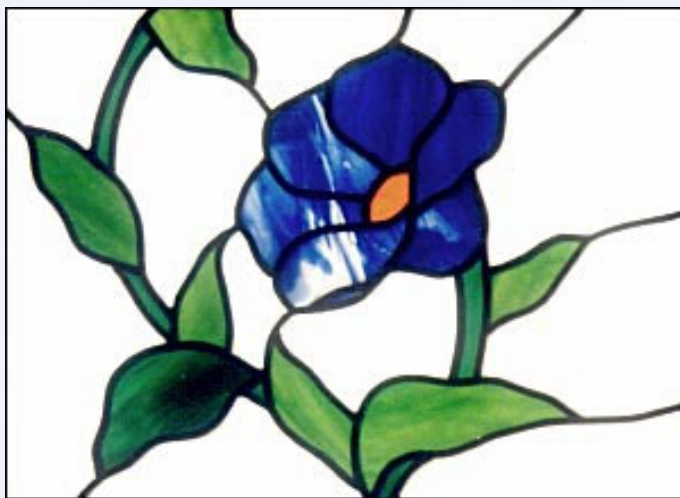




Bleibelastungen im Blut von Neugeborenen und ihren Müttern in Rheinland-Pfalz



Arbeitsbericht 4/2005



Bleibelastungen im Blut von Neugeborenen und ihren Müttern in Rheinland-Pfalz

Abschlussbericht

im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz

Bearbeitung: Dr. Heinrich Lauterwald
Dr. Irma Popp
Dr. Anja Ramstöck

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz

Inhalt

	Seite
1. Einleitung	1
2. Ergebnisse	4
2.1. Herkunft der Blutproben	4
2.2. Epidemiologische Parameter	6
2.3. Bleigehalte im Blut	11
3. Zusammenfassung	16
4. Material und Methoden	17
4.1. Probengewinnung und Vorbehandlung	17
4.2. Probenvorbereitung	17
4.3. Konzentrationsbestimmung	18
5. Literatur und Quellen	19

1. Einleitung

Blei ist ein Schwermetall, das überall in der Umwelt vorhanden ist. Es gelangt insbesondere über die Nahrung und das Trinkwasser, in geringerem Ausmaß jedoch auch über Staub- oder Bodenpartikel in den Körper. Als ein weiterer Einflussfaktor gilt das Rauchverhalten. Blei hat keine Funktion im menschlichen Körper, kann in größeren Mengen aber schädliche Wirkungen haben. Bei erhöhtem Bleigehalt im Blut kann es zu Störungen der Blutbildung kommen. Bei Säuglingen und Kindern besteht die Gefahr einer Wachstumsverzögerung, einer Beeinträchtigung der Intelligenzentwicklung und einer Störung des Nervensystems.

Blei kann die Plazentaschranke passieren. Von der Mutter aufgenommenes Blei kann so an das Ungeborene weitergegeben werden.

Untersuchungen lassen vermuten, dass eine vorgeburtliche Exposition gegenüber Blei auch zu psychischen Erkrankungen beim Erwachsenen führen kann [1], [2].

Im Allgemeinen wurde bisher davon ausgegangen, dass Blutbleikonzentrationen unter 100 µg/L keine langfristigen Beeinträchtigungen bewirken können, also quasi die unschädliche Menge darstellen. Die Werte der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes und auch der amerikanischen Bundesbehörde zur Überwachung von Nahrungs- und Arzneimitteln (Food and Drug Administration (FDA)) orientieren sich an dieser Einschätzung [3], [4].

Die Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes leitet Human-Biomonitoring-Werte (HBM) für Risikogruppen und übrige Personen ab, an deren Überschreitung sich unterschiedliche Maßnahmen anschließen (Tab. 1). Der HBM-I-Wert wird als eine vorsorgeorientierte Konzentration angesehen, der HBM-II-Wert definiert eine Eingriffsschwelle.

Blei im Vollblut		Risikogruppe	erforderliche Maßnahmen
HBM I	100 µg/L	- Kinder < 13 Jahren - Mädchen/Frauen von 13-45 Jahren	- Wiederholung der Analyse (Befund-sicherung) - Information über die Überschreitung
HBM I	150 µg/L	übrige Personen	- Aufklärung über einfache Hygiene-maßnahmen zur Minimierung - Wiederholungsanalyse nach längerem Zeitintervall (Trendanalyse)
HBM II	150 µg/L	- Kinder < 13 Jahren - Mädchen/Frauen von 13-45 Jahren	- Information des Betroffenen - Identifikation möglicher Kontamina-tionsquellen
HBM II	250 µg/L	übrige Personen	- Senkung der Bleibelastung des Be-troffenen

Tab. 1 HBM-Werte der Kommission „Human-Biomonitoring“

Neuere Studien deuten darauf hin, dass auch bei relativ geringen Blutbleigehalten bei ameri-kanischen Kindern (< 100 µg/L) eine signifikante Verringerung des IQ resultiert. Dabei scheint insbesondere das dopaminerge System gestört zu werden. Die Studien wurden mit Kindern im Alter zwischen 3 und 5 Jahren durchgeführt [5], [6].

In den vergangenen Jahren hat sich die Bleibelastung der Bevölkerung durch die Einführung von bleifreiem Benzin und anderen Umweltschutzmaßnahmen deutlich verringert.

Um ein Maß für die Hintergrundbelastung zu haben, hat die Kommission „Human-Biomoni-toring“ des Umweltbundesamtes sogenannte Referenzwerte kreiert [7]. Es handelt sich dabei um einen rein statistischen Wert, der die Konzentration des Stoffes im betreffenden Körper-medium für diese Bevölkerungsgruppe zum Zeitpunkt der Untersuchung beschreibt. Ihm kommt per se keine gesundheitliche Bedeutung zu. Der Referenzwert beschreibt das 95. Perzentil der Messwerte. Die Referenzwerte der Kommission „Human-Biomonitoring“ des Umweltbundesamtes ermöglichen die Beschreibung des derzeitigen Ist-Zustandes einer Bevölkerungsgruppe, die Feststellung einer besonderen Belastung von Einzelpersonen oder Personengruppen, die Überprüfung von Qualitätszielen für die menschliche Belastung und

können als Beurteilungsmaßstab bei epidemiologischen Untersuchungen dienen, wobei in dem Fall keine umfangreichen Vergleichskollektive zu untersuchen sind.

In Tab. 2 sind die derzeit gültigen Referenzwerte für Blei im Vollblut dargestellt. Die Werte für Kinder basieren auf den Ergebnissen des Umwelt-Surveys 1990/92 und die Werte für Erwachsene auf den Ergebnissen des Umwelt-Surveys 1998. Diese Werte sind allerdings mit einer analytischen Unsicherheit von bis zu 20% behaftet. Im Vergleich zum Umwelt-Survey 1990/92 hat der Bleigehalt im Blut der erwachsenen Bevölkerung im Mittel um ca. 30 % abgenommen [8]. Für Kinder liegen keine aktuelleren Daten vor. Eine Aktualisierung ist erst möglich, wenn der im Jahre 2003 begonnene Kinder-Umwelt-Survey abgeschlossen ist. Dies wird etwa im Jahre 2006 der Fall sein.

Personengruppe	Referenzwert
Kinder (6-12 Jahre)	60 µg/L
Frauen (18-69 Jahre)	70 µg/L
Männer (18-69 Jahre)	90 µg/L

Tab. 2 Referenzwerte für Blei im Vollblut

Die Referenzwerte gelten für das gesamte Bundesgebiet für die beruflich nicht exponierte Bevölkerung. Aus Rheinland-Pfalz liegen keine gesonderten Ergebnisse vor. Für Kinder unter drei Jahren fehlen jedoch Hinweise auf die Bleibelastung im Blut.

Untersuchungen im Nabelschnurblut wurden bisher kaum durchgeführt. Die einzige uns bekannte Studie dazu datiert aus 1972 und nennt mittlere Konzentrationen von Blei im Nabelschnurblut von 169 µg/L bei Neugeborenen aus städtischen Bereichen [9].

Das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht hat deshalb auf Wunsch des Ministeriums für Umwelt und Forsten das Projekt „**Bleibelastungen im Blut von Neugeborenen und ihren Müttern in Rheinland-Pfalz**“ mit 103 Mutter-Kind-Paaren durchgeführt. Das Blut der Neugeborenen wurde dabei aus der Nabelschnur gewonnen, so dass keine Blutabnahme bei den Kindern erfolgen musste.

Ziel des Projektes war es, über Messwerte und ihren Vergleich mit Referenzwerten Hinweise zu bekommen, ob zusätzliche Maßnahmen zur Senkung der Bleibelastung für die Bevölkerung in Rheinland-Pfalz nötig sind.

2. Ergebnisse

2.1. Herkunft der Blutproben

Trotz der geringen Probandenzahl wurde versucht, möglichst flächendeckende Aussagen über Rheinland-Pfalz zu erhalten. Es wurden 10 Krankenhäuser mit geburtshilflicher Abteilung ausgewählt (Tab. 3). Zusätzlich zu den hier genannten Kliniken wurden zwei Probenpaare aus dem Westpfalz-Klinikum Kaiserslautern gewonnen.

Städtisches Klinikum Kemperhof 56073 Koblenz	St. Elisabeth Krankenhaus 56112 Lahnstein
Elisabeth Krankenhaus 57548 Kirchen (Sieg)	St. Johannis Krankenhaus 66849 Landstuhl
Städtische Krankenanstalten Idar-Oberstein 55743 Idar-Oberstein	Vinzentiuskrankenhaus 76829 Landau Pfalz
Mutterhaus der Borromäerinnen 54290 Trier	Klinikum der Stadt Ludwigshafen 67063 Ludwigshafen / Rhein
St. Elisabeth Krankenhaus 54516 Wittlich	St. Vinzenz- und Elisabeth-Hospital 55131 Mainz

Tab. 3 Teilnehmende Kliniken

Die Auswahl der Kliniken umfasste sowohl städtische, als auch ländliche Bereiche in Rheinland-Pfalz. Des weiteren wurden Proben aus Gebieten genommen, in denen eine erhöhte Bleibelastung in der Umwelt, insbesondere im Boden, vorkommt. Dies ist vor allem der Fall in der Verbandsgemeinde Braubach, aufgrund der Blei- und Silberhütte Braubach (BSB) und in der Verbandsgemeinde Lahnstein mit der Flotationshalde Friedrichsegen.

Der Wohnort der Mutter in den letzten 3 Monaten der Schwangerschaft (ca. 5 Halbwertszeiten von Blei im Blut) wurde ermittelt.

Die örtliche Verteilung der Probenherkunft und der örtliche Bezug zur Entbindungsklinik können aus Abb. 1 entnommen werden.

Aus einzelnen, schwach besiedelten Gebieten in Rheinland-Pfalz konnten keine Proben gewonnen werden.

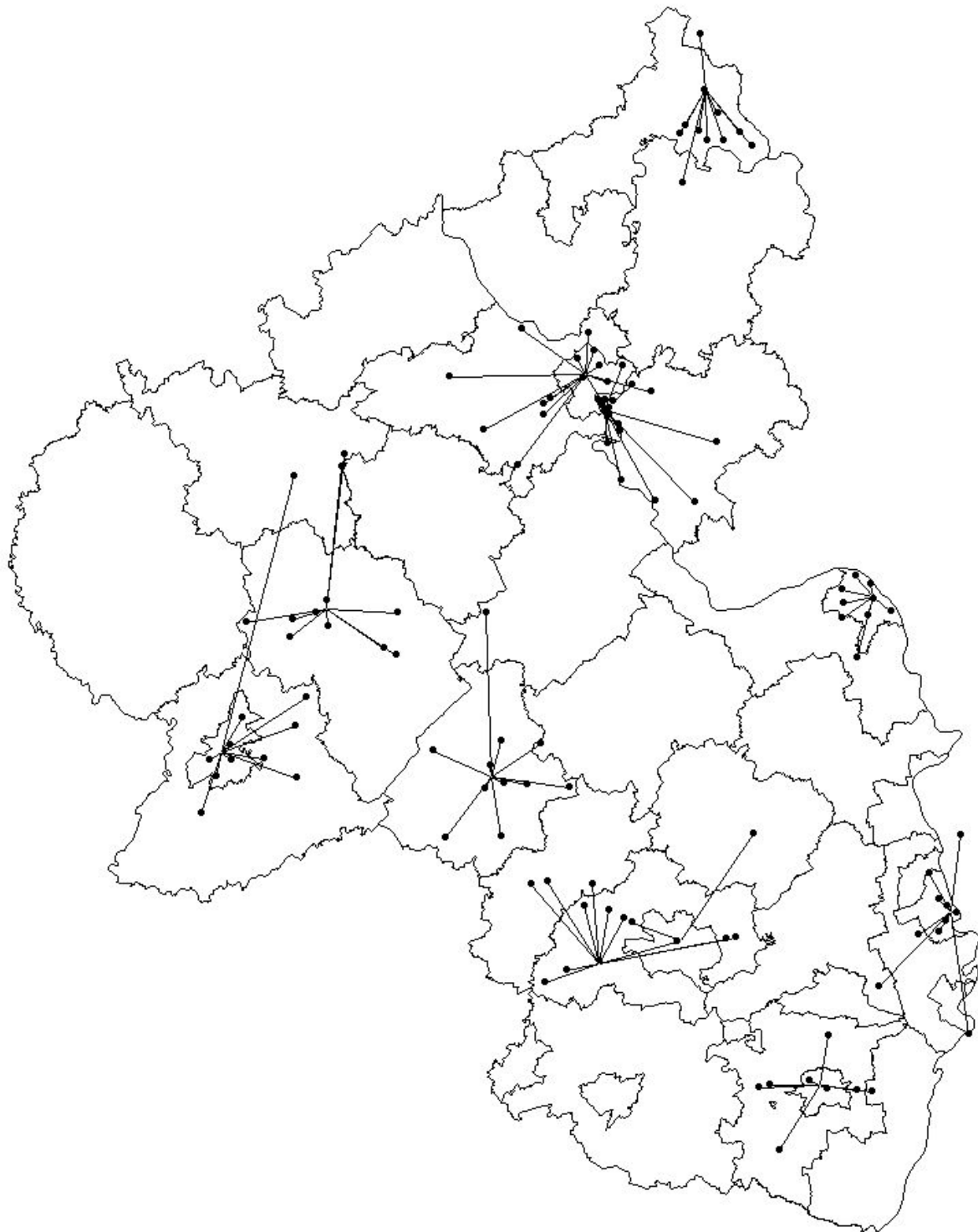


Abb. 1 Herkunft der Blutproben und Einzugsgebiete der Entbindungskliniken

2.2. Epidemiologische Parameter

Die Kliniken wurden gebeten, für das Projekt nur Mütter auszuwählen, die einen vollständig ausgefüllten Mutterpass vorlegen konnten. Risikoschwangerschaften und Kaiserschnittpatientinnen sollten nicht berücksichtigt werden. Ebenso sollten nur Mütter teilnehmen, deren Immunstatus, insbesondere bezüglich Hepatitis B, bekannt war, um das Ansteckungsrisiko für alle mit dem Blut hantierenden Personen zu minimieren. Das Kollektiv sollte somit aus gesunden, spontan gebärenden und nicht infektiösen Müttern bestehen. Dieses wurde in den Entbindungskliniken weitgehend beachtet. Die Datenbasis der epidemiologischen Parameter beruht auf den freiwilligen Angaben der Mütter. Es gab sowohl Auslassungen bestimmter Fragen, als auch Mehrfachnennungen. Mehrfachnennungen finden sich vor allem beim Trinkverhalten, so dass dort alle Nennungen berücksichtigt wurden.

Ein Einfluss des Rauchverhaltens konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Bestimmte Berufe können zu einer Belastung mit Blei führen. Auch wenn die Schwangere selber nicht beruflich mit Blei umgeht, besteht die Möglichkeit, dass ein Haushaltsmitglied, welches beruflich mit Blei umgeht, eine Kontamination verursacht, die in eine Exposition der Schwangeren mündet. Dieses ist vor allem beim Vernachlässigen von einfachen Hygieneregeln der Fall. Um erhöhten Bleiwerten im Blut ursächlich auf die Spur zu kommen, wurde der berufliche Umgang mit Blei erfragt (Abb. 2).

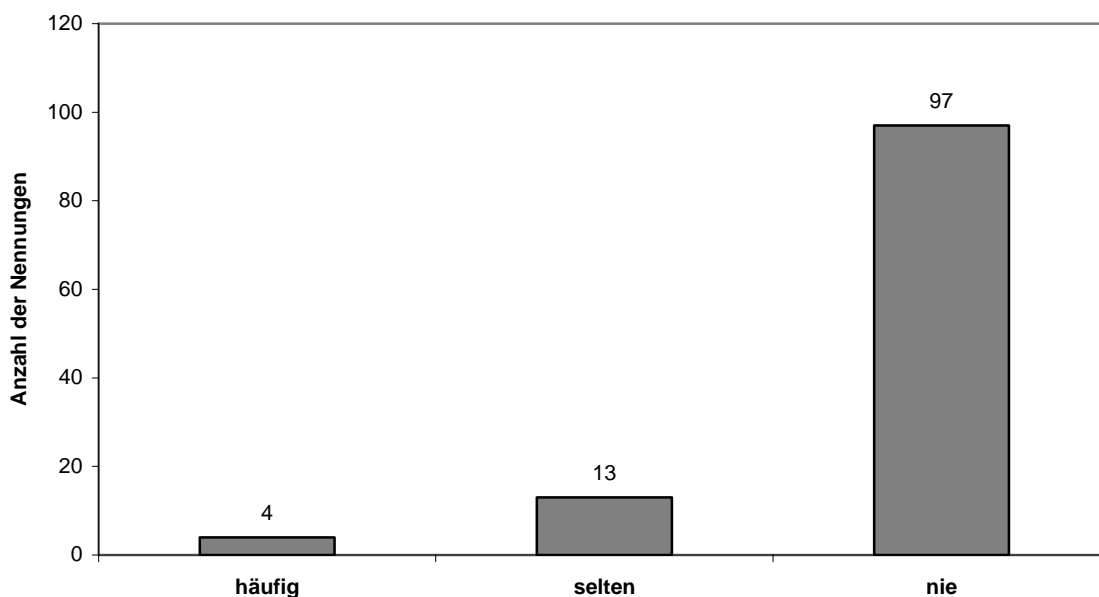


Abb. 2 Kontakt der Mutter oder eines Haushaltsmitgliedes mit Blei bei beruflichen Tätigkeiten

Eine weitere Expositionsmöglichkeit besteht, wenn die Mutter oder ein Haushaltsmitglied im Hobbybereich mit bleihaltigen Materialien umgeht, beispielsweise beim Herstellen von Keramiken oder Bleiglasfenstern / Tiffanyarbeiten. Der private Umgang mit Blei wurde daher ebenfalls ermittelt (Abb. 3).

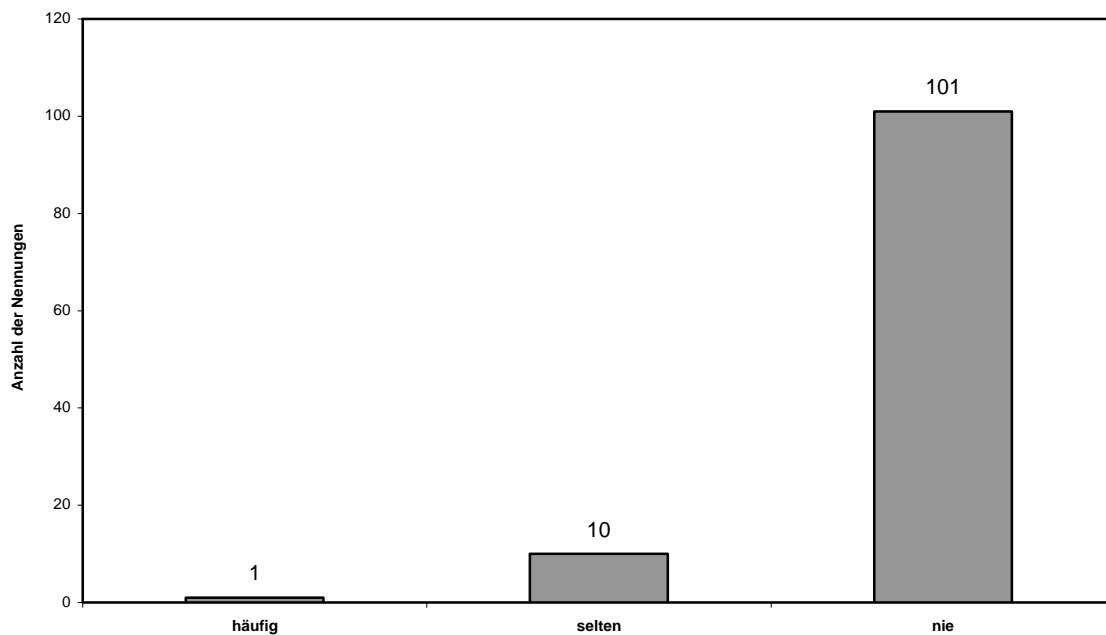


Abb: 3 Kontakt der Mutter oder eines Haushaltsmitgliedes mit Blei bei privaten Tätigkeiten

Es zeigt sich, dass im untersuchten Kollektiv der Umgang mit bleihaltigen Materialien keinen wesentlichen Expositionsweg darstellt. Die Einzelfälle werden jedoch gesondert betrachtet.

Eine Exposition über die Luft ist heutzutage kaum mehr gegeben. 1988 erfolgte das Verbot von bleihaltigem Normalbenzin [10] und schließlich die Absprache der Bundesregierung mit den Mineralölverbänden, den Verkauf von verbleitem Superbenzin an den Tankstellen bis Ende 1996 einzustellen [11]. Abb. 4 zeigt den Rückgang des Bleieintrages in die Umwelt über den Luftpfad beispielhaft am Standort Idar-Oberstein [12], [13].

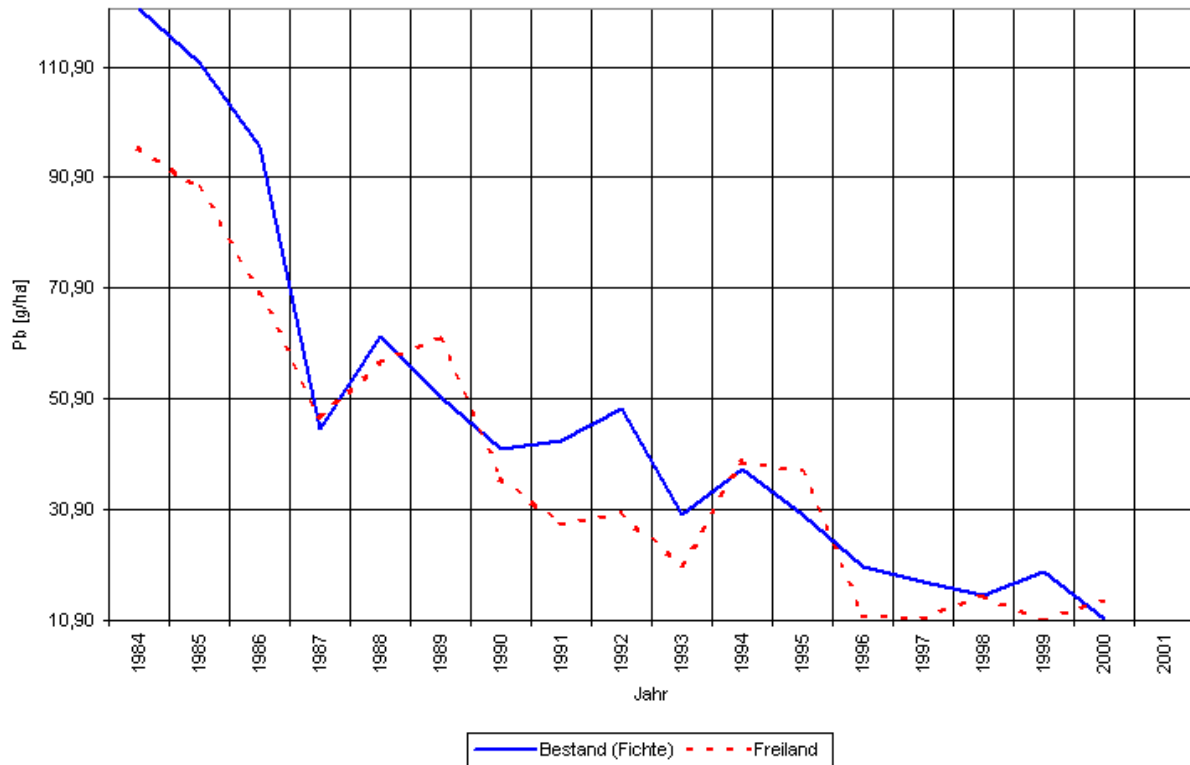


Abb. 4 Bleideposition mit dem Freilandniederschlag (gestrichelte rote Linie) und mit dem Kronendurchlass (Bestandesniederschlag) unter Fichte (durchgezogene blaue Linie), [11].

Die Exposition der Bevölkerung mit Blei erfolgt heute in erster Linie über die Nahrung und das Trinkwasser. Das Ernährungsverhalten und das Trinkverhalten wurden erhoben.

Die Exposition über den Nahrungspfad ist nicht nur von dem Bleigehalt der jeweiligen Lebensmittel und Getränke abhängig, sondern auch von den Lebensgewohnheiten, welche sich altersabhängig verändern können. Daher wurde ebenfalls das Alter der Gebärenden abgefragt.

Abb. 5 zeigt die Altersverteilung der am Projekt teilnehmenden Mütter.

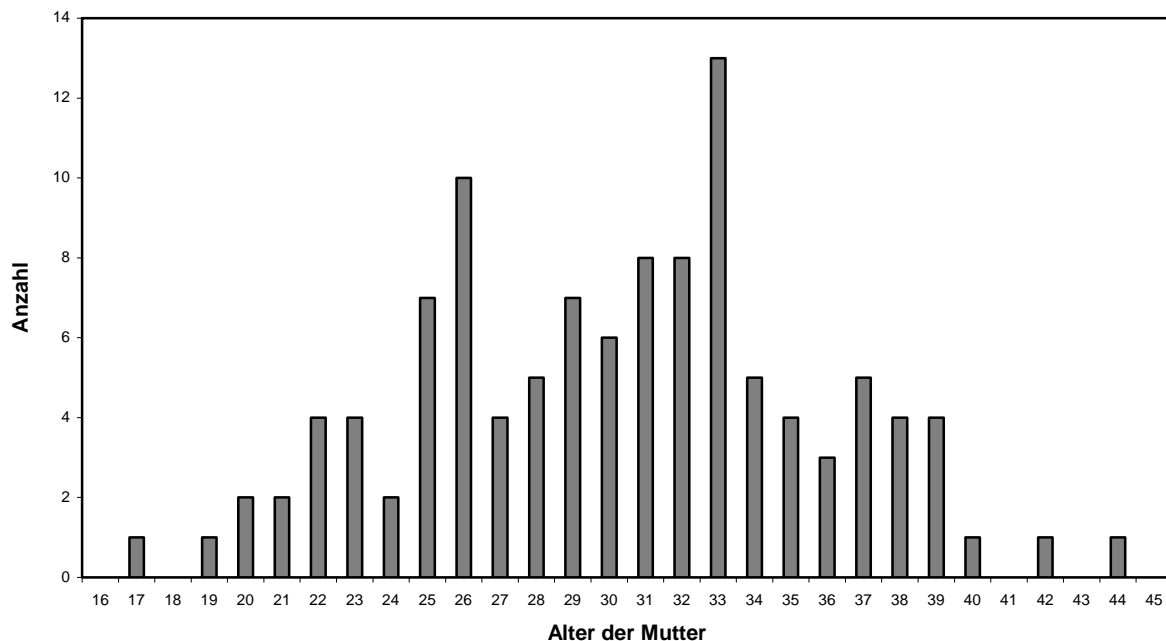


Abb.5 Altersverteilung der Mütter

Die Ernährungsgewohnheiten der Mütter wurde im Bezug auf folgende Komponenten abgefragt:

- Gemischtköstler (Normalkost: Stärkeprodukte, Obst, Gemüse, Fleisch, Eier, Milchprodukte)
- Ovo-Lacto-Vegetarier mit Fischgenuss (kein Fleisch, aber Fisch, Eier, Milchprodukte)
- Ovo-Lacto-Vegetarier (kein Fleisch, kein Fisch, aber Eier und Milchprodukte)
- Veganer (nur pflanzliche Nahrung)
- Rohköstler (nur pflanzliche rohe (ungekochte) Nahrung)
- anderes

Bis auf eine Ovo-Lacto-Vegetarierin sind alle beteiligten Mütter Gemischtköstler.

Ein Weg, wie Blei in die Nahrungskette gelangen kann, ist der Übergang des Schwermetalls in Nahrungspflanzen über den Boden. Es war daher ebenfalls von Interesse, in wie weit Mütter Produkte aus dem eigenen Garten verzehren. Die Häufigkeit ist in Abb. 6 dargestellt.

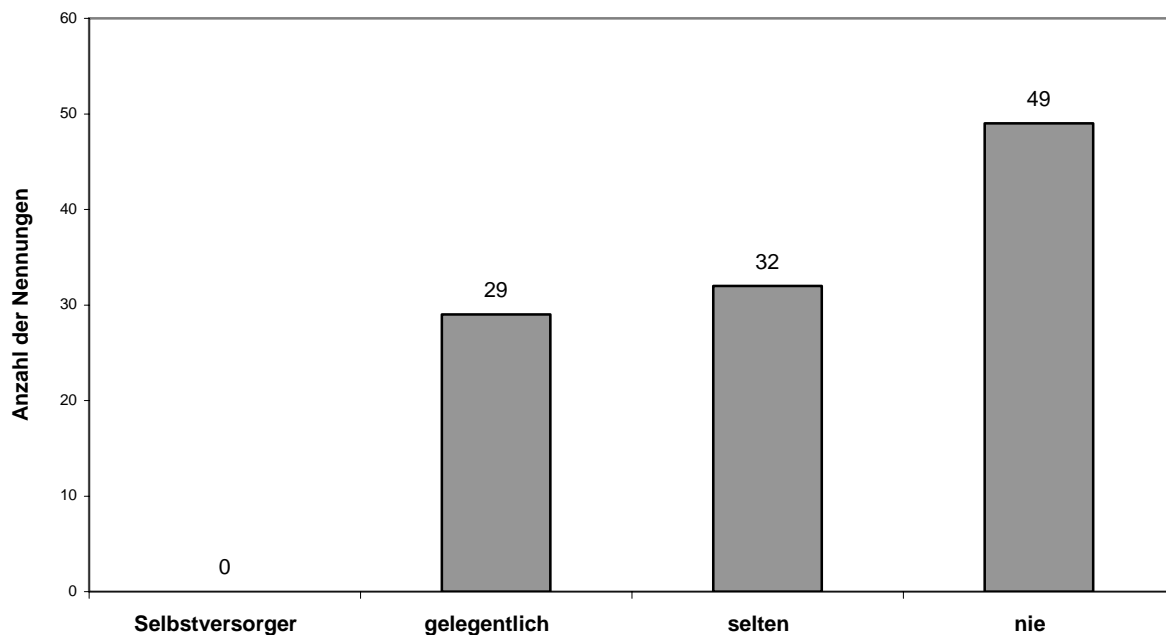


Abb: 6 Genuss von Produkten aus dem eigenen Haus-/Nutzgarten

Blei hat im Blut eine Halbwertszeit von 20 bis 30 Tagen. Nach ca. 5 Halbwertszeiten gilt ein Stoff als ausgeschieden. Der Abstand des Nutzgartens zu stärker befahrenen Straßen wurde ermittelt, obwohl der Beitrag des KFZ-Verkehrs auf Bleideposition über den Luftpfad kaum mehr messbar ist. Industrieanlagen und in geringem Maße Gebäudeheizungen liefern noch Einträge [11].

Ein Einfluss des Verzehrs von Produkten aus dem eigenen Nutzgarten auf den Blutbleigehalt konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht gefunden werden.

Die Trinkgewohnheiten können eine Rolle bei der Exposition spielen, insbesondere, wenn im Wohnhaus noch Wasserleitungen aus Blei verlegt sind. Daher wurde versucht zu ermitteln, in welchem Jahr das Wohnhaus errichtet wurde und aus welchem Material die Wasserleitungen bestehen. Es gab keine Nennungen zu verlegten Bleileitungen in den Wohnhäusern. Den meisten Müttern war das Material der Leitungen jedoch nicht bekannt. Die Trinkgewohnheiten der Mütter können aus Abb. 7 entnommen werden. Der größte Anteil entfällt auf Mineralwässer und Saftschorlen mit Mineralwasser. Eine Exposition über den Wasserpfad ist sehr unwahrscheinlich.

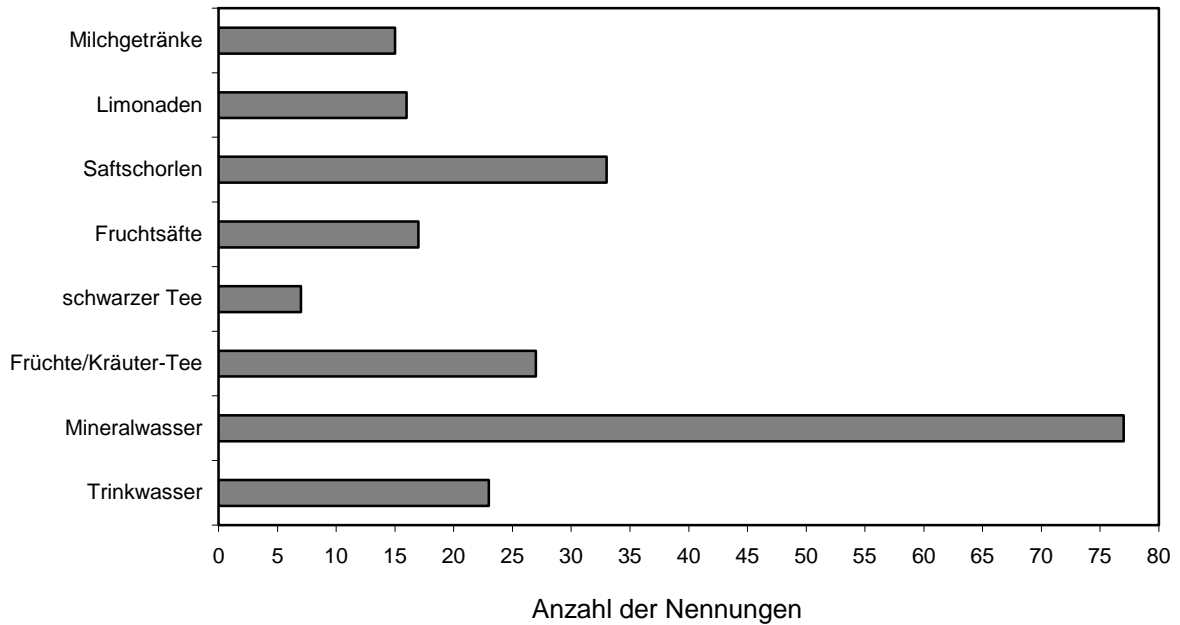


Abb. 7 Trinkgewohnheiten der Mütter

2.3 Bleigehalte im Blut

Es gelangten Analysedaten von 104 mütterlichen Blutproben und von 119 kindlichen Blutwerten zur Auswertung. Es waren insgesamt 103 vollständige Mutter-Kind-Paare auswertbar.

Die Häufigkeitsverteilung der Messwerte ist in Abb. 8 dargestellt. 95 % der Messwerte (95. Perzentil) liegen unterhalb von 22 µg/L für die Mütter, beziehungsweise unterhalb von 14 µg/L für die Kinder.

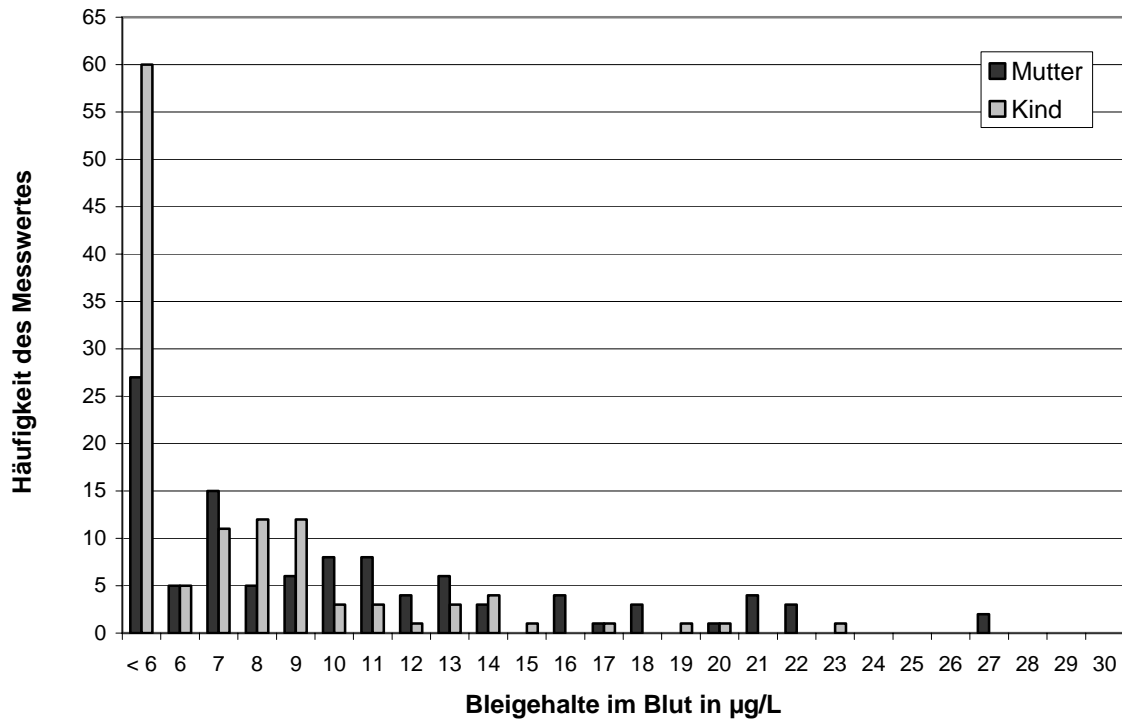


Abb. 8. Häufigkeitsverteilung der mütterlichen und kindlichen Bleigehalte im Blut

In den Abbildungen 9 und 10 ist die Verteilung der gemessenen Bleigehalte im Blut in Form von Konzentrationsbereichen bei den Müttern und den Neugeborenen in Rheinland-Pfalz dargestellt.

Die kindlichen Bleigehalte im Blut waren geringer oder entsprechen denen der Mütter. Insgesamt lagen 27 mütterliche und 60 kindliche Blutproben unterhalb der Nachweisgrenze von 6 µg/L.

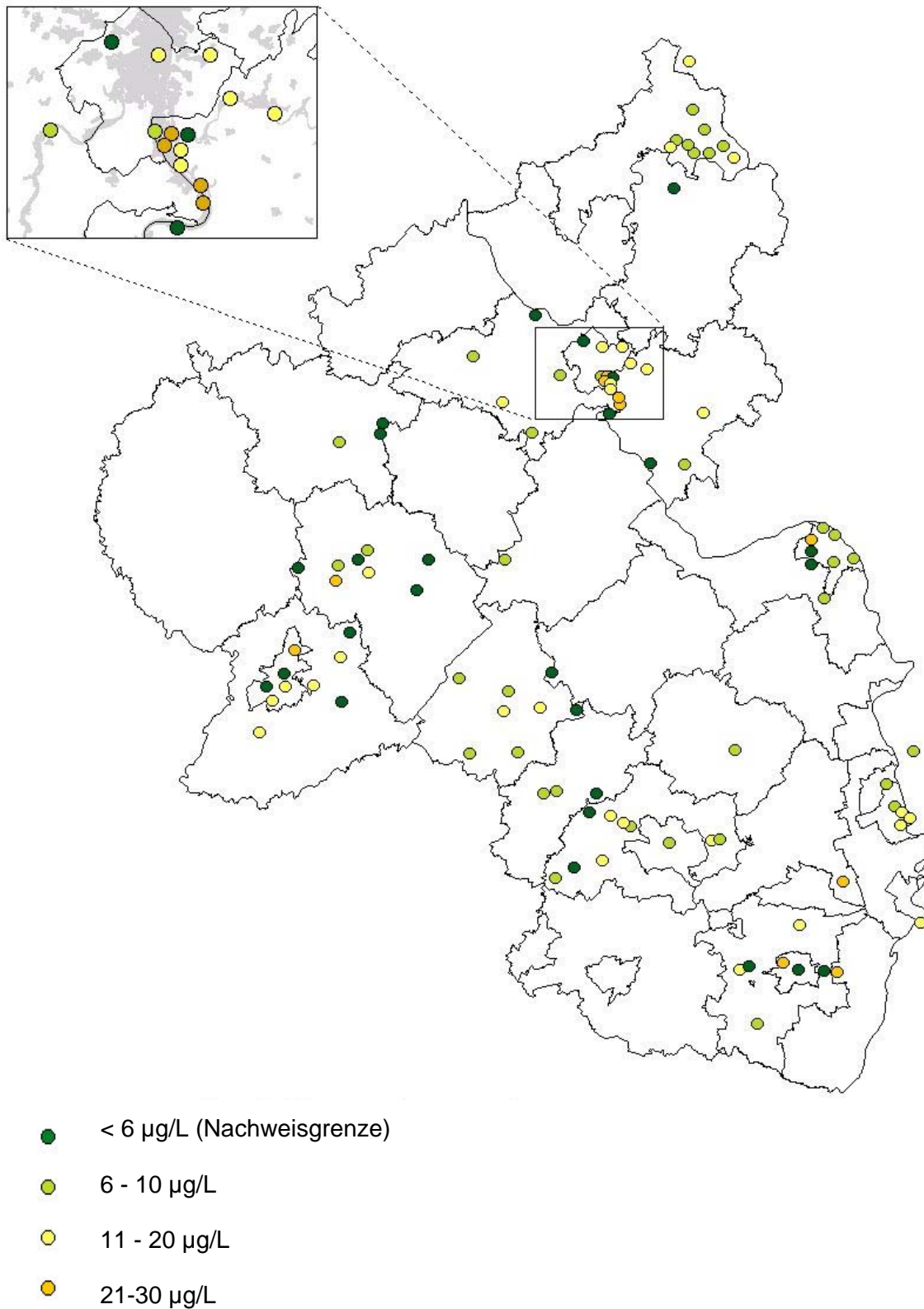


Abb. 9 Flächenhafte Darstellung der Bleigehalte im Blut bei den Müttern

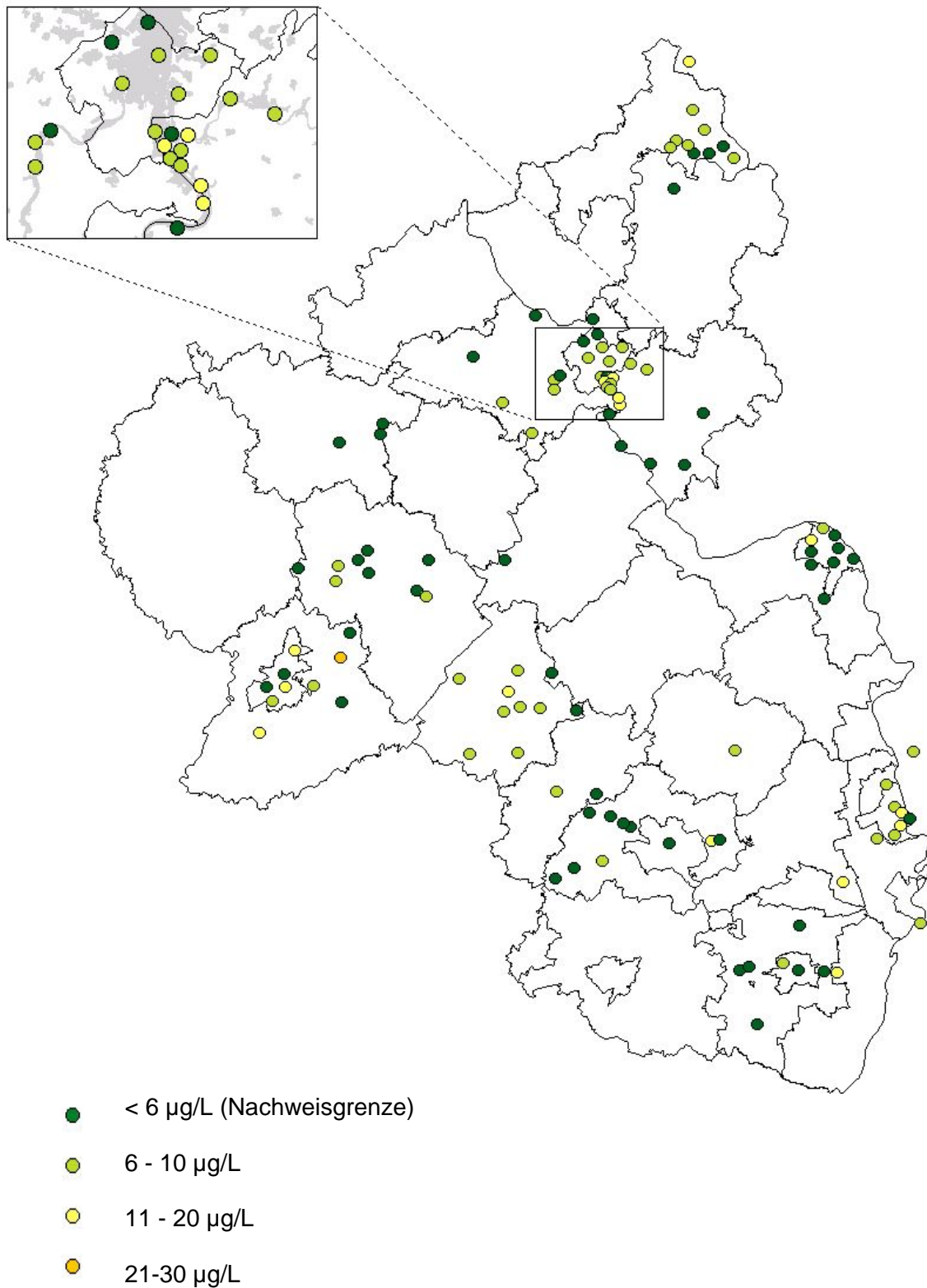


Abb. 10 Flächenhafte Darstellung der Bleigehalte im Blut bei den Neugeborenen

Alle bestimmten Werte liegen deutlich unterhalb der Referenzwerte (siehe Tab. 2). Der höchste gemessene Bleigehalt im Blut der Mütter liegt bei 27 µg/L und im Nabelschnurblut der Neugeborenen bei 23 µg/L.

Die höchsten Messwerte finden sich in der Umgebung von Lahnstein und Braubach. Dort sind die Blei- und Silberhütte Braubach (BSB) sowie die Flotationshalde Friedrichsgraben bekannte Quellen für Blei in der Umwelt. Im Bereich der Sandhalde Herdorf finden sich keine Blutbleigehalte aus dem höchsten Konzentrationsbereich.

Mütter, die angaben, ein Mitglied des Haushaltes habe beruflich oder privat häufig mit bleihaltigen Materialien zu tun, haben alle einen Gehalt von weniger als 20 µg/L. Da die kindlichen Werte unterhalb derer der Mütter lagen, ergeben sich auch für deren Kinder keinerlei auffällige Bleigehalte im Nabelschnurblut. Der Umgang mit diesen Materialien spiegelt sich nicht in den Messwerten wieder.

Die zwei höchsten gemessenen Bleigehalte im Blut lagen bei jeweils 27 µg/L.

Einer davon gehört zu einer Mutter, die angab, Ovo-Lacto-Vegetarierin zu sein. Sie lebt nicht in einem der bekannten Belastungsgebiete und betreibt keinen eigenen Anbau von Nahrungspflanzen. Ein Zusammenhang mit der Ernährungsweise ist denkbar. Von allen untersuchten Müttern gab es nur diese eine Vegetarierin.

Die zweite Mutter lebt in der Verbandsgemeinde Lahnstein, wo eine erhöhte Bleibelastung in der Umwelt bekannt ist.

3. Zusammenfassung

Das Projekt „Bleibelastungen im Blut von Neugeborenen und ihren Müttern in Rheinland-Pfalz“ sollte einen flächenhaften Überblick über die umweltbürtige Bleibelastung in Rheinland-Pfalz ermitteln. Es existieren bisher in Deutschland keine aktuellen Messwerte für Neugeborene, obwohl bekannt ist, dass Blei gut plazentagängig ist. Auch der derzeit laufende Kinder-Umwelt-Survey des Umweltbundesamtes, der im Jahre 2006 abgeschlossen werden soll, berücksichtigt keine Kinder unterhalb von drei Jahren.

Die in diesem Projekt in Rheinland-Pfalz ermittelten Bleigehalte im Blut von Müttern und Neugeborenen sind sehr niedrig. Das 95. Perzentil für die Mütter liegt bei 22 µg/L, das für die Kinder bei 14 µg/L. Das entspricht maximal 31% der Höhe der Referenzwerte (Tab. 2). Alle Werte liegen weit unterhalb der HBM-Werte (Tab. 1).

Die im Rahmen des Projektes in Braubach und Lahnstein gemessenen Werte erreichen kaum den halben Referenzwert. Die Sandhalde Herdorf (schwermetallbelastete Gießereisande) zeigt nach den Ergebnissen dieser Studie keinen sichtbaren Einfluss auf die Bleigehalte im Blut. Das Kollektiv ist jedoch zu klein, um daraus allgemein gültige Aussagen ableiten zu können.

Die Ergebnisse dieses Surveys deuten darauf hin, dass bezüglich der umweltbürtigen Bleibelastung in Rheinland-Pfalz für die dort lebenden Menschen und auch für deren Neugeborene keine Gefahren oder Gesundheitsschäden zu erwarten sind.

4. Material und Methoden

4.1. Probengewinnung und Vorbehandlung

Die Blutproben wurden in den Entbindungskliniken von Ärzten oder Hebammen entnommen. Ca. 5 mL mütterliches Blut wurde im Rahmen der üblichen Blutabnahmen kurz vor, während oder nach der Geburt zusätzlich für das Projekt entnommen. Kindliches Blut wurde nach der Abnabelung aus der Nabelschnur ausgedrückt. Das Blut wurde in S-Monovetten für Metallanalytik (max. garantierter Blindwert: 5 ng Blei/Monovette) gesammelt (Fa. Sarstedt). Als Antikoagulanzen dienten Li-Heparin. Nach der Entnahme wurde das Röhrchen geschwenkt und gekühlt oder eingefroren bis zur Abholung gelagert. Im LUWG wurden die Proben bis zur weiteren Aufarbeitung eingefroren und bei -18°C gelagert.

4.2. Probenvorbereitung

Die Probe wurde nach Temperieren auf Raumtemperatur umgeschwenkt. In verschließbare Reaktionsgefäße (Eppendorfvials) wurden 1000 μL Diluent (1g Triton-X100, 20g Ammoniumdihydrogenphosphat und 3 ml 65 %ige Salpetersäure z.A. aufgefüllt auf 1000 mL mit entionisiertem Wasser) vorgelegt und 100 μL Blut zugegeben. Es wurde geschüttelt und in Autosamplergefäße überführt.

Kalibriert wurde mit Bleistandards, die im Diluenten angesetzt wurden. Es zeigte sich im Bereich von 5,5 bis 550 $\mu\text{g/L}$ eine lineare Abhängigkeit. In der Regel wurde mit vier Kalibrierstandards in dem relevanten Konzentrationsbereich gearbeitet.

Bei jeder Messreihe wurden zur analytischen Qualitätssicherung 3 Kontrollblutproben (Lyphocheck, Fa. Biorad) und Blindwertproben mitgeführt. Die Bleibestimmung in den Proben erfolgte aus Doppelbestimmungen.

4.3. Konzentrationsbestimmung

Die Bestimmung des Blutbleigehaltes erfolgt mittels Graphitrohrfen-Atomabsorptionsspektrometrie. Die Methode wurde auf der Grundlage der DFG-Methode von 1982 erarbeitet [14].

Atomabsorptionsspektrometrische Arbeitsbedingungen

Gerät:	PerkinElmer 4100 ZL
Wellenlänge:	283,3 nm
Untergrundkompensation:	Zeeman-Effekt
Spektrale Spaltbreite:	0,7 nm
Lampenstromstärke:	12 mA
Graphitrohrtyp:	endcapped
Rohrheizungstyp:	THGA
Injektionsvolumen:	10 µL
Matrixmodifizier:	Ammoniumdihydrogenphosphat
Inertgas:	Argon, Gasfluss 240 mL/min
Oxidans:	Luft, Gasfluss 240 mL/min
Veraschungstemperatur:	600 °C
Pyrolysetemperatur:	900 °C
Atomisierung:	1600°C, Gasstop

5. Literatur und Quellen

- [1] Opler MG et al, Toxicologist, 126, 2003 und 127-128, 2002.
- [2] Opler MG, et al, Frontiers in Bioscience, VOL: 6, E61-E65, 2001.
- [3] Bundesgesundheitsblatt Bd. 39 (6), 236-241, 1996.
- [4] Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz Bd. 45 (9), 752-753, 2003.
- [5] Canfield RL et al, N. Engl. J. Med., VOL 348 (16), 1517-1526, 2003.
- [6] Canfield RL et al, Child Neurophys., VOL 9 (1), 35-53, 2003.
- [7] Bundesgesundheitsblatt Bd. 39 (6), 221-224, 1996.
- [8] Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz Bd. 46, 1112-1113, 2003.
- [9] Haas, Th et al, Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B 155, 341-349, 1972
- [10] Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigungen durch Bleiverbindungen in Ottokraftstoffen für Kraftfahrzeugmotoren (Benzinbleigesetz - BzBIG) vom 5. August 1971 (BGBl. I S. 1234), zuletzt geändert durch Gesetz vom 24. Juni 1994 (BGBl. I, 1416).
- [11] Umweltatlas Hessen, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2003.
- [12] Waldzustandsbericht für Rheinland-Pfalz 2002, Hrsg: Ministerium für Umwelt und Forsten.
- [13] Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd, Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz, <http://www.uni-kl.de/fva/de/index.htm>.
- [14] D. Henschler (Hrsg.), Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe: Band 2: Analysen in biologischem Material, 6. Lieferung, Wiley-VCH, 1982, 1-13.

Danksagung

Das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht dankt allen Helfern in den geburtshilflichen Abteilungen der beteiligten Kliniken und Krankenhäuser sowie den Müttern, die durch ihre Bereitschaft, an der Studie teilzunehmen, diese überhaupt erst möglich gemacht haben.