

Die korporale Schadstoffbelastung der 6- bis 14jährigen Kinder in Deutschland - Ergebnisse aus dem Umwelt-Survey 1990/92

Einleitung

Im Rahmen der Umwelt-Surveys, die 1990/91 (alte Länder) und 1991/92 (neue Länder) in der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt wurden, wurde neben einer repräsentativen Querschnittsstichprobe von Erwachsenen aus der deutschen Wohnbevölkerung auch eine Stichprobe von etwa 700 sechs- bis 14jährigen Kindern, die in den Haushalten der Erwachsenen lebten, hinsichtlich der Cadmium- und Quecksilbergehalte im Blut und im Urin sowie der Arsengehalte im Urin und der Bleigehalte im Blut untersucht [1]. Ferner wurden die Stoffkonzentrationen im Hausstaub (Staubsaugerbeutel und Staubsammelbecher), im häuslichen Trinkwasser und im Staubniederschlag der Außenluft (Bergerhoff-Gerät) am Wohnort der Probanden gemessen. Zusätzlich wurde eine Vielzahl von Informationen zu Soziodemographie, Lebensstil, Verhaltensweisen und Umgebungsbedingungen unterschiedlichster Art mittels mehrerer Fragebögen erfasst [1]. Hier wird zusammenfassend über die Ergebnisse der Blut- und Urinuntersuchungen bei den Kindern berichtet.

Vergleich der korporalen Belastung der Kinder in den alten und in den neuen Ländern

Der Vergleich der Schadstoffgehalte im Blut und im Urin der Kinder in den alten und neuen Ländern zeigt signifikant ($p \leq 0,001$) höhere mittlere Cadmium- und Quecksilbergehalte im Blut und im Urin der Kinder in den neuen Ländern. Die mittleren Bleigehalte im Blut und die mittleren Arsengehalte im Urin der Kinder sind in den alten Ländern nur auf einem Signifikanzniveau von 0,05 nachweislich höher als in den neuen Ländern (**vgl. Tab. 1**).

Tabelle 1: Geometrische Mittelwerte der korporalen Schadstoffbelastung der sechs- bis 14jährigen Kinder in der Bundesrepublik Deutschland in den Jahren 1990/92

Element Medium	Deutschland		Alte Länder		Neue Länder		Signifikanz- niveau
	N	GM	N	GM	N	GM	
Arsen im Urin ($\mu\text{g/l}$)	731	6,01	523	6,41	208	5,12	*
Arsen im Urin ($\mu\text{g/g Krea.}$)	730	4,28	522	4,59	208	3,60	*
Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$)	713	32,3	512	33,1	201	30,4	*
Cadmium im Blut ($\mu\text{g/l}$)	713	0,14	512	0,13	201	0,17	***
Cadmium im Urin ($\mu\text{g/l}$)	732	0,087	525	0,077	208	0,119	***
Cadmium im Urin ($\mu\text{g/g Krea.}$)	731	0,062	524	0,055	208	0,084	***
Quecksilber im Blut ($\mu\text{g/l}$)	712	0,33	509	0,26	202	0,59	***
Quecksilber im Urin ($\mu\text{g/l}$)	732	0,54	525	0,43	208	0,99	***
Quecksilber im Urin ($\mu\text{g/g Krea.}$)	731	0,39	524	0,31	208	0,69	***

N = Stichprobenumfang; GM = geometrischer Mittelwert; Krea. = Kreatinin;

* = Signifikanzniveau $p = 0,05$ nach Varianzanalyse; *** = Signifikanzniveau $p = 0,001$ nach Varianzanalyse

Bewertung anhand von Beurteilungswerten

Für die Bewertung der korporalen Stoffbelastung der Kinder werden für die Parameter Blei im Blut, Cadmium im Urin und Quecksilber in Blut und Urin die von der Kommission 'Human-Biomonitoring' des Umweltbundesamtes abgeleiteten Human-Biomonitoring-Werte (HBM-Werte) [2, 3, 4] zugrunde gelegt (**vgl. Tab. 2**). Zur Bewertung der Arsengehalte im Urin und der Cadmiumgehalte im Blut der Kinder werden die vom Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene (WaBoLu) 1987 herausgegebenen Bewertungskategorien [5] herangezogen (**vgl. Tab. 3**).

Danach wurden 1990/92 bei Kindern der untersuchten Altersklasse in Deutschland* mit Ausnahme von Cadmium im Urin keine Überschreitungen der HBM-II-Werte beobachtet (**vgl. Tab. 2**). Die hohen Cadmiumgehalte im Urin wurden bei zwei aktiv rauchenden Kindern ermittelt. Mit Ausnahme von Blei im Blut und Quecksilber im Urin wurden bei den Kindern auch keine Werte zwischen HBM-I und HBM-II festgestellt. Die auffälligen Blutblei-gehalte wurden bei einem Kind aus den alten und fünf Kindern aus den neuen Ländern, von denen insgesamt zwei Kinder 6 Jahre und vier Kinder 10-12 Jahre alt waren, gemessen. Nach Angaben der Eltern hatten die sechs Kinder mit auffälligen Quecksilberbefunden im Urin (ein westdeutsches und fünf ostdeutsche Kinder) mehrere amalgamgefüllte Zähne.

Nach den Bewertungskategorien des WaBoLu (**vgl. Tab. 3**) wurden 1990/92 erhöhte oder deutlich erhöhte Arsengehalte im Urin bei knapp 15 % der Kinder in Deutschland ermittelt. Die Eltern dieser Kinder wurden über die möglichen Ursachen eines erhöhten Arsengehaltes im Urin informiert, und ihnen wurde angeboten, ihr Kind an einer Nachuntersuchung teilnehmen zu lassen. Im Falle deutlich erhöhter Werte, wurden sie zusätzlich gebeten, dass ihr Kind vier Wochen lang vor der Probenahme keinen Fisch verzehrt. Bei denjenigen Kindern, die an diesen Nachuntersuchungen teilnahmen, wurden mit wenigen Ausnahmen unauffällige Arsengehalte im Urin ($< 15 \mu\text{g/l}$) gemessen. Dieses Ergebnis deutet daraufhin, dass korporale Belastungen mit Arsen vorrangig durch akute, wahrscheinlich nahrungsbedingte und nicht durch chronische Expositionen zustande kommen.

Bei 1 % der Kinder in Deutschland wurden 1990/92 erhöhte oder deutlich erhöhte Cadmiumgehalte im Blut ermittelt (**vgl. Tab. 3**). Diese Kinder waren älter als 12 Jahre und gaben an, gelegentlich oder regelmäßig aktiv zu rauchen.

* Wenn im Text auf „Kinder in Deutschland“ Bezug genommen wird, so ist die Gesamtheit der untersuchten 6- bis 14jährigen Kinder in den alten und in den neuen Ländern gemeint.

Tabelle 2: Bewertung der korporalen Schadstoffbelastung der Kinder in Deutschland anhand von Human-Biomonitoring-Werten [2, 3, 4]

Für die Anwendung der HBM-Werte definierte Bevölkerungsgruppen			Umwelt-Survey 1990/92		
HBM-Werte			Deutschland	Alte Länder	Neue Länder
Blei im Blut ($\mu\text{g/l}$)			Kinder 6 bis 12 Jahre und Mädchen 13 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder bis einschl. 12 Jahre und Frauen im gebärfähigen Alter	HBM-I	≤ 100	99,1 %	99,7 %	97,6 %
	HBM-I bis -II	100 - 150	0,9 %	0,3 %	2,4 %
	HBM-II	≥ 150	0,0 %	0,0 %	0,0 %
			Jungen 13 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
übrige Bevölkerung	HBM-I	≤ 150	100 %	100 %	100 %
	HBM-I bis -II	150 - 250	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	HBM-II	≥ 250	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Cadmium im Urin ($\mu\text{g/g Kreat.}$)*			Kinder 6 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder, Jugendl. und Erwachsene < 25 Jahre	HBM-I	≤ 1	99,6 %	100,0 %	98,6 %
	HBM-I bis -II	1 - 3	0,3 %	0,0 %	1,1 %
	HBM-II	≥ 3	0,1 %	0,0 %	0,3 %
Quecksilber im Blut ($\mu\text{g/l}$)			Kinder 6 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder und Erwachsene	HBM-I	≤ 5	100 %	100 %	100 %
	HBM-I bis -II	5 - 15	0,0 %	0,0 %	0,0 %
	HBM-II	≥ 15	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Quecksilber im Urin ($\mu\text{g/g Kreat.}$)*			Kinder 6 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder und Erwachsene	HBM-I	≤ 5	98,9 %	99,7 %	97,0 %
	HBM-I bis -II	5 - 20	1,1 %	0,3 %	3,0 %
	HBM-II	≥ 20	0,0 %	0,0 %	0,0 %

Anmerkungen:

unterhalb HBM-I-Wert: Gesundheitliche Beeinträchtigung nach derzeitiger Bewertung unbedenklich, kein Handlungsbedarf;

zwischen HBM-I- und HBM-II-Wert: Gesundheitliche Beeinträchtigung nicht ausreichend sicher ausgeschlossen, Handlungsbedarf: Kontrolle der Werte und Suche nach spezifischen Belastungsquellen, ggf. Verminderung der Belastung unter vertretbarem Aufwand;

oberhalb HBM-II-Wert: Gesundheitliche Beeinträchtigung möglich, Handlungsbedarf: umweltmedizinische Betreuung, akuter Handlungsbedarf zur Reduktion der Belastung

*: Die Kreatiningehalte sollen zwischen 0,5 und 2,0 g/l liegen.

Tabelle 3: Bewertung der korporalen Schadstoffbelastung der Kinder (6 bis 14 Jahre) in Deutschland anhand von Bewertungskategorien [5]

Für die Anwendung der Kategorien definierte Bevölkerungsgruppen			Umwelt-Survey 1990/92		
Bewertungskategorien			Deutschland	Alte Länder	Neue Länder
Arsen im Urin ($\mu\text{g/l}$)			Kinder 6 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder und Erwachsene	Kategorie I	< 15	85,1 %	86,4 %	81,8 %
	Kategorie II	15 - 40	12,7 %	12,0 %	14,3 %
	Kategorie III	> 40	2,2 %	1,6 %	3,9 %
Cadmium im Blut ($\mu\text{g/l}$)			Kinder 6 bis 14 Jahre Prozentsatz der Fälle		
Kinder	Kategorie I	< 1	99,0 %	99,3 %	98,1 %
	Kategorie II	1 - 3	0,8 %	0,7 %	1,5 %
	Kategorie III	> 3	0,2 %	0,0 %	0,4 %

Anmerkungen: Kategorie I: Unauffälliger Wert
 Kategorie II: Erhöhter Wert, eine Gesundheitsgefährdung ist nicht erkennbar, eine Kontrolle des Wertes ist dennoch zu empfehlen
 Kategorie III: Deutlich erhöhter Wert, eine Gesundheitsgefährdung ist auf längere Sicht nicht ausschließen, eine gezielte Abklärung und Ausschaltung, zumindest aber Verringerung der Belastungsquellen ist erforderlich

Einflussgrößen auf die korporale Belastung der Kinder in Deutschland

Die Ergebnisse des Umwelt-Surveys dienen nicht nur zur Ermittlung und Aktualisierung von Referenzwerten, sondern ermöglichen es auch, die wesentlichen Einflussfaktoren auf die korporale Schadstoffbelastung der Allgemeinbevölkerung und insbesondere die der Kinder zu ermitteln. Hierzu wurden multivariate lineare Regressionsanalysen mit den logarithmierten Gehalten durchgeführt. Dabei wurden unterschiedlich hohe Varianzaufklärungen ermittelt (vgl. Tab. 4).

Die korporalen Belastungen der Kinder in den alten Ländern und der Kinder in den neuen Ländern wurden getrennt analysiert, um mögliche unterschiedliche Einflussgrößen für die korporale Belastung der Kindern in den beiden Teilen Deutschlands zu ermitteln. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen ergaben hinsichtlich der Arsen-, Cadmium- und Quecksilbergehalte im Urin sowie der Cadmium- und Quecksilbergehalte im Blut vorwiegend dieselben Einflussgrößen für die Kinder in den alten und neuen Ländern. Die Analysen der Blei- und der Quecksilbergehalte im Blut ergaben recht deutliche Unterschiede. Der Tabelle 4 sind die Einflussgrößen auf die korporalen As-, Cd-, Hg- und Pb-Belastungen der Kinder in Deutschland bzw. der Kinder in den alten und neuen Ländern zu entnehmen.

Die Auswahl der zu prüfenden potentiellen Einflussgrößen erfolgte hypothesengeleitet. Je nach Element wurde der Einfluss von ca. 50 bis über 100 Parametern aus den folgenden Bereichen geprüft.

- Individuelle Variablen wie z. B.: Alter, Geschlecht, Body-Mass-Index, Ausbildung und berufl. Stellung des erwachsenen Teilnehmers, Haushaltseinkommen, Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen.
- Verhaltensweisen wie z. B.: Verzehrshäufigkeiten von Fisch, Gemüse, Innereien, Milchprodukten usw., aktives und passives Rauchverhalten, Aufenthaltszeiten im Straßenverkehr, im Grünen und im Wohnraum, Spielverhalten, Schmutz an Händen/Gesicht/Kleidung.
- Wohnungsumfeld wie z. B.: Gemeindegrößenklasse, Wohngebiet und -umgebung, Bebauungsart, Industrie und Gewerbe in der Wohnumgebung, subjektive Einschätzung der Luftqualität.
- Häuslicher Bereich wie z. B.: Haustyp, Heizungssystem und Brennstoff, Anzahl der Bewohner, Wohnfläche, Wohndauer, Haustiere, Pflanzen.
- Element-Konzentrationen in Hausstaub, Trinkwasser und Niederschlag der Außenluft.

Tabelle 4: Varianzaufklärungsraten und Einflussgrößen auf die korporale Belastung der Kinder in Deutschland in den Jahren 1990/92

Parameter	Varianzaufklärung	Einflussgrößen
As im Urin ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin)	6,8 %	Lebensalter (mit zunehmendem Alter nehmen auch die Gehalte zu) und Häufigkeit des Fischverzehr zusätzlich in den alten Ländern: Anzahl der Personen im Haushalt zusätzlich in den neuen Ländern: Arsen-Niederschlag der Außenluft
Cd im Urin ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin)	9,8 %	Geschlecht (Mädchen weisen höhere Werte auf als Jungen), Cadmium-Niederschlag der Außenluft und alte versus neue Länder
Cd im Blut ($\mu\text{g/l}$)	13,7 %	aktives Rauchen, Wohnen in den neuen Ländern und in städtischen Wohngebieten sowie Probenahme während der warmen Jahreszeit führen zu höheren Gehalten
Hg im Urin ($\mu\text{g/g}$ Kreatinin)	40,9 %	Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen, Wohnen in den neuen Länder und in städtischen Wohngebieten (vgl. auch weiter unten)
Hg im Blut ($\mu\text{g/l}$)	8,7 % (Ost) 8,5 % (West)	<u>neue Länder:</u> Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen und einzeln zu bedienenden Holz-/Kohleöfen in der Wohnung <u>alte Länder:</u> Häufigkeit des Fischverzehr, körperliche Anstrengung im Freien, Geschlecht (Jungen weisen höhere Werte auf als Mädchen), Wohnen in Blockbebauung ohne Grün und Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen
Pb im Blut ($\mu\text{g/l}$)	28,6 % (Ost) 7,7 % (West)	<u>neue Länder:</u> Alter, Geschlecht, Pb-Gehalt im Trinkwasser, Alter des Wohnhauses, Aufenthalt im Straßenverkehr und Pb-Niederschlag der Außenluft (vgl. auch weiter unten) <u>alte Länder:</u> Geschlecht, Buddeln/Graben/Höhlenbauen und Häufigkeit des Verzehr von Milchprodukten

Für Parameter, für die die Varianzaufklärung mindestens 20 % betrug, wurden Modelle gebildet, die Aussagen darüber ermöglichen, in welchem Umfang die Einflussgrößen zu einer Zu- oder Abnahme der Belastung führen. Varianzaufklärungen in dieser Höhe wurden nur für den Quecksilbergehalt im Urin der Kinder in Deutschland und für die Blutbleigehalte der Kinder in den neuen Ländern erreicht (**vgl. Tab. 4**).

Quecksilbergehalt im Urin

Die Ergebnisse der Regressionsanalysen für die ost- und westdeutschen Kinder sind annähernd gleich, so dass es hier möglich war, ein gemeinsames Modell zu entwickeln [6].

Mit drei Prädiktoren werden 40,9 % der Varianz der Quecksilbergehalte im Urin (in $\mu\text{g/g}$ Kreatinin) erklärt. Die Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen ist der stärkste Prädiktor mit 34,3 % Aufklärung. Der Einfluss dieses Prädiktors ist bei den Kindern wesentlich stärker und von größerer Bedeutung als bei den Erwachsenen, bei denen der Varianzaufklärungsanteil 13,5 % beträgt [6].

Für Kinder ohne Amalgamfüllungen in den Zähnen wurde ein geometrischer Mittelwert (GM) von rund $0,2 \mu\text{g/g}$ Kreatinin ermittelt. Für Kinder mit 7 und mehr amalgamgefüllten Zähnen stieg der GM auf bis zu rund $2,0 \mu\text{g/g}$ Kreatinin an (**vgl. Abb. 1**).

Für Kinder in den neuen Ländern ergibt sich nach dem Modell im Mittel ein um 56 % höherer Quecksilbergehalt im Urin als für Kinder der alten Länder. Zusätzlich zu diesem überregionalen Prädiktor hat das Wohngebiet einen Einfluss auf die Quecksilbergehalte im Urin (Varianzaufklärungsanteil 1,1 %). Bei Kindern, die in städtischen Wohngebieten leben, sind im Mittel um 19 % höhere Gehalte zu erwarten als bei Kindern, die in einem vorstädtischen oder ländlichen Gebiet wohnen.

In den neuen Ländern ist von einer wesentlich höheren ubiquitären Quecksilber-Belastung auszugehen, was sich bei Betrachtung der Emissionen (aus Kraftfahrzeugen und stationären Quellen) von 1990 verdeutlicht: 80 t/a wurden in den neuen Ländern und 32 t/a in den alten Ländern in die Umwelt abgegeben [7]. In der ehemaligen DDR war z. B. das Quecksilberamalgam-Verfahren bei der industriellen Chloralkalielektrolyse mit hohen Quecksilber-Emissionen verbunden.

Bleigehalt im Blut

Die Regressionsmodelle für die Kinder aus den neuen und alten Ländern unterscheiden sich derart deutlich, dass kein gemeinsames Modell gebildet werden konnte. Im West-Modell konnten mit den drei Einflussgrößen 'Geschlecht', 'Buddeln/Graben/Höhlenbauen' (als Indikator für den Kontakt der Kinder mit Boden und Staub) und 'Häufigkeit des Verzehrs von Milchprodukten' weniger als 8 % der Varianz erklärt werden. Im Ost-Modell konnten hingegen mit sechs Prädiktoren immerhin 28,5 % erklärt werden.

Die stärksten Einflussgrößen auf den Bleigehalt im Blut der ostdeutschen Kinder sind - wie dies auch aus anderen Studien bekannt ist - die Faktoren 'Geschlecht' und 'Alter' mit 7,7 % und 5,6 % Varianzaufklärung. Ostdeutsche Jungen zeigen einen im Mittel um 31 % höheren Blutbleigehalt als ostdeutsche Mädchen. Die geometrischen Mittelwerte betragen 33,5 µg/l für Jungen und 25,6 µg/l für Mädchen in den neuen Ländern. Dass mit zunehmendem Lebensalter die Bleigehalte im Blut abnehmen, ist höchstwahrscheinlich auf das Spielverhalten - insbesondere das Ausmaß des Kontaktes mit Boden -, das Hand-zu-Mund-Verhalten, aber auch auf physiologische Faktoren wie höhere Resorptions- und Ventilationsraten und höhere Schadstoffaufnahme im Verhältnis zum Körpergewicht bei jüngeren Kindern zurückzuführen.

Der Pb-Gehalt im häuslichen Trinkwasser trägt mit 5,3 % zur Varianzaufklärung der Blutbleigehalte der ostdeutschen Kinder bei. Für die Bleigehalte im Blut der westdeutschen Kinder hingegen hat diese Einflussgröße wegen der niedrigeren Bleigehalte im Trinkwasser in den alten Ländern keine signifikante Bedeutung. Die geometrischen Mittelwerte in den Trinkwasser-Stagnationsproben der 6- bis 14-jährigen Kinder betragen 1,0 µg/l im Westen und 2,5 µg/l im Osten. Die entsprechenden 95. Perzentile betragen in den alten Ländern 10,6 µg/l und 36,8 µg/l in den neuen Ländern [8].

Weitere Einflussgrößen für die Blutbleigehalte der Kinder in den neuen Ländern sind 'Alter des Wohnhauses', 'Aufenthaltszeit im Straßenverkehr' und 'Blei-Niederschläge in der Außenluft'. Wenn diese Parameter ansteigen, steigen auch die Blutbleigehalte an.

Zum Prädiktor 'Aufenthaltszeit im Straßenverkehr' sei ergänzend erwähnt, daß sich die Kinder in den neuen Bundesländern mit im Mittel 100 Minuten pro Tag signifikant länger im Straßenverkehr aufhalten als die Kinder der alten Länder mit im Mittel 80 Minuten täglich. In **Abbildung 2** sind die Aufenthaltszeiten und -orte der Kinder in den alten Ländern denen der Kinder in den neuen Ländern gegenübergestellt.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir allen Beteiligten an dieser Studie und den Bürgerinnen und Bürgern, die an dieser zeitintensiven Untersuchung teilgenommen haben, sowie den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der örtlichen Gesundheits- und Umweltämter, Krankenhäuser, Rathäuser usw., die uns bei der Durchführung unterstützt haben, unseren herzlichen Dank aussprechen. Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Abbildung 1: Quecksilbergehalte im Urin der Kinder in Deutschland in Abhängigkeit von der Anzahl der Zähne mit Amalgamfüllungen (geometrische Mittelwerte und Konfidenzintervalle)

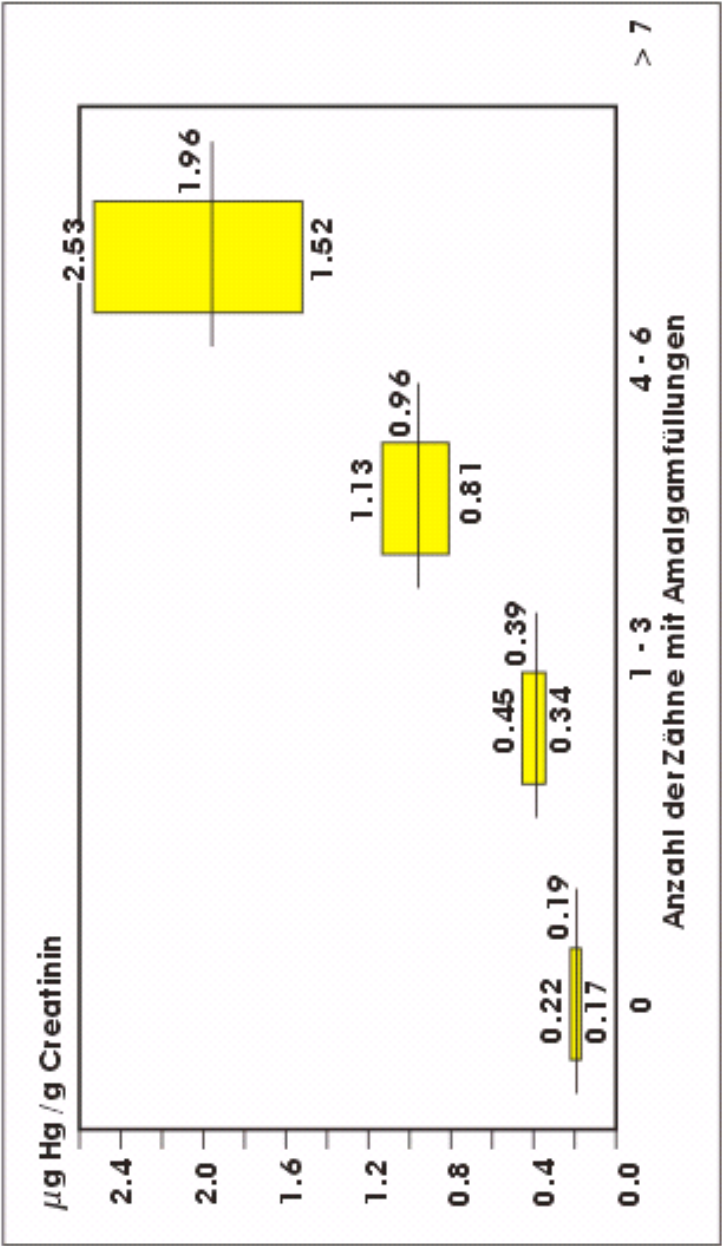
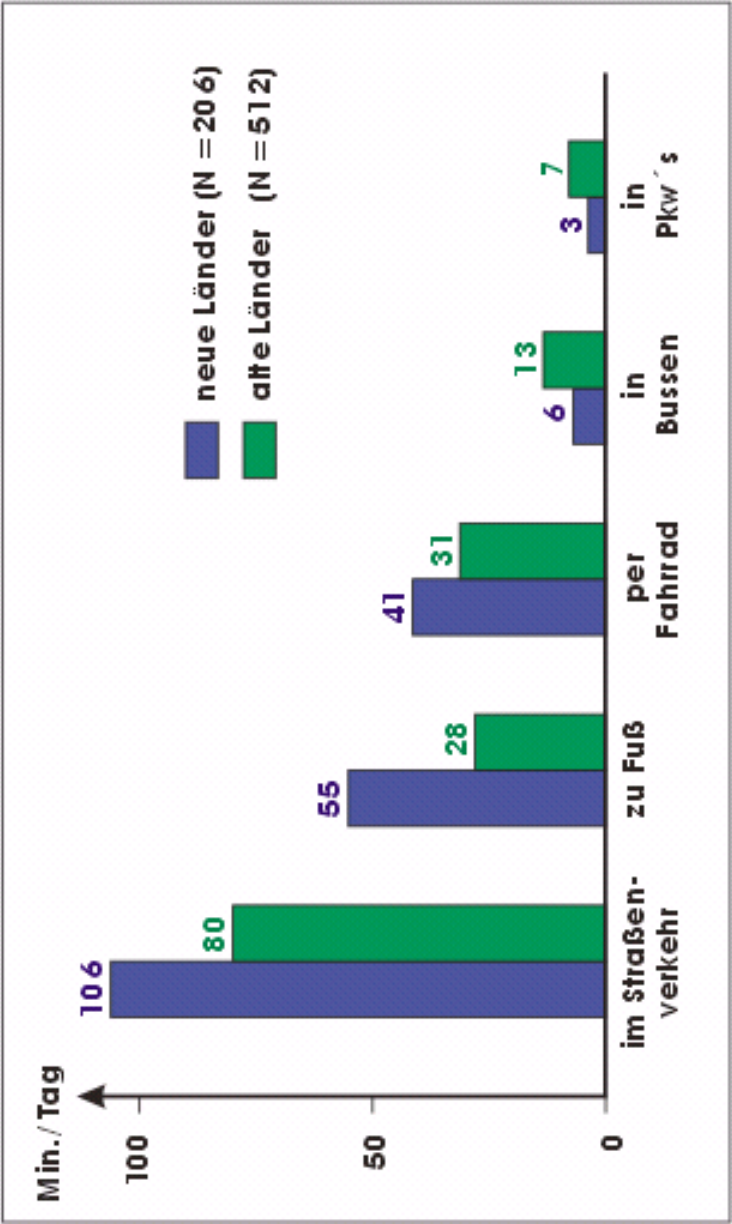


Abbildung 2: Aufenthaltszeiten der Kinder im Straßenverkehr (N=718, arithmetische Mittelwerte)



Literatur

1. Krause, C., W. Babisch, K. Becker, W. Bernigau, K. Hoffmann, P. Nöllke, C. Schulz, R. Schwabe, M. Seiwert und W. Thefeld: Umwelt-Survey 1990/92, Band Ia: Studienbeschreibung und Human-Biomonitoring: Deskription der Spurenelementgehalte in Blut und Urin der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland. WaBoLu-Heft 1/96. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin, 1996
2. Stellungnahme der Kommission 'Human-Biomonitoring': Stoffmonographie Blei - Referenz- und Human-Biomonitoring- Werte (HBM). Bundesgesundhbl., Bd. 39 (6), S. 236 - 241 (1996)
3. Stellungnahme der Kommission 'Human-Biomonitoring': Stoffmonographie Cadmium - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). Bundesgesundhbl., Bd. 41 (5), S. 218 - 226 (1998)
4. Stellungnahme der Kommission 'Human-Biomonitoring': Stoffmonographie Quecksilber - Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte (HBM). (in Vorbereitung)
5. Krause, C., H.L. Thron, H.M. Wagner, D. Flesch-Janys, M. Schümann: Ergebnisse aus Feldstudien über die Belastung der Bevölkerung mit Schwermetallen durch industrielle Quellen. Schr.-Reihe Verein WaBoLu 74, Fischer Verlag, Stuttgart, 1987, 105 - 111.
6. Becker, K., M. Seiwert, W. Bernigau, K. Hoffmann, C. Krause, P. Nöllke, C. Schulz und R. Schwabe: Umwelt-Survey 1990/92, Band VII: Quecksilber - Zusammenhangsanalyse. WaBoLu-Heft 6/96. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin, 1997
7. Umweltbundesamt (Hrsg.): Jahresbericht 1995 des Umweltbundesamtes: Emissionen von Luftschadstoffen. Berlin, 1996, 218
8. Becker, K., M. Müssig-Zufika, K. Hoffmann, C. Krause, P. Nöllke, C. Schulz und M. Seiwert: Umwelt-Survey 1990/92, Band V: Trinkwasser, Deskription der Spurenelementgehalte im Haushalts- und Wasserwerks-Trinkwasser der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland. WaBoLu-Heft 5/97. Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Umweltbundesamtes, Berlin, 1997

C. Schulz, Dr. K. Hoffmann, Dr. B. Seifert, Dr. K. Becker, Dr. C. Friedrich, Dr. D. Helm, Dr. C. Krause
Veröffentlicht in: Umweltmedizinischer Informationsdienst 4 (1998) 68-77