

**Eine kleine Dosis Blei**  
**oder**  
*Eine Einführung in die Toxikologie des*  
*Bleis*

Ein Buchkapitel aus  
*Eine kleine Dosis Toxikologie – Blei*  
von

Steven G. Gilbert, PhD, DABT  
Institute of Neurotoxicology & Neurological Disorders (INND)  
Seattle, WA 98115

E-mail: [sgilbert@innd.org](mailto:sgilbert@innd.org)

Supporting web sites  
web: [www.asmalldoseof.org](http://www.asmalldoseof.org) - "A Small Dose of Toxicology"  
web: [www.toxipedia.org](http://www.toxipedia.org) - Connecting Science and People

## Dossier

**Name:** Blei (Pb)

**Verwendung:** Batterien, alte Farbe, Stabilisatoren PVC, , löten, Spielzeug, Röntgenabschirmung, Metallhüttenwerke, früher auch in Benzin und Pestizide

**Quelle:** im Haus, Farbe, Staub, Spielzeug, Arbeitsplatz, Heilmittel

**Empfohlene Tagesdosis:** keine (nicht essentiell)

**Absorption:** Darm (50% Kinder, 10% Erwachsene), Inhalation

**Empfindliche Personen:** Feten, Kinder, Frauen im gebärfähigen Alter

**Toxizität/Symptome:** Entwicklung und Nervensystem, gesenkter IQ, Gedächtnis und Lernschwierigkeiten, Verhaltensauffälligkeiten

**Gesetzliches:** Luft -  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , Trinkwasser  $15 \text{ }\mu\text{g/L}$ , nicht mehr für Benzin und Farben zugelassen,  $0.15 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  in Luft (Standard)

**Generelles:** lange Verwendung in der Geschichte, große Probleme in Farben älterer Häuser, die Umgebung älterer Metallhüttenwerke kann kontaminiert sein

**Umwelt:** globaler Umweltschadstoff

**Empfehlungen:** Vermeidung in Kunststoffe und Produkte für Kinder, Entfernung alter Bleifarbe

## **Fallstudie**

Im 2. Jahrhundert v. Chr. bemerkte Dioskurides „Blei macht den Geist schwach“. Trotz dieser Warnung wurde Blei wiederholt im täglichen Gebrauch verwendet und fand eine Weiterverbreitung. In der Neuzeit wurde Blei in Farben und als Benzinzusatz verwendet. Die durch geringe Bleieinwirkungen verursachten leichten Hirnschäden bei Kindern wurden nur für die vergangenen 30 Jahre festgestellt und zurück verfolgt. Mittlerweile ist sehr gut dokumentiert, dass auch Blutwerte unter 10 µg/dL einen Schaden auf das sich entwickelnde Gehirn ausüben kann und den Kindern ihre geistige Fähigkeit beraubt. Wie die folgenden Fallstudien zeigen, stellt Blei ein ernsthaftes Problem dar.

### **„Häusliches“ Blei - 1998**

1998 beantragte eine Mutter eine Bestimmung des Blei-Blutgehaltes für ihr 18 Monate altes Kind. Das Ergebnis war ein Blutwert von 26 µg/dL, welches sehr hoch nach den Empfehlungen des Center for Disease Control für klinisches Fallmanagement ist. Nachfolgend wurde beim Vater ein Blei-Blutgehalt von 46 µg/dL festgestellt, der oberhalb den Bestimmungen von 40 µg/dL lag, bei dem Arbeitnehmer zusätzliche medizinische Untersuchungen erhalten. Weitere Tests ergaben, dass seine vier Monate alte Tochter einen Blei-Blutgehalt von 24 µg/dL aufwies. Dieser Arbeiter war in einer Firma angestellt, die antikes und teilweise mit Bleifarbstoffen gestrichenes Möbel reparierte. Weitere Nachforschungen ergaben, dass zwei Lackierer Blei-Blutgehalte von 29 µg/dL und 54 µg/dL und vier Zimmerleute Blei-Blutgehalte von 46 µg/dL, 46 µg/dL, 47 µg/dL und 56 µg/dL aufwiesen. Wie werden die langfristigen Auswirkungen auf die geistigen Fähigkeiten dieser Kinder sein?

### **Bleikontaminierte Stadt - 2001**

Die Kinder und Familien von Herculaneum, Missouri haben ein großes Bleiproblem (New York Times, 2002). Herculaneum ist die Heimat von Doe Run Company, einer der größten Bleihütten in den Vereinigten Staaten, die 160.000 t Blei pro Jahr produziert. Noch vor einer Generation wurden 800 t Blei während des Schmelzprozesses in die Umwelt freigesetzt. Im Jahr 2001 wurde dies auf 81 t reduziert und im Jahr 2002 ist es das Ziel 34 t pro Jahr. Warnhinweise an den Hauptstraßen informieren die Leute über die „hohe Bleiwerte auf den Straßen“ und warnen die Kinder nicht auf den Straßen und Gehwegen zu spielen. Es wurde festgestellt, dass ein Viertel der Kinder unter sechs Jahren eine Bleivergiftung haben. Die amerikanische Umweltbehörde arbeitet daran, die Bleibelastung für Kinder zu reduzieren und das Unternehmen hat eine Reihe der am stärksten betroffenen Häuser gekauft. Wie hat Blei die Kinder von Herculaneum geschädigt? Wer ist für diese Gefahren verantwortlich?

## Blei in Kinderspielzeug, Süßigkeiten und Schmuck – 2006

Bleiprodukte für Kinder riefen schwere Störungen, darunter ein Todesfall, bei der Aufnahme von Schmuck in den Mund hervor (MMWR 2004, 2006). Viele dieser Produkte enthalten über 50 % Blei. Diese Ergebnisse führten zu dem Rückruf von hunderttausenden von Produkten. Ein Bericht der Los Angeles County geschätzt, dass 34 % der Kinder mit erhöhten Bleiblutwerten Produkten auf Bleibasis ausgesetzt waren, wie traditionelle Medikamente, Süßigkeiten, Keramikgeschirr, Metallspielwaren und Schmuck. In jüngerer Zeit wurde Blei in Plastikboxen für Mahlzeiten entdeckt, wo es dazu diente, PVC Kunststoffen zu stabilisieren. Blei wurde auch in den Farben importierter Kinderspielwaren gefunden, die den Standardwert von 0,06 % Blei Gewichtsanteil (600 ppm) überschritten. Viele betrachten diesen Wert als überhöht und befürworteten Regelungen, um die erlaubte Bleimenge in Farben zu reduzieren und die Bleikonzentrationen in Kinderspielzeug zu testen. Trotz dieser Kenntnisse über die Gefahren durch Bleiexposition in der Kindheit gehen wir doch sorglos mit diesen Stoff um.

## Einführung und Geschichte

Wenn wir das Interesse irgendeines medizinischen Thema anhand der Anzahl der Schriften beurteilen müssten, die dazu geführt haben, kämen wir nicht umhin, die Bleivergiftung als das wichtigste anzusehen, welche bis in unsere Zeit hinein behandelt wird.

M.P. Orfila, *A General system of Toxicology*, 1817

Blei bietet viele interessante Einblicke für einen Studenten der Toxikologie, Geschichte und Soziologie. Während über 8000 Jahre Bleigebrauches haben wir das vergessene und missachtete Wissen über die gesundheitlichen Auswirkungen von Blei wieder erlernt. Blei kommt natürlich in geringen Mengen im Boden und im Wasser vor, aber auch durch die beträchtliche Verteilung in der Umwelt durch die Menschen, es hat jedoch keinen

nützlichen biologischen Effekt. Seine physikalischen Eigenschaften wie niedriger Schmelzpunkt, leichte Verfolgbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und die leichte Verfügbarkeit machen es gut geeignet für Anwendungen aus alter und neuerer Zeit. Blei wird zusammen mit Gold und Silber gefunden und so ist es sowohl ein Nebenprodukt als auch eine Verunreinigung des Schmelzprozesses dieser Edelmetalle. Die frühesten dokumentierten Bleimineralien stammen aus dem Jahre 6500 v. Chr. in der Türkei.

**Pb**    **Blei**

**Atomnummer: 82**

**Atommasse 207.20**

Eine erhebliche Bleiproduktion begann ungefähr 3000 v. Chr. und wurde hauptsächlich von dem römischen Reich durchgeführt. Große Minen in Spanien und Griechenland trugen zur globalen atmosphärischen Verteilung von Blei bei. Da Blei leicht zu verarbeiten ist, wurde es für die römischen Sanitäranlagen verwendet. Das Wort plumbum ist die lateinische Bezeichnung für Blei woraus sich das chemische Symbol Pb für Blei ableitet. Einige Bleisalze besitzen einen süßlichen Geschmack, so dass sie einen guten Zusatz für römische Weine darstellten, der dann in ganz Europa geliefert wurde. Bereits zu diesen Zeiten wurde berichtet, dass Blei schwere Koliken, Anämie und Gicht verursacht. Einige Historiker glauben, dass Bleivergiftungen den Niedergang des römischen Reiches beschleunigt haben. Seit tausenden von Jahren spiegelt sich im Eis Grönlands der Aufstieg und Niedergang der Bleiverwendung von Blei in vielen Kulturen, die kamen und gingen.

In neuerer Zeit stellt die Lebensdauer von Blei ein ausgezeichneter Lackzusatzstoff dar, aber der Geschmack macht es zu einer verlockenden Gefahrenquelle für Kinder. Die Bleivergiftung bei Kindern wurde 1904 mit bleihaltigen Farben in Verbindung gebracht. Viele europäische Staaten verbannten 1909 den Gebrauch von bleihaltigen Farben im Innenbereich. Auch wurden Babybetten mit bleihaltigen Farben bemalt, was zur erhöhten Säuglingssterblichkeit und zu andere Krankheiten führte. 1922 verbot der Völkerbund Bleifarben, aber die Vereinigten Staaten versäumten die Gesetze anzupassen. Ein Bericht aus dem Jahre 1943 bemerkte, dass mit bleihaltiger Farbe versetzte Chips bei Kindern von neurologischen Erkrankungen (einschließlich Verhaltens-, Lern- und Intelligenzprobleme) führt. Schließlich wurde 1971 bleihaltige Fassadenfarbe in den Vereinigten Staaten gesetzlich unterbunden. In Häuser die vor 1978 gebaut wurden, befindet sich Blei-haltige Farbe möglicherweise sowohl innerhalb als auch außerhalb; Wohnungen, die vor 1950 erbaut wurde, sind sehr wahrscheinlich sowohl innen als auch außen mit bleihaltige Farbe kontaminiert und sollten sorgfältig überprüft werden. Dies ist ein besonders schwerwiegendes Problem für Kinder, die in älteren Wohnungen der Großstädte leben. In einem CDC- Bericht wurde festgestellt, dass 35 % der afroamerikanischen Kinder in Innenstädten mit mehr als 1 Million Menschen Blutbleiwerte größer als 10 g/dL aufweisen, wo die CDC seit 1991 Handlungsbedarf sieht. Seit den 1990er Jahren verlangt die EPA, die Offenlegung über Blei, wenn ein Haus oder eine Wohnung entweder verkauft oder vermietet werden soll. Zusätzlich ist eine zusätzliche Ausbildung zur Bleientfernung aus Häusern und Wohnungen für die Arbeiter nötig. Bleihaltige Farben stellen somit weiterhin ein ernsthaftes Problem für viele Kinder da. Die Geschichte und der Gebrauch bleihaltiger Farben sind in Tab. 8.1 zusammenfassend dargestellt.

Tab 8.1 – Geschichte Blei-basierter Farben

Jahr	Ereignis
1887	Medizinische US Behörden diagnostizieren Bleivergiftung bei Kinder
1904	Bleivergiftung bei Kinder steht im Zusammenhang mit Blei-basierten Farben
1909	Frankreich, Belgien und Österreich verbieten weiße Bleifarben im Innenbereich
1914	Bericht über den Tod bei Kinder durch bleihaltige Chips
1921	National Lead Company anerkennt dass Blei ein Gift ist
1922	Die Vereinten Nationen verbieten weiße bleihaltige Innenfarbe; US lehnt eine Anpassung ab
1943	Bericht folgert, dass Essen Blei-haltiger Chips zu physischen und neurologischen Erkrankungen, Verhaltens-, Lern- und Intelligenzstörungen bei Kinder führt
1971	Gesetz zur Verhinderung Blei-basierter Farbvergiftung wird in den USA verabschiedet
1978	Verbot von Blei-haltiger Hausfarbe

Aus Gilbert und Weiss, 2006.

"Daher gibt es im Gegensatz zu populären Berichten, keine überzeugende Beweise dafür, dass geringe Bleibelastungen für alle verhaltensneurologische Störungen oder Intelligenzdefizite verantwortlich sind. In der Tat, deutet der Großteil der Hinweise darauf hin, dass es keine negativen Auswirkungen bei geringer Bleiexposition gibt. "

International Lead Zinc Research Organization, Oktober 1982

“Bleivergiftung bleibt die häufigste und gesellschaftlich verheerendste Umwelt-Krankheit von Kleinkindern.“

Public Health Service - L. Sullivan, 1991

Der Bleizusatz in Benzin ist ein großes Gesundheitsproblem des 20. Jahrhunderts. Es ist eine faszinierende Geschichte der Wechselbeziehungen zwischen Wirtschaft, Politik und gesellschaftlichen Interessen. Tetraethylblei (TEB) wurde 1854 von einem deutschen Chemiker entdeckt und 1921 konnte Thomas Midgley aus den USA zeigen, dass es das Klopfen des Automotors verringert. Es war eine Zeit eines enormen Wettbewerbs in der

Automobilindustrie und des Wachstum der Öl-, Gas- und Chemieindustrie in den vereinigten Staaten. Ein Jahr später gab der US amerikanische Gesundheitservice eine Warnung über das Gefahrenpotenzial in Zusammenhang mit Blei heraus. 1923 begann das Unternehmen Du Pont Corporation die erste großtechnische Produktion von TEB und die ersten Arbeiter starben an Bleivergiftung. Im selben Jahr wurde verbleites Benzin in ausgewählten Regionen des Landes verkauft. Während dieser Zeit erwarb DuPont 35 % der Anteile an General Motors. Standard Oil und General Motors bildeten ein gemeinsames Unternehmen Ethyl Corporation, welches TEB produzierte. 1924 sterben fünf Arbeiter an Bleivergiftung bei der Ethyl-Anlage in New Jersey; die exakte Anzahl der Blei-Exponierten ist hingegen unbekannt. 1925 wurde der Verkauf von TEB ausgesetzt und der US-General überprüfte die Sicherheit von TEB. Im nächsten Jahr genehmigte ein Ausschuss die Verwendung von TEB in Benzin und der Vertrieb wurde sofort wieder aufgenommen. 1936 enthielten in den USA 90 % des verkauften Benzins Blei und die Ethyl Corporation baute ihren Vertrieb in Europa aus. In den frühen 1950er Jahren untersuchte das US-Justizministerium wettbewerbswidrige Geschäfte im Zusammenhang mit Du Pont, General Motors, Standard Oil und Ethyl Corporation. 1965 wurde in einem Bericht festgehalten, dass hohe Bleikonzentrationen in der Umwelt durch menschlichen Bleigebrauch hervorgerufen wurden. 1972 verkündete die EPA die Absicht des Ausstiegs aus verbleitem in Benzin und wurde prompt von der Ethyl Corporation verklagt. Vier Jahre später wurden die Absichten der EPA vor Gericht bestätigt und im Jahr 1980 berichtete die National Academy of Science, dass verbleites Benzin die größte Quelle für die Umweltbelastung sei. 1979 wurden die Auswirkungen von Blei auf die intellektuelle Entwicklung von Kindern in einer bahnbrechenden Arbeit von Herbert Needleman und anderen beschrieben. Der Streit um den Ausstieg verbleiten Benzins war noch nicht vorbei, als der Vizepräsident George Bush 1981 vorschlug, dieses Ausstiegsprogramm zu verwässern oder zu beseitigen. Die Beziehung zwischen verbleitem Benzin und den Bleiblutwerten wurde bekannt, als die EPA berichtete, dass der Bleigehalt im Blut zwischen 1976 und 1980 um 37 % gesenkt war nachdem die Verwendung von verbleitem Benzin und 50 % rückläufig war. Nachfolgende Studien zeigten eine Korrelation zwischen dem Anstieg des Benzins während des Einsatz im Sommer und dem Anstieg der Bleiblutwerte. 1986 wurde die erste Ausstiegsphase des verbleiten Benzins erfolgreich abgeschlossen, aber in einigen Staaten des Landes, wie Washington, stand verbleites Benzin bis 1991 zur Verfügung. Die Weltbank forderte 1996 ein Verbot von verbleitem Benzin und im Jahr 2000 verbot die europäische Union verbleites Benzin. In den USA gelten immer noch Beschlüsse von 1920, was den Bleizusatz zu Benzin betrifft. Es wird geschätzt, dass 7 Million t Blei in die Atmosphäre durch Verbrennen von Benzin allein von den USA freigesetzt werden.

Die Bleiexposition am Arbeitsplatz wurde zwar gesenkt durch die bekannt gewordenen Fälle von Tod und Behinderung in den 1930er und 1940er Jahren, aber die anderen Fälle zeigen, dass diese Exposition immer noch vorkommt. In der Vergangenheit hatten Maler, die bleibasierte Farben benutzten, gesundheitliche Probleme, wie hängende Hände und Füße, die von Ben Franklin mit „baumeln“ charakterisiert wurden. Inzwischen ist die Entfernung der Bleifarbe von Brücken und Gebäuden gesetzlich verankert. Die Reparatur

von Heizkörpern und die Wiederverwertung von bleihaltigen Batterien sind weiterhin Quellen einer Bleibelastung. Die Batterie-Wiederverwertungsanlagen in den unterentwickelten Ländern stellen eine ernsthafte Bedrohung für die Arbeiter und die Umwelt dar. Sicherheitsbeamte, die anschließend mit Bleimunition trainieren, können erhöhten Bleimengen ausgesetzt sein. Die Exposition am Arbeitsplatz stellt nicht nur eine Gefahr für die Erwachsenen dar, sondern auch für die Kinder, wenn Blei mit der Kleidung nach Hause getragen wird.

Die Arbeit oder Hobbys können ebenfalls eine Quelle der Bleibelastung sein. Blei wird häufig verwendet in der Glasmalerei, Schmuckherstellung, Keramikglasuren, Malerei, Löten, Munitionsherstellung oder in der Fischerei. Eine Exposition kann auch beim Abschaben der Farbe von Möbeln auftreten. Bleiglasierete Keramik verursacht einer Reihe Bleivergiftungen, insbesondere bei sauren Nahrungsmitteln, die Blei aus der Glasur lösen.

Auch waren Konserven aufgrund der schlechten Qualität der Lötstellen an den Konservendosen eine bedeutende Quelle für Blei. Saure Speisen, wie Tomaten, lösen Blei aus den Konservendosen. Auch trat eine Trinkwasserunreinigung mit Blei durch Bleilötstellen oder alten Armaturen auf und gelegentlich, wenn Bleirohre verwendet wurden. Schließlich wurde Blei, wie viele Metalle, als Heilmittel verwendet von denen einige noch erhältlich sind und von einigen Ethnien verwendet werden.

Blei zeigt sich weiterhin in einer Reihe von Produkten, die auch dazu bestimmt sind, von Kindern benutzt werden. Da Blei einfach herzustellen und zu verarbeiten ist, findet man es häufig in Schmuck und anderen Schmuckgegenstände. Diese Produkte werden auch von Kindern verwendet, was zusätzlich zu einer Bleibelastung führt. Blei wird als Stabilisator in PVC-Kunststoffen verwendet und wurde auch in Minijalousien für Fenster, sowie in den Behältnissen für Mahlzeiten gefunden. In Kosmetika, wie Lippenstifte, wurden ebenfalls Bleiverunreinigungen gefunden. Kürzlich wurden auch bleibasierte Farben in Kinderspielzeug verwendet. Auch Süßigkeiten und Bonbonpapier waren mit Blei kontaminiert. Gesetze wurden erlassen, um zu verbieten, was offensichtlich ist: der Verkauf von bleihaltigen Produkt, die für Kinder bestimmt sind.

## **Biologische Eigenschaften**

Die Absorption, Verteilung und folglich auch die gesundheitlichen Auswirkungen des Bleis zeigen die Grundprinzipien der Toxikologie. An erster Stelle stehen die Sensibilität der Kinder und die Nebenwirkungen selbst auf geringe Bleiexpositionen, an zweiter Stelle steht die Dosis. Es gibt mehrere Gründe, warum Kinder empfindlicher auf Blei reagieren. Kinder sind kleiner als Erwachsene und pro Gewicht sind bei gleicher Exposition sind sie einer höheren Dosis ausgeliefert. Auch führen Unterschiede in der Bleiabsorption zu einer höheren Empfindlichkeit bei Kindern. So nehmen Erwachsene nur 5-10 % des durch den Mund zugeführten Bleis auf, während Kinder ungefähr 50 % Abhängigkeit von der Nahrung aufnehmen. Kinder und Schwangere mehr Blei auf, weil



ihre Körper einen größeren Bedarf an Kalzium und Eisen haben und der Darm diese Aufnahme fördert.

Blei kann Calcium substituieren und wird ebenfalls leicht absorbiert, besonders wenn die Nahrung an Calcium und Eisen ist. Kinder aus Familien mit geringem Einkommen leben oft in alten Wohnungen, die Blei enthalten und durch schlechtere Ernährung sind sie besonders anfällig auf die Auswirkungen des Bleis. Das gleiche gilt auch für Schwangere, da der Körper ebenfalls mehr Calcium benötigt.

Blei verteilt sich in den verschiedenen Körperkompartimenten mit unterschiedlichen Halbwertszeiten. Wenn Blei in die Blutbahn gelangt, bindet es an die roten Blutkörperchen und hat dort eine Halbwertszeit von etwa 25 Tagen. Blei überwindet leicht die Plazenta und gelangt dadurch in den sich entwickelnden Fötus, was zu gravierenden Auswirkungen auf das Nervensystem führen kann. Blei kann auch im Muskel gespeichert werden, wo es eine Halbwertszeit von ungefähr 40 Tage hat. Der Calciumbedarf von Kindern ist unter anderem durch das schnelle Knochenwachstum hoch. Blei ersetzt dort Calcium und wird im Knochen abgelagert, was durch Röntgenaufnahmen bei Kindern mit hoher Bleiexposition sichtbar gemacht werden kann (glücklicherweise ist dies sehr selten, zumindest in den USA). Unter normalen Umständen ist der Knochenumsatz oder die Halbwertszeit sehr lang, so dass die Halbwertszeit von Blei im Knochen bis zu 20 Jahren erreichen kann. Wird allerdings der Knochenumsatz gesteigert, wird Blei aus den Knochen mobilisiert und gelangt in das Blut zurück. Dies kann bei Schwangeren oder älteren Frauen mit Osteoporose, die durch eine Verringerung des Östrogenspiegels ausgelöst wird, auftreten. Wir reichern das ganze Leben lang - zumal in der Jugend - Blei an, so dass bei einem Erwachsenen die Knochen und die Zähne etwa 95 % des gesamten Bleis im Körper enthalten. Wir werden sehen, dass die kurze Halbwertszeit des Bleis im Blut und die Zahnbleiwerte ein wichtiger Indikator für die Bleibelastung in der Kindheit sind und ein Marker der mit Effekten während der Entwicklung korreliert.

## Gesundheitliche Auswirkungen

„Es dauert lange, bis eine nützliche Erkenntnis bekannt ist und dann generell akzeptiert und umgesetzt wird.“

Benjamin Franklin - 1763

Blei ist einer der am besten untersuchtesten gefährlichen Schadstoffe des 20. Jahrhunderts. Je mehr Toxikologen und andere Forscher über gesundheitliche Folgen des Bleis forschen, desto mehr bemerken sie, dass auch geringe Blei Expositionen gefährlich sein können (Gilbert und Weiss, 2006). Der häufigste Nachweis einer Bleiexposition erfolgt über den Wert des Bleis im Blut, der in Mikrogramm pro Zehntel Liter Blut ( $\mu\text{g}/\text{dL}$ ) angegeben wird. Viele Behörden setzen diesen Wert auf  $40 \mu\text{g}/\text{dL}$  für einen männlichen erwachsenen Arbeiter fest. Normalerweise würden Arbeiter mit diesem

Blutwert von der belasteten Umgebung ferngehalten und Einschränkungen würden hinsichtlich Exposition gemacht werden. Die betreffenden Blutwerte für Kinder sind stetig gefallen, wie in Abbildung 8.1 gezeigt ist und manche glauben, dass es genügend Daten über Gesundheitseffekte bei 10 µg/dL gibt, so dass die amerikanische Behörde CDC diese Werte signifikant senken sollte (Gilbert und Weiss, 2006).

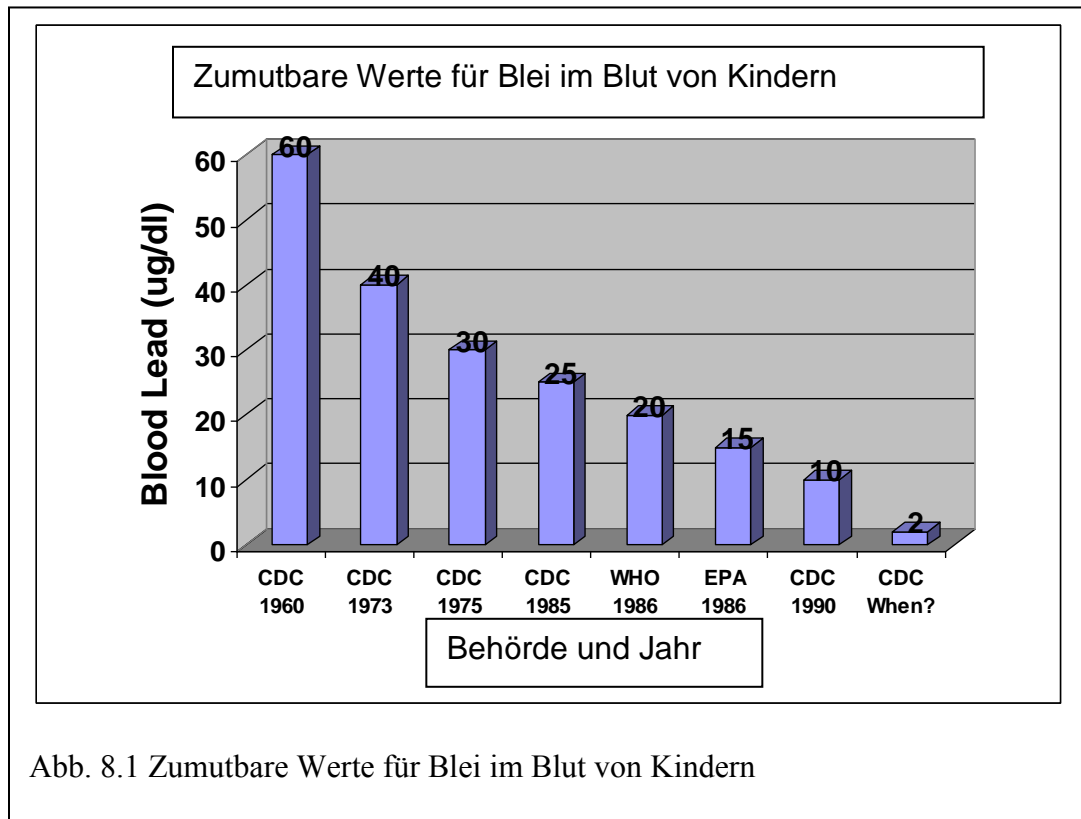


Abb. 8.1 Zumutbare Werte für Blei im Blut von Kindern

Der Rückgang der zumutbaren Blutspiegel bei Kindern geht auf Forschungen und einer verbesserten Kontrolle der Bleiverunreinigungen zurück (Entfernen des Blei aus Benzin). Ein Blutbleispiegel von 10 µg/dL stellt keinen „sicheren“ Wert dar, aber er weist auf notwendigen Maßnahmen zur Expositionsreduzierung hin. Es muss beachtet werden, dass dieser Wert keinen Schutz für die Entwicklung des kindlichen Nervensystems darstellt. Derzeit scheint es keinen unbedenklichen Wert für eine Bleibelastung für das sich entwickelnde Kind zu geben.

Das Nervensystem ist das empfindlichste Ziel einer Bleivergiftung. Feten und Kleinkinder sind besonders anfällig für die neurologischen Auswirkungen von Blei, weil ihr Gehirn und Nervensystem sich noch in der Entwicklung befindet. Bei einer Exposition mit hohen Bleiwerten schwillt das Gehirn an (Enzephalopathie), möglicherweise mit Todesfolge. Früher wurde angenommen, dass Kinder, die eine hohe Bleiexposition überlebten sich ohne bleibende Schädigungen erholen würden. In den 1940er Jahren wurden bei Kindern, die zu hohe Bleigehalte ausgesetzt waren, Lern- und Entwicklungsstörungen gefunden. 1979 zeigte eine Studie von Needleman, dass auch geringe Bleiexpositionen die Schulleistungen von Kindern zu reduzieren vermag. Diese Studie war eine der ersten, die den Gehalt des Bleis im Zahn als Marker einer Exposition in der Kindheit benutzte. Diese stellte sicher, dass die tatsächliche Exposition in der Kindheit ermittelt wurde, wenn auch die aktuellen Blutbleiwerte normal waren. Zahlreiche Studien kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Heute wird allgemein anerkannt dass für jede Steigerung um 10 µg/dL des Blutbleies zu einem Defizit von 2 bis 4 IQ-Punkten innerhalb des Bereiches von 5-35 µg/dL führt. Dies scheint nicht sehr viel bei Betrachtung der gesamten Bevölkerung zu sein, aber für den einzelnen stellt das ein ernst zunehmendes Problem dar. Nachfolgende Langzeitstudien von Säuglingen und Kleinkindern, die Blei ausgesetzt waren, zeigten, dass mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit für eine verringerte Konzentrationsfähigkeit, Lese- und Lernschwierigkeiten, sowie niedrigere Schulabschlüsse, zunimmt.

Das Nervensystem der Erwachsenen ist ebenfalls nach einer Exposition mit Blei betroffen. In der Vergangenheit zeigte sich bei Malern, die mit bleihaltigen Farben arbeiteten, eine Schädigung des peripheren Nervensystems, welche sich in einer Fehlstellung der Hand- und Fußgelenke zeigt. Nervenschäden können am Unterarm mit einem Instrument zur Messung der Leitgeschwindigkeit eines elektrischen Signals von einem Punkt zum nächsten bestimmt werden. Es war so wie mit dem Fall bei den Kindern, wenn geringere Effekte gesucht werden, werden sie auch gefunden. Bei Erwachsenen mit Bleiblutspiegel größer 25 µg/dL gibt es Beweise für eine verringerte kognitive Leistung.

Bleiexposition kann zahlreiche, weitere Auswirkungen haben. Eine der häufigsten Auswirkungen betrifft die roten Blutzellen. Die roten Blutkörperchen werden brüchig und die Hämoglobinsynthese ist beeinträchtigt, was zu einer Anämie führt. Diese Veränderungen in den roten Blutzellen und einigen enzymatischen Veränderungen werden als Marker für eine Bleiexposition verwendet. Ähnlich den anderen Metallen, wirkt Blei sich negativ auf die Nierenfunktion aus, aber diese Verminderung ist selten, weil auch die Exposition am Arbeitsplatz geringer ist. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass erhöhte Bleispiegel mit einem erhöhten Blutdruck korreliert sind, besonders bei Männern; es scheint auch einen schwachen Zusammenhang zwischen Bleibelastung und einer erhöhten Inzidenz von Lungen- und Gehirnkrebs zu geben. Bleiexposition beeinträchtigt auch die Reproduktionsfähigkeit sowohl beim Mann als auch bei der Frau. Bei Männern führt Blei zu einer veränderten Spermienzahl- und -beweglichkeit, was zu einer geringeren Nachkommenschaft führt. Es ist offensichtlich, dass die letale

Bleimenge nicht annähernd so bedeutend ist, wie die Mengen, die Auswirkungen auf die ganze Lebensdauer und auf die Lebensqualität haben.

## **Verminderung der Exposition**

Es gibt zwar Standards für Bleiexposition, aber momentan gibt es keinen minimalen Wert, der als sicher betrachtet werden kann. Daher ist der beste Ratschlag, die Bleibelastung ganz zu vermeiden. Allerdings ist dies schwierig, da Bleiverunreinigungen in Lebensmitteln, Wasser und Staub nicht sichtbar sind, und weder durch den Geruch noch geschmacklich festgestellt werden können. Eine Alternative ist es, sich möglicher Bleiquellen bewusst zu sein und entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Wenn man zum Beispiel in ein älteres Haus mit kleinen Kindern zieht oder plant, eine Familie zu gründen, sollte man die Farbe und den Boden rund um das Haus auf Blei testen lassen. Ist das Haus alt, kann Blei in den Rohren oder Lötverbindungen in hoher Konzentration vorkommen. In einigen Geschäften sind Tests auf Blei erhältlich, aber Sie prüfen nur ob Blei vorhanden ist, aber nicht in welcher Menge. Die Hausrenovierung ist eine wichtige Quelle für eine Bleiexposition. Das schleifen oder entfernen von Farbe kann zur Freisetzung von bleihaltigen Staub mit hoher Konzentration führen. Kleine Kinder, die alles in den Mund nehmen können erhebliche Menge Blei aus dem Staub aufnehmen. Die EPA gibt Informationen zur sicheren Renovierung heraus.

Wenn man beim Arbeiten in Kontakt mit Blei kommt, sollte man so schnell wie möglich die Hände waschen. Wenn man mit Blei arbeitet und dann isst, wird alles, was man mit den Händen berührt, kontaminiert. Zieht man die Schuhe aus bevor man das Haus betritt, reduziert sich die ins Haus eingebrachte bleihaltige Staubmengen. Dies ist besonders wichtig, bei Anzeichen für eine Bodenverunreinigung, wie sie in der Nähe von Hütten vorkommen. Schützen Sie sich vor einem Hobby, in dem mit Blei oder bleihaltige Produkte gearbeitet wird. Reduzieren oder vermeiden Sie möglichst bleihaltige Produkte. In den meisten Staaten sind Bleikugeln für die Jagd verboten, weil diese eine Gefahr für die Vögel sind und die Umwelt mit Blei verschmutzen. Alte Kochutensilien, Bleikristallgläser und manche Keramikglasur enthalten Blei, welches durch Lebensmittel – insbesondere bei starken Säuren – ausgelaugt wird. Auch einige Kosmetika können Blei enthalten, insbesondere Haarfärbemittel, die zum Übertönen von grauen Haaren dienen. Tabak enthält ebenfalls eine geringe Menge an Blei, ein weiterer Grund, um das Einatmen von Tabakrauch zu vermeiden.

## **Regulatorische Standards**

Die amerikanischen Behörden haben Grenzwerte für Trinkwasser und für den Arbeitsplatz erlassen:

- Das OSHA – Blei in der Luft –  $0.5 \text{ mg/m}^3$
- EPA die maximale Bleikonzentration in der öffentlichen Trinkwasserversorgung beträgt  $15 \text{ }\mu\text{g/L}$ ; EPA

## **Empfehlungen und Konsequenzen**

Das sich entwickelnde Nervensystem von Kindern ist sehr empfindlich für eine Bleiexposition. Aufgrund der geringen Größe des Kindes und die größere Absorption von Blei führen selbst geringe Bleiwerte zu einer hohen Dosis Blei. Das in der Entwicklung befindliche Nervensystem reagiert außerordentlich empfindlich auf selbst geringer Mengen Blei, was zu lebenslangem Lerndefizite führt. Die Exposition von Blei in jungen Jahren raubt dem Kind die Möglichkeit, sein genetisches Potenzial auszunutzen. Die optimale Maßnahme besteht darin, die Bleibelastung zu vermeiden und Kinder, sowie Schwangere angemessen zu ernähren und mit Calcium und Eisen zu versorgen. Weitere Empfehlungen sind sich häufiges Hände waschen und die Schuhe vor dem Betreten der Wohnung auszuziehen.

Auf breiterer Ebene müssen wir die Verwendung von Blei in weiten Bereichen der Konsumprodukte reduzieren. Natürlich beginnt dies bei den Produkten für Kinder, wie Spielzeug, Vinylkunststoffe, Schmuck und Süßigkeiten. Große Mengen Blei werden auch in die Umwelt eingetragen durch die Fischerei, Radgewichte in Autos und Bleikugeln, die in der Jagd und Schießübungen verwendet werden. Doch vor allem muss die Zahl an Haushalten reduziert werden, die mit Bleifarbe belastet sind. Viele dieser Veränderungen benötigen eine gesetzliche Grundlage und eine Akzeptanz, dass diese Veränderungen zum Wohle der Gesellschaft nötig sind. Schließlich muss betont werden, dass keine Bleibelastung bei Kindern akzeptabel ist.

## Mehr Informationen und Nachweise

### Bilderpräsentation

- A Small Dose of Lead presentation material and references online:  
<http://www.toxipedia.org> or <http://www.toxipedia.org/display/toxipedia/Lead>  
Web site contains presentation material related to the health effects of lead.

### Europäische, asiatische und Internationale Behörden

- International Programme on Chemical Safety (IPCS). Online:  
<<http://www.who.int/pcs/>> (accessed: 4 April 2009).  
“The two main roles of the IPCS are to establish the scientific health and environmental risk assessment basis for safe use of chemicals (normative functions) and to strengthen national capabilities for chemical safety (technical cooperation).”
- Australia – Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. Online: <  
<http://www.environment.gov.au/atmosphere/airquality/publications/leadfs.html>>  
(accessed: 4 April 2009).  
This site provides educational material about the sources of lead and strategies for living with lead.

### Nordamerikanische Behörden

- Health Canada - Lead. Online. Available HTTP: < <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/contaminants/lead-plomb/index-eng.php> > (accessed: 4 April 2009).  
Health Canada provides information on the health effects of lead and remediation programs.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Office of Pollution Prevention and Toxics - Lead Program. Online. Available HTTP:  
<<http://www.epa.gov/opptintr/lead/index.html>> (accessed: 4 April 2009).  
Site has information on lead health effects and lead abatement.
- U.S. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Online. Available HTTP: <<http://www.cdc.gov/nceh/lead/lead.htm>> (accessed: 4 April 2009).  
Site has information on CDC lead program.

- U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD) - Office of Healthy Homes and Lead Hazard Control. Online: <[www.hud.gov/offices/lead](http://www.hud.gov/offices/lead)> (accessed: 4 April 2009).  
Site contains information on lead in English and Spanish.
- U.S. EPA Safe Drinking Water Hotline - Phone: 1-800-426-4791. Online: <http://www.epa.gov/safewater/lead/index.html>. (accessed: 4 April 2009).
- U.S. EPA The National Lead Information Center - Phone: 1-800-424-LEAD (424-5323)
- U.S. Department of Labor Occupational Safety & Health Administration. Online. Available HTTP: < <http://www.osha.gov/SLTC/lead/index.html>> (accessed: 4 April 2009).  
This site addresses work place lead exposure.
- U.S. Agency for Toxic Substance Disease Registry (ATSDR). Online: < <http://www.atsdr.cdc.gov/substances/toxsubstance.asp?toxid=22> > (accessed: 4 April 2003).  
Toxicology Profile Series – Lead - The Lead Poisoning Prevention Outreach Program funded by the Environmental Health Center (EHC).
- Washington State, Department of Ecology – Lead Chemical Action Plan. Online: <http://www.ecy.wa.gov/programs/swfa/pbt/lead.html>.  
Reviews the source and use of lead in Washington and make recommendation on the reduction of lead exposure.

### **Regierungsunabhängige Organisationen**

- Alliance for Healthy Homes. Online: < <http://www.afhh.org/> > (accessed: 4 April 2009).  
Works on many issues to prevent and eliminate hazards in our homes that can harm the health of children, with reducing lead exposure as a priority.
- Washington Swan Working Group - an Affiliate of The Trumpeter Swan Society - Lead Poisoning. Online: <<http://www.swansociety.org/issues/lead/0102lead.html>> (accessed: 5 April 2009).  
Site has information on the lead poisoning of swans.

### **Referenzen**

Bellinger, D. C.: Neurological and behavioral consequences of childhood lead exposure. PLoS Med 2008, 5, e115.

Gilbert SG. and Weiss B. A Rationale for Lowering the Blood Lead Action Level From 10 to 2 µg/dL. Neurotoxicology. 27(5), September 2006, pp 693-701.

Needleman HL. The removal of lead from gasoline: historical and personal reflections. Environ Res. 2000 September, 84(1), pp 20-35.

Carol H. Rubin, Emilio Esteban, Dori B. Reissman, W. Randolph Daley, Gary P. Noonan, Adam Karpati, Elena Gurvitch, Sergio V. Kuzmin, Larissa I. Privalova, Alexander Zukov, and Alexander Zlepko. Lead Poisoning among Young Children in Russia: Concurrent Evaluation of Childhood Lead Exposure in Ekaterinburg, Krasnouralsk, and Volgograd. Environmental Health Perspectives Volume 110, Number 6, June 2002

Philip J. Landrigan, Clyde B. Schechter, Jeffrey M. Lipton, Marianne C. Fahs, and Joel Schwartz. Environmental Pollutants and Disease in American Children: Estimates of Morbidity, Mortality, and Costs for Lead Poisoning, Asthma, Cancer, and Developmental Disabilities Environmental Health Perspectives Volume 110, Number 7, July 2002

MMWR (2001) Occupational and Take-Home Lead Poisoning Associated With Restoring Chemically Stripped Furniture - California, 1998. April 06, 2001, 50(13);246-248. Online.: <<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5013a2.htm>> (accessed: 3 April 2009).

MMWR (2004) Brief Report: Lead Poisoning from Ingestion of a Toy Necklace --- Oregon, 2003. June 18, 2004 / 53(23);509-511. Online: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5323a5.htm> (accessed: 3 April 2009).

MMWR (2006) Death of a Child After Ingestion of a Metallic Charm --- Minnesota, 2006. March 31, 2006 / 55(12);340-341. Online: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5512a4.htm>. (accessed: 3 April 2009).

David E. Jacobs, Robert P. Clickner, Joey Y. Zhou, Susan M. Viet, David A. Marker, John W. Rogers, Darryl C. Zeldin, Pamela Broene, and Warren Friedman. The Prevalence of Lead-Based Paint Hazards in U.S. Housing. Environmental Health Perspectives Volume 110, Number 10, October 2002

Jack London. The People of the Abyss – lead workers – available on line <http://sunsite.berkeley.edu/London/Writings/PeopleOfTheAbyss/>