

WaBoLu-Hefte

WaBoLu

04
08

ISSN
1862-4340

Kinder-Umwelt-Survey 2003/06
- KUS -

Trinkwasser

**Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser
aus Haushalten mit Kindern in Deutschland**

**Umwelt
Bundes
Amt** 
Für Mensch und Umwelt

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 202 62 219
UBA-FB 001026



Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

- KUS -

Trinkwasser

**Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser
aus Haushalten mit Kindern in Deutschland**

von

**C. Schulz, T. Rapp, A. Conrad, A. Hünken, I. Seiffert,
K. Becker, M. Seiwert, M. Kolossa-Gehring**

Umweltbundesamt

Diese Publikation ist auch als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

- Durchführung:** Umweltbundesamt (UBA), Dessau-Roßlau / Bad Elster / Berlin,
Robert Koch-Institut (RKI), Berlin
- Auftraggeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
und Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Projektträger des
Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
- Projektleitung:** M. Kolossa-Gehring / C. Schulz
- Berichtersteller:** C. Schulz, T. Rapp, A. Conrad, A. Hünken, I. Seiffert, K. Becker, M. Seiwert,
M. Kolossa-Gehring
- unter weiterer Mitarbeit von:** B. Jarzombek, U. Lippold, C. Lusansky, D. Pöttsch, A. Rank, Feldteams
des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS) des RKI und AnBUS
e.V., Fürth
- Danksagung:** Wir möchten an dieser Stelle allen Beteiligten an dieser Studie und den
Bürgern, die an dieser zeitintensiven Untersuchung teilgenommen haben,
sowie den Mitarbeitern der örtlichen Gesundheits- und Umweltämter,
Krankenhäuser, Rathäuser usw., die uns bei der Durchführung unterstützt
haben, unseren herzlichen Dank aussprechen.
- Herausgeber:** Umweltbundesamt
Postfach 1406
06844 Dessau-Roßlau
Tel.: +49-340-2103-0
Telefax: +49-340-2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>
- Redaktion:** Fachgebiet II 1.2
Christine Schulz
- Dessau-Roßlau, März 2008

Vorwort

Im Zeitraum von Mai 2003 bis Mai 2006 wurde der Kinder-Umwelt-Survey (KUS) durchgeführt. Dieser vierte Umwelt-Survey ist ausschließlich der Untersuchung der Kinder in Deutschland gewidmet. Bei einer bevölkerungsrepräsentativen Querschnittsstichprobe ermittelte das Umweltbundesamt die tatsächliche Belastung der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland mit chemischen, biologischen und physikalischen Umweltfaktoren. Das Erhebungsinstrumentarium umfasste Blut- und Urinproben der Kinder, Hausstaub-, Trinkwasser- und Innenraumluftproben aus den Haushalten, in denen die Kinder lebten, sowie Messungen des Schallpegels vor den Schlafräumen der Kinder und eine Screening-Audiometrie bei den Kindern. Zusätzlich zu den Messdaten wurden Angaben zu expositionsrelevanten Verhaltensweisen und Bedingungen in den Haushalten und in der Wohnumgebung mittels Fragebogen und Interviews erhoben.

Die Basisauswertung und Darstellung des sehr umfangreichen Datenmaterials erfolgt in Form von Berichtsbänden. In dem vorliegenden Berichtsband „Trinkwasser“ wird die Basisdeskription der Elementgehalte Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Uran im Trinkwasser aus den Haushalten der Kinder in Deutschland vorgestellt.

Die Ergebnisse der weiteren Basisauswertungen zum KUS werden auch zukünftig in der Reihe der WaBoLu-Hefte veröffentlicht. Die Berichte zu den Ergebnissen des Human-Biomonitorings und zu den Stoffgehalten im Hausstaub sind bereits erschienen [Becker et al. 2007; Müssig-Zufika et al. 2008]. Die Basisdeskriptionen in den Berichtsbänden werden durch Publikationen zu Detailauswertungen in nationalen und internationalen Fachzeitschriften ergänzt.

Der jeweils aktuelle Stand der Publikationen zum Kinder-Umwelt-Survey kann unter <http://www.uba.de/survey/> abgefragt werden.

Zusammenfassung	1
Summary	5
1 Einleitung	9
2 Ziele des Kinder-Umwelt-Surveys	11
3 Material und Methoden	11
3.1 Studiendesign.....	11
3.1.1 Stichprobenziehung.....	11
3.1.2 Erhebungsinstrumente (Probenahmen und Fragebögen)	13
3.1.3 Feldarbeit.....	14
3.2 Analytische Methoden	15
3.2.1 Interne Qualitätssicherung.....	16
3.2.2 Externe Qualitätssicherung	16
3.3 Statistische Methoden	17
3.3.1 Gewichtung der Daten	17
3.3.2 Kennwerte zur Beschreibung der Verteilungen	17
3.3.3 Definition von Teilstichproben.....	19
4 Schwermetalle im häuslichen Trinkwasser	21
4.1 Blei	25
4.2 Cadmium.....	29
4.3 Kupfer.....	33
4.4 Nickel.....	37
4.5 Uran.....	41
5 Daten zur Schätzung der Exposition über das Trinkwasser	45
5.1 Art der Trinkwasserversorgung	45
5.2 Art der Trinkwasserentnahme	45
5.3 Konsumierte Trinkwassermengen.....	46
6 Schlussbemerkungen	51
7 Literatur	53
8 Verzeichnisse	57
8.1 Verzeichnis der Abkürzungen	57
8.2 Verzeichnis der Tabellen.....	59
9 Anhang	61
9.1 Analytische Methoden	61
9.2 Erläuterung der Gliederungsmerkmale	65
9.3 Hinweisblatt zur Trinkwasserprobenentnahme	67

Zusammenfassung

Der Umwelt-Survey ist eine repräsentative Bevölkerungsstudie zur Ermittlung der Schadstoffbelastung der Allgemeinbevölkerung in Deutschland, die seit Mitte der 80er Jahre vom Umweltbundesamt (UBA) durchgeführt wird. Im 4. Umwelt-Survey, dem Kinder-Umwelt-Survey (KUS), wurden erstmalig die Schadstoffbelastungen der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland auf repräsentativer Basis erfasst. Der KUS [Schulz et al. 2002] ist das Umweltmodul des Kinder- und Jugendgesundheits surveys (KiGGS) des Robert Koch-Institutes [Kurth et al. 2002] und wurde in enger Kooperation mit dem Robert Koch-Institut (RKI) durchgeführt. Bei einer zufällig ausgewählten Unterstichprobe des KiGGS wurde bei 1.790 Kindern im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Orten u. a. die Belastung des häuslichen Trinkwassers mit den Elementen, die durch die Materialien der Hausinstallation in das Trinkwasser gelangen können, und Uran untersucht.

Der vorliegende Bericht liefert die Ergebnisse der deskriptiven Auswertung der Trinkwasserdaten und stellt den Basisbericht „Trinkwasser“ dar. In ihm werden das Studiendesign, die chemische Analytik und die statistische Auswertung beschrieben, soweit dies die hier vorgestellten Trinkwasserdaten betrifft. Die Deskription der Ergebnisse ist nach den gemessenen Elementen gegliedert. Sie beinhaltet eine kurze textliche Beschreibung der Elemente und der Ergebnisse sowie eine Tabelle, in der die statistischen Kennwerte für die Verteilung des jeweiligen Elements angegeben sind.

Die Entnahme der Trinkwasserproben erfolgte an dem Wasserhahn, aus dem die Probanden gewöhnlich Trinkwasser für Koch- und Trinkzwecke entnehmen. Im Sinne einer Standardisierung wurden die Proben nach nächtlicher Stagnation des Wassers in der Leitung, von mindestens vier Stunden, ohne Wasservorlauf gewonnen. Aus demselben Wasserhahn wurden zusätzlich Zufallstrinkwasserproben entnommen. Diese Entnahme entspricht der Empfehlung zur „Beurteilung der Trinkwasserqualität hinsichtlich der Parameter Blei, Kupfer und Nickel“ [UBA 2004]. In den Proben wurden die der Korrosion der Leitungs- und Armaturmaterialien unterliegenden Elemente Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel sowie zusätzlich Uran analysiert.

Die Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Uran im häuslichen Trinkwasser der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland sind unter Angabe diverser Kennwerte in der Tabelle Z1 zusammenfassend wiedergegeben. Die mittleren Gehalte (geometrischer Mittelwert) in den Stagnations- und Zufallsproben aus den Haushalten der 3- bis 14-jährigen Kinder betragen für Blei 1,47 µg/l und 0,61 µg/l, für Cadmium 0,055 µg/l und

0,021 µg/l, für Kupfer 161 µg/l und 69,9 µg/l, für Nickel 4,48 µg/l und 2,48 µg/l und für Uran 0,155 µg/l und 0,169 µg/l (vgl. Tab. Z1).

Im Vergleich zu den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung [TrinkwV 2001] sind diese mittleren Gehalte gering; jedoch traten in 0,9 % der Stagnationsproben und in 0,4 % der Zufallsproben Bleikonzentrationen größer 25 µg/l auf. Im Fall von Kupfer wurden in 3,0 % der Stagnationsproben und in 1 % der Zufallsproben Werte größer 2000 µg/l ermittelt. In 9,4 % der Stagnationsproben und in 1,8 % der Zufallsproben wurden Nickelkonzentrationen größer 20 µg/l gemessen. Für Uran ist in der TrinkwV bisher kein Grenzwert aufgeführt. Zur Beurteilung der im KUS gemessenen Urankonzentrationen im Trinkwasser wird der von der WHO [2003] veröffentlichte Leitwert in Höhe von 15 µg/l herangezogen. In jeweils 0,1 % der Stagnations- und Zufallsproben wurde dieser Wert überschritten. Bei der Bewertung von Überschreitungen gesundheitlicher Grenzwerte ist zu beachten, dass gesundheitliche Trinkwassergrenzwerte gemäß § 6 der TrinkwV [2001] so festgelegt werden, dass die tägliche Aufnahme der entsprechenden Stoffmenge mit zwei Litern Wasser ohne jedes Risiko lebenslang gesundheitlich duldbar sein muss. Entsprechend gering ist das Risiko einer Gesundheitsschädigung, falls ein gesundheitlicher Grenz- oder Höchstwert nur vorübergehend überschritten sein sollte. Vorübergehend höhere Konzentrationen führen zwar nicht unmittelbar zu Gesundheitsschäden, doch müssen laut § 9 der TrinkwV [2001] die Ursachen zügig behoben werden, damit das Trinkwasser wieder auf Dauer und ohne jede Einschränkung und besonderen Überwachungsaufwand genossen werden kann. Für die Dauer der Abweichung eines Parameters vom Grenzwert empfiehlt das UBA die Einhaltung stoffspezifischer Maßnahmewerte [UBA 2003b].

In dem Berichtsband werden zudem die Kennwerte der Verteilungen der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser auch für Teilgruppen angegeben. Diese Gliederung umfasst immer die potenziellen Einflussgrößen Probenart (Stagnations- und Zufallsprobe), Wohnort (neue / alte Länder) und Versorgungsart (zentrale Wasserversorgung / Eigenversorgung). Die Nickelgehalte in den Stagnationsproben werden zusätzlich nach der Stagnationszeit deskribiert, da sich nur bei Nickel mit zunehmender Stagnationszeit auch signifikant höhere Gehalte in diesen Proben ergeben.

Das Wasser der Stagnationsproben weist in der Regel im Vergleich zum Wasser der Zufallsproben eine höhere Verweilzeit in der Hausinstallation auf. Diese längere Verweildauer dürfte der Grund sein, dass die Gehalte an Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel in den Stagnationsproben im Mittel signifikant höher als in den Zufallsproben waren.

In den Proben aus den alten Ländern sind im Vergleich zu denen aus den neuen Ländern signifikant unterschiedliche Elementgehalte – mit Ausnahme von Kupfer – sowohl in den Stagnationsproben als auch in den Zufallsproben festzustellen. Die mittleren Gehalte an Blei, Cadmium und Nickel waren in den beiden Probenarten aus den neuen Ländern höher als aus den alten Ländern. Beispielhaft werden hier die Gehalte im Stagnationswasser der neuen Länder versus alte Länder wiedergegeben: Blei: 1,72 µg/l vs. 1,43 µg/l; Cadmium: 0,088 µg/l vs. 0,052 µg/l; Nickel: 6,12 µg/l vs. 4,27 µg/l. Die mittleren Uran-gehalte waren hingegen in den alten Ländern mit 0,175 µg/l in den Stagnationsproben höher als in den neuen Ländern mit 0,068 µg/l; vergleichbares gilt für die Urangelhalte in den Zufallsproben.

2,5 % der Probanden der Stichprobe (1,8 % in den neuen Bundesländern und 2,8 % in den alten Bundesländern) waren nicht an eine öffentliche Wasserversorgung angeschlossen und beziehen ihr Trinkwasser aus einer eigenen Anlage. Bezogen auf die geometrischen Mittelwerte unterschieden sich die Gehalte in den Stagnations- und Zufallsproben bei den unterschiedlichen Versorgungsarten in der Regel – mit Ausnahme von Blei und Cadmium – nicht. Die Bleigehalte in beiden Probenarten waren im Falle der Eigenversorgung im Mittel signifikant höher als im Falle der zentralen Wasserversorgung. Die Cadmiumgehalte waren nur in den Zufallsproben aus den Haushalten, die über eine eigene Wasserversorgung verfügen, signifikant höher im Vergleich zu den Zufallsproben aus Haushalten mit zentraler Wasserversorgung. Die Daten des KUS liefern darüber hinaus Hinweise, dass einzelne hohe Kupfergehalte besonders häufig bei eigener Wasserversorgung auftreten können.

Aufgrund der vorangegangenen Umwelt-Surveys aus den Jahren 1990/92 und 1998 [Becker et al. 2007; Schulz et al. 2007] ist ein zeitlicher Vergleich der Trinkwasserqualität in Deutschland am häuslichen Wasserhahn möglich. Die Ergebnisse des KUS zeigen, dass sich die mittleren Blei-, Kupfer- und Nickelkonzentrationen des häuslichen Trinkwassers 2003/06 gegenüber 1998 vor allem in den neuen Ländern verändert haben: Während dort die mittleren Blei- und Nickelkonzentrationen in den Stagnationsproben gesunken sind, nahm die mittlere Kupferkonzentration zu. Diese Veränderungen lassen sich mit der Sanierung der Trinkwasserinstallationen und dem Austausch alter Rohre (z. B. Blei- gegen Kupferrohre) erklären. Die 2003/06 ermittelten Cadmiumgehalte im häuslichen Trinkwasser weisen gegenüber der Belastung in 1998 sowohl in den alten als auch in den neuen Ländern auf eine Abnahme hin.

Mit diesem Bericht wird die Qualität des Trinkwassers aus Haushalten der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland im Zeitraum von 2003 bis 2006 beschrieben und der interessierten Fachöffentlichkeit eine zeitnahe Übersicht über die Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchungen des KUS gegeben. Das Umweltbundesamt wird zum Ende 2008 die Daten des Kinder-Umwelt-Surveys interessierten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als *Public Use File* zur Verfügung stellen.

Tab. Z1: Elementgehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Blei													
Stagnationsprobe	0,5	1788	244	86	<0,5	1,5	5,4	7,8	13,0	2190,0	3,92	1,47	1,40 - 1,54
Zufallsprobe	0,2	1029	222	78	<0,2	0,6	3,2	4,9	10,7	83,4	1,53	0,61	0,56 - 0,66
Cadmium													
Stagnationsprobe	0,02	1788	328	82	<0,02	0,05	0,23	0,42	0,70	7,58	0,118	0,055	0,052 - 0,058
Zufallsprobe	0,01	1029	331	68	<0,01	0,02	0,12	0,25	0,57	2,88	0,062	0,021	0,020 - 0,023
Kupfer													
Stagnationsprobe	0,5	1788	0	100	25,3	166	1110	1540	2270	6950	391	161	150 - 172
Zufallsprobe	0,7	1029	13	99	9,1	71,1	461	805	1440	5280	197	69,9	63,4 - 77,2
Nickel													
Stagnationsprobe	0,5	1788	52	97	1,2	4,3	19,1	34,3	82,0	691	11,8	4,48	4,23 - 4,73
Zufallsprobe	0,5	1029	12	99	1,0	2,5	6,1	9,0	18,6	89,7	3,7	2,48	2,36 - 2,60
Uran													
Stagnationsprobe	0,006	1788	191	89	<0,006	0,21	1,45	2,97	5,27	26,20	0,704	0,155	0,140 - 0,171
Zufallsprobe	0,01	1029	132	87	<0,01	0,21	1,27	2,16	5,42	19,4	0,662	0,169	0,150 - 0,191

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);
 % \geq BG = Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile;
 MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
 KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

Summary

The German Environmental Survey (GerES) is a representative population study to determine the exposure of Germany's general population to pollutants. The survey has been carried out by the Federal Environment Agency since the mid-1980s. The German Environmental Survey on Children (GerES IV) is the first survey to determine on a representative basis contaminant levels of children in Germany and in their homes. GerES on children is a module of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (German acronym: KiGGS) of the Robert Koch Institute (RKI) and was carried out in close cooperation with the RKI. It used a randomly selected sub-sample from KiGGS composed of 1,790 children 3 to 14 years of age from 150 study locations. Among other investigations, drinking water samples were taken in the children's homes and analysed for elements which may enter drinking water via materials of the domestic water distribution system as well as for uranium.

This report presents the results of the descriptive evaluation of the drinking water data and is the basic report on the drinking water monitoring part of the survey. It first describes the study design and the methods used for chemical analysis and statistical evaluation, as far as this relates to the drinking water data presented here. The presentation of results is broken down by elements measured. It includes a short text describing the element and the results as well as a table listing statistical parameters for the distribution of the relevant element.

Water samples were taken from the taps from which the survey participants normally draw water for cooking and drinking purposes. In the interests of standardisation, sampling was carried out after the water had stood in the water pipe for at least four hours during the night, without letting it run for a time beforehand (first draw samples). In addition, random samples were taken from the same tap in accordance with the recommendation on the "Evaluation of drinking water quality with respect to the parameters lead, copper and nickel" [UBA 2004]. The samples were analysed for their content of the elements lead, cadmium, copper and nickel, which may enter and dissolve in water through corrosion of pipe and fitting materials, and additionally for uranium.

Table S1 summarises the concentrations of lead, cadmium, copper, nickel and uranium in drinking water from the homes of children aged 3 to 14 in Germany, giving different statistical parameters. Average concentrations (geometric means) in the first draw and random samples were 1.47 µg/l and 0.61 µg/l for lead, 0.055 µg/l and 0.021 µg/l for cadmium,

161 µg/l and 69.9 µg/l for copper, 4.48 µg/l and 2.48 µg/l for nickel, and 0.155 µg/l and 0.169 µg/l for uranium (cf. Table S1).

These average concentrations are low compared to the limit values of the German Drinking Water Ordinance [TrinkwV 2001]. However, 0.9 % of the first draw samples and 0.4 % of the random samples contained lead concentrations greater than 25 µg/l. For copper, concentrations greater than 2000 µg/l were determined in 3.0 % of the first draw samples and in 1 % of the random samples. Nickel concentrations greater than 20 µg/l were measured in 9.4 % of the first draw samples and in 1.8 % of the random samples. The German Drinking Water Ordinance does not set a limit value for uranium. The WHO [2003] has published a guideline value of 15 µg/l for the assessment of uranium in drinking water. This value was exceeded in 0.1 % of the first draw and random samples, respectively. When assessing cases where health-based limit values are being exceeded, it must be remembered that health-based limit values for drinking water as referred to in Article 6 of the German Drinking Water Ordinance [2001] are set so that the daily intake of the relevant amount of the substance with two litres of water must be tolerable over a lifetime without any health risks. The risk of health damage is correspondingly lower when a health-based limit or maximum value is exceeded only temporarily. Although temporarily higher concentrations do not directly result in health damage, Article 9 of the German Drinking Water Ordinance [2001] requires that the causes be speedily removed so that consumption of the water can be resumed on a permanent basis and without any restrictions and special supervisory measures. The Federal Environment Agency recommends compliance with substance-specific action values during the time a parameter exceeds the limit value [UBA 2003b].

The report also presents parameters of distributions of element concentrations in domestic drinking water for different subgroups. In all cases, the data is broken down by sample type (first draw sample, random sample), place of residence (western Germany / eastern Germany) and type of water supply (public water supply / private well). Nickel concentrations in first draw samples are additionally described by stagnation period, since significantly higher concentrations with increasing stagnation period were only found for Nickel.

Water from first draw samples normally has a longer period of stagnation in domestic water pipes than water from random samples. It is probably due to this longer stagnation period that the first draw samples on average show significantly higher concentrations of lead, cadmium, copper and nickel than the random samples.

Element levels in the samples from western and eastern Germany were found to differ significantly – with the exception of copper – in both the first draw and the random samples. Average concentrations of lead, cadmium and nickel in the two types of samples were higher in eastern Germany than in western Germany. As an example, element levels in first draw water are given here in an eastern Germany vs. western Germany comparison: lead: 1.72 µg/l vs. 1.43 µg/l; cadmium: 0.088 µg/l vs. 0.052 µg/l; nickel: 6.12 µg/l vs. 4.27 µg/l. In contrast, average uranium concentrations in first draw samples were higher in western Germany, with 0.175 µg/l, than in eastern Germany, with 0.068 µg/l; the picture is similar for uranium concentrations in the random samples.

2.7 % of survey subjects (0.2 % in eastern Germany and 2.5 % in western Germany) are not connected to the public water supply and instead obtain their drinking water from a private well. In terms of geometric means, concentrations in first draw and random samples mostly did not differ between the two types of supply, with the exception of lead and cadmium. Water from private wells contained significantly higher lead concentrations on average than water from centralised water supply, for both sample types. Looking at cadmium, it was only the random samples whose cadmium concentrations were significantly higher in households served by a private well as compared to households that obtain their water via centralised supply. Furthermore, the data from GerES IV suggest that individual high copper concentrations may be found particularly often in households served by private wells.

The previous GerESs from 1990/92 and 1998 [Becker et al. 2007; Schulz et al. 2007] make it possible to compare the quality of domestic tap water in Germany over time. The results of GerES IV show that average concentrations of lead, copper and nickel in domestic drinking water have changed in comparison with 1998, especially in eastern Germany: Whilst average concentrations of lead and nickel in first draw samples decreased there, average copper concentrations rose. These changes can be explained by the exchange of old pipes (e.g. lead for copper) and the reconstruction of drinking water installation. Cadmium concentrations determined in domestic drinking water in 2003/06 show a decrease compared with those in 1998, in both eastern and western Germany.

This report describes the quality of drinking water from households with children 3 to 14 years of age in the period 2003 to 2006 and provides interested experts with a timely overview of the results of the drinking water part of GerES IV. By the end of 2008, the

Federal Environment Agency will make the data of GerES IV available to interested scientists as a public use file.

Tab. S1: Elements in drinking water [$\mu\text{g/l}$] from German households with children aged 3 to 14 years

	LOQ	N	n<LOQ	% \geq LOQ	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	CI GM
Lead													
first draw sample	0.5	1788	244	86	<0.5	1.5	5.4	7.8	13.0	2190	3.92	1.47	1.40 - 1.54
random sample	0.2	1029	222	78	<0.2	0.6	3.2	4.9	10.7	83.4	1.53	0.61	0.56 - 0.66
Cadmium													
first draw sample	0.02	1788	328	82	<0.02	0.05	0.23	0.42	0.70	7.58	0.118	0.055	0.052 - 0.058
random sample	0.01	1029	331	68	<0.01	0.02	0.12	0.25	0.57	2.88	0.062	0.021	0.020 - 0.023
Copper													
first draw sample	0.5	1788	0	100	25.3	166	1110	1540	2270	6950	391	161	150 - 172
random sample	0.7	1029	13	99	9.1	71.1	461	805	1440	5280	197	69.9	63.4 - 77.2
Nickel													
first draw sample	0.5	1788	52	97	1.2	4.3	19.1	34.3	82.0	691	11.8	4.48	4.23 - 4.73
random sample	0.5	1029	12	99	1.0	2.5	6.1	9.0	18.6	89.7	3.7	2.48	2.36 - 2.60
Uranium													
first draw sample	0.006	1788	191	89	<0.006	0.21	1.45	2.97	5.27	26.2	0.704	0.155	0.140 - 0.171
random sample	0.01	1029	132	87	<0.01	0.21	1.27	2.16	5.42	19.4	0.662	0.169	0.150 - 0.191

Notes: LOQ = limit of quantification; N = sample size; n<LOQ = number of values below the LOQ; % \geq LOQ = percentage of values above the LOQ; P10, P50, P90, P95, P98 = percentiles; MAX = maximum value; AM = arithmetic mean; GM = geometric mean; CI GM = 95%-confidence interval for GM; values below LOQ are set at LOQ/2 for calculation purposes.

Source: Federal Environment Agency; German Environmental Survey on Children 2003/06 (GerES IV)

1 Einleitung

Die derzeit verfügbaren Informationen über gesundheitsbezogene Umweltbelastungen und umweltbezogene gesundheitliche Beeinträchtigungen der kindlichen Bevölkerung in Deutschland sind äußerst lückenhaft und lassen keine durch repräsentative Daten gestützten Aussagen über die Situation in Deutschland zu. Um diese Defizite zu beheben, bedarf es einer gezielten und kontinuierlichen Beobachtung der Belastung der heranwachsenden Bevölkerung durch chemische, physikalische und biologische Umweltfaktoren.

Aus diesem Grund hat das Umweltbundesamt (UBA) aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen und Erkenntnissen aus Fallstudien und aus den repräsentativen Umwelt-Surveys, die vorwiegend bei Erwachsenen durchgeführt wurden, den „Kinder-Umwelt-Survey“ (kurz: KUS) konzipiert [Schulz et al. 2002]. Das nach Prüfung datenschutzrechtlicher und ethischer Fragen in einer einjährigen Pilotphase getestete Projekt wurde durch wissenschaftliche Experten begutachtet, die von den an der Finanzierung beteiligten Bundesministerien für Bildung und Forschung (BMBF) und für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) bestellt wurden.

Der KUS wird in enger Kooperation mit dem „Kinder- und Jugendgesundheitsurvey“ (kurz: KiGGS) des Robert Koch-Institutes (RKI) durchgeführt [Kurth et al. 2002; Kurth 2007]. Die Ethikkommission der Charité, Universitätsklinikum der Humboldt-Universität zu Berlin, und die Bundes- sowie Länderbeauftragten für Datenschutz stimmten dem gemeinsamen Vorhaben zu. Die Feldarbeit des KiGGS und KUS wurde vom RKI, Berlin, in der Zeit von Mai 2003 bis Mai 2006 durchgeführt. Im KUS wurden bei 1.790 Kindern im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Orten Deutschlands umfangreiche Daten zu Umweltbelastungen durch chemische Schadstoffe, Schimmelpilzsporen, Hausstaubmilbenexkreme, an Katzenhaaren anhaftenden Allergenen und Lärm erhoben.

Ein Wissenschaftlicher Beirat hatte die fachliche Beratung von UBA und RKI bei der Durchführung der Surveys übernommen. Der Beirat bewertete regelmäßig den aktuellen Stand der Feldarbeit, gab auf der Grundlage der Berichte der externen Qualitätskontrolle ggf. Empfehlungen ab und war in die Konzeption der wissenschaftlichen Auswertung und Nutzung der Daten eingebunden.

Über die Konzeption, das Untersuchungsprogramm und das erste Jahr der Feldarbeit des KUS berichteten Schulz et al. [2004] und Wolf et al. [2004]. In dem vorliegenden Bericht werden die deskriptiven Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchungen vorgestellt.

Trinkwasser ist ein wichtiger Bestandteil der Nahrung. Das in Deutschland zentral verteilte Trinkwasser hat im Allgemeinen eine sehr gute Qualität [UBA 2007; Grummt 2007]. Die strengen Anforderungen der Trinkwasserverordnung [TrinkwV 2001], die die Qualität des Trinkwassers und deren Überwachung regelt, tragen zu einem hohen Verbraucherschutzniveau bei. Die Qualität des häuslichen Trinkwassers kann aber schlechter sein als die Qualität des Wassers, das nach der Aufbereitung im Wasserwerk verteilt wird. Im Wasser, das längere Zeit in den Leitungsrohren steht (sog. Stagnationswasser), begünstigen die Aufenthaltszeit und die Temperaturerhöhung (oft auf Zimmertemperatur) das Keimwachstum und den Übergang von Stoffen aus dem Rohr- und Armaturenmaterial in das Wasser. Dieses Risiko besteht insbesondere dann, wenn die Hausinstallation nicht fachgerecht ausgeführt worden ist, z. B. wenn die Rohrleitungsmaterialien nicht nach den chemischen Eigenschaften des örtlichen Trinkwassers ausgewählt wurden oder die Leitungen zu dicht an Warmwasser- oder Heizungsrohren verlegt wurden. Jedoch hat auch das Verhalten der Konsumenten einen Einfluss auf die Qualität des verwendeten Trinkwassers. Wird Trinkwasser nach längerer Standzeit im Leitungssystem (Stagnationswasser) konsumiert, können Schwermetalle, die sich aus Wasserleitungen und Armaturen lösen, in höheren Konzentrationen im Trinkwasser enthalten sein. Für Kinder kann dies kritisch sein, da sie auf Schwermetalle oft empfindlicher reagieren als Erwachsene. Das UBA empfiehlt daher, Wasser, das länger als 4 Stunden in der Installation stand, nicht zum Trinken oder Zubereiten von Speisen zu verwenden [UBA 2005]. Vor allem Säuglingsnahrung sollte immer nur mit frisch abgelaufenem Wasser zubereitet werden. Solches Wasser ist beim Austritt aus der Trinkwasserleitung etwas kühler als Stillstandswasser.

Die Ergebnisse des Kinder-Umwelt-Surveys unterstreichen das medien- und stoffbezogene Qualitätsziel „Kontrolle des Trinkwassers in der Hausinstallation“ der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und für Gesundheit (BMG) [1999].

2 Ziele des Kinder-Umwelt-Surveys

Eines der wesentlichen Ziele des Kinder-Umwelt-Surveys (KUS) ist die Erfassung, Bereitstellung, Aktualisierung und Bewertung repräsentativer Daten für eine gesundheitsbezogene Umweltbeobachtung und Umweltberichterstattung auf nationaler Ebene. In Verbindung mit den Daten der vorangegangenen Umwelt-Surveys [Schulz et al. 2007] lassen sich auch zeitliche Trends aufzeigen – und damit der mögliche Erfolg umweltspezifischer Maßnahmen überprüfen. Die repräsentativen Daten dienen außerdem:

- als Grundlage für die Erstellung von Referenzwerten über die Belastung von Kindern mit Umweltschadstoffen, die eine bundesweit einheitliche Beurteilung erlauben,
- der Darstellung von regionalen Unterschieden in der Belastung,
- der Identifikation und Quantifizierung von Belastungspfaden,
- der Identifikation von Risikogruppen,
- der statistischen Prüfung möglicher Einflüsse bestimmter Umweltfaktoren auf die gesundheitliche Situation von Kindern,
- der Konzeption von Präventions-, Interventions- und Verminderungsstrategien im Rahmen gesundheits- und umweltspezifischer Maßnahmen.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Im Folgenden wird kurz auf das Studiendesign des KUS eingegangen. Die Probenahmen und die Durchführung der chemischen Analysen werden beschrieben, soweit sie die Trinkwasseruntersuchungen betreffen.

3.1.1 Stichprobenziehung

Der KUS fand bei einer zufällig gezogenen Unterstichprobe der Teilnehmer und Teilnehmerinnen des KiGGS statt [Kurth et al., 2002; Kamtsiuris et al. 2007]. Die KiGGS-Studie wurde von Mai 2003 bis Mai 2006 durch das RKI durchgeführt. Ziel dieses bundesweiten Befragungs- und Untersuchungssurveys war es, erstmals umfassende und bundesweit repräsentative Daten zum Gesundheitszustand von Kindern und Jugendlichen im Alter von 0 bis 17 Jahren zu erheben. An der Studie haben insgesamt 17.641 Kinder

und Jugendliche (8.656 Mädchen und 8.985 Jungen) aus 167 für die Bundesrepublik repräsentativen Städten und Gemeinden teilgenommen. Die Teilnahmequote des KiGGS betrug 66,6 % [Kamtsiuris et al. 2007].

Zielpopulation des KiGGS waren die in der Bundesrepublik Deutschland lebenden und in den Einwohnermelderegistern mit Hauptwohnsitz gemeldeten Kinder und Jugendlichen im Alter zwischen 0 und 17 Jahren. Ausgeschlossen waren dabei Kinder und Jugendliche in Anstalten, wie z. B. Krankhäuser, Heil- und Pflegeanstalten. Um diese beschriebene Grundgesamtheit zu repräsentieren, hat das RKI in Kooperation mit dem Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen (ZUMA), Mannheim, eine zweistufig geschichtete Zufallsauswahl (stratified multi-stage probability sample) mit folgenden zwei Auswahlstufen gezogen: Auswahl der Studienorte und Auswahl der Zielpersonen. Um für Ost- und Westdeutschland separat repräsentative Aussagen mit vergleichbarer Genauigkeit treffen zu können, wurden für den KiGGS disproportional zu den Bevölkerungszahlen in Westdeutschland 112, in Ostdeutschland 50 und in Berlin 5 Studienorte zufällig ausgewählt (Ost-Oversampling). Im dritten und letzten Jahr der Feldphase wurden zusätzlich zu den ursprünglich geplanten 150 Untersuchungsorten weitere 17 Gemeinden nach dem gleichen Algorithmus, wiederum vom RKI in Kooperation mit dem ZUMA, ausgewählt und in die Studie einbezogen, so dass sich die Gesamtzahl der Studienorte bei Beendigung des KiGGS auf 167 erhöht hatte. Die Stichprobenaufstockung, die durch den Wissenschaftlichen Beirat des Surveys befürwortet wurde, war notwendig, da die Teilnehmerzahlen des KiGGS – trotz einer hohen Teilnahmequote – aufgrund von nicht wahrgenommenen vereinbarten Untersuchungsterminen etwas zu niedrig waren, um die angestrebte Gesamtteilnehmerzahl von knapp 18.000 zu erreichen [Kamtsiuris et al. 2007]. Für den KUS war diese Stichprobenaufstockung nicht notwendig, da die Teilnehmerzahlen des KUS von 1.800 auch in 150 Studienorten nahezu erreicht werden konnten.

Aufgrund des erheblich begrenzten Finanzrahmens des KUS konnte nicht die gesamte Stichprobe des KiGGS von 18.000 Kindern und Jugendlichen untersucht werden. Es wurde daher eine Unterstichprobe, die 1.800 Nettofälle der Altersklasse 3 bis 14 Jahre umfasste, für den KUS angestrebt.

Aus der Stichprobe der am KiGGS teilgenommen Kinder wurden für die Untersuchungen des KUS Kinder im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 der 167 Studienorte des KiGGS zufällig ausgewählt. Kinder, deren Geburtstag innerhalb der geplanten zwei Untersuchungswochen in dem jeweiligen Studienort lag, wurden nachträglich von der Auswahl ausgeschlossen. In jedem Studienort waren für den KUS jeweils die ersten drei Kinder pro

Altersjahrgang entsprechend der nach einer zuvor erzeugten Zufallszahl sortierten Auswahlgesamtheit der am KiGGS teilnahmebereiten Probanden vorgesehen und wurden mit Rangzahlen von 1 bis 3 versehen. Diese Rangfolge gab bei der anschließenden Probandengewinnung die Priorität für die telefonische oder persönliche Kontaktaufnahme zwecks Einladung zur Teilnahme am KUS vor. Die Kontaktaufnahme erfolgte entweder frühestens zwei Werktage vor Beginn der Untersuchungen in dem jeweiligen Ort über das Koordinationszentrum für die Feldarbeit im RKI oder im Feld über die Umweltinterviewerinnen und Interviewer, die für die Hausbesuche mit den speziellen Umweltuntersuchungen geschult und zuständig waren. Waren die Probanden der ersten drei Ränge nicht zu einer Teilnahme am KUS bereit, wurde die Stichprobe für die betreffende Altersgruppe erweitert.

Im KUS wurde eine Teilnahmequote von 77,3 % erreicht. Bezogen auf die Teilnahmequote der 3- bis 14-Jährigen im KiGGS, die bei 67,7 % lag, beträgt die Ausschöpfungsrate des KUS 52,6 %. Bei der Bewertung der Ausschöpfungsrate ist zu berücksichtigen, dass im KUS nur die Kinder der genannten Altersgruppe untersucht wurden, die auch am KiGGS teilgenommen haben, so dass dadurch im KUS insgesamt eine geringere Teilnahmequote erzielt wurde. Insgesamt nahmen 1.790 Kinder (907 Mädchen und 883 Jungen) im Alter von 3 bis 14 Jahren aus 150 Gemeinden bzw. Studienorten am KUS teil. Darunter befanden sich 232 (12,9 %) Kinder mit Migrationshintergrund [Schenk et al. 2007].

3.1.2 Erhebungsinstrumente (Probenahmen und Fragebögen)

Zur Basisuntersuchung des KUS gehörten Blut-, Morgenurin-, Trinkwasser- (Stagnations- und Zufallsprobe) und Hausstaubproben sowie Befragungen anhand von standardisierten, interviewgesteuerten Fragebögen zu umweltrelevanten Verhaltensweisen, Wohnbedingungen und zum Wohnumfeld.

Im Folgenden werden die Probenahmen des häuslichen Trinkwassers und die Befragung zum Thema „Trinkwasser“ vorgestellt.

Die Stagnationsproben wurden von den Probanden morgens ohne Wasservorlauf an dem Wasserhahn entnommen, aus dem die Familie gewöhnlich Trinkwasser für Koch- und Trinkzwecke entnimmt. Die nächtliche Standzeit des Trinkwassers sollte mindestens 4 Stunden betragen. Zur Entnahme wurden 0,5 l-Vierkantflaschen aus Polyethylen

eingesetzt. Für die Probenahme der Stagnationsprobe erhielten die Eltern ein erläuterndes Hinweisblatt (vgl. Anhang 9.3).

Nachdem im März 2004, d. h. während der laufenden Feldarbeit, die Empfehlung zur „Beurteilung der Trinkwasserqualität hinsichtlich der Parameter Blei, Kupfer und Nickel“ [UBA 2004] publiziert worden war, wurden ab August 2004 im Feld ergänzend zu den Stagnationsproben von dem/r Umweltinterviewer/in Zufallsstichproben gemäß dieser Empfehlung am Tag des Hausbesuches in 1 l-Polyethylenflaschen gewonnen. Auch hierbei wurde der Wasserhahn beprobt, aus dem die Familie gewöhnlich Trinkwasser für Koch- und Trinkzwecke entnimmt.

Die Eltern der untersuchten Kinder wurden anhand eines standardisierten interviewgesteuerten Fragebogens von dem/der Umweltinterviewer/in zur Art der Trinkwasserversorgung, zur Art der Trinkwasserentnahme (mit oder ohne Wasservorlauf), zum Material der Hausinstallation, zur Nutzung von Haushaltswasserfiltern und zu der von ihrem Kind verzehrten Trinkwassermenge befragt. In einem Dokumentationsbogen wurden die Entnahmedaten der beiden Trinkwasserproben notiert.

3.1.3 Feldarbeit

Die Feldarbeit des KUS (Interviews, Probenahmen, Messungen vor Ort) fand von Mai 2003 bis Mai 2006 in enger Anbindung an den KiGGS [Hölling et al. 2007] in 150 Studienorten statt. Die Untersuchungen wurden vor Ort von drei ärztlich geleiteten Untersuchungsteams des RKI durchgeführt. Jedes Untersuchungsteam setzte sich aus sechs Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern zusammen: Kinderärztin / Kinderarzt, Untersucherin, Zentrumsinterviewerin / Zentrumsinterviewer, MTA, Umweltinterviewerin / Umweltinterviewer und Feldvorbegeherin / Feldvorbegeher [Schulz et al. 2004; Wolf et al. 2004]. Wesentlicher Bestandteil der Untersuchungen des KUS war ein Hausbesuch, der von dem/r Umweltinterviewer/in durchgeführt wurde und bei dem u. a. die Stagnationsprobe in Empfang genommen, die Zufallsstichprobe gewonnen wurde und die Befragung der Eltern stattfand. Alle durchzuführenden Untersuchungen, Messungen, Befragungen etc. waren detailliert in einem gemeinsamen von RKI und UBA entwickelten Operationshandbuch niedergelegt. In dem Handbuch waren ferner das gesamte Projektmanagement, die Aufgaben der Teammitglieder, der Ablauf der Feldarbeit sowie die Maßnahmen der Qualitätssicherung beschrieben.

In den Studienorten richtete das RKI für ca. zwei Wochen die Untersuchungszentren ein, die nach Möglichkeit in Räumen des öffentlichen Gesundheitsdienstes lagen. In den Zentren fand das Untersuchungsprogramm des KiGGS sowie die Verarbeitung und Lagerung der Proben des KUS statt.

Die gesammelten Trinkwasserproben wurden im Untersuchungszentrum bei Raumtemperatur (möglichst kühl) gelagert und einmal pro Woche vom Untersuchungszentrum nach Berlin transportiert. Im UBA wurden die Proben mit Säure stabilisiert und bis zur Analyse weiterhin bei Raumtemperatur gelagert.

Qualitätssicherung

Die Qualität der Feldarbeit wurde durch interne und externe Kontrollen sowie durch die Umsetzung der aus den Kontrollen resultierenden Vorschläge zur Optimierung der Feldarbeit gesichert [Wolf et al. 2004; Filipiak et al. 2007]. Die interne Qualitätssicherung (QS) wurde durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des RKI und UBA und die externe QS durch eine Mitarbeiterin des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg, gewährleistet. Die Qualitätskontrollen im Feld und während der Hausbesuche erfolgten anhand von einheitlichen, zwischen allen drei Institutionen abgestimmten, Checklisten, die sich an den Kriterien des Operationshandbuches orientierten. Zur Sicherung der Qualität der Feldarbeit wurden auch Nach- bzw. Auffrischungsschulungen der Untersuchungsteams durchgeführt.

3.2 Analytische Methoden

Die chemischen Analysen der Trinkwasserproben wurden in einem externen Laboratorium und im UBA durchgeführt. Die Bestimmungen der Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Nickelgehalte in den Stagnationsproben wurden von AnBUS e.V., Fürth, durchgeführt. Die Analysen der Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Nickelgehalte in den Zufallsproben sowie der Urangehalte in beiden Probenarten wurden nachträglich in das Untersuchungsprogramm des KUS aufgenommen und konnten nicht an externe Auftragnehmer vergeben werden. Die Bestimmungen erfolgten daher im UBA, Bad Elster.

Mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle (ICP-MS) wurden Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Uran in den Trinkwasserproben entsprechend der gängigen DIN-Verfahren zur Wasseranalyse bestimmt [NAW in DIN 1996 inkl. DIN 38406-E29: „Bestimmung von 61 Elementen durch ICP-MS“]. Hohe Gehalte in den

Proben wurden zusätzlich mit der ICP-OES gemäß DIN EN ISO 11885 [1997] überprüft. Eine Übersicht über die angewandten Verfahren zeigen die Angaben in der Tabelle 9.1.1 im Anhang 9.1.

3.2.1 Interne Qualitätssicherung

Zur internen Qualitätskontrolle der Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Nickelgehalte in den Stagnationsproben wurde der Standard NIST STR 1640 in der Verdünnung 1:5 eingesetzt. Die Standards SPS-SW 1 und SRM 1640 wurden zur internen Qualitätskontrolle der Blei-, Cadmium-, Kupfer- und Nickelgehalte in den Zufallsproben eingesetzt. Zur internen Qualitätskontrolle der Urangelhalte in den Stagnations- und Zufallsproben wurden die Standards SLRS-4 und TMRAIN 95 verwendet.

Die Ergebnisse der internen Qualitätskontrollen sind den Tabellen 9.1.2, 9.1.3 und 9.1.4 im Anhang 9.1 zu entnehmen und als äußerst zufrieden stellend zu bezeichnen.

3.2.2 Externe Qualitätssicherung

AnBUS e.V. legte bei der Bewerbung um die Vergabe des Projektes eine Akkreditierung für das Verfahren sowie Urkunden über erfolgreiche Teilnahme an Ringversuchen vor und nahm während der Laufzeit des Vorhabens erfolgreich an Ringversuchen teil.

Das UBA in Bad Elster nimmt regelmäßig an kommerziell angebotenen Ringversuchen teil. Im Jahr 2005 hatte es auch erfolgreich an einem Uran-Ringversuch im Rahmen des BMBF-Projektes „Uranentfernung in der Trinkwasseraufbereitung“, der von der TU Berlin organisiert wurde, teilgenommen.

Zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der KUS-Ergebnisse mit vorangegangenen Umwelt-Surveys wurden 90 Proben, die in der Pilotstudie zum KUS gemessen und eingelagert worden waren, den im Feld gewonnenen KUS-Proben zufällig untergemischt und beiden Analysenlaboratorien (AnBUS e.V., Fürth, und UBA, Bad Elster) zugesandt. Dort wurden diese Proben noch einmal auf Blei, Cadmium und Kupfer, d. h. diejenigen Metalle, die auch in der Pilotstudie bestimmt wurden, gemessen. Dieser Vergleich war erforderlich, weil in der Pilotstudie und in den vorangegangenen Umwelt-Surveys in einem anderen Labor (UBA, Berlin) und mit einer anderen Methode (AAS) gemessen wurde. In der Tabelle 9.1.5 im Anhang 9.1 sind die Ergebnisse dieser Wiederholungsmessungen anhand von Kennwerten gegenübergestellt. Die Korrelationskoeffizienten für die Werte-

paare liegen zwischen 0,805 und 0,996. Die gute Übereinstimmung mit vorangegangenen Umwelt-Surveys gilt auch bzgl. der Vergleichbarkeit der in den Laboratorien durchgeführten Analysen. Es lässt sich insgesamt feststellen, dass eine gute Übereinstimmung besteht, so dass der zeitliche Vergleich der Daten des KUS mit den Daten der vorangegangenen Umwelt-Surveys aus analytischer Sicht zulässig ist.

3.3 Statistische Methoden

Zunächst sei darauf hingewiesen, dass im KUS eine repräsentative Personenstichprobe und keine Haushaltsstichprobe gezogen und untersucht wurde. Gemäß der Zielstellung des KUS werden in diesem Bericht Aussagen über die Belastung der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland durch ihr häusliches Trinkwasser getroffen. Dazu wurden zuerst die in den Haushalten gewonnenen Trinkwasserproben und damit die in den Proben gemessenen Elementgehalte den jeweiligen Probanden zugeordnet.

3.3.1 Gewichtung der Daten

Die Stichprobe des KUS ist eine nach den Merkmalen Lebensalter, Geschlecht, neues / altes Bundesland und Gemeindegrößenklasse repräsentative, randomisiert gezogene Personenstichprobe. Aufgrund von Ausfällen ergeben sich Abweichungen in der proportionalen Verteilung der Ziehungsmerkmale (Lebensalter, Geschlecht, Gemeindegrößenklasse) zwischen der realisierten Stichprobe und der Grundgesamtheit. Darüber hinaus sind in der Stichprobe Kinder der neuen gegenüber den alten Bundesländern aus forschungsstrategischen Gründen erheblich überrepräsentiert. Um die Proportionen der Grundgesamtheit von ganz Deutschland wieder herzustellen und um Ausfälle auszugleichen, wurde die Stichprobe auf der Grundlage von Populationsdaten des Statistischen Bundesamtes für den Stichtag 31.12.2004 gewichtet. Diese Daten charakterisieren die Bevölkerungsstruktur während des gesamten Erhebungszeitraumes (Mai 2003 bis Mai 2006) am besten. Die Berechnung der Gewichtungsvariablen erfolgte durch das RKI [Schaffrath Rosario 2007].

3.3.2 Kennwerte zur Beschreibung der Verteilungen

Zur Beschreibung der Verteilungen der Elementgehalte in den Trinkwasserproben werden in den Tabellen die folgenden statistischen Kennwerte angegeben: Stichprobenumfang

(N), Anzahl der Werte die unterhalb der jeweiligen analytischen Bestimmungsgrenze (BG) liegen ($n < BG$), Anteil der Werte ab der BG ($\% \geq BG$), weiterhin die Perzentile (P10, P50, P90, P95, P98), Maximalwert (MAX), arithmetisches Mittel (AM), geometrisches Mittel (GM) und das 95 %-Konfidenzintervall für das geometrische Mittel (KI GM).

Die Perzentile und der Maximalwert dienen der Beschreibung der Stichproben-Verteilung. Die Schwerpunktsetzung auf die Perzentile des oberen Messbereichs erfolgt aus umwelt- und gesundheitspolitischen Gründen, da einerseits bei der Ableitung von Referenzwerten diese Perzentile herangezogen werden und andererseits gerade höher belastete Populationen im Sinne der Vorsorge von besonderem Interesse sind. Die Verteilungen der Schadstoffgehalte sind in der Regel stark asymmetrisch und annähernd log-normal.

Zur Beschreibung der „durchschnittlichen Lage“ der Daten werden neben dem Median (50. Perzentil) das arithmetische Mittel und das geometrische Mittel angegeben. Von den drei Lagemaßen wird das GM präferiert, da es im Unterschied zum Median alle Messwerte berücksichtigt und das „ideale“ Lagemaß bei logarithmischer Normalverteilung darstellt. Wegen der Asymmetrie der Verteilungen ist das AM als Lagemaß ungünstig. Die Differenz zwischen AM und GM oder Median kann als Gradmesser der Schiefe der Verteilung betrachtet werden.

Bei der Berechnung von AM, GM und KI GM wurden die unter der Bestimmungsgrenze liegenden Werte als $BG/2$ berücksichtigt. Dies ist eine gebräuchliche Vorgehensweise, die aber einer gewissen Willkür nicht entbehrt. Die berechneten Kennwerte sind umso problematischer, je mehr Messwerte unter der BG vorkommen. Um dies deutlich zu machen, werden AM bzw. GM, die unter der BG liegen, nicht als Zahl angegeben und es wird kein Konfidenzintervall aufgeführt.

Die in den Tabellen angegebenen Kennwerte sind im Allgemeinen gerundete Zahlen. Dies betrifft auch die tabellierten Teilstichprobenumfänge, welche rechnerisch als Summe von Gewichtungsfaktoren bestimmt werden. Die auftretenden Rundungsungenauigkeiten können dazu führen, dass die Summe der Teilstichprobenumfänge nicht exakt den gesamten Stichprobenumfang ergibt. Die durch Rundung entstehenden Abweichungen sind jedoch gering und vernachlässigbar. Die Differenzen zwischen der Summe der Teilstichprobenumfänge und dem Gesamtstichprobenumfang treten auf, wenn die entsprechende Frage nicht von allen Probanden beantwortet wurde.

3.3.3 Definition von Teilstichproben

Die Elementgehalte in den Trinkwasserproben werden nicht nur für das Gesamtkollektiv der 3- bis 14-jährigen Kinder beschrieben, sondern auch für ausgewählte Teilkollektive. Zur Definition der Teilkollektive werden so genannte Gliederungs- oder Stratifizierungsmerkmale verwendet. Folgende Standard-Stratifizierungsmerkmale werden für alle Elemente benutzt: Probenart (Stagnations- / Zufallsprobe), Wohnort (alte / neue Bundesländer) und Versorgungsart (Wasserwerksversorgte / Eigenversorger). Zusätzlich wird für Nickel in der Stagnationsprobe das Merkmal „Stagnationszeit“ ausgewählt. Alle tabellarischen Gliederungsmerkmale sind im Anhang 9.2 erläutert.

Da die Probenahme der Zufallsproben erst später in das Untersuchungsprogramm des KUS aufgenommen wurde, liegen nur von etwa zwei Dritteln der Probanden sowohl Zufalls- als auch Stagnationsproben vor. Um einen direkten Vergleich der Elementgehalte in den beiden Probenarten zu ermöglichen, wurden sowohl für die Kennwertbestimmungen als auch für die Signifikanzprüfungen (s. w. u.) nur die Daten der Probanden berücksichtigt, aus deren Haushalten beide Probenarten vorlagen (n = 1028). Alternativ wurden statistische Prüfverfahren auch mit den Daten derjenigen Probanden durchgeführt, von denen nur eine Probe vorlag. Die Ergebnisse beider Testarten unterschieden sich nur unwesentlich.

Für jedes ausgewählte Gliederungsmerkmal wird getestet, ob signifikante Belastungsunterschiede zwischen den durch das Gliederungsmerkmal definierten Teilkollektiven bestehen, oder anders ausgedrückt, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Gliederungsmerkmal und dem gemessenen Elementgehalt im Trinkwasser besteht. Dazu wird geprüft, ob sich die geometrischen Mittelwerte der verschiedenen Teilkollektive signifikant unterscheiden. Dazu werden t-Tests (bei zwei Kollektiven) oder einfaktorielle Varianzanalysen (bei mehr als zwei zu vergleichenden Kollektiven) mit den logarithmierten Elementgehalten durchgeführt.

Wenn ein Gliederungsmerkmal nicht mit *, ** oder *** markiert ist, muss davon ausgegangen werden, dass eventuelle Unterschiede zwischen den Gruppen zufallsbedingt sind und nicht auf die Population generalisiert werden dürfen.

In der textlichen Ergebnisdarstellung werden die Daten der Stagnationsproben des KUS auch mit publizierten Daten vorangegangener Umwelt-Surveys verglichen. Allerdings wurden in den früheren Umwelt-Surveys Erwachsene untersucht. Daher ist ein zeitlicher

Vergleich nur zulässig, wenn sich die Elementgehalte im Trinkwasser in Haushalten mit und ohne Kinder nicht unterscheiden. Anhand der Daten des Umwelt-Surveys 1998 wurde festgestellt, dass sich die Erwachsenen, die mit Kindern in einem Haushalte leben, hinsichtlich der Elementgehalte in der Stagnationsprobe nicht signifikant von den Erwachsenen unterscheiden, in deren Haushalt kein Kind lebt (t-Test wie oben beschrieben). Dieses Ergebnis zeigt, dass ein zeitlicher Vergleich der Daten des KUS mit den Daten der vorangegangenen Umwelt-Surveys zulässig ist.

Die statistischen Berechnungen wurden mit der Software SPSS für Windows, Version 14, durchgeführt. Es wurde die Version der Datenbank des KUS vom Januar 2007 genutzt.

4 Schwermetalle im häuslichen Trinkwasser

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der im Trinkwasser aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland gemessenen Elemente Blei, Cadmium, Kupfer, Nickel und Uran dargestellt.

Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel können bei der Verteilung ins Trinkwasser gelangen. Vor allem die Hausinstallation kann eine Quelle für die Verunreinigung des Wassers mit den genannten Schwermetallen sein. Hierbei sind folgende Einflussgrößen maßgeblich:

- verwendete Materialien in der Installation inklusive der Armaturen,
- Aufbau der Installation,
- Alter der Installation,
- Eigenschaften des Trinkwassers (z. B. pH-Wert) und
- Kontaktzeit des Wassers mit den Oberflächen der Installation.

Zusätzlich zu diesen Einflussgrößen hat das Verhalten der Konsumenten einen Einfluss auf die Qualität des Trinkwassers. Durch das Entnahmeverhalten werden die Kontaktzeit des Wassers mit den Installationsmaterialien und damit in bedeutendem Maße auch die Höhe der Konzentrationen an Verunreinigungen im Wasser beeinflusst. Je nachdem wie oft Wasser entnommen und ob vor dem Konsum erst etwas Wasser ablaufen gelassen wird, treten sehr unterschiedliche Konzentrationen auch an ein und demselben Wasserhahn auf. Die Überprüfung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung für die Parameter Kupfer, Blei und Nickel ist anhand einer Probenahme durchzuführen, die die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch die Verbraucherin oder den Verbraucher repräsentiert. Die Aufnahme von Schwermetallen mit dem Trinkwasser ergibt sich aus der Menge und der Konzentration im Wasser, das getrunken oder zum Zubereiten von Speisen verwendet wird. Für die tatsächliche Ermittlung der Schwermetallaufnahme einer Person mit dem Trinkwasser müsste jedes Mal, wenn Trinkwasser konsumiert wird, die Konzentration und das Volumen ermittelt werden. Eine derartige Ermittlung ist zu aufwändig, so dass eine Schätzung der Aufnahme herangezogen wird. Das UBA empfiehlt daher eine Probenahme nach exakt 4 Stunden Stagnationszeit [2004].

Für den KUS erfolgte jedoch aus Kosten-Nutzenerwägungen, aus organisatorischen und aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den vorangegangenen Umwelt-Surveys zum einen eine Probenahme nach nächtlicher Stagnation und zum anderen eine Zufallsbeprobung. Zwar sind die Stagnationszeiten vor den Probenahmen bekannt, aber eine Umrechnung

der gemessenen Konzentrationen zur Schätzung der Konzentrationen nach exakt 4 Stunden Stagnation – dem Wochenmittelwert – ist nicht möglich, da kein linearer Zusammenhang zwischen der Stagnationszeit und der Konzentration existiert [Meyer 1980]. Insofern können die im KUS gemessenen Konzentrationen der nächtlichen Stagnationsproben bzw. Zufallsproben nicht direkt mit den Grenzwerten der TrinkwV für die Parameter Blei, Kupfer und Nickel verglichen werden. Erhöhte Konzentrationen weisen jedoch darauf hin, dass eine bedeutsame Abgabe der jeweiligen Metalle ins Trinkwasser erfolgt. In der Regel können sie durch fachgerechte Installation und/oder hinreichend langes Ablaufen lassen des Wassers vermieden werden.

Das Volumen der entnommenen Probe ist für eine Bewertung ebenfalls von Bedeutung, da das entnommene Wasser während der Stagnation mit unterschiedlichen Materialien im Kontakt stand. Die Stagnationsprobe des KUS mit einem Volumen von 0,5 l ist stärker durch die Entnahmearmatur beeinflusst als die Probenahme von 1 l (Zufallsstichprobe nach der UBA-Empfehlung [2004]). Einige kritische Aspekte dieser Vorgehensweise seien im Folgenden dargestellt. Der Gehalt an Nickel wird im Wesentlichen durch verchromte Armaturen zur Wasserentnahme beeinflusst. Bei Entnahme eines größeren Probenvolumens verringert sich der Nickelgehalt in der Wasserprobe durch Vermischen mit weniger belastetem Wasser. Blei kann aus Bleirohren oder anderen metallenen Bauteilen der Installation ins Trinkwasser abgegeben werden. Im Gegensatz zu den Nickelkonzentrationen können die Bleikonzentrationen bei einem größeren Probenvolumen höher sein. Dies tritt z. B. auf, wenn die entnommene Probe während der Stagnation eine größere Kontaktfläche mit Bleirohren aufwies. Für Nickel würde demnach die Probenahme von 0,5 l einen ungünstigen Fall (*worst case*) darstellen, für Blei aber möglicherweise nicht. Die einheitliche Vorgehensweise in allen bisherigen Umwelt-Surveys bietet dennoch den Vorteil der regionalen und zeitlichen Vergleichbarkeit der Ergebnisse und liefert Hinweise auf Gefährdungspotentiale.

Zusätzlich wurden im KUS Zufallsstichproben entsprechend der Empfehlung des UBA zur Probenahme [2004] gewonnen, d. h. 1 l an einem zufälligen Wochentag zu einer zufälligen Tageszeit ohne Wasservorlauf. Die Ergebnisse der Blei-, Kupfer- und Nickolgehalte in den Zufallsproben sind nicht dazu geeignet, für eine einzelne Verbraucherin oder einen einzelnen Verbraucher festzustellen, ob eine Überschreitung des als Wochenmittelwert definierten Parameters vorliegt. Die Ergebnisse eignen sich grundsätzlich nur dazu, Hinweise zu erhalten, ob in einem Versorgungsgebiet die Gefahr einer Überschreitung dieser Parameterwerte besteht.

Ziel der vorliegenden Auswertung ist die Darstellung der Belastung des häuslichen Trinkwassers für die 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland. Dabei werden bivariate Zusammenhänge zwischen den Elementgehalten und den Gliederungsmerkmalen aufgezeigt. Die Daten dienen als Grundlage für die Ermittlung von Vergleichswerten für die Trinkwasserqualität in Haushalten mit Kindern in Deutschland.

Die Deskription der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland ist nach den gemessenen Elementen gegliedert und enthält für jedes Element einen kurzen Text und eine Tabelle mit den Kennwerten für die Gesamtpopulation und für definierte Teilpopulationen.

Im Textteil wird kurz auf die Bedeutung der Elemente, ihr Vorkommen im Trinkwasser, die umweltmedizinische Relevanz und toxikologische Einstufung eingegangen. Anschließend erfolgt eine Beschreibung der Ergebnisse, wobei auf die unterschiedlichen Signifikanzniveaus nicht näher eingegangen wird. Für die Bewertung der gemessenen Elementgehalte im Trinkwasser werden die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung [TrinkwV 2001] herangezogen. Abschließend werden die zeitliche Entwicklung anhand der Daten des KUS und der vorangegangenen Umwelt-Surveys [Becker et al. 2001; Schulz et al. 2007] vorgestellt.

Für jedes Element werden die gleichen statistischen Kennwerte berechnet und in Tabellen mit einem einheitlichen Tabellenkopf dargestellt. In jeder Tabelle wird der besonders aussagekräftige Kennwert, das geometrische Mittel, hervorgehoben. Die Ergebnisse der Prüfung auf signifikante Unterschiede des geometrischen Mittelwertes (GM) zwischen den Teilpopulationen werden in den Tabellen mit Sternen, die das Signifikanzniveau angeben, gekennzeichnet.

4.1 Blei

Die hauptsächliche Quelle für erhöhte Bleigehalte im Trinkwasser ist die früher übliche Verwendung von Bleirohren in der Hausinstallation zur Trinkwasserversorgung, wobei im heutigen Baden-Württemberg und in Teilen Bayerns Bleileitungen schon seit dem 19. Jahrhundert für den Transport von Trinkwasser nicht mehr verwendet wurden. Im übrigen Deutschland sind Bleileitungen gerade in Altbauten, die in Großstädten liegen, auch heute noch vorhanden und können Überschreitungen des Grenzwertes nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV) verursachen. Besonders nach nächtlicher Stagnation sind hohe Konzentrationen zu erwarten. Kupferlegierungen, die z. B. für Rohrverbinder oder Armaturen verwendet werden, enthalten ebenfalls Blei. Bei neuen Installationen oder Armaturen können in den ersten Wochen nach Inbetriebnahme erhöhte Bleiabgaben ins Trinkwasser festgestellt werden. Der Bleigehalt der Kupferlegierungen wurde jedoch in den letzten Jahren geringer. Auch verzinkte Stahlrohre enthalten in der Zinkschicht Blei als Verunreinigung. Allerdings enthalten neuere Produkte meist ebenfalls wesentlich weniger Blei. In seltenen Fällen können auch erhöhte Bleikonzentrationen im Trinkwasser auftreten, die geogen bedingt sind.

Blei verursacht bei täglicher Aufnahme mit steigender Dosis chronische Vergiftungen mit Nervosität und Störungen der geistigen Entwicklung, Schwächegefühl, Appetitlosigkeit und weitere Schäden. Bei Erwachsenen reichert es sich im Knochengewebe an und gilt dort dann als unschädlich, während bei Säuglingen und Kleinkindern sein neurotoxisches Potenzial im Vordergrund steht [WHO 1995, HBM-Kommission 2002]. Darüber hinaus wird Blei nach neuesten Untersuchungen als Krebs erzeugend beim Menschen (Gruppe 2A in der IARC-Liste [IARC 2006]; Kategorie 2 in der Liste der MAK- und BAT-Werte [DFG 2007] angesehen. Es liegen ausreichende Daten für Krebs erzeugende Wirkung im Tierversuch vor [WHO IARC 2006a].

Bei der 3- bis 14-jährigen Bevölkerung in Deutschland wurde in den Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers ein mittlerer Bleigehalt von 1,47 µg/l und 0,61 µg/l in der Zufallsprobe ermittelt (Tab. 4.1). Der signifikante Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen den Konzentrationen der Zufalls- und der Stagnationsbeprobung weist darauf hin, dass die Stagnationszeiten vor der Entnahme der Zufallsprobe im Durchschnitt geringer als die nach nächtlicher Stagnation waren und die Verunreinigung tatsächlich zu einem großen Teil durch die Stagnation des Wassers in der Trinkwasserinstallation verursacht wurde.

Bei einem Vergleich der Situation in den alten und neuen Bundesländern ergab sich, dass in den neuen Bundesländern im Mittel höhere Konzentrationen (1,72 µg/l in der Stagnationsprobe; 0,90 µg/l in der Zufallsprobe) als in den alten Bundesländern (1,43 µg/l in der Stagnationsbeprobung; 0,57 µg/l in der Zufallsprobe) gemessen wurden. Als Ursache ist der immer noch höhere Anteil von Bleileitungen in Haushalten der neuen Bundesländer zu sehen.

Die Bleikonzentrationen waren bei eigener Wasserversorgung im Mittel höher als bei der zentralen Wasserversorgung. Vermutlich waren in den Haushalten der Eigenversorger noch in größerem Umfang Bleileitungen vorhanden. Zudem ist das Brunnenwasser meist nicht aufbereitet, so dass es bezüglich der Lösung von Blei aggressiver als zentral aufbereitetes Trinkwasser ist. Es ist aber zu berücksichtigen, dass nur wenige Haushalte Trinkwasser aus einem eigenen Brunnen beziehen.

Der Vergleich der Daten des KUS 2003/06 mit den vorangegangenen Umwelt-Surveys [Becker et al. 2001] zeigt, dass die mittleren Bleikonzentrationen der Stagnationsproben nur in den neuen Bundesländern (1991/92: 2,88 µg/l; 1998: 2,14 µg/l; 2003/06: 1,72 µg/l) abgenommen haben und sich denen der alten Bundesländer (1990/91: 1,19 µg/l; 1998: 1,73 µg/l; 2003/06: 1,43 µg/l) annähern. Dieser Rückgang ist auf die Sanierung von Altbauten und dem damit verbundenen Austausch von Bleileitungen in den Haushalten zurückzuführen.

Der Grenzwert für Blei beträgt nach der TrinkwV [2001] 25 µg/l bis 2013 und 10 µg/l ab 2013. Eine Grenzwertüberschreitung kann mit den im KUS ermittelten Konzentrationen nicht direkt festgestellt werden, da die Zufalls- und die durchgeführte Stagnationsbeprobung nicht genug aussagekräftig sind, die mittlere wöchentliche Trinkwasseraufnahme der Kinder sicher abzubilden. Festzustellen ist aber, dass in 0,9 % der Stagnationsproben und in 0,4 % der Zufallsproben Bleikonzentrationen größer 25 µg/l und in 2,9 % der Stagnationsproben und 2,0 % der Zufallsproben Konzentrationen größer 10 µg/l auftraten. Diese Konzentrationen weisen darauf hin, dass in diesen Haushalten eine bedeutsame Abgabe von Blei in das Trinkwasser erfolgte. Bleileitungen sind die entscheidende Ursache von hohen Bleikonzentrationen und müssen ausgetauscht werden, um eine gesundheitliche Gefährdung auszuschließen.

Blei ist das einzige der in den Trinkwasserproben im KUS untersuchten fünf Metalle, dessen Maximalkonzentration mitunter so hoch war, dass das betreffende Wasser auch für Erwachsene nicht zum Verzehr geeignet gewesen wäre. Bereits Werte von mehr als

10 µg/l machen ein Trinkwasser für die Säuglingsernährung ungeeignet. Leider traten trotz mehrfachen Empfehlungen z. B. UBA [2003] zum vollständigen Austausch von Bleileitungen immer noch in ca. 2 bis 3 % erhöhte Bleikonzentrationen im Trinkwasser aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland auf.

Tab. 4.1: Bleigehalte im Trinkwasser [µg/l] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	%>BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
Gesamt														
Stagnationsprobe	0,5	1788	244	86	<0,5	1,5	5,4	7,8	13,0	2190	3,92	1,47	1,40	- 1,54
Probenart ***														
Stagnationsprobe	0,5	1028	144	86	<0,5	1,4	5,1	8,0	13,0	2186	4,66	1,44	1,34	- 1,54
Zufallsprobe	0,2	1028	222	78	<0,2	0,6	3,2	4,9	10,1	83,4	1,53	0,61	0,56	- 0,66
Wohnort														
<u>Stagnationsprobe *</u>														
neue Länder	0,5	234	32	86	<0,5	1,7	8,1	11,5	19,2	71,9	3,37	1,72	1,48	- 2,00
alte Länder	0,5	1553	212	86	<0,5	1,5	5,1	7,2	11,3	2190	4,01	1,43	1,36	- 1,51
<u>Zufallsprobe ***</u>														
neue Länder	0,2	149	24	84	<0,2	0,9	4,8	8,2	21,0	83,4	2,34	0,90	0,72	- 1,12
alte Länder	0,2	880	199	77	<0,2	0,6	2,8	4,7	9,9	59,0	1,40	0,57	0,52	- 0,62
Versorgungsart														
<u>Stagnationsprobe **</u>														
zentrale WV	0,5	1738	239	86	<0,5	1,5	5,2	7,8	12,9	2190	3,91	1,45	1,38	- 1,53
Eigenversorgung	0,5	48	3	93	0,5	2,1	9,4	17,2		46,5	4,61	2,21	1,58	- 3,10
<u>Zufallsprobe **</u>														
zentrale WV	0,2	994	218	78	<0,2	0,6	3,0	4,8	8,1	83,4	1,46	0,59	0,55	- 0,64
Eigenversorgung	0,2	34	4	89	<0,2	0,9	13,2	20,6		29,8	3,80	1,26	0,75	- 2,14

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG); % ≥ BG = Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt; wenn GM und / oder untere Grenze des KI < BG, keine Angabe von KI GM; Signifikanzprüfung: t-Test (Unterschiede der GM): * (p ≤ 0,05); ** (p ≤ 0,01); *** (p ≤ 0,001); WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

4.2 Cadmium

Als Quelle für den Eintrag von Cadmium in das Trinkwasser kommen neben geogenen Quellen die Zinkschicht von Stahlrohren, bestimmte für Hausinstallationen aus Kupfer vorgesehene Lote und Kupferlegierungen in Frage. In Bezug auf verzinkte Stahlrohre hat sich allerdings durch die Änderung des technischen Regelwerkes [DIN 50930-6, 2001] die Situation dahingehend verbessert, dass der maximale Cadmiumgehalt begrenzt wurde. Die Verwendung cadmiumhaltiger Lote ist seit etwa zwei Jahrzehnten nicht mehr zulässig, so dass diese Kontaminationsmöglichkeit allenfalls in Altinstallationen besteht. Kupferlegierungen (Messing, Rotguss), die für Rohrverbinder und Armaturen verwendet werden, können ebenfalls Cadmium als Verunreinigung enthalten. Jedoch erfolgte auch für diese Werkstoffe eine Begrenzung der Verunreinigungen im technischen Regelwerk [DIN 50930-6, 2001].

Cadmium kumuliert stark in den Nieren. Überhöhte Werte im Trinkwasser können in Verbindung mit der Aufnahme von Cadmium mit anderen Lebensmitteln zu chronischen Nierenschäden führen, sehr hohe Belastungen auch zu Schleimhautschäden und Eisenmangelanämien. Die IARC stufte Cadmium wegen der erwiesenen Krebs erzeugenden Wirkung beim Menschen in die Gruppe 1 der IARC-Liste ein [IARC 2006]. Von der MAK-Kommission wurde Cadmium ebenfalls als für den Menschen Krebs erzeugenden in die Kategorie 1 in der Liste der MAK- und BAT-Werte eingestuft [DFG].

Bei der 3- bis 14-jährigen Bevölkerung in Deutschland wurde ein mittlerer Cadmiumgehalt in den Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers von 0,055 µg/l und von 0,021 µg/l in der Zufallsprobe ermittelt (Tab. 4.2). Der signifikante Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen den Konzentrationen der Zufalls- und der Stagnationsbeprobung weist auch bei den Cadmiumwerten darauf hin, dass die Stagnationszeiten vor der Entnahme der Zufallsprobe geringer als die nach nächtlicher Stagnation sind und dass die Verunreinigung tatsächlich zu einem großen Teil durch die Standzeit des Wassers in der Trinkwasserinstallation verursacht ist.

Bei einem Vergleich der Situation in den alten und neuen Bundesländern ergab sich, dass in den neuen Bundesländern im Mittel höhere Konzentrationen (0,088 µg/l in der Stagnationsprobe; 0,029 µg/l in der Zufallsprobe) als in den alten Bundesländern (0,052 µg/l in der Stagnationsbeprobung; 0,020 µg/l in der Zufallsprobe) gemessen wurden. Es ist zu vermuten, dass die in der DDR für die Trinkwasserinstallation verwendeten Materialien hohe Cadmiumgehalte aufwiesen.

Die mittleren Cadmiumgehalte in den Zufallsproben sind bei eigener Wasserversorgung signifikant höher als bei zentraler Wasserversorgung. Dieser Unterschied zeigt sich nicht in den Stagnationsproben. Aufgrund der wenigen Probanden mit eigener Wasserversorgung kann keine Erklärung für dieses Ergebnis gegeben werden.

Der Grenzwert nach TrinkwV für Cadmium liegt bei 5 µg/l [2001]. Nur in einem Haushalt, der nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen war, wurde in der Stagnationsprobe ein höherer Wert (7,58 µg/l) gemessen. In diesem Fall sind neben der Verunreinigung durch Materialien im Kontakt mit Trinkwasser auch andere Quellen des Eintrags von Cadmium (z. B. geogene Belastung) in Erwägung zu ziehen. Bei der Zufallsbeprobung lag der Maximalwert bei 2,88 µg/l.

Die abnehmende Tendenz der mittleren Cadmiumkonzentrationen in den Stagnationsproben in vorangegangenen Umwelt-Surveys aus den Jahren 1985/86 (nur alte Bundesländer), 1990/91 und 1998 [Becker et al. 2001] setzt sich im KUS 2003/06 fort.

Tab. 4.2: Cadmiumgehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt													
Stagnationsprobe	0,02	1788	328	82	<0,02	0,05	0,23	0,42	0,70	7,58	0,118	0,055	0,052 - 0,058
Probenart ***													
Stagnationsprobe	0,02	1028	184	82	<0,02	0,06	0,24	0,42	0,69	7,58	0,119	0,057	0,053 - 0,061
Zufallsprobe	0,01	1028	331	68	<0,01	0,02	0,12	0,25	0,57	2,88	0,062	0,021	0,020 - 0,023
Wohnort													
<u>Stagnationsprobe ***</u>													
neue Länder	0,02	234	20	91	0,02	0,09	0,35	0,58	1,50	7,58	0,193	0,088	0,076 - 0,102
alte Länder	0,02	1553	308	80	<0,02	0,05	0,22	0,40	0,69	2,62	0,107	0,052	0,049 - 0,055
<u>Zufallsprobe **</u>													
neue Länder	0,01	149	30	80	<0,01	0,03	0,15	0,25	0,43	0,88	0,063	0,029	0,024 - 0,036
alte Länder	0,01	880	300	66	<0,01	0,02	0,11	0,25	0,67	2,88	0,062	0,020	0,018 - 0,022
Versorgungsart													
<u>Stagnationsprobe</u>													
zentrale WV	0,02	1738	315	82	<0,02	0,05	0,23	0,42	0,70	6,71	0,115	0,055	0,052 - 0,059
Eigenversorgung	0,02	48	13	73	<0,02	0,05	0,23	1,36		7,58	0,220	0,055	0,036 - 0,082
<u>Zufallsprobe **</u>													
zentrale WV	0,01	994	323	68	<0,01	0,02	0,11	0,23	0,57	2,88	0,061	0,021	0,019 - 0,023
Eigenversorgung	0,01	34	8	78	<0,01	0,04	0,42	0,54		0,88	0,105	0,037	0,022 - 0,062

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);
 % \geq BG = Anteil der Werte ab der BG; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert;
 AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
 KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt;
 wenn GM und / oder untere Grenze des KI < BG, keine Angabe von KI GM;
 Signifikanzprüfung: t-Test (Unterschiede der GM): * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$);
 WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

4.3 Kupfer

Die hauptsächliche Quelle für erhöhte Kupfergehalte im Trinkwasser ist die Verwendung von Kupferrohren oder anderen Bauteilen aus Kupferlegierungen in der Hausinstallation. Die Abgabe von Kupfer in das Trinkwasser ist stark von der Beschaffenheit des Wassers (pH-Wert, organische Inhaltsstoffe) abhängig. Daher dürfen gemäß DIN 50930 Teil 6 [2001] blanke Kupferrohre nur bei Trinkwässern mit einem pH-Wert über 7,4 oder bei Trinkwässern mit einem pH-Wert zwischen 7,0 und 7,4, deren Konzentration an organisch gebundenem Kohlenstoff (TOC-Wert: total organic concentration) nicht über 1,5 mg/l liegt, verwendet werden. Bei Neuinstallationen können aber auch mit diesen Trinkwässern in den ersten Monaten nach Inbetriebnahme Überschreitungen des Grenzwertes auftreten. Rohrverbinder und Armaturen aus Kupferlegierungen können ebenfalls zu erhöhten Kupferkonzentrationen führen. Aufgrund des geringeren Oberflächenanteils dieser Bauteile an der Gesamtinstallation ist die Kupferabgabe von diesen Teilen jedoch geringer als von blanken Kupferrohren. Es gibt auch Regionen in Deutschland (z. B. Gebiete in Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern), in denen Trinkwässer mit einer hohen Kupferlöslichkeit verteilt werden.

Kupfer ist ein lebensnotwendiges Spurenelement. Dennoch ist bei Säuglingen mit einer kupferbedingten Leberzirrhose zu rechnen, wenn für die Zubereitung der Nahrung ständig ein Trinkwasser verwendet wird, das mehr als 2 mg Cu/l enthält. Nur die akuten Wirkungen von Kupfer sind reversibel. Sie können ab 3 mg/l auftreten und bestehen in Brechreiz und Leibschmerzen. Derart kupferhaltiges Wasser schmeckt adstringierend.

Bei der 3- bis 14-jährigen Bevölkerung in Deutschland wurde in den Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers ein mittlerer Kupfergehalt von 161 µg/l und von 69,9 µg/l in der Zufallsprobe ermittelt (Tab. 4.3). Der signifikante Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen den Konzentrationen der Zufalls- und der Stagnationsbeprobung weist auch bei den Kupferwerten darauf hin, dass die Stagnationszeiten vor der Entnahme der Zufallsprobe geringer als die nach nächtlicher Stagnation sind und dass die Verunreinigung tatsächlich zu einem großen Teil durch die Standzeit des Wassers in der Trinkwasserinstallation verursacht ist.

Der Vergleich der Situation in den alten und neuen Bundesländern zeigt für die Jahre 2003/06 keine signifikanten Unterschiede bei den Kupfergehalten im häuslichen Trinkwasser.

Die mittleren Kupferkonzentrationen in häuslichen Trinkwässern, die aus Eigenversorgungen stammen, unterschieden sich nicht von denen aus der zentralen Wasserversorgung.

Die mittleren Konzentrationen sind im Vergleich zum Grenzwert der TrinkwV [2001] gering, jedoch treten in 3,0 % der Stagnationsbeprobungen und in 1,0 % der Zufallsproben Konzentrationen größer 2 mg/l auf. In einigen Studienorten wurden in der Mehrzahl der untersuchten Haushalte derartig hohe Kupferkonzentrationen im Trinkwasser gemessen, was verdeutlicht, dass das örtliche Trinkwasser einen starken Einfluss auf die Kupferlöslichkeit in der Hausinstallation hat.

Bei den vorangegangenen Umwelt-Surveys aus den Jahren 1985/86 (nur alte Bundesländer), 1990/91 und 1998 stieg die mittlere Kupferkonzentration über die Jahre an [Becker et al. 2001]. Auch die im KUS 2003/06 ermittelten Werte der Stagnationsbeprobung (161 µg/l) lagen über denen aus dem Jahr 1998 (133 µg/l). Insbesondere in den neuen Bundesländern nahmen die Kupferkonzentrationen im häuslichen Trinkwasser zu, lagen aber dennoch unterhalb der Kupfergehalte in den alten Bundesländern. Kupferinstallationen wurden in der DDR normalerweise nicht verwendet. Daher waren direkt nach der Wende die Kupferkonzentrationen in den neuen Bundesländern im Mittel deutlich niedriger (27 µg/l) als in den alten (136 µg/l). Bei Neubauten und Sanierungen wurden nach der Wende auch in den neuen Bundesländern vermehrt Kupferleitungen verwendet, so dass die deutliche Zunahme der Kupferkonzentrationen über die Jahre plausibel ist.

Tab. 4.3: Kupfergehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
Gesamt														
Stagnationsprobe	0,5	1788	0	100	25,3	166	1110	1540	2270	6950	391	161	150	- 172
Probenart ***														
Stagnationsprobe	0,5	1028	0	100	25,3	160	873	1350	2260	6950	354	149	137	- 162
Zufallsprobe	0,7	1028	13	99	9,1	71,1	461	805	1440	5280	197	69,9	63,4	- 77,1
Wohnort														
<u>Stagnationsprobe</u>														
neue Länder	0,5	234	0	100	18,3	187	1740	2490	4030	6950	617	186	148	- 235
alte Länder	0,5	1553	0	100	27,2	164	986	1440	2100	3990	357	157	147	- 169
<u>Zufallsprobe</u>														
neue Länder	0,7	149	5	96	6,2	111	940	1490	2390	5280	335	87,9	63,3	- 122
alte Länder	0,7	880	8	99	9,5	68,0	404	667	995	3230	174	67,3	60,8	- 74,4
Versorgungsart														
<u>Stagnationsprobe</u>														
zentrale WV	0,5	1738	0	100	26,0	168	1100	1520	2180	6950	385	161	150	- 172
Eigenversorgung	0,5	48	0	100	12,2	209	3010	3750		3850	641	178	108	- 294
<u>Zufallsprobe</u>														
zentrale WV	0,7	994	13	99	9,1	71,0	453	792	1360	5280	189	69,1	62,6	- 76,3
Eigenversorgung	0,7	34	0	100	4,8	92,0	2050	2550		2780	432	97,6	51,0	- 187

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);
 $\% \geq$ BG = Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile;
 MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
 KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt;
 wenn GM und / oder untere Grenze des KI < BG, keine Angabe von KI GM;
 Signifikanzprüfung: t-Test (Unterschiede der GM): * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$);
 WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

4.4 Nickel

Nickel kann geogen, d. h. durch Verwitterung von Untergrundgestein und anthropogen durch Mobilisierung bei Eintrag von Nitrat in den Boden in das Rohwasser gelangen. In den letzten Jahren wurden steigende Nickelgehalte in Trinkwässern festgestellt, vor allem in Norddeutschland [Friedle 2000]. Am häuslichen Wasserhahn können sich die Nickelgehalte zudem durch die Verwendung nickelhaltiger Armaturen, vernickelter Bauteile und Lote weiter deutlich erhöhen.

Die umweltmedizinische Bedeutung von Nickel beruht auf der sensibilisierenden Wirkung von Nickel und seinen Verbindungen, der Krebs erzeugenden Wirkung der Nickelverbindungen – mit Ausnahme von metallischem Nickel – nach inhalativer Aufnahme sowie dem ubiquitären Auftreten des Nickels in der Umwelt und der unvermeidbaren Exposition des Menschen gegenüber diesem Element [DFG 2007; WHO-ICPS 1991; IARC 2006]. Nickel besitzt in den im Trinkwasser üblicherweise erwartbaren Konzentrationen ($< 20 \mu\text{g/l}$) kein toxisches Potenzial. Erst sehr hohe Aufnahmen führen zu Darmbeschwerden und eventuell Hirnschäden. Die Auslösung allergischer Reaktionen in vorsensibilisierten Personen (zwischen 10 und 15 % der weiblichen und ca. 2 % der männlichen Bevölkerung, Flyvholm et al. 1984) durch Nickelverbindungen im Trinkwasser und / oder durch (Schleim)hautkontakt mit Nickel in Konzentrationen bereits ab 50 bis $100 \mu\text{g/l}$ werden kontrovers diskutiert [<http://www.umweltbundesamt-umweltdeutschland.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=5397>].

Bei der 3- bis 14-jährigen Bevölkerung in Deutschland wurde in den Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers ein mittlerer Nickelgehalt von $4,48 \mu\text{g/l}$ und von $2,48 \mu\text{g/l}$ in der Zufallsprobe ermittelt (Tab. 4.4). Der signifikante Unterschied ($p \leq 0,001$) zwischen den Konzentrationen der Zufalls- und der Stagnationsbeprobung weist auch bei den Nickelwerten darauf hin, dass die Stagnationszeiten vor der Entnahme der Zufallsprobe geringer als die nach nächtlicher Stagnation sind und dass die Verunreinigung tatsächlich zu einem großen Teil durch die Standzeit des Wassers in der Trinkwasserinstallation verursacht ist. Bei Folgeuntersuchungen des Umwelt-Surveys 1998 stellte sich heraus, dass die Höhe der Nickelgehalte im Trinkwasser mit zunehmendem Probenvolumen deutlich abnimmt [Becker et al. 2001]. Dieses Ergebnis bedeutet, dass neben längeren Standzeiten auch das geringe Probenvolumen Ausschlag gebend für die höheren Nickelkonzentrationen in den 0,5 l-Stagnationsproben im Vergleich zu den 1 l-Zufallsproben ist.

Bei einem Vergleich der Situation in den alten und neuen Bundesländern ergab sich, dass in den neuen Bundesländern im Mittel höhere Nickelkonzentrationen (6,12 µg/l in der Stagnationsprobe; 3,13 µg/l in der Zufallsprobe) als in den alten Bundesländern (4,27 µg/l in der Stagnationsbeprobung; 2,38 µg/l in der Zufallsprobe) gemessen wurden. Inwieweit diese höheren Konzentrationen durch höhere Nickelgehalte der aufbereiteten Trinkwässer oder durch eine stärkere Nickelabgabe durch Materialien verursacht ist, kann anhand der vorliegenden Daten nicht entschieden werden.

Die mittleren Nickelkonzentrationen im häuslichen Trinkwasser (Stagnations- und Zufallsprobe) aus einer Eigenversorgung unterschieden sich nicht von denen aus zentraler Wasserversorgung.

Für die Stagnationsbeprobung ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang ($p \leq 0,05$) zwischen der von den Probanden angegebenen Stagnationszeit und den Nickelkonzentrationen, d. h. je länger das Wasser in der Installation gestanden hat, desto höher sind die Nickelkonzentrationen. Im Gegensatz zur Abgabe von anderen Metallen, ist die Lösung von Nickel aus verchromten Armaturen nicht von der Beschaffenheit des Wassers abhängig, sondern nur von der Verweildauer des Wassers in der Installation und den verwendeten Armaturen [Andersen et al. 2007], so dass das Ergebnis plausibel ist.

Der Grenzwert für Nickel beträgt nach der TrinkwV 20 µg/l [2001]. Er ist wie für die Parameter Kupfer und Blei anhand einer Probenahme zu überprüfen, die die durchschnittliche wöchentliche Wasseraufnahme durch die Verbraucherin und den Verbraucher repräsentiert. Die WHO hat allerdings kürzlich auf Grundlage neuerer toxikologischer Erkenntnisse, den Trinkwasserleitwert von 20 auf 70 µg/l angehoben [WHO 2006b]. In 9,4 % der Stagnationsproben und in 1,8 % der Zufallsproben traten Konzentrationen größer 20 µg Ni/l auf. Konzentrationen größer 70 µg/l wurden in 2,1 % der Stagnationsproben und in einer Zufallsprobe (0,03 %) gemessen.

Im Vergleich zum vorangegangenen Umwelt-Survey 1998 [Becker et al. 2001] zeigte sich, dass die mittleren Nickelkonzentrationen in den Stagnationsproben insgesamt (1998: 5,73 µg/l; KUS 2003/06: 4,48 µg/l) und sowohl in den alten als auch in den neuen Bundesländern abgenommen haben. Der Rückgang ist auf die geringere Nickelabgabe von neueren Bauteilen zurückzuführen.

Tab. 4.4: Nickelgehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt													
Stagnationsprobe	0,5	1788	52	97	1,2	4,3	19,1	34,3	82,0	691	11,8	4,48	4,23 - 4,73
Probenart ***													
Stagnationsprobe	0,5	1028	35	97	1,0	3,9	20,5	36,0	86,3	691	12,4	4,30	3,98 - 4,65
Zufallsprobe	0,5	1028	12	99	1,0	2,5	6,1	8,9	18,4	52,7	3,65	2,47	2,35 - 2,60
Wohnort													
<u>Stagnationsprobe ***</u>													
neue Länder	0,5	234	8	97	1,7	5,6	27,8	45,2	136	616	16,6	6,12	5,20 - 7,20
alte Länder	0,5	1553	45	97	1,1	4,0	18,1	33,0	80,4	691	11,1	4,27	4,02 - 4,53
<u>Zufallsprobe **</u>													
neue Länder	0,5	149	1	99	1,1	2,8	8,4	17,2	41,5	89,7	5,11	3,13	2,70 - 3,62
alte Länder	0,5	880	11	99	1,0	2,4	5,6	8,2	17,2	51,6	3,43	2,38	2,26 - 2,51
Versorgungsart													
<u>Stagnationsprobe</u>													
zentrale WV	0,5	1738	50	97	1,2	4,3	18,9	34,1	80,3	691	11,8	4,46	4,21 - 4,72
Eigenversorgung	0,5	48	3	95	0,9	4,4	32,1	72,6		190	12,9	4,81	3,19 - 7,24
<u>Zufallsprobe</u>													
zentrale WV	0,5	994	10	99	1,1	2,5	6,0	8,7	18,4	89,7	3,65	2,47	2,35 - 2,60
Eigenversorgung	0,5	34	1	96	0,8	3,0	13,9	18,9		33,6	4,36	2,53	1,77 - 3,61
Stagnationszeit **													
<u>Stagnationsprobe</u>													
4 bis \leq 7 Std.	0,5	209	5	98	1,0	3,8	15,6	22,3	40,8	330	8,69	3,92	3,35 - 4,58
7 bis < 9 Std.	0,5	727	29	96	1,1	4,0	17,6	28,9	90,3	630	12,5	4,20	3,83 - 4,59
9 bis < 11 Std.	0,5	600	12	98	1,3	4,3	19,9	34,1	61,6	348	9,73	4,53	4,13 - 4,97
11 Std. und mehr	0,5	248	6	97	1,5	5,0	29,3	49,0	102	691	17,3	5,76	4,91 - 6,74

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);
 $\% \geq$ BG = Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile;
 MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
 KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt;
 wenn GM und / oder untere Grenze des KI < BG, keine Angabe von KI GM;
 Signifikanzprüfung: t-Test (Unterschiede der GM): * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$);
 WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

4.5 Uran

Verunreinigungen des Trinkwassers mit Uran sind hauptsächlich geogen bedingt und somit regional geprägt. Daher unterscheiden sich die Messwerte unterschiedlicher Versorgungs-, jedoch identischer Wassereinzugsgebiete nicht. Insbesondere wird die Urankonzentration nicht von der Stagnation des Wassers in der Leitung beeinflusst. Es liegen Hinweise vor, dass Uran anthropogen über mineralische Phosphatdünger in die Umwelt und damit in das Trinkwasser gelangen kann [BfR 2007; Schäf et al. 2007]. In den letzten Jahren wurde vermehrt über erhöhte Urankonzentrationen im Trinkwasser berichtet [Konietzka et al. 2005]. Eine flächendeckende Übersicht der Urankonzentrationen im Trinkwasser in Deutschland existiert jedoch nicht. Es war daher von großem Interesse, im KUS die Urankonzentrationen in Trinkwasser zu bestimmen.

Uran besitzt neben seinem radiotoxischen ein etwa fünfmal stärkeres chemisch-toxisches Potenzial zur Schädigung der Niere. Mit dieser Wirkung wäre bei den hier gefundenen Maximalkonzentrationen (knapp 2-fach über dem WHO-Leitwert) allenfalls nach lebenslanger Exposition zu rechnen.

Bei der 3- bis 14-jährigen Bevölkerung in Deutschland wurde in den Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers ein mittlerer Urangehalt von 0,155 µg/l und 0,169 µg/l in der Zufallsprobe ermittelt (Tab. 4.5). Für Uran kann im Gegensatz zu Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel kein signifikanter Unterschied zwischen den Konzentrationen der Zufalls- und der Stagnationsbeprobung festgestellt werden. Während der Stagnation des Wassers in der Hausinstallation tritt keine Veränderung der Urankonzentration des Trinkwassers auf und ein Einfluss der Stagnationszeit ist nicht gegeben, da Urankonzentrationen im Trinkwasser vorwiegend geogen bedingt sind.

Bei einem Vergleich der Situation in den alten und neuen Bundesländern ergibt sich, dass die Urangehalte in den alten Bundesländern signifikant höher sind.

Die mittleren Urankonzentrationen im häuslichen Trinkwasser (Stagnations- und Zufallsprobe) aus einer Eigenversorgung unterschieden sich nicht von denen aus zentraler Wasserversorgung.

In der TrinkwV [2001] ist kein Grenzwert für Uran aufgeführt. Die WHO veröffentlichte [2003] einen Leitwert von 15 µg/l. In einer neueren Veröffentlichung aus dem Jahr 2005 wird ein Leitwert von 10 µg/l, bei dessen Einhaltung auch eine lebenslange Aufnahme

keine gesundheitliche Gefährdung erwarten lässt, und ein Maßnahmenwert im Sinne der Empfehlung der Trinkwasserkommission beim UBA [2003b] von 20 µg/l empfohlen [Konietzka et al. 2005]. Für die Ableitung der Leitwerte war die chemisch-toxikologische Wirkung von Uran von größerer Relevanz als die radioaktive Strahlung.

In jeweils 0,1 % der Stagnations- und Zufallsproben wurde der Leitwert der WHO von 15 µg U/l überschritten. In 0,5 % der Stagnationsproben und in 0,1 % der Zufallsproben wurden Uran-Konzentrationen über 10 µg/l und in 0,1 % der Stagnationsproben und in keiner Zufallsprobe wurden Werte über 20 µg/l gemessen.

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) hat für Trink- und Mineralwässer, die für die Zubereitung von Säuglingsnahrung ausgelobt sind, einen Grenzwert für Uran von 2 µg/l abgeleitet [BfR 2007]. Dementsprechend dürfen abgepackte Wässer, die den werblichen Hinweis „Geeignet für die Zubereitung von Säuglingsnahrung“ tragen, nicht mehr als 2 µg/l Uran enthalten. Dieser Höchstwert ist nicht toxikologisch begründet, sondern folgt (unter Berücksichtigung der Machbarkeit und des vertretbaren Aufwandes) dem besonders strengen Reinheitsanspruch der Diätverordnung, dem auch Nahrungsmittel und Getränke für die Säuglingsernährung genügen müssen, sofern sie als solche gekennzeichnet sind und beworben werden. In 7,5 % der Stagnationsproben und in 6,1 % der Zufallsproben wurden Urankonzentrationen über 2 µg/l gemessen.

Tab. 4.5: Urangelhalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland

	BG	N	n<BG	% \geq BG	P10	P50	P90	P95	P98	MAX	AM	GM	KI GM
Gesamt													
Stagnationsprobe	0,006	1788	191	89	<0,006	0,21	1,45	2,97	5,27	26,2	0,704	0,155	0,140 - 0,171
Probenart													
Stagnationsprobe	0,006	1028	105	90	<0,006	0,19	1,25	2,23	4,75	20,4	0,632	0,150	0,132 - 0,170
Zufallsprobe	0,01	1028	132	87	<0,01	0,21	1,27	2,16	5,42	19,4	0,662	0,169	0,150 - 0,191
Wohnort													
<u>Stagnationsprobe</u> ***													
neue Länder	0,006	234	37	84	<0,006	0,11	0,94	1,32	4,74	26,2	0,462	0,068	0,052 - 0,089
alte Länder	0,006	1553	154	90	0,006	0,30	1,62	3,04	5,83	10,7	0,741	0,175	0,157 - 0,195
<u>Zufallsprobe</u> ***													
neue Länder	0,01	149	38	75	<0,01	0,09	1,28	3,03	6,18	19,4	0,548	0,063	0,045 - 0,089
alte Länder	0,01	880	94	89	<0,01	0,28	1,28	2,14	4,91	8,98	0,681	0,200	0,176 - 0,227
Versorgungsart													
<u>Stagnationsprobe</u>													
zentrale WV	0,006	1738	184	89	<0,006	0,21	1,46	2,97	5,29	26,2	0,711	0,157	0,142 - 0,174
Eigenversorgung	0,006	48	7	85	<0,006	0,17	1,16	2,00		3,79	0,458	0,089	0,047 - 0,170
<u>Zufallsprobe</u>													
zentrale WV	0,01	994	126	87	<0,01	0,21	1,28	2,39	5,48	19,4	0,668	0,171	0,151 - 0,193
Eigenversorgung	0,01	34	6	82	<0,01	0,24	1,25	1,81		1,98	0,484	0,135	0,066 - 0,274

Anmerkungen: N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der Bestimmungsgrenze (BG);
 $\% \geq$ BG = Anteil der Werte ab der Bestimmungsgrenze; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile;
 MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel;
 KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt;
 wenn GM und / oder untere Grenze des KI < BG, keine Angabe von KI GM;
 Signifikanzprüfung: t-Test (Unterschiede der GM): * ($p \leq 0,05$); ** ($p \leq 0,01$); *** ($p \leq 0,001$);
 WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

5 Daten zur Schätzung der Exposition über das Trinkwasser

Für bevölkerungsbezogene Expositionsabschätzungen sind neben den tatsächlichen Konzentrationen der betrachteten Schadstoffe in geeigneten Medien diverse personenbezogene Variablen wie Aktivitätsmuster, Zeitbudget, Trinkwasser- und Nahrungsverzehr sowie situationsbezogene Variablen wie Wohnen in Straßennähe, Baualter des Wohnhauses, Wohnungsausstattung, Art der Trinkwasserversorgung von Bedeutung. Im Kinder-Umwelt-Survey wurde eine Reihe dieser Variablen mit interviewgesteuerten Fragebögen erhoben. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung zum Themenbereich „Trinkwasser“ vorgestellt.

5.1 Art der Trinkwasserversorgung

Nach Auskunft der Eltern bezogen 97,3 % der untersuchten Haushalte ihr Trinkwasser aus einer öffentlichen Wasserversorgung. 2,5 % (n = 48) verneinten diese Frage und 0,2 % gaben „weiß nicht“ an. Die Eigenversorgung ist in den alten Ländern (2,8 %) weiter verbreitet als in den neuen Ländern (1,8 %) und in Gemeinden mit weniger als 100.000 Einwohnern häufiger (4,4 %) als in Gemeinden mit 100.000 und mehr Einwohnern (1,2 %).

Die Daten des Statistischen Bundesamtes [2004] geben für das Jahr 2001 einen Anteil an Personen, die ihr Trinkwasser über eine öffentliche Wasserversorgung beziehen, von 99,1 % an. Das UBA [2007] gibt den Anschlussgrad der Bevölkerung an die öffentliche Wasserversorgung in Deutschland mit 99 % an.

5.2 Art der von Trinkwasserentnahme

0,5 % der Eltern verwenden für ihr Kind zur Zubereitung von Getränken (z. B. Tee, Saft und / oder Kaffee) oder zum Kochen kein Trinkwasser aus der Leitung ihres Haushaltes. Von den betroffenen acht Haushalten sind zwei nicht an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen, fünf Haushalte liegen in den alten und drei in den neuen Ländern.

57,6 % nutzen das Trinkwasser sofort nach Öffnen des Wasserhahns bzw. nur 42,4 % lassen das Wasser im Allgemeinen erst einige Zeit ablaufen. Diese Angaben stehen im Einklang mit den Daten des Umwelt-Surveys 1998. Damals gaben 58,6 % der 18- bis 69-

Jährigen an, das Wasser sofort nach Öffnen des Wasserhahns zu verwenden bzw. 41,4 % lassen das Wasser erst einige Zeit ablaufen [Abbas 2005].

5.3 Konsumierte Trinkwassermengen

Die Eltern wurden mit den folgenden Fragen und anhand von Abbildungen mit Portionsbeispielen im gleichen Größenverhältnis um Auskunft über die von ihrem Kind verzehrten Trinkwassermengen gebeten. Angaben von „halben“ Tassen, Bechern oder Gläsern, Tellern wurden mit der Anzahl 0,5 notiert.

Welche Mengen Leitungswasser nimmt Ihr Kind im Durchschnitt an einem Tag in den folgenden Formen (a) Anzahl Tassen Früchte- Kräutertee, schwarzer Tee; b) Anzahl Tassen Kaffee; c) Anzahl Gläser Leitungswasser „pur“; d) Anzahl Gläser Saft aus Konzentrat oder ähnliche Zubereitung) zu sich?

Unterscheiden Sie bitte dabei jeweils zwischen Wasser aus Leitungen ihres Haushalts und Wasser aus anderen Leitungen (z. B. im Kindergarten, Hort oder in der Schule)? Bitte geben Sie die Anzahl der Tassen mit ca. 150 ml und Gläser mit ca. 0,2 l (200 ml) an.

Wie viele Tassen oder Teller Suppe nimmt Ihr Kind im Durchschnitt in der Woche zu sich?

Unterscheiden Sie bitte dabei jeweils wieder zwischen Wasser aus Leitungen ihres Haushalts und Wasser aus anderen Leitungen (z. B. im Kindergarten, Hort oder in der Schule)? Bitte geben Sie die Anzahl der Tassen oder Teller mit ca. 150 ml an.

Für die Auswertungen der verzehrten Trinkwassermengen wurden die kategorialen Angaben mit den angegebenen Portionsgrößen / Füllvolumina verrechnet.

Die 3- bis 14-jährigen Kindern nehmen gemäß der Angaben ihrer Eltern im Mittel täglich **420 ml Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushaltes** zu sich (Tab. 5.3.1). Mit zunehmendem Lebensalter verzehren die Kinder im Mittel signifikant mehr Trinkwasser aus Leitungen des eigenen Haushaltes, d. h. 380 ml in der jüngsten und 480 ml in der ältesten Altersgruppe. Kinder aus Familien mit einem hohen Sozialstatus und ohne Migrationshintergrund trinken im Mittel signifikant mehr Trinkwasser (470 ml bzw. 430 ml) aus häuslichen Leitungen als Kinder aus Familien mit mittlerem (390 ml) und niedrigem Sozialstatus (410 ml) bzw. mit Migrationshintergrund (360 ml). Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich für die verzehrte Trinkwassermenge aus Leitungen des eigenen

Haushaltes und dem Geschlecht, dem Wohnort (alte / neue Länder), der Gemeindegröße und der Trinkwasserversorgungsart.

Die 3- bis 14-jährigen Kindern nehmen im Mittel täglich **80 ml Trinkwasser aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes** gemäß der Angaben ihrer Eltern zu sich (Tab. 5.3.2). Mit zunehmendem Lebensalter trinken die Kinder im Mittel signifikant weniger Trinkwasser aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes, d. h. 170 ml in der jüngsten und 40 ml in der ältesten Altersgruppe. Kinder aus den neuen Ländern konsumieren im Mittel signifikant mehr Trinkwasser (150 ml) aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes im Vergleich zu Kindern aus den alten Ländern (70 ml). Kinder, die in größeren Gemeinden leben verzehren im Mittel signifikant mehr Trinkwasser (90 ml) aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes im Vergleich zu Kindern, die in kleineren Gemeinden leben (70 ml). Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich für die verzehrte Trinkwassermenge aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes und dem Geschlecht, dem Sozial- und Migrantenstatus und der Trinkwasserversorgungsart.

Die 3- bis 14-jährigen Kindern konsumieren gemäß den Angaben ihrer Eltern im Mittel täglich **insgesamt** (d. h. aus Leitungen des eigenen Haushaltes und aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushaltes) **500 ml Trinkwasser** (Tab. 5.3.3). Kinder aus Familien mit einem hohen Sozialstatus verzehren im Mittel signifikant mehr Trinkwasser (560 ml) als Kinder aus Familien mit mittlerem (460 ml) und niedrigem Sozialstatus (490 ml). Geringe aber signifikante Unterschiede ergeben sich für die verzehrte Trinkwassermenge und dem Wohnort und der Gemeindegröße, d. h. Kinder in den neuen Ländern (570 ml) und Kinder in kleineren Gemeinden (520 ml) trinken im Mittel täglich mehr Trinkwasser als Kinder in den alten Ländern (480 ml) und in größeren Gemeinden (470 ml). Keine signifikanten Unterschiede ergeben sich für die verzehrte Trinkwassermenge und dem Geschlecht, dem Lebensalter, dem Migrantenstatus der Kinder und der Trinkwasserversorgungsart.

**Tab. 5.3.1: Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge
[Liter pro Tag] aus Leitungen des eigenen Haushalts
der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	N	P5	P25	P50	P75	P95	MAX	AM	KI AM
Gesamt	1777	0,0	0,1	0,3	0,6	1,3	3,0	0,42	0,40 - 0,44
Geschlecht									
Jungen	911	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	2,9	0,43	0,40 - 0,47
Mädchen	867	0,0	0,1	0,3	0,6	1,2	3,0	0,40	0,38 - 0,43
Altersklasse ***									
3 bis 5 Jahre	415	0,0	0,1	0,3	0,6	1,2	1,9	0,38	0,34 - 0,42
6 bis 8 Jahre	435	0,0	0,1	0,2	0,6	1,1	1,8	0,37	0,34 - 0,41
9 bis 11 Jahre	436	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	2,8	0,44	0,40 - 0,49
12 bis 14 Jahre	490	0,0	0,0	0,3	0,8	1,5	3,0	0,48	0,43 - 0,53
Sozialstatus **									
niedrig	419	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	2,9	0,41	0,37 - 0,46
mittel	814	0,0	0,1	0,2	0,6	1,3	2,5	0,39	0,36 - 0,42
hoch	525	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	3,0	0,47	0,43 - 0,51
Migrantenstatus									
Migrant/in	229	0,0	0,1	0,3	0,5	1,2	1,7	0,37	0,32 - 0,41
kein/e Migrant/in	1545	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	3,0	0,43	0,41 - 0,45
Wohnort									
neue Länder	231	0,0	0,1	0,3	0,6	1,3	2,1	0,43	0,37 - 0,48
alte Länder	1546	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	3,0	0,42	0,40 - 0,44
Gemeindegröße									
< 100.000 Einw.	835	0,0	0,1	0,3	0,6	1,3	2,5	0,40	0,37 - 0,43
≥ 100.000 Einw.	942	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	3,0	0,43	0,40 - 0,47
Versorgungsart									
zentrale WV	1728	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	3,0	0,42	0,40 - 0,44
Eigenversorgung	48	0,0	0,0	0,2	0,6	1,1	1,5	0,37	0,25 - 0,48

Anmerkungen: Werte berechnet aus den Angaben der Eltern; N = Stichprobenumfang;
P5, P25, P50, P75, P95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel;
KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM;
Signifikanzprüfung: (t-Test bzw. ANOVA): * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$);
WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 5.3.2: Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge
[Liter pro Tag] aus Leitungen außerhalb des eigenen
Haushalts der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland**

	N	P5	P25	P50	P75	P95	MAX	AM	KI AM
Gesamt	1658	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,08	0,07 - 0,09
Geschlecht									
Jungen	847	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,08	0,07 - 0,09
Mädchen	812	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,4	0,09	0,07 - 0,10
Altersklasse ***									
3 bis 5 Jahre	353	0,0	0,0	0,1	0,3	0,6	1,4	0,17	0,15 - 0,19
6 bis 8 Jahre	416	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,09	0,07 - 0,11
9 bis 11 Jahre	421	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,04	0,03 - 0,06
12 bis 14 Jahre	469	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,9	0,04	0,03 - 0,06
Sozialstatus									
niedrig	385	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,4	0,08	0,07 - 0,10
mittel	764	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,08	0,07 - 0,09
hoch	495	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,9	0,08	0,07 - 0,10
Migrantenstatus									
Migrant/in	211	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,9	0,07	0,05 - 0,10
kein/e Migrant/in	1445	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,08	0,07 - 0,09
Wohnort ***									
neue Länder	208	0,0	0,0	0,0	0,3	0,5	1,4	0,15	0,12 - 0,18
alte Länder	1451	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,4	0,07	0,06 - 0,08
Gemeindegröße *									
< 100.000 Einw.	774	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	0,07	0,06 - 0,08
> 100.000 Einw.	884	0,0	0,0	0,0	0,1	0,5	1,4	0,09	0,08 - 0,10
Versorgungsart									
zentrale WV	1612	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,4	0,08	0,07 - 0,09
Eigenversorgung	45	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,8	0,09	0,03 - 0,15

Anmerkungen: Werte berechnet aus den Angaben der Eltern; N = Stichprobenumfang;
P5, P25, P50, P75, P95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel;
KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM;
Signifikanzprüfung: (t-Test bzw. ANOVA): * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$);
WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

**Tab. 5.3.3: Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge
[Liter pro Tag] der 3- bis 14-jährigen Kinder in
Deutschland**

	N	P5	P25	P50	P75	P95	MAX	AM	KI AM
Gesamt	1658	0,0	0,1	0,3	0,8	1,5	3,3	0,50	0,47 - 0,52
Geschlecht									
Jungen	847	0,0	0,1	0,3	0,8	1,5	3,3	0,50	0,47 - 0,54
Mädchen	812	0,0	0,1	0,3	0,7	1,5	3,2	0,49	0,45 - 0,52
Altersklasse									
3 bis 5 Jahre	353	0,0	0,2	0,4	0,8	1,4	2,0	0,54	0,49 - 0,58
6 bis 8 Jahre	416	0,0	0,1	0,3	0,6	1,5	2,7	0,45	0,41 - 0,50
9 bis 11 Jahre	421	0,0	0,1	0,3	0,8	1,5	2,8	0,48	0,43 - 0,53
12 bis 14 Jahre	469	0,0	0,1	0,3	0,8	1,6	3,3	0,51	0,46 - 0,57
Sozialstatus **									
niedrig	385	0,0	0,1	0,3	0,7	1,6	3,3	0,49	0,44 - 0,55
mittel	764	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	2,7	0,46	0,42 - 0,49
hoch	495	0,0	0,1	0,4	0,9	1,5	3,2	0,56	0,51 - 0,60
Migrantenstatus									
Migrant/in	211	0,0	0,2	0,3	0,6	1,4	2,1	0,44	0,38 - 0,50
kein/e Migrant/in	1445	0,0	0,1	0,3	0,8	1,5	3,3	0,50	0,48 - 0,53
Wohnort *									
neue Länder	208	0,0	0,2	0,5	0,8	1,5	2,7	0,57	0,51 - 0,64
alte Länder	1451	0,0	0,1	0,3	0,7	1,5	3,3	0,48	0,46 - 0,51
Gemeindegröße *									
< 100.000 Einw.	774	0,0	0,1	0,3	0,7	1,4	2,6	0,47	0,44 - 0,50
≥ 100.000 Einw.	884	0,0	0,1	0,3	0,8	1,6	3,3	0,52	0,48 - 0,56
Versorgungsart									
zentrale WV	1612	0,0	0,1	0,3	0,8	1,5	3,3	0,50	0,47 - 0,52
Eigenversorgung	45	0,0	0,1	0,4	0,7	1,3	1,8	0,45	0,32 - 0,58

Anmerkungen: Werte berechnet aus den Angaben der Eltern; N = Stichprobenumfang;
P5, P25, P50, P75, P95 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel;
KI AM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für AM;
Signifikanzprüfung: (t-Test bzw. ANOVA): * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), *** ($p \leq 0,001$);
WV = Wasserversorgung.

Quelle: Umweltbundesamt; Kinder-Umwelt-Survey 2003/06

6 Schlussbemerkungen

Die Daten des Kinder-Umwelt-Surveys liefern Hinweise, dass auch in 2003/06 die derzeitigen und / oder zukünftigen **Grenzwerte der Trinkwasserverordnung** (TrinkwV) für Blei, Kupfer, Nickel und Uran in einigen Haushalten **überschritten** sein könnten.

Die Daten des Kinder-Umwelt-Surveys bestätigen die Empfehlungen des Umweltbundesamt erneut, dass Wasser, das **länger als 4 Stunden** in der Hausinstallation **gestanden** hat, **nicht für Trink- und Kochzwecke** verwendet werden soll. Vor allem Säuglingsnahrung sollte immer mit frisch abgelaufenem Wasser zubereitet werden. Solches Wasser ist beim Austritt aus der Trinkwasserleitung etwas kühler als Stillstandwasser.

Die Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchungen des Kinder-Umwelt-Surveys untermauern die Notwendigkeit fachgerechter Trinkwasserinstallationen. Arbeiten an der Trinkwasserinstallation sollten nur von Fachbetrieben vorgenommen werden, die das **technische Regelwerk** des Deutschen Institut für Normung e.V. (www.din.de), der Deutschen Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V. (www.dvgw.de) und des Vereins Deutscher Ingenieure (www.vdi.de) berücksichtigen. Nach wie vor gilt, dass noch vorhandene Bleirohre in der Hausinstallation auszutauschen sind. Die Problematik und die fach- und sachgerecht passenden Lösungsvorschläge wurden in einem Ratgeber des Umweltbundesamt publiziert [Umweltbundesamt 2005].

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Trinkwasseruntersuchungen des Kinder-Umwelt-Surveys sind die **Gesundheitsämter** und **Wasserversorgungsunternehmen aufgefordert**, in Versorgungsgebieten mit einer erhöhten Kupferlöslichkeit des Trinkwassers und einem hohen Bestand an Kupferinstallationen, die **Kupferlöslichkeit** durch zentrale Aufbereitung **zu reduzieren**, um die Einhaltung des Grenzwertes für Kupfer am häuslichen Wasserhahn zu gewährleisten, sowie die **Einhaltung** des Leitwertes und zukünftigen Grenzwertes für **Uran von 10 µg/l im Trinkwasser** sicherzustellen.

7 Literatur

- Abbas S (2005) Umwelt-Survey 1998: Fragebogendaten zur Expositionsabschätzung in Deutschland. Expositionsbedingungen und Belastungssituation der 18- bis 69-jährigen Bevölkerung im häuslichen Bereich. Masterarbeit im Rahmen des Studienganges „Master of Science in Epidemiology“
- Andersen A, Fath A, Rapp T, Schieweck G, Slaats N, Werner W (2006) Determination the amount of nickel released from the surface of chrome-plated products made of copper alloys. EU-Forschungsprojekt, Action 14/2005
- Becker K, Kaus S, Helm D, Krause C, Meyer E, Schulz C, Seiwert M (2001) Umwelt-Survey 1998, Band IV: Trinkwasser. Elementgehalte in Stagnationsproben des häuslichen Trinkwassers der Bevölkerung in Deutschland. WaBoLu-Hefte 02/01. ISSN 0175-4211. Umweltbundesamt, Berlin
- Becker K, Müssig-Zufika M, Conrad A, Lüdecke A, Schulz C, Seiwert M, Kolossa-Gehring M (2007) Kinder-Umwelt-Survey 2003/06. Human-Biomonitoring. Stoffgehalte in Blut und Urin der Kinder in Deutschland. WaBoLu-Hefte 01/07. ISSN 1862-4340. Umweltbundesamt, Berlin. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3257.pdf>, Stand: 4. Januar 2008
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2007) BfR empfiehlt die Ableitung eines europäischen Höchstwertes für Uran in Trink- und Mineralwasser. Stellungnahme Nr. 020/2007 des BfR vom 5. April 2007
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Bundesministerium für Gesundheit (BMU, BMG Hrsg.) (1999) Dokumentation zum Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit: Sachstand – Problemaufriss – Optionen. Bonn
- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) (2007) MAK- und BAT-Werte-Liste 2007. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 43. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim
- DIN 50930-6 (2001) Korrosion metallischer Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer. Teil 6: Beeinflussung der Trinkwasserbeschaffenheit
- DIN EN ISO 11885 (1997) Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von 33 Elementen durch induktiv gekoppelte Plasma-Atom-Emissionsspektrometrie (ISO 11885:1996); Deutsche Fassung EN ISO 11885:1997
- Filipiak-Pittroff B, Wölke G (2007) Externe Qualitätssicherung im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Vorgehensweise und Ergebnisse. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (5/6), 573-577

- Flyvholm M-A, Nielsen GD, Andersen A (1984) Nickel content of food and estimation of dietary intake. *Z Lebens Unters Forsch* 179, 427-431
- Friedle M (2000) Die Bedeutung von Nickel für die Wasserqualität und Aufbereitungsmöglichkeiten. In: Forschungs- und Entwicklungsinstitut für Industrie- und Siedlungswasserwirtschaft sowie Abfallwirtschaft (Hrsg.): Revision der EG-Trinkwasserrichtlinie – Konsequenzen für die deutsche Wasserversorgung. 14. Trinkwasserkolloquium 24.2.2000, Oldenburg Industrieverlag, München, 67-82
- Grummt H-J (2007) Die Trinkwasserbeschaffenheit in Deutschland. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50 (3), 557-566
- International Agency for Research on Cancer - IARC (2006) Complete List of Agents evaluated and their classification.
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php>, Stand: 4. Januar 2008
- Hölling H, Kamtsiuris P, Lange M, Schlack R, Thamm M, Thierfelder W (2007) Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Studienmanagement und Durchführung der Feldarbeit. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50 (5/6), 557-566
- Kamtsiuris P, Lange M., Schaffrath-Rosario A. (2007) Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS): Stichprobendesign, Response und Non-Responder-Analyse. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50 (5/6), 547-556.
- Kommission Human-Biomonitoring des Umweltbundesamtes (2002) Addendum zur Stoffmonographie Blei – Referenz- und Human-Biomonitoring-Werte der Kommission Human-Biomonitoring. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 45 (9), 752-753
- Konietzka R, Dieter HH, Voss J-W (2005) Vorschlag für einen gesundheitlichen Leitwert für Uran in Trinkwasser. *Umweltmed Forsch Prax* 10 (2), 133-145
- Kurth B-M, Bergmann KE, Hölling H, Kahl H, Kamtsiuris P, Thefeld W (2002) Der bundesweite Kinder- und Jugendgesundheitsurvey. Das Gesamtkonzept. *Gesundheitswesen* 64 (Sonderheft 1), S3-S11
- Kurth B-M (2007) Der Kinder- und Jugendgesundheitsurvey: Ein Überblick über Planung, Durchführung und Ergebnisse unter Berücksichtigung von Aspekten eines Qualitätsmanagements. *Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz* 50 (5/6), 533-546
- Meyer E (1980) Beeinträchtigung der Trinkwassergüte durch Anlagenteile der Hausinstallation – Bestimmung des Schwermetalleintrags in das Trinkwasser durch Korrosionsvorgänge in metallischen Rohren. *DVGW-Schriftenreihe Wasser* Nr. 23: 113-131

- Müssig-Zufika M, Becker K, Conrad A, Schulz C, Seiffert I, Seiwert M, Lusansky C, Pick-Fuß H, Kolossa-Gehring M (2008) Kinder-Umwelt-Survey 2003/06. Hausstaub. Stoffgehalte im Hausstaub aus Halten mit Kindern in Deutschland. WaBoLu-Hefte 02/08. ISSN 1862-4340. Im Druck. Umweltbundesamt, Berlin
- Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN und Fachgruppe Wasserchemie der GDCh (1996) Deutsches Einheitsverfahren (DEV) zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. VCH Verlagsgemeinschaft, Weinheim, 36. Lieferung
- Schäf M, Daumann L, Erdinger L (2007) Uran in Trinkwasserproben im Rhein-Neckar Gebiet. Umweltmed Forsch Prax 12 (5), 315
- Schaffrath Rosario A (2007) Gewichtung der Daten des Kinder-Umwelt-Surveys. Persönliche Mitteilung, Berlin
- Schenk L, Ellert U, Neuhauser H (2007) Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund in Deutschland. Methodische Aspekte im Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 50 (5/6), 590-599
- Schulz C, Becker K, Seiwert M (2002) Kinder-Umwelt-Survey. Gesundheitswesen 64 (Sonderheft 1), S69-S79.
- Schulz C, Babisch W, Becker K, Dürkop J, Roßkamp E, Seiwert M, Steiner M, Szewzyk R, Ullrich D, Englert N, Seifert B, Eis D (2004) Kinder-Umwelt-Survey - das Umweltmodul im KiGGS. Teil 1: Konzeption und Untersuchungsprogramm. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 47 (11), 1066-1072
- Schulz C, Conrad A, Becker K, Kolossa-Gehring M, Seiwert M, Seifert B (2007) Twenty years of the German Environmental Survey (GerES), Human biomonitoring – Temporal and spatial (West Germany / East Germany) differences in population exposure. Int. J. Hyg. Environ. Health 210 (3-4), 271-297
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (2004) Statistisches Jahrbuch 2004. Für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden
- Umweltbundesamt (2003a) Zur Problematik von Bleileitungen in der Trinkwasserversorgung. Mitteilung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (9), 825-826
- Umweltbundesamt (2003b) Maßnahmenwert (MW) für Stoffe im Trinkwasser während befristeter Grenzwert-Überschreitungen gem. §9 Abs. 6-8 TrinkwV 2001. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 46 (9), 707-710.
http://www.umweltdaten.de/wasser/themen/trinkwasserkommission/46_s_707-710_massnahmewerte.pdf, Stand: 4. Januar 2008

- Umweltbundesamt (2004) Beurteilung der Trinkwasserqualität hinsichtlich der Parameter Blei, Kupfer und Nickel. Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission des Bundesministeriums für Gesundheit und Soziale Sicherung. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 47 (3), 296-300
- Umweltbundesamt (2005) Broschüre „Trink Was – Trinkwasser aus dem Hahn. Gesundheitliche Aspekte der Trinkwasser-Installation.“
<http://www.uba.de/publikationenpdf-l/3058.pdf>, Stand: 4. Januar 2008
- Umweltbundesamt (2007) Umweltdaten Deutschland Online. Öffentliche Wasserversorgung. <http://www.env-it.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2302>, Stand: 4. Januar 2008
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasser-verordnung – TrinkwV 2001). Bundesgesetzblatt Teil I (24), 959-980
- WHO (World Health Organization) (1991) Inorganic Lead. Environmental Health Criteria 165. WHO, Geneva
- WHO-ICPS (World Health Organization – International Programme on Chemical Safety) (1995) Nickel in the human environment. Environmental Health Criteria 108. WHO, Geneva
- WHO (World Health Organization) (2003) Guidelines for drinking water quality, 3rd edition, Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva, 454-456
- WHO, IARC (World Health Organization, International Agency for Research on Cancer) (2006a) Inorganic and Organic Lead Compounds. IARC Monographs. Vol. 87. WHO, Geneva
- WHO (World Health Organization) (2006b) Guidelines for drinking water quality, 1st addendum to the 3rd edition, Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva, 415-417. http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/gdwg0506_12.pdf, Stand: 4. Januar 2008
- Wolf U, Oberwöhrmann S, Roßkamp E, Schulz C, Voigt M, Wölke G, Filipiak-Pittroff B (2004) Kinder-Umwelt-Survey - das Umweltmodul im KiGGS. Teil 2: Das erste Jahr Feldarbeit. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 47 (11), 1073-1077

8 Verzeichnisse

8.1 Verzeichnis der Abkürzungen

AAS	Atomabsorptionsspektroskopie
AM	arithmetisches Mittel
AnBUS	Analyse und Bewertung von Umwelt-Schadstoffen e.V.
BAT	Biologischer Arbeitsstofftoleranzwert
BG	Bestimmungsgrenze
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Cd	Cadmium
Cu	Kupfer
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DIN	Deutsches Institut für Normung
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
EN	Europäische Norm
GerES	German Environmental Survey
GM	geometrisches Mittel
HNO ₃	Salpetersäure
IARC	International Agency for Research on Cancer in Lyon
ICP-MS	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle
ICP-OES	Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Anregungsquelle
ISO	Internationale Organisation für Normung
Kap.	Kapitel
KI	Konfidenzintervall
KiGGS	Kinder- und Jugendgesundheitssurvey
KUS	Kinder-Umwelt-Survey
MAK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
MAX	Maximalwert
MTA	medizinisch-technische/r Assistent/in
MZ	Messzeitraum
n	Anzahl der Werte
N	Stichprobenumfang
NAW	Normenausschuss Wasserwesen

Ni	Nickel
NIST	National Institute of Standards and Technology
p	Irrtumswahrscheinlichkeit
P	Perzentil
Pb	Blei
QS	Qualitätssicherung
QNA	qualitätsneutrale Ausfälle
Re	Rhenium
RKI	Robert Koch-Institut
s	Standardabweichung
Sc	Scandium
SPSS	Superior Performing Software System - Statistical Product and Service Solutions
SWA	Sollwertabweichung
Tab.	Tabelle
TMRain	Trace Metal Fortified Rain Water
TOC	Total Organic Concentration (Konzentration an organisch gebundenem Kohlenstoff)
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
U	Uran
UBA	Umweltbundesamt
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VK	Variationskoeffizient
WHO	World Health Organization
Y	Yttrium
ZUMA	Zentrum für Umfragen, Methoden und Analysen

8.2 Verzeichnis der Tabellen

Tab. Z1:	Elementgehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland	4
Tab. S1:	Elements in drinking water [$\mu\text{g/l}$] from German households with children aged 3 to 14 years	8
Tab. 4.1:	Bleigehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland	27
Tab. 4.2:	Cadmiumgehalte im Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland.....	31
Tab. 4.3:	Kupfergehalte im häuslichen Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland.....	35
Tab. 4.4:	Nickelgehalte im häuslichen Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland	39
Tab. 4.5:	Urangehalte im häuslichen Trinkwasser [$\mu\text{g/l}$] aus Haushalten mit 3- bis 14-jährigen Kindern in Deutschland.....	43
Tab. 5.3.1:	Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge [Liter pro Tag] aus Leitungen des eigenen Haushalts der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland.....	48
Tab. 5.3.2:	Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge [Liter pro Tag] aus Leitungen außerhalb des eigenen Haushalts der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	49
Tab. 5.3.3:	Durchschnittlich konsumierte Trinkwassermenge [Liter pro Tag] der 3- bis 14-jährigen Kinder in Deutschland	50
Tab. 9.1.1:	Übersicht der analytischen Methoden zur Bestimmung der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser	61
Tab. 9.1.2:	Interne Qualitätskontrolle – Metalle im Stagnationstrinkwasser	62
Tab. 9.1.3:	Interne Qualitätskontrolle – Metalle im Zufallstrinkwasser	62
Tab. 9.1.4:	Interne Qualitätskontrolle – Uran im Stagnations- und Zufallstrinkwasser.....	62
Tab. 9.1.5:	Ergebnisse der Wiederholungsmessungen von Proben aus der Pilotstudie zum Kinder-Umwelt-Survey	63

9 Anhang

9.1 Analytische Methoden

Tab. 9.1.1: Übersicht der analytischen Methoden zur Bestimmung der Elementgehalte im häuslichen Trinkwasser

AnBUS e.V., Fürth		
Elemente	Pb, Cd, Cu, Ni	Pb, Cd, Cu, Ni (sofern höhere Gehalte)
Methode	DIN 38406-E29	DIN EN ISO 11885
Technik	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle (ICP-MS)	Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Anregungsquelle (ICP-OES)
Gerät	Perkin Elmer Elan 500	Spektro Spectroflame
Proben	angesäuert mit 3 ml auf 0,5 l konz. (65%ig) HNO ₃	angesäuert mit 3 ml auf 0,5 l konz. (65%ig) HNO ₃
Standard	Multielementstandard	Multielementstandard
interner Standard	Y für Cu, Ni, Cd; Re für Pb	Sc
Messung	Untergrundkorrektur durch Blanksubtraktion mittels Reinstwasser Messzeiten: 0,9 s pro Element Wiederholungen: 3 Gesamtmesszeit: 2,7 s pro Element ICP-MS Auflösung: normal Scanmethode: Peak Hopping	Kalibrierung mittels Multielementstandard und Untergrundkorrektur
UBA, Bad Elster		
Elemente	Pb, Cd, Cu, Ni, U	Cu (Werte > 100 µg/l)
Technik	Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Ionenquelle (ICP-MS)	Optische Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma als Anregungsquelle (ICP-OES)
Gerät	PQ ExCell; Quadrupol-Massenspektrometer mit Impulszahl- und Analogdetektor Probengeber Cetak ASX-500	IRIS Intrepid (Dualsystem); Simultanspektrometer mit Echelle-Optik und CID-Halbleiterdetektor; Probengeber Cetak ASX-500
Firma	Thermo Elektron Corporation	Thermo Elektron Corporation
Proben	angesäuert mit 3 ml auf 0,5 l konz. (65%ig) HNO ₃	angesäuert mit 3 ml auf 0,5 l konz. (65%ig) HNO ₃
Standard	Multielementstandard aus Einzelstandards Accu Standard Inc. New Haven, CT	Multielementstandard aus Einzelstandards SPEX CertiPrep Metuchen, NJ
Kalibrierung	Standards 2%ige HNO ₃ Merck suprapur; 4-Punkt-Kalibrierung	Standards 2%ige HNO ₃ Merck suprapur 4-Punkt-Kalibrierung
Messung	Standardmethode; externe Kalibrierung; Doppelbestimmung mit je 3 Wiederholungsmessungen	Standardmethode; externe Kalibrierung; Doppelbestimmung mit je 3 Wiederholungsmessungen

Tab. 9.1.2: Interne Qualitätskontrolle – Metalle im Stagnationstrinkwasser

Standardmaterial	Metall	BG	Sollwert	N	AM	s	VK	SWA
Verdünnung		[µg/l]	[µg/l]		[µg/l]	[µg/l]	[%]	[%]
NIST STR 1640	(1:5) Pb	0,5	5,58	92	5,47	0,312	5,70	-1,97
NIST STR 1640	(1:5) Cd	0,02	4,56	92	4,64	0,200	4,31	1,75
NIST STR 1640	(1:5) Cu	0,5	17,04	92	17,48	0,683	3,91	2,58
NIST STR 1640	(1:5) Ni	0,5	5,48	92	5,52	0,291	5,27	0,73

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Probenanzahl; AM = arithmetischer Mittelwert;
s = Standardabweichung (Excel-Formel: STABWN); VK: Variationskoeffizient = (s / AM) 100;
SWA: Sollwertabweichung= (AM - Sollwert) / Sollwert 100

Tab. 9.1.3: Interne Qualitätskontrolle – Metalle im Zufallstrinkwasser

Standardmaterial	Metall	BG	Sollwert	N	AM	s	VK	SWA
		[µg/l]	[µg/l]		[µg/l]	[µg/l]	[%]	[%]
SPS-SW 1	Pb	0,1	5,00	64	4,82	0,335	6,95	-3,60
SRM 1640	Pb	0,1	27,89	63	26,80	2,387	8,91	-3,91
SPS-SW 1	Cd	0,01	0,50	64	0,57	0,039	6,84	14,00
SRM 1640	Cd	0,01	22,79	63	23,93	1,789	7,48	5,00
SPS-SW 1	Cu	0,6	20,00	64	19,38	1,803	9,30	-3,10
SRM 1640	Cu	0,6	85,20	63	80,07	9,862	12,32	-6,02
SPS-SW 1	Ni	0,5	10,00	64	9,10	0,647	7,11	-9,00
SRM 1640	Ni	0,5	24,40	63	24,57	1,643	6,69	0,70
SLRS – 4	U	0,01	0,05	61	0,05	0,005	10,00	0,00
TMRAIN 95	U	0,01	0,25	61	0,26	0,062	23,85	4,00

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Probenanzahl; AM = arithmetischer Mittelwert;
s = Standardabweichung (Excel-Formel: STABWN); VK: Variationskoeffizient = (s / AM) 100;
SWA: Sollwertabweichung= (AM - Sollwert) / Sollwert:100

Tab. 9.1.4: Interne Qualitätskontrolle – Uran im Stagnations- und Zufallstrinkwasser

Standardmaterial	BG	Sollwert	N	AM	s	VK	SWA
	[µg/l]	[µg/l]		[µg/l]	[µg/l]	[%]	[%]
SLRS - 4	0,003	0,05	126	0,05	0,006	12,52	-4,27
TMRAIN 95	0,003	0,25	125	0,25	0,015	6,02	1,06

Anmerkungen: BG = Bestimmungsgrenze; N = Probenanzahl; AM = arithmetischer Mittelwert;
s = Standardabweichung (Excel-Formel: STABWN); VK: Variationskoeffizient = (s / AM) 100;
SWA: Sollwertabweichung= (AM - Sollwert) / Sollwert:100

Tab. 9.1.5: Ergebnisse der Wiederholungsmessungen von Proben aus der Pilotstudie zum Kinder-Umwelt-Survey

	MZ	BG	N	n<BG	P10	P50	P95	P98	MAX	AM	GM	KI	GM
Blei [$\mu\text{g/l}$]													
Laboratorium													
UBA, Berlin	2001-02	1,0	90	0	2,2	9,1	31,4	73,1	110	11,6	7,63	6,31	9,22
AnBUS e.V., Fürth	2003-06	0,02	90	0	2,1	7,7	37,5	87,7	115	11,5	7,08	5,76	8,71
UBA, Bad Elster	2003-06	0,02	90	0	1,9	7,9	36,9	92,3	122	11,9	7,09	5,71	8,79
Cadmium [$\mu\text{g/l}$]													
Laboratorium													
UBA, Berlin	2001-02	0,02	90	2	0,03	0,20	1,32	2,50	2,57	0,338	0,174	0,135	0,224
AnBUS e.V., Fürth	2003-06	0,01	88	0	0,05	0,23	1,56	2,12	2,26	0,397	0,227	0,181	0,286
UBA, Bad Elster	2003-06	0,01	90	1	0,03	0,24	1,73	2,37	2,68	0,411	0,208	0,160	0,270
Kupfer [$\mu\text{g/l}$]													
Laboratorium													
UBA, Berlin	2001-02	20,0	90	0	151	675	3650	4990	5400	1070	665	535	827
AnBUS e.V., Fürth	2003-06	0,70	90	0	138	633	3460	4490	5200	1020	627	502	782
UBA, Bad Elster	2003-06	0,70	90	0	144	666	3640	4950	5150	1050	648	521	806
Anmerkungen: MZ = Messzeitraum; BG = Bestimmungsgrenze; N = Stichprobenumfang; n < BG = Anzahl der Werte unter der BG; P10, P50, P90, P95, P98 = Perzentile; MAX = Maximalwert; AM = arithmetisches Mittel; GM = geometrisches Mittel; KI GM = approximatives 95%-Konfidenzintervall für GM; Werte unter BG sind als BG/2 berücksichtigt													

9.2 Erläuterung der Gliederungsmerkmale

Die zur Deskription herangezogenen Gliederungsmerkmale stammen aus den Fragebögen des Kinder-Umwelt-Surveys (KUS):

- Fragebogen an die Eltern und
- Dokumentationsbogen.

Die Fragebögen des KUS sind als PDF-Dateien zum Herunterladen auf der Website: <http://www.uba.de/survey/frage/index.htm> eingestellt.

Neben den Erläuterungen der Gliederungsmerkmale ist im Folgenden angegeben, für welche Analyte in welcher Probenart (Stagnations- und Zufallsprobe) jedes Gliederungsmerkmal in diesem Bericht (Kap. 4) tabelliert ist.

Probenart	
Merkmal	Art der Trinkwasserprobenentnahme
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"> • Stagnationsprobe • Zufallsprobe
Analyt	alle Analyte (Pb, Cd, Cu, Ni, U)

Wohnort	
Merkmal	Wohnort des Befragten zum Zeitpunkt der Erhebung
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"> • alte Länder (incl. Berlin, West) • neue Länder (incl. Berlin, Ost)
Analyt / Probenart	alle Analyte / jede Probenart

Versorgungsart	
Merkmal	Art der Trinkwasserversorgung für den Haushalt, in dem das Kind lebt
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"> • zentrale Wasserwerksversorgung (an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen) • Eigenversorgung
Analyt / Probenart	alle Analyte / jede Probenart

Stagnationszeit	
Merkmal	Zeitraum zwischen der Probenahme und Entnahme von Trinkwasser das letzte Mal vor der Probenahme
Kategorien	<ul style="list-style-type: none"> • 4 bis < 7 Stunden • 7 bis < 9 Stunden • 9 bis < 11 Stunden • 11 Stunden und mehr
Analyt / Probenart	Ni in den Stagnationsproben

9.3 Hinweisblatt zur Trinkwasserprobenentnahme

Umweltbundesamt

für Mensch und Umwelt

ROBERT KOCH INSTITUT


Studie zur Umweltbelastung von Kindern in Deutschland

Hinweise zur Stagnations-Trinkwasser-Probenahme



Bitte entnehmen Sie die Trinkwasser-Probe aus dem Wasserhahn, aus dem Sie gewöhnlich das Trinkwasser für Trink- und Kochzwecke entnehmen.



1. Am Morgen des Tages der Haushaltsuntersuchung, d. h. am: . 200

nach **nächtlicher Standzeit** des Trinkwassers in der Hausinstallation vor der ersten Entnahme von Trinkwasser (d. h. ohne Wasservorlauf) füllen Sie bitte das Probengefäß vollständig mit Wasser, d. h. bis zur blauen Markierung.

2. Verschließen Sie das Gefäß gut.



3. Füllen Sie bitte das Etikett auf dem Gefäß aus.

4. Lagern Sie das Gefäß bitte kühl.

5. Die gekühlte Probe wird von dem Interviewer abgeholt.
bringen Sie bitte in das Untersuchungszentrum.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Robert Koch-Institut, Seestraße 10, 13353 Berlin

Stand: April 2003