SABINE RIEWENHERM UND HELMUT LIETH (HRSG.) 1991: VERHANDLUNGEN DER GESELLSCHAFT FÜR ÖKOLOGIE (OSNABRÜCK 1989) BAND XIX/III: 427-436

ZUM CADMIUM-GEHALT MENSCHLICHER ORGANE EINE ANALYTISCH-STATISTISCHE UNTERSUCHUNG VERSTORBENER AUS DEM RAUM FRANKEN 1985

Hans-Jürgen Pesch, Th. Palesch und H. Seibold

ABSTRACT

Cadmium (Cd) is a ubiquitous natural constituent on the earth's crust. Additional "anthropogenic" Cd enters the environment through emission caused by the burning of fossil fuels in industry, furnaces and domestic fires, metal smelting, and through the incineration of garbage, but also through waste water, phosphate fertilisers and sludge. As a result of this redistribution and subsequent dry and wet depositions in terrestrial and aquatic ecosystems, Cd finally enters the food chains of man and animals. The intracorporeal distribution of Cd taken up via ingestion and inspiration is organ-dependent, the kidneys, owing to the cumulative properties and very long biological half-life of Cd, being the major target organs, which finally come to store onethird of the total Cd body burden. In contrast, Cd shows only a small affinity for bony tissue, so that the itai-itai disease of bone, primarily believed to be Cd induced, must be considered to be the late syndrome of a complex metabolic disturbance of kidneys injured by Cd. Projections for the year 2001 based on a comparison of the findings in 1981 and 1985 show that, in the case of smokers, due to the expected 50 per cent increase in the Cd burden, chronic damage to the kidneys must be expected, which will first become manifest as microproteinuria, and later as interstitial nephritis.

keywords: *Cadmium (Cd), intracorporeal distribution of Cd, smokers*

EINLEITUNG

Die seit den 50er Jahren weltweit rapide Expansion von Industrie und Kraftfahrzeugverkehr hat zu einer ebenso rasch steigenden wie mittlerweile bedrohlichen Schadstoffbelastung unserer Umwelt geführt, so daß u.a. bei Inversionswetterlagen häufiger als früher Smog-Gefahr besteht. Schlagwörter wie "saurer Regen" und "Waldsterben" deuten auf ursächliche Zusammenhänge hin, ohne bislang jedoch eine "zwingende Beweiskette" darzustellen. Weder der Einfluß der wesentlichen Schadstoffe wie Schwefeldioxid, Stickoxide und Schwermetalle, noch mögliche Interaktionen sind schlüssig bekannt (PESCH 1984; 1988; PESCH et al. 1988, 1989). Als einer der gefährlichsten Stoffe unter den Schwermetallen gilt Cadmium (Cd), das aufgrund seiner kumulativen Wirkung und seiner sehr langen biologischen Halbwertszeit von 10-30 Jahren (FRIBERG et al. 1974, 1975) bei chronischer und dosisabhängiger Exposition zu schwerwiegenden Gesundheitsstörungen beim Menschen führen kann (RYAN et al. 1982).

Eine zuverlässige Aussage über den Cadmiumgehalt des menschlichen Organismus ist durch postmortale Untersuchungen möglich. Aus diesem Grund wurden bei im Jahre 1985 Verstorbenen aus dem Raum Franken in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Rauchgewohnheiten mittels Atom-Absorptions-Spektroskopie (AAS) die Cd-Konzentrationen von Leber und Niere bestimmt. Die Ergebnisse wurden statistisch ausgewertet und mit den Daten einer ähnlichen Untersuchung des Jahres 1981 (PESCH 1984; SCHAUMBERGER 1986) verglichen. Zusätzlich wurde - unter Berücksichtigung der Knochen-assoziierten Itai-Itai-Krankheit (FRIBERG et al. 1974) - der Cd-Gehalt der Femurkondylen rechts bestimmt.

Material und Methode

Im Pathologischen Institut in Erlangen wurden im Zeitraum Januar bis Juli 1985 100 Verstorbene beiderlei Geschlechts im Alter von 20 bis 89 Jahren untersucht, die im wesentlichen aus dem Raum Franken stammten. Darunter waren 40 Frauen und 60 Männer (Tab. 1). Mittels Titanbesteck (zur Vermeidung von Sekundärkontamination) wurden 3 Gewebsproben aus folgenden definierten Regionen entnommen: Leber, Nierenmark und Nierenrinde (jeweils rechts, unterer Pol). In einem Fall hatten beide Nieren als Organspende gedient und konnten nicht untersucht werden.

Tab. 1: Alters- und Geschlechtsverteilung der untersuchten Fälle in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten.

Alter [Jahre]	Nichtraucher ♂	Nichtraucher ♀	Raucher ♂	Raucher ♀	Σ
20 - 50	5	3	5	1	14
51 - 60	5	4	9	2	20
61 - 70	6	6	8	1	21
71 - 80	7	13	9	2	31
81 - 89	5	8	1	-	14
Σ	28	34	32	6	100

Das unfixierte Gewebe wurde mit Titanbesteck auf Objektträgern zerkleinert, in gekennzeichneten 10 ml Injektionsfläschchen aus Glas asserviert und in einer Gefriertrocknungsanlage bei - 60 °C und 0,5 x 10^{-3} Torr über 72 Stunden bis zur Gewichtskonstanz lyophilisiert. Die Reinigung der Objektträger, Injektionsfläschchen und des Besteckes wurde regelmäßig (in folgender Reihenfolge) mit Leitungswasser - Aqua bidest. - 2 %iger HNO_3 p.a.-Lösung - Aqua bidest. durchgeführt.

Außerdem wurde in 95 Fällen das distale Femurende rechts untersucht, von dem mit einer Cd-freien Knochensäge aus den beiden Epicondylen jeweils eine 3-5 mm dicke und maximal 5 cm lange Knochenscheibe abgetragen wurde, die in Würfel von max. 5mm Kantenlänge zerlegt und - nach weitgehender Entfernung des Markes - anschließend wie Leber und Niere aufbereitet wurden.

Die quantitative Untersuchung der verschiedenen Gewebe wurde als Feststoffanalyse mit dem Zeeman-AAS SM 1 durchgeführt (KURFÜRST und GROBECKER 1981). Anhand der Krankenunterlagen und durch Befragung von Verwandten wurde versucht, retrospektiv-anamnestisch die Rauchgewohnheiten der Verstorbenen zu klären. Unter den Frauen waren 6 Raucherinnen, unter den Männern 32 Raucher. Eine berufliche Cd-Exposition bestand in keinem Fall. Eine Unterscheidung zwischen Stadt- und Landbevölkerung ließ sich nicht treffen. Zur statistischen Prüfung wurden unter dem Aspekt der vernünftigen Besetzung und biologischen Alterung folgende fünf Altersgruppen gebildet: 20-50, 51-60, 61-70, 71-80 und 81-89 Jahre.

Die Auswertung erfolgte über das an der Universität Erlangen-Nürnberg vorhandene Statistikprogrammpaket (SPSS) mittels deskriptiver Datenanalyse und varianzanalytischer Methoden.

ERGEBNISSE

Aufgrund der Trocknung der Gewebsproben und der Feststoffmessungen sind die Cd-Konzentrationen in ppm (µg/g) Trockengewicht (TG) angegeben. Die Kontrollmessungen aus dem zertifizierten Feststoffstandard lagen immer im für Cd angegebenen Bereich von 0,44 ± 0,06 µ/g.

Die niedrigste Cd-Konzentration findet sich bei Nichtrauchern in den Epikondylen des rechten Femur, die höchste bei Rauchern in der Nierenrinde (Tab. 2-4; Abb. 1). Gewebs- und organabhängig steigt sie über die Femurkondylen (Abb. 2), Leber (Abb. 3), Nierenmark (Abb. 4) und Nierenrinde rechts (Abb. 5) an, wobei sie in der Nierenrinde meist um den Faktor 20 höher liegt als in der Leber. Bei den Rauchern liegen die gemessenen Mittelwerte in allen Organen statistisch signifikant höher als bei den Nichtrauchern: im Femur etwas, in der Leber knapp zwei-, im Nierenmark etwa 2 1/2- und in der Nierenrinde ca. 3 1/2 mal höher (Abb. 1). Die Standardabweichungen von Niere und Leber, als Ausdruck einer individuellen Schwankungsbreite, sind bei den Rauchern wesentlich höher als bei den Nichtrauchern.
Die durchschnittlichen Cd-Konzentrationen aller untersuchten Gewebe bzw. Organe verteilen sich über insgesamt fünf Zehnerpotenzen.

Die 1985 gegenüber 1981 gemessenen durchschnittlichen Cd-Werte der Nierenrinde (Tab. 5) von 31,35 bzw. 28,4 ppm TG bei Nichtrauchern liegen tendentiell (Abb. 6), die von 111 bzw. 100 ppm TG bei Rauchern statistisch signifikant höher (Abb. 7) - insgesamt eine Zunahme um 10 %.

Tab. 2: Median ($\tilde{x}$), Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentrationen [ppm TG] der einzelnen Organe in Abhängigkeit vom Alter

Alter	Femur re			Leber			Nierenmark			Nierenrinde		
[Jahre]	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
20 - 50	0.03	0.04	0.03	1.24	1.89	1.44	16.85	22.98	11.47	33.34	41.32	26.12
51 - 60	0.05	0.05	0.03	2.61	3.89	3.58	25.92	25.11	14.75	71.25	88.54	76.83
61 - 70	0.04	0.05	0.04	1.64	2.62	2.25	30.10	31.79	19.66	62.99	68.09	50.55
71 - 80	0.03	0.04	0.03	2.50	3.23	2.65	17.60	25.17	18.15	36.00	56.14	52.26
81 - 89	0.03	0.04	0.03	2.75	2.86	1.36	19.31	20.06	9.15	40.11	42.05	21.34

Tab. 3: Extremwerte (minimal/maximal), Median ($\tilde{x}$), Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentrationen [ppm TG] der einzelnen Organe in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten.

	Gesamtkollektiv					Nichtraucher					Raucher				
	min	max	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	min	max	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	min	max	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
Femur re	0.01	0.13	0.03	0.04	0.03	0.01	0.12	0.03	0.04	0.03	0.12	0.17	0.04	0.05	0.03
Leber	0.39	11.90	2.21	2.99	2.55	0.39	7.99	1.63	2.36	1.88	0.77	11.90	2.65	4.04	3.14
Nierenmark	1.17	70.95	20.20	25.53	16.13	1.17	45.23	15.94	16.68	8.23	12.54	70.95	40.02	40.36	15.25
Nierenrinde	2.97	260.44	44.31	61.13	53.89	2.97	80.65	26.32	31.35	17.56	19.39	260.44	87.30	111.04	57.41

Tab. 4: Median ($\tilde{x}$), Mittelwert ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentrationen [ppm TG] der einzelnen Organe in Abhängigkeit von Alter und Rauchgewohnheiten.

Alter [Jahre]	Nichtraucher			Raucher		
Femur re	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
20 - 50	0.019	0.034	0.015	0.047	0.045	0.017
51 - 60	0.030	0.044	0.030	0.052	0.053	0.027
61 - 70	0.039	0.041	0.031	0.068	0.070	0.021
71 - 80	0.033	0.041	0.026	0.034	0.039	0.028
81 - 89	0.021	0.036	0.019	0.058	0.058	–
Leber	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
20 - 50	0.830	1.200	0.750	2.690	2.820	1.670
51 - 60	0.930	2.130	2.400	3.810	5.330	3.830
61 - 70	1.520	2.100	1.940	2.130	3.310	2.560
71 - 80	2.190	2.790	2.070	2.520	4.110	3.490
81 - 89	2.590	2.830	1.410	3.210	3.210	–
Nierenmark	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
20 - 50	16.570	17.710	6.590	33.100	30.000	13.330
51 - 60	11.070	13.500	8.380	29.700	34.610	11.680
61 - 70	13.900	17.340	10.880	51.230	51.040	8.390
71 - 80	16.260	15.610	6.440	44.680	44.280	19.090
81 - 89	18.610	19.250	8.990	30.550	30.550	–
Nierenrinde	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s	$\tilde{x}$	$\bar{x}$	s
20 - 50	23.830	25.050	11.170	69.790	63.030	24.710
51 - 60	17.770	24.040	18.090	119.860	141.310	64.430
61 - 70	31.500	35.290	21.390	97.440	111.830	44.630
71 - 80	26.620	28.910	11.830	101.380	110.580	59.670
81 - 89	31.620	40.380	21.200	63.700	63.700	–

Tab. 5: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentrationen [ppm TG] der Nierenrinde in Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und Alter im Vergleich von 1981 (n = 96) und 1985 (n = 100).

Alter [Jahre]	Nichtraucher				Raucher			
	1981		1985		1981		1985	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
20 - 50	26,1	15,9	25,0	11,2	103,0	68,7	63,0	24,7
51 - 60	26,2	13,7	24,0	18,1	98,3	41,5	141,3	64,4
61 - 70	35,2	17,5	35,3	21,4	101,1	45,3	111,8	44,6
71 - 80	28,9	17,6	28,9	11,8	99,3	32,5	110,5	59,7
81 - 89	25,7	22,5	40,3	21,2	-	-	63,7	-

Beim Vergleich der durchschnittlichen Gesamtkörperbelastung von 1981 mit 1985 ergibt sich, unter Berücksichtigung der auf das Naßgewicht umgerechneten Konzentrationen von Leber und Niere (CIBA-GEIGY-AG 1977), ein Anstieg der "body-burden" bei den Nichtrauchern von 3,0 auf 3,27 mg und bei den Rauchern von 10 auf 11 mg. Dies bedeutet im Vergleichszeitraum von 4 Jahren jeweils eine bis zu 10 %ige Zunahme der Gesamtkörperbelastung, bei den Rauchern jedoch auf einem über dreifach höheren Niveau.

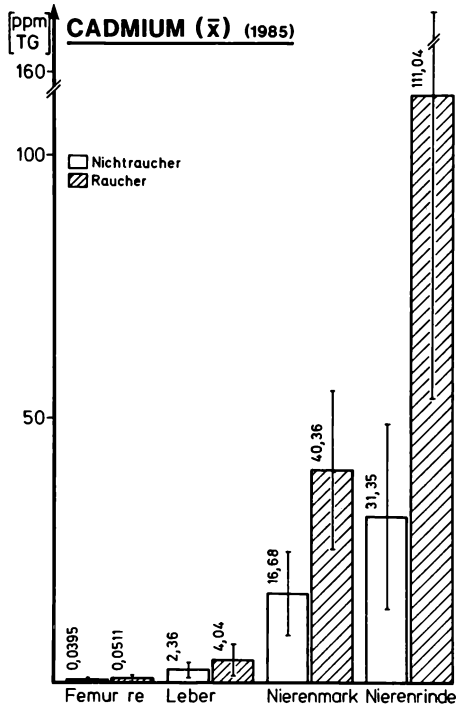

Abb. 1: Mittelwerte (x̄) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentrationen [μg/g TG] in Abhängigkeit von den Rauchgewohnheiten.

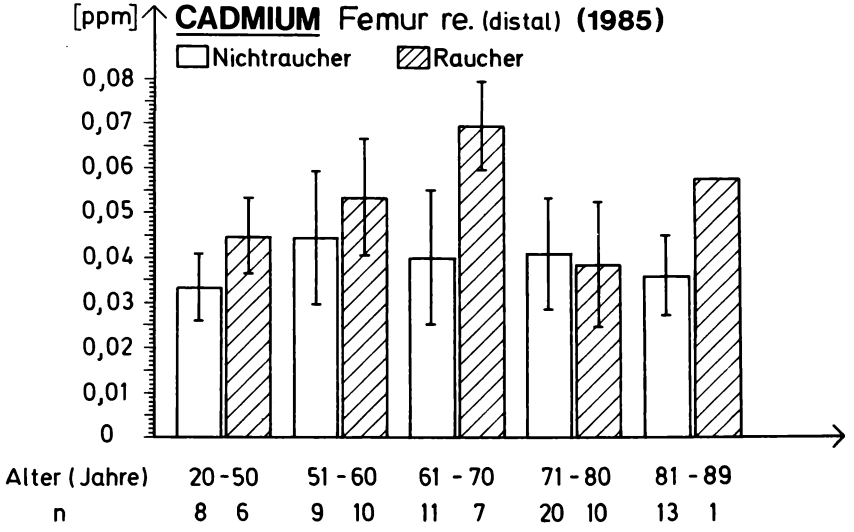

Abb. 2: Mittelwerte (x̄) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [μg/g TG] im rechten distalen Femur in Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und Alter.

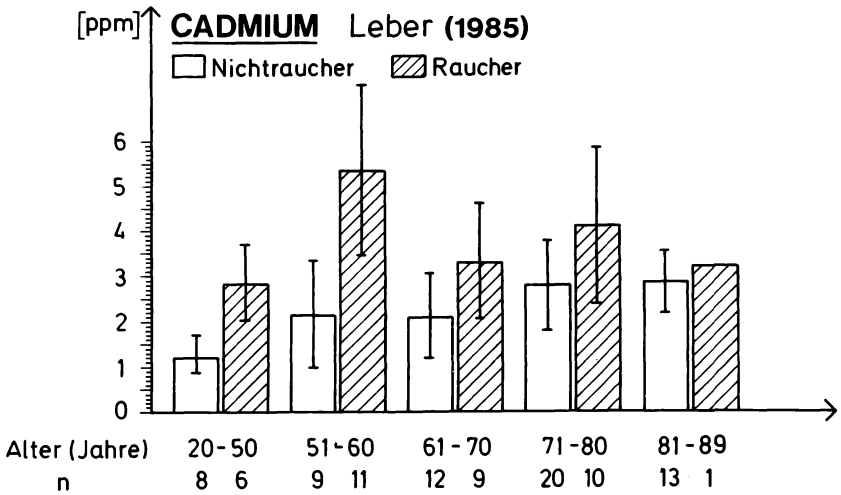

Abb. 3: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [μg/g TG] der Leber in Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und Alter.

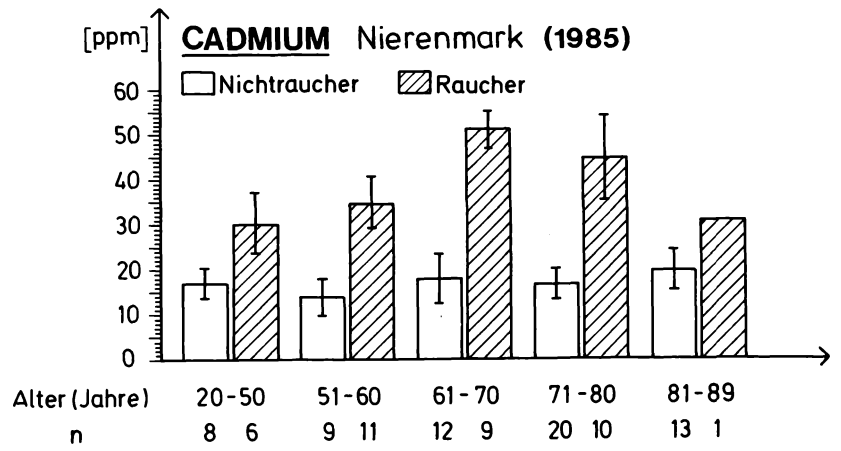

Abb. 4: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [μg/g TG] des Nierenmarks in Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und Alter.

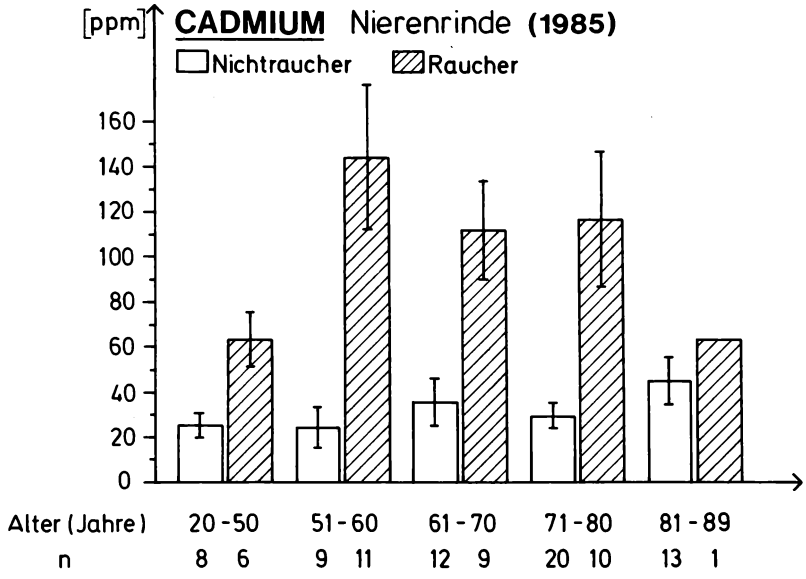

Abb. 5: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [µg/g TG] der Nierenrinde in Abhängigkeit von Rauchgewohnheiten und Alter.

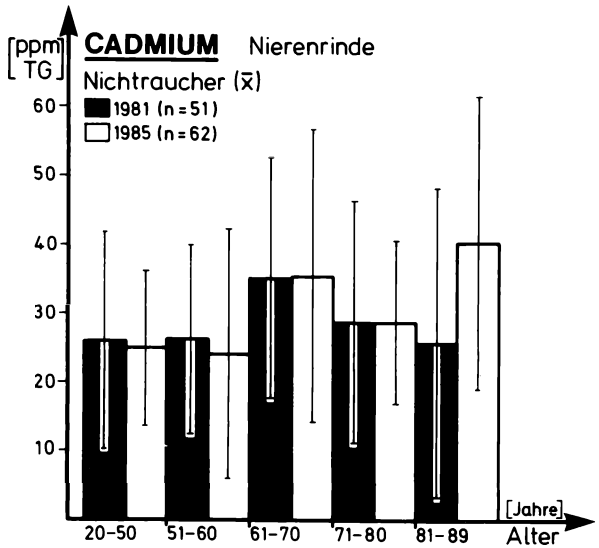

Abb. 6: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [µg/g TG] der Nierenrinde bei Nichtrauchern im Vergleich von 1981 (n = max. 51) und 1985 (n = max. 62).

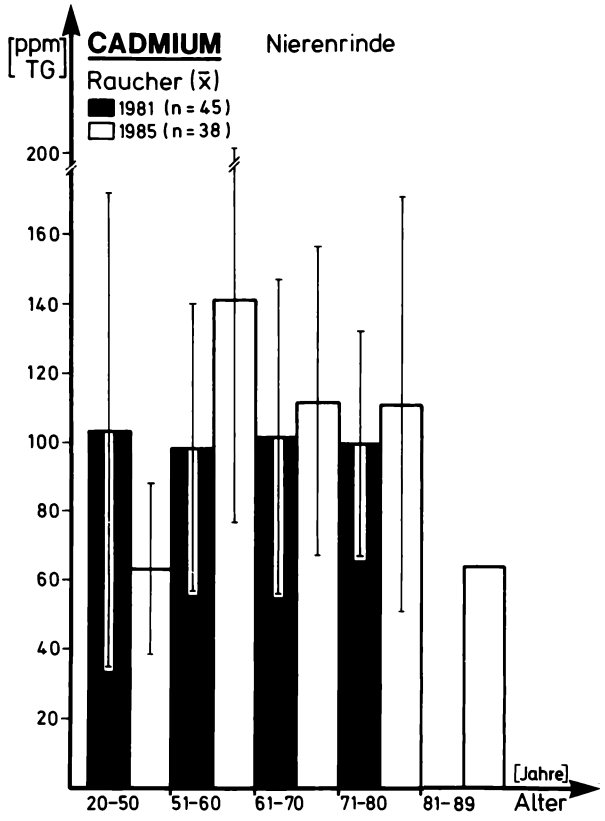

Abb. 7: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) der Cd-Konzentration [μg/g TG] der Nierenrinde bei Rauchern im Vergleich von 1981 (n = max. 45) und 1985 (n = max. 38).

Diskussion

Cd kommt natürlich ubiquitär in der Erdkruste vor, wo sein durchschnittlicher Gehalt zwischen 0,08 und 0,5 mg/kg TG liegt und wo es zumeist mit Zink vergesellschaftet ist (TSUCHIYA 1978; STOEPPLER 1984). Mittlerweile stellt Cd das nach Blei am häufigsten in der Luft festgestellte Schwermetall dar, wohin es durch Verbrennung fossiler Brennstoffe in Industrie, Großfeuerungsanlagen und Privathaushalten, durch Eisen- und Nichteisen-Metallverhüttung und durch Müllverbrennungsanlagen emittiert wird. Außerdem gelangt es aber auch durch Cd-haltige Abwässer, Phosphatdünger, Klärschlamm und durch industrielle Produktion wie bei der Herstellung von PVC, Legierungen, Batterien und beim Galvanisieren in die Umwelt.
Durch diese Umverteilung kommt Cd anthropogen in die Atmosphäre und infolge Trocken- bzw. Naßdepositon in die terrestrische und aquatische Umwelt, wodurch es über Nahrung und Atmung in menschliche, tierische und pflanzliche Organismen aufgenommen werden kann (Stoeppler 1984).

Die Verteilung des vom Menschen enteral und pulmonal aufgenommenen Cd erfolgt organabhängig (PESCH 1984, 1988), wobei die Niere das Erfolgsorgan schlechthin darstellt. Nach Resorption im Darm erreicht Cd zunächst über die Pfortader die Leber, die als zentrales Stoffwechselorgan gleichzeitig auch als Gradmesser für die aktuelle Stoffwechselbelastung mit Cd angesehen werden kann. Nach Bindung des Cd in der Leber an Metallothionein, ein sog. Carrier-Protein, gelangt es in die Niere, die aufgrund der hohen biologischen Halbwertszeit des Cd von 10-30 Jahren (FRIBERG et al. 1974, 1979) nur eingeschränkt als Ausscheidungsorgan fungieren kann, so daß schließlich ein Drittel des Cd des Gesamtorganismus in den Nieren gespeichert ist. Damit stellt die Niere das für eine chronische Cd-Intoxikation am meisten gefährdete Organ dar (FRIBERG et al. 1974; DRASCH 1983), wobei ein mittleres Konzentrationsverhältnis von Nierenrinde zu Nierenmark von 2,3 (-2) : 1 besteht (FRIBERG et al. 1979; SCHAUMBERGER 1986; PESCH 1988). Die - in Franken - 1985 gegenüber 1981 höheren Cd-Werte der Nierenrinde bei Nichtrauchern und Rauchern sind jedoch immer noch deutlich niedriger als die 1981 im südbayerischen Raum gemessenen Werte (DRASCH 1983), so daß Franken als insgesamt noch wenig Cd-belastete Region angesehen werden kann.

Im Gegensatz zur Niere spielt der Knochen als Speicherorgan keine Rolle, obwohl erste Beschreibungen der Knochen-assoziierten Itai-Itai-Krankheit in Japan dies für wahrscheinlich hielten (FRIBERG et al. 1974). Dabei handelt es sich um sehr schmerzhafte Wirbelsäulen- und Skelettveränderungen mit Verkürzung der Körperlänge um bis zu 30 cm bei älteren Frauen, die mehrfach geboren hatten. Aufgrund ihrer weitgehend einseitigen Ernährung mit Reis, der von mit Cd-haltigen Abwässern gedüngten Feldern stammte, wurde primär ein Cd-induzierter Skelettschaden angenommen, während neuerdings die hohe Cd-Konzentration in der Nahrung mehr im Sinne eines Auslösereffektes angesehen wird (FRIBERG et al. 1974; TSUCHIYA 1978). So dürfte bei primär schon vorhandener Unterernährung, bei Protein-, Vitamin D- und Calciummangel der Erkrankten aufgrund sehr hoher Cd-Belastung auch eine erhöhte Cd-Resorption und Cd-Speicherung in den Nieren bestanden haben, so daß sich bei einer wahrscheinlich verstärkten Ca-Mobilisierung aus dem Knochen zusätzlich eine gestörte Mineralisation im Sinne einer nephrogenen Osteopathie entwickelte (PESCH et al. 1989). Die hieraus resultierenden schmerzhaften Impressionsfrakturen von Wirbelkörpern wie bei akuter Osteoporose stellen damit nur ein Symptom dar, das aufgrund der Schmerzäußerungen der Betroffenen ("Itai-Itai" bedeutet "Aua-Aua") seinen Namen erhielt.

Aufgrund der in den 4 Jahren von 1981-1985 erfolgten Zunahme der "body burden" (FRIBERG et al. 1974) von durchschnittlich 10 % ist - gleiche Umweltbedingungen vorausgesetzt - in 20 Jahren (2001) eine durchschnittlich 50 % höhere Cd-Belastung der Nierenrinde zu erwarten. Diese Konzentration kann dann, aber natürlich auch schon früher, insbesondere bei den Rauchern mit jetzt schon hohen Ausgangswerten, in der Nähe des nephrotoxischen Wertes von 200 ppm Cd (Naßgewicht) liegen (WHO 1977). Der daraus resultierende chronische Nierenschaden (TSUCHIYA 1978; RYAN et al. 1982; STOEPPLER 1984; PESCH 1988) wird zunächst in einer Mikroproteinurie bestehen. In späteren Stadien findet sich eine interstitielle Nephritis mit Atrophie und Zerstörung der proximalen Tubulusepithelien, die mit Polyurie, Acidurie, Hypercalciurie und verminderter Konzentrationsfähigkeit einhergeht (RYAN et al. 1982). Dieser Nierenschaden ist deutlich verschieden von der Cd-induzierten Wirbelsäulenankylose bei Blaufelchen (HENSCHKE et al. 1982), bei denen Cd als Zellstoffwechselgift durch Blockade intrazellulärer Redoxsysteme zum Kollaps der Chordazellen mit Verkürzung der Wirbelsäule führt, wodurch diese Wirbelsäulenveränderung als "Biofrühindikator" angesehen werden sollte (PESCH et al. 1988, 1989).

Literatur

CIBA-GEIGY-AG, 1977: Wissenschaftliche Tabellen. Teilband Körperflüssigkeiten. - CIBA-GEIGY-AG, 2. Nachdruck 1981; Basel.

DRASCH G.A., 1983: Die anthropogene Blei- und Cadmiumbelastung des Menschen. Untersuchungen an Skelett- und Organmaterial. - Habilitationsschrift, Ludwig-Maximilians-Universität München.

FRIBERG L., PISCATOR M., NORDBERG G.F., KJELLSTRÖM T., 1974: Cadmium in the environment. - CRS Press Inc., Cleveland/Ohio.
FRIBERG L., KJELLSTRÖM T., NORDBERG G.F., PISCATOR M., 1979: Cadmium. - In: FRIBERG L., NORDBERG G.F., VOUK V.B. (eds.): Handbook on the toxicology of metals. Biomedical Press, Elsevier/North Holland, Amsterdam, New York, Oxford: 355-381.
HENSCHKE F., PESCH H.-J., WUNDER W., 1982: Cadmiuminduzierte Wirbelsäulenankylose beim Blaufelchen. - Path. Res. Pract. 173: 259-368.
KURFÜRST U., GROBECKER K.H., 1981: Feststoffanalytik mit der Zeeman-AAS ohne Vorbehalt. - Laborpraxis 5, 1-2: 28.
PESCH H.-J., 1984: Direkte Cadmiumbestimmung in menschlichen Organen mit Zeeman-AAS. Eine postmortale Untersuchung. - Fresenius Z. Anal. Chem. 317: 461.
PESCH H.-J., 1988: Blei- und Cadmiumbelastung des Menschen im Wandel der Umwelt. - In: DOERR W., PESCH H.-J. (Hrsg.): Pathomorphose. Änderungen der Pathologie, dargestellt am Gestaltwandel einiger Krankheitsbilder. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo: 27-37.
PESCH H.-J., MEYER G.-A., HENSCHKE F., WUNDER W., SEIBOLD H., 1988: Zum Cadmiumorgangehalt von Forellen aus Wöllershof und Gangfischen aus dem Bodensee (1981/82). Eine quantitativ-analytische und statistische Untersuchung mittels Zeeman-AAS. - Fischer & Teichwirt 39, 10: 290-295.
PESCH H.-J., OPPERMANN M., WUNDER W., SEIBOLD H., REICHLE G., 1989: Zum Cadmiumorgangehalt von Forellen aus Wöllershof und Gangfischen aus dem Bodensee (1984/85). Eine quantitativ-analytische und statistische Untersuchung mittels Zeeman-AAS. - Fischer & Teichwirt 40, 1: 2-9.
RYAN J.A., PAHREN H.R., LUCAS J.B., 1982: Controlling Cadmium in the human food chain: A review and rationale based on health effects. - Environ. Res. 28: 251-302.
SCHAUMBERGER H.K., 1986: Zum Cadmiumgehalt menschlicher Organe. Eine analytisch-statistische Untersuchung aus dem Raum Franken und eine kritische Wertung der einschlägigen Literatur über Cadmium. - Inaugural-Dissertation, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
STOEPPLER M., 1984: Cadmium. - In: MERIAN E. (Hrsg.): Metalle in der Umwelt. Verlag Chemie, Weinheim, Deerfield Beach, Basel: 375-408.
TSUCHIYA E., 1978: Cadmium studies in Japan. A review. - Biomedical Press, Elsevier/North Holland, Amsterdam, New York, Oxford.
WHO (WORLD HEALTH ORGANISATION) 1977: Environmental health criteria for Cadmium. - Ambio 6: 287-290.

ADRESSE

Prof. Dr. med. H.-J. Pesch
Dr. Th. Palesch
Pathologisches Institut der
Universität Erlangen-Nürnberg
Krankenhausstr. 8-10
D-W-8520 Erlangen

Dipl.-Math. H. Seibold
Institut für Medizinische
Statistik und Dokumentation
Universität Erlangen-Nürnberg
Waldstr. 6
D-W-8520 Erlangen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 19_3_1991

Autor(en)/Author(s): Pesch Hans-Jürgen, Palesch Th., Seibold H.

Artikel/Article: Zum Cadmium-Gehalt menschlicher Organe eine analytisch-statistische Untersuchung verstorbener aus dem Raum Franken 1985 427-436