

# Blei- und Cadmiumbelastung

## Zähne als Indikatoren der Blei- und Cadmiumbelastung des Menschen

Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen zeigen einen deutlichen Rückgang der Blei- und Cadmiumbelastung der Bevölkerung im Zeitraum 1970–1993

Ulrich Ewers, Martina Turfeld, Ingeborg Freier, Arthur Brockhaus

Medizinisches Institut für Umwelthygiene an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Auf'm Hennekamp 50, D-40225 Düsseldorf

Korrespondenzautor: Prof. Dr. Ulrich Ewers, Hygiene-Institut des Ruhrgebiets, Abteilung für Umweltmedizin und Umwelttoxikologie, Rotthausstraße 19, D-45879 Gelsenkirchen

### Zusammenfassung

Es wurden die Blei- und Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen von Kindern aus verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens bestimmt. Die Kinder entstammten den Geburtsjahrgängen 1968–1973 und 1979–1986. Die Gegenüberstellung der Blei- und Cadmiumgehalte in den Milchzähnen dieser Kinder läßt erkennen, daß die Blei- und Cadmiumgehalte in Kinderzähnen in den 70er und 80er Jahren stark abgenommen haben. Der Rückgang beträgt im Mittel 50–60 %. Da die Blei- und Cadmiumgehalte in Zähnen als Indikatoren der Langzeit-Blei- und Cadmiumbelastung des Organismus angesehen werden können, zeigen die Untersuchungsergebnisse, daß die Blei- und Cadmiumbelastung von Kindern und wahrscheinlich auch der Bevölkerung insgesamt in den 70er und 80er Jahren erheblich abgenommen hat. Der Rückgang der Belastung setzt sich offenbar in den 90er Jahren fort. Verschiedene Studien zeigen, daß die Blei- und Cadmiumbelastung der Bevölkerung im Zuge der Industrialisierung stark zugenommen hat. Die Spitze der Belastung scheint überwunden und die Belastung nunmehr rückläufig zu sein.

**Schlagwörter:** Biomonitoring, Schwermetalle; Human-Monitoring; Schwermetalle, Biomonitoring; Blei, Gehalte in Milchzähnen; Cadmium, Gehalte in Milchzähnen

### Abstract

**Lead and Cadmium in Milk Teeth as Indicators of the Lead and Cadmium Body Burden Show a Significant Decrease from 1970 to 1993 in German Children**

The levels of lead and cadmium were determined in deciduous teeth of children from different areas of Northrhine-Westfalia, Germany. The children were born in 1968–1973 and 1979–1986. The levels of lead and cadmium in deciduous teeth show a significant decrease within this time interval. Lead decreases about 50 %, cadmium about 60 %. Since tooth lead and tooth cadmium may be used as indicators of the lead and cadmium body burden, the results of this study indicate a significant decrease of population exposure to lead and cadmium in West-Germany during the past 20–25 years, which is a consequence of pollution control and the increasing use of unleaded fuel.

**Keywords:** Biomonitoring, heavy metals; human biomonitoring; cadmium, biomonitoring; lead, biomonitoring; cadmium, levels in milk teeth; lead, levels in milk teeth

### 1 Einleitung

Der Bleigehalt in menschlichen Zähnen wurde in verschiedenen Untersuchungen als Indikator der langfristigen und kumulativen Bleibelastung verwendet [1a, 1b, 2, 5, 6, 9a, 9b, 12, 14, 25]. Der Untersuchungsansatz beruht auf dem Umstand, daß Blei im Säugetierorganismus eine hohe Affinität zu kalzifiziertem Hartgewebe (Knochen, Zähne) aufweist. In der Phase der Zahnbildung wird Blei im Zahngewebe abgelagert. Im ausgewachsenen Zahn wird über die die Pulpa durchziehenden Blutgefäße fortwährend Blei im circumpulpalen Dentin abgelagert. Ähnlich wie der Bleigehalt im Knochen steigt der Bleigehalt in Zähnen daher mit dem Lebensalter an [4, 25]. Gegenüber dem Kompartiment Blut ist Blei in Milchzähnen um das etwa 50fache angereichert.

Der Cadmiumgehalt in Zähnen kann ebenfalls als Indikator der Cadmium-Körperlast angesehen werden [12, 14, 27]. Der Zusammenhang zwischen dem Cadmiumgehalt in Zähnen und der Cadmiumbelastung des Organismus, insbesondere der kritischen Organe (Nieren), ist bisher zwar nicht näher untersucht worden. Die Gegenüberstellung der Cadmiumgehalte in Zähnen und im Blut zeigt jedoch, daß auch in bezug auf Cadmium eine beträchtliche Anreicherung im Zahngewebe erfolgt. Die Relation der Cadmiumkonzentrationen in Milchzähnen und im Blut von Kindern beträgt im Mittel 200–300 und ist damit deutlich höher als bei Blei.

Der Umstand, daß Zähne ebenso wie Knochen über lange Zeiträume hinweg ohne bedeutsame Veränderungen des Materials gelagert werden können, erlaubt es, Proben aus verschiedenen Zeit zu untersuchen und auf diese Weise Entwicklungstrends der Schadstoffbelastung der Bevölkerung zu erkennen und zu quantifizieren [2, 13, 14, 15]. Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die Bleigehalte in menschlichen Zähnen heute um das 10- bis 100fache höher sind als die Bleigehalte in Zähnen von Menschen aus prähistorischer Zeit. Die Cadmiumbelas-

stung der Bevölkerung hat im Zuge der Industrialisierung seit Ende des vergangenen Jahrhunderts ebenfalls stark zugenommen [3, 15].

Im folgenden berichten wir über die Ergebnisse von Untersuchungen der Blei- und Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen von Kindern, die Ende der 60er/Anfang der 70er Jahre und in den 80er Jahren geboren wurden. Die Gegenüberstellung der Blei- und Cadmiumgehalte in den Zähnen dieser Kinder läßt erkennen, daß die Blei- und Cadmiumbelastung von Kindern und wahrscheinlich der Bevölkerung insgesamt in den 70er und 80er Jahren stark abgenommen hat.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungen wurden in Duisburg und Stolberg, zwei durch Blei, Cadmium und andere Schwermetalle besonders belasteten Gebieten Nordrhein-Westfalens, durchgeführt. Desweiteren wurden Milchschneidezähne von Kindern aus Datteln, einer Industriestadt im nördlichen Ruhrgebiet, sowie aus einigen wenig belasteten Kleinstädten in Nordrhein-Westfalen (Borken und Dülmen, Münsterland; Gummersbach, Bergisches Land) untersucht.

Duisburg ist eine Industriestadt im westlichen Ruhrgebiet mit der in Europa bedeutsamsten Konzentration an Eisen- und Stahlindustrie sowie anderen metallurgischen Großbetrieben (Blei/Zinkhütte, Kupferhütte u.a.m.). Langjährige Untersuchungen der Landesanstalt für Immissionsschutz NRW (jetzt Landesumweltamt) zeigen, daß der Raum Duisburg in bezug auf Schwermetalle, insbesondere Blei und Cadmium, die höchste Immissionsbelastung im Ruhrgebiet aufweist [18, 22, 24]. Bedingt durch schwermetallhaltigen Staubbiederschlag ist auch der Boden im Stadtgebiet von Duisburg stark belastet.

Stolberg ist eine Industriestadt am Rande der Nordeifel südöstlich von Aachen, die durch Emissionen von Blei- und Zinkhütten über viele Jahre hinweg einer hohen Belastung durch Blei, Cadmium und Zink ausgesetzt war. Bedingt durch das oberflächennahe Vorkommen von vererzten Gesteinsschichten, Eintrag von schwermetallhaltigem Staubbiederschlag und Ablagerungen von schwermetallhaltigen Bergematerialien und Schlacken weist der Boden im Stadtgebiet z.T. extrem hohe Gehalte an Blei, Cadmium und Zink auf [11, 19, 20, 23].

Die Blei- und Cadmiumimmissionen in Duisburg und Stolberg sind seit Mitte/Ende der 80er Jahre stark rückläufig [18, 22, 24].

Datteln ist deutlich geringer durch Schwermetallimmissionen belastet als Duisburg und Stolberg. Im Umfeld einer Zinkelektrolyseanlage wurden jedoch erhöhte Immissionen durch Cadmium im Schwebstaub und Staubbiederschlag festgestellt [18, 21].

### 2.2 Sammlung des Untersuchungsmaterials

Die Sammlung der Milchzähne wurde in Zusammenarbeit mit den örtlichen Gesundheitsbehörden z.T. in Zusammenhang mit den Schuleingangsuntersuchungen, z.T. im Zusammenhang mit anderen Studien [1b, 5, 6, 21, 28, 29] durchgeführt. Mit Hilfe eines Fragebogens, der von den Eltern auszufüllen war, wurden Name, Anschrift, Geschlecht und Geburtsdatum des Kindes sowie das Ausfalldatum des Zahnes erfaßt. Zusätzlich wurde gefragt, ob der Vater des Kindes beruflich gegenüber Blei exponiert war. Bei den Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre durchgeführten Sammelaktionen wurde mittels Fragebogen zusätzlich die Zahnposition (Oberkiefer/Unterkiefer), das Alter des Wohnhauses (Vorkriegszeit/Nachkriegszeit) und das Vorhandensein von Bleirohren im Wohnhaus des Kindes erfragt.

Bei einem Teil der Stolberger Kinder wurden in den Jahren 1979 und 1989 zusätzlich Venenblutproben zur Untersuchung auf Blei und Cadmium entnommen.

### 2.3 Analytik

Die Zähne wurden bis zur Analyse in kleinen, dicht verschließbaren Plastikbeuteln bei  $-20^{\circ}\text{C}$  aufbewahrt. Zur Analyse wurden die Zähne mit deionisiertem Wasser zunächst gründlich gereinigt, getrocknet, gewogen und dann in Salpetersäure aufgelöst. Der Blei- und Cadmiumgehalt wurde mittels elektrothermaler Atomabsorptionsspektrometrie (AAS) gemessen (Perkin Elmer AAS 5000 mit Graphitrohrküvette HGA-500, Zeemann-Untergrundkompensator und Auto-Sampler AS-40). Für die Messungen wurden pyrolytisch beschichtete Graphitrohre mit L'Vov-Plattform verwendet. Eine Beschreibung des Analyseverfahrens findet sich in [9].

Die Analysen wurden entsprechend den Regeln der statistischen Qualitätssicherung durchgeführt. Angaben zur Qualitätskontrolle der Studie Duisburg/Gummersbach finden sich in [9]. Bei der Studie Stolberg und Datteln wurde in jeder Analysenserie eine Referenzmaterialprobe (Animal Bone H-5; Bezugsquelle: International Atomic Energy Agency, Wien, Österreich) analysiert. Der zertifizierte Bleigehalt dieses Materials beträgt  $3.1\ \mu\text{g/g}$ . Als Akzeptanzbereich wird ein Bereich von  $2,6\text{--}3,7\ \mu\text{g/g}$  angegeben. Der in 18 Probenreihen analytisch ermittelte Bleigehalt betrug  $3,46\ \mu\text{g/g}$ , der analytische Variationskoeffizient  $12\ \%$ . Für Cadmium wird ein nicht-zertifizierter Konzentrationswert von  $23\ \text{ng/g}$  angegeben. Der in 18 Probenreihen analytisch ermittelte Cadmiumgehalt betrug im Mittel  $22,9\ \text{ng/g}$ , die Standardabweichung  $11,3\ \text{ng/g}$ .

Die Zähne der Kinder aus Duisburg und Gummersbach und der Kinder aus Stolberg, Borken und Dülmen wurden innerhalb der Analysenserien gemischt. Hierdurch sollte vermieden werden, daß Gruppenunterschiede durch systematische Schwankungen der Analyseergebnisse von Serie zu Serie überlagert werden. Die Zähne der Kinder aus Datteln wurden später analysiert. Durch Verwendung der Kontrollmaterialien konnte die Vergleichbarkeit der Analyseergebnisse mit denen der anderen Probenreihen sichergestellt werden.

Die Bestimmung der Blei- und Cadmiumgehalte im Vollblut erfolgte nach der von STOEPLER et al. [26] beschriebenen Methode ebenfalls mit elektrothermaler AAS.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 und 2 sowie Abbildung 1 und 2 zeigen eine Gegenüberstellung der Blei- und Cadmiumkonzentrationen in den Milchschneidezähnen von Kindern der verschiedenen Geburtsjahrgänge aus den verschiedenen Untersuchungsgebieten. Als wesentliches Ergebnis der vorliegenden Untersuchung ist festzustellen, daß die Blei- und Cadmiumgehalte in den Milchzähnen von Kindern in den 70er und 80er Jahre erheblich abgenommen haben. Der Rückgang der Bleigehalte in den Milchzähnen beträgt im Mittel etwa 50 %, der Rückgang der Cadmiumgehalte im Mittel sogar mehr als 60 %.

Tabelle 1: Bleigehalte in Milchschneidezähnen (µg/g) von Kindern aus verschiedenen Gebieten in Nordrhein-Westfalen

| Stadt, Gebiet                              | Geburtsjahrgänge d. unters. Kinder | n   | GM  | GSD | Min. | Max. |
|--|------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|
| <b>Belastete Gebiete:</b>                  |                                    |     |     |     |      |      |
| Duisburg <sup>a)</sup>                     | 1968–1971                          | 45  | 4,7 | 1,5 | 2,4  | 9,7  |
| Stolberg <sup>b)</sup>                     | 1968–1973                          | 103 | 5,8 | 1,6 | 1,5  | 23,1 |
| Duisburg <sup>a)</sup>                     | 1981/1982                          | 56  | 2,4 | 1,6 | 0,5  | 5,3  |
| Stolberg <sup>b)</sup>                     | 1982/1983                          | 103 | 2,7 | 1,6 | 1,1  | 12,1 |
| Datteln I <sup>c)</sup>                    | 1984–1986                          | 46  | 1,7 | 1,4 | 0,9  | 4,1  |
| <b>Gering belastete Vergleichsgebiete:</b> |                                    |     |     |     |      |      |
| Gummersbach <sup>a)</sup>                  | 1968–1971                          | 61  | 4,1 | 1,7 | 0,9  | 35,9 |
| Borken <sup>b)</sup>                       | 1979/1980                          | 26  | 1,7 | 1,4 | 0,9  | 3,5  |
| Dülmen <sup>b)</sup>                       | 1979/1980                          | 23  | 1,8 | 1,6 | 0,9  | 4,5  |
| Gummersbach <sup>a)</sup>                  | 1981/1982                          | 37  | 2,3 | 1,6 | 1,0  | 5,9  |
| Datteln II <sup>d)</sup>                   | 1984–1986                          | 14  | 1,8 | 1,8 | 0,5  | 4,1  |

<sup>a)</sup> Daten nach [9a];

<sup>b)</sup> Daten nach [9b]

<sup>c)</sup> Umfeld einer Zinkelektrolyse-Anlage

<sup>d)</sup> Wohngebiet am Stadtrand

Abkürzungen: N = Zahl der untersuchten Kinder; GM = geometrischer Mittelwert; GSD = geometrische Standardabweichung (Streudefaktor); Min./Max. = kleinster/höchster Einzelwert

Tabelle 2: Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen (ng/g) von Kindern aus verschiedenen Gebieten in Nordrhein-Westfalen

| Stadt, Gebiet                              | Geburtsjahrgänge d. unters. Kinder | n   | GM | GSD | Min. | Max. |
|--|------------------------------------|-----|----|-----|------|------|
| <b>Belastete Gebiete:</b>                  |                                    |     |    |     |      |      |
| Duisburg <sup>a)</sup>                     | 1968–1971                          | 45  | 88 | 2,0 | 19   | 695  |
| Stolberg <sup>b)</sup>                     | 1968–1973                          | 103 | 94 | 2,4 | 5    | 686  |
| Duisburg <sup>a)</sup>                     | 1981/1982                          | 56  | 40 | 2,5 | 4    | 284  |
| Stolberg <sup>b)</sup>                     | 1982/1983                          | 103 | 36 | 2,3 | 2    | 446  |
| Datteln I <sup>c)</sup>                    | 1984–1986                          | 46  | 23 | 2,2 | 3    | 88   |
| <b>Gering belastete Vergleichsgebiete:</b> |                                    |     |    |     |      |      |
| Gummersbach <sup>a)</sup>                  | 1968–1971                          | 61  | 77 | 2,4 | 7    | 436  |
| Borken <sup>b)</sup>                       | 1979/1980                          | 26  | 37 | 2,1 | 11   | 370  |
| Dülmen <sup>b)</sup>                       | 1979/1980                          | 23  | 36 | 2,1 | 6    | 126  |
| Gummersbach <sup>a)</sup>                  | 1981/1982                          | 37  | 35 | 2,5 | 5    | 158  |
| Datteln II <sup>d)</sup>                   | 1984–1986                          | 14  | 20 | 2,2 | 6    | 59   |

<sup>a)</sup> Daten nach [9a];

<sup>b)</sup> Daten nach [9b]

<sup>c)</sup> Umfeld einer Zinkelektrolyse-Anlage;

<sup>d)</sup> Wohngebiet am Stadtrand

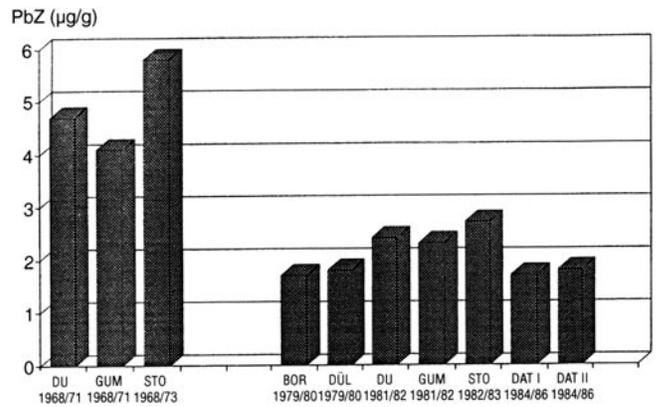


Abb. 1: Bleigehalte in Milchschneidezähnen von Kindern verschiedener Geburtsjahrgänge aus verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens (geometrische Mittelwerte, vgl. Tabelle 1)

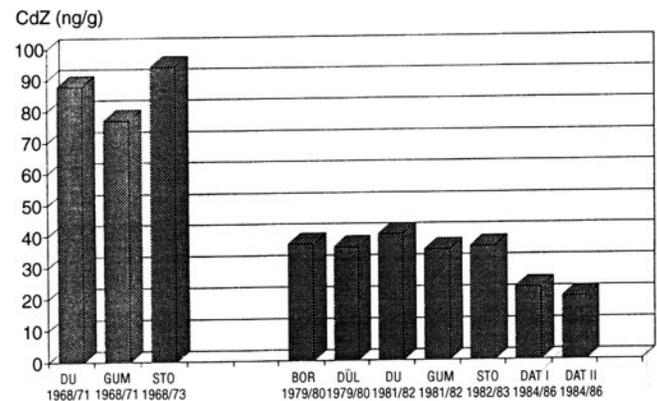


Abb. 2: Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen von Kindern verschiedener Geburtsjahrgänge aus verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens (geometrische Mittelwerte, vgl. Tabelle 2)

Der Rückgang der Bleigehalte in den Milchzähnen während der 70er und 80er Jahre entspricht dem in mehreren Studien festgestellten rückläufigen Trend der Blutbleikonzentrationen der Allgemeinbevölkerung [1a, 1b, 10, 16, 17]. Diese haben sich in dem hier betrachteten Zeitraum ebenfalls um etwa die Hälfte vermindert. Wie in Tabelle 3 dargestellt und in [16] näher ausgeführt, ist auch in Stolberg ein deutlicher Rückgang der Bleigehalte im Blut von Kindern feststellbar. Bezüglich der Indikatoren der intrakorporalen Cadmiumbelastung konnte bisher kein rückläufiger Trend festgestellt werden [10, 17]. Der deutliche Rückgang der Cadmiumgehalte in den Milchzähnen von Kindern aus verschiedenen Gebieten deutet jedoch darauf hin, daß auch die Cadmiumbelastung von Kindern und wahrscheinlich der Bevölkerung insgesamt in den 70er und 80er Jahren deutlich abgenommen hat.

Der in einer vergleichsweise kurzen Zeitspanne von 20–25 Jahren erfolgte deutliche Rückgang der Blei- und Cadmiumbelastung der Bevölkerung muß in Relation zu den Ergebnissen anderer Studie gesehen werden, wonach die Blei- und Cadmiumbelastung der Bevölkerung im Zuge der Industrialisierung stark zugenommen hat [3, 13, 14]. Offensichtlich ist, zumindest in Ländern wie der Bundesrepublik

Deutschland, die Spitze der Belastung der Umwelt und der Bevölkerung durch toxische Schwermetalle wie Blei und Cadmium überwunden und die Belastung stark rückläufig.

**Tabelle 3:** Blei- und Cadmiumkonzentrationen in Milchschnitzdenden und im Vollblut von Kindern aus Stolberg, bei denen sowohl Blut- als auch Zahnuntersuchungen durchgeführt wurden

| Geburtsjahre der unters. Kinder | n  | Parameter                              | GM   | GSD | P50  | Min.  | Max. |
|---------------------------------|----|--|------|-----|------|-------|------|
| 1968–1973                       | 16 | PbZ ( $\mu\text{g/g}$ )                | 6,4  | 1,9 | 6,3  | 3,1   | 23,1 |
|                                 |    | PbB ( $\mu\text{g/dl}$ ) <sup>a)</sup> | 12,8 | 1,4 | 13,6 | 7,7   | 21,1 |
| 1982–1983                       | 60 | PbZ ( $\mu\text{g/g}$ )                | 2,9  | 1,7 | 2,9  | 1,2   | 12,1 |
|                                 |    | PbB ( $\mu\text{g/dl}$ ) <sup>b)</sup> | 6,1  | 1,3 | 6,0  | 3,6   | 13,0 |
|                                 |    | CdZ ( $\text{ng/g}$ )                  | 41   | 2,4 | 48   | 2     | 446  |
|                                 |    | CdB ( $\mu\text{g/l}$ ) <sup>b)</sup>  | 0,14 | 1,6 | 0,14 | < 0,1 | 0,4  |

**Abkürzungen:**

PbZ = Bleikonzentration im Zahn; PbB = Bleikonzentration im Blut; CdZ = Cadmiumkonzentration im Zahn; CdB = Cadmiumkonzentration im Blut

<sup>a)</sup> Untersuchung im Jahre 1979

<sup>b)</sup> Untersuchung im Jahre 1989

Der Rückgang der Zahnblei- und Zahncadmiumgehalte von Kindern aus Stolberg und anderen Gebieten Nordrhein-Westfalens geht einher mit einem deutlichen Rückgang der Blei- und Cadmiumimmissionen in diesen Gebieten [18, 21, 22, 24]. Der Rückgang der Bleiimmissionen steht in engem Zusammenhang mit der Begrenzung des Bleigehaltes in verbleitem Benzin (Benzin-Bleigesetz vom 5.8.1971 BGBl. I, S. 1234, zuletzt geändert am 14.12.1976) und der zunehmenden Verwendung von nicht verbleitem Benzin. Darüber hinaus dürfte auch die Abnahme der industriellen Blei- und Cadmiumemissionen eine bedeutende Rolle spielen. Da die Blei- und Cadmiumbelastung der Allgemeinbevölkerung hauptsächlich über die Nahrung erfolgt, ist anzunehmen, daß auch die Blei- und Cadmiumzufuhr über die Nahrung in den letzten 20–25 Jahren erheblich abgenommen hat. Geht man davon aus, daß die Blei- und Cadmiumgehalte in den Milchzähnen die Blei- und Cadmiumaufnahme während der Lebenszeit des Zahnes widerspiegeln (bei Milchzähnen ist dies der Zeitraum zwischen Zahnanlage und Zahnausfall, i.d.R. ca. 5–6 Jahre), so bedeutet dies, daß die Blei- und Cadmiumzufuhr mit der Nahrung in den 70er und 80er Jahren erheblich zurückgegangen sein muß. Wie die Daten der Kinder aus Datteln zeigen, hat sich der Rückgang Ende der 80er/Anfang der 90er Jahre offensichtlich weiter fortgesetzt.

Wie aus **Tabelle 1** und **2** hervorgeht, werden die Unterschiede zwischen den unterschiedlich belasteten Gebieten durch den deutlich stärkeren zeitlichen Entwicklungstrend hin zu niedrigeren Werten überlagert. Vergleicht man die mittleren Zahnblei- und Zahncadmiumgehalte der Kinder annähernd gleicher Geburtsjahrgänge, so ergeben sich hinsichtlich des Belastungsniveaus folgende Abstufungen:

- Kinder der Geburtsjahrgänge 1968–1973: Stolberg > Duisburg > Gummersbach;
- Kinder der Geburtsjahrgänge 1979–1983: Stolberg > Duisburg > Gummersbach > Borken/Dülmen.

Die v.g. Abstufung der Belastungsniveaus entspricht den unterschiedlichen Belastungen durch Blei und Cadmium in den Untersuchungsgebieten. Auch bei älteren Personen konnten in bezug auf die Indikatoren der intrakorporalen Blei- und Cadmiumbelastung derartige Abstufungen der Belastung festgestellt werden [7, 8]. Die relativen Unterschiede zwischen belasteten und wenig belasteten Gebieten nehmen im Laufe der 70er und 80er Jahre jedoch ab. Bei den Kindern aus Datteln konnten keine bedeutsamen Belastungsunterschiede zwischen den Kindern aus dem Umfeld der Zinkelektrolyse-Anlage und den Kindern aus einem weiter entfernten liegenden Vorort festgestellt werden ( $\rightarrow$  **Tabelle 1** und **2**).

Die intra-individuelle Variation der Zahnbleigehalte konnte bei 103 Kindern aus Stolberg untersucht werden, von denen mehrere Milchschnitzdenden zur Verfügung standen. In einer früheren Studie [6] war der Bleigehalt eines Zahnes je Kind ermittelt worden. In der vorliegenden Studie wurde ein zweiter Zahn analysiert. Der Unterschied zwischen den in den Zähnen ermittelten Bleigehalten war statistisch nicht signifikant (t-Test für paarweise angeordnete Meßwerte). Bei linearer Regression ergab sich ein Korrelationskoeffizient von  $R = 0,65$  ( $P < 0,001$ ). Die Abweichung zwischen 1. und 2. Meßwert war bei 48 Kindern  $< 1 \mu\text{g/g}$  und bei 65 Kindern  $< 2 \mu\text{g/g}$ . Lediglich bei 5 Kindern wurden Abweichungen  $> 5 \mu\text{g/g}$  festgestellt. Hieraus kann gefolgert werden, daß der Bleigehalt eines Milchschnitzdendes als repräsentativer Indikator der Bleigehalte in den Milchschnitzdenden eines Kindes angesehen werden kann.

Zwischen den Zahnbleigehalten und den Blutbleigehalten der Kinder besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang ( $\rightarrow$  **Tabelle 4**). Die Cadmiumkonzentrationen in den Milchschnitzdenden sind dagegen nicht mit den Cadmiumkonzentrationen im Blut korreliert. Zwischen den Blei- und Cadmiumgehalten in den Milchzähnen besteht ebenfalls ein statistisch signifikanter Zusammenhang.

**Tabelle 4:** Ergebnisse der Regressionsrechnungen

| Kollektiv   | n   | Korrelation         | A    | B     | r     | P       |
|---|-----|---------------------|------|-------|-------|---------|
| <i>Kinder aus Stolberg, Geburtsjahrgänge 1968–1973:</i> |     |                     |      |       |       |         |
| Gesamtkollektiv   | 103 | log CdZ vs. log PbZ | 2,22 | 0,286 | 0,66  | < 0,001 |
| Teilkollektiv <sup>a,b)</sup>                           | 83  | log PbB vs. log PbZ | 0,27 | 0,94  | 0,47  | < 0,001 |
| <i>Kinder aus Stolberg, Geburtsjahrgänge 1982/1983:</i> |     |                     |      |       |       |         |
| Gesamtkollektiv   | 103 | log CdZ vs. log PbZ | 2,20 | 0,618 | 0,59  | < 0,001 |
| Teilkollektiv <sup>a)</sup>                             | 60  | log CdZ vs. log PbZ | 2,25 | 0,576 | 0,60  | < 0,001 |
|   |     | log CdB vs. log CdZ |      |       | -0,05 | n.s.    |
|   |     | log PbB vs. log PbZ | 0,32 | 0,634 | 0,46  | < 0,001 |
|   |     | log CdB vs. log PbB |      |       | 0,08  | n.s.    |

**Erläuterungen:**

A = Regressionskoeffizient;

B = additive Konstante der Regressionsgleichung;

r = Korrelationskoeffizient;

P = Irrtumswahrscheinlichkeit

<sup>a)</sup> Kinder, bei denen die Blei- und Cadmiumkonzentrationen sowohl im Milchschnitzdend als auch im Vollblut bestimmt wurden

<sup>b)</sup> Daten aus [6]

Der Einfluß der Zahnposition auf den Blei- und Cadmiumgehalt der Zähne konnte bei 93 Kindern aus Duisburg und Gummersbach (Geburtsjahrgänge 1991/1982) und 103

Kindern aus Stolberg (Geburtsjahrgänge 1982/1983) untersucht werden. Die Milchzähne des Oberkiefers weisen im Mittel signifikant höhere Blei- und Cadmiumgehalte auf als die Zähne des Unterkiefers [9a, 9b]. Die Unterschiede sind statistisch signifikant (U-Test nach MANN-WHITNEY;  $P < 0,001$ ). Da für die 1968–1973 geborenen Kinder keine Angaben über die Position des ausgefallenen Zahnes vorliegen, konnte die Zahnposition bei der Trendanalyse nicht berücksichtigt werden.

Auffällig war des weiteren, daß Jungen im Mittel höhere Blei- und Cadmiumgehalte in den Milchzähnen aufweisen als Mädchen. Die Unterschiede sind statistisch aber nicht signifikant (Student's t-Test).

#### 4 Literatur

- [1a] BEGEROW, J., I. FREIER, M. TURFELD, U. KRTÄOMER, L. DUNEMANN (1994): Internal lead and cadmium exposure in 6-year-old children from western and eastern Germany. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 66: 243–248
- [1b] BROCKHAUS, A., W. COLLET, R. DOLGNER, R. ENGELKE, U. EWERS, I. FREIER, E. JERMANN, U. KRÄMER, N. MANOJLOVIC, M. TURFELD, G. WINNEKE (1988): Exposure to lead and cadmium of children living in different areas of North-West Germany. Results of biological monitoring studies 1982–1986. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 60: 211–222
- [2] DRASCH, G. (1982): Lead burden in prehistorical, historical and modern human bones. *Sci. Total Environ.* 24: 199–231
- [3] DRASCH, G. (1983): An increase of cadmium body burden for this century – an investigation on human tissues. *Sci. Total Environ.* 26: 111–119
- [4] DRASCH, G., J. BÖHM, C. BAUR (1987): Lead in human bones. Investigations on an occupationally non-exposed population in Southern Bavaria. *I. Adults. Sci. Total Environ.* 64: 303–315
- [5] EWERS U., A. BROCKHAUS, E. GENTER, H. IDEL, E.A. SCHÜRMANN (1979): Untersuchungen über den Zahnbleigehalt von Schulkindern aus zwei unterschiedlich belasteten Gebieten in Nordwestdeutschland. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 44: 65–80
- [6] EWERS U., A. BROCKHAUS, G. WINNEKE, I. FREIER, E. JERMANN, U. KRÄMER (1982): Lead in deciduous teeth of children living in a non-ferrous smelter area and a rural area of the FRG. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 50: 139–151
- [7] EWERS U., A. BROCKHAUS, R. DOLGNER, I. FREIER, E. JERMANN, R. HAHN, H.W. SCHLIPKÖTER (1985): Cadmiumbelastung und Nierenfunktionsstörungen bei Bewohnern von Gebieten mit hoher Cadmium-Immissionsbelastung in der Bundesrepublik Deutschland. *Staub Reinhalt. Luft* 45: 560–566
- [8] EWERS U., A. BROCKHAUS, R. DOLGNER, I. FREIER, E. JERMANN, A. BERNARD, R. STILLER- WINKLER, R. HAHN, N. MANOJLOVIC (1985): Environmental exposure to cadmium and renal function of elderly women living in cadmium-polluted areas of the Federal Republic of Germany. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 55: 217–23
- [9a] EWERS U., M. TURFELD, I. FREIER, S. FERGER, A. BROCKHAUS (1990): Blei- und Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen von Kindern aus Duisburg und Gummersbach – Entwicklungstrend 1976–1988. *Zbl. Hyg.* 189: 333–351
- [9b] EWERS, U., M. TURFELD, I. FREIER, I. HOFSTETTER, G. STEMANN, A. BROCKHAUS (1996): Blei- und Cadmiumgehalte in Milchschneidezähnen von Kindern aus Stolberg und anderen Städten Nordrhein-Westfalens: Entwicklungstrend 1968–1993. *Zbl. Hyg.* 198: 318–330
- [10] EWERS, U., A. BROCKHAUS, R. DOLGNER, I. FREIER, M. TURFELD, R. ENGELKE, E. JERMANN (1990): Blutblei- und Blutcadmiumkonzentrationen bei 55–66jährigen Frauen aus verschiedenen Gebieten Nordrhein-Westfalens – Entwicklungstrends 1982–1988. *Zbl. Hyg.* 189: 405–418
- [11] EWERS, U., I. FREIER, M. TURFELD, A. BROCKHAUS, I. HOFSTETTER, W. KÖNIG, J. LEISNER-SAABER, T. DELSCHEN (1993): Untersuchungen zur Schwermetallbelastung von Gartenböden und Gartenprodukten in Stolberg sowie zur Blei- und Cadmiumbelastung von Kleingärtnern aus Stolberg. *Gesundh. Wes.* 55: 318–325
- [12] FOSSE, G., G.B.R. WESENBERG (1977): Lead, cadmium and zinc in deciduous teeth of Norwegian children in the pre-industrial age. *Int. J. Environ. Stud.* 16: 163–170
- [13] GRANDJEAN, P. (1988): Ancient Skeletons as silent witnesses of lead exposures in the past. *CRC Crit. Rev. Toxicol.* 19: 11–21
- [14] GRANDJEAN, P., P.J. JORGENSEN (1990): Retention of lead and cadmium in prehistoric and modern human teeth. *Environ. Res.* 53: 6–15
- [15] GRUPE, G. (1991): Anthropogene Schwermetallkonzentrationen in menschlichen Sklettfunden als Monitor früher Umweltbelastungen. *UWSF – Z. Umweltchem. Ökotox.* 3: 226–229
- [16] HOFSTETTER, I., U. EWERS, M. TURFELD, I. FREIER, S. WESTERWELER, A. BROCKHAUS (1990): Untersuchungen zur Blei- und Cadmiumbelastung von Kindern aus Stolberg. *Öff. Gesundh. Wes.* 52: 232–237
- [17] KRAUSE, C., W. BABISCH, K. BECKER, W. BERNIGAU, K. HOFFMANN, P. NÖLKE, C. SCHULZ, R. SCHWABE, M. SEIWERT, W. THEFELD (1995): Umwelt-Survey 1990/92. Band 1a, Studienbeschreibung und Humanbiomonitoring. Institut für Wasser-, Boden- und Luft-hygiene im Umweltbundesamt. *WaBoLu-Hefte* (im Druck)
- [18] Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen (1994): Berichte über die Luftqualität in Nordrhein-Westfalen. *LIMES-Jahresbericht* 1993
- [19] Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Landes Nordrhein-Westfalen (1975): Umweltprobleme durch Schwermetalle im Raum Stolberg. Düsseldorf
- [20] Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Soziales der Landes Nordrhein-Westfalen (1983): Umweltprobleme durch Schwermetalle im Raum Stolberg 1983. Düsseldorf
- [21] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1987): Luftreinhalteplan Ruhrgebiet-Mitte. 1. Fortschreibung 1987–1991. Düsseldorf
- [22] Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1989): Luftreinhaltung in Nordrhein-Westfalen – Eine Erfolgsbilanz der Luftreinhaltung 1975–1988. Düsseldorf
- [23] SCHNEIDER, F.K.: Untersuchungen über den Gehalt an Blei und anderen Schwermetallen in den Böden und Halden des Raumes Stolberg (Rheinland). *Geologisches Jahrbuch* (Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe; Geologische Landesämter), Reihe D, Heft 53. (Hannover 1982). In Kommission: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart
- [24] Stadt Duisburg, Umweltdezernat (1992): Duisburger Umweltthemen – Informationen, Probleme, Trends. Eigendruck, Duisburg
- [25] STEINHOUT, A., M. POURTOIS (1981): Lead accumulation in teeth as a function of age with different exposures. *Brit. J. Ind. Med.* 38: 297–303
- [26] STOEPLER, M., K. BRANDT, Z.C. RAINS (1978): Rapid method for the automated determination of lead in whole blood by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analyst* 103: 714–722
- [27] WESENBERG, G.B.R., G. FOSSE, N.P. BERG JUSTESEN, P. RASMUSSEN (1979): Lead and cadmium in teeth, bones and kidneys of rats with a standard Pb-Cd supply. *Int. J. Environ. Stud.* 14: 223–230
- [28] WINNEKE, G.; K.G. HRDINA, A. BROCKHAUS (1982): Neuropsychological studies in children with elevated tooth lead concentrations. Part I: Pilot study using a pair-matched approach. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 51: 84–93
- [29] WINNEKE G.; U. KRÄMER, A. BROCKHAUS, U. EWERS, G. KUJANEK, H. LECHNER, W. JANKE (1983): Neuropsychological studies in children with elevated tooth lead concentrations. Part II: Extended study. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 51: 231–252

Eingegangen: 10.07.1995  
Akzeptiert: 18.03.1996