

Blei im Trinkwasser – Erfahrungen mit einem abgestuften Probenahmeschema

Von A. Quenzer, W. Hentschel und U. Heudorf

Zusammenfassung

Zur Überprüfung des Bleigehaltes im Trinkwasser in Frankfurter Haushalten wurde folgendes Probenahmeschema angewandt: Probe 1: Wasseruhr nach Nachtstagnation; Probe 2: Küchenzapfhahn nach Nachtstagnation; Probe 3: Küchenzapfhahn nach 5 Min. Ablauf; Probe 4: Küchenzapfhahn nach drei Stunden Stagnation (Armaturenvolumen); Probe 5: Küchenzapfhahn nach drei Stunden Stagnation (Leitungsvolumen).

Mit diesem Untersuchungsverfahren wurden von 1994 bis 1996 insgesamt 84 Wohnungen überprüft. Überschreitungen des Grenzwerts von 40 µg Blei/l entsprechend der geltenden Trinkwasserverordnung wurden in 45 (53 %) dieser Wohnungen festgestellt: Probe 1: 23,8 %; Probe 2: 41,7 %; Probe 3: 1,2 %; Probe 4: 23,8 %; Probe 5: 25,0 %. Der Maximalwert betrug 841 µg Blei/l. Konnten die Probenehmer bei der optischen Kontrolle bleihaltige Trinkwasserleitungen feststellen, lagen 75 % der Proben nach Nachtstagnation (Probe 2) über 40 µg/l. Konnten bleihaltige Leitungen in der Peripherie jedoch ausgeschlossen werden, wurde der Grenzwert in allen Fällen eingehalten.

Die WHO hat einen Richtwert von 10 µg/l vorgeschlagen; es wird erwartet, daß dieser bald als Grenzwert in die Trinkwasserverordnung übernommen wird. In 13 (33 %) der 39 nach der Trinkwasserverordnung nicht zu beanstandenden Wohnungen wurden Werte über 10 µg Blei/l gemessen, u.a. auch in Wohnungen, in denen bei der optischen Kontrolle keine bleihaltigen Trinkwasserleitungen gefunden wurden. Ursache waren offenbar Lote und Armaturenmaterialien, die zur besseren Verarbeitung 2–5 % Bleizusätze enthalten.

Deshalb sollten bereits im Vorfeld der geplanten Grenzwertabsenkung geeignete Prüfverfahren und Materialien entwickelt werden, die eine sichere Unterschreitung von 10 µg Blei/l ermöglichen.

Summary

Lead in drinking water – experience with a graduated sampling plan

For analysis of the lead content of tap water in households of Frankfurt/Main, the following sampling plan was used. Sample No. 1 was taken at the water meter after overnight stagnation, No. 2 at the kitchen tap after overnight stagnation, No. 3 at the kitchen tap after 5 min. of running, No. 4 at the kitchen tap after 3 h of stagnation (volume contained in fittings) and No. 5 at the kitchen tap after 3 h of stagnation (pipe volume).

Using this approach, a total of 84 flats was examined during the 1994–1996 period. In 45 (53 %) of these flats, the limit value of 40 µg lead/L stipulated by the current Drinking Water Regulations was found to have been surpassed (samples No. 1: 23.8 %, No. 2: 41.7 %, No. 3: 1.2 %, No. 4: 23.8 %, No. 5: 25.0 %). The maximal level measured was 841 µg lead/L. Where lead-containing pipes had been found upon visual inspection by the sampling staff, 75 % of the samples taken after overnight stagnation (sample No. 2) exhibited levels above 40 µg/L. In all cases where the presence of peripheral lead-containing pipes could be excluded, the limit value had been adhere to.

A limit value of 10 µg/L has been proposed by WHO. It is expected that this level will also be adopted for the German Drinking Water Regulations. In 13 (33 %) out of the 39 flats which did not give rise to objections under the Drinking Water Regulations, levels above 10 µg lead/L were measured. These flats included some where visual checking had not shown any lead-containing pipes. Obviously, this had been due to the use of lead-containing solders and fittings of a material to which 2–5 % lead had been added to improve handling.

For the above reasons, suitable methods of examination and materials should be developed which would reliably permit to reach levels below the limit of 10 µg lead/L, in time before the envisaged reduction of the limit value.

In den vergangenen Jahren hat in Deutschland infolge von Luftreinhaltemaßnahmen und durch das Benzinbleigesetz die Außenluftbelastung und die Belastung der Nahrung mit Blei stark abgenommen, was sich auch in einer deutlich rückläufigen inneren Bleibelastung in der erwachsenen Bevölkerung, aber auch bei Kindern in den letzten Jahren niederschlägt [1, 2]. Relevante Pfade für die innere Bleibelastung sind heutzutage neben der Ernährung, Rauchen und Passivrauchen auch die

mögliche Bleibelastung im Trinkwasser durch bleihaltige Hausinstallationen [Lit. bei 3, 4].

Da verschiedene neuere Untersuchungen bei Kindern schon bei niedrigen Blutbleikonzentrationen, die früher als sicher galten, erste neurologische Auffälligkeiten gezeigt hatten [3–9], wurden die toxikologisch abgeleiteten Humanbiomonitoring-Referenzwerte für Blei im Blut auf niedrigere Konzentrationen festgesetzt [9]. Vor dem Hinter-

grund dieser toxikologischen Daten hat die WHO einen Richtwert von 10 µg Blei im Liter Trinkwasser vorgeschlagen [10], der auch von der Europäischen Gemeinschaft vertreten wird [11]. Es wird erwartet, daß dieser Richtwert bald als Grenzwert in die deutsche Trinkwasserverordnung übernommen wird.

In der Bundesrepublik Deutschland war bereits in der Trinkwasserverordnung von 1986 [12] ein Grenzwert von 40 µg Blei/l festgeschrieben. Seit der Novellie-

zung dieser Verordnung 1990 [13] gilt dieser Grenzwert auch für Hausinstallationen, das heißt, Hausbesitzer müssen jetzt sicherstellen, daß auch am Zapfhahn der Bleigrenzwert von 40 µg/l im Trinkwasser eingehalten wird.

Diese neue Verordnungslage wurde durch das Landgericht Hamburg in einem rechtskräftigen Urteil konkretisiert [14]: Vermieter müssen Wasserleitungen aus Blei austauschen lassen, wenn der Grenzwert für Blei *regelmäßig* überschritten wird. Im konkreten Fall konnte der Grenzwert zwar durch Ablaufenlassen eingehalten werden, war aber bereits nach 20 Min. Stagnation wieder überschritten. Das Gericht hielt die regelmäßige Überschreitung des Grenzwerts somit für bewiesen und forderte den Austausch der bleihaltigen Leitungen.

Vor dem Hintergrund dieser Rechtslage und in Kenntnis der möglichen Trinkwasserkontaminationen aus bleihaltigen Installationen, Armaturen und sonstigen Werkstoffen [15–20] hat das Stadtgesundheitsamt Frankfurt 1994 ein abgestuftes Probennahmeverfahren entwickelt. Dieses erfaßt sowohl die Nachtstagnation als auch die Reduktion durch Ablaufenlassen und den Wiederanstieg der Bleikonzentration mit der Zeit und gibt darüber hinaus erste Hinweise auf notwendige Sanierungsmaßnahmen und -umfänge [21].

Tabelle 1: Probennahmeverfahren zur differenzierten Untersuchung des Bleigehalts im Trinkwasser

Probennr.	Entnahmeort	Entnahmezeitpunkt	Geprüfter Einflußfaktor
1	Wasserzähler, Keller	nach Nachtstagnation	Hauseinführungsleitung
2	Zapfhahn, Küche	nach Nachtstagnation	Hausinstallation
3	Zapfhahn, Küche	nach 5 Min. Ablauf	Ablaufenlassen
4	Zapfhahn, Küche	nach 3 Std. Stagn.*	Armatur
5	Zapfhahn, Küche	nach 3 Std. Stagn.**	Hausinstallation

* erste 200 ml (Armaturvolumen); ** nachfolgende 250 ml

Nach zweijähriger Laufzeit sollen hier die Erfahrungen mit diesem Meßverfahren dargestellt und sowohl vor dem Hintergrund der geltenden Trinkwasserverordnung mit dem Grenzwert von 40 µg/l als auch des von der WHO und der EU vorgeschlagenen Richtwerts von 10 µg Blei/l diskutiert werden.

Methoden

Das Probennaheschema und die überprüften Einflußfaktoren gehen aus Tabelle 1 hervor. Die Analytik wurde in dem nach der Trinkwasserverordnung zugelassenen Labor der Stadtwerke Frankfurt nach DIN 38406 Teil 6 durchgeführt.

Ergebnisse

Zwischen 1994 und Mitte 1996 wurden in 84 Wohnungen in Frankfurt insge-

samt 412 Einzelproben untersucht. In 53 % der Wohnungen wurde der Grenzwert mindestens an einer Probennahmestelle überschritten (Tab. 2).

An der Wasseruhr (Probe 1), wo der Einfluß der Hauseinführungsleitung überprüft wird, betrug der Mittelwert 23 µg/l, und 24 % der Proben wiesen Grenzwertüberschreitungen auf.

Am Küchenzapfhahn wurden die höchsten Werte in aller Regel nach Nachtstagnation (Probe 2) gemessen; 42 % der Proben lagen über 40 µg/l. Durch 5 Minuten langes Ablaufenlassen (Probe 3) konnte mit einer Ausnahme (1,2 %) in allen untersuchten Fällen der Grenzwert eingehalten werden. Nach drei Stunden Stagnation wurde – wie erwartet – wieder ein deutlicher Anstieg der Bleibelastung registriert (Proben 4 und 5), bis etwa auf die Hälfte des Wertes der Nachtstagnation. Der Anteil der

Tabelle 2: Ergebnisse der Bleiuntersuchung in 84 Wohnungen in Frankfurt am Main von 1994 bis 1996

Nr.	Proben	n µg/l	x ± µg/l	sdev µg/l	Median µg/l	von – bis µg/l	> 40 µg/l %	> 10 µg/l %
alle Wohnungen								
1	Wasseruhr Stagnation	77	22,6 ±	35,1	6	1–128	23,8	45,2
2	Netz Stagnation	83	72,5 ±	127,1	26	1–841	41,7	58,3
3	Netz Durchlauf	84	10,5 ±	45,8	4	1–423	1,2	16,7
4	Hahn Stagnation	84	39,0 ±	85,5	13	1–710	23,8	58,3
5	Leitung Stagnation	84	42,1 ±	95,4	11	1–755	25,0	50,0
Wohnungen mit Grenzwertüberschreitung								
1	Wasseruhr Stagnation	38	38,5 ±	43,2	15	1–128	31,6	55,3
2	Netz Stagnation	44	130,6 ±	153,0	81	1–841	80,5	87,8
3	Netz Durchlauf	45	23,7 ±	64,5	9	1–423	2,4	35,7
4	Hahn Stagnation	45	69,0 ±	113,5	38	1–710	47,6	85,7
5	Leitung Stagnation	45	77,0 ±	126,0	38	1–755	50,0	81,0
Wohnungen ohne Grenzwertüberschreitung								
1	Wasseruhr Stagnation	39	6,9 ±	7,2	4	1–31		23,1
2	Netz Stagnation	39	9,4 ±	10,4	6	1–37		28,6
3	Netz Durchlauf	39	3,0 ±	2,5	2	1–11		2,4
4	Hahn Stagnation	39	8,9 ±	8,5	7	1–36		33,3
5	Leitung Stagnation	39	7,3 ±	8,9	5	1–36		28,6

Grenzwertüberschreitungen nach drei Stunden Stagnation betrug etwa ein Viertel.

Legt man jedoch den von der WHO vorgeschlagenen Richtwert von 10 µg/l zugrunde, so waren 45 % der Stagnationsproben an der Wasseruhr (Probe 1) und 50–58 % der Proben im Netz (Proben 2, 4, 5) zu beanstanden. Bei 17 % der Ablaufproben (Probe 3) konnte der WHO-Richtwert nicht eingehalten werden. Etwa ein Drittel der nach heutigem Grenzwert nicht zu beanstandenden Wohnungen lagen über dem vorgeschlagenen WHO-Richtwert von 10 µg/l, wobei die Hahnstagnation (Probe 4) am häufigsten Richtwertüberschreitungen zeigte.

In 53 % der Wohnungen war in mindestens einer Probe der Grenzwert von 40 µg/l überschritten; dies betraf 81 % der Netzproben nach der Nachtstagnation (Probe 2) sowie 48 % der Hahn- und 50 % der Netz-Proben nach dreistündiger Stagnation (Proben 4 und 5). Aber auch in den Wohnungen ohne Grenzwertüberschreitung sind bei Anwendung des WHO-Richtwerts 28–33 % der Netzstagnationsproben (Proben 2, 4, 5) und 2,4 % der Ablaufproben (Probe 3) zu beanstanden.

Wurden durch die Mitarbeiter des Stadtgesundheitsamtes vor Ort sicher bleihaltige Trinkwasserleitungsmaterialien gesehen, lagen über die Hälfte der Nachtstagnationsproben (Probe 2) und etwa ein Drittel der Drei-Stundenstagnationsproben am Wasserhahn (Probe 4) und der Wasserleitung (Probe 5) über dem Grenzwert von 40 µg/l (Tab. 3). Konnten jedoch bleihaltige Leitungen in

Tabelle 4: Bleilösung und Bleipartikelfreisetzung in einem großen Haus mit einer Hauseinführungsleitung und verschiedenen Steigleitungen aus Blei – Ergebnisse von zwei verschiedenen Probenahmedurchgängen

Steigleitung	Nachtstagnation		5 Min. Ablauf		3-h-Stagnation Hahn		3-h-Stagnation Leitung	
	1. µg/l	2. µg/l	1. µg/l	2. µg/l	1. µg/l	2. µg/l	1. µg/l	2. µg/l
A	93	27	9	8	14	14	14	12
B	493	129	5	4	10	710	10	44
C	135	9	2	18	8	13	4	9
D	132	128	17	423	14	158	13	261
E	305	221	25	9	21	171	46	755
F	272	841	14	7	95	105	72	203
G	13	10	4	5	6	5	7	3

Wasseruhr im Keller: Serie 1: 6 µg/l; Serie 2: 104 µg/l

der Peripherie nicht gefunden werden, wurde in keiner der Netz- oder Hahnstagnationsproben (Proben 2, 4, 5) der Grenzwert überschritten.

Bei optisch nachgewiesenen Hausinstallationen mit bleihaltigen Materialien wurde der Richtwert von 10 µg/l in 50–75 % der Proben überschritten; aber auch in Leitungssystemen, wo Blei nicht optisch festgestellt wurde, waren 14–25 % der Netzstagnationsproben zu beanstanden (Tab. 3).

Die Einzelfallbetrachtung eines komplett mit Bleiinstallationen ausgestatteten größeren alten Hauses mit insgesamt sieben Steigleitungen und unterschiedlichen Versorgungszonen zeigte neben der Problematik der Bleilösung auch das Problem der Bleipartikelfreisetzung in das Trinkwasser, was zu Extremwerten

von mehreren hundert Mikrogramm führte, teilweise auch im Ablaufwasser (Tab. 4).

Diskussion

Nach der Neufassung der Trinkwasserverordnung müssen Hauseigentümer sicherstellen, daß das Trinkwasser auch an den Zapfstellen einwandfreie Wasserqualität besitzt (§ 8 Abs. 3, TrinkwV 1990). Werden dem zuständigen Gesundheitsamt Anhaltspunkte auf bleihaltige Trinkwasserleitungen bekannt, die der Hauseigentümer nicht sicher ausräumen kann, können die Gesundheitsämter nach § 18 Abs. 2,2 »zum Schutz der Gesundheit oder zur Sicherstellung einer einwandfreien Trinkwasserbeschaffenheit« auf Kosten der Hauseigentümer eine Untersuchung des Trinkwassers anordnen oder durchführen und bei Grenzwertüberschreitung Sanierungsmaßnahmen verlangen.

In Frankfurt am Main wurden bis 1985 sämtliche bleihaltigen städtischen Trinkwasserleitungen ausgetauscht. Zu diesem Zeitpunkt waren die Hauseinführungsleitungen von insgesamt 7700 Liegenschaften noch aus Blei. Unter der Voraussetzung, daß diese Daten noch auf die heutige Situation übertragbar sind, wurde 1996 die durchschnittliche Einwohnerzahl pro Haus in einer randomisiert ausgewählten Stichprobe von 250 Häusern dieser Gesamtheit ermittelt. Sie betrug nach Angabe des Einwohnermeldeamts 7,58 Personen pro Haus. Hochgerechnet auf die 7700 Liegenschaften erhalten demnach 58 366 Frankfurter Bürger, d. h. etwa jeder zehnte Frankfurter, Trinkwasser aus bleihaltigen Hausinstallationen.

Tabelle 3: Grenzwertüberschreitungen in Abhängigkeit von den optisch festgestellten Leitungsmaterialien

Nr.	Probe	alle n	≥ 40 µg/l		≥ 10 µg/l	
			n	%	n	%
1	Wasseruhr Stagnation					
	HEL bleihaltiges Material	25	5	20,0	13	52,0
	HEL nicht bleihaltiges Material	17	2	11,8	5	29,4
2	Netz Nachtstagnation					
	HI bleihaltiges Material	52	28	53,8	39	75,0
	HI nicht bleihaltiges Material	7	–	–	1	14,3
4	Hahn 3-h-Stagnation					
	HI bleihaltiges Material	53	17	32,1	38	71,7
	HI nicht bleihaltiges Material	7	–	–	1	14,3
5	Leitung 3-h-Stagnation					
	HI bleih. Material	53	18	34,0	35	66,0
	HI nicht bleihaltiges Material	8	–	–	2	25,0

Die Materialien von 42 (50 %) der Hauseinführungsleitungen (HEL) und 24 (28%) der Hausinstallationen (HI) waren nicht sicher optisch feststellbar

Die Freisetzung von Blei aus bleihaltigen Wasserleitungen ist in vielen Untersuchungen beschrieben; der Freisetzungsprozeß ist je nach Randbedingungen auch noch nach Jahren und Jahrzehnten erheblich und führt häufig zu Grenzwertüberschreitungen [15, 16].

Aber auch aus bleihaltigem Lot zur Verbindung kupferner Rohre können je nach Qualität der ausgeführten Lötungen und durch Korrosion des Lotes hohe Bleikonzentrationen in das Trinkwasser gelangen. So wurden im Trinkwasser einer reinen Kupferinstallation mit neuen bleihaltigen Lötstellen Bleikonzentrationen über 100 µg/l mit einem Maximalwert von 4300 µg/l nachgewiesen. Diese Bleikonzentrationen waren nach wenigen Wochen stark rückläufig, und nach wenigen Wochen wurden 20 µg/l in aller Regel nicht mehr überschritten. Je nach Anzahl und Qualität der Lötstellen mußte aber über einen längeren Zeitraum mit erheblichen Grenzwertüberschreitungen gerechnet werden [17].

Die heute verwendeten Werkstoffe wie Messing, Rotguss und Kupfer enthalten noch 2–5 % Blei, das zur besseren Verarbeitung zugesetzt wird und auch einen Einfluß auf das Trinkwasser haben kann. Ein Laborversuch mit verschiedenen geprüften Werkstoffkombinationen ergab zu Beginn bei Rotguss in Verbindung mit Kupferrohren eine Bleikonzentration von 343 µg/l. Diese nahm in den ersten Wochen stetig ab und fiel nach 24 Wochen unter 12 µg/l [17].

Im Gegensatz zu den oben genannten Laborversuchen unter standardisierten Bedingungen mit zumeist neuen Materialien zeigen die hier vorgestellten Daten die Situation in lange bestehenden und haushaltsüblich betriebenen Hausinstallationen. Da nur eine gezielte Auswahl an Häusern untersucht und ein differenziertes Probenahmeschema angewandt wurde, können die Ergebnisse nur bedingt mit anderen Untersuchungen [22–24] verglichen werden, die in der Regel ohne vorherige Überprüfung auf Bleileitungen durchgeführt wurden.

In der hier vorgestellten Untersuchungsreihe wies die Probe nach Nachtstagnation (Probe 2) in der Regel sowohl die höchsten Bleikonzentrationen im Trinkwasser als auch die höchste Rate an Überschreitungen des Grenzwerts von 40 µg/l auf. Nach drei Stunden Stagnationszeit (Proben 4, 5) war der Grenzwert in bis zu 25 % der untersuchten Wohnungen überschritten, bei

eindeutig bleihaltigen Hausinstallationen sogar bei bis zu 34 % der Proben.

Ursache der Grenzwertüberschreitungen waren in aller Regel bleihaltige Wasserleitungen, während bleihaltige Lote oder Armaturen offenbar kaum von Bedeutung waren. So wurden bei eindeutig nicht bleihaltigen Wasserleitungen keine Grenzwertüberschreitungen gefunden, und auch die Probe der Hahnstagnation (Probe 4) wies keine höheren Werte und keine häufigeren Grenzwertüberschreitungen als die Netzstagnationsprobe (Probe 5) auf. Demnach könnte die Hahnstagnationsprobe – bei Zugrundelegung des derzeit gültigen Grenzwerts von 40 µg/l – entfallen, zumal auch keine Änderungsempfehlungen gegeben werden können, da Messing immer Blei enthält.

Bei Anwendung des Richtwerts von 10 µg/l ergibt sich jedoch ein anderes Bild. Dann wären ein Drittel der Hausinstallationen, die den derzeitigen Grenzwert von 40 µg/l einhalten, zu beanstanden. Hier zeigt sich die Bedeutung der Armaturen, da sich gerade bei der Probe der Hahnstagnation (Probe 4) ein Trend zu den höchsten Werten und zu den häufigsten Überschreitungen von 10 µg/l andeutet – auch noch bei den hier untersuchten älteren Armaturen.

Darüber hinaus muß auch in einer nicht geringen Anzahl der Hausinstallationen ohne optische Hinweise auf bleihaltige Leitungen mit einer Überschreitung von 10 µg/l gerechnet werden. Hier scheint sich weniger der Einfluß der Armaturen, sondern eher der Einfluß bleihaltiger Lote bemerkbar zu machen – dies offenbar auch noch nach vielen Betriebsjahren.

Schlußfolgerungen

1. In alten bleihaltigen Hausinstallationen ist die Überschreitung des Grenzwerts von Blei im Trinkwasser häufig. In Anbetracht des Bleilösungsverhaltens und der möglichen Partikelfreisetzung müssen bleihaltige Wasserleitungen ausgetauscht werden, um den Blei-Grenzwert von 40 µg/l Trinkwasser sicher einzuhalten. Für die Übergangsfrist bis zum Austausch kann fünfminütiges Ablaufenlassen gut empfohlen werden, in Einzelfällen ist allerdings auch im Ablaufwasser eine Grenzwertüberschreitung durch Partikelfreisetzung nicht auszuschließen.

2. Wenn der WHO-Richtwert von 10 µg/l in die Trinkwasserverordnung auf-

genommen wird, wird in vielen Fällen der Austausch der bleihaltigen Wasserleitungen nicht ausreichen, um 10 µg/l sicher zu unterschreiten. Bleihaltige Lote sowie Armaturen- und Rohrleitungsmaterialien mit Bleizusätzen können dann weiterhin zu Grenzwertüberschreitungen führen. Deshalb sollten bereits im Vorfeld der geplanten Grenzwertabsenkung geeignete Rohrleitungs- und Armaturenmateriale entwickelt werden, die eine sichere Grenzwerteinhaltung auch im langjährigen Betrieb ermöglichen.

Literatur:

- [1] Dolgner, R., Brockhaus, A., Ewers, U., Freier, E., Jermann, R., Engelke, R., Turfeld, M., Zander, D., und Krämer, U.: Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Kindern im Ruhrgebiet. *Öffentliches Gesundheitswesen* 50 (1988) 189–196.
- [2] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen: Wirkungskataster zu den Luftreinhalteplänen des Ruhrgebiets 1993. Immissionswirkungen durch Luftverunreinigungen auf den Menschen. Essen/Düsseldorf: Woeste Druck + Verlag, Dez. 1993, S. 62–68, 121–129.
- [3] Bellinger, D., Leviton, A., Waternaux C., Needleman, H., and Rabinowitz, M.: Longitudinal analysis of prenatal and postnatal exposure and early cognitive development. *New Engl. J. Med.* 316 (1987) 1037–1046.
- [4] Needleman, H., and Gatsonis, G.A.: Low level lead exposure and the IQ of children. A meta analysis of modern studies. *JAMA* 263 (1990) 673–678.
- [5] Shukla, R., Dietrich, K.N., Bornschein, R.L., Berger, O., and Hammond, P.B.: Lead exposure and growth in the early preschool child: a follow-up report from the Cincinnati Lead Study. *Pediatrics* 88 (1991) 886–892.
- [6] Baghurst, P.A., McMichael, A.J., Wigg, N.R., Vimpani, G.V., Robertson, E.F., Roberts, R.J., and Tong, S.-L.: Environmental Exposure to lead and children's intelligence at the age of seven years. *New Engl. J. Med.* 327 (1992) 1279–1284.
- [7] Sciarillo, W.G., Alexander, G., and Farrel K.P.: Lead exposure and child behaviour. *Amer. J. Publ. Health* 82 (1992) 1356–1360.
- [8] Wilhelm, M., und Ewers, U.: VI-3: Metalle/Blei. in: Wichmann/Schlipköter/Füllgraff (Hrsg.): *Handbuch der Umweltmedizin*. Landsberg/Lech: ecomed Verlag. 1. Erg.Lfg. 6/93 (1993) VI-3: 1–24.
- [9] Kommission Humanbiomonitoring des Umweltbundesamtes: Stoffmonographie Blei: Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). *Bundesgesundhbl.* 39, 6 (1996) 236–241.
- [10] World Health Organization: Guidelines for drinking water quality, Vol 1., Recommendations, Geneva (1993) 174.
- [11] Commission of the European Communities: Proposal for a council directive concerning the quality of water intended for human consumption. Brüssel, Januar 1995.
- [12] Trinkwasser-Verordnung (TrinkwV) vom 22.5.1986, BGBl. I (1986) 760 ff.

- [13] Trinkwasser-Verordnung (TrinkwV) vom 5.12.1990, BGBl. I (1990) 2612–2629.
- [14] Landgericht Hamburg, AZ 16, 33/88.
- [15] Arts, W., und Bretschneider, H.-J.: Blei im Berliner Trinkwasser (Teil 2). Forum Städte Hygiene 36 (1985) 46–52.
- [16] Wagner, I., und Kuch, A.: Trinkwasser und Blei. Eine Studie der DVGW-Forschungsgesellschaft. Heft 18 der Veröffentl. der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut der Universität Karlsruhe 1981.
- [17] Sauter, W., Meyer, E., und von Franqué, O.: Untersuchungsprogramm zur Beurteilung von Armaturenwerkstoffen auf ihre Eignung im Trinkwasserbereich. Vortrag auf der ersten Fachtagung der GfKORR vom 7. bis 9. 5. 1996 in Dresden.
- [18] von Franqué, O., und Winkler, B.: Schwermetallabgabe von Armaturen- und Lötwerkstoffen an Trinkwasser. Metall 35 (1981) 222–225.
- [19] Laurs, S., et al.: Blei- und Kupfereintrag im Trinkwasser durch Messing und Rotguß. SHT (1996) 91–104 und 111–116.
- [20] Meyer, E.: Gesetzmäßigkeiten des Eintrags von Schwermetallen im Trinkwasser. Schriftenreihe Verein WaBoLu 52 (1981) 9–10. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag 1981.
- [21] Quenzer, A., Hentschel, W., und Heudorf, U.: Blei im Trinkwasser – Darstellung eines abgestuften Probenahmeverfahrens. Forum Städte Hygiene 45 (1994) 273–274.
- [22] Krause, C., et al.: Umwelt Survey, Bd III b, Wohn-Innenraum: Trinkwasser. Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts- und Wasserwerkstrinkwasser der BRD 1985/86. WaBoLu-Hefte 3/1991. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des BGA, Berlin 1991.
- [23] Stempel, M.L., und Müller, L.: Bleibelastung des Trinkwassers durch Leitungsmaterialien in öffentlichen Gebäuden – Bleimeßprogramm Bremen, Forum Städte Hygiene 46 (1995) 259–264.
- [24] Stolle, W.: Blei im Trinkwasser einer Kreisstadt – Bericht des Gesundheitsamtes. Öff. Gesundh.-Wes. 47 (1985) 571–574.

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Ing. Andrea Quenzer, Abteilung Umweltmedizin und Hygiene, Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt, Braubachstr. 18–22, 60311 Frankfurt