

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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit

Band: 73 (1982)

Heft: 2

Artikel: Die Bleibelastung der Zürcher Bevölkerung im Hochmittelalter (9. bis 11. Jahrhundert) = Lead exposure of the population of Zürich from 9th to 11th Century

Autor: Knutti, R.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-983453>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Die Bleibelastung der Zürcher Bevölkerung im Hochmittelalter (9. bis 11. Jahrhundert)

Lead Exposure of the Population of Zürich from 9th to 11th Century

R. Knutti

Institut für Toxikologie der ETH und Universität Zürich, Schwerzenbach

Einleitung

Blei ist nicht erst heute ein «populäres» Umweltgift. Seit dem Beginn der Verwendung von Blei durch den Menschen, d. h. seit mehr als 7000 Jahren, traten immer wieder akute und chronische Vergiftungen auf. Da sich das im Körper aufgenommene Blei im lebenden Organismus in den Knochen anreichert, besteht die Möglichkeit, die Bleibelastung früherer Zeiten durch die quantitative Bestimmung von Blei in Skelettfunden abzuschätzen (1). Die Entdeckung eines hochmittelalterlichen Gräberfeldes unter dem Münsterhof in Zürich (2) gab uns die Gelegenheit zum Vergleich der Bleibelastung der Bevölkerung in jener Zeit mit der heutigen. Dieser Vergleich ist deshalb von besonderem Interesse, da man annehmen kann, daß jene Bevölkerung nicht unter zivilisatorischen Bleiexpositionen zu leiden hatte.

In Abbildung 1 ist die Produktion von Blei in der westlichen Welt seit etwa 5000 Jahren dargestellt (3). Sie erreichte in der Zeit des römischen Imperiums ein Maximum von ca. 100 000 t pro Jahr, das erst mit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert wieder erreicht und überschritten wurde. Die heutige Weltproduktion beträgt ca. 4 Millionen t/Jahr. Mit dem Zerfall des römischen Reiches fiel auch die Verwendung von Blei wieder stark ab und betrug im 9. bis 11. Jahrhundert, dem Zeitraum unserer Untersuchung, noch ca. 5000 t/Jahr.

Aufnahme und Verteilung im Körper

Um toxisch wirken zu können, muß Blei zuerst — in der chemisch richtigen Form — in den Körper hinein und an die biologische Wirkungsstelle gelangen (4, 5). Die Giftigkeit von Blei beruht auf der chemischen Bindung von Bleiionen an Enzyme und andere biologisch wichtige Zell-Bestandteile im Kör-

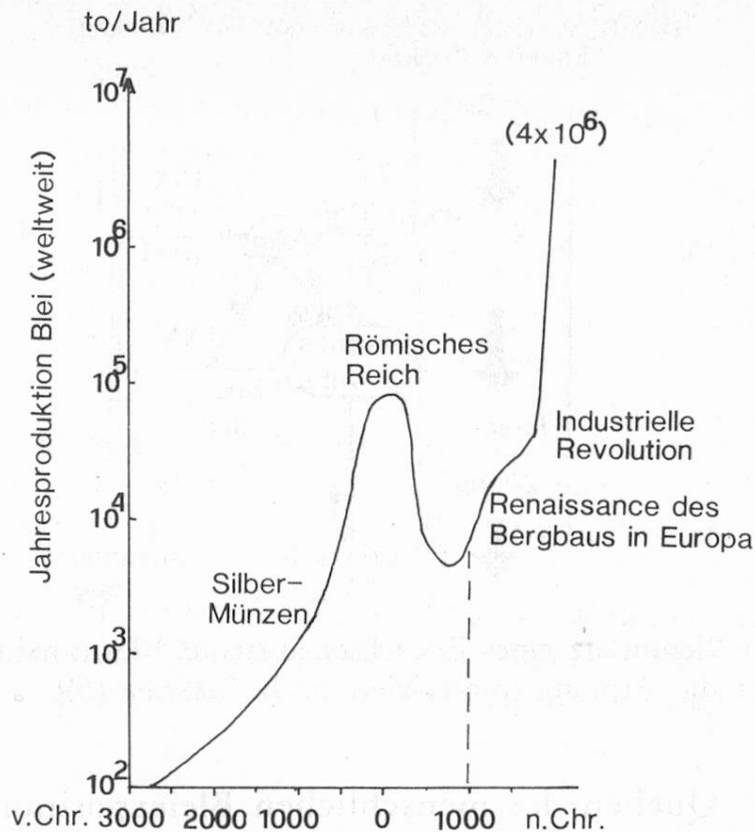


Abb. 1. Bleiproduktion weltweit im Laufe der letzten 5000 Jahre (nach Nriagu (2))

per, wodurch deren Funktion gestört oder gar zerstört wird. Der Boden enthielt auch bereits vor den zivilisatorischen Einflüssen Spuren von Blei und anderen toxischen Elementen. Menschliche und tierische Organismen sind deshalb immer einer geringen Bleiexposition durch pflanzliche Nahrungsmittel ausgesetzt gewesen. Dadurch hat sich ein gewisser Schutz gegen die orale Aufnahme entwickelt, indem die Absorption aus dem Magen-Darm-Trakt nur etwa 5–10% beträgt, während z. B. das lebenswichtige Calcium zu etwa 50% absorbiert wird.

Nicht geschützt sind Mensch und Tier gegen die Aufnahme über die Atmungswege. Bleihaltige Dämpfe und sehr kleine Staubpartikel gelangen über die Lunge fast ungehindert in den Körper. Sobald sich das Blei im Blutkreislauf befindet, kann es sich im ganzen Körper verteilen, unabhängig von der Art der Aufnahme. In Abbildung 2 ist die Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von Blei aus dem Magen-Darm-Trakt zusammen mit derjenigen über die Luftwege dargestellt. Bei einer geringen chronischen Belastung (dazu gehört trotz des Benzinbleis auch noch die heutige Situation der schweizerischen Bevölkerung), werden etwa $\frac{2}{3}$ des absorbierten Bleis rasch wieder ausgeschieden. Der Rest wird in den Knochen gebunden, wodurch sich im Laufe des Lebens ein anwachsendes Bleidepot in den Knochen bildet, das etwa 90% des gesamten im Körper gespeicherten Bleis enthält. Untersuchungen über den Bleigehalt in den Knochen Verstorbener deuten darauf hin, daß mit etwa 50 bis 60 Jahren ein Maximum erreicht wird und daß darauf die Konzentration wieder etwas abfällt.

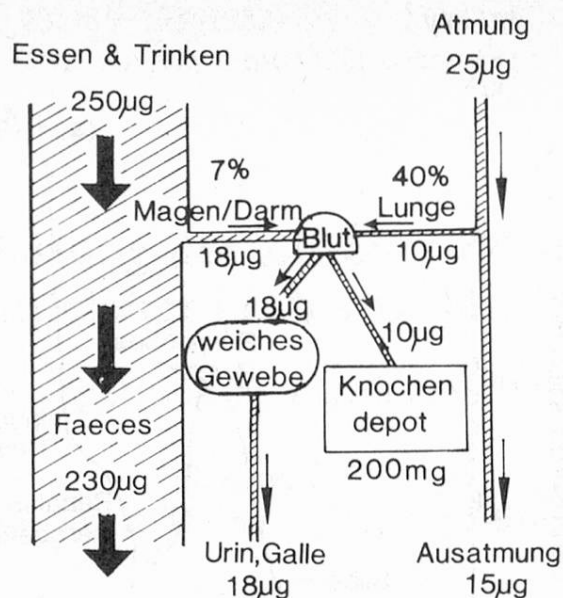


Abb. 2. Täglicher Bleiumsatz eines Erwachsenen heute. Bleiaufnahme mit der Nahrung und über die Atmung (modifiziert nach Patterson (5))

Quellen der menschlichen Bleiexposition

Nicht anthropogener Anteil

Die Aufnahme von Blei aus pflanzlichen Nahrungsmitteln wurde bereits erwähnt. Die Bleigehalte schweizerischer Böden betragen etwa 10 bis 100 mg/kg. Wie stark das Blei von den Pflanzen aufgenommen wird, hängt von vielen Faktoren ab, z. B. von der Beschaffenheit des Bodens und von der Pflanzenart. Zudem ist das Blei innerhalb der Pflanze nicht gleichmäßig verteilt. Von geringerer Bedeutung ist die Belastung durch tierische Nahrungsmittel, da auch im Tier der größte Teil des absorbierten Bleis im Skelett deponiert wird. Dies führt dazu, daß die Bleikonzentration in der tierischen Nahrungskette nicht zu-, sondern abnimmt.

Der natürliche Bleigehalt des Trinkwassers hängt von der Geologie ab. In den Regionen der Schweiz mit hartem Wasser, zu denen Zürich gehört, kann diese Belastung vernachlässigt werden.

Anthropogener Anteil (Zürich, 9. bis 11. Jahrhundert)

Nach unseren Kenntnissen fallen für die untersuchte Bevölkerung viele der heutigen Expositionen weg. Für die hochmittelalterliche Bevölkerung gab es kaum eine Bleibelastung über die Atmungswege. Im täglichen Gebrauch gab es weder Keramikgeschirr mit bleihaltigen Glasuren noch metallische, bleihaltige Gefäße für die Aufbewahrung von Lebensmitteln. Das Trinkwasser mußte die Bevölkerung am Sodbrunnen holen, wodurch mögliche Verunreinigungen durch bleihaltige Wasserleitungen ebenfalls wegfielen. Ein zivilisatorischer Anteil der Bleibelastung der untersuchten Bevölkerung war somit kaum vorhanden.

Vergleich mit der heutigen Bleibelastung

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, nimmt auch die heutige Bevölkerung Blei vor allem mit der Nahrung auf. Verschiedene Untersuchungen in industrialisierten Ländern kommen zum Schluß, daß die mittlere tägliche Aufnahme von Blei mit der Nahrung für Erwachsene etwa 200 bis 300 μg beträgt (7). Davon stammen über 80%, nämlich etwa 170–200 μg , aus pflanzlichen Lebensmitteln. Der Bleigehalt in den eßbaren Teilen der Pflanzen ist aber nicht proportional zur heute viel stärkeren Bleibelastung der Umwelt angestiegen. Versuche haben nämlich gezeigt, daß nach der Aufnahme aus dem Boden ein großer Teil des Bleis in den Wurzeln festgehalten wird. Wesentlich geringer ist die Belastung durch das Trinkwasser. Eigene Untersuchungen über den Bleigehalt des Trinkwassers im Raume Zürich haben in den meisten Fällen Werte von weniger als 10 $\mu\text{g}/\text{l}$ ergeben.

Nicht berücksichtigt in diesen Zahlen sind abnormal hohe Bleiverunreinigungen durch Konservendosen (Bleilot) oder Keramikgefäße mit stark bleilässigen Glasuren, die in extremen Fällen zu akuten Vergiftungserscheinungen führen können (8).

Untersuchungsmaterial und Bleianalyse

Für die quantitative Bestimmung von Blei standen Rippenstücke von Erwachsenen und Kindern zur Verfügung. Die Rippen waren noch mit anhaftendem Bodenmaterial verunreinigt und ihre spongiosen Hohlräume mit feinen Bodenpartikeln aufgefüllt. Die Knochen wurden deshalb zuerst mit Leitungswasser im Ultraschallbad schonend gereinigt. Das dabei entfernte Bodenmaterial wurde ebenfalls analysiert. Die mit Atomabsorptionsspektrometrie durchgeführte Bestimmung der mittleren Konzentration kleiner Rippenstücke ergab überraschend hohe Werte von $31 \pm 18 \mu\text{g}$ Blei/g Knochenasche (Tabelle 1). Überraschenderweise ergaben die Kinderknochen ebenso hohe Bleikonzentrationen. Da die an den Knochen anhaftenden Erdreste in den meisten Fällen noch mehr Blei enthielten, lag der Verdacht nahe, daß das in den Knochen gemessene Blei erst im Laufe der rund tausendjährigen Lagerung im Boden in die Knochen hineindiffundierte und somit keine Aussage über die Belastung zu Lebzeiten erlaubt.

Es stellte sich somit die Frage, wie zwischen dem biologisch aufgenommenen Blei und einer späteren Kontamination unterschieden werden könnte. Bei der Diffusion von Blei aus dem Boden in den Knochen ist zu erwarten, daß die äußerste Knochenschicht die höchste Bleikonzentration aufweist, während sie im Inneren tiefer ist. Da die Spongiosa ebenfalls mit Bodenmaterial aufgefüllt war, sind auf der Innenseite der Compacta auch wieder höhere Konzentrationen zu erwarten. Dank der extrem hohen Empfindlichkeit unserer Analysenmethode kann das Konzentrationsprofil noch aus sehr kleinen Proben von wenigen Milligramm Knochenmaterial bestimmt werden. Abbildung 3 zeigt die Konzentrationsprofile von Blei für Rippenproben von 2 Erwachsenen. Die Randzonen wei-

Tabelle 1. Resultate der Bleibestimmungen in Rippenknochen
Münsterhof Zürich, 9. bis 11. Jahrhundert

Grab Nr.	Alter Jahre	Bestattungsphase	Fundniveau in cm unter heutiger Pflasterung	Bleikonzentration ($\mu\text{g/g}$)			
				Erde	Knochen (Asche)		
					Mittel	äußerste Schicht	innerste Schicht
<i>Erwachsene</i>							
1	♀ 55–60	I	183	42	23	87	2
6	♀ 45–50	V	160	73	39	111	4
7	♀ 20–25	V	174	61	12	77	1
8	♀ 55–60	I	181	54	20	27	7
9	♂ 65–70	V	169	80	36	129	10
12	♂ 65–70	I	166	82	57	137	2
24	♀ 65–70	II	182	75	33	52	8
28	♀ 50–55	V	149	62	13	47	3
32	♀ 45–50	II	187	43	52	61	2
33	♀ 55–60	III	198	98	12	97	11
37	♂ 60–65	V	161	48	28	53	3
38	♂ 50–55	I	213	80	47	256	2
42	♀ 30–35	I	183	75	13	170	7
44	♀ 50–55	I	190	74	—	48	7
58	♂ 65–70	II	184	44	—	44	9
61	♀ 60–65	IV	189	74	—	134	3
68	♂ 60–65	IV	194	64	39	116	16
69	♂ 50–55	I	183	46	36	43	6
75	♀ 20–25	I	177	49	18	46	2
77	♀ 55–60	III	188	61	39	134	9
78	♀ 50–55	II	176	60	30	38	9
83	♂ 50–55	IV	218	47	36	109	11
87	♀ 65–70	IV	199	63	93	136	20
88	♂ 50–55	I	203	37	23	150	1
89	♀ 45–50	III	194	54	12	76	3
91	♀ 40–45	II	150	69	18	46	4
93	♂ 50–55	II	199	54	18	59	2
94	♀ 30–35	IV	230	94	44	342	13
95	♂ 60–65	I	191	51	31	47	7
108	♀ 50–55	III	—	63	17	148	1
Mittelwerte und Standardabweichung:							
<i>Erwachsene (n = 30):</i>				63 ± 16	31 ± 18	101 ± 69	6 ± 5
<i>Föten und Neugeborene*</i>				—	31 ± 13	—	—
<i>Kleinkinder bis 3 Jahre*</i>				—	49 ± 12	—	—
<i>Kinder 4 bis 13 Jahre*</i>				—	38 ± 12	—	—
					(n = 15)		
					(n = 11)		
					(n = 16)		

* Nur mittlere Konzentration bestimmt, wegen geringer Dicke bis ins Innere der Compacta mit Blei aus dem Boden kontaminiert.

Zeitraum

I ca. 850–910, II ca. 910–960, III ca. 960–1000, IV ca. 1000–1020, V ca. 1020–1050.

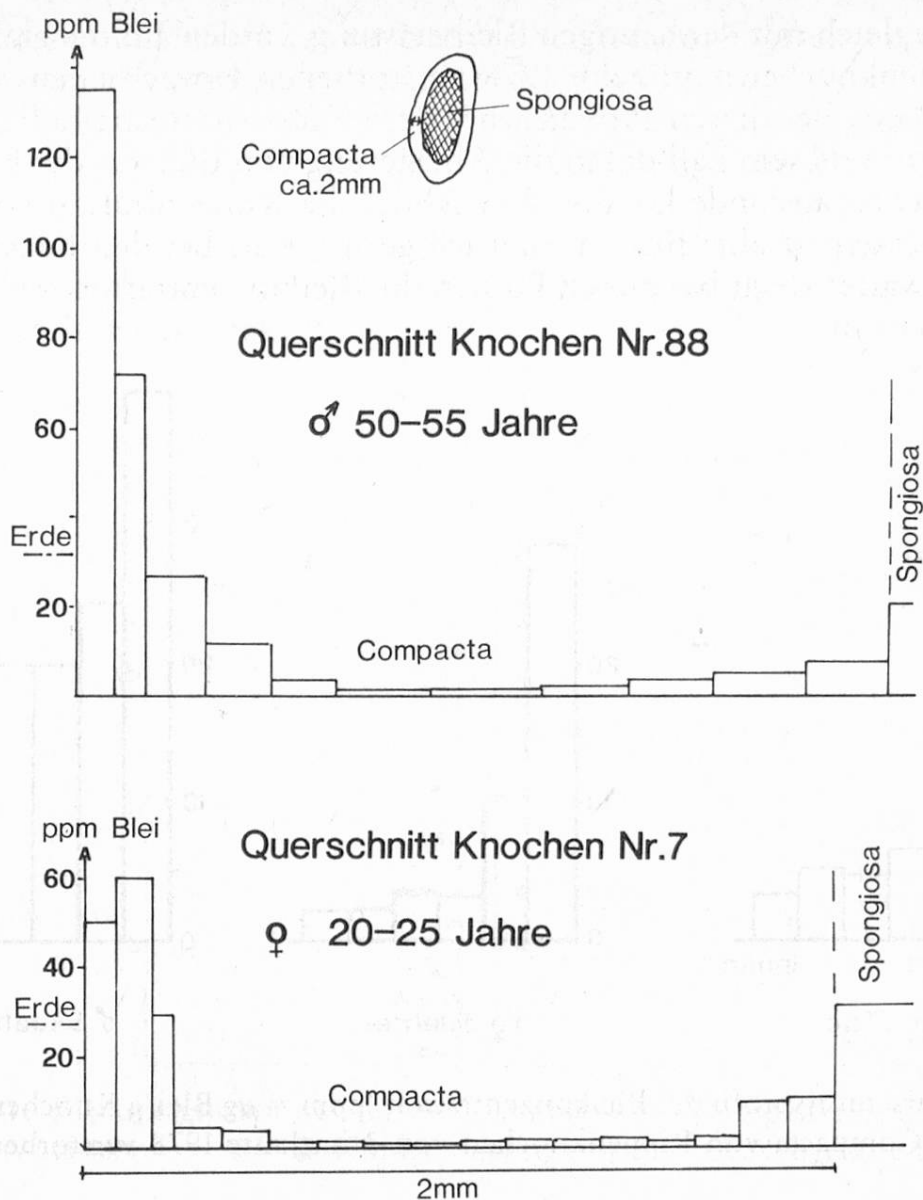


Abb. 3. Querschnittsprofil der Bleikonzentration (ppm = μg Blei/g Knochenasche) durch die Compacta von Rippenknochen von 2 Skelettfunden (Münsterhof Zürich, 9. bis 11. Jahrhundert)

sen wie erwartet die höchsten Konzentrationen auf. Nach einem scharfen Abfall wird im Zentrum der Compacta ein Plateau erreicht. Daß die Bleikonzentration in den Randzonen deutlich über dem Mittel derjenigen in der anhaftenden Erde liegt, läßt sich mit dem Anteil an mineralischen Partikeln im Bodenmaterial erklären, deren Bleigehalt mit der verwendeten Analysenmethode nicht erfaßt wird. Dieser Verdünnungseffekt führt zu den scheinbar tieferen Bleikonzentrationen im Bodenmaterial.

Im folgenden wurden die Bleikonzentrationen im Innern der Rippenknochen von 30 erwachsenen Skeletten bestimmt. Als nicht geeignet erwies sich diese Methode für die Rippen von Neugeborenen und Kleinkindern, da sie zu dünn waren, um einen Unterschied zwischen Bleikontamination aus dem Boden und biologisch aufgenommenem Blei feststellen zu können.

Zum Vergleich mit der heutigen Bleibelastung wurden auf die gleiche Art und Weise Rippenknochen von zehn 1978 verstorbenen Erwachsenen und Kindern analysiert. Auch bei diesen Proben wurde ein Konzentrationsgradient gefunden (Abb. 4), der in diesem Fall durch die Ablagerung von Blei aus der Knochenhaut in den Knochen zustande kommt. Der Abfall der Konzentration von außen gegen das Zentrum ist allerdings wesentlich geringer als bei den historischen Proben. Wie erwartet steigt bei diesen Proben die Bleikonzentration mit dem Sterbealter deutlich an.

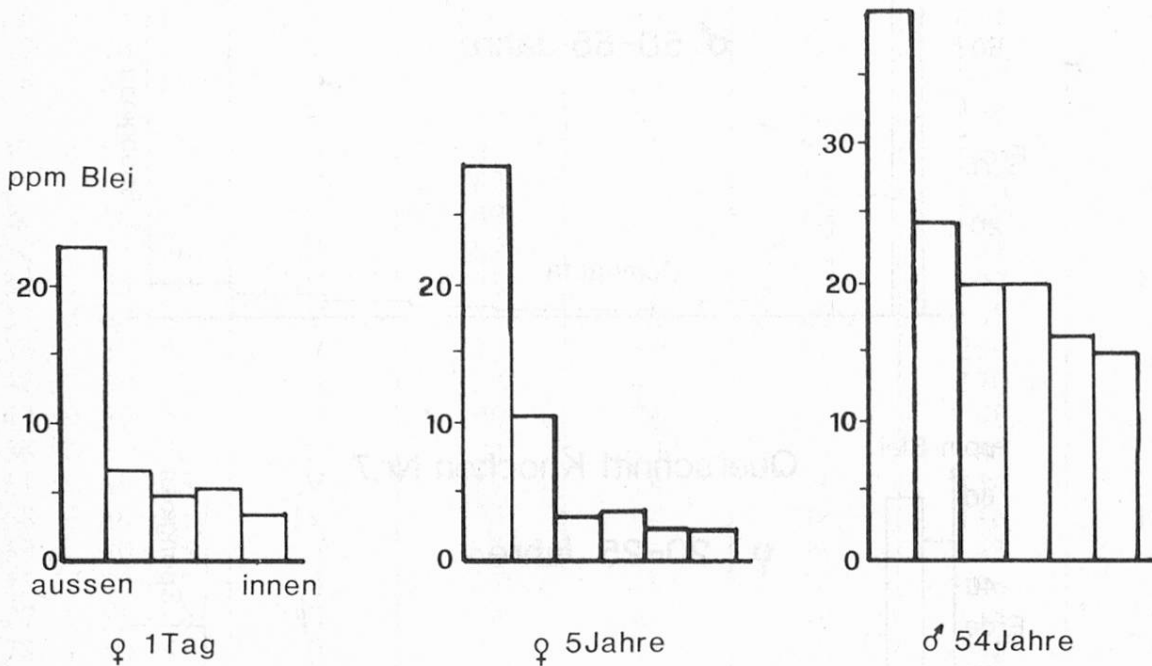


Abb. 4. Querschnittsprofil der Bleikonzentration (ppm = μg Blei/g Knochenasche) durch die Compacta von Rippenknochen von 3 im Jahre 1978 verstorbenen Personen

Resultate und Diskussion

Die Daten für die 30 untersuchten Skelette vom Münsterhof sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Rippenknochen der Föten und Kinder sind so dünn, daß auch der innerste Teil der Compacta durch Blei aus dem Boden kontaminiert ist. In der Tabelle sind deshalb nur die Mittelwerte und Streuungen der mittleren Bleikonzentrationen angegeben. Auch bei den Erwachsenen ist bei einigen Proben nicht auszuschließen, daß das Blei aus dem Boden bis ins Zentrum hinein diffundiert ist und deshalb auch die tiefsten gemessenen Konzentrationswerte zum Teil immer noch zu hoch sind. Das in mehreren Proben gefundene deutliche Plateau im Inneren der Compacta läßt aber vermuten, daß Werte von 1 bis 3 μg Blei/g Knochenasche etwa den biologisch richtigen entsprechen. Ein Anstieg der Bleikonzentration mit dem Sterbealter läßt sich nicht feststellen. Da die meisten Skelettfunde ein Sterbealter von 40 bis 65 Jahren aufweisen, liegen sie im Bereich des altersbedingten Maximums. Die Konzentrationswerte korrelieren auch nicht mit der Grabungstiefe oder mit den Bestattungsphasen.

Im Vergleich mit den heutigen Proben (Abb. 5) kann abgeschätzt werden, daß die Bleibelastung der untersuchten Münsterhofbevölkerung gegenüber heute um einen Faktor 5–10 tiefer lag. Andere Untersuchungen archäologischer Knochenfunde kommen zu ähnlichen Resultaten (9, 10). Vergleiche von Arbeiten verschiedener Laboratorien sind allerdings recht problematisch, da neben möglichen systematischen analytischen Fehlern das untersuchte Knochenmaterial meistens schlecht definiert ist. Über mögliche Kontamination durch die Lagerung im Boden ist ebenfalls wenig bekannt.

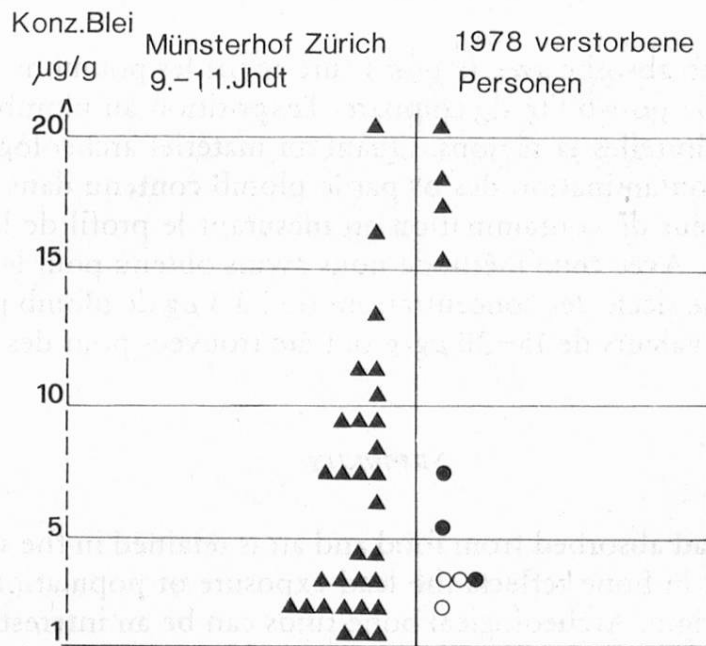


Abb. 5. Tiefste Bleikonzentrationen in der Compacta von Rippenknochen
 ▲ Erwachsene ● Kinder, 5jährig ○ Neugeborene

Dank

Wir danken den Herren Dr. H. U. Etter und Dr. J. Schneider vom Büro für Archäologie der Stadt Zürich für die historischen Knochenproben und dem Institut für Pathologie der Universität Zürich für die Vergleichsproben. Die Bleibestimmungen wurden von Herrn A. Känzig und weiteren Mitarbeitern am Institut für Toxikologie ausgeführt.

Zusammenfassung

Ein Teil des mit der Nahrung und über die Atemwege aufgenommenen Bleis wird im Körper in den Knochen gespeichert. Die Bestimmung der Bleikonzentration in Knochen kann deshalb zum Vergleich der Bleibelastung der Bevölkerung verschiedener geographischer Gebiete oder Kulturepochen verwendet werden. Bei archäologischen Knochenfunden ergibt sich die Schwierigkeit, daß während der Zeit der Lagerung die Knochen durch

den natürlicherweise bleihaltigen Boden kontaminiert werden können. In der vorliegenden Untersuchung wurde versucht, diesen Effekt auszuschließen oder mindestens stark zu verringern, indem das Profil der Bleikonzentrationen gemessen und die tiefsten, im Zentrum der Compacta der Rippenknochen gemessenen Bleikonzentrationen mit entsprechenden Werten von rezenten Knochen verglichen wurden. Während bei vier 1978 verstorbenen Erwachsenen Bleikonzentrationen von 15–20 μg Blei pro g Knochenasche gemessen wurden, betragen die entsprechenden, unkontaminierten Werte der hochmittelalterlichen Funde 1–3 $\mu\text{g}/\text{g}$.

Résumé

Une partie du plomb absorbé avec la nourriture et par les poumons est déposée dans le squelette. Cela donne la possibilité de comparer l'exposition au plomb des populations à différentes époques culturelles et régions. Quant au matériel archéologique il est difficile d'estimer le degré de contamination des os par le plomb contenu dans le sol. Nous avons essayé d'écarter ce facteur de contamination en mesurant le profil de la concentration en plomb des os des côtes. Avec cette méthode nous avons obtenu pour le matériel archéologique du 9ème au 11ème siècle des concentrations de 1 à 3 μg de plomb par gramme de cendre d'os, alors que des valeurs de 15–20 $\mu\text{g}/\text{g}$ ont été trouvées pour des adultes décédés en 1978.

Summary

A fraction of the lead absorbed from food and air is retained in the skeleton. Therefore, the lead concentration in bone reflects the lead exposure of populations of different geographic or historical origin. Archeological bone finds can be an interesting source for such an investigation, but often it is difficult to differentiate between lead acquired during life and contamination from the soil. In this work, the effect of contamination was eliminated or at least strongly reduced by measuring the concentration profile through the compact part of the ribs and comparing the lowest, least contaminated archeological values (1–3 μg lead/g bone ash) with corresponding values from present day samples (15–20 μg lead/g bone ash).

Literatur

1. *Grandjean, Ph.*: Lead in Danes. Historical and toxicological Studies. In: Griffin, T. B. and Knelson, J. H., ed.: Lead. Suppl. Vol. II of Environmental Quality and Safety. Thieme, Stuttgart 1975.
2. *Etter, HU. F.*: Ein Gräberfeld des Hochmittelalters auf dem Münsterhof. Turicum, Juni August 1979, Nr. 2 (Orell Füssli Verlag, Zürich).
3. *Nriagu, I. O.* (ed): The biogeochemistry of lead in the environment. Elsevier, Amsterdam 1978.
4. WHO: Evaluation of mercury, lead, cadmium and some food additives. WHO Food Additives Series No. 4, WHO, Geneva 1972.
5. Umwelt Bundes-Amt (1976): Luftqualitätskriterien für Blei. Berichte 3/76. Umwelt Bundes-Amt, Berlin.
6. *Patterson, C. C.*: Lead in the environment. Connecticut Medicine 35, 347–352 (1971).

7. *Woidich, H. und Pfannhauser W.:* LVA Bericht «Feststellung der gegenwärtigen Belastung der Lebensmittel durch Blei». Lebensmittel-Versuchsanstalt, Wien 1976.
8. *Matthey, E.:* Die Durchführung der Lebensmittelkontrolle in der Schweiz im Jahre 1978, p. 390. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **70**, 303–415 (1979).
9. *Ulrich, L.:* Untersuchungen über den Bleigehalt in Wirbeln und Rippen. Arch. Toxicol. **41**, 133–148 (1978).
10. *Weinig, E. und Börner, B.:* Über den normalen Bleigehalt der menschlichen Knochen. Arch. Toxikol. **19**, 34–48 (1961).

Dr. R. Knutti
Institut für Toxikologie
der ETH und Universität Zürich
Schorenstraße 16
CH-8603 Schwerzenbach