

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	76 (1985)
<b>Heft:</b>	4
<b>Artikel:</b>	Zur Cadmiumbelastung der Schweizer Bevölkerung durch Zigarettenrauch = Exposure of the Swiss population to cadmium through cigarette smoke
<b>Autor:</b>	Zimmerli, B.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-982373">https://doi.org/10.5169/seals-982373</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Zur Cadmiumbelastung der Schweizer Bevölkerung durch Zigarettenrauch

Exposure of the Swiss Population to Cadmium through Cigarette Smoke

B. Zimmerli

Bundesamt für Gesundheitswesen, Bern  
Technische Assistenz: Katharina Geiger

### Einleitung

Vom Menschen aufgenommenes Cadmium reichert sich im Organismus an. Die biologische Halbwertszeit wird auf mehr als 20 Jahre geschätzt. Über die Atmungsorgane zugeführtes Cadmium wird bis zu 10mal besser absorbiert als über den Gastrointestinaltrakt zugeführtes. Nieren und Leber zusammen enthalten schätzungsweise 50% des Gesamtkörpercadmiums. Erreicht die Konzentration in der Nierenrinde einen kritischen Wert, der auf etwa 200 µg/g Frischgewicht geschätzt wird, treten bei besonders empfindlichen Personen vermehrte Ausscheidungen niedermolekularer Proteine auf (tubuläre Proteinurie) (1–5). Neuerdings konnten im Langzeittierzversuch durch die Inhalation von Cadmiumchlorid-Aerosolen in relativ geringen Konzentrationen Lungentumoren erzeugt werden (6). Epidemiologische Befunde bei Arbeitern, die inhalativen Cadmiumexpositionen ausgesetzt waren, geben hingegen keine Hinweise auf eine lungenkrebszeugende Wirkung von Cadmium (7).

Beruflich nicht exponierte Personen und Nichtraucher erhalten Cadmium fast ausschliesslich via Nahrung zugeführt (1–5). Raucher, insbesondere Zigarettenraucher, unterliegen etwa der doppelten Gesamtkörperbelastung mit Cadmium wie Nichtraucher (8–11). Im Vergleich zu Nichtrauchern wurden bei Rauichern in folgenden Organen und Körperflüssigkeiten signifikant oder tendenziell höhere Cadmiumkonzentrationen festgestellt: Nieren (9–11, 13–19), Leber (9–11, 16–19), Pankreas (11, 17, 18), Lunge (16, 62, 67), Muskel (11, 18), Plazenta (20–22), Knochen (23), Fett (18), Blut (11, 12, 18, 19, 24–29) und Urin (11, 18, 30).

Die Tabakpflanze reichert Cadmium aus dem Boden besonders stark an (31, 32). Die Aufnahme ist abhängig von der Tabaksorte und vom Cadmiumgehalt des Bodens. Der pH-Wert des Bodens scheint nur einen geringen Einfluss zu haben (32, 33), allerdings liegen unseres Wissens keine entsprechend detaillierten Untersuchungen vor. Es muss angenommen werden, dass die Cadmiumaufnahme auch über die Blattoberfläche aus der Atmosphäre erfolgt (34, 37). Die Be-

handlung der Tabakpflanzen mit Fungiziden vom Typ der Metalldithiocarbamate könnte für die Cadmiumgehalte des Tabaks ebenfalls von Bedeutung sein, da diese Cadmium als Verunreinigung in Mengen von < 2 bis 140 µg/g Produkt enthalten können (35).

Über die Cadmiumgehalte von Tabak (33, 36–43) und den Cadmiumübergang in den Zigarettenrauch (33, 41–47) wurde in der Literatur wiederholt berichtet. Über die Cadmiumgehalte der auf dem schweizerischen Markt angebotenen Zigaretten sind nur fragmentarische Angaben verfügbar, die im Zusammenhang mit der Entwicklung analytischer Verfahren anfielen (48).

Da schätzungsweise die Hälfte der in einer Zigarette enthaltenen Cadmiummenge in den Nebenstromrauch gelangt (40, 45), wurde schon wiederholt auf die allfällige Bedeutung des Passivrauchens für die Cadmiumbelastung der Bevölkerung hingewiesen (5, 44, 45, 49), entsprechende Messungen liegen jedoch nicht vor.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Cadmiumgehalte der in der Schweiz hauptsächlich gerauchten Zigaretten zu bestimmen, die durch das Zigarettenrauchen bedingte Cadmiumbelastung sowie die Cadmiumexposition durch das Passivrauchen anhand einiger orientierender Messungen abzuschätzen und zu diskutieren\*.

## Experimentelles

### Probenmaterial

Die Zigaretten, 1 Paket pro Marke, wurden im Januar 1984 auf dem Platz Bern eingekauft. Die Auswahl der 21 Proben richtete sich nach der geschätzten Häufigkeit, mit der diese vom betreffenden Detailgeschäft verkauft wurden. Es handelte sich ausnahmslos um Filterzigaretten. Es kann angenommen werden, dass die erhobenen Proben mindestens 80% des schweizerischen Marktes abdecken. Ohne weitere Konditionierung oder Trocknung wurde die Tabakmenge pro Zigarette und der Cadmiumgehalt des Tabaks bestimmt.

Die orientierenden Messungen des Cadmiums in der Raumluft wurden in zwei normal ausgestatteten Büroräumen (Nettoraumvolumen 55 und 85 m<sup>3</sup>) durchgeführt, die mit je einem Raucher belegt waren, welche gemäss ihren Gewohnheiten rauchten. Die Apparatur zur Luftprobenahme wurde etwa in der Raummitte installiert. Während der Probenahme wurden die Räume tagsüber normal benutzt, wobei aber darauf geachtet wurde, dass die Türen beim Verlassen der Räume nicht geöffnet blieben; die Fenster blieben stets geschlossen. Die natürliche Luftwechselrate wurde tagsüber zu 0,7 h<sup>-1</sup> angenommen. Aus einer bei geschlossenen

\* Grob geschätzt beträgt die via Tabak in die Schweiz importierte Cadmiummenge etwa 0,02% der für 1984 geschätzten Gesamtcadmiumimporte (54, 66).

Türen und Fenstern über Nacht durchgeführten Messung der mittleren Cadmiumkonzentration wurde eine Luftwechselrate von etwa  $0,5 \text{ h}^{-1}$  geschätzt.\*

### *Luftprobenahme*

Für die Luftprobenahme wurde die nachstehend beschriebene Apparatur verwendet, die in früheren Arbeiten zur Erfassung gasförmiger organischer Stoffe eingesetzt worden war (50, 65), bestehend aus: Glastrichter (a. D. 5,6 cm), Glasrohr (i. D. 0,6 cm, Länge 5 cm) gefüllt mit 300 mg Cellulosepulver (Macherey-Nagel, mikrokristallin für Säulenchromatographie, heterogenes Material: kugelförmig mit Durchmesser ca.  $7 \mu\text{m}$  bis Fasern der Länge von ca.  $260 \mu\text{m}$  und Durchmesser ca.  $40 \mu\text{m}$ ) beidseitig fixiert durch Wattepropfen (Cellulose) und kräftig gestopft (= Sorptionsrohr), Dreieghahn für Anschluss eines offenen U-Rohr-Quecksilbermanometers, leere Gaswaschflasche als Sicherheit, Gasuhr (Wohlgroth Typ L 5C4, Wasserfüllung), Dreieghahn zur Regulierung des Luftdurchsatzes, Membran-Vakuumpumpe (Sartorius Typ 16612). Zur Verbindung der einzelnen Teile dienten Gummi- oder Plastikschläuche. Das leere Sorptionsrohr sowie der Trichter wurden vor der Verwendung mit Salpetersäure (65%), dann mit deionisiertem Wasser (Barnstead, Nanopur) gespült. Die Schlauchverbindung Trichter-Sorptionsrohr wurde ca. 15 min in die Elutionsmischung (vgl. Abschnitt Analytik) eingelegt, anschliessend mit deionisiertem Wasser gespült und getrocknet. Cellulosepulver und Watte fanden ohne weitere Reinigung Verwendung.

Die Luftdurchsätze betrugen ca. 0,5 l/min, entsprechend einem Druckabfall von 210–220 mmHg und einer Luftgeschwindigkeit an der Trichteröffnung von ca. 0,3 cm/s. Die mit der Gasuhr gemessenen Luftvolumina wurden mit Hilfe des Barometerdruckes und des Druckabfalls in der Apparatur auf Effektivvolumina umgerechnet. Die Dauer der Probenahme lag tagsüber bei 8 h und nachts bei 14 h; dies entspricht Effektivvolumina von etwa  $0,25 \text{ m}^3$  bzw.  $0,5 \text{ m}^3$ .

### *Analytik*

0,1 g Tabak wurden mit Salpetersäure (Merk Suprapur<sup>R</sup>, 65%) während insgesamt 4 h im Mineralisationsapparat (Paar, Mod. VAO) aufgeschlossen ( $\text{HNO}_3$ -Überschuss mit  $\text{HCOOH}$  zerstört) und auf 40 ml verdünnt (= Aufschlusslösung). Die detaillierte Beschreibung findet sich in (51).

Die Messlösungen wurden wie folgt hergestellt: 250  $\mu\text{l}$  Aufschlusslösung + 0/10/20 und 30  $\mu\text{l}$  einer Standardlösung von 50 ng/ml in  $\text{HNO}_3$  0,2%ig + deionisiertes Wasser auf 1 ml Endlösung. 20  $\mu\text{l}$  der Messlösung wurden mit einem auto-

\*  $\bar{c} = (c_0/mT) [1 - \exp(-mT)]$  (aus Ansatz  $dc/dt = -mt$ ,  $t$  = Zeit)

$\bar{c}$  = mittlere Konzentration während der Probenahmedauer, gemessener Wert ca. 4 ng/ $\text{m}^3$ ,  $c_0$  = Konzentration zu Beginn der Probenahme, angenommener Wert 30 ng/ $\text{m}^3$   $T$  = Dauer der Probenahme = 14,5 h,  $m$  = Luftwechselrate  $\text{h}^{-1}$ .

matischen Probengeber (Perkin-Elmer Modell AS1) dosiert. Die Messung erfolgte mittels flammenloser Atomabsorptionsspektrometrie (Perkin-Elmer Modell 400, HGA 74, Untergrundkompensation durch Kontinuumstrahler, D<sub>2</sub>). Messbedingungen: Wellenlänge 228 nm, Spalt 0,7 nm Argonfluss 300 ml/min; Trocknen: 20 s 100 °C; Veraschen: 60 s 300 °C; Atomisieren: 10 s 1900 °C (Argonzufluss 0 ml/min); Ausglühen: 5 s 2650 °C.

Der durchschnittliche Variationskoeffizient, aus Doppelbestimmungen (verschiedene Aufschlüsse) ermittelt, betrug rund 10%. Die Reagenzienblindwerte lagen bei 40 ng/g Tabak.

Nach der *Luftprobennahme* wurde das sorbierte Cadmium von Trichter und Sorptionsrohr mit insgesamt 10 ml Elutionsmischung (Aceton/0,1n HCl 1:1, m/m) bei ca. 0,5 ml/min eluiert (Witt'scher Topf). Dazu wurde das Sorptionsrohr in umgekehrter Richtung mit dem Trichter verbunden (backflush). Das Eluat wurde in einer Polypropylenflasche aufgefangen.

Zur Cadmiumbestimmung im Eluat wurde ein Atomabsorptionsspektrometer (Perkin-Elmer Mod. Zeemann 5000) eingesetzt. Die Atomisierung erfolgte im Graphitrohröfen (Perkin-Elmer Mod. HGA 500, L'vov-platform). Zur Probenaufgabe diente ein automatischer Probengeber (Perkin-Elmer AS40). Dosiert wurden jeweils 20 µl Eluat und 10 µl einer 5%igen (NH<sub>4</sub>)H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-Lösung. Die Probenbecher wurden erst unmittelbar vor der Dosierung gefüllt (Acetonverdunstung). Nachstehendes optimiertes Temperaturprogramm wurde verwendet (Argon 300 ml/min):

Trocknen: Rampe 2 s, Haltezeit 15 s 80 °C; Rampe 20 s, Haltezeit 10 s 120 °C. Veraschen: Rampe 20 s Haltezeit 10 s 870 °C. Atomisieren: Rampe 0 s (max. Heizrate), Haltezeit 4 s 1600 °C (Argonfluss 0 ml/min). Ausglühen: Rampe 1 s, Haltezeit 3 s 2650 °C. Abkühlen Rampe 1 s, Haltezeit 20 s 20 °C.

Ausgewertet wurde die Peakfläche (Perkin-Elmer Datastation 3600). Die Eichung wurde mit Cadmiumzusätzen zur reinen Elutionsmischung vorgenommen. Die Proben zeigten keine Matrixeffekte. Der Variationskoeffizient verschiedener Dosierungen der Elutionsmischung betrug weniger als 1%. Die Verfahrensblindwerte lagen im Bereich von 0,4–1,2 ng, entsprechend etwa 1–4 ng/m<sup>3</sup> Luft; sie wurden bei der Auswertung berücksichtigt.

Für die *Ausarbeitung des Probennahme- und Messverfahrens* diente Zigarettenrauch, der in einen am Trichter befestigten halbgeschlossenen Plastiksack geblasen wurde: In einer dem Sorptionsrohr nachgeschalteten Gaswaschflasche (Fritte G 2) mit 40 ml 0,1 n HCl konnte nach dem Durchsaugen von insgesamt rund 0,2 m<sup>3</sup> mit Zigarettenrauch beladener Luft weniger als 2 ng Cadmium nachgewiesen werden; das Eluat des Sorptionsrohrs enthielt rund 60 ng. In zwei Versuchen wurde der Inhalt des Sorptionsrohrs nach vorgängiger Elution nach dem gleichen Verfahren wie bei Tabak nass verascht. Im Aufschluss fanden sich weniger als 3% der im Eluat gemessenen Cadmiummenge. Nach einem zusätzlichen Nassaufschluss des Eluats wurden höchstens 10% mehr Cadmium gemessen. Ein-fachheitshalber wurde in der Folge auf einen zusätzlichen Aufschluss verzichtet.

## Resultate

Die Messresultate der 21 untersuchten *Zigarettentabake* sind in Tabelle 1, geordnet nach steigenden Cadmiumkonzentrationen zusammengestellt. Die Cadmiumkonzentrationen liegen im Bereich von  $0,53 \mu\text{g/g}$  bis  $2,63 \mu\text{g/g}$ , Mittelwert und Standardabweichung aller Proben betragen  $1,71 \pm 0,57 \mu\text{g/g}$ . Die Cadmiummengen pro Zigarette liegen im Bereich von  $0,47$ – $1,94 \mu\text{g}$ , der arithmetische Mittelwert beträgt  $1,18 \mu\text{g}$ . Der mit der geschätzten Verkaufshäufigkeit gewichtete Mittelwert ergibt den gleichen Zahlenwert. Sowohl die Cadmiumkonzentratio-

*Tabelle 1.* Cadmiumgehalte von Tabak häufig in der Schweiz gerauchter Filterzigaretten

Probe-Nr.	Bezeichnung der Tabakmischung <sup>1</sup>	Nikotin <sup>1</sup> (mg)	Teer-stoffe <sup>1</sup> (mg)	Tabak-masse (g/Ziga-rette)	Cadmium		Häufig-keit des Ver-kaufes <sup>3</sup>
					( $\mu\text{g/g}$ Tabak)	( $\mu\text{g/Ziga-rette}$ ) <sup>2</sup>	
710	Caporal	0,8	12	0,736	2,63	1,94	*
694	Maryland	0,9	14	0,659	2,57	1,69	****
704	Maryland	0,5	6	0,562	2,55	1,43	**
699	Maryland	0,9	14	0,627	2,48	1,56	***
697	Maryland	0,5	5	0,648	2,11	1,37	***
693	Maryland	0,6	7	0,706	2,10	1,48	****
700	Maryland	0,9	12	0,637	2,07	1,32	***
707	Maryland	0,8	12	0,698	2,00	1,39	*
711	Maryland	0,9	13	0,633	1,84	1,16	****
702	— <sup>4</sup>	0,9	13	0,692	1,84	1,28	**
692	—	0,8	10	0,661	1,52	1,00	****
696	Türkisch und American Blend	1,1	15	0,772	1,48	1,14	***
701	—	0,9	11	0,808	1,45	1,17	**
698	—	0,6	7	0,830	1,37	1,14	***
709	—	1,2	14	0,779	1,35	1,05	*
691	—	1,2	16	0,710	1,33	0,94	****
695	—	0,2	1	0,549	1,33	0,73	****
708	American Blend	1,2	14	0,711	1,22	0,87	*
706	—	0,8	8	0,773	1,13	0,87	*
703	—	0,4	6	0,771	1,04	0,80	**
705	—	0,8	10	0,890	0,53	0,47	**
Mittelwert $\pm$ Standardabweichung, $n = 21$					$0,707 \pm 0,086$	$1,71 \pm 0,57$	$1,18 \pm 0,35$

<sup>1</sup> Gemäss Angaben auf der Packung.

<sup>2</sup> Berechnet aus Konzentration im Tabak und Tabakmasse pro Zigarette.

<sup>3</sup> Sehr grobe Schätzung eines Detailverkaufsgeschäftes.

<sup>4</sup> — keine Angaben.

nen im Tabak wie auch die Cadmiummengen pro Zigarette entsprechen weitgehend den in ausländischen Untersuchungen gefundenen Werten (33, 36–43).

Tabake von Zigaretten mit der Bezeichnung «Maryland» zeigen mit  $2,22 \mu\text{g/g}$  ( $n = 8$ ) einen signifikant höheren Konzentrationsmittelwert ( $p < 0,001$ ) als die übrigen Proben, für die sich ein Mittelwert von  $1,30 \mu\text{g/g}$  ( $n = 12$ ) berechnet (ohne Probe Nr. 710).

Im Vergleich zu anderen Tabaken sind auch in Zigarettentabaken französischer Herkunft höhere Cadmiumkonzentrationen gemessen worden (37). Tendenziell scheinen dunkle Tabake (Zigarettenabake) höhere Cadmiumkonzentrationen aufzuweisen als die helleren Virginia-, Burley- und Orienttabake (33). In Feldversuchen wurde für die Sorte Gudertheimer rund die doppelte Transferrate für den Cadmiumübergang Boden-Pflanze wie für die Sorte Burley ermittelt (33).

Die bei der *Luftprobenahme* verwendeten Ansauggeschwindigkeiten lassen vermuten, dass nur diejenigen Partikel erfasst wurden, die bevorzugt bis in den alveolaren Bereich gelangen, das heißt solche mit aerodynamischen Durchmessern bis zu etwa  $2 \mu\text{m}$  (größere Partikel sedimentieren rasch). Partikel bis zu dieser Grösse scheinen etwa 90% des im Zigarettenrauch vorhandenen Cadmiums zu enthalten (52, 53).

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Cadmiumbestimmungen in der Luft zweier Büroräume zusammengestellt. Die während der Probenahme in den Räumen tagsüber vorhandenen mittleren Cadmiumkonzentrationen liegen, je nach Zahl der während der Versuchsdauer (ca. 9 h) insgesamt gerauchten Zigaretten, im Bereich von etwa  $10 \text{ ng/m}^3$  (8,5 Stück) bis  $30 \text{ ng/m}^3$  (24–31 Stück), d. h. sie

Tabelle 2. Cadmiumkonzentration in der Luft von Büroräumen

Versuchs-Nr	Versuchsdauer		Netto-Raumvolumen ( $\text{m}^3$ )	$I^1$ (Stück/h)	Cadmium in der Luft	
	Rauchen	Probenahme			Gemessen ( $\text{ng/m}^3$ )	Berechnet <sup>2</sup> ( $\text{ng/m}^3$ )
2	$6^{50}-16^{50}$	$10^{30}-17^{50}$	85	2,6 (1,16)	ca. 29	25
8	$7^{30}-17^{10}$	$10^{40}-17^{45}$	85	2,5 (1,16)	ca. 17 <sup>3</sup>	24
9	$7^{05}-16^{25}$	$8^{55}-16^{25}$	85	3,3 (1,16)	ca. 31	32
5	$7^{45}-17^{25}$	$9^{10}-17^{15}$	55	0,9 (0,94)	ca. 9	11

<sup>1</sup>  $I$  = Anzahl gerauchter Zigaretten pro Stunde, berechnet aus der insgesamt während der Versuchsdauer gerauchten Zigaretten (Stück/h). In Klammern die aus Tabelle 1 übernommenen Cadmiummengen pro Zigarette ( $\mu\text{g}$ ).

<sup>2</sup>  $c = I \cdot a \cdot f / (mV)$ .

$c$  = Gleichgewichtskonzentration von Cadmium in der Raumluft ( $\text{ng/m}^3$ );  $I$  = Anzahl der pro Zeiteinheit gerauchten Zigaretten (Stück/h),  $a$  = Cadmiummenge pro Zigarette (ng),  $f$  = Anteil des Cadmium, das in den Tabakrauch übergeht = 0,5,  $m$  = Luftwechselrate =  $0,7 \text{ h}^{-1}$ ,  $V$  = Nettoraumvolumen ( $\text{m}^3$ ).

<sup>3</sup> Tagsüber wurde zweimal während je ca. 20 min ein Staubsauger in Betrieb gesetzt.

sind wie erwartet etwa proportional der Zahl der gerauchten Zigaretten. In der Aussenluft wurden in der Umgebung von industriellen Kontaminationsquellen Werte in der gleichen Größenordnung (bis zu  $60 \text{ ng/m}^3$ ) gemessen (54).

Wurde am Abend nach dem Rauchen von 25–30 Zigaretten die Probenahme, bei geschlossenen Türen und Fenstern, über Nacht durchgeführt, ergab sich eine Cadmiumkonzentration von ca.  $4 \text{ ng/m}^3$  (vgl. Abschnitt Probenmaterial); wurde vor der Probenahme kräftig gelüftet (ca. 0,5 h, Fenster und Türen offen) ergab sich noch eine solche von  $\leq 1 \text{ ng/m}^3$ .

Zur Berechnung der Gleichgewichtscadmiumkonzentration wurde angenommen, dass der Luftwechsel der einzige konzentrationsvermindernde Prozess darstellt ( $m = 0,7 \text{ h}^{-1}$ ), dass infolge der Raumbenützung dauernd eine vollständige Luftpumpe herrscht (Luftbewegungen) und dass 50% der im Tabak der Zigarette enthaltenen Cadmiummenge in den Totalrauch (36, 40, 44, 45) und somit in die Raumluft gelangt. Die Cadmiumkonzentration in der Aussenluft wurde in Übereinstimmung mit einer Kontrollmessung zu  $\leq 1 \text{ ng/m}^3$  angenommen (54) und in der Rechnung nicht berücksichtigt. Die Voraussetzung eines stationären Zustandes trifft strenggenommen nur für die Versuche Nr. 2 und 8 (Tabelle 2) zu, da gemäss einer Modellrechnung erst ca. 3 h nach Rauchbeginn 90% der Gleichgewichtskonzentration erreicht sein dürften. Trotz der getroffenen vereinfachenden Annahmen für die Berechnung der Gleichgewichtskonzentration einerseits und den nur approximativen Messresultaten andererseits ergibt sich eine gute Übereinstimmung zwischen berechneten und gemessenen Werten (Tabelle 2). Staubaugen scheint die Cadmiumkonzentration zu vermindern.

## Diskussion

Für die Abschätzung der Cadmiumbelastung durch das Zigarettenrauchen müssen die Transferrate des Cadmiums aus der Zigarette in den Hauptstromrauch, dessen Deposition in den Atmungsorganen sowie die Absorption des deponierten Cadmiums bekannt sein. Das Produkt aus Deposition und Absorption ergibt die insgesamt vom Organismus aufgenommene Menge. Im folgenden wird stets davon ausgegangen, dass der Zigarettenrauch inhaliert wird, was für die grosse Mehrheit der Zigarettenraucher zutreffen dürfte.

Für Filterzigaretten wurden mittlere *Transferraten* in den Hauptauch im Bereich von 4,7% bis 7,0% gemessen (33, 41, 43, 46, 47), für filterlose solche von 6,2% bis 20% (33, 41, 43–47). Cadmium wird durch die Filter etwas stärker zurückgehalten als Nikotin (41). Die Annahme mittlerer Transferraten von 5% bei Filterzigaretten und von 10% bei filterlosen Zigaretten scheint gerechtfertigt.

Die *Deposition* von Cadmium in Schwebestaub der Aussenluft wurde auf etwa 20–30% geschätzt (2). Da Zigarettenrauch gewöhnlich kleinere Partikel enthält, wurde von einer Arbeitsgruppe der EG für die entsprechende Deposition ein Wert von 50% angenommen (2). Eine orientierende Messung bei tiefer Inhalation bestätigte diesen Wert; zum Vergleich ergab sich für Nikotin ein solcher

von 80% (43). Über die *Absorption* des in den Atmungsorganen deponierten Cadmiums ist beim Menschen wenig bekannt. Basierend auf Autopsiedaten (Nieren, Leber) wurde für Cadmium aus Zigarettenrauch eine Gesamtretention von 46% geschätzt (17). Eine ähnliche Abschätzung anhand von In-vivo-Messungen der Cadmiummengen in Nieren und Leber von Rauchern und Nichtrauchern ergab für die Gesamtretention einen Bereich von 47,5–95% (9). Für die folgenden Belastungsabschätzungen scheint somit die Annahme einer mittleren Deposition von 50% und einer Absorption von 100% gerechtfertigt.

In Abbildung 1 ist der geschätzte *Pro-Kopf-Verbrauch* von Raucherwaren seit Anfang Jahrhundert trendmäßig dargestellt (55–57). Bis in die 80er Jahre ist der Verbrauch von Zigaretten um etwa einen Faktor 15 angestiegen. In der Periode 1978–1981 lag der geschätzte Zigarettenkonsum pro Kopf der schweizerischen Bevölkerung über 15 Jahren bei rund 3000 Stück pro Jahr, entsprechend einem Pro-Kopf-Verbrauch von rund 8 Stück pro Tag (55), zu mehr als 95% Filterzigaretten (56). Die für diese Zeitperiode geschätzte zigarettenbedingte Pro-Kopf-Cadmiumbelastung beträgt mit täglich 0,25 µg absorbiertem Cadmium (Filterzigaretten) etwa 10mal mehr als der für das Jahr 1910 geschätzte Wert von 0,03 µg (filterlose Zigaretten). Für einen Anstieg der Cadmiumgehalte von Tabak in diesem Zeitraum liegen keine Hinweise vor (39).

Mit einem Anteil von gegenwärtig rund 32% *Zigarettenrauchern* in der Bevölkerung über 15 Jahren (58) berechnet sich aus dem Pro-Kopf-Verbrauch für den Durchschnittsraucher ein Zigarettenkonsum von rund 25 Stück pro Tag. In guter Übereinstimmung dazu ergaben 1981 gesamtschweizerisch durchgeführte Befragungen (Alter 15–74 Jahre), dass rund 42% der zigarettenrauchenden Frauen und

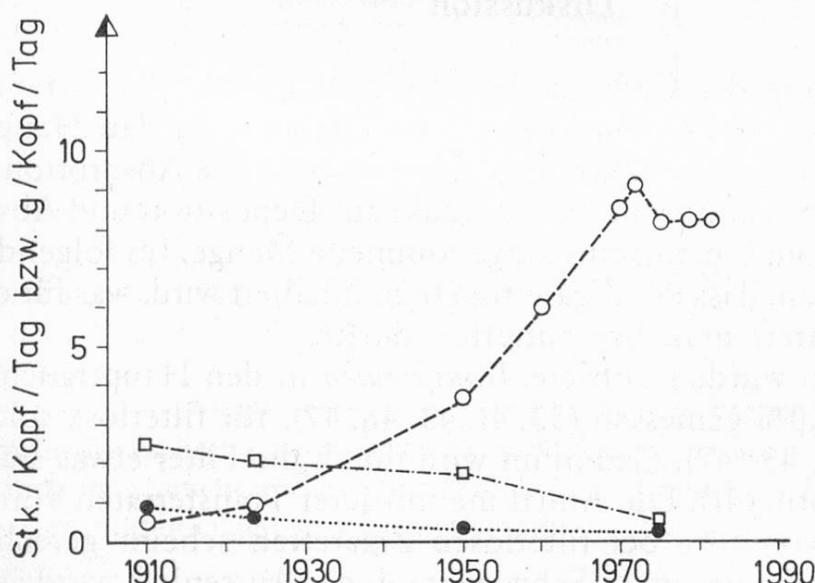


Abb. 1. Geschätzter Verbrauch von Tabakwaren in der Schweiz 1910–1981 (55–57)

- - -○--- = Zigaretten (Stück/Kopf/Tag)
- .....●.... = Stumpen, Zigarren usw. (Stück/Kopf/Tag)
- - -□--- = Pfeifentabak (g/Kopf/Tag)

rund 54% der Männer 20 oder mehr Zigaretten pro Tag konsumieren (58), entsprechend etwa 840 000 Personen.

Bei einem Konsum von 25 Filterzigaretten pro Tag berechnet sich, je nach Marke (Tabelle 1), eine tägliche Cadmiumabsorption von 0,3 bis 1,2 µg, im Mittel rund 0,8 µg. Wird angenommen, dass die bei Lebensmitteln ermittelten Beziehungen zwischen durchschnittlichen und extremen Verzehrmengen (60) auch für den Zigarettenkonsum anwendbar sind, ergibt sich, dass etwa 2,5% der Zigarettenraucher täglich 75 oder mehr Stück (dreifacher Durchschnittswert) konsumieren. Unterstützt wird diese Annahme durch die Ergebnisse einer 1981 durchgeführten Befragung, in welcher rund 8% der zigarettenrauchenden Probanden (Männer und Frauen, vermutlich nicht alterskorrigiert) einen Konsum von 40 oder mehr Stück pro Tag verzeichneten (58). Entsprechend höher ist bei extremen Rauchgewohnheiten die Cadmiumbelastung. Das Auftreten zigarettenbedingter täglicher Cadmiumabsorptionen von etwa 7 µg oder mehr (80 Stück/Tag, filterlose, maximaler Cadmiumgehalt) dürften in der heutigen Zeit infolge des überwiegenden Konsums von Filterzigaretten wenig wahrscheinlich sein.

Für die durchschnittliche tägliche Cadmiumzufuhr via *Nahrung* kann derzeit ein Wert von 15 µg in Rechnung gestellt werden (59), entsprechend einer absorbierten Cadmiummenge von 0,75 µg; Absorption zu 5% angenommen (1–5). Bei einem durchschnittlichen Konsum von Filterzigaretten (25 Stück/Tag) ergibt sich mit täglich rund 1,5 µg insgesamt absorbiertem Cadmium etwa eine Verdopplung der nahrungsbedingten Cadmiumbelastung. Verglichen mit dem WHO-Wert für die provisorisch tolerierbare orale Cadmiumzufuhr von 400–500 µg/Woche/Erwachsener (61), entsprechend einer durchschnittlich insgesamt absorbierten Menge von 2,9–3,6 µg/Tag (5% Absorption), ergibt sich für den Durchschnittsraucher eine Ausschöpfung dieses Wertes von gegen 50%. Je nach dem Cadmiumgehalt der Filterzigaretten kann der WHO-Wert bei extremen Rauchgewohnheiten bis um etwa 50% überschritten werden. Eine tägliche, über Jahrzehnte andauernde, zigarettenbedingte Cadmiumexposition von insgesamt etwa dem 3fachen des WHO-Wertes dürfte in der heutigen Zeit im Vergleich zu früher wenig wahrscheinlich sein.

Hinweise, dass das Zigarettenrauchen die Cadmiumkonzentration im Blut stärker beeinflussen kann als der Verzehr stark cadmiumhaltiger Lebensmittel, liegen vor (12): Der über Monate andauernde tägliche Verzehr von ca. 10 Austern, entsprechend einer zugeführten Cadmiummenge von schätzungsweise 200–300 µg/Tag, führte bei Nichtrauchern im Mittel zu einer Cadmiumkonzentration im Blut, welche etwa um einen Drittel geringer war als bei Zigarettenrauchern, die während der Versuchsdauer im Mittel nur eine einzige Auster pro Tag konsumiert hatten.

Dass Raucher gegenüber Nichtrauchern im Mittel etwa doppelt so hohe Cadmiumbelastungen aufweisen, wurde anhand von *Autopsieproben* und In-vivo-Messungen bestätigt (8–11). Hinweise, dass durch das Zigarettenrauchen der WHO-Wert ausgeschöpft werden kann, geben Nierenrindenuntersuchungen an Verstorbenen im Alter von 20–80 Jahren (13): Während für Nichtraucher ein Mittelwert der Cadmiumkonzentrationen von 17,9 µg/g Frischgewicht gefunden wurde, er-

gaben sich für Zigarettenraucher Werte von  $31,6 \mu\text{g/g}$  (weniger als 20 Zigaretten/Tag) und  $52,1 \mu\text{g/g}$  (mehr als 20 Zigaretten/Tag). Rund 92% der Einzelproben mit Cadmiumkonzentrationen von über  $50 \mu\text{g/g}$ , d. h. der Konzentration, die der WHO-Empfehlung zugrunde liegt, stammten von Rauchern; bei 20% dieser Proben lagen die Konzentrationen im Bereich von  $100-230 \mu\text{g/g}$ .

Dies zeigt, welche Bedeutung bei *epidemiologischen Studien* über die Cadmiumbelastung der Bevölkerung (Blut, Organproben) der möglichst detaillierten Erfassung der Rauchgewohnheiten zukommt. Infolge der langen Halbwertszeit von Cadmium in der Niere muss angenommen werden, dass ehemalige Raucher höhere Cadmiumkonzentrationen in der Nierenrinde aufweisen als Personen, die zeitlebens nie geraucht haben; nach dem Ableben solcher Personen dürften diese vermutlich von den Hinterbliebenen als Nichtraucher bezeichnet werden. Autopsiedaten von Kollektiven, für die keine Angaben über die Rauchgewohnheiten der Individuen bezüglich Dauer und Menge zur Verfügung stehen, erlauben daher nur eine sehr beschränkte Aussage über die nahrungsbedingte Cadmiumbelastung.

Über die Deposition des Cadmiums beim *Passivrauchen* ist nichts bekannt. Hingegen werden für die Deposition von Zigarettenrauchpartikeln des Nebenstromrauchs 10–20% und für die des Hauptstromrauchs eine solche von 70–90 % angegeben (63). In Anbetracht der beim Zigarettenrauchen tiefen Inhalation und der oft eingelegten Pausen vor dem Ausatmen scheint die Annahme einer beim Passivrauchen geringeren Deposition der Rauchpartikel und somit des Cadmiums nicht unvernünftig. Einen entsprechenden Hinweis betreffend Cadmium könnte die Beobachtung liefern, dass Zigarettenraucher, die beim Rauchen nicht inhalieren, deutlich niedrigere Cadmiumkonzentrationen im Blut aufweisen als solche, die inhalieren (28).

Die in der Luft von mit Rauchern besetzten Büroräumen gemessenen Cadmiumkonzentrationen liegen in dem aus Bilanzstudien zu erwartenden Konzentrationsbereich (Tabelle 2). Bei einer Steigerung der pro Zeiteinheit im Raum gerauchten Zigaretten sind entsprechend höhere Cadmiumkonzentrationen zu erwarten. Personen (z. B. Servierpersonal), die sich 8 h in einem Raum mit einer Cadmiumkonzentration von  $30 \text{ ng/m}^3$  aufhalten, dürften schätzungsweise maximal etwa  $0,03 \mu\text{g}$  Cadmium absorbieren, wenn ein Atemvolumen von  $15 \text{ m}^3/24 \text{ h}$  und eine Cadmiumretention von 20% angenommen wird. Dies entspricht im Mittel nur etwa 4% der nahrungsbedingten Cadmiumbelastung und kann somit vernachlässigt werden. Gelegentlich höhere Cadmiumexpositionen durch das Passivrauchen können in nicht vorschriftsgemäss ventilirten Räumen von Gastbetrieben auftreten (z. B. bei Grossveranstaltungen). Basierend auf Rauchdichtemessungen (64) und unseren Ergebnissen kann damit gerechnet werden, dass die Cadmiumkonzentrationen in der Luft entsprechender Räume bei  $100-300 \text{ ng/m}^3$  liegen dürften. Unter solchen Bedingungen lassen sich z. B. für das Servierpersonal kurzfristige zusätzliche tägliche Belastungen von gegen einem Viertel der nahrungsbedingten abschätzen. Da toxische Wirkungen von Cadmium erst nach langjähriger übermässiger Zufuhr zu erwarten sind, dürften langfristig gesehen auch diese Expositionen gegenüber der Zufuhr via Nahrung vernachlässigbar sein.

## Schlussfolgerungen

Der starke Anstieg des Zigarettenkonsums seit Anfang des Jahrhunderts führte zu einer zusätzlichen Cadmiumbelastung der schweizerischen Bevölkerung. Pro Kopf der Bevölkerung über 15 Jahre gerechnet, beträgt der durch das Zigarettenrauchen bedingte Anteil an der Gesamtcadmiumbelastung im Mittel etwa einen Viertel.

Der schweizerische Zigarettenraucher konsumiert durchschnittlich täglich rund 25 Zigaretten und unterliegt mit insgesamt rund  $1,5 \mu\text{g}$  absorbiertem Cadmium pro Tag im Mittel etwa der doppelten Cadmiumbelastung wie ein Nichtraucher. Die von der WHO vorgeschlagene provisorisch duldbare Cadmiumbelastung wird durch diese Bevölkerungsgruppe etwa zur Hälfte erreicht. Es kann vermutet werden, dass einige Prozente der zigarettenrauchenden Bevölkerung den WHO-Wert erreichen oder überschreiten. Eine jahrzehntelange Belastung mit insgesamt etwa dem 3fachen des WHO-Wertes ist in der heutigen Zeit im Gegensatz zu früher wenig wahrscheinlich.

Die Cadmiumkonzentrationen in der Luft von Räumen, in denen geraucht wird, können leicht Werte erreichen, die gröszenordnungsmässig denen in der Aussenluft in der Nähe industrieller Kontaminationsquellen entsprechen. Kurzfristig können durch Passivrauchen Cadmiumbelastungen auftreten, die etwa einen Zehntel bis einen Viertel der durchschnittlichen nahrungsbedingten Belastung betragen. Bezuglich der chronischen Cadmiumbelastung dürfte hingegen das Passivrauchen die nahrungsbedingte Belastung im Mittel nur um höchstens einige Prozente erhöhen.

Die Cadmiumgehalte von Tabak lebensmittelrechtlich zu regeln, wie schon angeregt (68), oder die zigarettenbedingte Cadmiumbelastung bei der Bewertung der nahrungsbedingten mitzuberücksichtigen, z. B. bei der Ausarbeitung allfälliger lebensmittelrechtlicher Normen für Lebensmittel, ist allerdings nicht angebracht. Erstens stellt das Zigarettenrauchen ein vom Individuum freiwillig eingegangenes gesundheitliches Risiko dar und zweitens dürften die mit den übrigen im Tabakrauch enthaltenen Stoffen verbundenen gesundheitlichen Risiken stärker zu gewichten sein als die cadmiumbedingten, was auch für das Passivrauchen zutrifft.

## Dank

Herrn Dr. *Y. Siegwart*, Vizedirektor des Bundesamtes für Gesundheitswesen (BAG) danken wir für seine Unterstützung der vorliegenden Arbeit.

Herrn Dr. *J. Schlatter* (BAG) und Herrn Dr. *R. Knutti* (Institut für Toxikologie der Eidg. Technischen Hochschule und der Universität Zürich) sowie Herrn Dr. *M. Erard* (BAG) danken wir für anregende Diskussionen sowie die Bereitstellung von Fachliteratur.

## *Zusammenfassung*

Tabake von 21 handelsüblichen, in der Schweiz häufig gerauchten Marken von Filterzigaretten wurden bezüglich Cadmium analysiert (AAS). Es ergab sich ein Mittelwert von  $1,7 \mu\text{g/g}$  (Bereich  $0,5\text{--}2,6 \mu\text{g/g}$ ). Dies entspricht einem mittleren Cadmiumgehalt pro Zigarette von rund  $1,2 \mu\text{g}$ . Orientierende Messungen der Cadmiumkonzentrationen in der Luft von mit Zigarettenrauchern belegten Büroräumen ( $55$  und  $85 \text{ m}^3$ ) zeigten Werte im Bereich von ca.  $10 \text{ ng/m}^3$  (ca.  $9$  Zigaretten/Tag) bis ca.  $30 \text{ ng/m}^3$  (ca.  $30$  Zigaretten/Tag). Die gemessenen und die berechneten Konzentrationen zeigten eine gute Übereinstimmung.

Die durch Zigaretten- und Passivrauchen bedingten Cadmiumbelastungen werden anhand der Messresultate abgeschätzt und diskutiert. Die Gesundheitsrisiken des Tabakrauchs im allgemeinen dürften stärker zu gewichten sein als die zigarettenbedingte Cadmiumbelastung.

## *Résumé*

Les tabacs de 21 marques courantes de cigarettes à bout filtre, communément fumées en Suisse ont été analysés par SAA quant à leur teneur en cadmium. Une concentration moyenne de  $1,7 \mu\text{g/g}$  (intervalle  $0,5\text{--}2,6 \mu\text{g/g}$ ) a été obtenue. Cette valeur représente une teneur moyenne en cadmium d'env.  $1,2 \mu\text{g}$  par cigarette. Des mesures du cadmium de l'air effectuées à titre d'information dans des locaux ( $55$  et  $85 \text{ m}^3$ ) occupés par des fumeurs de cigarettes ont abouti à des concentrations se situant entre env.  $10 \text{ ng/m}^3$  (env.  $9$  cigarettes/jour) et env.  $30 \text{ ng/m}^3$  (env.  $30$  cigarettes/jour). Les valeurs mesurées et calculées présentent une bonne concordance.

Sur la base de ces résultats, l'exposition au cadmium des fumeurs actifs et passifs est estimée et discutée. Les dangers pour la santé résultant de la fumée du tabac en général semblent être plus importants que le risque inhérent à l'exposition au cadmium contenu dans les cigarettes.

## *Summary*

Cadmium in tobaccoes of 21 commonly smoked Swiss cigarette brands (with filter) has been determined (AAS). A mean concentration of  $1.7 \mu\text{g/g}$  (range  $0.5\text{--}2.6 \mu\text{g/g}$ ) has been found, which is equivalent to a cadmium content of about  $1.2 \mu\text{g}/\text{cigarette}$ . Measurements of cadmium in the air of rooms (volume  $55$  and  $85 \text{ m}^3$ ) occupied by cigarette smokers resulted in concentrations of about  $10 \text{ ng/m}^3$  (about  $9$  cigarettes/day) to about  $30 \text{ ng/m}^3$  (about  $30$  cigarettes/day). The measured and the calculated concentrations showed a good agreement.

Based on the results obtained, the human exposure to cadmium by active and passive smoking was estimated and discussed. The overall health risks related with tobacco smoke appear to be more important than those related to the cadmium in cigarettes.

## Literatur

1. Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G. F. and Kjellström, T.: Cadmium in the environment. CRC-Press, Cleveland (USA), 2nd edition, 1974.
2. CEC: Criteria (dose/effect relationship) for cadmium. Pergamon Press, Oxford (UK) 1978.
3. Hallenbeck, W. H.: Human health effects of exposure to cadmium. *Experientia* **40**, 136–142 (1984).
4. Bernard, A. and Lauwerys, R.: Cadmium in human population. *Experientia* **40**, 143–152 (1984).
5. Zimmerli, B. und Bosshard, Elisabeth: Zur Gesundheitsgefährdung durch Cadmium. *Bull. Bundesamt für Gesundheitswesen* Nr. 7, 98–112 (23. 2. 1984).
6. Takenaka, S., Oldiges, H., König, H., Hochrainer, D. and Oberdörster, G.: Carcinogenicity of cadmium chlorid aerosols in W rats. *J. Nat. Canc. Inst.* **70**, 367–373 (1983).
7. Kazantzis, G. and Armstrong, G.: A morality study of cadmium workers from seventeen plants in England. *Procc. of 4th Int. Cadmium Conf. Munich* 1983, p. 139–142.
8. Lewis, G., Coughlin, L. L., Jusko, W. J. and Hartz, S.: Contribution of cigarette smoking to cadmium accumulation in man. *Lancet*, (Feb. 5), 291–292 (1972).
9. Ellis, K. J., Vartsky, I. Z., Cohn, S. H. and Yasumara, S.: Cadmium: In vivo measurement in smokers and nonsmokers. *Sciene* **205**, 323–325 (1979).
10. Hammer, D. I., Calocci, A., Hasselblad, V., Williams, M. E. and Pinkerson, C.: Cadmium and lead in autopsy tissues. *J. Occup. Med.* **15**, 956–963 (1973).
11. Kjellström, T.: Exposure and accumulation of cadmium in populations from Japan, the United States, and Sweden. *Environm. Health Perspect.* **28**, 169–197 (1979).
12. Sharma, R. P., Kjellström, T. and McKenzie, J. M.: Cadmium in blood and urine among smokers and non-smokers with high cadmium intake via food. *Toxicology* **29**, 163–171 (1983).
13. Drasch, G.: Cadmium-Belastung im südbayrischen Raum. *Münch. med. Wschr.* **124**, 1129–1132 (1982).
14. Østergaard, K.: The concentration of cadmium in renal tissue from smokers and non-smokers. *Acta Med. Scand.* **202**, 193–195 (1977).
15. Østergaard, K.: Renal cadmium concentrations in relation to smoking habits and blood pressure. *Acta Med. Scand.* **203**, 379–383 (1978).
16. Lewis, G. P., Jusko, W. J. and Coughlin, L. L.: Cadmium accumulation in man: Influence of smoking, occupation, alcoholic habit and disease. *J. Chron. Dis.* **25**, 717–726 (1972).
17. Elinder, C. G., Kjellström, T., Friberg, L., Lind, B. and Linnman, L.: Cadmium in kidney cortex, liver, and pancreas from swedish autopsies. Estimation of biological half time in kidney cortex, considering calorie intake and smoking habits. *Arch. Environm. Health* **31**, 292–302 (1976).
18. Kowal, N. E., Johnson, D. E., Kraemer, D. F. and Pahren, H. R.: Normal levels of cadmium in diet, urine, blood, and tissues of inhabitants of the United States. *J. Tox. Environm. Health* **5**, 995–1014 (1979).
19. Friberg, L. and Väther, M.: Assessment of exposure to lead and cadmium through biological monitoring: Results of a UNEP/WHO global study. *Environm. Res.* **30**, 95–128 (1983).
20. Miller, R. K. and Gardner, K. A.: Cadmium in the human placenta: relationship to smoking. *Teratology* **23**, 51A (1981).

21. *Kuhnert, P. M., Kuhnert, B. R., Bottoms, S. F. and Erhard, P.*: Cadmium levels in maternal blood, fetal cord blood, and placental tissues of pregnant women who smoke. *Am. J. Obstet. Gynecol.* **142**, 1021–1025 (1982).
22. *Peereboom-Stegman, J. H. J. C., van der Velde, W. J. and Dassing, J. W. M.*: Influence of cadmium on placental structure. *Ecotox. Environm. Safety* **7**, 79–86 (1983).
23. *Liese, T. und Simon, J.*: Schwermetallspuren im menschlichen Knochen – Probleme bei der Analyse und Interpretation. *Z. Anal. Chem.* **317**, 482–483 (1984).
24. *Zielhuis, R. L., Stuik, E. J., Herber, R. F. M., Sallé, H. J. A., Verberk, M. M., Posma, F. D. and Jager, J. H.*: Smoking habits and levels of lead and cadmium in blood in urban women. *Int. Arch. Occup. Environ. Hlth.* **39**, 53–58 (1977).
25. *Brockhaus, A., Freier, I., Ewers, U., Jerman, F. and Dolgner, R.*: Levels of cadmium and lead in blood in relation to smoking, sex, occupation and other factors in an adult population of the FRG. *Int. Arch. Occup. Environ. Hlth.* **52**, 167–175 (1983).
26. *Schaller, K. H., Schneider, L., Hall, G. und Valentin, H.*: Cadmium-Gehalt im Vollblut bei Bewohnern verschiedener Regionen des Freistaates Bayern. *Zbl. Bakt. Hyg. I. Abt. Orig. B* **178**, 446–463 (1984).
27. *Elinder, C. G., Friberg, L., Lind, B. and Jawaid, M.*: Lead and cadmium levels in blood samples from the general population of Sweden. *Environm. Res.* **30**, 233–253 (1983).
28. *Moreau, T. L., Lellouch, J., Juguet, B., Festy, B., Orssaud, G. and Claude, J. R.*: Blood cadmium levels in a general male population with special reference to smoking. *Arch. Environ. Hlth.* **38**, 163–167 (1983).
29. *Harmuth, P., Jahn, O., Reisinger, V. und Frischer, T.*: Invivo-Blutcadmiumkonzentrationen der Wiener Bevölkerung im Rahmen der Gesundheitsstudie 1979. *Zbl. Arbeitsmed.* **34**, 308–310 (1984).
30. *Jawaid, M., Lind, B. and Elinder C. G.*: Determination of cadmium in urine by extraction and flameless atomic-absorption spectrophotometry. Comparison of urine from smokers and non-smokers of different sex and age. *Talanta* **30**, 509–513 (1983).
31. *Davies, R. D. and Coher, E. G.*: Cadmium in agricultur, with special reference to the utilisation of sewage sludge on land. *Techn. Report TR 139, Water Research Center (UK)*, 1980.
32. *Isermann, K., Karch, P. und Schmidt, J. A.*: Cadmium-Gehalt des Erntegutes verschiedener Sorten mehrerer Kulturpflanzen bei Anbau auf stark mit Cadmium belastetem, neutralem Lehmboden. *Landw. Forsch. Sonderheft 40 (Kongressband 1983)*, 283–294 (1984).
33. *Schmidt, J. A., Fischback, E.-D. und Burhart, F.*: Cadmium-Untersuchungen im Bereich von Umwelt-, Boden- und Sorteinflüssen bei Tabak sowie der Cadmiumübergang in den Zigarettenrauch. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **180**, 306–311 (1985).
34. *Hovmand, M. F., Tjell, J. C. and Mosbaek, H.*: Plant uptake of airborne cadmium. *Environm. Pollut. (Series A)* **30**, 27–38 (1983).
35. *Erard, M., Geiger, K. und Zimmerli , B.*: unveröffentlichte Ergebnisse 1983/84.
36. *Nandi, M., Slone, D., Jick, H., Shapiro, S. and Lewis, G. P.*: Cadmium content of cigarettes. *Lancet (Dec. 20)*, 1329–1330 (1969).
37. *Müller, G.*: Schwermetallgehalte (Cd, Zn, Pb, Cu, Cr) im Tabak häufig in der Bundesrepublik Deutschland gerauchter Zigaretten. *Chemiker Ztg.* **103**, 133–137 (1979).
38. *Dermelj, M., Ravnik, V., Byrne, A. R., Vakselj, A.*: Trace heavy metals in various Yugoslav tobaccos. *Mikrochim. Acta (Wien)* **1978 I**, 261–270.
39. *Elinder, C. G., Kjellström, T., Lind, B., Linnman, L., Piscator, M. and Sundstedt, K.*: Cadmium exposure from smoking cigarettes: Variations with time and country where purchased. *Environm. Res.* **32**, 220–227 (1983).

40. Szadowski, D., Schultze, H., Schaller, K. H. und Lehnert, G.: Zur ökologischen Bedeutung der Schwermetallgehalte von Zigaretten. Arch. Hyg. Bakteriol. **153**, 1–8 (1969).
41. Westcott, D. T. and Spencer, D.: The cadmium, nickel and lead content of tobacco and cigarette smoke. Beitr. Tabakforsch. **7**, 217–221 (1974).
42. Franzke, Cl., Ruick, G. und Schmidt, M.: Untersuchungen zum Schwermetallgehalt von Tabakwaren und Tabakrauch. Nahrung **21**, 417–428 (1977).
43. Scherer, G. and Barkemeyer, H.: Cadmium concentrations in tobacco and tobacco smoke. Exotox. Environm. Safety **7**, 71–78 (1983).
44. Menden, E. E., Elia, V. J., Michael, L. W. and Petering, H. G.: Distribution of cadmium and nickel of tobacco during cigarette smoking. Environ. Sci. Technol. **6**, 830–832 (1972).
45. Schenker, D.: Betrachtungen zum Cadmiumgehalt von Tabakerzeugnissen. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. **37**, 127–128 (1983).
46. Perinelli, M. A. and Carugno, N.: Determination of trace metals in cigarette smoke by flameless atomic absorption spectrometry. Beitr. Tabakforsch. Intern. **9**, 214–217 (1978).
47. Otteneder, H.: Schwermetall- und Pestizidrückstände in Tabak und Rauchkondensaten handelsüblicher Zigaretten. Lebensmittelchem. Gerichtl. Chem. **37**, 98 (1983).
48. Windemann, H. und Müller, U.: Die Bestimmung von Cadmium in Tabak mittels Atomabsorptionsspektrophotometrie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **66**, 64–73 (1975).
49. Hay, D. R.: Involuntary smoking. New Zealand Med. J. **84**, 526–528 (1977).
50. Zimmerli, B. und Marek B.: Der Übergang biozider Stoffe aus Anstrichen in die Gasphase. Tetrachlor-isophthalonitril (Chlorothalonil). Chemosphere **6**, (5), 215–221 (1977).
51. Erard, M., Miserez, A. et Zimmerli, B.: Exposition des nourrissons au plomb, cadmium, zinc, et sélénium de provenance alimentaire. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **73**, 394–411 (1982).
52. Umland, F. und Cosack, E.: Cadmium Statement. Z. Anal. Chem. **318**, 581–587 (1984).
53. Henze, W.: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und Cadmium in grösstenfraktionierten Partikeln von Zigarettenrauch. Diplomarbeit, Münster 1983 (Prof. F. Umland).
54. Bundesamt für Umweltschutz: Cadmium in der Schweiz. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 32, Bern, S. 4–5 1984.
55. Muster, E.: Zahlen und Fakten zu Alkohol- und Drogenproblemen 1983/84. Schweizerische Fachstelle für Alkoholprobleme, Lausanne 1983, S. 31.
56. Leu, R.: Der Verbrauch von Tabakwaren in der Schweiz 1950–1978. Sozial- und Präventivmedizin **24**, 321–323 (1979).
57. Kradolfer, W.: Das schweizerische Tabakgewerbe vor, während und nach dem Weltkrieg. Dissertation. Universität Bern, S. 30–33, 131 (1927).
58. Abelin, Th. und Müller, R.: Trend der Rauchgewohnheiten in der Schweiz 1975–1981. Sozial und Präventivmedizin **28**, 185–195 (1983) und Abelin, Th.: persönliche Mitteilung 1985.
59. Knutti, R. und Zimmerli, B.: Untersuchung von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. III. Blei, Cadmium, Quecksilber, Nickel und Aluminium. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 206–232 (1985).
60. Zimmerli, B. und Knutti, R.: Untersuchungen von Tagesrationen aus schweizerischen Verpflegungsbetrieben. I. Allgemeine Aspekte von Zufuhrabschätzungen und Beschreibung der Studie. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **76**, 168–196 (1985).
61. WHO: Evaluation of mercury, lead cadmium and the food additives amaranth, diethyl pyrocarbonate, and octyl gallate. WHO Food Additives Series, No 4, 51–59, Geneva 1972.

62. Shuman, M. S., Voors, A. W. and Gallagher, P. N.: Contribution of cigarette smoking to cadmium accumulation in man. Bull. Environ. Contam. Toxicol. **12**, 570–576 (1974).
63. Hiller, F. C., McCusker, K. T., Mazumder, M. K., Wilson, J. D. and Bone, R. C.: Deposition of sidestream cigarette smoke in the human respiratory tract. Am. Rev. Respir. Dis. **125**, 406–408 (1982).
64. Walker, H. S.: Rauchdichtemessungen in Restaurants. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **75**, 514–518 (1984).
65. Zimmerli, B., Zimmermann, H. und Marek, B.: Der Übergang biozider Stoffe aus Anstrichen in die Gasphase. Endosulfan. Chemosphere **8**, 465–472 (1979).
66. Eidgenössische Oberzolldirektion: Jahresstatistik des Aussenhandels der Schweiz. Band 1, S. 69–71, Bern 1980.
67. McKenzie, J. M.: Tissue concentration of cadmium, zinc and copper from autopsy samples. New Zealand Med. J. (June), 1016–1019 (1974).
68. Pesch, H. J.: Cadmiumgefahr vor allem für Raucher. Verbraucherpolitische Korrespondenz, AgV, Nr. 50 (11. Dezember), S. 5 (1984).

Dr. B. Zimmerli  
 Bundesamt für Gesundheitswesen  
 Abteilung Lebensmittelkontrolle  
 Sektion Lebensmittelchemie und  
 Radioaktivität  
 Postfach 2644  
 CH-3001 Bern