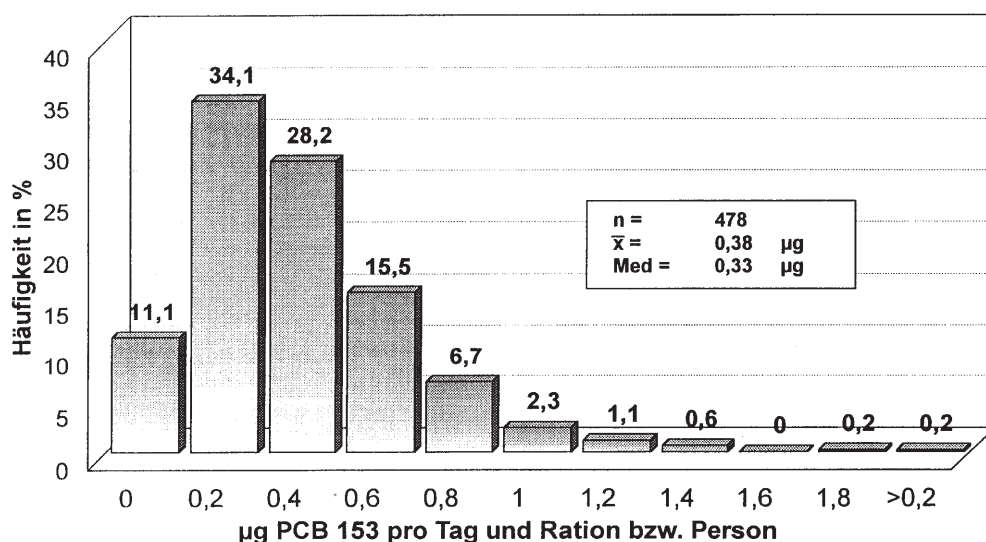
³⁾ Mittelwerte; negative Befunde mit halber Bestimmungsgrenze

⁴⁾ ADI-Werte

Lindan (WHO 1989): 0,008 mg/kg Körpergewicht und Tag
Vinclozolin (WHO 1995): 0,01 mg/kg Körpergewicht und Tag
Dichlofluanid (WHO 1983): 0,3 mg/kg Körpergewicht und Tag
(jeweils berechnet für Menschen mit 60 kg Körpergewicht)

F = Fungizid; I = Insektizid

Abb. 2 Häufigkeitsverteilung von PCB-Kongener 153 in den Tagesproben aus bayerischen Senioren- und Jugendheimen ($\mu\text{g}/\text{Tag}$ und Ration bzw. Person)



n = Probenzahl; \bar{x} = arith. Mittelwert; Med. = Medianwert; Schw. = Schwankungsbreite

konnte aufgrund des Studiendesigns nicht verfolgt werden. Aussagen über jahreszeitliche oder regionale Häufungen konnten wegen der nur vereinzelt nachweisbaren Pflanzenschutzmittel nicht gemacht werden (Tab. 1).

II. Zufuhr an Schwermetallen (Pb, Cd)

Bei den Bleianalysen lagen 34 % der Proben unter der analytischen Nachweisgrenze. Der Anteil der Proben unter der Bestimmungsgrenze für Cadmium lag dagegen bei < 1 %. In die Auswertung wurden diese Proben jeweils mit dem halben Wert der Bestimmungsgrenze einbezogen.

Aus Tabellen 2 und 3 sind die ermittelten Tageszufuhren der Schwermetalle Blei und Cadmium zu entnehmen. Der durchschnittliche Gehalt für Blei in den Ganztagproben bei den untersuchten Jugend- und Seniorenheimen lag bei jeweils rd. 12 μg pro Tag und Ration. 86,1 % der Proben wiesen Bleigehalte im niedrigen Konzentrationsbereich unter 20 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ und Ration bzw. Person auf

(Abb. 1). Der durchschnittliche Cadmiumgehalt der Tagesproben aus Heimen lag bei 12 μg pro Tag. 94,8 % der Proben wiesen Cadmiumwerte zwischen 5 und 25 μg pro Tag auf. Zwischen dem Gehalt an Cadmium in den Tagesrationen und dem Gemüseanteil in der Gesamtnahrung ergab sich ein signifikanter Zusammenhang ($r = 0,244$; $p < 0,001$ n. Pearson), ein ebenfalls signifikanter, aber nur sehr schwacher jedoch mit dem Fleisch- und Wurstanteil ($r = 0,025$; $p < 0,001$). Weder hinsichtlich der Blei- noch der Cadmiumaufnahme konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Jugend- und Seniorenheimen festgestellt werden.

Von der FAO/WHO wurden Richtwerte für Blei (PTWI-Wert: 25 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Woche) und Cadmium (PTWI-Wert: 7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Körpergewicht und Woche) festgelegt (19, 20). Nach den Untersuchungen ergibt sich eine durchschnittliche wöchentliche Zufuhr von 85 μg Blei und 86 μg Cadmium/Person und Woche. Die Ausschöpfung der WHO-Richtwerte lag damit bezogen auf eine 60 kg Person im Mittel für Blei bei 5,6 % und für Cadmium bei 20 %.

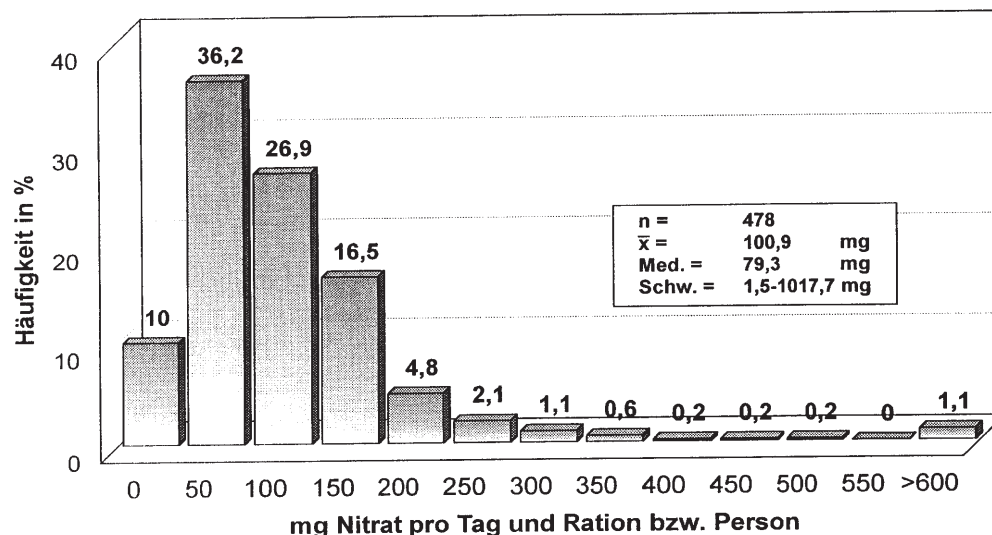
Tab. 2 Bleigehalte in den Tagesproben differenziert nach Heimtypen ($\mu\text{g}/\text{Tag}$ und Ration bzw. Person)

	Küchen- rationen	Seniorenheime Duplikate von Frauen	Duplikate von Männern	Küchen- rationen	Jugendheime Duplikate von Mädchen	Duplikate von Jungen
n	139	99	40	100	51	49
$\bar{x}^{1)}$	13,9	9,8	11,8	14,7	8,8	11,1
S	10,5	9,0	9,0	14,6	9,3	8,4
Median ¹⁾	12,8	7,5	12,3	11,6	5,9	9,8
Max	65,3	39,0	32,2	76,4	45,1	40,5

n = Anzahl der untersuchten Proben; \bar{x} = arithmetisches Mittel; max = Maximum

¹⁾ halbe Bestimmungsgrenze für Werte unter der Bestimmungsgrenze

Abb. 3 Häufigkeitsverteilung der Nitratgehalte in den Tagesproben aus bayerischen Senioren- und Jugendheimen (mg/Tag und Ration bzw. Person)



n = Probenzahl; \bar{x} = arith. Mittelwert; Med. = Medianwert; Schw. = Schwankungsbreite

III. Zufuhr an Polychlorierten Biphenylen (PCB)

Als Leitsubstanzen für das Verteilungsmuster wurden bei den Tagesproben aus den Jugend- und Seniorenheimen von 209 möglichen PCB-Verbindungen 17 Kongenere quantitativ bestimmt. Die Kongenere 138 und 153 sowie zusätzlich 180 waren am häufigsten vertreten (Tab. 4). Der höchste Gehalt wurde für das Kongener 153 gefunden (Abb. 2). Auf eine 60 kg-Person bezogen ergab sich eine tägliche Zufuhr von < 0,1 µg/kg KG (bestimmt aus den Analysedaten der PCB-Einzelkomponenten), d.h. etwa 1/10 des von der FDA 1992 empfohlenen ADI-Wertes (7). Weder zwischen den verschiedenen Probenahmeorten noch zwischen den Jahreszeiten ergaben sich statistisch absicherbare Unterschiede.

IV. Zufuhr an Nitrat

Der durchschnittliche Nitratgehalt der 478 Tagesproben aus den Heimen lag bei 100,9 mg pro Tag und Ration bzw. Person, der Median bei 79,3 mg/Tag und Person. Von 478 Tagesproben wiesen 13 Proben (2,7 %) Nitratgehalte über 300 mg/Tag auf. Der Großteil der Werte (97,3 %) lag zwischen 50 und 250 mg pro Tag und Ration bzw. Person (Abb. 3).

Der Nitratgehalt war vor allem von der jeweiligen Lebensmittel- bzw. Gemüseart abhängig. Es zeigte sich eine gute Übereinstimmung zwischen dem Gemüseverzehr/-angebot und der täglichen Nitratzufuhr (Abb. 4). Eine Verdoppelung der Gemüseaufnahme auf über 300 g/Tag und Person bzw. Ration war auch mit einer Anhebung der Nitratzufuhr um das Doppelte verbunden. Der Korrelationskoeffizient zwischen Nitratgehalt und aufgenommener Gemüsemenge betrug 0,43 ($p < 0,0001$). Jahreszeitliche Unterschiede zwischen den Nitratgehalten der untersuchten Gesamtverzehrproben konnten nicht festgestellt werden.

Tab. 3 Cadmiumgehalte in den Tagesproben differenziert nach Heimtypen (µg/Tag und Ration bzw. Person)

	Küchen- rationen	Seniorenheime Duplikate von Frauen	Duplikate von Männern	Küchen- rationen	Jugendheime Duplikate von Mädchen	Duplikate von Jungen
N	139	99	40	100	51	49
$\bar{x}^{1)}$	13,1	10,2	12,9	14,1	12,5	10,2
S	6,5	4,5	4,8	8,2	8,2	6,6
Median ¹⁾	12,2	9,6	12,1	12,2	11,4	9,6
Max	36,7	25,8	31,7	49	34,4	36,6

n = Anzahl der untersuchten Proben; \bar{x} = arithmetisches Mittel; max = Maximum

¹⁾ halbe Bestimmungsgrenze für Werte unter der Bestimmungsgrenze

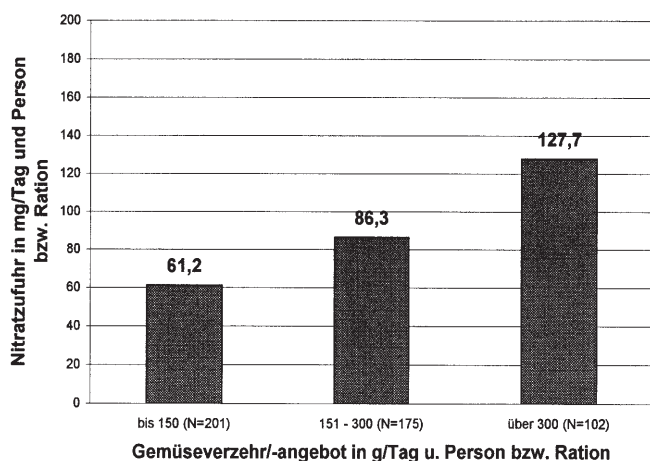


Abb. 4 Mittlere tägliche Nitratzufuhr in bayerischen Senioren- und Jugendheimen in Abhängigkeit des Gemüsekonsums (in mg/Tag/Person bzw. Ration)

Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen auf Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln stimmen weitgehend mit dem Ernährungsbericht 1996 überein. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch bei Untersuchungen in Münchener Haushalten (10) gefunden. Hier waren ebenfalls in der Mehrzahl (86 %) der Verzehrsproben keine Wirkstoffe nachweisbar. In diesen Tagesduplikaten wurden 7 Wirkstoffe von Pflanzenschutzmitteln nachgewiesen. In den Jahren 1996/97 wurde in bayer. Obst und Gemüse im Rahmen freiwilliger Qualitätsuntersuchungen des Programms Gesunde Ernährung (2) bei insgesamt 495 Proben in 0,8 % der Fälle Überschreitungen der Höchstmenge festgestellt (60,4 % ohne Rückstände; 38,8 % Rückstände innerhalb der Höchstmenge). Von den nachgewiesenen Wirkstoffen entfielen über 65 % auf die Gruppe der Fungizide und über 30 % auf die Gruppe der Insektizide.

Tab. 4 Gehalt an PCB-Einzelkongenere in den Tagesproben (n = 478) aus bayerischen Senioren- und Jugendheimen (Angaben in µg/Tag und Ration bzw. Person)

PCB-Kongen.-Nr.	positive Proben	$\bar{x}^{1)}$	Max
118	353	0,15	1,9
138	449	0,33	2,9
153	445	0,38	3,4
170	379	0,16	1,3
180	448	0,21	1,7

¹⁾ Arith. Mittelwerte aller gemessenen Proben

n = Anzahl der untersuchten Proben; \bar{x} = arithmetisches Mittel; max = Maximum

¹⁾ halbe Bestimmungsgrenze für Werte unter der Bestimmungsgrenze

Bei der üblichen Berücksichtigung der halben Bestimmungsgrenze wurde sowohl für Blei als auch für Cadmium eine durchschnittliche Tageszufuhr von rd. 12 µg/Tag und Person ermittelt. Für Blei ergab sich damit eine mittlere tägliche Zufuhr über die Gesamtnahrung, die unter der in anderen Studien ermittelten liegt, während die orale Cadmiumbelastung im wesentlichen vergleichbar mit diesen Untersuchungen war (8, 13, 15, 16, 17).

In der vorliegenden Studie sind ebenso wie bei den Pflanzenschutzmittelrückständen hinsichtlich der Schwermetalle gute Übereinstimmungen mit Untersuchungen von Nahrungsduplikaten aus Münchener Haushalten (10) festzustellen. Während bei der 24 h-Duplikatstudie im Rahmen des Umwelt-Surveys (15) in den alten Bundesländern der PTWI-Wert im Mittel für Blei zu 12 %, für Cadmium zu rd. 10 % ausgeschöpft wurde, konnte in den eigenen Untersuchungen eine geringere Belastung mit Blei (5,6 % des PTWI-Wertes) und eine höhere Cadmiumzufuhr (20 % des PTWI-Wertes) über die Nahrung festgestellt werden. Zu berücksichtigen ist hier, daß das Alter der an der Studie des Umwelt-Survey beteiligten 318 Personen zwischen 25–69 Jahren lag. In der hier vorgestellten Duplikatsstudie lag dagegen das Durchschnittsalter der Essensteilnehmer aus Jugendheimen bei 16 Jahren (12–21 Jahre) und aus Seniorenheimen bei 79 Jahren (61–92 Jahre). Die unterschiedliche Altersgruppierung dürfte im Küchenangebot hinsichtlich Portionsgröße und Auswahl der Nahrungsmittel bedeutsam sein. Deutlich höhere Schwermetallgehalte wurden dagegen in einer Duplikatsstudie an 47 Kindern (Alter 5–8 Jahre) mit einer durchschnittlichen Ausschöpfung von rd. 26 % (Blei) und 33 % (Cadmium) gefunden (18). Hinweise auf Lebensmittel, die besonders zur Bleibelastung beigetragen haben, fehlen in dieser Studie.

Die Ergebnisse bestätigen den auch in anderen Untersuchungen festgestellten Trend einer rückläufigen Blei- und einer nahezu unveränderten Cadmiumzufuhr (6, 14). Zum Rückgang des Bleigehaltes in Lebensmitteln dürften ergriffene Umweltschutzmaßnahmen wie z.B. der Erlass des Benzin-Blei-Gesetzes und die Begrenzung von Emissionen aus Großfeuerungsanlagen wesentlich beigetragen haben (5). In einzelnen Tagesproben ermittelte höhere Cadmiumgehalte konnten auf bestimmte, belastete Lebensmittel wie z.B. Makrelenfilet oder Steinpilzsuppe zurückgeführt werden. Aus den Tabellen 2 und 3 wird ersichtlich, daß abgesehen von den Cadmiumgehalten der verzehrten Lebensmittel in Jugendheimen bei männlichen Bewohnern sowohl von Senioren- als auch von Jugendheimen höhere Schwermetallaufnahmen zu verzeichnen waren. Aufgrund der geringen Zahl von Probanden sind diese Unterschiede jedoch nur als Hinweise auf mögliche Folgen geschlechtsspezifischer Nahrungspräferenzen zu werten und bedürfen noch einer endgültigen Absicherung.

In den vorliegenden Untersuchungen konnten nur geringe PCB-Gehalte in der Nahrung festgestellt werden. Dies steht im Einklang mit Erkenntnissen aus freiwilligen

Qualitätsuntersuchungen in Bayern (2), nach denen der PCB-Gehalt von Milchprodukten seit 1990 rückläufig ist und seit 1993 auf niedrigem Niveau stagniert (Ø Kongener 153: 4 µg/kg Fett; Kongener 138: 3 µg/kg Fett; Kongener 180: 2 µg/kg Fett). Die PCB-Gehalte der Tagesproben aus den Heimen waren mit den Ergebnissen von Duplikaten aus privaten Haushalten des Großraums München vergleichbar (12).

Der durchschnittliche Nitratgehalt (Median) der Duplikate aus den Heimen (79,3 mg pro Tag und Ration bzw. Person) war etwas höher als die durchschnittliche Tageszufuhr von 70 mg Nitrat/Tag und Person über die Gesamtnahrung bei Erwachsenen aus dem Großraum München (11). Vergleichbare Ergebnisse unter Einbeziehung von Getränken lieferten auch andere Studien (9). Der WHO-Grenzwert wurde, unter Zugrundelegung des Median, zu 36 % ausgeschöpft (ADI-Wert von 3,65 mg Nitrat/kg Körpergewicht und Tag). 29 Tagesproben lagen über dem WHO-Grenzwert für Nitrat. Die durchschnittliche Auslastung des WHO-Grenzwertes liegt höher als in der Duplikatstudie aus dem Umwelt-Survey (26 %). Der Nitratgehalt korrelierte in den eigenen Untersuchungen stark mit der aufgenommenen Gemüsemenge ($r = 0,43$; $p < 0,0001$). Damit werden die analogen Ergebnisse der im Rahmen des Umwelt-Survey durchgeführten Duplikatsstudie bestätigt.

Epidemiologischen Studien erbrachten allerdings keine Belege für eine gesundheitsschädliche Wirkung hoher Nitratgehalte in Gemüse. Dagegen konnten Korrelationen zwischen hohem Gemüseverzehr und einem verringerten Krebsrisiko aufgezeigt werden (3). Vitamin C und E so-

wie sekundären Pflanzeninhaltsstoffen wie u.a. Polyphenolen kommt als Inhaltsstoff von Gemüse und Inhibitoren bei der Nitrosaminbildung eine protektive Rolle zu (1). Die Nitrataufnahme über Trinkwasser spielte in dieser Studie eine untergeordnete Rolle.

Insgesamt gesehen läßt sich aus den Ergebnissen der Studie ableiten, daß eine Gefährdung von vollverpflegten Teilnehmern der Gemeinschaftsverpflegung in Bayern über Schadstoffe in der Nahrung nicht zu erwarten ist. Dies gilt sowohl für den Bereich der Jugendheime als auch der Seniorenheime. Da sich die Untersuchungen lediglich auf 24 Heime aus sechs größeren Städten in Bayern erstreckte, sind die Ergebnisse zwar sicherlich nicht ohne weiteres auf die alimentäre Schadstoffbelastung der gesamten Bevölkerung Bayerns übertragbar. Die Untersuchungen zeigen aber deutlich, daß in den bayerischen Ballungsräumen nicht mit einer hohen ernährungsbedingten Schadstoffbelastung zu rechnen ist. Deutliche Unterschiede in der Schadstoffbelastung der Nahrung sind trotz abweichender Nahrungspräferenzen zwischen Jugendlichen, Senioren und Erwachsenen nicht erkennbar.

Danksagung Die Autoren bedanken sich für die grundlegenden Arbeiten von Frau Andrea Ferstl, geb. Bauer in ihrer Dissertationsarbeit und die umfangreichen analytischen Arbeiten, die an den Landesanstalten für Bodenkultur und Pflanzenbau sowie Weinbau und Gartenbau von Herrn Dr. Lepschy und Herrn Dr. Kimmel durchgeführt wurden.

Ein besonderer Dank gilt auch den Mitarbeitern der Landesanstalt für Ernährung, insbesondere Frau Lang, die an der aufwendigen Probenahme und -verarbeitung mitwirkten.

Literatur

1. Bartsch H, Oshima H, Pignatelli B (1988) Inhibitors of endogenous nitrosation. Mechanisms and implications in human cancer prevention. *Mutation Res* 202:307–324
2. Bayer. Agrarbericht (1996), pp 14–21
3. Block G, Patterson B, Subar A (1992) Fruit, vegetables, and cancer prevention: A review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer* 18: 1–29
4. Deutsche Forschungsgemeinschaft (1979) Methodensammlung zur Rückstandsanalytik von Pflanzenschutzmitteln. Bd. III, VCH Verlagsges. Weinheim
5. Diehl FJ (1998) Schadstoffe in Lebensmitteln – Exposition und Risikobewertung heute. *Ernährungs-Umschau* 45: 40–43
6. Ernährungsbericht 96 (1996) Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., Frankfurt a.M.
7. Food and Drug Administration (1992) Food and Drug Administration pesticide program – residue monitoring 1991. *J Assoc Off Anal Chem* 75:135A–157A
8. Hahn K (1992) Ermittlung und Bewertung der täglichen Aufnahme von Mineralstoffen mit der Nahrung in Ostthüringen. *Forum Städte-Hygiene* 43: 77–81
9. Kampe W (1984) Nitrat- und Nitritzufuhren mit Lebensmitteln und mit dem Gesamtverzehr fester und flüssiger Nahrung. *Ernährungs-Umschau* 31: 400–405
10. Kibler R, Kimmel B (1990) Aufnahme von Pflanzenschutzmitteln über die tägliche Gesamtnahrung. 27. Wissenschaftlicher DGE-Kongreß, München. *Ernährungs-Umschau* 37:14 (abstract)
11. Kibler R, Lepschy J (1989) Aufnahme von Schwermetallen und Nitrat über den täglichen Gesamtverzehr. *VDLUFA-Kongreßband XI*
12. Kibler R, L. v. Gleissenthall J (1990) Zufuhr von polychlorierten Biphenylen (PCB) über den Gesamtverzehr. *Z Lebensm Unters Forsch* 191:214–216
13. Müller M (1992) Die Blei- und Cadmiumaufnahme Erwachsener in Sachsen. 12. Arbeitstagung Mengen- und Spurenelemente, Jena
14. Ruick G (1991) Ergebnisse eines Monitoring-Programmes zur Ermittlung der Aufnahme von Kupfer, Blei, Cadmium, Zink und Nickel mit Lebensmitteln. *Z Lebensm Unters Forsch* 192:249–251
15. Schulz C (1998) Umwelt-Survey – Belastung der deutschen Wohnbevölkerung durch Umweltschadstoffe. *Bundesgesundhbl* 3:118–124
16. Steinwandtner G (1982) Universal 5-min on-line methode for extracting and isolating pesticide residues and industrial chemicals. *Fresenius Z Anal Chem* 322:752–754
17. Stelz A, Georgii S, Brunn H, Muskat E (1990) Fremdstoffe in Lebensmitteln – Ermittlung der täglichen Aufnahme mit der Nahrung. IV. Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber in Tagesverpflegungen aus drei Krankenhäusern. *Dtsch Lebensm Rdsch* 86:10–12
18. Wilhelm M (1995) Aufnahme von einigen Metallen/Metalloiden bei Kindern in Deutschland, Teil I: Arsen und Quecksilber; Teil II: Aluminium, Cadmium und Blei. *Zbl Hyg* 197:345–356 und 357–369

19. World Health Organization (1993) Evaluation of certain food additives and contaminants. Forty-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, WHO Technical Report Series, No. 837
20. World Health Organization (1987) Lead (evaluation of health risks to infants and children). In: Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva, WHO Food Additives Series, No. 21, p 223
21. World Health Organization (1989) Cadmium. In: Toxicological evaluation of certain food additives and contaminants. Geneva, WHO Food Additives Series, No. 24, pp 163–219