

# Problematik von Grenzwertfestlegungen am Beispiel des toxischen Schwermetalls Blei

Wolfgang Bayer und Karlheinz Schmidt

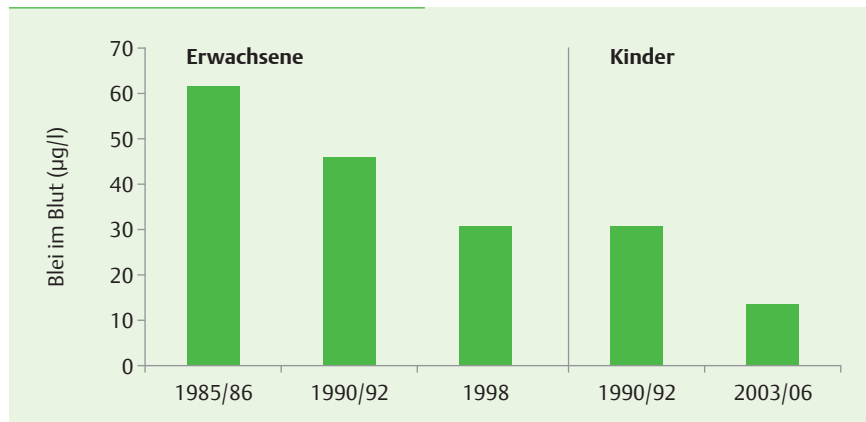
Blei ist ein in der Natur allgegenwärtiges, für den Menschen nicht essenzielles Element. Die in der Umwelt vorkommenden natürlichen Konzentrationen wurden in den letzten Jahrzehnten zunehmend durch anthropogene Belastungen überlagert, was zu gesundheitlichen Risiken für den Menschen führen kann.

Die Bleiaufnahme erfolgt überwiegend über die Nahrung, zu einem geringeren Teil über die Atemluft. Bei Kindern ist das Verschlucken bleihaltiger Stäube und Farben eine wichtige Expositionsquelle. Immer wieder werden auch Fälle bekannt, in dem die farbige Glasur von Keramikgeschirr (meist Importware) mit Blei (oder Cadmium) belastet ist. Früher waren organische Bleiverbindungen wie z. B. Tetraethylblei, das Benzin als Antiklopffmittel zugesetzt wurde, eine wesentliche Quelle der Bleibelastung. Solches Benzin wurde 1988 verboten und seither sind die Bleikonzentrationen in Deutschland erheblich rückläufig (1) (► Abb. 1).

## Toxische Wirkungen von Blei

Akute Bleivergiftungen treten selten auf. Zu berücksichtigen sind chronische Bleibelastungen, die zu einer ganzen Reihe toxischer Wirkungen auf den Menschen führen können:

- **Hämoglobinsynthese:** Blei beeinträchtigt die Hämoglobinsynthese auf mehreren Stufen durch Hemmung verschiedener Enzyme und vermindert den Einbau von Eisen. Vorstufen des Häms mit der Leitsubstanz delta-Aminolävulinsäure treten dabei vermehrt im Blut auf und werden im Urin ausgeschieden, was zum Nachweis einer Bleibelastung zusätzlich herangezogen werden kann.



► **Abb. 1** Blei-Konzentration im Blut in Deutschland, geometrische Mittelwerte.  
© Umwelt-Surveys

- **Wirkungen auf das Nervensystem:** Das Nervensystem ist gegenüber Blei besonders empfindlich, was insbesondere für Kinder gilt. Es treten (reversible?) Intelligenzdefizite auf sowie neuropsychologische Auffälligkeiten wie Hyperaktivität und Störungen der Feinmotorik. Verschiedene neuere Studien haben gezeigt, dass auch unterhalb von Bleikonzentrationen im Vollblut von 100 µg/l negative Zusammenhänge mit neuropsychologischen Zielgrößen bestehen (2, 3). So ist bei Kindern in einem Alter von 4–15 Jahren mit Bleikonzentrationen im Blut > 20 µg/l, das Risiko an ADHS (Attention deficit hyperactivity disorder) zu erkranken, vierfach höher als bei Kindern mit Bleikonzentrationen im Vollblut < 10 µg/l (4).
- **Nierenfunktion:** Länger anhaltende chronische Bleibelastung kann zu einer irreversiblen Schädigung der proximalen Nierentubuli führen. Auch hier sind Kinder besonders anfällig.
- **Endokrine Wirkungen:** Unter Bleibelastung kann es zu einem vermehrten Auftreten von Frühgeburten kommen. Bei Männern wird die Spermatogenese dosisabhängig durch Blei geschädigt. In einer russischen Studie an Jungen im Alter von 8–9 Jahren wurde gezeigt, dass die Jungen mit Bleikonzentrationen im Blut über 50 µg/l im Vergleich zu niedriger belasteten Jungen eine geringere Körpergröße und Gewicht sowie einen späteren Pubertätsbeginn hatten (5).
- **Kanzerogene Wirkung:** Die IARC hat 2006 das Blei und seine anorganischen Verbindungen als wahrscheinlich krebserzeugend für den Menschen eingestuft (Kategorie 2 a). Auch die MAK-Kommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat Blei in die Kategorie 2 hinsichtlich der kanzerogenen Wirkung eingestuft (6). Eine Metaanalyse zeigte erhöhte Relativrisiken für Magen- und Lungenkrebs (7).

## Analytik

Die Konzentration von Blei im **Vollblut** ist zur Abschätzung einer Bleibelastung am besten geeignet. 95% des im Blut auftretenden Bleis sind an die Erythrozytenmembran gebunden. Serum oder Plasma sind zur Feststellung einer Bleibelastung ungeeignet. Die Bestimmung der Bleikonzentration im Vollblut erfolgt i.d.R. durch Atomabsorptionsspektrometrie mit Graphitrohrentechnik oder durch eine Kopplung von ICP und Massenspektrometrie (ICP-MS). Zusätzliche biochemische Messgrößen sind die Bestimmung der delta-Aminolävulinsäure-Dehydratase sowie der Erythrozytenporphyrine.



Sie brauchen Schutz: Bereits leicht erhöhte Bleikonzentrationen führen bei Kindern zu kognitiven Defiziten und das Risiko für ADHS steigt. © PhotoAlto

## Referenzwerte

Wie sind Referenzwerte definiert? Die beim Bundesumweltamt angesiedelte Kommission Human-Biomonitoring definiert Referenzwerte als statistisch ermittelte Werte, die gemäß Definition der Kommission das 95%-Perzentil der Messwerte der Stoffkonzentrationen in dem entsprechenden Körpermedium (hier Blei im Vollblut) der jeweiligen Referenzpopulation darstellen (8). Referenzwerte sind damit eine rein statistische Größe und sagen nichts über mögliche gesundheitsbelastende Wirkungen aus. Diese sind, wie in diesem Beitrag gezeigt wird, auch dann möglich, wenn die Referenzwerte nicht überschritten werden. Die zwischen 1996 und 2009 vorgenommene Absenkung der Referenzwerte für Blei im Vollblut spiegelt die rückläufige Belastungssituation in Deutschland wider und basiert auf verschiedenen umfangreichen Studien mit Kollektiven von Erwachsenen und Kindern. Die von der Kommission Human-Biomonitoring veröffentlichten Grenzwerte (9, 10, 11) sind in ►Tab. 1 zusammengefasst.

## Human-Biomonitoring-(HBM)-Werte

Zur Einstufung der umweltmedizinischen Relevanz der Bleikonzentrationen im Vollblut wurden von der Kommission Human-Biomonitoring sog. HBM-Werte definiert (► Tab. 2).

Als **Risikogruppen** gelten dabei Kinder bis 13 Jahre und Mädchen/Frauen von

13–45 Jahre. Diese Risikogruppen werden aufgrund der neurotoxischen Bleiwirkungen bei Kindern sowie aufgrund der signifikanten Abnahme des Gestationsalters bei fertilen Frauen begründet. Bei Überschreitung der HBM-Werte werden folgende Maßnahmen empfohlen:

- HBM I: Wiederholung der Analyse, Information der Patienten über die Überschreitung, Aufklärung über Minimierungsmaßnahmen und Wiederholungsanalyse im längeren Zeitintervall.
- HBM II: Der HBM-II-Wert ist als Eingriffsschwelle definiert. Dazu wird insbesondere eine umfassende und fachgerechte Aufklärung über die Risiken durch Blei und die Identifika-

tion möglicher Kontaminationen und deren Vermeidung genannt. Zu berücksichtigen sind dabei die Aufnahme über Trinkwasser, Nahrung, Gebrauchsgegenstände, Anstrichfarben und Hobbytätigkeit.

## Therapie einer Bleivergiftung

Bei Bleikonzentrationen <400 µg/l wird eine Therapie mit Antidota (Komplexbildnern) nicht empfohlen. Erst bei Blutbleikonzentrationen über 700 µg/l sind die Patienten als medizinischer Notfall zu behandeln. Ab Blutbleiwerten >450 µg/l sollte eine stationäre Therapie mit Chelatbildnern in Erwägung gezogen werden (9).

► Tab. 1 Referenzwerte für Blei im Vollblut (µg/l).

	Männer	Frauen	Kinder
Stoffmonographie Blei 1996 (9)	120	90	60
1. Addendum 2002 (10)	90	70	60
2. Addendum 2009 (11)	90	70	35

► Tab. 2 HBM-Werte für die Bleikonzentrationen im Vollblut (µg/l).

	Risikogruppen	übrige Personen
HBM I	100	150
HBM II	150	250

## Fehlende Wirkschwelle

Wie im Abschnitt „Toxizität“ bereits ausgeführt, sind Schädwirkungen von Blei bereits bei sehr niedrigen Konzentrationen (unter 50 µg/l) zu erwarten, was insbesondere für Kinder gilt. In aktuellen Studien konnten Kollektive eingebunden werden, deren Bleigehalte im Blut z.T. deutlich unter 100 µg/l lagen. Aufgrund dieser Daten kann eine „Wirkschwelle“ für Blei nicht mehr definiert werden. In Anbetracht des Fehlens einer solchen Wirkschwelle – bezogen auf verschiedene epidemiologische Effekte und die Einstufung von Blei in die Kategorie 2 hinsichtlich der kanzerogenen Wirkung – hat die Kommission Human-Biomonitoring 2009 die HBM-Werte für Blei im Blut daher für sämtliche Personengruppen ausgesetzt (11).

Dies bedeutet, dass zumindest für Deutschland kein Schwellenwert besteht, bei dessen Unterschreiten schädliche Wirkungen von Blei hoch wahrscheinlich auszuschließen wären.

## Blei im Leitungswasser

Im Jahr 1971 lag die WHO-Empfehlung für Blei im Trinkwasser noch bei 100 µg/l als maximal tolerable Obergrenze. In Deutschland galt im Jahr 2000 noch ein Grenzwert von 40 µg/l, der in der Trinkwasserverordnung von 2003 dann auf 25 µg/l gesenkt wurde. Nach Auslaufen einer Übergangsfrist wurde dieser Grenzwert am 1. Dezember 2013 auf jetzt 10 µg/l reduziert (12).



Noch immer in Altbauten zu finden: Bleirohr (rechtes Stück) für die Trinkwasserversorgung.  
© KBreker

Insbesondere Anfang des 20. Jahrhunderts, aber auch noch bis in die 1970er-Jahre hinein wurden Bleirohre bzw. bleihaltige Rohre für Hausanschlussleitungen und für Rohre in der Trinkwasserinstallation verbaut. Sie sind die hauptsächlichste Quelle einer Bleibelastung im Trinkwasser. Aber auch bleihaltige Kupferlegierungen können eine mögliche Quelle von Blei im Trinkwasser darstellen. Der neue Grenzwert von 10 µg/l Blei im Trinkwasser kann bei vorhandenen Bleileitungen nicht eingehalten werden. Dies führt in der Konsequenz dazu, dass Bleileitungen vollständig ausgetauscht werden müssen.

## Fazit

Die Bleikonzentrationen in Deutschland sind seit dem Verbot von bleihaltigen Antiklopfmitteln im Benzin deutlich rückläufig. Dadurch sind in den letzten Jahren Studien an niedrig belasteten Populationen möglich geworden. Diese haben gezeigt, dass auch bei Bleikonzentrationen im Vollblut deutlich unter 100 µg/l Schädwirkungen von Blei erwartet werden müssen. Betroffen sind insbesondere kognitive und psychomotorische Leistungen bei Kindern sowie endokrine Wirkungen. Als Ergebnis dieser Studien ist es zu einer kontinuierlichen Absenkung der Grenzwerte für die Bleikonzentrationen im Vollblut zwischen 1996 und 2009 gekommen. Die von der Kommission Human-Biomonitoring festgelegten HBM-Werte für Blei wurden im Jahr

2009 vor dem Hintergrund des Fehlens einer unteren Grenze für Schädwirkungen sowie in Anbetracht der kanzerogenen Wirkungen ausgesetzt.

Auch die Grenzwerte für Blei im Leitungswasser wurden kontinuierlich abgesenkt und betragen jetzt 10 µg/l. Dieser Grenzwert kann in Häusern, in denen noch Bleirohre verbaut sind, nicht eingehalten werden.

## Online

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1384503>

## Literatur

- Schulz CH et al. HBM in Deutschland. Humanbiomonitoring-Symposium 16.10.2012, Bern
- Chiodo LM, Jacobson SW, Jacobson JL. Neurodevelopmental effects of postnatal lead exposure at very low levels. *Neurotoxicol Teratol* 2004; 26: 359–371
- Canfield RL, Gendle MH, Cory-Slechta DA. Impaired neuropsychological functioning in lead-exposed children. *Dev Neuropsychol* 2004; 26: 513–540
- Braun JM, Kahn RS, Froehlich T et al. Exposure to environmental toxicants and attention hyperactivity disorder in U.S. children. *Environ Health Perspect* 2006; 114: 1904–1909
- Hauser R, Sergejev O, Korrick S et al. Association of blood levels with onset of puberty in Russian boys. *Environ Health Perspect* 2008; 116: 976–980
- DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft. MAK- und BAT-Werteliste 2007. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Mitteilung 43 der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Weinheim: Wiley-VCH; 2007
- Higgins JP, Green S, ed. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. 4.2.6. In: *The Cochrane Library*, Issue 4, 2006
- Kommission Human-Biomonitoring. Konzept der Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM) in der Umweltmedizin. *Bundesgesundheitsblatt* 1996; 39: 221–224
- Kommission Human-Biomonitoring: Stoffmonographie Blei – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). *Bundesgesundheitsblatt* 1996; 39: 236–241
- Kommission Human-Biomonitoring: Addendum zur Stoffmonographie Blei – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte der Kommission Human-Biomonitoring. *Bundesgesundheitsblatt* 2002; 45: 752–753
- Kommission Human-Biomonitoring: 2. Addendum zur Stoffmonographie Blei –

Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte  
der Kommission Human-Biomonitoring.  
Bundesgesundheitsblatt 2009; 52: 983–986

- 12 Umweltbundesamt. Empfehlung „Trinkwasserhygienisch geeignete metallene Werkstoffe“. 23.04.2013. [www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/trinkwasser/liste\\_trinkwasserhygienisch\\_geeignete\\_metallene\\_werkstoffe.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/downloads/trinkwasser/liste_trinkwasserhygienisch_geeignete_metallene_werkstoffe.pdf)



**Dr. rer. nat.  
Wolfgang Bayer**  
Labor Dr. Bayer  
im synlab MVZ  
Leinfelden-Echterdingen GmbH  
Max-Lang-Str. 58  
70771 Leinfelden-  
Echterdingen

Dr. rer. nat. Wolfgang Bayer absolvierte das Studium der Chemie an den Universitäten Freiburg und Tübingen. Seit 1978 in der Leitung des Laboratoriums für spektralanalytische und biologische Untersuchungen Dr. Bayer in Stuttgart tätig. Das Labor Dr. Bayer ist seit 2012 Mitglied der synlab-Gruppe und Kompetenzzentrum für komplementärmedizinische Diagnostik am synlab-Standort Leinfelden. Er hat zahlreiche Publikationen und Bücher, u. a. über Mikronährstoffe wie Mineralstoffe, Vitamine und Fettsäuren, verfasst und ist Gründungsherausgeber dieser Zeitschrift.

[info@labor-bayer.de](mailto:info@labor-bayer.de)



**Prof. Dr. Dr. med.  
Karlheinz Schmidt**  
Labor Dr. Bayer  
im synlab MVZ  
Leinfelden-Echterdingen GmbH  
Max-Lang-Str. 58  
70771 Leinfelden-  
Echterdingen

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Karlheinz Schmidt hat Chemie und Humanmedizin studiert. Er ist Facharzt für Labormedizin und leitender Arzt im Labor Dr. Bayer im synlab-Verbund. Professur für Experimentelle Medizin an der Universität Tübingen. Zahlreiche Publikationen und Patente. Karlheinz Schmidt ist Gründungsherausgeber dieser Zeitschrift.

[info@labor-bayer.de](mailto:info@labor-bayer.de)