

Veränderungen der Gehalte von Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber bei der haushaltsüblichen Zubereitung

Von R. SCHELENZ und B. BOPPEL*)

Einleitung

Eine Methode, um die nahrungsbedingte Aufnahme der Elemente Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber abzuschätzen, besteht darin, daß eine möglichst große Anzahl einzelner Lebensmittel auf ihre Gehalte an den genannten Elementen untersucht werden. Von statistischen Daten über durchschnittliche Verzehrsmengen pro Kopf der Bevölkerung in der Bundesrepublik ausgehend, kann die Schwermetallaufnahme durch den Verzehr dieser Lebensmittel abgeschätzt werden. Bei diesen Untersuchungen sind jedoch lediglich die Elementkonzentrationen der Rohware berücksichtigt.

Ein anderer Weg die nahrungsbedingte Belastung des Verbrauchers abzuschätzen, ist die Gehaltsbestimmung der genannten Elemente in der täglich verzehrten Nahrung. Dabei ist ein möglicher Einfluß der küchentechnischen Verarbeitung auf den Schwermetallgehalt der Speisen berücksichtigt.

Eine Empfehlung für noch zulässige Höchstmengen der genannten Elemente in Lebensmitteln wird sich am küchenfertigen Rohprodukt unter Berücksichtigung der Abfallmengen orientieren können. Zur Feststellung der tatsächlichen Belastung des Verbrauchers durch die genannten toxischen Elemente in der Nahrung interessiert daher auch die Frage, welche Mengen in den verzehrsfähig zubereiteten Lebensmitteln im Vergleich zu den Gehalten in der Rohware tatsächlich enthalten sind.

Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluß der küchentechnischen Zubereitung von der Marktware bis zum verzehrsfähigen Produkt auf den Gehalt der toxischen Spurenelemente Arsen, Cadmium, Blei und Quecksilber im Verlauf der küchentechnischen Aufbereitung an ausgewählten Gemüsen zu ermitteln. Es sollte weiter abgeschätzt werden, welchen Beitrag verzehrsfertiges Gemüse zur nahrungsbedingten Aufnahme der genannten Spurenelemente aufgrund statistischer Verzehrdaten liefert.

Probenmaterial und Probenaufbereitung

Kartoffeln und folgende sechs Gemüsearten wurden für die Untersuchungen ausgewählt: Blumen-, Rosen- und Wirsingkohl sowie Möhren, Kohlrabi und Buschbohnen. Je Gemüseart wurden 5 Proben zu 10–25 kg aus unterschiedlichen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland beim Erzeuger oder beim Großhändler beschafft. Im Institut für Hauswirtschaft der Bundesforschungsanstalt für Ernährung wurden für die ausgewählten Gemüsearten standardisierte mechanische und thermische Behandlungsverfahren ausgearbeitet. Diese Standardverfahren wurden praxisnah entwickelt und sind an der haushaltsüblichen Zubereitung von Lebensmitteln orientiert. Einen Überblick über die einzelnen Verfahrensschritte mit dem entsprechenden Probenanfall gibt Tabelle 1.

Zum Waschen des Ausgangsmaterials wurde Leitungswasser, als Kochgeschirre wurden Töpfe und Dämpfeinsätze aus rostfreiem Edelstahl verwendet. Die Proben wurden homogenisiert, in Polyethylenflaschen gefüllt und sofort bei -18°C eingefroren. Die zum Homogenisieren eingesetzten Geräte wurden mit Aliquoten der jeweiligen Gemüseprobe konditioniert, um Kontaminationen durch die Geräte weitgehendst zu vermeiden.

*) Wiss. Direktor Dr.-Ing. R. SCHELENZ und Wiss. Oberrat Dr. B. BOPPEL, Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Zentrallaboratorium für Isotopentechnik, Engesserstraße 20, D-7500 Karlsruhe 1

Tab. 1

Verfabrensschritte und Probenanfall bei der Verarbeitung
Procedure steps and samples at preparation

- 1.1 Rohware
- 1.2 Leitungswasser
- 1.3 Kochsalz
- 2.1 Rohware nach Putzen
- 2.2 Putzabfall von 2.1
- 3.1 Rohware nach Putzen und Waschen
- 3.2 Waschwasser von 3.1
- 4.1 Rohware nach Putzen, Waschen und Schälen/Schaben
- 4.2 Schäl-/Schababfall von 4.1
- 5.1 Gekochte Ware nach Putzen, Waschen, Schälen, Schaben und Zerkleinern
- 5.2 Kochwasser von 5.1
- 5.3 Gekochte Ware nach Putzen und Waschen
- 5.4 Kochwasser von 5.3
- 5.5 Schälabfall von 5.3
- 6.1 Gedämpfte Ware nach Putzen, Waschen, Schälen, Schaben und Zerkleinern
- 6.2 Dämpfwasser von 6.1
- 6.3 Gedämpfte Ware nach Putzen und Waschen
- 6.4 Dämpfwasser von 6.3
- 6.5 Schälabfall von 6.3

Probenvorbereitung und Analytik

Quecksilber und Arsen

Die tiefgefroren gelagerten Proben wurden zur Analyse aufgetaut, gut durchmischt und Aliquote zur Gefriertrocknung entnommen. Nach erfolgter Trocknung wurde die Trocknungskammer mit hochreinem Stickstoff belüftet, um Kontaminationen des getrockneten Gutes durch die Umgebungsluft möglichst auszuschalten. Das Gefriertrocknungsgut wurde anschließend in einer Kugelmühle mit einem Mahlbecher aus Polycarbonat und Mahlkugeln aus teflonüberzogenen Eisenkernen homogenisiert. Als Analysenmethode zur Bestimmung von Quecksilber (SCHELENZ und FISCHER, 1976) und Arsen (SCHELENZ, 1980) wurde die Neutronenaktivierungsanalyse (NAA) eingesetzt. Das feinpulvrige Probenmaterial wurde in gereinigte Polyethylenbestrahlungsbehälter eingewogen und zusammen mit dem biologischen Multielementstandard „Orchard leaves“ des National Bureau of Standards in der Rohrpost des Reaktors FR2 im Kernforschungszentrum Karlsruhe bestrahlt. Die Gehalte an Arsen und Quecksilber wurden erhalten durch Vergleich der gammaspektrometrisch bestimmten Peakflächen der Radionuklide As-76 und Hg-203 in der Probe, mit denen des biologischen Multielementstandards, der unter identischen Bedingungen bestrahlt und gammaspektrometrisch vermessen wurde. Quecksilber wurde rein instrumentell, d. h. ohne physikalische oder chemische Manipulationen der Proben nach der Neutronenbestrahlung, bestimmt. Arsen wurde nach Aufschluß der biologischen Matrix mit einer Mischung aus konzentrierter Salpetersäure und konzentrierter Schwefelsäure sowie nach Zusatz von konzentrierter Bromwasserstoffsäure als Bromid überdestilliert.

Blei und Cadmium

Für die Bestimmung von Blei und Cadmium wurde die Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) eingesetzt (BOPPEL, 1974). Die aufgetauten und durchmischten Proben wurden bei 400 °C trockenverascht (BOPPEL, 1973). Aliquote der Aschen wurden mit konzentrierter Salzsäure abgeraucht, der Rückstand in 1 M/l Salzsäure aufgenommen, über Membranfilter abgesaugt und der Filtrerrückstand nachverascht. Die Elemente wurden durch Extraktion mit Dithizon in Chloroform isoliert und aus der organischen Phase mit wenig Salzsäure rückextrahiert. Die Messung von Blei und Cadmium erfolgte mit der Acetylen/Luftflamme.

Ergebnisse

Um einen Überblick zu geben, bei welchen Konzentrationsbereichen die Untersuchungen durchgeführt wurden, sind in der Tabelle 2 die Gehalte für Arsen, Quecksilber, Blei und Cadmium von der unbehandelten Rohware der 6 untersuchten Gemüsearten und Kartoffeln bis zum gekochten Produkt wiedergegeben. Der Konzentrationsbereich der untersuchten Elemente reicht für verschiedene Gemüse von einigen $\mu\text{g}/\text{kg}$ bei Arsen, Cadmium und Quecksilber bis zu $300 \mu\text{g}/\text{kg}$ bei Blei für Kartoffeln. Die geringsten Konzentrationen wurden für Quecksilber und die höchsten für Blei nachgewiesen. Die weite Bandbreite der Elementkonzentrationen der Rohware resultiert aus noch anhaftendem Erdreich mit wesentlich höheren Gehalten als sie in den Gemüsen vorkommen.

Die Ergebnisse für Arsen und Quecksilber zeigen, daß durch mechanische Behandlung wie Putzen, Waschen und Schälen deutliche Konzentrationsabnahmen feststellbar sind. Die thermische Behandlung wie z. B. Kochen der küchenfertig zubereiteten Gemüse vermindert deren Gehalte praktisch nicht mehr. Das gleiche Ergebnis wurde für Blei erhalten.

Bei Cadmium wurde ein anderes Erscheinungsbild festgestellt. Die Cadmium-Konzentrationen blieben von der unbehandelten Rohware über das Putzen der Gemüse bis zum Kochen mit Ausnahme von Möhren und Kartoffeln annähernd konstant.

Einfluß von Kochsalz

Das zum Garen der Gemüse verwendete Kochsalz wurde in größerer Menge beschafft und dessen Schwermetallgehalt bestimmt (Tab. 3). Beispielrechnungen beim Quecksilber haben ergeben, daß bei einem Kochsalzzusatz von 1 % bezogen auf die Wassermenge beim Kochen oder Garen von Gemüse ein wesentlicher Einfluß auf den Quecksilbergehalt des bearbeiteten Lebensmittels auszuschließen ist. Es erscheint ebenso unwahrscheinlich, daß das verwendete Kochsalz zu einer Erhöhung der Arsenkonzentration in thermisch behandelten Gemüsen beitragen kann. Die Erhöhung des Arsengehaltes durch Kochsalzzusatz beim Kochen von geschälten und gewaschenen Speisemöhren beträgt maximal rund 6 % des Arsengehaltes des küchenfertigen Produktes. Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei den anderen Gemüsen vor, wobei der höchste Anteil mit rund 15 % bei Kartoffeln und Rosenkohl anzusetzen ist.

Der Blei- und Cadmiumgehalt des zugesetzten Kochsalzes ist ebenfalls so gering, daß die Gehalte in den zubereiteten Gemüsen kaum beeinflußt werden. Bei Blei ist lediglich eine Erhöhung von maximal $0,08 \mu\text{g}/\text{kg}$ denkbar.

Einfluß von Leitungswasser

Das zur Verarbeitung der Gemüse verwendete Leitungswasser wurde ebenfalls auf Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber untersucht (Tab. 3), um den Anteil des durch das Wasser eventuell eingebrachten Spurenelementgehaltes im Lebensmittel abzuschätzen.

Für Buschbohnen wurde beispielsweise ermittelt, daß der Quecksilbergehalt des zugesetzten Leitungswassers rund 25 % des Quecksilbergehaltes des gewaschenen Produktes beträgt. Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei den anderen Gemüsen gemacht. Es ist daher nicht auszuschließen, daß das verwendete Leitungswasser bei diesen geringen Quecksilbermengen im küchenfertigen Produkt zu einer Erhöhung der Quecksilberkonzentration in thermisch behandelten Gemüsen beitragen kann.

Der Arsengehalt des zugesetzten Leitungswassers beträgt beispielsweise bezogen auf geschälte Möhren rund 39 % des Arsengehaltes des küchenfertigen Produktes. Dies gilt auch für andere Gemüse, wobei der Arsengehalt in dem zum Garen von Kartoffeln und Rosenkohl verwendeten Leitungswasser sogar höher ist als in den zuvor küchenfertig zubereite-

Tab. 2

Mittlere Schwermetallgehalte von Gemüsen und Kartoffeln bei küchentechischer Verarbeitung
 Mean heavy metal contents of vegetables and potatoes after kitchen-like preparation

| Arsen | | | Quecksilber | | | Blei | | | Cadmium | | |
|--------------------------------|---|------------------------|------------------------------|---|------------------------|------------------------------|---|----------------|------------------------------|---|----------------|
| unbe- handelte Rohware | nach Putzen/ Waschen/ Schälen/ | nach Kochen | unbe- handelte Rohware | nach Putzen/ Waschen/ Schälen/ | nach Kochen | unbe- handelte Rohware | nach Putzen/ Waschen/ Schälen/ | nach Kochen | unbe- handelte Rohware | nach Putzen/ Waschen/ Schälen/ | nach Kochen |
| Buschbohnen 7,7 (0,7–29) | 1,9 (1,2–4,1) | 1,1 ($< 0,2-3,9$) | 4,3 ($< 0,2-14$) | 1,1 ($< 0,2-2,8$) | 0,9 ($< 0,2-1,8$) | 45 (32–66) | 25 (18–40) | 36 (25–47) | 6 (4–7) | 5 (3–6) | 5 (3–7) |
| Speisemöhren 12 (6,8–29) | 3,4 (0,4–7,1) | 2,6 ($< 0,2-4,8$) | 0,7 ($< 0,2-2,4$) | 0,5 ($< 0,2-1,5$) | 1,1 ($< 0,2-3,8$) | 60 (25–100) | 34 (9–52) | 36 (15–67) | 44 (25–81) | 35 (14–75) | 31 (15–68) |
| Blumenkohl 15 (2,0–30) | 3,2 (0,2–9,7) | 2,9 ($< 0,2-9,2$) | 1,1 ($< 0,2-2,5$) | 0,7 ($< 0,2-1,0$) | 0,6 ($< 0,2-2,3$) | 61 (42–100) | 28 (19–52) | 26 (13–34) | 9 (6–12) | 9 (4–12) | 10 (7–13) |
| Wirsingkohl 24 (1,6–39) | 7,7 ($< 0,2-37$) | 2,7 (1,2–5,2) | 1,6 ($< 0,2-3,7$) | 1,0 ($< 0,2-2,6$) | 1,1 ($< 0,2-2,5$) | 70 (32–127) | 28 (19–41) | 26 (19–33) | 10 (7–13) | 9 (5–16) | 11 (6–17) |
| Kohlrabi 7,4 (2,2–13) | 1,5 (0,2–2,3) | 6,5 (1,7–17) | 1,4 ($< 0,2-3,1$) | 0,6 ($< 0,2-2,3$) | 0,6 ($< 0,2-2,2$) | 41 (29–55) | 23 (12–35) | 19 (15–28) | 14 (9–17) | 12 (7–22) | 16 (11–27) |
| Rosenkohl 28 (1,7–47) | 0,8 ($< 0,2-1,3$) | 1,1 ($< 0,2-2,0$) | 0,2 ($< 0,2-0,3$) | $< 0,2$ (—) | 0,2 ($< 0,2-0,3$) | 94 (45–143) | 34 (17–46) | 31 (20–41) | 19 (13–28) | 17 (13–25) | 15 (12–21) |
| Kartoffeln 94 (20–290) | 0,6 ($< 0,2-0,9$) | 0,6 ($< 0,2-1,0$) | 12,0 ($< 0,2-37$) | 0,8 ($< 0,2-3,1$) | 0,9 ($< 0,2-3,4$) | 299 (126–748) | 24 (16–32) | 23 (14–36) | 35 (12–76) | 32 (11–71) | 22 (9–50) |

Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ Feuchtmasse
 Werte in Klammern = Extremwerte

Mittelwerte von je 5 individuellen Proben
 Kochen: 1–1,5 % Kochsalzzusatz

Tab. 3
Mittlere Schwermetallgehalte im Kochsalz und Leitungswasser
Mean heavy metal contents of sodium chloride and tap water

| Element | Kochsalz $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | Leitungswasser $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ |
|---------|--|---|
| As | < 9 | 1 |
| Cd | 4 | 1 |
| Hg | < 0,07 | 0,2 |
| Pb | 83 | 5 |

ten Produkten. Es ist daher nicht auszuschließen, daß das verwendete Leitungswasser bei geringen Arsenmengen im Ausgangsprodukt zu einer Erhöhung der Arsenkonzentration in thermisch behandelten Gemüsen beitragen kann. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß insbesondere bei Kartoffeln und Rosenkohl die gefundenen Arsenkonzentrationen in den küchenfertigen Produkten selbst bei Anwendung der extrem empfindlichen Neutronenaktivierungsanalyse nahe der Nachweisgrenze liegen und daher mit relativ großen statistischen Fehlern behaftet sind. Die Wasch-, Dämpf- und Kochwässer wiesen höhere Blei- und Cadmiumgehalte auf als das Leitungswasser. Es wurde daher angenommen, daß das Leitungswasser zur Erhöhung der Blei- und Cadmiumgehalte in den eßbaren Produkten kaum beitragen kann.

Einfluß der küchentechnischen Verarbeitung

Aus dem umfangreichen Datenmaterial mit ca. 2500 Einzelwerten (SCHELENZ, BOPPEL, ZACHARIAS und FISCHER, 1979; SCHELENZ, 1980) werden nur einige Beispiele zur Verdeutlichung der Untersuchungsergebnisse ausgewählt.

Für Speisemöhren (Abb. 1) wird deutlich, daß bereits nach Putzen, Waschen und Schälen des Gemüses annähernd 70 % des Arsens entfernt werden. Kochen und Dämpfen trägt nicht mehr merklich zur Gehaltsverminderung von Arsen bei. Für Blei wird ein ähnliches, wenn auch nicht so ausgeprägtes Bild erhalten. Nach Putzen, Waschen und Schälen der Möhren werden lediglich 40 % des ursprünglich in der Rohware vorhandenen Bleis entfernt. Der augenscheinliche Anstieg des Bleigehaltes in den Produkten nach Kochen und Dämpfen ist nicht signifikant wie die mit eingezeichnete Standardabweichung (gestrichelt) zeigt. Diese ist zur Hauptsache bestimmt durch die biologische Streuung und nicht durch das Analysenverfahren.

Am Beispiel der Kartoffel sind die Veränderungen für Cadmium und Blei wiedergegeben (Abb. 2). Bereits nach Waschen und Schälen wird der Bleigehalt der untersuchten Kartoffeln um annähernd 85 % vermindert. Kochen und Dämpfen dieser Kartoffeln verändert den Bleigehalt in den verzehrsfertigen Produkten nicht mehr. Dies gilt sowohl für Salz- als auch für Pellkartoffeln. Ein ähnlicher Verlauf wurde auch für Arsen und Quecksilber erhalten.

Ein etwas anderes Erscheinungsbild liefert Cadmium, wo Waschen und Schälen der Kartoffeln kaum eine Veränderung gegenüber der Rohware im Cadmiumgehalt bewirkt. Die thermische Behandlung wie Kochen und Dämpfen der geschälten als auch der gewaschenen Kartoffeln reduziert den Cadmiumgehalt in diesen Produkten bezogen auf die Rohware um 25–35 %.

Einen Überblick über das Verhalten der Elemente Arsen, Blei, Quecksilber und Cadmium bei Wirsingkohl bei der küchentechnischen Verarbeitung (Abb. 3) zeigt, daß die

Abnahmen beim Arsen am größten und beim Cadmium sogar ein scheinbarer Anstieg festzustellen ist. Der gekochte Wirsingkohl weist nur noch 35 % Arsen, ca. 50 % Blei und ca. 70 % Quecksilber der ursprünglichen in der Rohware vorhandenen Elementgehalte auf.

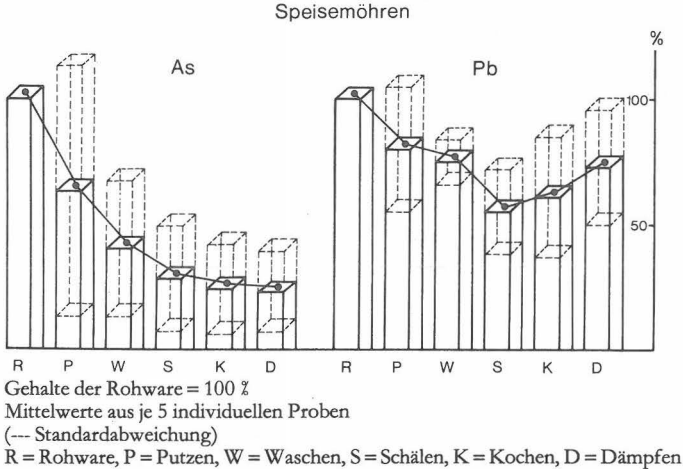


Abb. 1

Mittlere prozentuale Veränderung der As- und Pb-Gehalte von Speisemöhren bei küchentechischer Verarbeitung
 Mean percentual change of the As and Pb contents of carrots after kitchen-like preparation

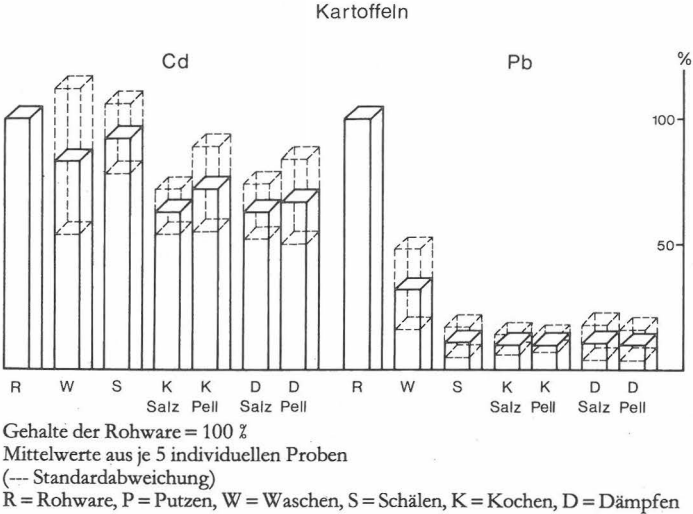


Abb. 2

Mittlere prozentuale Veränderung der Cd- und Pb-Gehalte von Kartoffeln bei küchentechischer Verarbeitung
 Mean percentual change of the Cd and Pb contents of potatoes after kitchen-like preparation

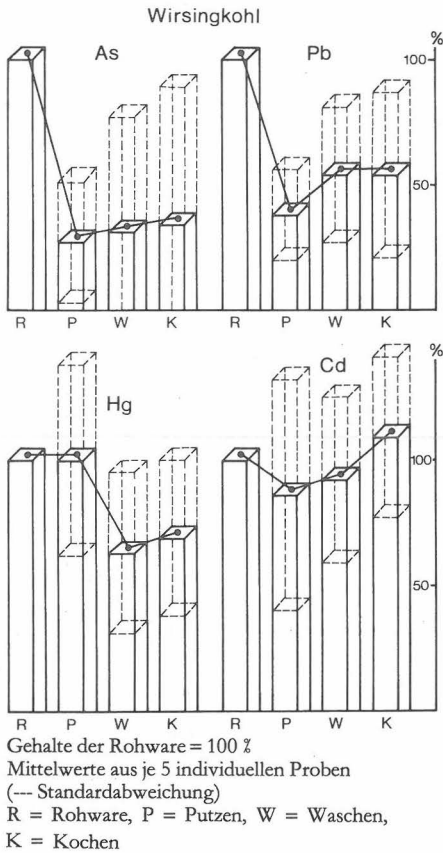


Abb. 3

Mittlere prozentuale Veränderung der As-, Pb-, Hg- und Cd-Gehalte von Wirsingkohl bei küchentechnischer Verarbeitung

Mean procentual change of the As, Pb, Hg and Cd contents of savoy after kitchen-like preparation

Faßt man die Ergebnisse für die 6 untersuchten und verzehrsfähig zubereiteten (gekocht und gedämpft) Gemüse zusammen, beträgt die Abnahme der Elemente Arsen, Blei und Quecksilber bezogen auf die Rohproduktwerte durchschnittlich 50 % (Tab. 4).

Für Arsen war die mittlere Abnahme mit annähernd 90 % beim Rosenkohl am höchsten und mit 15 % beim Kohlrabi am geringsten. Blei wurde bei verzehrsfertigem Wirsing- und Rosenkohl im Mittel um jeweils 63 % reduziert, während Buschbohnen und Speisemöhren einen nur um ca. 30 % geringeren Bleigehalt aufwiesen als die Rohproduktwerte. Die mittlere Verringerung des Quecksilbergehaltes war im Vergleich zum unbehandelten Gemüse mit 70 % bei Buschbohnen am größten und bei Wirsingkohl mit ca. 20 % am niedrigsten. Bei Kartoffeln werden diese Elemente durch küchentechnische Zubereitung annähernd quantitativ entfernt. Dies bedeutet, daß die genannten toxischen Spurenelemente vornehmlich in den äußeren Bestandteilen der Produkte zu finden sind, die als Küchenabfälle verworfen werden, bzw. auf den Oberflächen abgelagert wurden und von dort abgewaschen werden. Beim Cadmium war bei tischfertig zubereiteten Gemüsen nur eine geringe oder nicht signifikante Abnahme des ursprünglichen Gehaltes zu beobachten (Tab. 4). Cadmium ist dagegen weitgehend gleichmäßig innerhalb des Pflanzenmaterials verteilt, weshalb durch eine küchentechnische Verarbeitung kaum eine Gehaltsminderung erreicht werden kann. Lediglich bei Kartoffeln wurde eine Abnahme des ursprünglichen Cadmiumgehaltes um rund $\frac{1}{3}$ festgestellt.

Tab. 4

Mittlere prozentuale Abnahme der Schwermetallgehalte tischfertig zubereiteter Gemüse und Kartoffeln bezogen auf die Rohware (= 100 %)

Mean percentual decrease of the heavy metal contents of ready-to-eat prepared vegetables and potatoes compared with the raw products (= 100 %)

| | Arsen | Abnahme in Prozent | | Quecksilber |
|--------------|-------|--------------------|---------|-------------|
| | | Blei | Cadmium | |
| Buschbohnen | 61 | 28 | 17 | 70 |
| Speisemöhren | 76 | 32 | 17 | 52 |
| Blumenkohl | 59 | 54 | + 8 | 37 |
| Wirsingkohl | 67 | 63 | 7 | 21 |
| Kohlrabi | 15 | 43 | +11 | 49 |
| Rosenkohl | 89 | 63 | 8 | — |
| Kartoffeln | 98 | 89 | 33 | 95 |

Vorläufig duldbare Aufnahmewerte der WHO

Die Zufuhrmengen von toxischen Spurenelementen durch 6 Gemüsearten (Tab. 5) im Vergleich zu vorläufig duldbaren Aufnahmewerten der WHO (WHO/FAO, 1972) betragen nach diesen Untersuchungen beim Arsen 0,002 %, beim Quecksilber 0,05 % und beim Blei 0,2 % und sind vernachlässigbar klein. Dabei wurde von einem wöchentlichen Verzehr von 1,3 kg Kartoffeln und einem wöchentlichen Gesamtverzehr der 6 Gemüsearten von 208 g ausgegangen (Ernährungsbericht, 1980). Die Werte für die küchenfertigen Gemüse sind lediglich zu Vergleichszwecken oder für Rohköstler aufgeführt. Der Wert für Cadmium mit annähernd 1 % der vorläufig duldbaren Aufnahme hebt sich von den anderen Ergebnissen ab.

Tab. 5

Mittlere wöchentliche Zufuhrmengen von Schwermetallen durch 6 Gemüsearten verglichen mit duldbaren nahrungsbedingten Aufnahmen; Empfehlungen der WHO (World Health Organization)

Mean weekly intake of heavy metals by 6 vegetable species compared with tolerable dietary intake; recommendations of the WHO (World Health Organization)

| Element | Küchenfertiges Gemüse | Ingestion durch Gekochtes Gemüse | Gedämpftes Gemüse | Wöchentliche duldbare Aufnahme (WHO-Empfehlung) |
|---------|-----------------------|----------------------------------|-------------------|---|
| | µg | µg | µg | |
| As | 0,70 | 0,60 | 0,60 | 26000 |
| Cd | 2,40 | 2,48 | 2,80 | 400–500 |
| Hg | 0,14 | 0,16 | 0,15 | 300 |
| Pb | 6,00 | 6,00 | 6,90 | 3000 |

Betrachtet man die gleiche Aufstellung für Kartoffeln (Tab. 6), so sind die Aufnahmen für Arsen mit 0,003 bis 0,005 % des WHO-Wertes vernachlässigbar klein.

Tab. 6

Mittlere wöchentliche Zufuhrmengen von Schwermetallen durch Kartoffeln verglichen mit duldbaren nahrungsbedingten Aufnahmen; Empfehlungen der WHO (World Health Organization)

Mean weekly intake of heavy metals by potatoes compared with tolerable dietary intake; recommendations of the WHO (World Health Organization)

| Element | Ingestion durch Kochen | | Ingestion durch Dämpfen | | Wöchentliche duldbare Aufnahme (WHO-Empfehlung) µg |
|---------|------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---|
| | Salzkartoffeln µg | Pellkartoffeln µg | Salzkartoffeln µg | Pellkartoffeln µg | |
| As | 0,78 | 0,78 | 0,91 | 1,30 | 26000 |
| Cd | 28,6 | 37,7 | 27,3 | 32,5 | 400–500 |
| Hg | 1,17 | 0,26 | 2,21 | 0,26 | 300 |
| Pb | 29,9 | 33,8 | 28,6 | 27,3 | 3000 |

Auffallend sind die Unterschiede der Quecksilberaufnahme zwischen gedämpften Salzkartoffeln mit 0,7 % und Pellkartoffeln mit 0,1 % der wöchentlich duldbaren Aufnahme, bei denen das Fleisch nach dem Pellen analysiert wurde (Tab. 6). Die unterschiedliche Ingestion von Quecksilber durch Salz- im Vergleich zu Pellkartoffeln ist augenscheinlich darauf zurückzuführen, daß dieses Element aus dem verwendeten Leitungswasser in die Salzkartoffel übergeht. Bei Pellkartoffeln wirkt vermutlich die Schale als Barriere für das Eindringen des Quecksilbers in das Fleisch der Kartoffel.

Die nahrungsbedingte Aufnahme von Cadmium durch Kartoffelverzehr liegt sowohl bei gekochten als auch bei gedämpften Kartoffeln zwischen 6 und 10 % des WHO-Wertes. Aus den Ergebnissen geht hervor, daß Salzkartoffeln einen etwas geringeren Beitrag zur Cadmiumaufnahme leisten als Pellkartoffeln. Vermutlich ist das die Kartoffel umgebende salzhaltige Kochwasser in der Lage, vermehrt Cadmium aus geschälten Kartoffeln herauszulösen. Es darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß die analytischen Streubreiten bei den gemessenen geringen Elementkonzentrationen lediglich Trendaussagen zulassen.

Zusammenfassung

Der Einfluß mechanischer und thermischer Bearbeitungsverfahren wie Putzen, Waschen, Schälen, Schaben, Kochen und Dämpfen auf den Gehalt an Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber von insgesamt 186 Proben Blumenkohl, Buschbohnen (grün), Kartoffeln, Kohlrabi, Möhren, Rosenkohl und Wirsingkohl wurde untersucht. Zur analytischen Bestimmung von Arsen und Quecksilber wurde die Neutronenaktivierungsanalyse und von Blei und Cadmium die Atomabsorptionsspektrometrie eingesetzt. Vorschriften zur standardisierten küchentechnischen Zubereitung der Gemüse wurden entwickelt.

Die Arsen-, Blei- und Quecksilbergehalte der Gemüserohprodukte werden bereits durch Putzen, Waschen und Schälen um durchschnittlich ca. 50 % verringert, während bei Kartoffeln diese Elemente fast quantitativ entfernt werden. Thermische Bearbeitungsverfahren wie Kochen und Dämpfen der küchenfertigen Produkte ändern die Arsen-, Blei- und Quecksilberkonzentrationen in den verzehrfertigen Gemüsen nur unwesentlich.

Die Cadmiumgehalte der Gemüserohprodukte werden durch küchentechnische Zubereitung nicht signifikant verändert. Bei Kartoffeln wurde eine Abnahme des Cadmiumgehaltes des Rohproduktes um $\frac{1}{3}$ beobachtet.

Für die sorgfältige und gewissenhafte Durchführung der radiochemischen Analysen gilt unser Dank Fräulein I. Berg; für die chemisch-analytischen den Damen R. Greulich und Ch. Kilgus.

Die Standardvorschriften für die Zubereitungsschritte bei der küchentechnischen Verarbeitung der einzelnen Gemüse wurden von Frau Professor und Direktor Dr. R. Zacharias erarbeitet und von den Damen H. Schneid und B. Wansley die Zubereitung der Gemüse mit Engagement durchgeführt.

Den Herren H. Allgeier und K. Ansperger danken wir für die bundesweite Beschaffung der Stichproben.

Die Untersuchungen wurden mit finanzieller Unterstützung des Bundesministers für Familie, Jugend und Gesundheit durchgeführt.

Summary

SCHELENZ, R. und BOPPEL, B.: *Veränderungen der Gehalte von Arsen, Blei, Cadmium und Quecksilber bei der hausüblichen Zubereitung (Change of the contents of arsenic, lead, cadmium and mercury in vegetables after kitchen-like preparation).*

Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 39, Kongreßband 1982

The effect of mechanical and thermal procedures such as cleaning, washing, peeling, scraping, cooking and steaming on the content of arsenic, lead, cadmium and mercury in cauliflower, french beans, kohlrabi, carrots, Brussels sprouts, savoy and potatoes was studied in 186 samples. For the determination of arsenic and mercury neutron activation analysis and for lead and cadmium atomic absorption spectrometry were applied. Instructions for standardized kitchen-like preparations of the vegetables were developed.

The arsenic, lead and mercury concentrations of the vegetable raw products decrease upon cleaning, washing and peeling on average by 50 %, whereas these elements removed almost quantitatively in potatoes. Thermal procedures such as cooking and steaming of the cleaned vegetables do not significantly decrease the arsenic, lead and mercury contents in the prepared vegetables.

With respect to cadmium the kitchen-like preparation of the vegetables only resulted in the not significant decrease compared to the raw products. For potatoes a decrease of $\frac{1}{3}$ of the cadmium content of the raw material was observed.

Literatur

BOPPEL, B.: Schnelle Trockenveraschung von Lebensmitteln. Z. anal. Chem. **266**, 257–263, 1973

BOPPEL, B.: Bleigehalte von Lebensmitteln. 1. Mitt.: Zur Analytik der Bleibestimmung in Lebensmitteln. Z. anal. Chem. **268**, 114–119, 1974

Ernährungsbericht 1980. Herausgeber: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V., Frankfurt a. M. Im Auftrag des Bundesministers für Jugend, Familie und Gesundheit und des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

SCHELENZ, R.: Veränderungen des Gehaltes von Arsen in Gemüsen bei der hausüblichen Zubereitung. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe. BFE-Bericht 1980/3, Dezember 1979, 77 S.

SCHELENZ, R., BOPPEL, B., ZACHARIAS, R. u. FISCHER, E.: Veränderung der Gehalte von Blei, Cadmium und Quecksilber in Gemüsen bei der hausüblichen Zubereitung. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe. BFE-Bericht 1979/1, April 1979, 95 S.

SCHELENZ, R. und FISCHER, E.: Neutronenaktivierungsanalyse von Spurenelementen in Lebensmitteln. Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe. BFE-Bericht 1976/4, Mai 1976, 63 S.

WHO/FAO Expert Committee on Food Additives: Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium. WHO Technical Report Series No. 505, Geneva 1972